Department für Pflanzenwissenschaften des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt

- Lehrstuhl für Gemüsebau -

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

Michael Gatterer

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 Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:	Univ.-Prof. Dr. G. Forkmann
Prüfer der Dissertation:	1. Univ.-Prof. Dr. W. H. Schnitzler
	2. Hon. -Prof. Dr. U. Bomme

Die Dissertation wurde am 20.03.2002 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 25.04.2002 angenommen.

Meiner Frau Sabine und unseren Kindern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis iii

Abbildungsverzeichnis ix

Tabellenverzeichnis xiii

Glossar xxi

1 Einleitung 1

2 Zum Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen 3

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

3 Stand des Wissens bei Verbena officinalis L. 11

3.1 Botanik 11

3.2 Inhaltsstoffe und pharmazeutische Bedeutung 13

3.3 Pharmazeutische Qualität 17

3.4 Samenkeimung 18

3.5 Anbausituation 18

4 Material und Methoden 20

4.1 Laborversuche zur Saatgutvorbehandlung 20

4.1.1 Saatgut 20

4.1.2 Saatgutvorbehandlung 22

4.1.3 Saatgutrücktrocknung 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 Saatgutrücktrocknung 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

5 Ergebnisse ... 50
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

6 Diskussion 135
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

7 Zusammenfassung ... 189

Literaturverzeichnis ... 198

8 Anhang ... 210
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 GALILI, 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 kohlensauren Düngerkalken 39

Abb. 4.18 Mechnisierte Eisenkrauternte mit Grünguterntern 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 Keimschnelligkeit 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 Verbena officinalis L. 144

Abb. 6.2 Lichtmikroskopische Aufnahme eines Stengelquerschnitts von Verbena officinalis 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 Verbena officinalis 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 Verbena officinalis 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 Verbena officinalis 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
antiproliverativ	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 *Drogerie* abgeleitet)
ESCOP	European Scientific Cooperative on Phytotherapy
EUROPAM	European Herb Growers Association - Association Européenne des Producteurs de Plantes á Parfum, Aromatiques er Médicinales
FAH	Forschungsvereinigung der Arzneimittelhersteller
GAP	Good Agricultural Practice
GMP	Good Manufactural 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_{min}	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 **T**riphenyl**t**etrazolium**c**hlorid

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 Drogengewinnung 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, beziehungseise 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 (PH.EUR., 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 erarbeit 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

E wurden von der European Scientific Cooperative on Phytotherapy (ESCOP) übernommen und auf europäischer Ebene weitergeführt (ESCOP, 1999). Im Unterschied zur Kommission E erarbeitet dieses Expertengremium die entsprechenden Aufbereitungsmonographien nicht mehr für die Einzeldrogen, sondern für die daraus hergestellten Extrakte. Hintergrund ist wiederum das Ziel einer verbesserten Standardisierung der therapeutischen Wirksamkeit der Phytopharmaka, da je nach Extraktionsmittel die Zusammensetzung verschiedener Extrakte - und damit auch die therapeutische Wirksamkeit - schwanken kann.

2.2 Der Feldanbau von Heil- und Gewürzpflanzen

Seit Ende der 70er Jahre lässt sich in Deutschland eine deutliche Ausweitung des Heil- und Gewürzpflanzenanbaus feststellen, der bis dahin seit 1941 (10373 ha) deutlich zurückgegangen war (Tiefstand 1968 549 ha) (BOMME, 1988) (BOMME, 8.1 ab Seite 210). Im Jahre 1999 wurde mit 10.800 ha Heil- und Gewürzpflanzen (davon 6.600 ha Heilpflanzen), sogar der bis dahin unerreichte Höchststand von 1941 überschritten (FAH, 8.1 ab Seite 210).

Auslöser für diesen Umschwung war vor allem die EU-Richtlinie 75/319/EWG vom 20.Mai 1975 (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1989 a), in der die Anforderungen an Arzneimittelzulassungen EU-weit neu geregelt wurden (FAH, 8.1 ab Seite 210). Diese EU-Richtlinie wurde auf nationaler Ebene durch das Inkrafttreten des AMGs von 1976 umgesetzt (KELLER, 1997; BOMME, 1984), in dem die pharmazeutische Qualität von Rohwaren zur Herstellung von Phytopharmaka besonders betont wird. Weitere Anforderungen ergeben sich aus den Vorgaben der Arzneibücher sowie aus den Empfehlungen der EU zur Qualitätsprüfung von Phytopharmaka (KELLER, 1997; KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1989 b). Nach diesen Empfehlungen muss die Herstellung von Phytopharmaka nach den Vorgaben der GMP-Regeln erfolgen (KELLER, 1997). Im europäischen Bereich finden sich in den GMP-Regeln in einem speziellen Anhang zusätzlich die GAP-Leitlinien (EUROPAM, 1998) zur definierten Produktion pflanzlicher Rohwaren. Grundgedanke der GMP-Regeln und der GAP-Leitlinie ist, dass bei komplexen biologischen Wirkstoffen wie Phytopharmaka, eine gleichbleibende therapeutische Wirksamkeit nur durch eine reproduzierbare Herstellung und durch eine einheitliche Qualität der pflanzlichen Rohstoffe garantiert werden kann (KELLER, 1997). Aus diesem Grund wird zusätzlich zu den hohen und ständig wachsenden Anforderungen an die Qualität und Homogenität des Erntegutes die lückenlose Dokumentation des gesamten Produktionsprozesses, von der Erzeugung der Rohstoffpflanze bis hin zur Herstellung des fertigen Phytopharmakons gefordert (GAEDCKE und STEINHOFF, 2000; BOMME, 1998). Diese hohen Anforderungen an die pflanzlichen Rohstoffe können aber strenggenommen nur noch durch einen kontrollierten, gezielten und planmäßigen Anbau erfüllt werden, da wildgesammelte Ware im Hinblick auf unbekannte Kontaminationen wie Pflanzenschutzmittel, Imissionen, Nitrat, Radioaktivität, Mikroorganismen, aber auch im Hinblick auf Verunreinigungen wie kranke oder unerwünschte Pflanzenteile, fremde Bestandteile oder auch Verfälschungen diesen hohen Ansprüchen nicht mehr gerecht werden kann (BOMME, 2000; BOMME, 1998; FRANKE, 1999; FRANKE, 1995). Zusätzlich sind Wildsammlungen für jeden Sammler mit relativ kleinen Teilmengen verbunden und deshalb durch unterschiedliche

Entwicklungsstadien zur Ernte und unterschiedliche Ökotypen zwangsläufig inhomogen in Inhaltsstoffgehalt und -spektrum (BOMME, 1988; PLESCHER, 1997; FRANKE, 1995). Unterschiede können sich bei wildgesammelter Ware aber auch durch unterschiedliche Trocknung einzelner Teilmengen ergeben. Neben den genannten negativen Einflüssen einer Wildsammlung auf die pharmazeutische Qualität besteht ein weiterer Nachteil der Wildsammlung darin, dass größere Rohstoffmengen oft nur schwer beschafft werden können, ohne dadurch nachhaltige Schäden an der Wildpflanzenpopulation zu verursachen (FRANKE, 1995). Berücksichtigt man die steigende Nachfrage der Bevölkerung nach Phytopharmaka im In- und Ausland, die durch die Veröffentlichung neuer gesicherter Erkenntnisse zur Wirksamkeit ausgelöst wurde und zu einer drastischen Zunahme des Rohstoffbedarfs der pharmazeutischen Industrie führte (BOMME, 1998), ist dies ein weiterer wichtiger Grund, der für den kontrollierten Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen spricht (BOMME, 1998). Hinzu kommt, dass sich eine immer strenger werdende Naturschutzgesetzgebung einschränkend auf die Wildsammlung im In- und Ausland auswirkt (BOMME, 2000; FRANKE, 1999; BOMME, 1998; PLESCHER, 1997; BOMME, 1988; BOMME, 1984). So darf nach der Bundesartenschutzverordnung (BUNDESARTENSCHUTZVERORDNUNG, 1986) das Ernteprodukt bestimmter geschützter Arten nur noch dann importiert werden, wenn es sich dabei nachweislich um Anbauware handelt (BOMME, 1988). Im Jahre 1994 wurden die Artenschutzabkommen auf der 9. Vertragsstaatenkonferenz in Fort Lauderdale erneut erweitert und verschärft (FRANKE, 1995). Die neueste Zusammenstellung dieser streng geschützten Pflanzenarten wurde am 1. Februar 2001 vom Bundesministerium der Justiz im Bundesanzeiger veröffentlicht (BUNDESNATURSCHUTZGESETZ, 2001). Allein auf Grund der Bundesartenschutzverordnung wurde deshalb der Anbau bei verschiedenen Arten zwingend notwendig (FRANKE, 1995).

Für die Abnehmerfirmen ist aber auch wichtig, daß die Qualitätskontrolle durch die Verwendung von großen einheitlichen Partien aus kontrolliertem Anbau effektiv und kostengünstig wird (FRANKE, 1995; HANNIG, 1993). Dies ist leicht nachzuvollziehen, wenn man bedenkt, dass die Kosten für die Qualitätskontrolle pro Charge, je nach Herkunft und Pflanzenart, zwischen 1200,- und 5000,- DM liegen (BOMME, 1998). Zudem können durch den Anbau von Heilpflanzen die häufig sehr engen landwirtschaftlichen Fruchtfolgen aufgelockert werden. Daneben haben langfristige Anbauverträge zwischen Rohstoffproduzenten und pharmazeutischen Unternehmen (mit festgelegten Preisen und Liefermengen) den Vorteil, dass sich beide Vertragspartner von den enormen Preisschwankungen des Weltmarktes abkoppeln können. Aus einer solchen langfristigen Bindung eröffnet sich beiden Seiten die Möglichkeit einer relativ sicheren und vorausschauenden betriebswirtschaftlichen Kalkulation (FAH, 8.1 ab Seite 210). Anbauverträge und eine intensive Betreuung der Rohstoffproduzenten bieten den pharmazeutischen Unternehmen aber auch eine gute Möglichkeit, die Rohstoffversorgung in gewissen Grenzen abzusichern. Zusätzlich können pharmazeutische Unternehmen auf diese Weise bereits im Vorfeld durch Kontrollen, aber auch durch Schulung der Produzenten, positiv auf die pharmazeutische Qualität der Droge einwirken und die Dokumentation des Anbaus überwachen.

Der kontrollierte Anbau weist allerdings nicht nur Vorteile auf. In großen einheitlichen Beständen können sich Krankheiten und Schädlinge schnell ausbreiten, was neben den direkten Ertrags- und Qualitätseinbußen im Bestand zu einem Zusammenbruch von Resistenzen führen kann. Nachteilig kann sich in bestimmten Fällen auch auswirken, dass der kontrollierte Anbau bei Heilpflanzen häufig aufgrund fehlender Sorten mit teilweise sehr heterogenen Herkünften durchgeführt werden muss (PANK und HEINE, 1998). Durch die mechanisierte Ernte im kontrollierten Anbau kann aber ein ungleichmäßiges Entwicklungsstadium zur Ernte (zum Beispiel eine ungleichmäßige Abreife der Pflanzen bei Körnerdrogen) nicht berücksichtigt werden, wodurch sich wiederum Qualitätseinbußen ergeben können (FRANKE, 1995). Zusätzlich ist Ware aus kontrolliertem Anbau meist teurer als wildgesammeltes Pflanzenmaterial (PLESCHER, 1997).

Neben vielen Vorteilen des abnehmerkontrollierten Vertragsanbaus ergeben sich also auch einige Nachteile durch den gezielten Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen. Dass die vielen Vorteile aber im Vergleich zu den genannten Nachteilen deutlich überwiegen, wird unter anderem durch eine repräsentative Befragung bestätigt, die von der Forschungsvereinigung der Arzneimittelhersteller (FAH) und dem Bundesfachverband der Arzneimittelhersteller (BAH) durchgeführt wurde, und an alle relevanten Unternehmen der pharmazeutischen Industrie gerichtet war (FAH, 8.1 ab Seite 210). Aus ihr geht hervor, dass die Unternehmen bereits im Jahre 1999 nur noch 10 bis 30 % ihres gesamten Rohstoffbedarfs aus Wildsammlungen deckten. Der Hauptanteil der Rohstoffe wurde und wird durch kontrollierten Anbau bereitgestellt - mit weiter zunehmender Tendenz.

2.3 Die Bedeutung der Saatgutvorbehandlung für den Heil- und Gewürzpflanzenanbau

Grundvoraussetzung für die Produktion qualitativ hochwertiger und in ihrer Inhaltsstoffausprägung homogener Droge ist eine einheitliche Entwicklung der Bestände, basierend auf einer gleichmäßigen und schnellen Samenkeimung (BOMME und GATTERER, 2002). Dem Keimverhalten kommt deshalb eine wichtige Rolle im zielgerichteten Anbau von Qualitätsware zu. Auch am Wildstandort nimmt die Samenkeimung eine Schlüsselstellung ein. Sie ist ein komplexer Prozess, der speziell auf die Umweltansprüche der einzelnen Art ausgerichtet ist, und hat das Ziel, das Überleben über einen längeren Zeitraum zu sichern (BEWLEY und BLACK, 1982). So gehen die Samen vieler Pflanzenarten bereits während ihres Reifungsprozesses in ein echtes oder scheinbares Ruhestadium über (JANSEN et al., 1998), um eine optimale Verteilung der Samenkeimung über einen gewissen Zeitraum zu erreichen, gleichzeitig aber auch eine Keimung unter ungünstigen Umweltbedingungen zu vermeiden (BEWLEY und BLACK, 1982). Ein solches Ruhestadium, auch Keimruhe, Keimhemmung oder Dormanz genannt, findet sich in besonderem Maße bei Wildpflanzen, denen viele Heil- und Gewürzpflanzen noch sehr nahe stehen (COPELAND und MC DONALD, 1995; BOMME und GATTERER, 2002). In der Konsequenz keimt das Saatgut vieler Heil- und Gewürzpflanzenarten oft trotz hoher Lebensfähigkeit selbst unter optimalen Umweltbedingungen nur zu einem geringen Prozentsatz. Häufig treten auch im Hinblick auf eine gleichmäßige und schnelle Keimung gravierende Mängel auf.

Ziel der Saatgutvorbehandlung ist es deshalb, durch geeignete Maßnahmen vorhandene Dormanzen zu brechen und/oder unzureichende Saatgutqualitäten hinsichtlich Geschwindigkeit und Uniformität des Auflaufergebnisses physiologisch zu verbessern (COPELAND und MC DONALD, 1995; STEINER, 1998). Neben den eingangs erwähnten Vorteilen einer einheitlichen Samenkeimung für die Drogenqualität kann durch eine rasche Keimung auch der negative Einfluss des Infektionsdrucks oder einer späteren Verschlämmung und Verkrustung des Saatbetts reduziert werden (KRETSCHMER, 1997), und somit ebenfalls die Einheitlichkeit der Bestände gefördert, die Qualität verbessert, aber auch die Voraussetzung für hohe und sichere Erträge geschaffen werden.

An der LBP werden bereits ausgewählte Saatgutvorbehandlungsmethoden mit großem Erfolg zum Brechen von Saatgutdormanzen und/oder zur Optimierung des Auflaufverhaltens eingesetzt. Sie müssen in gewissen Grenzen leicht durchführbar sein, um problemlos in die Praxis übernommen werden zu können. Zu den gängigen Methoden, die sowohl für die Direktsaat ins Freiland als auch für die Gewächshausanzucht in Frage kommen, zählen die Stratifikation, das Einquellen in Gibberellinsäurelösungen und die Vorkeimung der Samen (Priming) in Wasser oder in osmotischen Lösungen (Osmotikum: Polyethylenglycol 6000 = PEG 6000). Speziell bei der Keimung im Gewächshaus können aber auch schon durch die gezielte Steuerung von Keimtemperatur und Belichtung gute Ergebnisse erzielt werden (BOMME und GATTERER, 2002).

Unter einer Stratifikation versteht man das Einwirken niedriger Temperaturen über einen gewissen Zeitraum auf das feuchte, gequollene Saatgut zum Brechen der Keimhemmung. Die wirksamen Temperaturen liegen dabei in einem Bereich von knapp über 0 bis 10 °C. Die notwendige Behandlungsdauer (meist 1 bis 12 Wochen) ist ebenso wie der günstigste Behandlungszeitpunkt artspezifisch verschieden (SAUERMOST, 1994). BRATCHER et al. (1993) geben als optimale Stratifikationstemperatur für die meisten Arten 5 °C an. Bei längeren Stratifikationen besteht vor allem bei Temperaturen im oberen Bereich die Gefahr eines Pilzbefalls während der Vorbehandlung. Da in den allermeisten Fällen keine Fungizide für die Beizung zugelassen oder genehmigt sind, ist bei längeren Stratifikationen in besonderem Maße auf die Verwendung von gesundem Saatgut zu achten. Eine Stratifikationstemperatur von 1-2 °C kann einem Pilzbefall ebenfalls in gewissen Grenzen entgegengewirken.

Gibberelline stellen nach SAUERMOST (1994) eine Gruppe von natürlich vorkommenden Phytohormonen dar, der bisher mehr als 50 bekannte natürliche Vertreter zugeordnet werden, und die in der Reihenfolge ihrer Entdeckung mit tiefgestellten fortlaufenden Ziffern (GA_1, GA_2, ...) bezeichnet werden. Sie werden vor allem in wachsenden Geweben höherer Pflanzen gebildet, beeinflussen viele physiologische und morphogenetische Prozesse der Pflanze und spielen auch bei der Samenkeimung eine wichtige Rolle (GATTERER et al., 1999). Häufig nachgewiesen und besonders aktiv ist die Gibberellinsäure (GA_3). Die Anwendung erfolgt in wässrigen Lösungen und mit artspezifisch ermittelten Konzentrationen. Negative Ergebnisse können durch die Behandlung bei neutralem statt saurem pH, geringer Empfindlichkeit gegenüber Gibberellinen oder durch die Verwendung inaktiver Formen entstehen (KARSSEN, 1976). Auch die Verwendung organischer Lösungsmittel, zum Beispiel Aceton, hat eine deutliche Re-

duktion der Wirksamkeit der Gibberellinsäure zur Folge (RUMPEL und SZUDYGA, 1978). Die Gibberellinsäure wird nach LEUPRECHT (8.1 ab Seite 210) den Pflanzenhilfsstoffen zugeordnet. Daher ist ihr Einsatz auch im ökologischen Anbau bedenkenlos möglich.

Die Vorkeimung oder das Priming verfolgt das Ziel, den Keimungsstoffwechsel unter kontrollierten Bedingungen möglichst weit voranschreiten zu lassen, die vollständige Samenkeimung, die durch das Sichtbarwerden der Radicula (Keimwurzel) gekennzeichnet ist, aber zu verhindern. Nach KIGEL und GALILI (1995) wird die Wasseraufnahme des keimenden Samens in drei Phasen unterteilt (Abbildung 2.1).

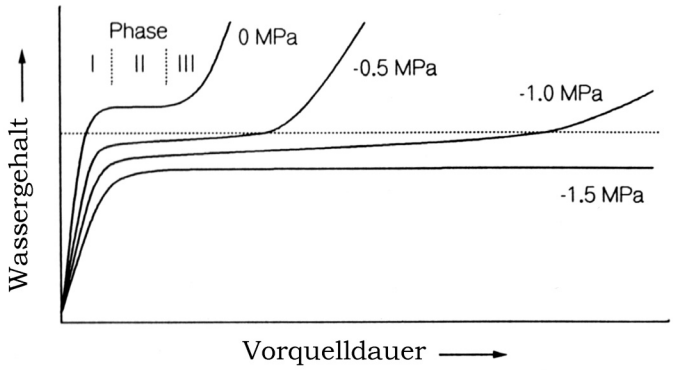


Abb. 2.1 Wassergehalt des Samens während des Einquellens bei verschiedenen Wasserpotentialen (KIGEL und GALILI, 1995, verändert)

In Phase I, der Einquellphase, wird Wasser in einem rein physikalischen Prozess aufgenommen. Nach vollständiger Einquellung erfolgt der Übergang in Phase II (Plateau-Phase), in der der Wassergehalt des Samens gleich bleibt oder nur zu einem sehr geringen Maße ansteigt. Diese zweite Phase stellt den eigentlichen Beginn der Keimung dar, da in ihr der Keimungsstoffwechsel stattfindet. Die Dauer der Plateau-Phase ist artspezifisch und in Abhängigkeit von eventuell vorhandenen Dormanzen verschieden. Die Samenkeimung im engeren Sinne ist nach Ablauf der zweiten Phase abgeschlossen. Phase III wird auch als Wachstumsphase bezeichnet und ist vornehmlich durch Zellstreckungswachstum des Embryos gekennzeichnet, was sich in einer erneuten starken Wasseraufnahme ausdrückt. In der Folge durchbricht der Keimling die Samenschale und die Keimwurzel wird sichtbar. Sobald der Samen in Phase III eingetreten ist, ist eine Rücktrocknung nicht mehr möglich ohne den Embryo zu schädigen.

Während des Primings wird das Wasserangebot so gesteuert, dass Phase II bestmöglichst vorangeschritten, Phase III jedoch noch nicht erreicht ist. Beim Vorkeimen in Wasser erfolgt dies ausschließlich durch eine zeitliche Begrenzung des Wasserangebots. Übliche Behandlungszeiträume bei Temperaturen von 18 bis 21 °C liegen bei einem bis drei Tagen. Der Einsatz von Osmotika (Osmopriming) ermöglicht es, das Wasserangebot während der Vorkeimung physikalisch zu begrenzen, so dass die Plateau-Phase erreicht, der Übergang in die Phase III aber deutlich verzögert oder bei sehr geringem Wasserpotential sogar ganz verhindert werden kann (Abbildung 2.1). Geeignete Behandlungsdauern erstrecken sich bei einem Wasserpotential von

-1,0 MPa (-10 bar) und einer Behandlungstemperatur von 18 bis 21 °C über einen Zeitraum von einer bis drei Wochen. Bei optimaler Wahl der Behandlungsdauer vollenden, im Gegensatz zum Vorkeimen in Wasser, nahezu alle Samen die Keimung im engeren Sinne (die Phase II). Nach einer Aussaat beginnt die Keimung dann bei allen Samen einheitlich in Phase III, was entscheidende Vorteile hinsichtlich Keimschnelligkeit und Uniformität des Aufgangs gegenüber unbehandeltem Saatgut zur Folge hat. Wichtig ist in beiden Fällen, dass die Samen während des Vorkeimens immer ausreichend mit Sauerstoff versorgt sind (KIGEL und GALILI, 1995).

Die Keimung wird nach JANSEN et al. (1998) in starkem Maße von der Temperatur beeinflusst. Alle Pflanzen weisen diesbezüglich ein Minimum, Maximum und Optimum auf. Im optimalen Keimtemperaturbereich kann mit einer schnellen Keimung und einem hohen Prozentsatz gekeimter Samen gerechnet werden. Je weiter die Keimtemperatur vom Optimum abweicht, desto geringer fallen Keimschnelligkeit und Keimfähigkeit aus. Beim Brechen einer vorhandenen Dormanz wird der für die Keimung optimale Temperaturbereich erweitert (KIGEL und GALILI, 1995; VEGIS, 1964) und damit ein erfolgreicher Aufgang auch unter ursprünglich nicht geeigneten Temperaturen ermöglicht. Auch durch den Einsatz von Wechseltemperatur (zum Beispiel 8 h 30 °C, 16 h 20 °C) können bei manchen Arten Dormanzen gebrochen werden (THOMSON, 1979). Die Differenz zwischen hoher und niedriger Temperatur sollte für Pflanzen aus den gemäßigten Breiten 10 °C nicht unterschreiten (COPELAND und MC DONALD, 1995).

Für verschiedene Arten ist Licht für eine erfolgreiche Keimung notwendig oder förderlich (COPELAND und MC DONALD, 1995). Nur sehr wenige Arten sind obligate Dunkelkeimer (BASKIN und BASKIN, 1998). Oft entscheidet auch die aktuelle Keimtemperatur über die Notwendigkeit einer Belichtung. So keimen Samen der Art *Lactuca sativa* ´Grand Rapids´ nach BASKIN und BASKIN (1998) unter Lichteinfluss über einen Temperaturbereich von 10 bis 30 °C zu mehr als 80 %. Im Dunkeln keimen bei Temperaturen von 10 bis 22 °C dagegen nur 45 % der Samen, bei 30 °C liegt die Keimfähigkeit sogar bei 0 %. Licht kann somit ebenfalls vorhandene Dormanzen brechen. In einigen Fällen kann ein Lichtanspruch auch bereits während einer vorangehenden Stratifikationsphase abgesättigt werden.

BASKIN und BASKIN (1998) geben einen ausführlichen Überblick über verschiedene Arten und Ursachen der Dormanz. Auf die wichtigsten wird nachfolgend kurz exemplarisch eingegangen.

Die physiologische Dormanz beruht hauptsächlich auf dem Vorhandensein von Hemmstoffen, oder auf dem mechanischen Widerstand der Samenschale oder des Endosperms. Eine morphologische Dormanz liegt vor, wenn die Keimung durch einen unterentwickelten, oder nicht ausdifferenzierten Embryo verhindert wird. Ergibt sich die Keimhemmung aus einer für Wasser undurchlässigen Samenschale, so spricht man von einer physikalischen Dormanz. Auch Kombinationen dieser Dormanztypen können vorkommen. Unter dem Begriff der chemischen Dormanz wird der Einfluss der Abscissinsäure angeführt, die während der Abreife des Samens an der Mutterpflanze die Keimung verhindert und die Dormanz induziert, nach BASKIN und BASKIN (1998) aber nicht notwendig ist, um die Dormanz aufrecht zu erhalten.

Physiologische Dormanzen lassen sich abhängig von der Stärke der Keimhemmung häufig durch eine Stratifikation, durch den Einsatz von Phytohormonen, aber auch bereits durch die Wahl geeigneter Keimtemperaturen oder durch eine Belichtung brechen. Kombinationen können ebenfalls sinnvoll sein. Morphologische Dormanzen können zum Beispiel durch Vorkeimen des Saatguts bei geeigneten Temperaturen und Lichtverhältnissen überwunden werden. Besonders geeignet ist das Osmopriming. Physikalische Dormanzen treten vor allem bei Saatgut von Leguminosen auf. Im Bereich der Heil- und Gewürzpflanzen ist dieser Dormanztyp nur selten zu finden. Geeignete Möglichkeiten sind hier eine mechanische, physikalische oder chemische Skarifikation (=Anritzen, Aufbrechen oder Zerstören der Samenschale), aber auch der Einsatz sehr hoher Temperaturen im Bereich von 70 °C (TAYLORSON und HENDRICKS, 1977).

Insgesamt gilt, dass die jeweiligen Dormanzursachen unterschiedliche Vorbehandlungsmethoden erfordern, um die Keimhemmung erfolgreich zu brechen. Eine Vorauswahl kann anhand von Informationen zur Beschaffenheit des Saatguts und zum Keimverhalten im natürlichen Habitat getroffen werden. Anschließend müssen diese Methoden in Screeningversuchen auf ihre dormanzbrechenden Eigenschaften geprüft und bei Erfolg in Exaktversuchen getestet werden.

3 Stand des Wissens bei *Verbena officinalis L.*

3.1 Botanik

Eisenkraut (*Verbena officinalis L.*) ist eine mehrjährige krautige Pflanze aus der Familie der *Verbenaceae*, die zwischen 5 und 10 Jahre alt werden kann (WOODWARD, 1997). Je nach Herkunft und Alter kann eine Eisenkrautpflanze Höhen von 30 cm bis zu 100 cm und mehr erreichen. Der Ursprung des Eisenkrauts ist unsicher, liegt aber mit großer Wahrscheinlichkeit im Mittelmeerraum (HEGI, 1958; SAUERMOST, 1994). Mittlerweile ist das Eisenkraut praktisch weltweit in den gemäßigten und subtropischen Gebieten der Erde verbreitet (MAKBOUL, 1986). Man findet *Verbena officinalis L.* und andere Arten der Gattung *Verbena* zum Beispiel in Nord- und Südafrika, Mittel- und Nordasien, Süd- und Nordamerika, Australien und in Europa (BRAUN und FROHNE, 1994; ENNET und REUTER, 1998; HEGI, 1958). Allerdings ist *Verbena officinalis L.* die einzige Art, die auch in Deutschland heimisch ist (SCHMEIL und FITSCHEN, 1996). Aufgrund ihres hohen Wärmebedarfs für die Blütenbildung und Samenkeimung fehlt sie aber im Norden Deutschlands und in den subalpinen Tälern der Alpen fast vollständig (HEGI, 1958; WOODWARD, 1997; WOODWARD, 1990; YAQUB, 1981). Die nördliche Verbreitungsgrenze verläuft in Europa von den Britischen Inseln über Dänemark und Südschweden (DÖRFLER und ROSELT, 1990). Eisenkraut gilt als Stickstoffzeigerpflanze (OBERDORFER, 2001; SAUERMOST, 1994) und wächst zerstreut oder truppweise vorzugsweise auf nährstoffreichen Böden. Man findet es häufig auf Freiflächen wie mäßig trockenen bis feuchten Wiesen, an Wegrändern, Flussufern, in Gräben oder auch auf Schuttplätzen (ENNET und REUTER, 1998; HEGI, 1958; WEBER, 1995; YAQUB, 1981).

Nach OBERDORFER (2001) findet man bei *Verbena officinalis L.* sowohl Fremd-, als auch Selbstbestäubung. SCHÖPF (2000) bezeichnet Eisenkraut genauer als fakultativen Selbstbefruchter, da die Selbstbefruchtung eher eine Notfalllösung darstellt, die eine schnelle Etablierung als Ruderalpflanze an einem Standort ohne direkte Nachbarschaft zu Artgenossen ermöglicht. Die bevorzugte Art der Befruchtung ist die Fremdbefruchtung vor allem durch Bienen (Apiden) und Schwebfliegen (Syrphiden) (HEGI, 1958; SCHÖPF, 2000), bei der nach SCHÖPF (2000) im Vergleich zur Selbstbefruchtung ein um circa 75 % höherer Samenertrag erreicht wird. Die Bestäubung durch Wind spielt eine untergeordnete Rolle, da die Morphologie der Blüte eine Windbestäubung erschwert oder sogar unmöglich macht (SCHÖPF, 2000). Neben der Art der Befruchtung übt aber vor allem

Abb. 3.1 Fremdbefruchtung einer Eisenkrautblüte durch eine Biene

die durchschnittliche Tagestemperatur einen entscheidenden Einfluss auf das Blühpotential und damit auf die Samenproduktion aus. WOODWARD (1990) zufolge kommt *Verbena officinalis L.* nur dann zur Blüte, wenn die Schwellentemperatur von circa 16 °C überschritten wird. Deshalb stellt die Anzahl der Tage, an denen diese Schwellentemperatur überschritten wird, den entscheidenden begrenzenden Faktor für Blütenbildung und Samenproduktion und damit für die Ausdehnung des Verbreitungsgebietes von *Verbena officinalis L.* dar (YAQUB, 1981).

Eisenkraut besitzt einen rauhen, steifen, vierkantigen Stengel, der im oberen Bereich sparrig verästelt ist. Am Ende der Stengelverästelungen bilden sich, in nackten Ähren angeordnet, kleine rötliche bis blasslila, selten weiße Blüten aus (HEGI, 1958; PAHLOW, 1999; ROTHMALER, 1991). Die Frucht ist eine Spaltfrucht (ENNET und REUTER, 1998; WIESENAUER und WIDMAIER, 1991), die in vier längliche, circa 1,5-2 mm lange Teilfrüchte zerfällt. Die Teilfrüchte (Klausen) sind auf der Innenseite weißlich und warzig, auf der Außenseite hellbraun bis braun und netzig gerieft und enthalten sehr wenig Nährgewebe (HÄNSEL et al., 1994; HEGI, 1958). Der Wurzelstock ist weißlich, stark verästelt und spindelförmig (HÄNSEL et al., 1994). In den Wurzeln, aber auch in den oberirdischen Pflanzenteilen des Eisenkrauts, findet man Stachyose als bevorzugte Speichersubstanz (HÄNSEL et al., 1994; MAKBOUL, 1986). Das Vorkommen von Stachyose als Speichersubstanz anstelle von Stärke ist nach HEGNAUER (1990), MENDE und WICHTL (1998) und STRASBURGER et al. (1991) ein charakteristisches Merkmal für Pflanzen aus der Unterklasse der Tubiflorae (=Lamiidae). STRASBURGER et al. (1991) ordnen *Verbena officinalis L.* speziell der Klasse der Dikotyledonae, der Unterklasse der Lamiidae und der Ordnung der Lamiales zu. Innerhalb dieser Ordnung weisen die *Verbenaceae* und die *Lamiaceae* ein besonders enges Verwandschaftsverhältnis auf. Dies zeigt sich sowohl im Bereich der anatomischen Merkmale als auch bei den Inhaltsstoffen. Besonders Substanzen aus der Stoffgruppe der Iridoide sind in beiden Familien häufig zu finden (FROHNE und JENSEN, 1998).

3.2 Inhaltsstoffe und pharmazeutische Bedeutung

Nach den Angaben im Deutschen Arzneimittel Codex (DAC) besteht Eisenkrautdroge aus den zur Blütezeit gesammelten und getrockneten, ganzen oder geschnittenen Laubblättern und oberen Stengelabschnitten von *Verbena officinalis L.* (DAC, 2000). Für die Nutzung in Phytopharmaka können aber auch andere Pflanzenteile Verwendung finden, da das jeweilige Unternehmen die Möglichkeit hat, in seinen Zulassungsunterlagen von den Vorgaben des DAC abzuweichen. Beim Nachweis von Wirksamkeit und Unbedenklichkeit kann sich das pharmazeutische Unternehmen dann allerdings nicht mehr allein auf die Angaben im DAC stützen, sondern muss die notwendigen Untersuchungsergebnisse selbst vorlegen. Nach einer Zulassung des Präparates durch das BfArM muss das pharmazeutische Unternehmen das Phytopharmakon exakt nach den Vorgaben der Zulassungsunterlagen produzieren. In den Zulassungsunterlagen der BIONORICA AG ist zur Herstellung des Phytopharmakons Sinupret ® - einem Kombinationspräparat zur Behandlung von Entzündungen der Nasennebenhöhlen - zum Beispiel die Verwendung von blühendem Kraut von *Verbena officinalis L.* (*Verbenae herba*) festgelegt (GÖHLER, 8.1 ab Seite 210). Die Inhaltsstoffe in der Krautdroge lassen sich in drei große Hauptgruppen, - die Iridoide, die Kaffeesäurederivate [=Dihydroxizimtsäurederivate (HILLER und MELZIG, 1999)] und die Flavonoide - einteilen. Zusätzlich sind Gerbstoffe (Tannine) und Spuren von ätherischem Öl vorhanden (HÄNSEL et al., 1999; MENDE und WICHTL, 1998; WEBER, 1995; HÄNSEL et al., 1994).

Substanzen aus der Stoffgruppe der Iridoide zeigen beim Menschen unterschiedliche Wirkungen, ohne irgendwelche auffälligen toxischen Eigenschaften erkennen zu lassen (SCHNEIDER und HILLER, 1999). Am häufigsten wird der bittere Geschmack einiger Iridoide zur Appetitanregung und Verdauungsförderung genutzt (SCHNEIDER und HILLER, 1999; WAGNER, 1999). Nach SCHNEIDER und HILLER (1999) sind auch speziellere Wirkungen einiger anderer Iridoide bekannt. Zum Beispiel können das Didrovaltratum und verwandte Iridoide aus verschiedenen Valeriana-Arten nervöse Zustände günstig beeinflussen. Für ein Hydrolyseprodukt des Aucubins aus Spitzwegerichkraut ist eine antibakterielle und für das Oleuropein aus Olivenblättern eine blutdrucksenkende Wirkung nachgewiesen worden. GHISALBERTI (1998) hebt in einem Übersichtsartikel über das Wirkungsspektrum der Iridiode besonders das Präparat *Picroliv* hervor, das aus den Wurzeln und Rhizomen der Pflanze *Picorhiza kurroa* (Einsatz in der Ayuverdischen Medizin als Bitterstoffdroge) hergestellt wird und zu mindestens 60 % aus den Iridoidglycosiden Kutkosid und Picrosid-I besteht. Dem Präparat Picroliv wird, neben vielen anderen positiven Wirkungen, vor allem eine antihepatotoxische und hepatoprotektive Wirksamkeit zugeschrieben, die ähnlich hoch oder höher ist als die des Flavonoids Silymarin aus der Mariendistel.

Kaffeesäure und deren Derivate haben stark reduzierende Eigenschaften und wirken antioxidativ. Rosmarinsäure und andere Kaffeesäuerederivate aus Lamiaceen-Blättern sind deshalb wichtige Zutaten beim Aromatisieren und Haltbarmachen von Fleisch und Fett zum Schutz vor Verderbnis. Rosmarinsäure bildet zusammen mit der Chlorogensäure die Hauptfraktion der sogenannten Lamiaceengerbstoffe. In der Schalenschicht von Kartoffeln wirkt die Chlorogensäure als natürliches Antioxidans. In ihr wird auch ein Resistenzfaktor gegen den Befall von

Kulturpflanzen mit pathogenen Mikroorganismen gesehen. Im menschlichen Organismus wirkt sie anregend und steigert die Darmmotilität. Kaffeesäure und Chlorogensäure stimulieren die Magensaftsekretion, steigern die Salzsäurebildung und zeigen, wie auch die Ferulasäure, die Neochlorogensäure und das Cynarin (aus Artischocken) eine choleretische Wirkung (SCHNEIDER und HILLER, 1999).

Aus der Stoffgruppe der Flavonoide sind bisher über 4.000 Verbindungen mit einer Vielzahl an chemischen Strukturen und zahlreichen Wirkungen beschrieben worden. In vitro reicht das Spektrum von antiviralen und antimikrobiellen Wirkungen über die Hemmung von Enzymsystemen bis hin zu antioxidativen Eigenschaften. In pharmakologischen Experimenten konnten unter anderem antiallergische, hepatoprotektive, antiphlogistische, diuretische, coronarerweiternde, durchblutungsfördernde und spasmolytische Eigenschaften nachgewiesenen werden (HÄNSEL et al., 1999; SCHNEIDER und HILLER, 1999). Eine große Zahl von Entzündungsmediatoren (zum Beispiel Proteintyrosinkinase, Proteinkinase C, Lipoxigenase und viele mehr) wird durch Flavonoide mehr oder weniger stark gehemmt. Daneben werden durch Flavonoide eine ganze Reihe von Zellen des Immunsystems aktiviert (HÄNSEL et al., 1999). Nach SCHNEIDER und HILLER (1999) werden diese Effekte erst durch hohe Dosierungen ausgelöst. Flavonoide wie z.B. das Hesperidin, das Diosmin oder das Rutin werden als Reinstoffe vor allem in Venenmitteln verwendet. Sie sind auch in hohen Konzentrationen atoxisch. In Phytopharmaka finden sich Flavonoide als wichtige Inhaltsstoffe zum Beispiel in Crataeguspräparaten zur Behandlung leichterer Formen der Herzmuskelinsuffizienz und in Ginkgopräparaten zur symptomatischen Behandlung von hirnorganisch bedingten Leistungsstörungen (Hauptindikation) (HÄNSEL et al., 1999; SCHNEIDER und HILLER, 1999). Silymarin und Silybin aus Mariendistelfrüchten wirken antihepathotoxisch und hepathoprotektiv (SCHNEIDER und HILLER, 1999).

Gerbstoffe und gerbstoffhaltige Drogen werden aufgrund ihrer adstringierenden Eigenschaft innerlich als Antidiarrhoika, bei Magen und Darmkatarrh und auch als Antidot bei Alkaloid- und Schwermetallvergiftungen verwendet. Äußerlich kommen sie bei Entzündungen des Mund- und Rachenraumes, bei Wunden, Verbrennungen oder auch bei Frostbeulen zur Anwendung. Ihnen wird ein breites Wirkungsspektrum zugeschrieben, das von antisekretorisch, antiperistaltisch, antibakteriell, antiviral, über antiphlogistisch, antioxidativ und antitumoral bis hin zu einer Antikaries-Wirkung reicht. In höheren Dosierungen können Gerbstoffe aber stark toxisch wirken. So können hohe Dosen die Magenschleimhaut reizen und brechreizerregend wirken oder bei Resorption großer Mengen zu Leberschäden führen (RIMPLER, 1990; WAGNER, 1999). Die antibakterielle und antivirale Wirkung ist vor allem auf die Tannine zurückzuführen (WAGNER, 1999).

CHALCHAT und GARRY (1996) beziffern den Gesamtgehalt an ätherischem Öl in den Blättern von *Verbena officinalis L.* mit 0,3 %. Den Hauptanteil nehmen darin Spathulenol (10,8 %), Limonen (7,5 %), 1,8-Cineol (7,5 %), Caryophyllen Oxid (7,3 %) und ar-Curcumen (6,0 %) ein. Citral, Geraniol, Neral und viele andere Bestandteile finden sich in kleineren Mengen. VINCENZI DE, et al. (1994) beschreiben Citral, Limonen und Geraniol als prinzipiell physiologisch aktive Komponenten des ätherischen Öls. Nach HÄNSEL et al. (1994) beruhen ausführliche Angaben zur Zusammensetzung des ätherischen Öls aber zum Teil auf einer Verwechs-

lung mit Verbenaöl (*Lippiae triphyllae aetheroleum*). Dies scheint auch hier der Fall zu sein, da die Angaben von CHALCHAT und GARRY (1996) ziemlich gut mit der Zusammensetzung und dem Gehalt des Verbenaöls aus *Lippia triphylla (L'HÉR.) KUNTZE*, wie sie von HÄNSEL et al. (1994) angegeben werden, übereinstimmen. Außerdem liegt ein ätherischer Ölgehalt von 0,3 % in einem Bereich, in dem man nicht mehr von „Spuren ätherischem Öls" sprechen kann. Auch MENDE und WICHTL (1998) bestätigen, dass es bei diesen beiden Pflanzenarten leicht zu Verwechslungen kommen kann.

Die wichtigsten Inhaltsstoffe des Eisenkrauts und deren Gehalte, wie sie von MENDE und WICHTL (1998) für einen ethanolischen Extrakt angegeben werden, zeigt Tabelle 3.1.

Tab. 3.1 Gehalte einzelner Inhaltsstoffe eines ethanolischen Extrakts aus *Verbena officinalis L.*

Gruppe	Inhaltsstoff	Gehalt (%)
Iridoide	Verbenalin	2,12
	Hastatosid [a]	0,22
	Dihydrocornin [a]	0,07
Kaffeesäurederivate	Verbascosid	1,62
	Isoverbascosid	0,10
	Martynosid	0,06
Flavonoide	Luteolindiglucuronid	0,31
	Apigenindiglucuronid [b]	0,31
	Acacetindiglucuronid [b]	0,03

[a] = berechnet als Verbenalin

[b] = berechnet als Luteolindiglucuronid

Innerhalb der drei Hauptgruppen dominieren mit den höchsten Inhaltsstoffgehalten bei den Iridoiden das Verbenalin (CALVO et al., 1997; MENDE und WICHTL, 1998; WEBER, 1995) und bei den Kaffeesäurederivaten das Verbascosid (MENDE und WICHTL, 1998; WEBER, 1995). Bei den Flavonioden sind sowohl Luteolindiglucuronid als auch Apigenindiglucuronid in größeren Mengen zu finden. Nach CARNAT et al. (1995) und WEBER (1995) ist aber das Luteolindiglucuronid normalerweise das Flavonoid mit den höchsten Gehalten im Extrakt.

WAGNER (1999) ordnet das Verbenalin den terpenoiden Bitterstoffen zu. Seine Toxizität ist sehr gering (HUNTER, 1995; MAKBOUL, 1986). Im Tierversuch wurde für Verbenalin, wie auch für andere Iridoidglycoside, eine stark entzündungshemmende Wirkung, vor allem bei topischer Anwendung, nachgewiesen (CARMEN-RECIO, DEL et al., 1994). BRAUN und FROHNE (1994) nennen für das Verbenalin schwach parasympathomimetische und analgetische Effekte. Nach CALVO et al. (1997) soll es sogar hauptverantwortlich für die pharmakologische Aktivität der Droge sein. Nach HÄNSEL et al. (1994) ist aber der Anteil an der pharma-

kologischen Wirksamkeit der Droge nicht vollständig beurteilbar. HÄNSEL et al. (1994) zitieren auch verschiedene Untersuchungen, in denen eine diuretische, antitussive oder auch eine dosisabhängige sekretolytische Wirkung des Verbenalins beschrieben werden, fügen aber in allen Fällen hinzu, dass aus diesen Untersuchungen eine therapeutische Wirksamkeit nicht zweifelsfrei abgeleitet werden kann.

Neben dem Verbenalin ist vor allem das Verbascosid in größeren Mengen im blühenden Kraut von *Verbena officinalis L.* zu finden. Verbascosid besitzt die Fähigkeit, freie Radikale zu binden. In dieser Eigenschaft wird das Verbascosid von XIONG et al. (1998) und ZHENG et al. (1993) sogar als wirksamer eingeordnet als das Vitamin E (alpha-tocopherol). Aufgrund dieses starken antioxidativen Potentials zeigt Verbascosid auch eine hepatoprotektive Wirkung gegenüber radikalbildenden Lebertoxinen, die sogar die Wirksamkeit des Flavonoids Silymarin übertrifft (XIONG et al., 1998). Aber auch gegen nichtradikalbildende Lebertoxine zeigt es eine deutliche hepatoprotektive Wirkung (XIONG et al., 1998; XIONG et al., 1999). HERBERT und MAFFRAND (1991) konnten im invitro Versuch eine antiproliverative und antitumorale Wirkung nachweisen, die auf eine selektive Hemmung der Proteinkinase C zurückzuführen ist. Über diesen selektiven Einfluss auf das Enzym Proteinkinase C übt Verbascosid auch einen günstigen Einfluss auf Enzündungsprozesse aus. Ein weiterer Bereich im Wirkungsspektrum des Verbascosids ist seine antimikrobielle Aktivität. DEBRAUWER et al. (1989) konnten im invitro Versuch eine bakteriostatische Wirksamkeit gegen anaerobe Keime nachweisen. Aerobe Bakterienstämme wurden dagegen in ihrem Wachstum nicht beeinflusst.

Zur pharmazeutischen Bedeutung des Luteolindiglucuronids konnten in der Literatur keine Hinweise gefunden werden. GEBHARDT et al. (1999) fanden für Luteolin, das aus Blattextrakten der Artischocke (*Cynara scolymus L.*) gewonnen wurde, eine ausgeprägte antioxidative und hepatoprotektive Wirkung. Auch IGILE et al. (1994) konnten für das Aglycon eine starke antioxidative Wirkung nachweisen.

Das gesamte Stoffgemisch des Eisenkrauts hat nach den Angaben in der Aufbereitungsmonographie der Kommission E (BUNDESGESUNDHEITSAMT, 1990) eine sekretolytische Wirkung, die einen Einsatz in fixen Arzneimittelkombinationen bei Katarrhen der oberen Luftwege denkbar macht. Ein möglicher positiver Beitrag zur Wirkung muss aber immer präparatspezifisch begründet werden. Aktuellsten Forschungsergebnissen zufolge weist die Droge zudem antivirale Eigenschaften auf (BIONORICA, 8.1 ab Seite 210).

Das Chinesische Arzneibuch gibt für das zur Blütezeit gesammelte Kraut unter anderem eine desinfizierende, Malaria heilende, Wasser ausleitende und abschwellende Wirkung an. Es empfiehlt den Einsatz der Krautdroge neben anderen Indikationen bei schmerzhaftem und geschwollenem Rachen, bei Malaria und bei Schwellungen (STÖGER, 1991).

Im Bereich der Homöpathie werden Zubereitungen des frischen, blühenden Krautes von *Verbena officinalis L.* bei Blutergüssen und cerebralen Anfallsleiden eingesetzt (DIE ZULASSUNG UND REGISTRIERUNG VON ARZNEIMITTELN, 1985)

Volksmedizinisch wird Eisenkraut bei einem ganzen Spektrum von Krankheiten eingesetzt. Dazu gehören Erkrankungen und Beschwerden im Bereich der Mund- und Rachenschleimhaut, Erkrankungen der Atmenwege, Schmerzen, Krämpfe, Erschöpfungszustände, nervöse Störungen, Erkrankungen und Beschwerden im Bereich der Nieren und ableitenden Harnwege, Beschwerden im Klimakterium, Stoffwechsel- oder Verdauungsstörungen und Leber- und Gallenerkrankungen. Der volksmedizinische Einsatz erfolgt aber auch zur Förderung der Milchsekretion bei Stillenden (BUNDESGESUNDHEITSAMT, 1990; HÄNSEL et al., 1994). Nach der Aufbereitungsmonographie der Kommission E für *Verbenae herba* ist aber die Wirksamkeit in all diesen volksmedizinisch beanspruchten Gebieten nicht belegt (BUNDESGESUNDHEITSAMT, 1990).

3.3 Pharmazeutische Qualität

Für die pharmazeutisch verwendete Eisenkrautdroge finden sich die grundlegenden Qualitätsanforderungen ebenfalls im DAC (DAC, 2000). Darin wird für Eisenkrautdroge eine Prüfung auf Identität und Reinheit gefordert. Die Identitätsprüfung besteht aus einer makroskopischen und einer mikroskopischen Prüfung der Droge. Zusätzlich ist eine Dünnschichtchromatographie durchzuführen, durch die auf das Vorhandensein von Verbenalin und auf die qualitative Zusammensetzung des Inhaltsstoffspektrums geschlossen werden kann. Für die Reinheitsprüfung schreibt der DAC vor, dass der Anteil an fremden Bestandteilen maximal 2 %, der Trocknungsverlust der Droge maximal 10 % und der Aschegehalt der Droge maximal 12 % betragen darf. Wenn alle Vorgaben des DAC erfüllt sind, darf die Droge bereits pharmazeutisch verwendet werden.

Verbenalin ist nach den Angaben im DAC (2000) eine wichtige Leitsubstanz für die pharmazeutische Qualität der Droge. Genaue Gehaltsangaben fehlen im DAC. Pharmafirmen können im Rahmen des Standardisierungsverfahrens bestimmte Anforderungen an den Verbenalingehalt der Ausgangsdroge stellen. Durch die Festlegung eines standardisierten Verbenalingehaltes in den Zulassungsunterlagen des jeweiligen Unternehmens kann ein firmeninterner Qualitätsstandard geschaffen werden, der über die Qualitätsanforderungen des DAC hinausgeht. Die Prüfung und das Erreichen des festgelegten Verbenalingehalts sind dann aber eine bindende Voraussetzungen für das pharmazeutische Unternehmen, um Eisenkrautdroge im jeweiligen Phytopharmakon verwenden zu dürfen.

Nach HÄNSEL et al. (1999) eignen sich Iridoide - und damit auch das Verbenalin - besonders gut als Leitsubstanzen in Drogen und Fertigarzneimitteln, da sie einerseits empfindlich auf unsachgemäße Trocknung oder Lagerung reagieren (enzymatischer Abbau nach SCHNEIDER und HILLER (1999)) und andererseits nur bei sorgfältiger Extraktherstellung erhalten bleiben. Damit können Substanzen aus dieser Stoffgruppe sehr gut als Indikatoren für die Qualität der Drogenaufbereitung und des Herstellungsverfahrens eingesetzt werden. Deshalb dient auch in der vorliegenden Arbeit die Gehaltsbestimmung der Leitsubstanz Verbenalin als Maßstab für die Beschreibung der pharmazeutischen Qualität der untersuchten Drogenproben.

3.4 Samenkeimung

Kennzeichnend für Eisenkrautsaatgut ist das geringe Tausendkorngewicht (TKG) von 0,3 g und eine damit verbundene schlechte Triebkraft (KELLER et al., 1997). Die Samen enthalten einen voll entwickelten Embryo, der nur von sehr wenig Nährgewebe (Endosperm) umgeben ist (HÄNSEL et al., 1994). Um erfolgreich keimen zu können, benötigen sie hohe Tagestemperaturen und Licht (WOODWARD, 1990; YAQUB, 1981). WOODWARD (1997) konnte in Untersuchungen unter kontrollierten Umweltbedingungen eine Tagestemperatur von 19 °C als unteres Limit für eine Samenkeimung ermitteln. Als Schwellenwert für minimale Keimfähigkeiten nennt er eine Durchschnittstemperatur von 14 °C im 24 Stunden Mittel. YAQUB (1981) führt weiter an, dass die Temperaturuntergrenze auch von der genetischen Anpassung der jeweiligen Herkunft abhängt. So konnte er bei einigen Herkünften zum Teil noch bei konstanten Keimtemperaturen von 10 °C eine Samenkeimung feststellen. Andere Herkünfte keimten dagegen erst ab konstanten Temperaturen von 15 °C. Auch BOMME (1989) fand in seinen Untersuchungen zum Keimverhalten von *Melissa officinalis L.* herkunftsspezifische Temperaturuntergrenzen für eine minimale Samenkeimung. Dem Keimfaktor Licht kommt nach YAQUB (1981) ebenfalls eine entscheidende Bedeutung zu. So benötigen Eisenkrautsamen eine Photoperiode von mindestens 14 Stunden Länge, um keimen zu können. Unter kürzeren Belichtungsdauern findet dagegen selbst bei geeigneten Temperaturen keine Keimung statt. Beim Eisenkraut handelt es sich nach den Literaturangaben um einen obligaten Lichtkeimer mit einem genetisch festgelegten Anspruch an hohe Tagestemperaturen. Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, so unterliegen die Samen einer ausgeprägten Keimhemmung.

3.5 Anbausituation

Der Anbau von Eisenkraut ist nur wenig dokumentiert. Laut BRENDLER et al. (1999) wird Eisenkraut weltweit in geringem Umfang angebaut, wobei der Anbauschwerpunkt in Osteuropa zu finden ist. Die Kultivierung erfolgt in allen Gebieten jedoch ausschließlich basierend auf Erfahrungswerten der Produzenten und nicht auf spezielleren Kenntnissen über eine gezielte Kulturführung und deren Auswirkungen auf die Drogenqualität (FRANKE, 8.1 ab Seite 210). Ein Teil der im Handel befindlichen Droge stammt auch aus Wildsammlungen in Südosteuropa (BRENDLER et al., 1999). Grundsätzlich gibt es für Eisenkraut nur einen relativ begrenzten Markt (KRAFKA, 8.1 ab Seite 210). Die Droge ist für die BIONORICA AG aber ein wichtiger Rohstoff, der zur Herstellung des pflanzlichen Arzneimittels Sinupret ® benötigt wird. Dieses Arzneimittel ist eines der umsatzstärksten Phytopharmaka in Deutschland (WICHTL, 1999) und damit ein bedeutender Umsatzträger der BIONORICA AG. Ein Bruch in der Versorgungskette dieses Rohstoffs könnte die Produktion dieses Produkts und damit die Existenz des gesamten Betriebes gefährden (FREUDENSTEIN, 1997). Aus diesem Grund wurde von der BIONORICA AG bereits 1997 mit dem Aufbau eines abnehmerkontrollierten Vertragsanbaus begonnen. Gleichzeitig fiel die Entscheidung für die Investition in eine Systementwicklung zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Eisenkrautdroge vor allem aus der Notwendigkeit heraus, mit Hilfe einer gezielten Kulturführung die Rohstoffversorgung mit qualitativ hochwertiger Droge aus abnehmerkontrolliertem Vertragsanbau langfristig abzusichern.

Um dafür die pflanzenbaulichen Grundlagen zu schaffen, sollte nach BOMME (1988), FRANKE (1999) und PLESCHER (1997) die Klärung der wichtigsten Fragen

- zur Auswahl kulturfähiger Formen oder Genotypen,
- zu Standortansprüchen und zur Frostresistenz,
- zum Reproduktionsverhalten,
- zur Keimungsphysiologie,
- zu Nährstoffversorgung und Nährstoffentzug,
- zu Jungpflanzenanzucht oder Direktsaat,
- zu Pflanzabständen, Reihenabständen und Aussaatstärken,
- zu optimalen Anbau- und Ernteterminen,
- zum Ertragsverhalten und
- zum Wirkstoffgehalt

im Vordergrund stehen.

4 Material und Methoden

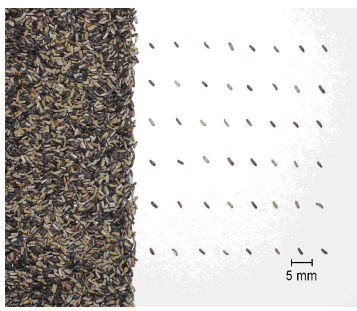
In dem dreijährigen Forschungsprojekt wurden verschiedene Labor- und Feldversuche zu den Forschungsbereichen Keimung, Pflanzenentwicklung und Ernte des Eisenkrauts durchgeführt, um eine möglichst breite Wissensbasis für den optimierten Anbau von *Verbena officinalis L.* zu schaffen. Die Laborversuche wurden in den Keimschränken des Saatgutlabors der LBP durchgeführt. Für die Feldversuche standen zwei staatliche Versuchsgüter mit unterschiedlichen Böden und klimatischen Voraussetzungen zur Verfügung (4.2.7 auf Seite 30). Innerhalb der zur Verfügung stehenden drei Vegetationsperioden (1999-2001) wurden von jedem Feldversuch zwei Serien durchgeführt, das heißt jeder Versuch wurde zweimal angelegt. Die einzelnen Versuche wurden über zwei Jahre hinweg beerntet, beprobt und ausgewertet. Von Versuchsserie zwei wurde, aufgrund des auf drei Jahre begrenzten Zeitrahmens des Forschungsprojekts, nur noch das erste Standjahr in die Versuchsauswertungen einbezogen. Auch Laborversuche wurden immer in zwei Serien durchgeführt und ausgewertet. Der Übersichtlichkeit halber werden die Einzelversuche zu den jeweiligen Forschungsschwerpunkten später in tabellarischer Form vorgestellt.

4.1 Laborversuche zur Saatgutvorbehandlung

Alle Versuche wurden standardisiert und mit vier Wiederholungen pro Behandlungsvariante angelegt. Für jedes Prüfglied wurden 50 Samen (Teilfrüchte) abgelegt. Die Samenablage selbst fand in Wiederholungsetappen statt, das heißt erst wenn alle Varianten einer Wiederholung ausgesät waren, wurde mit der Aussaat der nächsten begonnen. Fertig besäte Wiederholungen wurden bei 5 °C zwischengelagert. Nach Aussaat aller Prüfglieder wurde der komplette Versuch in die entsprechenden Keimschränke des Saatgutlabors der LBP überführt.

4.1.1 Saatgut

In allen Saatgutvorbehandlungsversuchen wurde das in Abbildung 4.1 dargestellte Saatgut verwendet. Die Saatgutlagerung erfolgte im PE-Beutel bei einer Temperatur von 5 °C unter Zugabe von amorphem Aluminiumsilikagel, um einen Anstieg des Samenwassergehalts zu verhindern und eine dauerhafte Lagerung ohne Qualitätsverluste zu gewährleisten. Verbrauchtes Aluminiumsilikagel wurde in regelmäßigen Abständen durch neues ersetzt. Zunächst wurde Blaugel verwendet. Nach Bekanntgabe der kanzerogenen Wirkung der blauen Indikatorfarbe (Cadmiumoxid) durch die Firma Roth Chemikalienhandel im Jahr 2000



Verbena officinalis L.	
Herkunft:	Bornträger
Erntejahr:	1998
TKG:	0,24 g

Abb. 4.1 Darstellung und Spezifikation des Laborversuchssaatguts

(ROTH, 2000), wurde sämtliches Blaugel dann durch ungiftiges Orangegel (8.2.1 auf Seite 211) ersetzt. Die Saatgutqualität wurde zu Beginn des Forschungsprojekts Anfang 1999 und zusätzlich Ende 2000 vom Saatgutlabor der LBP durch eine Prüfung der Keim- und Lebensfähigkeit (Beschaffenheitsprüfung) nach den gültigen Vorschriften der International Seed Testing Association bestimmt (ISTA, 1999). Die Keimfähigkeitsprüfung erfolgt hierbei unter den für die jeweils zu testende Art optimalen Bedingungen. Im Falle von schwer keimfähigem Saatgut schließen die Prüfungsmethoden auch Behandlungen zur Brechung der Dormanz durch geeignete Maßnahmen ein. Dadurch wird versucht, das theoretische Keimpotential, das durch den Anteil an lebensfähigen Samen bestimmt wird (STEINER et al., 1999), im Keimversuch auszuschöpfen. Die Untersuchung der Lebensfähigkeit (= Keimpotential) erfolgte mit Hilfe des TTC-Tests. Hier wird das Saatgut nicht zum Keimen gebracht, sondern mit einer farblosen Tetrazoliumsalz-Lösung (2,3,5 **T**riphenyl**t**etrazolium**c**hlorid = TTC) behandelt. Tetrazoliumsalze sind farblose bis gelbe Salze, die durch die Reaktion mit reduzierenden Gruppen in rote, blaue oder violette wasserunlösliche Formazane übergehen (SAUERMOST, 1994). Nach COPELAND und MC DONALD (1995) wird das TTC in den stoffwechselaktiven Geweben des Saatguts durch eine Reaktion mit Protonen aus der Atmungskette zum wasserunlöslichen roten Formazan reduziert (Abb. 4.2). Damit werden alle lebensfähigen Gewebe des Samens irreversibel eingefärbt. Völlig gesundes Saatgut weist eine lückenlose Rotfärbung auf. Ungefärbte Bereiche weisen auf Schädigungen des Saatguts hin. Tote Samen lassen sich nicht anfärben. Dennoch kann mit einem Tetrazolium-Test nicht immer völlig sicher entschieden werden, ob das Saatgut vollständig gesund ist. Deshalb ergeben sich meist höhere Keimfähigkeiten als bei der Keimfähigkeitsprüfung auf Filterpapier oder in Substrat .

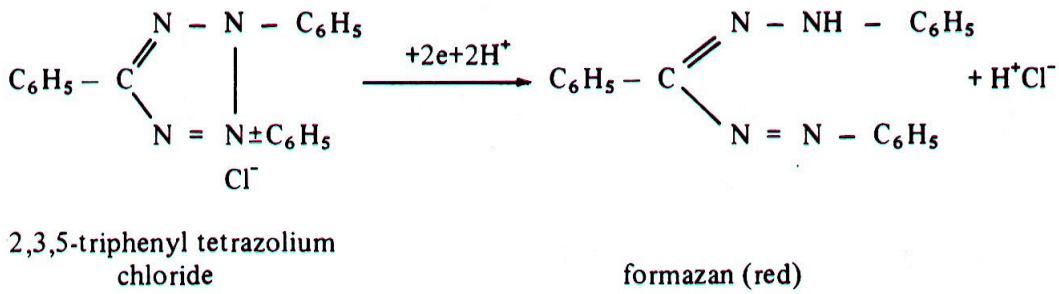


Abb. 4.2 Chemische Reaktion vom farblosen Tetrazoliumsalz zum roten Formazan (nach COPELAND und MC DONALD, 1995)

Die Beschaffenheitsprüfung nach ISTA (1999) liefert Referenzwerte für die Keim- und Lebensfähigkeit der untersuchten Saatgutpartie, mit deren Hilfe die Versuchsergebnisse der einzelnen Saatgutvorbehandlungen effektiv beurteilt werden können. Tabelle 4.1 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchungen für das verwendete Versuchssaatgut. Die geringen Veränderungen in der Keim- und Lebensfähigkeit beweisen, dass die gewählte Lagermethode gut geeignet war, um die Qualität des Versuchssatguts über die Dauer des Forschungsprojekts ohne Verluste zu erhalten.

Tab. 4.1 Ergebnisse der Beschaffenheitsprüfung für das in den Laborversuchen verwendete Eisenkrautsaatgut

Verbena officinalis L.			
Herkunft	Prüftermin	Keimfähigkeit [%]	Lebensfähigkeit (TTC-Wert) [%]
Bornträger	29.01.1999	76	82
	13.12.2000	71	81

4.1.2 Saatgutvorbehandlung

In fast allen Versuchen zu Fragen der Samenkeimung musste das Versuchssaatgut im Rahmen der jeweiligen Saatgutvorbehandlungsmethode zunächst in entmineralisiertem Wasser oder in einer speziellen Behandlungslösung eingequollen werden. Zum Herstellen der Behandlungslösungen wurde ebenfalls entmineralisiertes Wasser verwendet. Das Einquellen erfolgte unter diffusem Tageslicht bei Raumtemperatur (18-20 °C) in einer Vorbehandlungsanlage (Prototyp), die von der LBP eigens zur Durchführung von Versuchen entwickelt wurde (Abb. 4.3). Die Einquelldauer betrug in allen Versuchen für jede Variante 22 Stunden. In der in Abbildung 4.3 dargestellten Vorbehandlungsanlage wird jedes einzelne Aggregat von unten durch eine Aquarienpumpe kontinuierlich belüftet. Um einer erhöhten Verdunstung und einer möglichen Schaumbildung vorzubeugen, wurde eine niedrige Einstellung der Pumpleistung mit einem Luftvolumen von ungefähr 150 bis 170 ml/min gewählt. Die Bestandteile eines einzelnen Aggregats zeigt Abbildung 4.4. In dieser

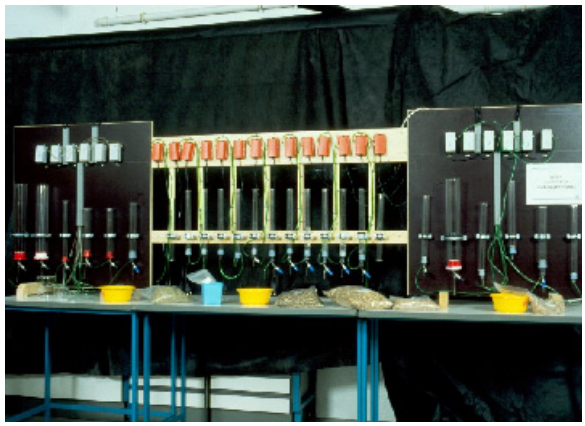


Abb. 4.3 Vorbehandlungsanlage der LBP

sind auch ein zu einem Schieber umfunktionierter Gummistopfen und ein herkömmlicher Laborspatel dargestellt. Beide dienten dazu, das Versuchssaatgut nach Beendigung der Vorbehandlung schnell und vollständig aus der jeweiligen Röhre zu entfernen.

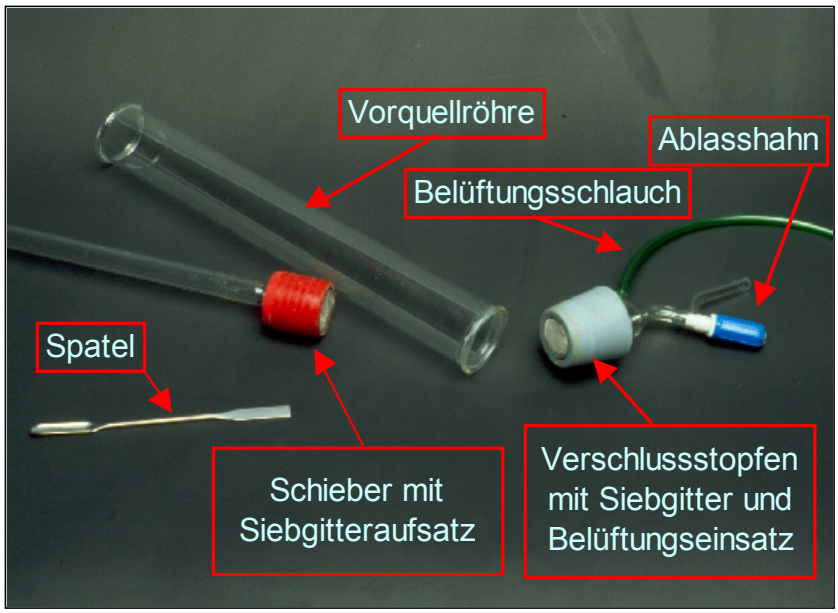


Abb. 4.4 Bestandteile eines Vorbehandlungsaggregats mit Zubehör zum Entleeren des Saatguts

Abbildung 4.5 zeigt, dass zum Einquellen des Saatguts die Behandlungslösung immer im Überschuss gegeben wurde, um zu garantieren, dass die Samen auch nach dem Einquellen noch vollständig mit Behandlungslösung bedeckt waren. Eisenkrautsaatgut nimmt beim Einquellen pro

Abb. 4.5 Einquellen von Eisenkrautsamen

Gramm Saatgut circa 0,9 ml Wasser auf. Um die Vorgabe einer ausreichenden Zirkulation und damit gleichmäßigen Durchlüftung von Behandlungslösung und Saatgut zu erfüllen, muss auch nach dem Einquellen des Saatguts noch ausreichend Behandlungslösung vorhanden sein. In

sämtlichen Versuchen wurde aufgrund des häufig sehr geringen Saatgutbedarfs standardmäßig mit 50 ml Behandlungslösung pro Variante gearbeitet. In Abhängigkeit von der Bauart der Vorbehandlungsanlage erschien dieser Wert als sinnvolle Mindestmenge.

4.1.3 Saatgutrücktrocknung

Da für alle Aussaaten gut streufähiges Saatgut benötigt wurde, musste es vorher zurückgetrocknet werden. Zu diesem Zweck wurde zunächst die Behandlungslösung aus der Röhre abgelassen und das Saatgut mit Hilfe des Schiebers und eines Spatels direkt auf gut saugfähiges Filterpapier überführt, um anhaftende Behandlungslösung zu entfernen. Danach wurde das Versuchssaatgut in dünnen Schichten in trockenen Petrischalen ausgebreitet und bei Raumtemperatur (18-20 °C) unter leichtem Überblasen mit Pressluft bis zur Streufähigkeit (meist 2-3 Stunden) getrocknet.

4.1.4 Aussaat in Petrischalen

Für die Samenkeimung fanden Petrischalen aus Polystyrol ohne Belüftungsnocken Verwendung (Abb. 4.6; 8.2.2 auf Seite 212). In jeder Petrischale wurde ein Rundfilter (8.2.3 auf Seite 212) platziert, der vor der eigentlichen Aussaat mit 8 ml Leitungswasser getränkt wurde. Für eine einheitliche Befüllung der Schalen mit Wasser sorgte ein kleiner Messbecher mit einem Volumen von 8 ml. Nach Zugabe dieser Wassermenge waren die verwendeten Rundfilter vollständig gesättigt, ohne dass überschüssiges (freies) Wasser in der Petrischale stand. Dieses Verfahren erwies sich als schlagkräftiger und genauer, als die Verwendung einer Mikroliterpipette oder eine Zugabe von Wasser im Überschuss mit anschließendem Abgießen des nicht aufgenommenen Wassers.

Abb. 4.6 Petrischale mit 50 Eisenkrautsamen

Die Verwendung dieser Rundfilter als Wasserspeicher bietet dem keimenden Sämling ein großes Wasserreservoir, ohne dabei die Sauerstoffzufuhr einzuschränken. Durch das Verwenden von Leitungswasser bei der Samenkeimung wird nach Absprache mit dem Saatgutlabor der LBP die Nachvollziehbarkeit der Versuche nicht beeinträchtigt. Die Aussaat erfolgte von Hand.

4.1.5 Keimbedingungen und Auswertung der Laborversuche

Die Samenkeimung erfolgte in den Keimschränken des Saatgutlabors der LBP (8.3.4 auf Seite 215), je nach Versuch bei konstanten Temperaturen im Dunkeln oder bei Wechseltemperaturen im Licht-Dunkel-Wechsel (Neonröhren; siehe Tab. 4.3 auf Seite 27). An den Auszählterminen wurden die Samen während des Auszählvorgangs in allen Versuchen einer kurzen Belichtung von maximal 15 Minuten pro Wiederholung ausgesetzt. Der Verlauf der Keimtemperatur in den Keimschränken wurde mit digitalen Minimum/Maximum Thermometern (Messbereich -40 bis +50 °C; Auflösung 0,1 °C) überwacht. Bedingt durch den Regelmechanismus der Keimschränke ergaben sich während der Durchführung der Keimversuche zyklische Temperaturschwankungen von (+/-) 1-1,5 °C. Die Keimschränke wurden so eingestellt, dass der Mittelwert aus Maximal- und Minimaltemperatur dem gewünschten Sollwert entsprach.

In allen Keimversuchen wurden die Petrischalen vollständig randomisiert im Keimschrank verteilt. Die Auszählung erfolgte in festgelegten Abständen nach Aussaat über einen Zeitraum von maximal 22 Tagen. Das Saatgut wurde als gekeimt gewertet und aus der Petrischale entfernt, wenn mindestens 1 mm der Keimwurzel sichtbar war (COOLBEAR und MCGILL, 1990; RUMPEL und SZUDYGA, 1978). Eine selektive Auswertung nach normal und anomal gekeimten Samen konnte in diesem frühen Stadium der Keimung nicht vorgenommen werden. Da die Bedingungen innerhalb der Einzelversuche aber gleich sind, wird die Vergleichbarkeit der Prüfglieder untereinander und damit die Aussagekraft der Versuche nicht beeinflusst.

4.1.6 Chemikalien

Die eingesetzte Gibberellinsäure (GA_3) wurde im Chemikalienhandel bezogen (8.2.5 auf Seite 213). Bei der Berechnung der GA_3-Menge zum Herstellen der jeweiligen Konzentrationsstufen wurde berücksichtigt, dass die Reinheit des verwendeten Präparats bei 90 % lag. Um also eine GA_3-Konzentration von beispielsweise 2000 mg/l zu erhalten, wurden 2222 mg GA_3 in 1 Liter entmineralisiertem Wasser gelöst. Da Gibberellinsäure in Wasser schwer löslich ist, musste das entmineralisierte Wasser nach Zugabe der Gibberellinsäure bis zur vollständigen Lösung auf einem Magnetrührgerät über einen längeren Zeitraum (etwa 30 min) gerührt werden. Durch Erwärmen des Lösungsmittels kann die Löslichkeit der Gibberellinsäure leicht verbessert werden.

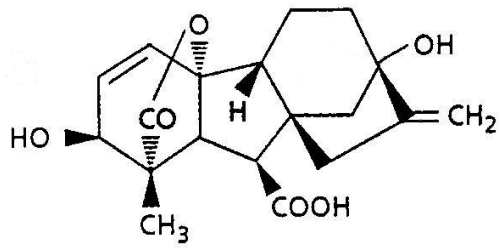


Abb. 4.7 Strukturformel der Gibberellinsäure (GA_3) (nach TAIZ und ZEIGER, 1998)

4.1.7 Versuchsprogramm - Samenkeimung

Zu Beginn des Forschungsprojekts im Jahr 1998 waren noch keine geeigneten Methoden zum Brechen der Keimruhe in den interessierenden Temperaturbereichen bekannt. Deshalb wurden zunächst verschiedene Saatgutvorbehandlungen in Vorversuchen mit einfacher Wiederholung

auf ihre dormanzbrechenden Eigenschaften bei *Verbena officinalis L.* Samen untersucht. Die Keimung erfolgte in all diesen Vorversuchen in Petrischalen im Dunkeln in Keimschränken bei konstanten Temperaturen von 10, 15 und 20 °C. Geprüft wurden:

- Einquellen in Gibberellinsäure (500-1500 mg GA_3/l) mit und ohne anschließende Stratifikation des eingequollenen Saatguts für 7 und 14 Tage
- Einquellen in Gibberellinsäure (1000-3500 mg GA_3/l)
- Saatgutstratifikation bei 5 °C (2 Wochen / 8 Wochen)
- Chemische Skarifikation mit H_2SO_4 (95 % / 47,5 % / 23,5 %) oder HNO_3 (65 % / 32,5 % / 16,25 %) für 1, 5 und 10 Minuten
- Physikalische Skarifikation durch Eintauchen in siedendes Wasser für 30, 60 und 120 Sekunden mit anschließendem Abschrecken unter kaltem Wasser.

Auf der Basis der Erkenntnisse dieser Vorversuche und der Literaturangaben von WOODWARD (1997) und YAQUB (1981) zur Samenkeimung von *Verbena officinalis L.* wurden dann geeignete Methoden zur Saatgutvorbehandlung ausgewählt und in Exaktversuchen getestet (Tab. 4.2 und 4.3).

Tab. 4.2 Einquellen in Gibberellinsäure - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: GA_3-Konzentration	Kontrolle (vollständig unbehandelt)
	500 mg/l
	1000 mg/l
	1500 mg/l
	2000 mg/l
	2500 mg/l
	3000 mg/l
	3500 mg/l
B: Keimtemperatur	10 °C
	15 °C
	20 °C
Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	2 - faktorielle Blockanlage / 2 Serien
Keimbedingungen:	konstant Dunkel / konstante Temperaturen

Tab. 4.3 Wechseltemperaturbehandlung - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: Keimtemperatur	konstant 20 °C
	30 °C / 20 °C Wechseltemperatur (8 h / 16 h)
B: Belichtung	Licht-Dunkel-Wechsel
	Dunkel (in Alufolie verpackt)
Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	2 - faktorielle Blockanlage / 2 Serien
Keimbedingungen:	Die Belichtung erfolgte 8 h pro Tag mit serienmäßig eingebauten weißen Neonröhren (4 Stück á 40 Watt pro Keimschrank) stets während der höheren Keimtemperatur.

4.2 Feldversuche zu Anbau und Ernte

Sämtliche Feldversuche wurden standardisiert mit vier Wiederholungen pro Versuchsvariante angelegt. Alle Versuchsarbeiten, von der Versuchsanlage über die verschiedenen Pflegearbeiten bis hin zur Ernte, Probennahme und Nacherntebehandlung wurden auch in den Feldversuchen wiederholungsweise (blockweise) durchgeführt.

4.2.1 Saatgut

Tabelle 4.4 zeigt alle in den Feldversuchen verwendeten Saatgutherkünfte. Die Saatgutlagerung erfolgte wie unter 4.1.1 auf Seite 20 beschrieben. Da nur Saatgut der Herkunft *´Bornträger´ Ernte ´98* in größerer Menge zur Verfügung stand, wurde - mit Ausnahme des Versuchs *Herkünfte* - für alle Feldversuche diese Herkunft verwendet. Die Auswahl eben dieser Herkunft erfolgte neben dem Kriterium der Verfügbarkeit vor allem aufgrund erster Erkenntnisse zu Ertragsverhalten und Verbenalingehalt aus einem bereits im April 1998 angelegten Vorversuch.

Tab. 4.4 Spezifikation des in den Feldversuchen verwendeten Eisenkrautsaatguts

Art:	Verbena officinalis L.			
Herkunft:	Ungarn	Sevilla	Toscana	Bornträger
Erntejahr:	1997	1997	1997 / 1999	1998
TKG [g]:	0,352	0,293	0,377 / 0,337	0,243

4.2.2 Einquellung des Saatguts

Da es sich bei Eisenkrautsamen um schwer keimfähiges Saatgut handelt, mussten diese sowohl für die Anzuchten im Gewächshaus als auch für die Direktsaat ins Freiland zunächst einer Vorbehandlung mit Gibberellinsäure unterzogen werden. Die Saatgutvorbehandlung erfolgte wie unter 4.1.2 auf Seite 22 beschrieben. Für die Jungpflanzenanzucht wurde das Versuchssaatgut in einer Gibberellinsäurelösung mit einer Konzentration von 2000 mg/l vorgequollen. Saatgut, das für die Direktsaat ins Freiland bestimmt war, wurde mit einer GA_3-Konzentration von 3000 mg/l vorbehandelt.

4.2.3 Saatgutrücktrocknung

Um auch für die Jungpflanzenanzucht oder die Direktsaat gut streufähiges Saatgut zur Verfügung zu haben, wurde das Versuchssaatgut im Anschluss an die Vorbehandlung nach der unter 4.1.3 auf Seite 24 genannten Methode zurückgetrocknet.

4.2.4 Jungpflanzenanzucht

Bei der Jungpflanzenanzucht kamen 160er Vefi Zapfencontainer zum Einsatz (8.2.6 auf Seite 213). Als Anzuchtsubstrat diente Floraton 3 (8.2.4 auf Seite 213). Die Aussaat erfolgte an Tagen, an denen eine größere Anzahl von Platten mit dem gleichen Saatgut bestückt werden sollte, mit einem Hamilton-Sägerät (8.3.2 auf Seite 215), ansonsten von Hand. Pro Container wurden sowohl bei einer maschinellen Aussaat als auch bei einer Aussaat von Hand vier bis acht Samen pro Zapfencontainer oben auf das Substrat abgelegt. Die Anzuchtmethode war für jeden Einzelversuch einheitlich. Um eine bessere Feuchtigkeitsversorgung des Saatguts sicherzustellen, wurden fertige Anzuchtkisten leicht mit Vermiculite (8.2.7 auf Seite 214) übersiebt. Dadurch erhielt man später Pflanzentuffs, bestehend aus zwei bis drei Einzelpflanzen, die mit Ausnahme eines einzelnen Versuchs später nicht mehr vereinzelt wurden. Lediglich im Versuch *Herkünfte* mussten die Pflanzen circa zwei Wochen nach dem Auflaufen vereinzelt werden, um herkunftsbedingte Unterschiede im Keimverhalten auszugleichen. Dadurch konnten auch in diesem Versuch für jede Parzelle die gleichen standardisierten Ausgangsbedingungen geschaffen werden. Die Tuffpflanzung ist eine im Heil- und Gewürzpflanzenbau gängige Methode, um Fehlstellen zu vermeiden, und eine bessere Wüchsigkeit und damit eine bessere Unkrautunterdrückung zu erreichen. Sie ist vor allem dann geeignet, wenn Krautmasse als Ernteprodukt benötigt wird. Bei Kulturen von denen ein einzelnes Organ geerntet wird (zum Beispiel Gemüsebau: Knollensellerie, Gemüsefenchel), stellt sie dagegen keine Alternative zur Einzelpflanzung dar.

Die Keimung fand zunächst im geschlossenen Anzuchtkasten (8.3.5 auf Seite 216) mit Bodenheizung bei einer vorgegebenen Keimtemperatur von 22 °C im Substrat und einer relativen Luftfeuchtigkeit von möglichst 100% statt. Nach dem Auflaufen der ersten Keimlinge wurde die Bodenheizung abgestellt und der Anzuchtkasten geöffnet, um einem Vergeilen (=Etiolement) der Keimlinge durch das verbesserte Lichtangebot und die etwas niedrigere Lufttemperatur vorzubeugen. Die ersten zwei bis drei Wochen erfolgte die Anzucht bei einer Soll-Lufttemperatur von 20 °C, danach bei 16 °C. Die Bewässerung wurde halbautomatisch mit einem

Gießwagen (Prototyp der LBP) nach Bedarf durchgeführt. In den ersten drei Wochen nach der Aussaat kam reines Leitungswasser zum Bewässern der Anzuchtplatten zum Einsatz. Anschließend wurde bis zum Ausliefern der Jungpflanzen bei jedem Gießvorgang eine 0,1 %ige Düngerlösung verwendet. Zum Herstellen dieser Düngerlösung (Nährstoffgehalte: N%/P_2O_5%/K_2O%/MgO%) wurden in 10 l Leitungswasser 5 g *Flory 1 rot* (20/5/10/2) und zusätzlich 5 g *Flory Basisdünger 1* (0/14/38/5) gelöst. Beginn der Abhärtung war bei der Frühjahrsanzucht circa sieben Wochen, bei der Sommeranzucht etwa fünf bis sechs Wochen nach der Aussaat. Die Jungpflanzen wurden dabei über einen Zeitraum von ungefähr einer Woche im Gewächshaus Außentemperaturen (voreingestellte Temperaturuntergrenze: 8 °C) und kräftigem Durchzug ausgesetzt. Vor Auslieferung der Jungpflanzen an die Versuchsgüter erfolgte eine abschließende Startdüngung mit einer 0,3 %igen *Flory 1 rot* Düngerlösung.

Unter den genannten Keimbedingungen kann mit einem Auflaufen der ersten Keimlinge zu beiden Anzuchtterminen nach etwa sechs Tagen und mit dem Gesamtauflauf circa zwölf Tage nach Aussaat gerechnet werden (Durchschnitt aller Versuche). Um bei der großen Anzahl der Feldversuche einem Überständigwerden der Jungpflanzen vorzubeugen, wurden Anzucht und Pflanzung der verschiedenen Versuche in zwei Blöcken im Abstand von 14 Tagen durchgeführt. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass direkt nach der Pflanzung der Versuche des ersten Blocks die Jungpflanzen des zweiten Blocks soweit entwickelt waren, um direkt mit dem Auspflanzen fortfahren zu können.

4.2.5 Pflanzung

Die Pflanzung der Feldversuche erfolgte an beiden Standorten von Hand nach den Vorgaben im jeweiligen Pflanzplan. Am Staatlichen Versuchsgut Baumannshof wurden die Versuchsflächen zur Pflanzbettvorbereitung im Herbst gepflügt und im darauffolgenden Frühjahr zunächst einmalig mit einem Federzinkengrubber mit Stabwalze bearbeitet. Um für die Pflanzung ein lockeres und ebenes Pflanzbett zu erhalten, folgten direkt vor der Pflanzung zwei weitere Bearbeitungsdurchgänge mit dem Grubber. In Puch konnte durch eine einmalige Bearbeitung der gepflügten Versuchsflächen (Winterfurche) kurz vor der eigentlichen Pflanzung mit Hilfe einer Kreiselegge mit nachlaufender Packerwalze ebenfalls ein ebenes und lockeres Pflanzbett bereitgestellt werden. Im Anschluss an die Pflanzung wurden die Jungpflanzen an beiden Standorten gut mit Wasser angegossen.

4.2.6 Drillsaat

Neben gepflanzten Versuchen findet sich im Versuchsprogramm auch ein gesäter Versuch, der ausschließlich auf den leichten Sandböden des Baumannshofs durchgeführt wurde. Aufgrund der geringen Triebkraft von Feinsämereien (KELLER et al., 1997) sollten für die Aussaat grundsätzlich nur leichte Böden ausgewählt werden, die im Hinblick auf Verschlämmungs- und Verkrustungsgefahr, wie auch in der Erwärmbarkeit deutliche Vorteile gegenüber schwereren Böden aufweisen und so einen sicheren und gleichmäßigen Feldaufgang begünstigen. Die Aussaat erfolgte mit einem Gaspardo SV 260 Sägerät mit nachgerüstetem Bandverteilersystem. Vor

der eigentlichen Saatbettbereitung wurde im Frühjahr (meist Anfang April) die bestehende Winterfurche durch einmaliges Grubbern oder Bearbeiten mit einer Saatbettkombination, bestehend aus Garezinken und nachlaufendem Doppelkrümler, eingeebnet. Da an geeigneten Aussaatterminen die oberen Zentimeter der Bodenkrume meist mehr oder weniger stark ausgetrocknet waren, wurde die Versuchsfläche direkt vor der Aussaat nochmals mit dem Grubber bearbeitet und mittels einer Cambridgewalze im Untergrund wieder rückverfestigt. Besonderes Augenmerk wurde auf eine flache Saatgutablage (1 cm +/- 0,5 cm) gelegt, da Eisenkrautsaatgut äußerst empfindlich auf eine zu starke Erdabdeckung reagiert. Ziel der Saatgutablage war es, die Samen mit dem feuchten Unterboden zu verbinden und nur leicht mit lockerem Oberboden zu bedecken.

Nach Aussaat in ein ausreichend feuchtes Saatbett liefen die ersten Keimlinge im Freiland ungefähr nach ein bis zwei Wochen auf. Der Gesamtauflauf wurde etwa drei Wochen nach der Aussaat festgehalten. Da die Böden des Standorts Baumannshof vor allem in den oberen Zentimetern bei höheren Temperaturen und/oder windigen Bedingungen sehr stark zur Austrocknung neigen, war es bei den vorherrschenden klimatischen Verhältnissen erforderlich, einzelne Versuche bis zum Auflaufen der ersten Keimlinge feucht zu halten, um einen guten und sicheren Feldaufgang sicherzustellen. Dies beugt einerseits einem Austrocknen bereits angekeimter Samen vor und wirkt andererseits leichten Verkrustungen des Oberbodens entgegen, die sich durch starkes Austrocknen der Böden nach stärkeren Niederschlägen bilden können. Selbst diese leichten Verkrustungen der Sandböden reichen bei Eisenkraut nämlich aus, um ein erfolgreiches Auflaufen der Keimlinge zu verhindern.

4.2.7 Versuchsstandorte und Witterungsverläufe im Versuchszeitraum

4.2.7.1 Baumannshof

Für die Durchführung der Feldversuche standen zwei Staatliche Versuchsgüter mit unterschiedlichen Böden und Klimaverhältnissen zur Verfügung. Der Versuchsstandort Baumannshof befindet sich in der südbayerischen Ortschaft Forstwiesen (Landkreis Pfaffenhofen) im Donautal-Feilenmoos. Der auf einer Höhenlage von 365 m über NN gelegene Standort ist gekennzeichnet durch flachgründige humose Sandböden mit 2,3-3,9 % organischer Substanz, pH-Werten zwischen 4,5 und 6,3 (BOMME et al., 1999) und einer Bodenwertzahl von durchschnittlich 25 Bodenpunkten. Der humose Sandboden erstreckt sich bis in eine Tiefe von ungefähr 25-35 cm. Danach findet sich reiner Sand als Untergrund. Der Grundwasserspiegel, der durch einen nahegelegenen Militärflughafen von normalerweise circa 60 cm auf 1,2-1,8 m abgesenkt wird, befindet sich auf einem für dieses Gebiet sehr niedrigen Niveau. Diese künstliche Absenkung hat den Vorteil, dass für die Versuchsflächen auch in niederschlagsreichen Perioden keine Gefährdung durch Staunässe gegeben ist, und die Versuchsflächen auch nach regenreichen Perioden schon sehr bald wieder abgetrocknet sind. Aus der langjährigen Versuchstätigkeit am Standort Baumannshof ist aber auch bekannt, dass lediglich die oberen 25-35 cm Boden von den Pflanzen intensiv durchwurzelt werden. Die tieferliegenden Bodenschichten werden von den Pflanzenwurzeln kaum mehr erschlossen, mit den sich daraus ergebenden negativen Auswirkungen auf

Wasserversorgung und verfügbares Nährstoffpotential (AMBERGER, 1996). All diese Standortcharakteristika haben zur Folge, dass am Standort Baumannshof in Trockenperioden schon sehr bald mit einer zusätzlichen Bewässerung begonnen und in ganz besonderem Maße auf eine optimale und termingerechte Nährstoffversorgung geachtet werden muss.

Die leichten Sandböden sind gut erwärmbar. Die durchschnittliche Jahrestemperatur liegt an diesem Standort im 10-jährigen Mittel bei 8,7 °C. Die Jahresniederschlagsmenge beträgt im 10-jährigen Mittel 681 mm (Stand 2000). Temperaturverläufe und Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren zeigen die Abbildungen 4.8 bis 4.11.

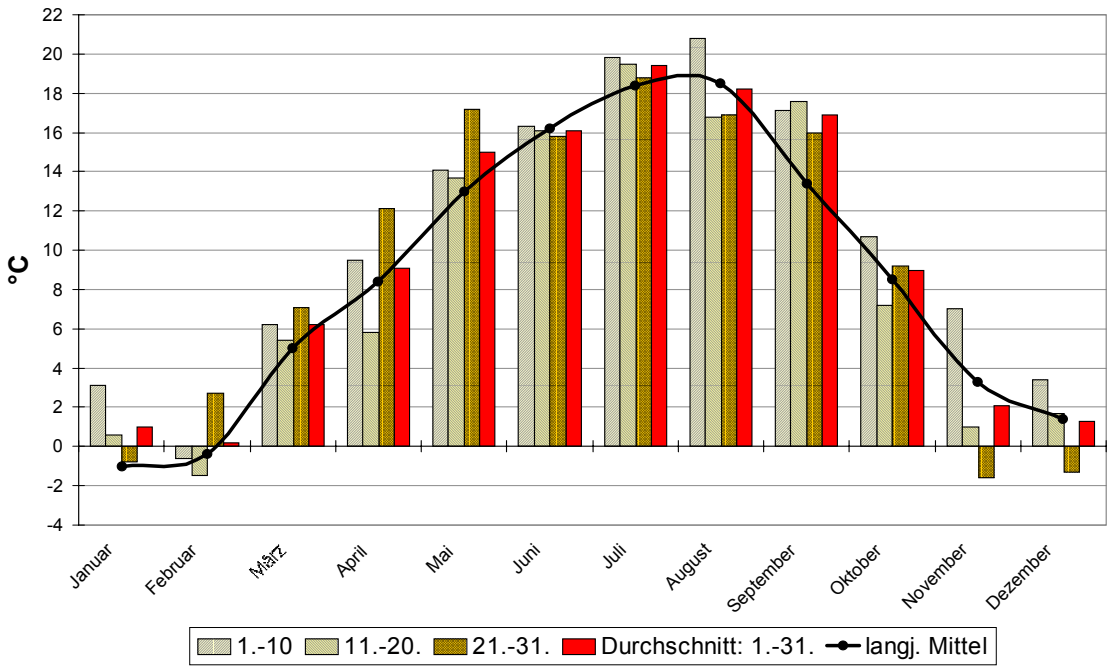


Abb. 4.8 Verlauf der mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 1999 am Standort Baumannshof

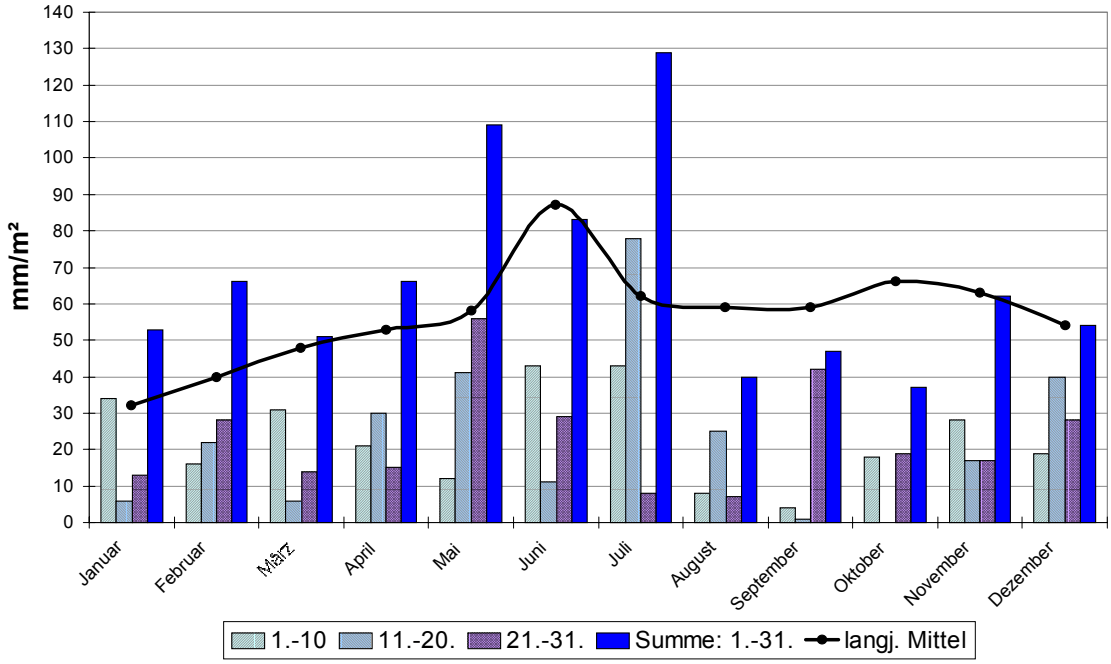


Abb. 4.9 Niederschlagsmengen im Versuchsjahr 1999 am Standort Baumannshof

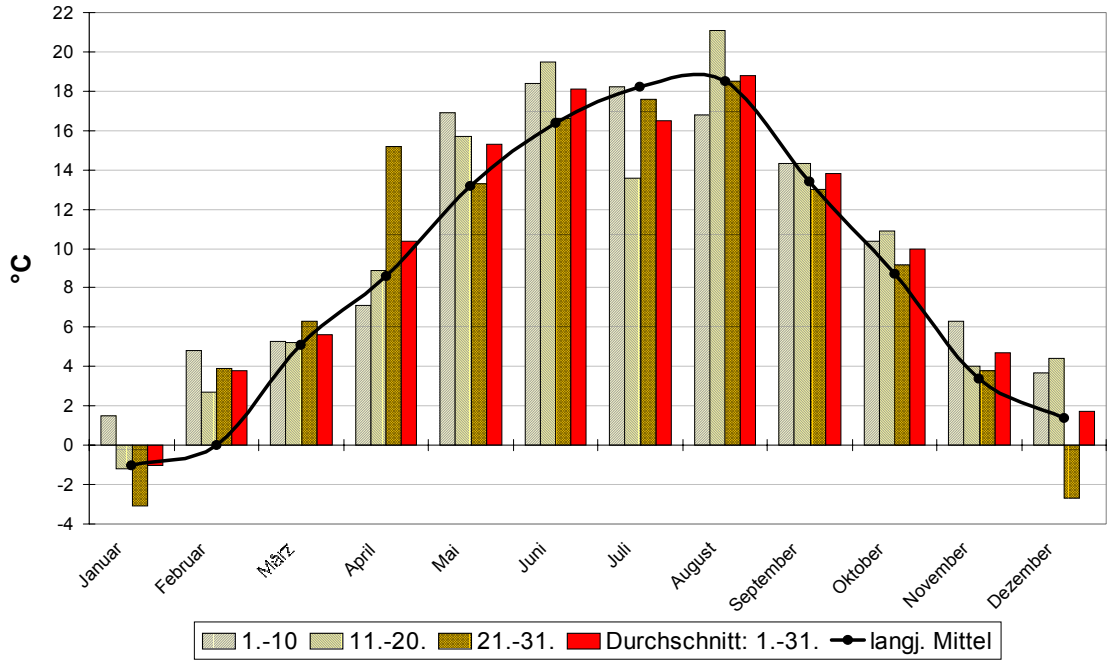


Abb. 4.10 Verlauf der mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 2000 am Standort Baumannshof

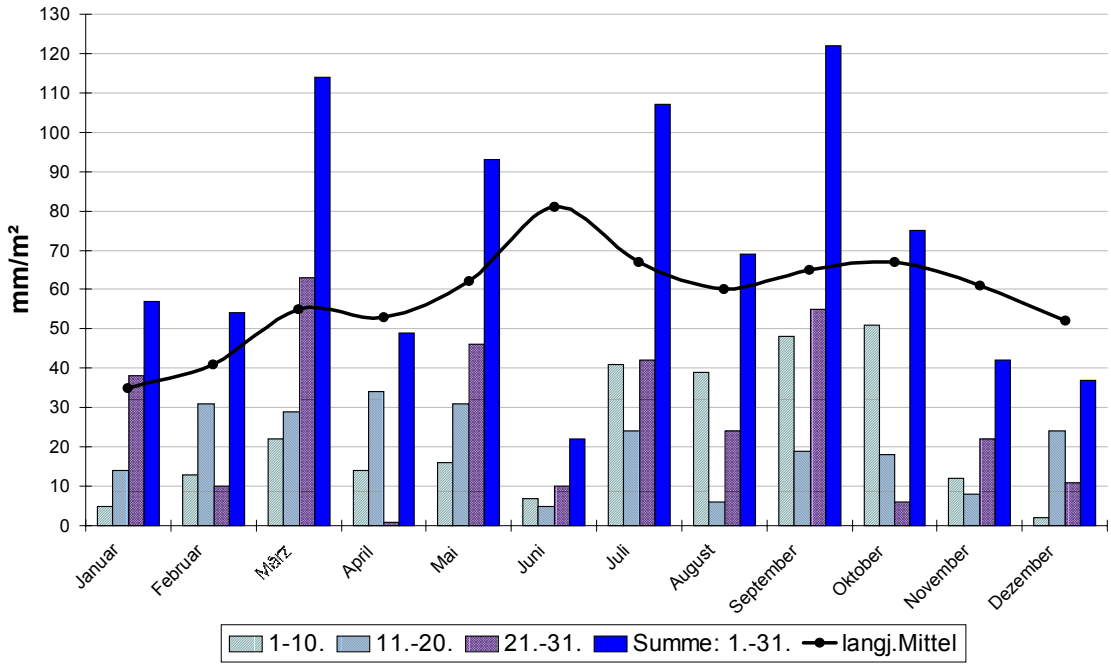


Abb. 4.11 Niederschlagsmengen im Versuchsjahr 2000 am Standort Baumannshof

4.2.7.2 Puch

Das Staatliche Versuchsgut Puch befindet sich in der Schwäbisch-Bayerischen Hochebene, wenige Kilometer westlich von Fürstenfeldbruck in der Ortschaft Puch. Der Versuchsbetrieb liegt auf einer Höhe von 550 m über NN. Die Versuchsflächen befinden sich auf schweren, sehr tiefgründigen sandigen Lehmböden mit minimaler Hanglage und einer Bodenwertzahl von 60 Bodenpunkten. Beim Eisenkraut konnte noch in 90-120 cm Tiefe eine intensive Durchwurzelung der Böden festgestellt werden. Durch das hohe verfügbare Bodenvolumen können am Standort Puch auch längere Trockenperioden gut von den Pflanzen überdauert werden, ohne dass Welkeerscheinungen sichtbar werden. Die Erwärmbarkeit der Böden fällt aber - verglichen mit den dunklen humosen Sandböden des Versuchsguts Baumannshof - geringer aus.

Vergleichbare Verhältnisse herrschen an beiden Standorten nur bei den durchschnittlichen Jahrestemperaturen, die in Puch im zehnjährigen Mittel durchschnittlich bei 8,8 °C (Stand 2000) liegen. Mit 924 mm befindet sich die Jahresniederschlagsmenge im zehnjährigen Mittel in Puch auf einem deutlich höheren Niveau als am Baumannshof. Auch in der exponierten, windoffenen Lage der Versuchsflächen in Puch ergeben sich Unterschiede. Die Temperaturverläufe und die Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 1999 und 2000 am Standort Puch zeigen die Abbildungen 4.12 bis 4.15.

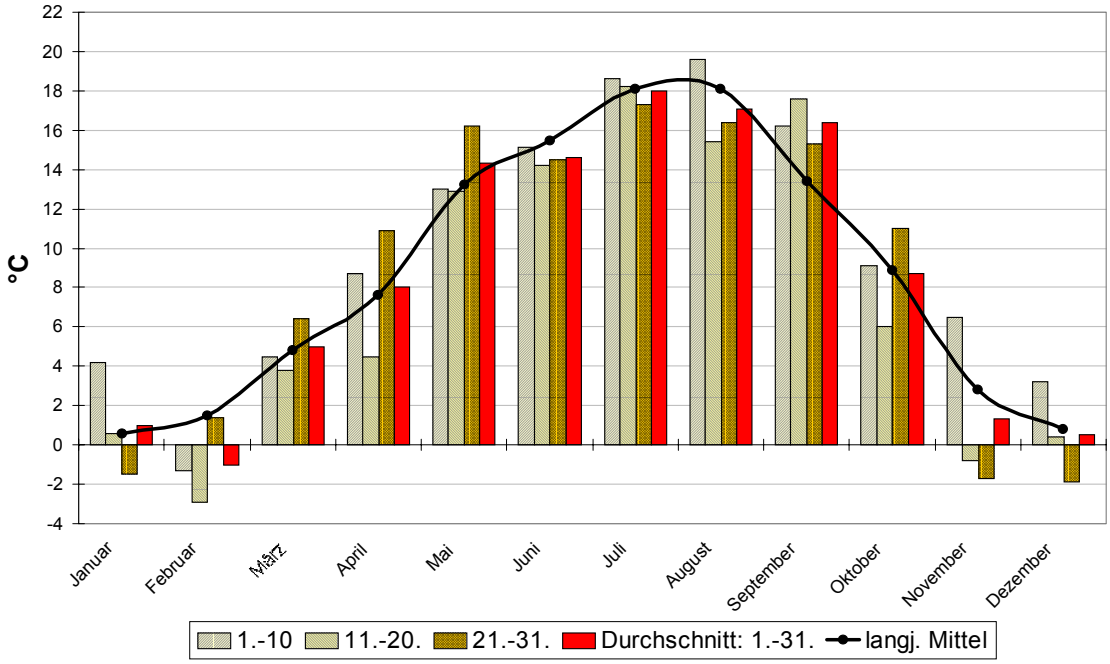


Abb. 4.12 Verlauf der mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 1999 am Standort Puch

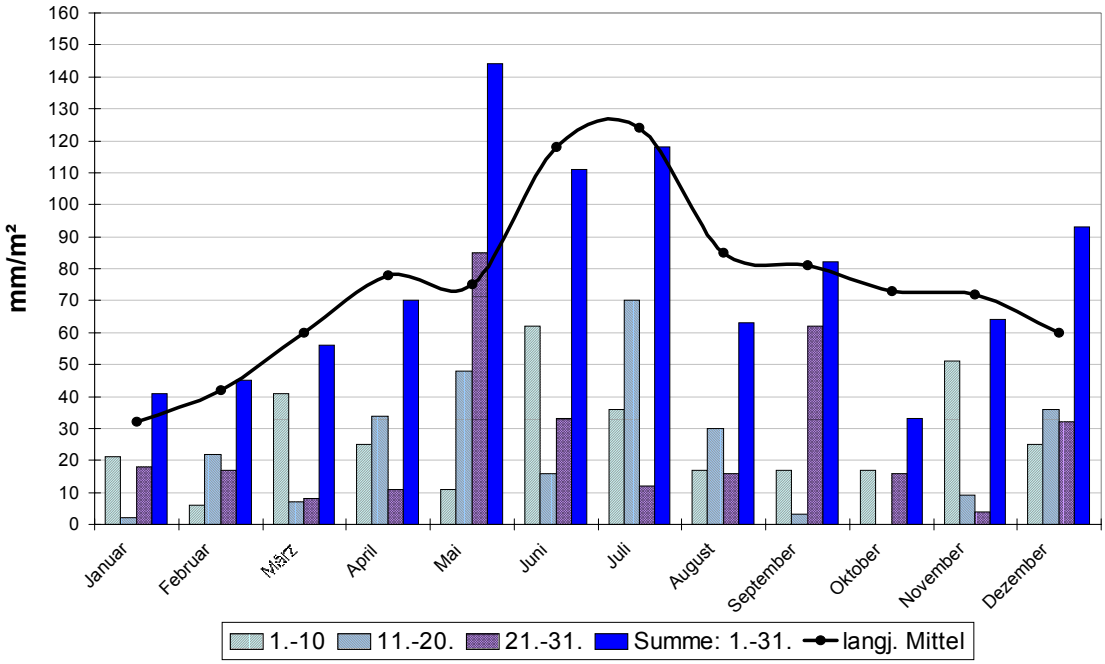


Abb. 4.13 Niederschlagsmengen im Versuchsjahr 1999 am Standort Puch

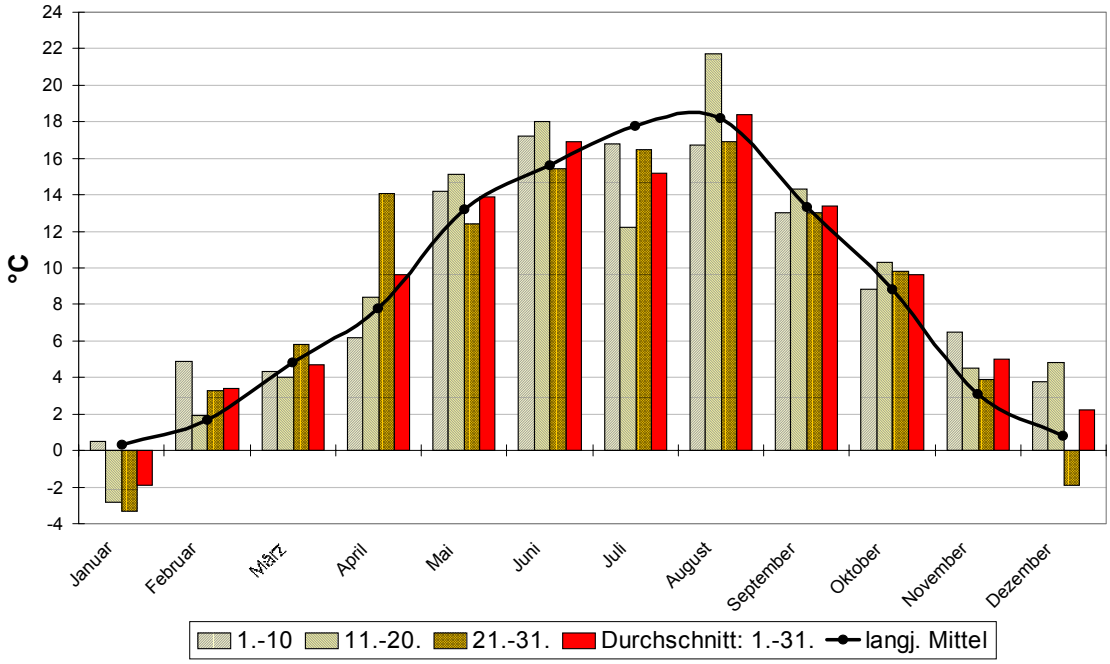


Abb. 4.14 Verlauf der mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 2000 am Standort Puch

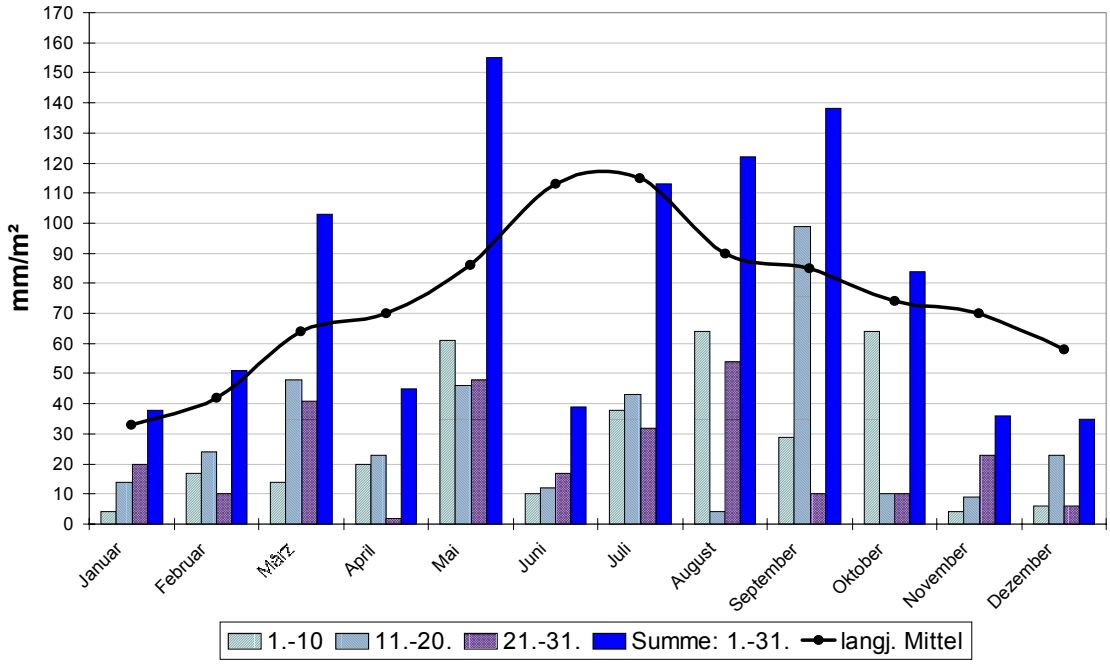


Abb. 4.15 Niederschlagsmenge im Versuchsjahr 2000 am Standort Puch

Aufgrund des enormen Aufwands konnten nicht alle gepflanzten Feldversuche wie ursprünglich gewünscht an beiden Versuchsstandorten durchgeführt werden. Es wurde deshalb eine aussagekräftige Auswahl getroffen, um mit den wenigen möglichen Versuchen in Puch möglichst viele wichtige Zusatzinformationen über die Qualitätsentwicklung und das Ertragsverhalten von *Verbena officinalis L.* zu erhalten.

4.2.8 Nährstoffentzüge und Düngung

„Heil- und Gewürzpflanzen müssen, wie alle anderen Kulturpflanzen auch, gezielt nach ihrem spezifischen Bedarf mit Nährstoffen versorgt werden, um gute Erträge bei gleichzeitig hohen Qualitäten erzielen zu können. Die richtige Nährstoffversorgung stellt damit einen ganz entscheidenden wirtschaftlichen Faktor im Heil- und Gewürzpflanzenanbau dar“ (BOMME und NAST, 1998). Von ebenso hoher Wichtigkeit sind die Belange des Umweltschutzes, die eine Überdüngung mit all ihren negativen Auswirkungen auf Grundwasser und Oberflächengewässer durch Auswaschung und/oder Erosion nicht zulassen (AMBERGER, 1996). Seit Inkrafttreten der Düngeverordnung im Jahr 1996 (DÜNGEVERORDNUNG, 1996) sind auch die Anbauer von Heil- und Gewürzpflanzen gemäß den *Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen* verpflichtet, entsprechend der Nährstoffabfuhr durch das Erntegut zu düngen. Mit Ausnahme des Stickstoffs (N) richtet sich der erforderliche Düngebedarf bei den Makronährstoffen Phosphat (P_2O_5) und Kali (K_2O) nach der Nährstoffabfuhr, korrigiert um empfohlene Zu- oder Abschläge auf Basis der ermittelten Gehaltsstufe des Bodens. Für Magnesium und insbesondere für Spurennährstoffe kann die Nährstoffabfuhr nicht als Berechnungsgrundlage dienen. An die Stelle der Nährstoffabfuhr treten vor allem bei den landwirtschaftlichen Hauptkulturen langjährige Erfahrungswerte (DIE DÜNGUNG VON ACKER- UND GRÜNLAND, 1997).

BOMME und NAST (1998) empfehlen beim Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen für alle Pflanzennährstoffe eine Düngung, die auf dem Nährstoffentzug durch das Erntegut basiert. Dies gilt abweichend von DIE DÜNGUNG VON ACKER- UND GRÜNLAND (1997) auch für die Mikronährstoffe, da für die Heil- und Gewürzpflanzen, anders als bei den landwirtschaftlichen Hauptkulturen, keine langjährigen Erfahrungswerte vorliegen. Ziel der Stickstoffdüngung ist es, alle Pflanzenarten möglichst genau nach dem Bedarf der jeweiligen Kultur, unter Berücksichtigung des jeweiligen Stickstoffangebots des Bodens, zu düngen. Bei diesem Makronährstoff führt sowohl ein Zuviel als auch ein Zuwenig in einem weit stärkeren Maße als bei allen anderen Pflanzennährstoffen zu Mindererträgen und/oder Qualitätseinbußen. Teilung der N-Gaben, Beobachtung der Bestände und bedarfsgerechte Bemessung der späteren N-Gaben sind Grundsätze der *Guten fachlichen Praxis* (DIE DÜNGUNG VON ACKER- UND GRÜNLAND, 1997). Abgesehen von den Auswirkungen auf Ertrag und Qualität führt eine überhöhte und/oder nicht bedarfsgerechte Stickstoffdüngung zu erheblichen Nitratbelastungen des Grundwassers. Neben dem Entzug der Kultur stellt die bei Vegetationsbeginn im Wurzelraum vorhandene Menge an mineralisiertem Stickstoff (Nitrat, Ammonium) die wichtigste Basis für die Stickstoffdüngung dar (DIE DÜNGUNG VON ACKER- UND GRÜNLAND, 1997). Dieser

pflanzenverfügbare Stickstoff wird im zeitigen Frühjahr durch die sogenannte N_{min}-Untersuchung ermittelt. Die Düngungshöhe errechnet sich nach DIE DÜNGUNG VON ACKER- UND GRÜNLAND (1997) wie folgt (Abb. 4.16):

Höhe der Gesamtgabe	=	N-Sollwert (N-Abfuhr durch das Erntegut)	-	Nmin-Vorrat	+/-	Zu- und Abschläge nach schlagspezifischen Gegebenheiten (Z.B. Stickstoffnachlieferung durch Abbau organischer Stoffe (Humus) während der Vegetationsperiode)

Abb. 4.16 Ableitung des Stickstoffbedarfs (verändert nach DIE DÜNGUNG VON ACKER- UND GRÜNLAND, 1997)

Da das Stickstoffangebot maßgeblich den Ertrag und die Qualität des Ernteguts beeinflusst und aufgrund besonderer Witterungssituationen oder einer besonders guten Bestandesentwicklung sehr leicht ins Minimum geraten kann, empfehlen BOMME und NAST (1998) zudem, einen Puffer von 30-50 kg N/ha zu berücksichtigen. Außerdem werden die meisten Heil- und Gewürzpflanzen während ihrer vollen Entwicklung geerntet und müssen deshalb immer aus einem Stickstoffvorrat im Boden schöpfen können (BOMME und NAST, 1998).

Speziell für das Eisenkraut finden sich in der einschlägigen Literatur keine Angaben zu den Nährstoffentzügen oder Düngeempfehlungen. Erste unveröffentlichte Hinweise zum Nährstoffentzug der Kultur konnte VETTER (8.1 ab Seite 210) liefern. Nach seiner mündlichen Mitteilung entziehen 100 dt Frischsubstanz dem Boden 40 kg N, 11 kg P_2O_5 und 75 kg K_2O pro Hektar. Um diese Angaben zu verifizieren und eine fundierte Grundlage für eine bedarfsgerechte Düngung des Eisenkrauts zu schaffen, wurde deshalb bereits in der Vegetationsperiode 1998 mit der Ermittlung erster Nährstoffentzüge an der LBP begonnen. In den Jahren 1999 bis einschließlich 2001 folgten weitere versuchsbegleitende Untersuchungen des Nährstoffentzugs von *Verbena officinalis L.* an beiden Versuchsstandorten und unter Berücksichtigung aller im Versuchsprogramm befindlicher Herkünfte. Tabelle 4.5 zeigt eine Zusammenfassung aller in den Versuchsjahren 1999 und 2000 durchgeführten Nährstoffentzugsbestimmungen. Datenbasis dieser Zusammenfassung sind 20 Einzelwerte, die selbst jeweils in vierfacher Wiederholung bestimmt wurden.

Tab. 4.5 Nährstoffentzüge [kg/ha] des frischen blühenden Krauts von *Verbena officinalis L.* - berechnet für einen frischen Krautertrag von 450 dt/ha

Nährstoff	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
Mittelwert	213	66	273	116	37
Median	202	68	281	105	36
Minimum	134	41	185	71	20
Maximum	358	84	342	179	50

Basierend auf den ermittelten durchschnittlichen Entzugszahlen wurden sämtliche Versuche an beiden Standorten (bei Stickstoff unter Beachtung der N_{min}-Gehalte) einheitlich mit Nährstoffen versorgt. Damit konnten etwaige Unterschiede im Versuchsergebnis direkt dem Standorteinfluss (Boden / Klima) oder dem Einfluss der einzelnen Versuchsfaktoren zugeordnet werden. Die Grunddüngung mit P_2O_5 und K_2O erfolgte bereits im Februar von Hand - längere Zeit vor Anbau oder Austrieb - um hohe Salzgehalte während des Jugendstadiums der Pflanzen zu vermeiden (BOMME und NAST, 1998). Die Stickstoffdüngung wurde ebenfalls in Anlehnung an BOMME und NAST (1998) in zwei Gaben, in einem Zeitraum von drei Wochen nach Auflaufen, Pflanzen oder Austrieb bis zum Schließen des Bestandes, verabreicht. Mit Ausnahme des letzten Schnitts in einem Versuchsjahr wurden nach allen Schnitten 30-50 kg N/ha gegeben. Zur Bestimmung des N_{min}-Gehalts wurden am Standort Baumannshof die Tiefen 0-30 cm und 30-60 cm untersucht, wobei in der Düngebedarfsberechnung nur das Ergebnis der Bodentiefe 0-30 cm aufgrund der geringen Durchwurzelungstiefe berücksichtigt wurde. Mineralisierter Stickstoff, der auf diesem Standort in tiefere Bodenschichten eingewaschen wurde, galt als nicht mehr pflanzenverfügbar (4.2.7.1 auf Seite 30). Die Bestimmung des N_{min}-Gehalts erfolgte am Standort Puch durch Untersuchung der Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm. In die Düngebedarfsberechnung fand im ersten Standjahr nur mineralisierter Stickstoff aus den obersten 60 cm Eingang. Im zweiten Standjahr konnte dann, bei intensiver Durchwurzelung auch der tieferen Schichten, der Gehalt an mineralisiertem Stickstoff aus allen drei untersuchten Bodentiefen in die Düngebedarfsberechnung einbezogen werden.

Da zu Beginn des Forschungsprojekts noch sehr wenig Erkenntnisse über den Frischmasseertrag des Eisenkrauts vorlagen, erfolgte die Berechnung der erforderlichen Düngermenge für das Jahr 1999 anhand des damaligen Wissensstandes für einen erwarteten frischen Krautertrag von 250 dt/ha. Nach neuen Erkenntnissen aus dem Versuchsjahr 1999 wurde für die Düngebedarfsberechnung 2000 und 2001 von einem durchschnittlichen frischen Krautertrag von 450 dt/ha ausgegangen. Die Düngung erfolgte mit Einnährstoffdüngern, um die Zufuhr jedes einzelnen

Makronährstoffs möglichst exakt am Bedarf der Pflanze ausrichten zu können. Tabelle 4.6 zeigt die verwendeten Düngerarten und die Höhe der Nährstoffzufuhr (bei N Sollwert!) pro erwarteten 100 dt frischem Krautertrag an den Versuchsgütern Baumannshof (BA) und Puch (PU).

Tab. 4.6 Nährstoffzufuhr durch Mineraldünger pro Vegetationsperiode

Düngerform	Bestandteile	Nährstoffzufuhr pro erwarteten 100 dt frischem Kraut [kg/ha]				
		N (Sollwert)	P_2O_5	K_2O	MgO	S
Kalkammonsalpeter (BA / PU)	27 % N	**50**	-	-	-	-
Superphosphat (BA)	19 % P_2O_5 / 12 % S	-	**15**	-	-	9
Novaphos (PU)	23 % P_2O_5 / 13 % CaO / 9 % S	-	**15**	-	-	6
40er Kornkali (BA / PU)	40 % K_2O / 6 % MgO / 4 % S / 3 % Na	-	-	**58**	9	6

Eine ausreichende Kalkversorgung der Böden war an beiden Versuchsstandorten durch eine einmalige Vorratskalkung im September 1998 mit kohlensaurem Kalk (85-90% $CaCO_3$) für die Dauer des gesamten Forschungsprojekts gewährleistet. Am Standort Puch wurden 54 dt/ha kohlensaurer Kalk ausgebracht, am Standort Baumannshof 40 dt/ha. Der Kalkgehalt, berechnet als CaO, lässt sich ermitteln, indem man die Atommassen beider Moleküle mit Hilfe des Periodensystems der Elemente berechnet und beide Atommassen zueinander ins Verhältnis setzt. Daraus ergibt sich dann nachfolgende Umrechnungsformel (Abb. 4.17).

$$Gehalt(CaO) = \frac{Gehalt(CaCO_3)}{1{,}78}$$

Abb. 4.17 Formel zur Berechnung des CaO-Gehalts von kohlensauren Düngerkalken

4.2.9 Pflegemaßnahmen

Die Unkrautbekämpfung erfolgte auf beiden Versuchsgütern immer auf mechanischem Wege. In den Versuchsparzellen wurden die Beikräuter, in mehreren Durchgängen bis zum Bestandesschluss, mittels Handhacke entfernt. Zwischenwege konnten durch regelmäßiges, flaches Fräsen unkrautfrei gehalten werden. Etwa zwei Wochen nach den einzelnen Schnitten wurden neu aufgelaufene Unkräuter bei Bedarf durch Striegeln aus den Parzellen entfernt. Diese Maßnahme kam auch im zweiten Standjahr bereits vor oder kurz nach dem Neuaustrieb und nach den jeweiligen Schnitten bei Bedarf zum Einsatz und wurde vom Eisenkraut sehr gut vertragen.

Ab dem Versuchsjahr 2000 entwickelte sich an beiden Standorten in allen Versuchen ein Befall der Pflanzen mit einem Stengelfäulepilz. Untersuchungen von befallenem Pflanzenmaterial an der LBP (LEUPRECHT, 8.1 ab Seite 210) und am Institut für Botanik und Pflanzenschutz der Fachhochschule Weihenstephan (GERLACH, 8.1 ab Seite 210) ergaben, dass die beobachteten Symptome mit großer Wahrscheinlichkeit durch Deuteromyceten der Gattung *Phoma* oder *Ascochyta* verursacht wurden. Da nach Angaben von LEUPRECHT (8.1 ab Seite 210) bei diesem Schaderreger bei geeignetem Klima in kurzer Zeit mit einer sehr starken und bestandesgefährdenden Befallsausbreitung gerechnet werden kann, wurde zur Gewährleistung einer weiteren sicheren Auswertbarkeit der Versuche an beiden Versuchsgütern folgende Fungizidstrategie nach GERLACH (8.1 ab Seite 210) angewandt (Tab. 4.7).

Tab. 4.7 Fungizidstrategie im Versuchsanbau von *Verbena officinalis L.*

Erster Aufwuchs			
Zeitpunkt	Fungizid	Aufwandmenge Fungizid	Wassermenge
(2000) E Mai (nur Versuche im zweiten Standjahr)	Bardos	1 l/ha	1200 l/ha
(2001) M-E Mai	Bardos oder Folicur	1 l/ha	400 l/ha
(2001) 2-3 Wochen nach erster Spritzung	Folicur	1,5 l/ha	400 l/ha
Ab erstem Schnitt			
Zeitpunkt	Fungizid	Aufwandmenge Fungizid	Wassermenge
Direkt nach Ernte	Benomyl	250 g/ha	400 l/ha
2 Wochen nach Ernte	Bardos oder Folicur	1 l/ha	400 l/ha
5-6 Wochen nach Ernte	Bardos oder Folicur	1 l/ha	400 l/ha

Am 1. Juli 2001 musste die Fungizidbehandlung der Bestände, bedingt durch den Ablauf der Übergangsfrist des neuen Pflanzenschutzgesetzes vom 01.07.1998 (PFLANZENSCHUTZGESETZ, 1999) und der sich daraus ergebenden neuen Zulassungssituation, eingestellt werden. Dennoch konnten in keinem Versuch Unterschiede in der Befallsstärke festgestellt werden.

Dies deutet darauf hin, dass der verantwortliche Schaderreger keiner der beiden identifizierten Pilzgattungen zuzuordnen ist. Durch die Untersuchung einer kontaminierten Saatgutpartie (MAUCKNER, 8.1 ab Seite 210) und aus Erkenntnissen zur Befallsentwicklung aus dem Herkünfteversuch (Diskussion unter 6.2.2.1 ab Seite 147) konnte mit hoher Wahrscheinlichkeit ein

Vertreter der Gattung *Alternaria* als verantwortlicher Schaderreger bestimmt werden. Die exakte Bestimmung des Stengelfäulepilzes war im Rahmen des Forschungsprojekts aber nicht möglich.

Eine Beregnung der Eisenkrautbestände wurde nur am Baumannshof nach längeren Trockenperioden durchgeführt, sobald die Bestände erste Welkeerscheinungen zeigten. Die Beregnung erfolgte mit einer Bergnungsanlage vom Typ *Bauer Rainboy* mit Gestängeberegnung und Selbsteinzug. Je Beregnungsdurchgang wurden etwa 25 l Wasser pro m² ausgebracht.

Ebenfalls standortspezifisch war ein im Jahr 1996 auf den Versuchsflächen des Baumannshofs aufgetretener Nematodenbefall. Um einer möglichen Beeinträchtigung der Versuche vorzubeugen, wurden alle Versuchsflächen, die für eine Neuanlage bestimmt waren, jeweils im Spätsommer des Vorjahres einer Basamidbehandlung (Aufwandmenge: 560 kg/ha) unterzogen.

4.2.10 Beobachtungen und Bonituren

Während der Vegetation und zur Ernte erfolgten verschiedene Beobachtungen und Bonituren zur weiteren Bewertung und Beschreibung der Versuche. Der Blühbeginn der Prüfglieder wurde in allen Versuchen festgehalten, der Austrieb der Pflanzen im Frühjahr sowie die Frostresistenz bonitiert und der Krankheits- beziehungsweise Schädlingsbefall in den Parzellen beobachtet. Die Bonitur des Pilzbefalls konnte erst ab dem Versuchsjahr 2000 durchgeführt werden, da in diesem Jahr zum ersten Mal ein festellbarer Befall mit dem Schaderreger auftrat. Als Boniturgrundlage dienten die Richtlinien des Bundessortenamtes (Tab. 4.8 nach BUNDESSORTENAMT (1995)).

Tab. 4.8 Skala für die Bonitur des Pilzbefalls

1 =	nicht befallen (0 %)
2 =	sehr gering bis gering befallen (> 0-2,5 %)
3 =	gering befallen (> 2,5-5 %)
4 =	gering bis mittel befallen (> 5-10 %)
5 =	mittel befallen (> 10-15 %)
6 =	mittel bis stark befallen (> 15-25 %)
7 =	stark befallen (> 25-35 %)
8 =	stark bis sehr stark befallen (> 35-67,5 %)
9 =	sehr stark befallen (> 67,5-100 %)

4.2.11 Ernte

Vor allem um möglichst praxisnahe Ernteergebnisse zu erhalten, aber auch bedingt durch die große Anzahl an Versuchen, wurden die Versuchsernten nicht von Hand, sondern mit speziell für die Ernte von Krautfrüchten optimierten Erntemaschinen durchgeführt. Am Versuchsgut Baumannshof kam zu diesem Zweck ein speziell entwickelter selbstfahrender Grünguternter auf Basis des *Grünfutter-Parzellenernters 212* der Firma Hege zum Einsatz (BOMME et al., 2001). Auf dem Versuchsgut Puch wurde ein modifizierter und auf die Bedürfnisse der Eisenkrauternte angepasster selbstfahrender Haldrup Grünguternter verwendet. Abbildung 4.18 zeigt die beiden Erntemaschinen im Einsatz.

Abb. 4.18 Mechnisierte Eisenkrauternte mit Grünguterntern vom Typ Hege (links) und Haldrup (rechts)

Von jeder Ernteparzelle wurde immer das gesamte Kraut geerntet und der Gesamtertrag an frischem Kraut bestimmt. Die Ernte erfolgte, nach dem Entfernen der Randreihen, ab dem Zeitpunkt der Vollblüte und bei einer Mindest-Bestandeshöhe von 40 cm. Die Schnitthöhe lag in den allermeisten Versuchen bei 8-10 cm über dem Boden. Abweichungen ergaben sich nur in den Versuchen *Erntehorizonte*, *Erntetermine (nach Blühbeginn)* und *Erntetermine (nach Bestandeshöhe)*. Die Bestandeshöhe (Stockmitte bis Blütenspitze) wurde für jedes Prüfglied zur Ernte durch Bilden eines Mittelwertes aus fünf Einzelmessungen ermittelt.

4.2.12 Probennahme

Neben der Feststellung der Erträge lag das Hauptaugenmerk der Versuche auf der Bestimmung des Verbenalingehalts der einzelnen Prüfglieder. Zu diesem Zweck wurden pro Parzelle aus dem gesamten anfallenden Erntegut repräsentative Mischproben, bestehend aus den Pflanzenteilen von 30-40 Einzelpflanzen (immer 1,5 kg / Parzelle) gezogen. Anschließend erfolgte eine Zerkleinerung der Krautproben mit einem BOSCH Leisehäcksler (8.3.1 auf Seite 214), um ein besseres Trocknungsverhalten zu erreichen.

4.2.13 Trocknung

Für die Trocknung der 1,5 kg Krautmischproben kam an beiden Versuchsgütern unterschiedliche Technik zum Einsatz. Am Staatlichen Versuchsgut Baumannshof erfolgte die Trocknung in einer Hordentrocknungsanlage (8.3.3 auf Seite 215) über einen Zeitraum von 28 h (Krautproben). Am Staatlichen Versuchsgut Puch wurden zur Probentrocknung zwei Umlufttrockenschränke mit regelbarer Frischluftzufuhr eingesetzt. Wegen des deutlich geringeren Luftdurchsatzes mussten zum Trocknen der Krautproben circa 48 Stunden veranschlagt werden. Die Trocknungstemperatur lag in allen Versuchen unabhängig von der eingesetzten Trocknungstechnik bei 40 °C. Mit der Trocknung der Versuchsproben wurde nach Ernte und Aufbereitung aller Versuchsproben eines kompletten Versuchs oder bei größeren Versuchen nach Ernte und Aufbereitung einer kompletten Wiederholung begonnen.

Nach Abschluss der Probentrocknung wurden die getrockneten Versuchsproben zurückgewogen, das Drogengewicht bestimmt und eine repräsentative Mischprobe von mindestens 50 g Krautdroge für die Inhaltsstoffanalysen abgepackt. Das Drogengewicht diente später als Grundlage für die Berechnung des Eintrocknungsverhältnisses und des Drogenertrags pro Parzelle beziehungsweise Hektar. Die Bestimmung des Restfeuchtegehalts der Droge erfolgte versuchsbegleitend durch Mittrocknen von Zusatzproben bei 40 °C, die nach Ermittlung des Drogengewichtes im Trockenschrank für mindestens zwei Stunden bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz weiter getrocknet und erneut gewogen wurden. Der errechnete Restfeuchtegehalt lag meist in einem Bereich von 7 bis 12 %

4.2.14 Inhaltsstoffanalysen

Sämtliche Inhaltsstoffanalysen wurden extern, in den Labors der BIONORICA AG, durchgeführt. Dadurch konnten innerhalb der drei Versuchsjahre mehr als 3000 Einzelproben auf den Verbenalingehalt untersucht werden. Die Extraktion der Proben erfolgte mit einem Methanol/ Wasser Gemisch. Der Verbenalingehalt ergab sich durch die Untersuchung der Prüflösung mittels HPLC-Gradientenelution und UV-Detektion mit Wellenlängenschaltung. Die Identität der untersuchten Substanz konnte durch den Vergleich von Retentionszeit und UV-Spektrum mit einer authentischen Referenzsubstanz nachgewiesen werden.

4.2.15 Versuchsprogramm - Pflanzenentwicklung

Tab. 4.9 Herkünfte - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: Herkunft	(VG 1) - Ungarn
	(VG 2) - Sevilla
	(VG 3) - Toscana
	(VG 4) - Bornträger
Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	1 - faktorielle Blockanlage / 2 Serien
Standorte:	SVG Baumannshof / SVG Puch
Jungpflanzen:	Einzelpflanzen
Pflanzabstand:	30 x 25 cm
Erntetermin:	ab Vollblüte und mindestens 40 cm Bestandeshöhe
Parzellengröße bei Ernte:	3,6 m²
Schnitthöhe bei Ernte:	8-10 cm über dem Boden

Tab. 4.10 Pflanztermine - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: Pflanztermin	(VG 1) - M/E April (Frühjahr)
	(VG 2) - E August / A September (Herbst)
Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	1 - faktorielle Blockanlage / 2 Serien
Standorte:	SVG Baumannshof / SVG Puch
Jungpflanzen:	Pflanzentuffs
Herkunft:	Bornträger - Ernte 1998
Pflanzabstand:	30 x 25 cm
Erntetermin:	ab Vollblüte und mindestens 40 cm Bestandeshöhe
Parzellengröße bei Ernte:	3,6 m²
Schnitthöhe bei Ernte:	8-10 cm über dem Boden

Tab. 4.11 Pflanzabstände - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: Pflanzabstand	(VG 1) - 25 x 15 cm
	(VG 2) - 30 x 25 cm
	(VG 3) - 50 x 30 cm
Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	1 - faktorielle Blockanlage / 2 Serien
Standorte:	SVG Baumannshof / SVG Puch
Jungpflanzen:	Pflanzentuffs
Herkunft:	Bornträger - Ernte 1998
Erntetermin:	ab Vollblüte und mindestens 40 cm Bestandeshöhe
Parzellengröße bei Ernte:	VG 1: 5,6 m² / VG 2: 5,4 m² / VG 3: 6,75 m²
Schnitthöhe bei Ernte:	8-10 cm über dem Boden

Tab. 4.12 Saattermine - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: Saattermin	(VG 1) - A Mai (Frühjahr)
	(VG 2) - E Juli / A August (Sommer)
B: Vorbehandlung	(VG 1) - ohne Vorbehandlung
	(VG 2) - 24 h vorquellen in GA_3 (3000 mg/l)
Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	2 - faktorielle Spaltanlage / 2 Serien
Standorte:	SVG Baumannshof
Saatgutherkunft:	Bornträger - Ernte 1998
Aussaatverfahren:	Drillsaat
Reihenabstand:	30 cm
Aussaatmenge:	578 g/ha
Vorfrucht bei Sommersaat:	Sommergerste
Erntetermin:	ab Vollblüte und mindestens 40 cm Bestandeshöhe
Parzellengröße bei Ernte:	3,6 m²
Schnitthöhe bei Ernte:	8-10 cm über dem Boden

4.2.16 Versuchsprogramm - Ernteverhalten

Tab. 4.13 Erntetermine (nach Blühstadium) - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: Erntetermin	(VG 1) - Blühbeginn + 10 Tage
	(VG 2) - Blühbeginn + 20 Tage
	(VG 3) - Blühbeginn + 30 Tage
Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	1 - faktorielle Blockanlage / 2 Serien
Standorte:	SVG Baumannshof / SVG Puch
Jungpflanzen:	Pflanzentuffs
Herkunft:	Bornträger - Ernte 1998
Pflanzabstand:	30 x 25 cm
Parzellengröße bei Ernte:	4,2 m²
Schnitthöhe bei Ernte:	8-10 cm über dem Boden

Tab. 4.14 Erntetermine (nach Bestandeshöhe) - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: Erntetermin	(VG 1) - 35 bis 40 cm Bestandeshöhe
	(VG 2) - ab 60 cm Bestandeshöhe
Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	1 - faktorielle Blockanlage / 2 Serien
Standorte:	SVG Baumannshof
Jungpflanzen:	Pflanzentuffs
Herkunft:	Bornträger - Ernte 1998
Pflanzabstand:	30 x 25 cm
Parzellengröße bei Ernte:	5,4 m²
Schnitthöhe bei Ernte:	8-10 cm über dem Boden

Tab. 4.15 Erntehorizonte - Versuchsbeschreibung

Versuchsaufbau	
Faktor	Faktorstufen
A: Erntehorizont {Schnitthöhe}	(VG 1) - oberstes 1/3 {=[(Bestandeshöhe - 10 cm) x 0,66]+10 cm}
	(VG 2) - oberste 2/3 {=[(Bestandeshöhe - 10 cm) x 0,33]+10 cm}
	(VG 3) - oberste 3/3 {10 cm über dem Boden}

Erläuterungen zum Versuch	
Anlageform:	1 - faktorielle Blockanlage / 2 Serien
Standorte:	SVG Baumannshof
Jungpflanzen:	Pflanzentuffs
Herkunft:	Bornträger - Ernte 1998
Pflanzabstand:	30 x 25 cm
Parzellengröße bei Ernte:	4,2 m²
Vorgehensweise bei Ernte:	Vorgegebener Erntehorizont ab ca. 70 cm Bestandeshöhe. **KEIN** zusätzlicher Rückschnitt nach der Ernte.

4.3 Statistische Auswertung der Versuche

Die varianzanalytische Verrechnung aller Versuchsergebnisse erfolgte mit der Prozedur *General linear models (GLM)* des Programmpakets SAS (SAS INSTITUTE INC., 1985). Für jede Versuchsserie wurde - entsprechend der Anlagemethode - ein geeigneter SAS-Job definiert und mit Hilfe des F-Tests zunächst untersucht, ob sich die Varianzen einzelner Faktoren beziehungsweise deren Wechselwirkungen signifikant von der Fehlervarianz unterscheiden (MUNZERT, 1992; PRECHT und KRAFT, 1987). Im Falle von unbalancierten Versuchsdaten (fehlende Werte im Datensatz) wurden dazu adjustierte Varianzen berechnet. Soweit signifikante Varianzursachen ($P < 5$ %) vorlagen (signifikanter Einfluss einzelner Prüffaktoren oder deren Wechselwirkungen), kam der Tukey-Test zur Beurteilung einzelner Mittelwertsdifferenzen zur Anwendung (MUNZERT, 1992). Dieser Test verhindert ein Überschreiten der gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit ($\alpha = 5$ %), wobei in Kauf genommen wird, dass für einzelne Vergleiche die gewählte Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten wird (MUNZERT, 1992) (MUNZERT, 8.1 ab Seite 210). Bei unbalancierten Versuchsdaten rechnet die SAS Option für den Tukey-Test mit adjustierten Mittelwerten (FREUND und LITTELL, 1981). Die

Originaldaten der Saatgutvorbehandlungsversuche, die in Form von Prozentzahlen zwischen 0 und 100 vorlagen, mussten vor der varianzanalytischen Verrechnung nach folgender Winkeltransformation (=Inverse Sinustransformation) umgewandelt werden (Abb. 4.19).

$$Transformierter\ Wert = \arcsin\sqrt{\frac{Originalwert\ (\%)}{100}}$$

Abb. 4.19 Mathematische Formel zur Winkeltransformation (nach MUNZERT, 1992 und SACHS, 1978)

Auf diese Weise gelangt man nach MUNZERT (1992) und SACHS (1978) zu normalverteilten Daten mit Eignung für die parametrische Varianzanalyse. Die Mittelwertsvergleiche wurden ebenfalls an den transformierten Werten durchgeführt, statistische Entscheidungen an den transformierten Werten getroffen und anschließend auf die Originalwerte übertragen. Die Prüfung der Signifikanz erfolgte in allen Versuchen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\ \%$.

In der Regel war es das Ziel dieser Arbeit, bei allen Versuchsergebnissen die hinsichtlich der Fragestellung besten, das heißt praxisrelevanten Versuchsvarianten herauszufinden (zum Beispiel höchste Erträge, höchste Keimfähigkeiten, aber auch im Hinblick auf entstehende Trocknungskosten niedrigste Eintrocknungsverhältnisse). Beste Versuchsvarianten wurden bei der Ergebnisdarstellung mit einem „ * “ versehen (enstpricht Gruppe „a“ bei üblicher Buchstabenkennzeichnung). Die auf diese Weise gekennzeichneten Varianten waren auf dem untersuchten Signifikanzniveau statistisch nicht verschieden. Eine Ausnahme hiervon stellte die varianzanalytische Verrechnung der Inhaltsstoffgehalte dar. Im Hinblick auf die unbekannten Gehaltsanforderungen der pharmazeutischen Industrie wurden die Versuchsvarianten, welche die höchsten Verbenalingehalte aufwiesen, ebenfalls mit einem „ * “ gekennzeichnet. Zusätzlich erfolgte die Kennzeichnung der niedrigsten Werte mit einem „ o “. Verbenalingehalte ohne Kennzeichnung konnten keiner der beiden Gruppen zugeordnet werden und lagen damit im mittleren Bereich der Inhaltsstoffgehalte. Mit dieser Kennzeichnungsmethode werden die untersuchten Mittelwerte nur den statistischen Extremgruppen sicher zugeordnet. Dieser Nachteil wurde aber in Kauf genommen, da die exakte Kenntnis aller statistischer Gruppen in der vorliegenden Arbeit keine für die Interpretation der Inhaltsstoffgehalte wesentlichen zusätzlichen Erkenntnisse erbracht hätte.

Traten zwischen Versuchsfaktoren signifikante Wechselwirkungen auf, so erfolgte nur eine Kennzeichnung der Kombinationsmittelwerte für die Wechselwirkungen höchster Ordnung. Denn grundsätzlich gilt nach MUNZERT (1992), dass bei einem Auftreten von signifikanten Wechselwirkungen ein Vergleich der Hauptwirkungen einzelner Versuchsfaktoren nicht vorgenommen werden sollte, da insgesamt nur die Kombinationsmittelwerte, nicht aber die Mittelwerte der Faktoren das tatsächliche Verhalten korrekt wiedergeben. Das Gleiche gilt für Kombinationsmittelwerte niedrigerer Ordnung. Wurde trotz signifikanter Wechselwirkungen für die Hauptwirkungen eines Versuchsfaktors ein sehr ähnliches Verhalten auf allen Stufen des/der

anderen Versuchsfaktors/en festgestellt, so wurden im Sinne einer leichteren Überschaubarkeit der Versuchsdaten in solchen Fällen zusätzlich die besten, beziehungsweise bei den Verbenalingehalten die höchsten und/oder niedrigsten Stufenmittelwerte des interessierenden Versuchsfaktors mit „(*)“ oder „(o)“ gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung wurde lediglich im Sinne einer leichteren Überschaubarkeit der Versuchsdaten in bestimmten Fällen durchgeführt und darf in keinem Fall unabhängig von den Wechselwirkungen betrachtet werden.

Teilweise traten innerhalb einzelner Versuche fehlende Werte auf, die sich zum Beispiel aus einer unterschiedlichen Anzahl möglicher Schnitte bei verschiedenen Ernteterminen ergaben. In diesem Fall blieben die entsprechenden Zellen in den Statistiktabellen leer. Konnten aufgrund von fehlenden Werten zu einigen Mittelwerten keine statistischen Schätzungen durch die Prozedur GLM vorgenommen werden, so wurden diese nicht geschätzten Werte mit „n.e.“ gekennzeichnet.

Die statistische Auswertung der Feldversuche erfolgte nach Standjahr und Versuchsstandort getrennt. Die separate Betrachtung der Versuchsstandorte bei den statistischen Auswertungen wurde erforderlich, da allein durch unterschiedliche Schnittregime die Orthogonalität der Versuchsdaten zu stark beeinflusst wurde. Bei der Betrachtung von Gesamterträgen war die Orthogonalität bezüglich dieser Tatsache aber immer gewährleistet. Die Trennung der Standorte erfolgte hier, weil durch die Basamid-Behandlung der Versuchsflächen am Baumannshof (4.2.9 ab Seite 39) eine einheitliche Nährstoffversorgung an beiden Standorten im Versuchsjahr 1999 nicht gegeben war. Eine sinnvolle varianzanalytische Auswertung des Standorteinflusses über die Versuchsjahre war somit nicht möglich. Die statistische Kennzeichnung der Ergebnisse wurde in der Regel in den Ergebnistabellen im Anhang vorgenommen. Im Falle einfaktorieller Daten konnte eine eindeutige statistische Kennzeichnung der Versuchsergebisse in den Abbildungen erfolgen.

5 Ergebnisse

5.1 Samenkeimung

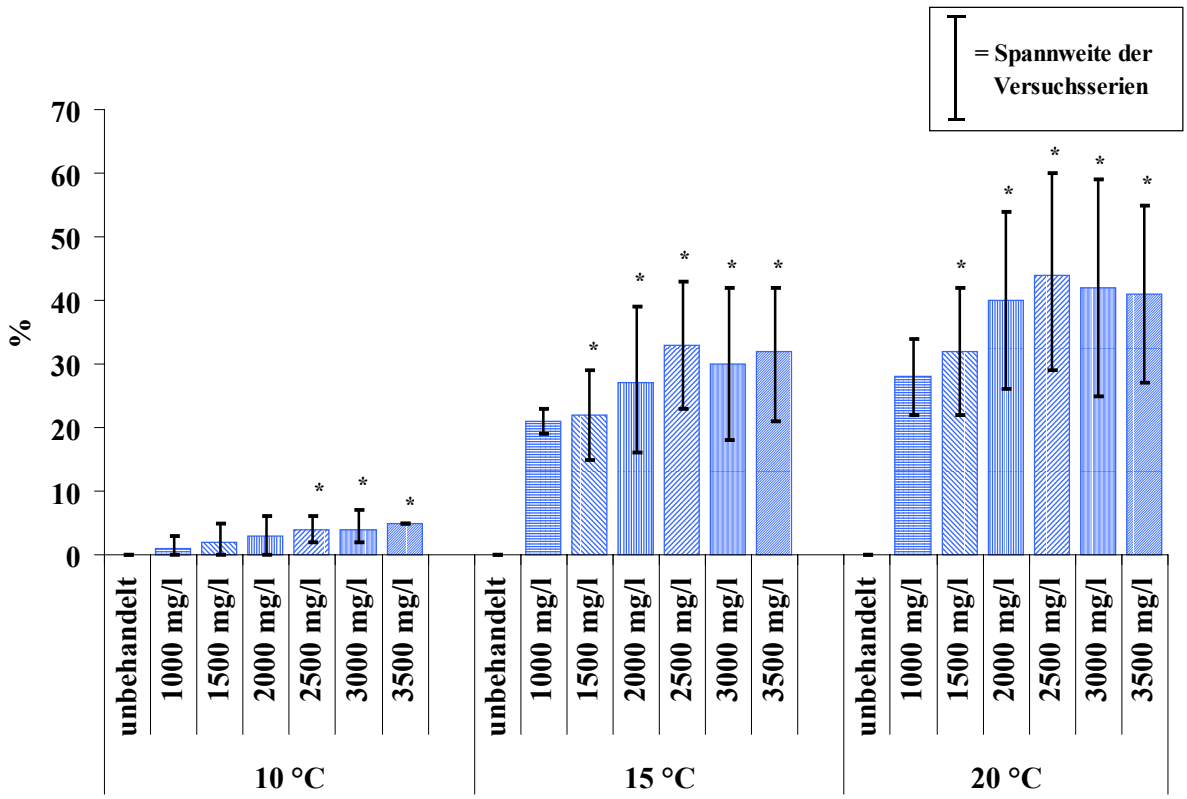
In beiden Vorbehandlungsversuchen wurde die Auszählung der gekeimten Samen im Abstand von 4, 8, 13, 18 und 22 Tagen nach Aussaat vorgenommen. Als Maß für die Keimschnelligkeit wird der Prozentsatz gekeimter Samen am 8. Tag betrachtet. Der Vergleich der Keimfähigkeiten erfolgt am 18. Tag nach der Aussaat, da zu diesem Zeitpunkt bei der überwiegenden Zahl der Varianten die Gesamtkeimfähigkeit erreicht war.

5.1.1 Einquellen in Gibberellinsäure

Am 8. Tag nach der Aussaat wurden nach der Gesamtverrechnung des Versuchs signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombinationen *Keimtemperatur x Serie*, *Serie x GA_3-Konzentration* und *Keimtemperatur x GA_3-Konzentration* ermittelt (Tab. 8.1 auf Seite 217). Im Mittel beider Versuchsserien konnten die statistisch gesichert höchsten Keimschnelligkeiten nur bei Keimtemperaturen von 15 °C und 20 °C nach Vorbehandlungen mit GA_3-Konzentrationen von 2500 mg/l (15 °C) oder 2000 bis 3500 mg/l (20 °C) nachgewiesen werden. Im Durchschnitt aller Stufen des Faktors *GA_3-Konzentration* wurde die schnellste Keimung bei 20 °C in der zweiten Serie ermittelt. Im Mittel aller drei Temperaturstufen ergaben sich Spitzenwerte in der zweiten Serie nach Saatgutvorbehandlungen mit GA_3-Konzentrationen von 2000 bis 3500 mg/l. Unbehandeltes Saatgut keimte am 8. Tag unabhängig von Serie oder Keimtemperatur nicht.

Eine Gibberellinsäurebehandlung führte damit in beiden Serien und bei allen drei geprüften Temperaturstufen bei einer Keimung im Dunkeln zu einer deutlichen Steigerung der Keimschnelligkeit gegenüber unbehandeltem Saatgut. Die signifikanten Wechselwirkungen zeigen an, dass die Gibberellinsäurekonzentrationen in beiden Serien, aber auch bei den einzelnen Keimtemperaturen unterschiedliche Auswirkungen auf die Keimschnelligkeit hatten. Für die spätere Anwendung der GA_3-Behandlung im Praxisbetrieb (Jungpflanzenanzucht im Gewächshaus oder Aussaat ins Freiland) ist aber auch die Reaktion bei einzelnen Temperaturstufen von Interesse. Unterschiedliche Wirkungen gleicher Behandlungen bei verschiedenen Serien sind ebenfalls von entscheidender Bedeutung, da auch im Praxisanbau mit unterschiedlich lange gelagertem Saatgut oder mit unterschiedlichen Saatgutpartien gearbeitet wird. Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse in einem zweiten Schritt nach Temperaturstufen und Serien getrennt verrechnet.

Bei 10 °C konnten in beiden Serien statistisch gesichert höchste Keimraten von 4 bis 5 % durch die Vorbehandlung bei GA_3-Konzentrationen von 2500 bis 3500 mg/l erreicht werden. Unter konstanten Keimtemperaturen von 15 und 20 °C erfolgte die signifikant schnellste Keimung nach dem Einquellen der Samen bei GA_3-Konzentrationen von 1500 bis 3500 mg/l mit Keimraten von 22 bis 44 %. In Abbildung 5.1 sind die Konzentrationsstufen, mit denen in beiden Serien die signifikant höchsten Keimschnelligkeiten erzielt werden konnten, gekennzeichnet.



* = signifikant nach getrennter Verrechnung der Faktoren *Keimtemperatur* und *Serie*

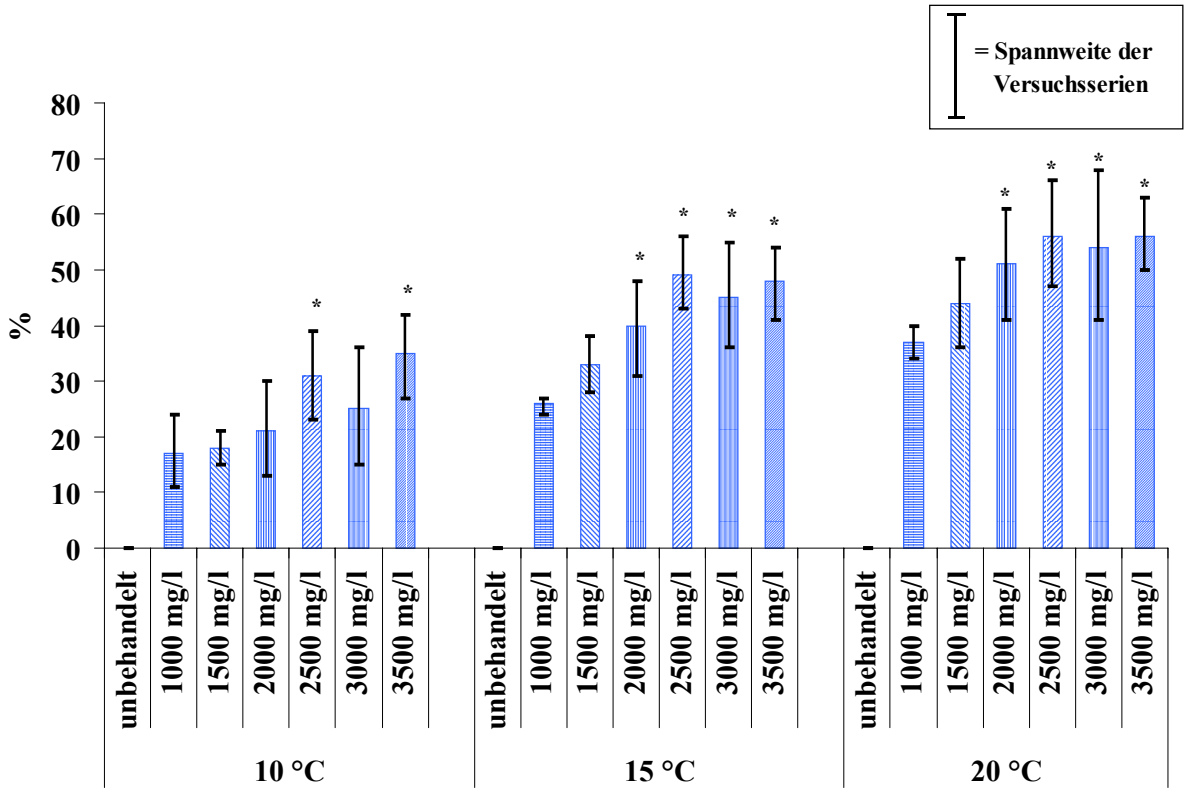
Abb. 5.1 Keimschnelligkeit des Eisenkrautsaatguts in Petrischalen am 8. Tag im Versuch *Einquellen in Gibberellinsäure*

Die statistische Gesamtverrechnung der Keimfähigkeiten am 18. Tag ergab signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombinationen *Serie x GA_3-Konzentration* und *Keimtemperatur x GA_3-Konzentration* (Tab. 8.1 auf Seite 217). Im Durchschnitt beider Serien wurden varianzanalytisch gesichert höchste Keimfähigkeiten durch Saatgutvorbehandlungen mit GA_3-Konzentrationen von 2500 bis 3500 mg/l (15 °C) beziehungsweise 1500 bis 3500 mg/l (20 °C) erzielt. Die Auswertung der Keimfähigkeiten im Mittel der drei Keimtemperaturen lieferte statistisch gesichert beste Ergebnisse nur für die zweite Serie bei GA_3-Konzentrationen von 2000 bis 3500 mg/l. Die Verwendung von unbehandeltem Saatgut führte bei allen drei Keimtemperaturstufen zu einer Gesamtkeimfähigkeit von 0 %. Im Mittel beider Serien ergab sich aus einer Temperaturabsenkung um 5 °C im untersuchten Bereich bei vorbehandeltem Saatgut ein Rückgang der Keimfähigkeit um etwa 10 %. Die Keimschnelligkeit wurde bei einer Temperaturabsenkung von 20 auf 15 °C ebenfalls um circa 10 %, durch eine Absenkung von 15 auf 10 °C sogar um weitere 20 bis 40 % reduziert.

Auch am 18. Tag ließen sich für beide Serien und für die einzelnen Keimtemperaturen unterschiedliche Auswirkungen der Gibberellinsäurekonzentration auf die Keimrate feststellen. Vergleichbar mit den Ergebnissen am 8. Tag wird dies auch hier durch signifikante Wechselwirkungen ausgedrückt (Tab. 8.1 auf Seite 217). Entsprechend wurden die Ergebnisse in einem

zweiten Schritt nach Temperaturstufen und Serien getrennt verrechnet, um auch bei den Keimfähigkeiten am 18. Tag globale Aussagen für die GA_3-Anwendung in der Praxis treffen zu können.

Unter konstanten Keimtemperaturen von 10 °C wurden in beiden Serien die signifikant höchsten Keimfähigkeiten in Höhe von 31 und 35 % nach einer Vorbehandlung des Saatguts mit GA_3-Konzentrationen von 2500 und 3500 mg/l ermittelt. Bei 15 und 20 °C ergaben sich die statistisch gesichert höchsten Keimfähigkeiten bei GA_3-Konzentrationen von 2000 bis 3500 mg/l mit Werten zwischen 40 und 56 % (Abb. 5.2).



* = signifikant nach <u>getrennter</u> Verrechnung der Faktoren *Keimtemperatur* und *Serie*

Abb. 5.2 Keimfähigkeit des Eisenkrautsaatguts in Petrischalen am 18. Tag im Versuch *Einquellen in Gibberellinsäure*

Insgesamt wurde die schnellste Keimung und die höchste Keimfähigkeit nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut bei einer Temperatur von 20 °C ermittelt. Sowohl bei der Gesamtverrechnung als auch bei der Einzelverrechnung stellte sich heraus, dass bei niedrigeren Keimtemperaturen höhere GA_3-Konzentrationen zum Erreichen der signifikant höchsten Keimschnelligkeit und Keimfähigkeit erforderlich waren. Durch jede Absenkung der Keimtemperatur um 5 °C ergab sich im untersuchten Bereich ein Rückgang der Keimfähigkeit bei vorbehandeltem Saatgut um circa 10 %. Gleiches galt auch für die Keimschnelligkeit bei einem Rückgang der Keimtemperatur von 20 auf 15 °C. Unbehandeltes Saatgut keimte unter konstanten Temperaturen von 10 bis 20 °C überhaupt nicht.

Beste Keimschnelligkeiten und Keimfähigkeiten konnten bei 10 °C durch eine Saatgutvorbehandlung ab einer GA_3-Konzentration von 2500 mg/l erzielt werden. Unter konstanten Keimtemperaturen von 15 °C wurden für beste Ergebnisse in beiden Fällen GA_3-Konzentrationen von mindestens 2000 mg/l benötigt. Bei 20 °C waren ebenfalls GA_3-Konzentrationen von mindestens 2000 mg/l erforderlich.

5.1.2 Wechseltemperaturbehandlung

Bei der statistischen Auswertung der Keimergebnisse wurden an beiden Auszählterminen signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Keimtemperatur* und *Belichtung* festgestellt (Tab. 8.2 auf Seite 219).

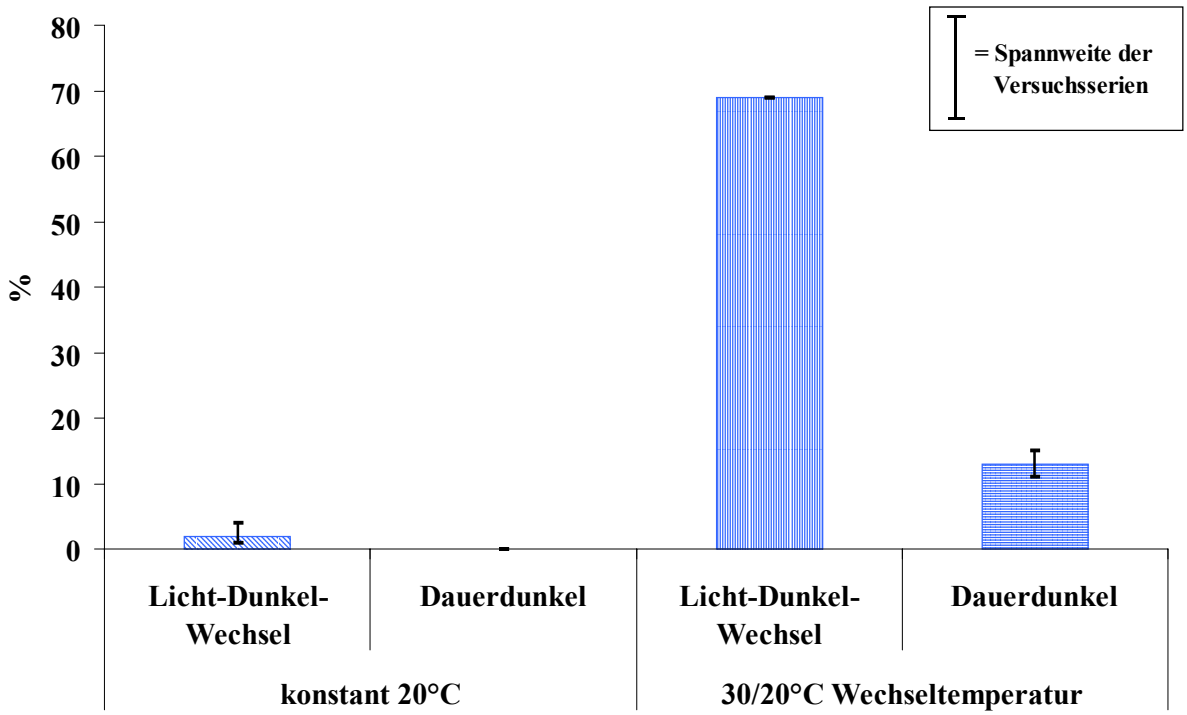


Abb. 5.3 Keimschnelligkeit des Eisenkrautsaatguts in Petrischalen am 8. Tag im Versuch *Wechseltemperaturbehandlung*

Mit einer Keimrate von 69 % konnte für die Variante *Keimung unter Wechseltemperatur im Licht-Dunkel-Wechsel* am 8. Tag das signifikant beste Ergebnis und damit die signifikant höchste Keimschnelligkeit festgestellt werden (Abb. 5.3). Im Dunkeln war die Keimrate bei dieser Temperaturvariante mit 13 % im Mittel beider Serien deutlich geringer. Eine sehr geringe Keimschnelligkeit ergab sich für die Variante *Keimung bei konstant 20 °C im Licht-Dunkel-Wechsel*. Im Dunkeln konnte keine Keimung der Samen (0 %) beobachtet werden.

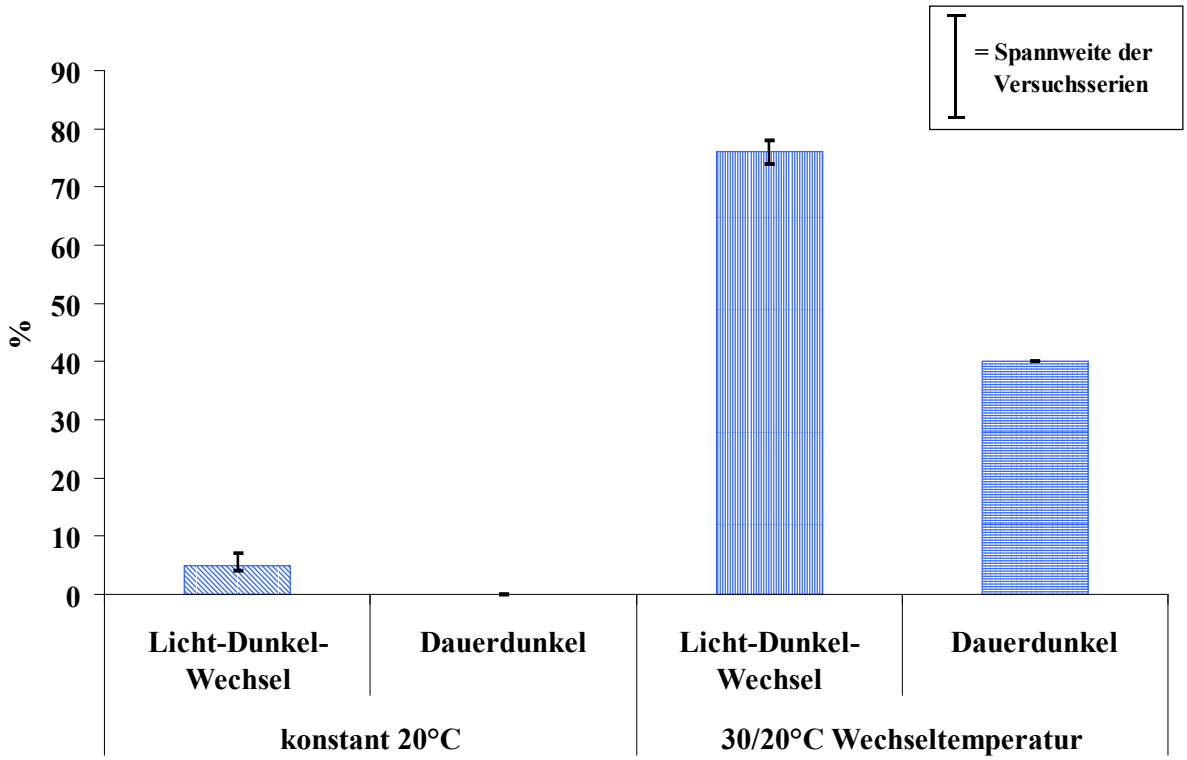


Abb. 5.4 Keimfähigkeit des Eisenkrautsaatguts in Petrischalen am 18. Tag im Versuch *Wechseltemperaturbehandlung*

Am 18. Tag nach der Aussaat des Versuches wurde für Varianten, die bei konstant 20 °C unter Lichteinfluss platziert wurden, eine leichte Steigerung der Keimfähigkeit auf 5 % im Mittel beider Versuchsserien festgestellt (Abb. 5.4). Samen, die sich bei konstant 20 °C im Dunkeln befanden, keimten auch bis zum 18. Tag nicht (0 %). Zwischen 8. und 18. Tag konnte für die Variante *Keimung unter Wechseltemperatur im Dunkeln* ein deutlicher Anstieg der Keimrate auf 40 % ermittelt werden. Die statistisch gesichert höchste Keimfähigkeit wurde mit 76 % im Mittel beider Serien am 18. Tag durch eine Keimung unter Lichteinfluss bei einer Wechseltemperatur von 30/20 °C erzielt (Tab. 8.2 auf Seite 219). Bei dieser Variante ergab sich im Zeitraum zwischen dem 8. und 18. Tag nur noch ein relativ geringer weiterer Anstieg der Keimrate.

Insgesamt wurde die mit Abstand höchste Keimschnelligkeit und Keimfähigkeit bei einer Keimung im Licht-Dunkel-Wechsel unter Wechseltemperaturen (30/20 °C) ermittelt. Die Zusatzbelichtung führte bei dieser Temperaturvariante im Vergleich zur Dunkelkeimung fast zu einer Verdopplung der Keimfähigkeit und zu einer etwa fünfmal höheren Keimschnelligkeit. Bei konstant 20 °C keimte lediglich unter Lichteinfluss ein sehr geringer Anteil der Eisenkrautsamen. Im Dunkeln lag die Keimfähigkeit bei 0 %.

5.2 Pflanzenentwicklung

5.2.1 Herkünfte

5.2.1.1 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr

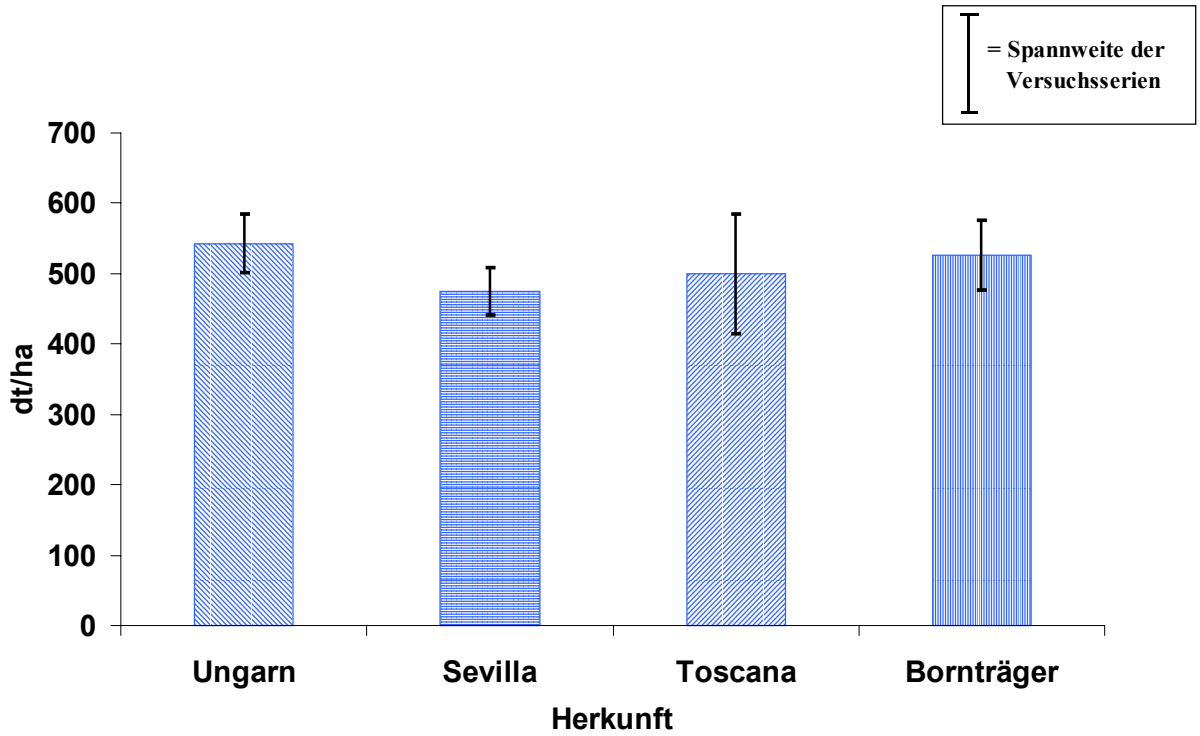


Abb. 5.5 Gesamter frischer Krautertrag der Herkünfte am Baumannshof im ersten Standjahr

Die Gesamterträge an frischem Kraut aus allen Aufwüchsen lagen im Mittel beider Versuchsserien am Baumannshof im ersten Standjahr zwischen 475 (´Sevilla´) und 543 dt/ha (´Ungarn´) (Abb. 5.5). Ein statistisch signifikanter Einfluss der Herkunft wurde nicht ermittelt (Tab. 8.3 auf Seite 220). In der ersten Versuchsserie 1999 konnte mit 563 dt/ha im Mittel über alle Herkünfte ein statistisch gesichert höherer Gesamtertrag an frischem Kraut geerntet werden, als in der zweiten Versuchsserie 2000 mit 458 dt/ha. Dies galt auch für jede einzelne Herkunft. Aus Abbildung 5.5 wird ersichtlich, dass die stärksten Ertragsschwankungen bei der Herkunft ´Toscana´ (169 dt/ha) auftraten. Am geringsten war der Schwankungsbereich der Herkunft ´Sevilla´ (67 dt/ha).

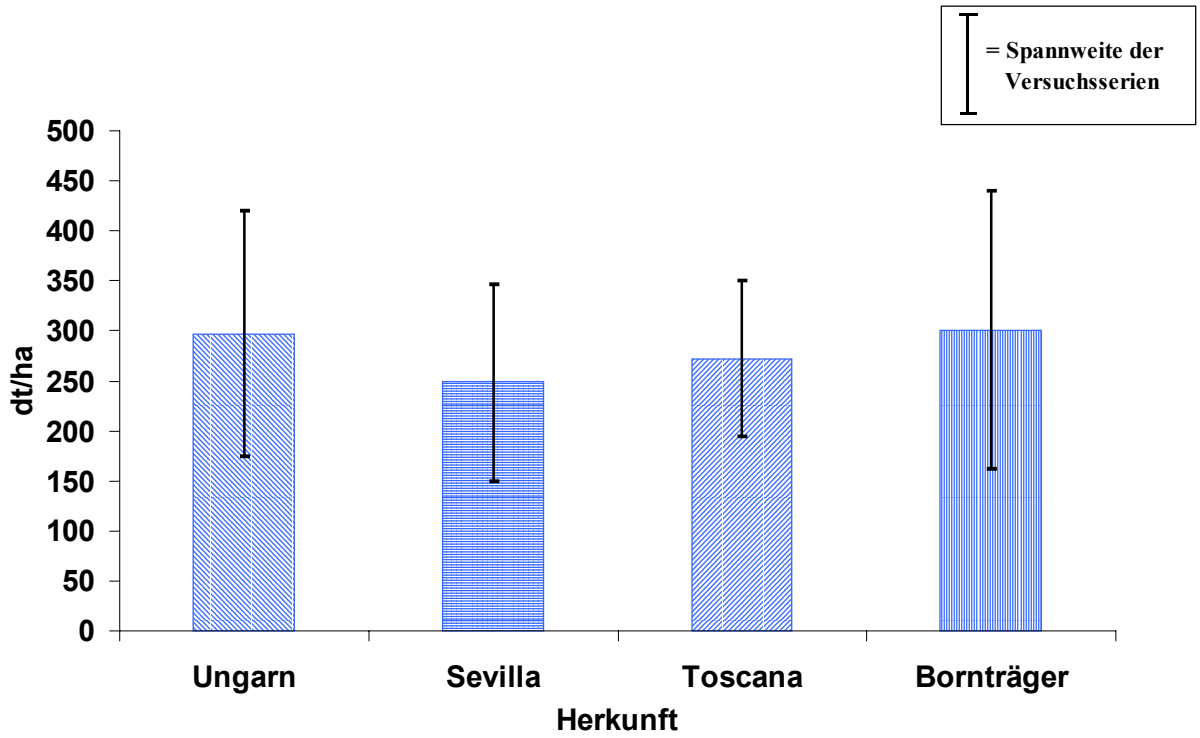


Abb. 5.6 Gesamter frischer Krautertrag der Herkünfte in Puch im ersten Standjahr

Wie Abbildung 5.6 zeigt, ergaben sich in Puch im ersten Standjahr im Mittel beider Versuchsserien Gesamterträge an frischem Kraut aus allen Aufwüchsen von 249 (´Sevilla´) bis 301 dt/ha (´Bornträger´). Zwischen den Versuchsfaktoren *Herkunft* und *Versuchsserie* traten signifikante Wechselwirkungen auf (Tab. 8.4 auf Seite 220). Die statistisch gesichert höchsten Erträge wurden von den Herkünften ´Ungarn´ und ´Bornträger´ in der zweiten Versuchsserie 2000 erzielt. In der ersten Versuchsserie 1999 wurde der höchste Gesamtertrag aus allen Aufwüchsen bei der Herkunft ´Toscana´ festgestellt. Die Herkunft ´Sevilla´ lieferte in beiden Versuchsserien die niedrigsten Erträge. Insgesamt unterschieden sich beide Serien am Standort Puch mit einem über alle Herkünfte gemittelten Ertrag von 170 dt/ha (1999) und 389 dt/ha (2000) deutlich (Tab. 8.4 auf Seite 220). Alle geprüften Herkünfte erzielten in Versuchsserie eins 1999 einen niedrigeren gesamten frischen Krautertrag als in Versuchsserie zwei 2000. Die geringsten Schwankungen zwischen den Gesamterträgen wurden bei der Herkunft ´Toscana´ in Höhe von 155 dt/ha gefunden. Mit Differenzen von 246 und 278 dt/ha unterschieden sich die frischen Krauterträge der Herkünfte ´Ungarn´ und ´Bornträger´ am stärksten.

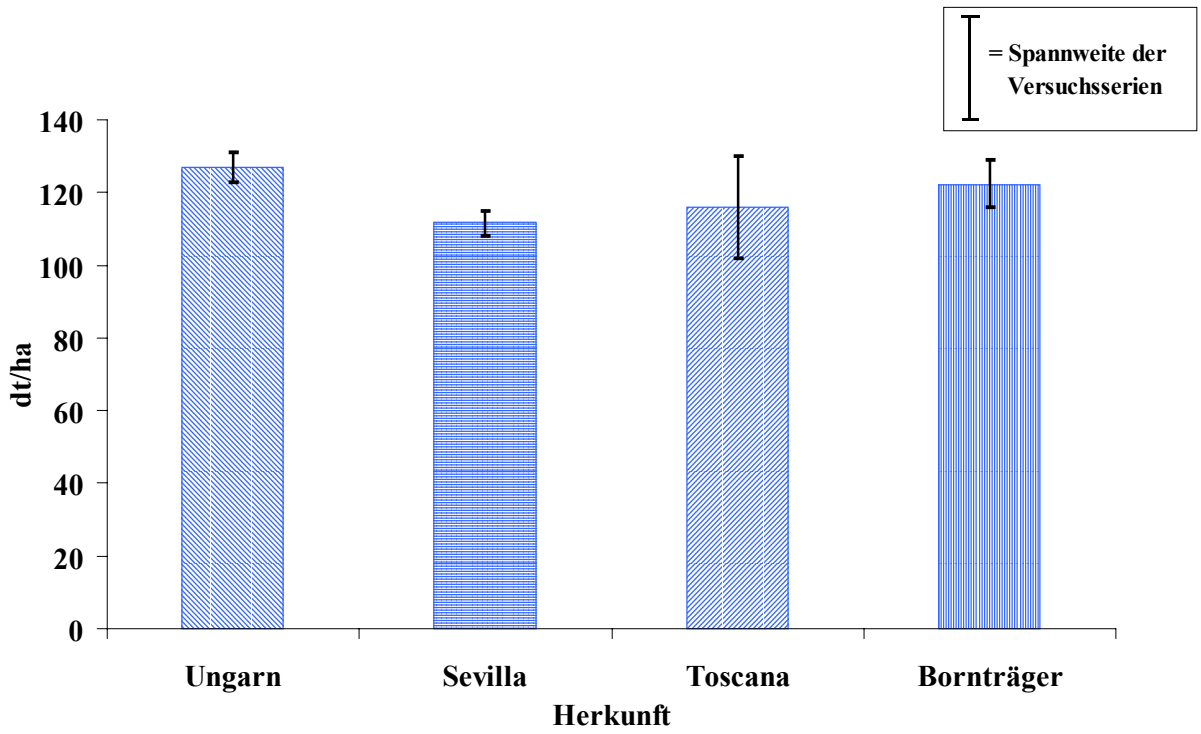


Abb. 5.7 Gesamter Krautdrogenertrag der Herkünfte am Baumannshof im ersten Standjahr

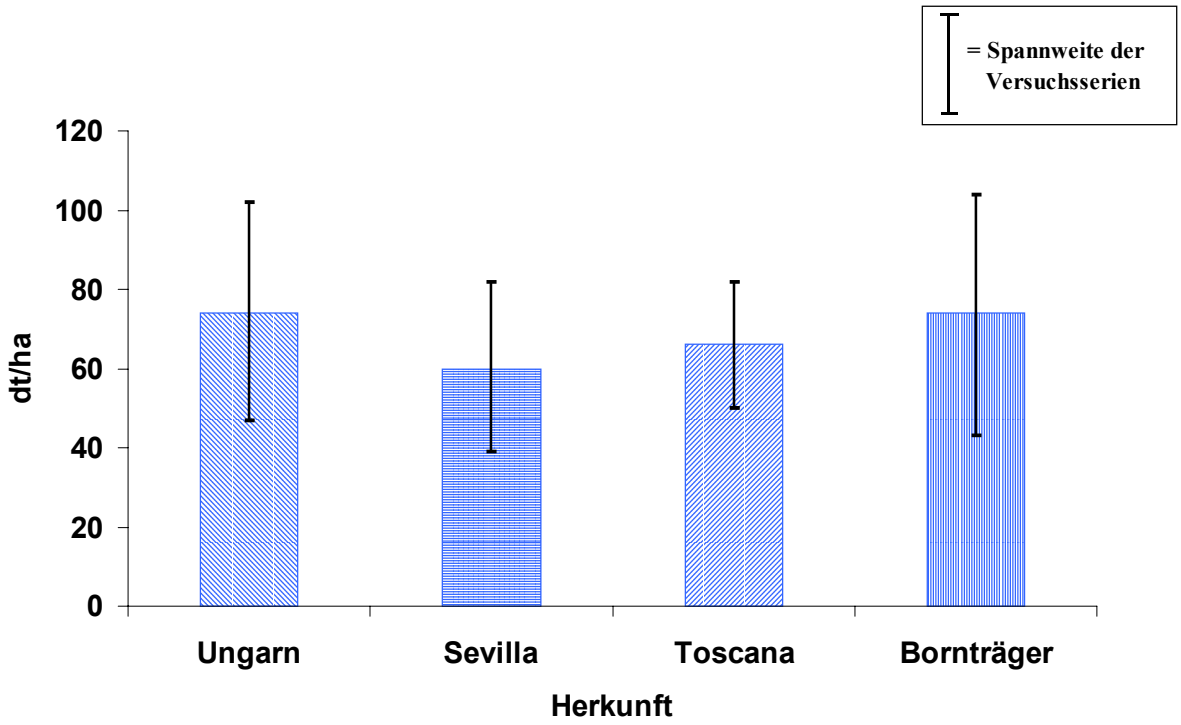


Abb. 5.8 Gesamter Krautdrogenertrag der Herkünfte in Puch im ersten Standjahr

Am Baumannshof lagen die gesamten Krautdrogenerträge des ersten Standjahres im Mittel beider Versuchsserien zwischen 112 (´Sevilla´) und 127 dt/ha (´Ungarn´) (Abb. 5.7). Im Gegensatz zum frischen Kraut konnte hier ein signifikanter Einfluss der Herkunft - mit statistisch gesichert besten Erträgen bei den Herkünften ´Toscana´, ´Bornträger´ und ´Ungarn´ - nachgewiesen werden (Tab. 8.5 auf Seite 221). Im Mittel aller Herkünfte wurden die signifikant höchsten Krautdrogenerträge mit 126 dt/ha bereits in der ersten Versuchsserie 1999 festgestellt, aber auch jede einzelne Herkunft lieferte in dieser ersten Versuchsserie einen höheren gesamten Krautdrogenertrag als in der zweiten Serie 2000. Die geringsten Ertragsschwankungen zwischen beiden Versuchsserien ergaben sich bei den Herkünften ´Sevilla´ (7 dt/ha) und ´Ungarn´ (8 dt/ha). Am deutlichsten fielen die Ertragsschwankungen bei der Herkunft ´Toscana´ (28 dt/ha) aus (Abb. 5.7).

Die gesamten Krautdrogenerträge aus allen Aufwüchsen des ersten Standjahrs in Puch finden sich in Abbildung 5.8 und Tabelle 8.6 auf Seite 221. Im Mittel der Versuchsserien bewegten sich die Erträge an diesem Standort zwischen 60 (´Sevilla´) und 74 dt/ha (´Ungarn´ und ´Bornträger´). Die varianzanalytische Untersuchung der gesamten Krautdrogenerträge ergab statistisch signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Herkunft* und *Versuchsserie*. Vergleichbar mit den Frischmasseerträgen konnten in Versuchsserie zwei 2000 bei den Herkünften ´Ungarn´ und ´Bornträger´ auch die statistisch gesichert höchsten Krautdrogenerträge geerntet werden. In gleicher Weise erzielte die Herkunft ´Toscana´ in Versuchsserie eins 1999 auch den höchsten gesamten Krautdrogenertrag. Die niedrigsten Drogenerträge wurden in der ersten Versuchsserie 1999 bei der Herkunft ´Sevilla´ und in der zweiten Versuchsserie 2000 bei den Herkünften ´Sevilla´ und ´Toscana´ festgestellt. Mit durchschnittlich 93 dt/ha lagen die Krautdrogenerträge im Mittel aller Herkünfte in Serie zwei 2000 signifikant höher als in Serie eins 1999. Insgesamt konnte in dieser zweiten Versuchsserie 2000 bei jeder Herkunft ein höherer gesamter Krautdrogenertrag als in der ersten Versuchsserie 1999 ermittelt werden. Die geringste Spannweite innerhalb der beiden Versuchsserien wiesen die gesamten Krautdrogenerträge der Herkunft ´Toscana´ mit einer Differenz von 32 dt/ha auf. Die größten Unterschiede wurden bei den Herkünften ´Ungarn´ und ´Bornträger´ in Höhe von 55 und 61 dt/ha gefunden.

5.2.1.2 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr konnten am Standort Baumannshof Gesamterträge an frischem Kraut in der Summe aller Aufwüchse zwischen 811 (´Bornträger´) und 974 dt/ha (´Toscana´) geerntet werden (Abb. 5.9). Die Ertragsunterschiede zwischen den Herkünften waren statistisch nicht signifikant. Im Mittel über alle Herkünfte belief sich der Gesamtertrag an frischem Kraut am Baumannshof auf 886 dt/ha.

In Puch lagen die gesamten frischen Krauterträge im Mittel aller Herkünfte bei 983 dt/ha. Den niedrigsten Gesamtertrag lieferte mit 914 dt/ha die Herkunft ´Sevilla´, den höchsten die Herkunft ´Toscana´ mit 1022 dt/ha (Abb. 5.10). Auch an diesem Standort hatte die Wahl der Herkunft keinen signifikanten Einfluss auf den Gesamtertrag an frischem Kraut im zweiten Standjahr.

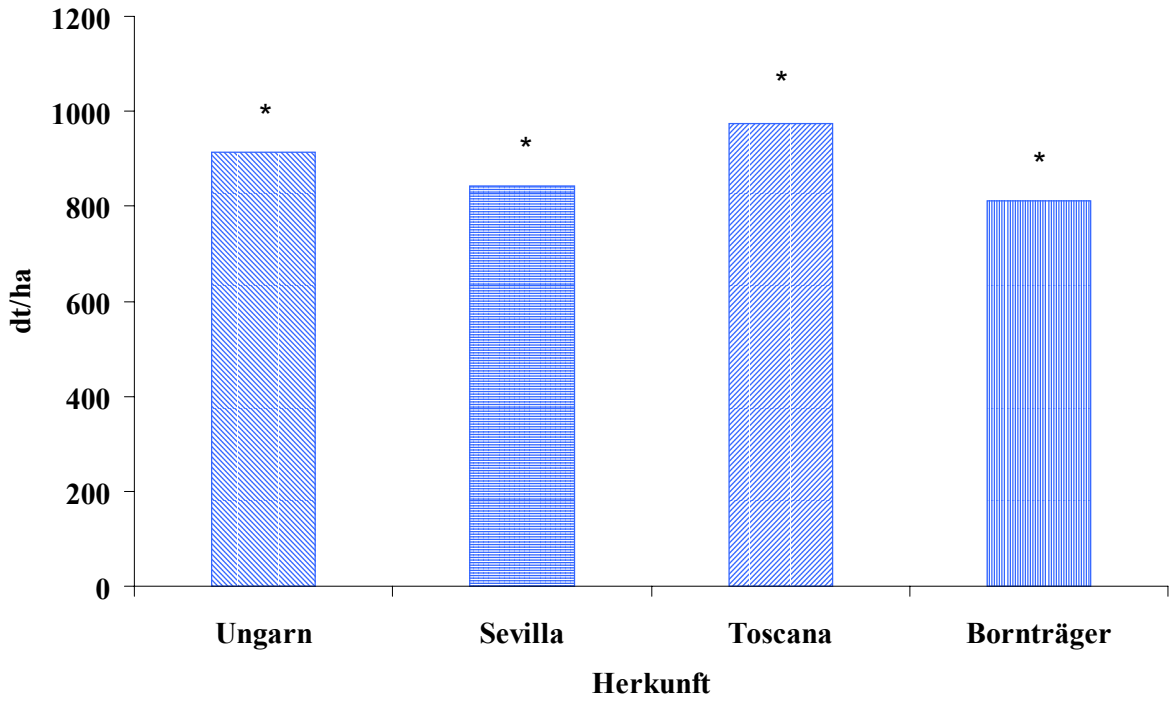


Abb. 5.9 Gesamter frischer Krautertrag der Herkünfte am Baumannshof im zweiten Standjahr

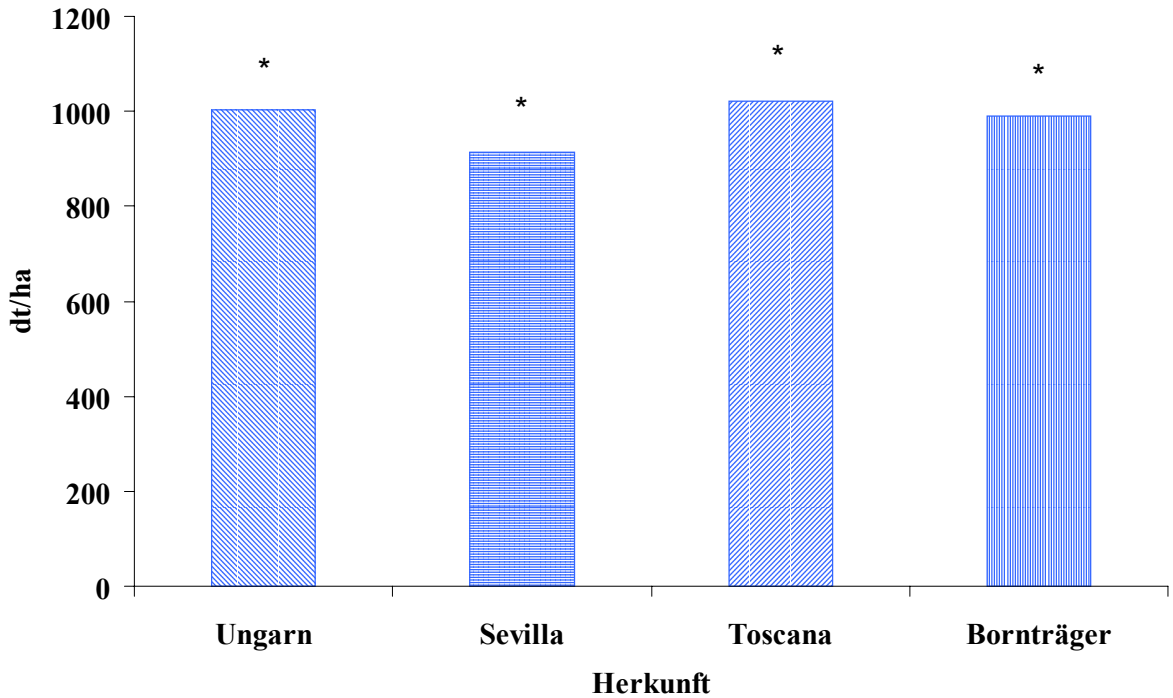


Abb. 5.10 Gesamter frischer Krautertrag der Herkünfte in Puch im zweiten Standjahr

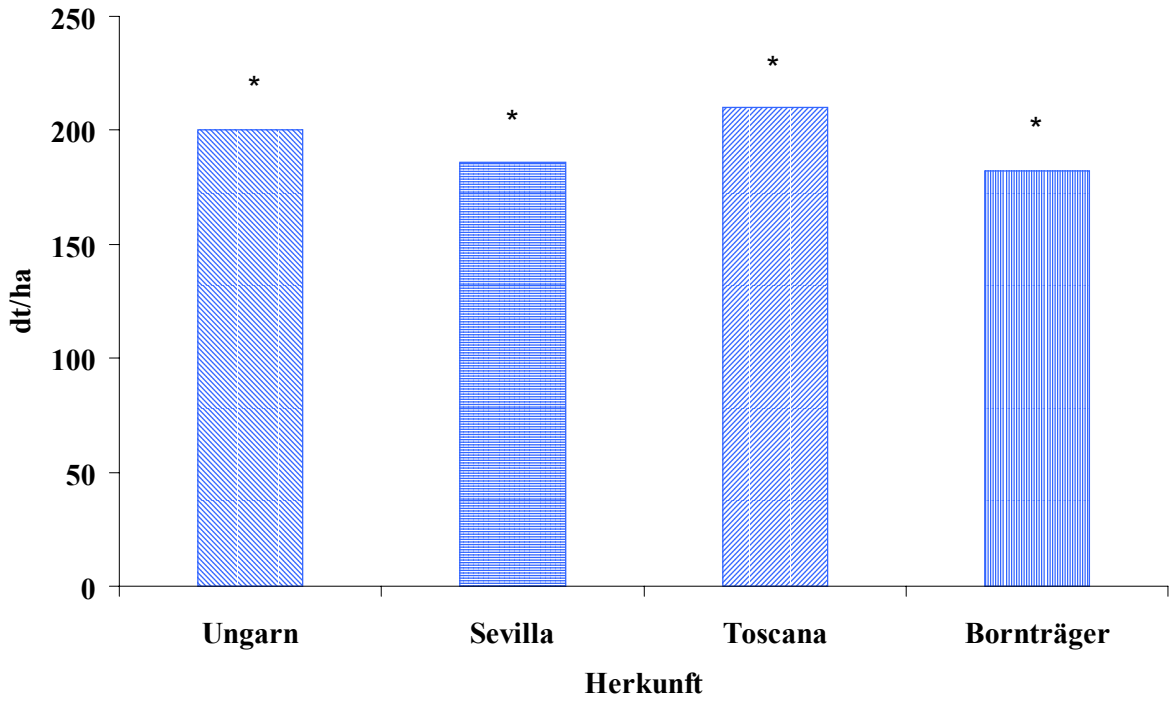


Abb. 5.11 Gesamter Krautdrogenertrag der Herkünfte am Baumannshof im zweiten Standjahr

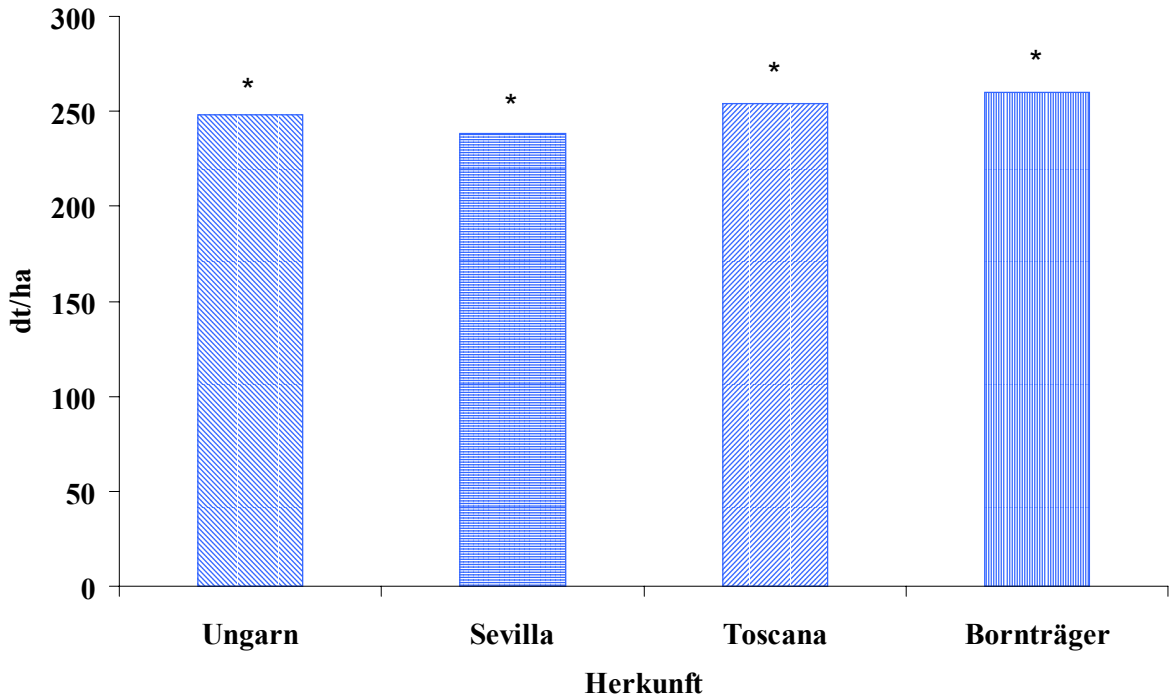


Abb. 5.12 Gesamter Krautdrogenertrag der Herkünfte in Puch im zweiten Standjahr

Abbildung 5.11 zeigt die gesamten Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres am Baumannshof, die sich zwischen 182 dt/ha (´Bornträger´) und 210 dt/ha (´Toscana´) bewegten. Ein signifikanter Einfluss der Herkunft konnte aber nicht festgestellt werden.

Am Standort Puch lagen die Krautdrogenerträge im zweiten Standjahr in der Summe aller Aufwüchse zwischen 238 (´Sevilla´) und 260 dt/ha (´Bornträger´) (Abb. 5.12). Ein statistisch signifikanter Unterschied im Ertragsverhalten der Herkünfte wurde nicht nachgewiesen.

Eine zusammenfassende Betrachtung der Gesamterträge aus allen Aufwüchsen zeigt, dass sowohl bei den Krautfrischmasse-, als auch bei den Krautdrogenerträgen signifikante Einflüsse der Herkunft nur im ersten Standjahr auftraten. Die statistisch gesichert höchsten Erträge an frischem oder getrocknetem Kraut wurden im ersten Standjahr von den Herkünften ´Ungarn´, ´Toscana´ und ´Bornträger´ erzielt. Im zweiten Standjahr konnte weder ein signifikanter Einfluss der Herkunft auf die gesamten frischen Krauterträge noch auf die gesamten Krautdrogenerträge ermittelt werden. Die höchsten frischen Krauterträge des zweiten Standjahrs lieferte an beiden Versuchsgütern die Herkunft ´Toscana´. Der höchste gesamte Krautdrogenertrag wurde am Baumannshof von der Herkunft ´Toscana´ und in Puch von der Herkunft ´Bornträger´ erzielt.

5.2.1.3 Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr

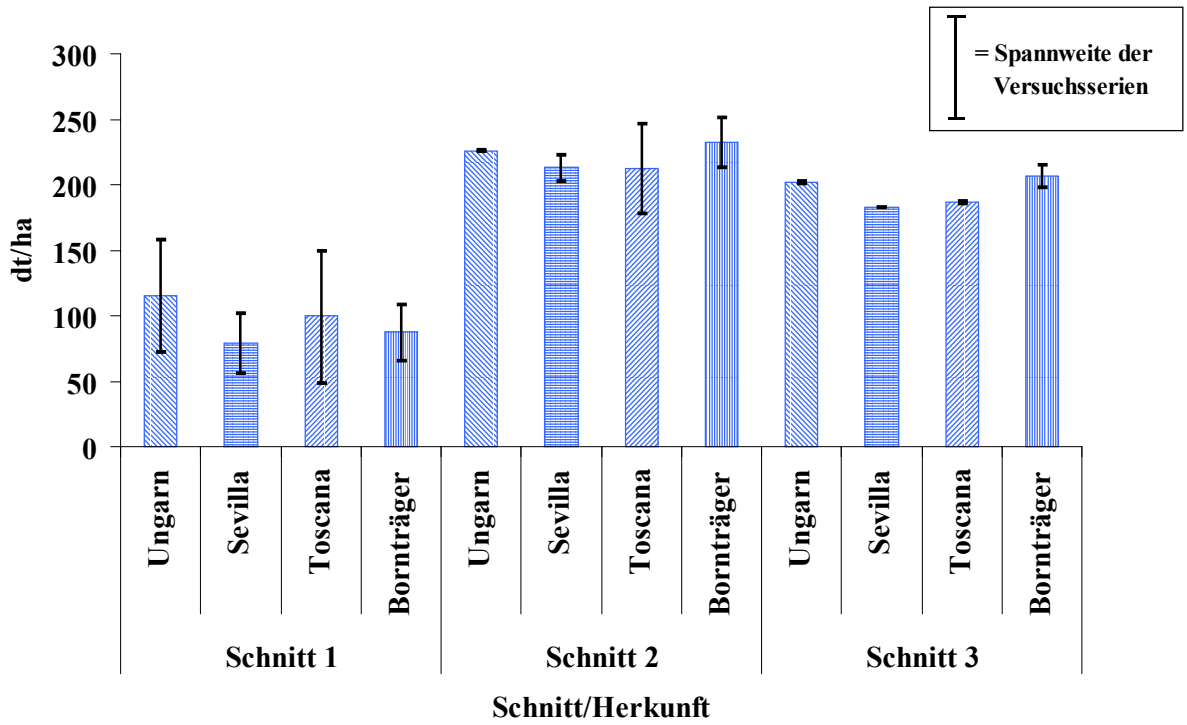


Abb. 5.13 Frischer Krautertrag der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

Wie Tabelle 8.7 auf Seite 222 zu entnehmen ist, waren am Baumannshof im ersten Standjahr in diesem Versuch drei Schnitte möglich. Ein signifikanter Einfluss der Herkunft auf die frischen Krauterträge pro Schnitt konnte am Baumannshof im ersten Standjahr nicht festgestellt werden. Zwischen den Faktoren *Schnitt* und *Versuchsserie* wurden statistisch signifikante Wechselwirkungen nachgewiesen. Die signifikant höchsten Frischmasseerträge ergaben sich mit 237 dt/ha im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999. Vom ersten zum zweiten Schnitt stiegen im Mittel aller Herkünfte und beider Versuchsserien die Frischmasseerträge von 95 auf 221 dt/ha stark an. Im dritten Schnitt konnte das Ertragsniveau des zweiten Schnitts nicht mehr ganz erreicht werden. Alle Herkünfte lieferten in der ersten Versuchsserie 1999 in den ersten beiden Schnitten höhere Erträge als in der zweiten Versuchsserie 2000. Abbildung 5.13 zeigt, dass die Spannweite der Erträge an frischem Kraut im ersten Schnitt zwischen 43 (´Bornträger´) und 101 dt/ha (´Toscana´) und im zweiten Schnitt zwischen 1 (´Ungarn´) und 69 dt/ha (´Toscana´) lag. Im dritten Schnitt wurden bei den Herkünften ´Ungarn´, ´Sevilla´ und ´Toscana´, Ertragsdifferenzen von 0 bis 2 dt/ha gefunden. Die Herkunft ´Bornträger´ wies im dritten Schnitt mit einer Spannweite von 15 dt/ha die größten Schwankungen im frischen Krautertrag auf.

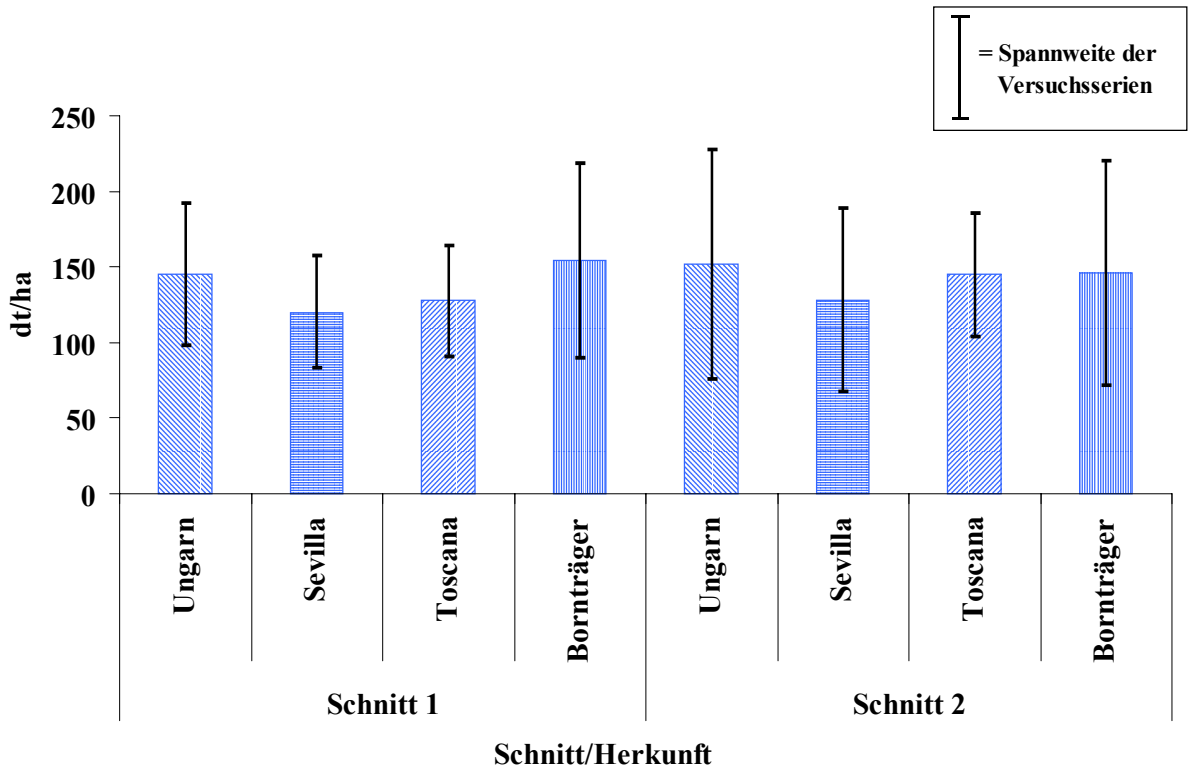


Abb. 5.14 Frischer Krautertrag der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr

Am Standort Puch waren im ersten Standjahr nur zwei Schnitte möglich (Abb. 5.14). Ein signifikanter Einfluss der Herkunft auf den frischen Krautertrag konnte, wie schon für den Standort Baumannshof berichtet, auch in Puch nicht festgestellt werden (Tab. 8.8 auf Seite 222). Der Versuchsfaktor *Schnitt* hatte keinen signifikanten Einfluss auf den frischen Krautertrag. Im

Durchschnitt der Herkünfte und beider Versuchsserien wurden im ersten und zweiten Schnitt mit 137 und 143 dt/ha ähnliche Erträge erzielt. Im Gegensatz zu den Gesamterträgen im ersten Standjahr konnte bei der Betrachtung der Erträge pro Schnitt der Einfluss der Versuchsserie statistisch abgesichert werden. Mit durchschnittlich 195 dt/ha frischem Kraut pro Schnitt wurden in der zweiten Versuchsserie 2000 die signifikant höchsten Erträge erzielt. Wie aus der Spannweite der Erntemengen in Abbildung 5.14 ersichtlich wird, waren die Ertragsschwankungen zwischen beiden Versuchsserien bei den frischen Krauterträgen in Puch im ersten Schnitt bei allen Herkünften geringer als im zweiten Schnitt. Auffallend war, dass in beiden Schnitten die geringsten Ertragsschwankungen mit Unterschieden von 73 (erster Schnitt) und 82 dt/ha (zweiter Schnitt) bei der Herkunft ´Toscana´ gefunden wurden. Die deutlich größte Spannweite der frischen Krauterträge fand sich im ersten Schnitt bei der Herkunft ´Bornträger´ (129 dt/ha). Im zweiten Schnitt wurden die höchsten Ertragsschwankungen für die Herkunft ´Ungarn´ (152 dt/ha) ermittelt.

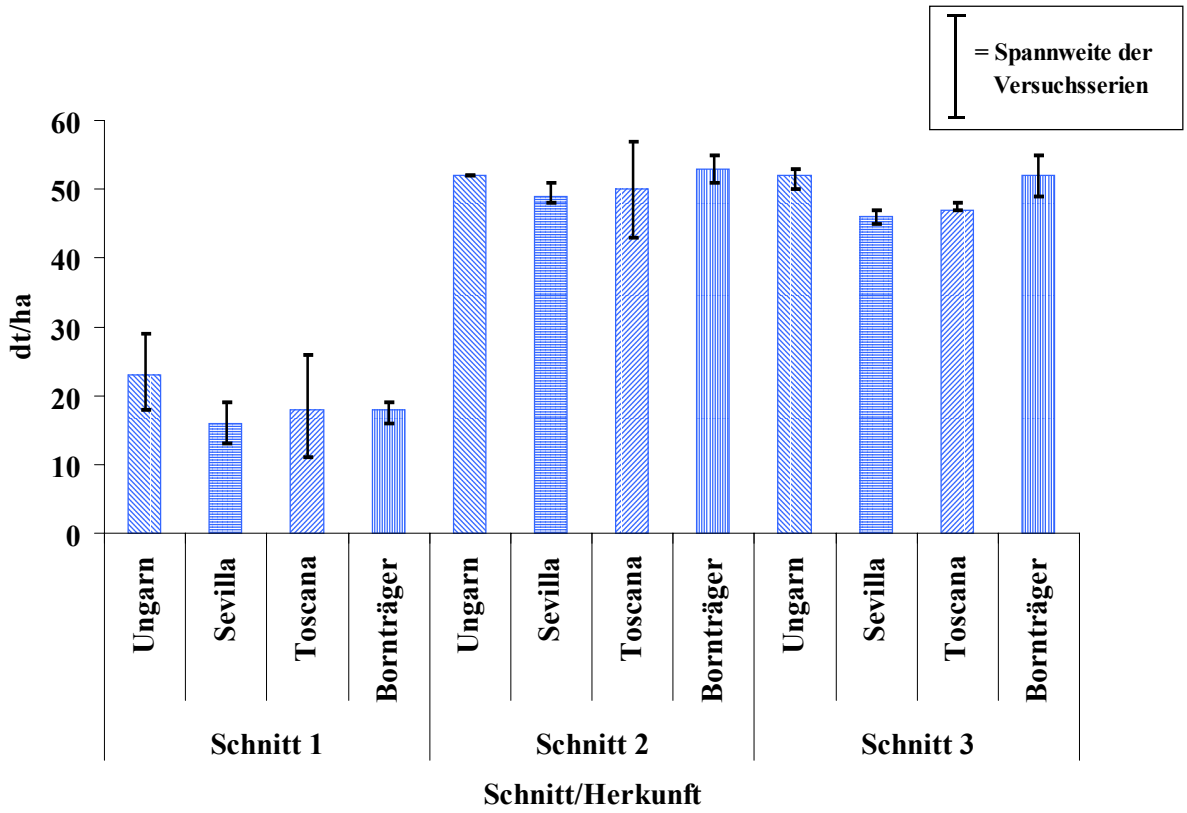


Abb. 5.15 Krautdrogenertrag der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

Die Krautdrogenerträge der einzelnen Schnitte des ersten Standjahres am Baumannshof sind in Abbildung 5.15 sowie in Tabelle 8.9 auf Seite 223 dargestellt. Im Gegensatz zum frischen Kraut konnten im Mittel aller Schnitte und beider Versuchsserien die statistisch gesichert höchsten Krautdrogenerträge bei den Herkünften ´Ungarn´, ´Bornträger´ und ´Toscana´ ermittelt werden. Für die Faktoren *Schnitt* und *Versuchsserie* wurden signifikante Wechselwirkungen nachgewiesen. Insgesamt stiegen die Krautdrogenerträge in beiden Versuchsserien vom ersten zum zwei-

ten Schnitt bei allen Herkünften stark an. Die signifikant höchsten Erträge wurden immer im zweiten und dritten Schnitt geerntet. Im ersten und zum Teil auch im zweiten Schnitt ergab sich bei den geprüften Herkünften von Versuchsserie eins 1999 zur Serie zwei 2000 ein Ertragsrückgang. Die Spannweite der Erträge lag im ersten Schnitt zwischen 3 (´Bornträger´) und 15 (´Toscana´) dt/ha. Im zweiten Schnitt wurden mit Ausnahme der Herkunft ´Toscana´ (15 dt/ha) kaum Ertragsschwankungen zwischen den Versuchsserien beobachtet. Im dritten Schnitt erstreckten sich die Schwankungen der Krautdrogenerträge dann bei allen Herkünften nur noch über einen sehr engen Bereich.

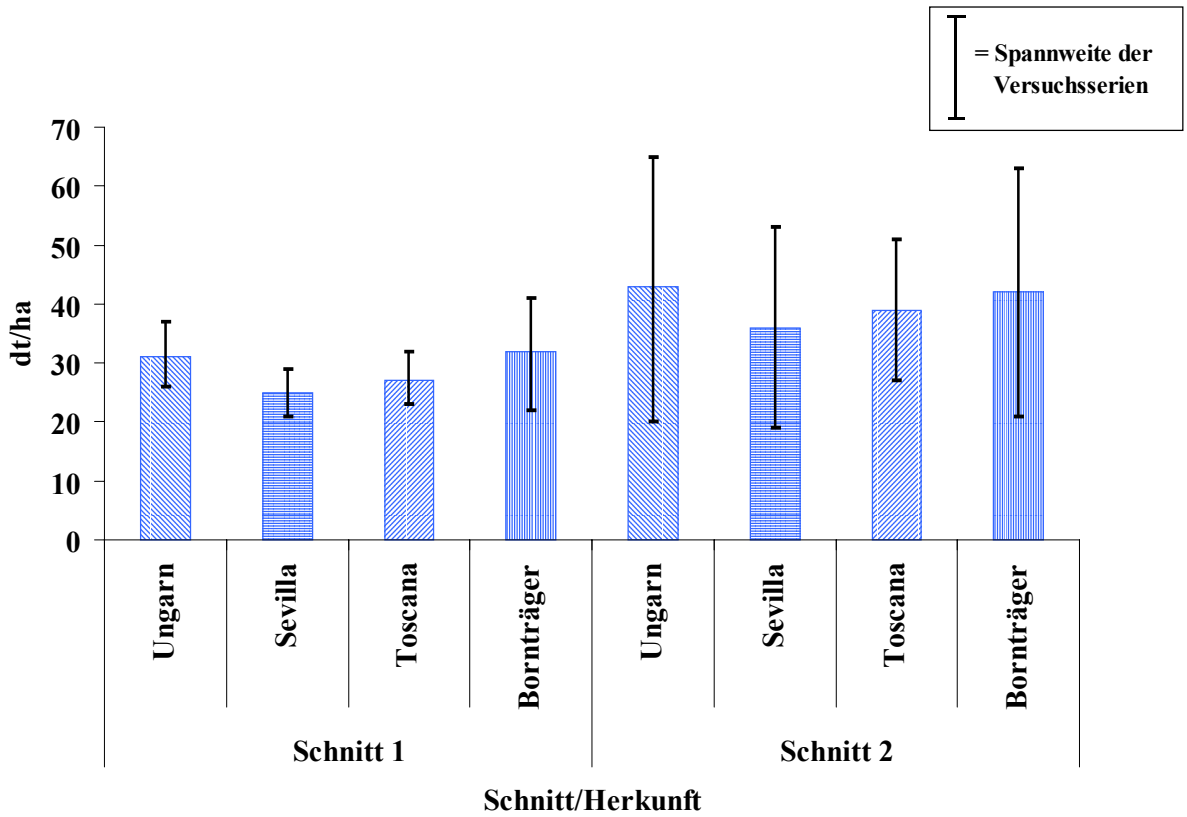


Abb. 5.16 Krautdrogenertrag der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr

Am Versuchsgut Puch konnten im ersten Standjahr bei den Krautdrogenerträgen keine signifikanten Unterschiede im Ertragsverhalten der Herkünfte festgestellt werden (Tab. 8.10 auf Seite 224). Wie schon am Baumannshof erzielten aber auch hier die Herkünfte ´Ungarn´, ´Bornträger´ und ´Toscana´ die höchsten Krautdrogenerträge im Mittel aller Schnitte und beider Versuchsserien. Zwischen den Faktoren *Schnitt* und *Versuchsserie* wurden auch an diesem Standort signifikante Wechselwirkungen ermittelt. In Serie eins 1999 ergab sich im Mittel aller Herkünfte in beiden Schnitten ein ähnliches Ertragsniveau. In Versuchsserie zwei 2000 wurde dann eine deutliche Zunahme der Erträge vom ersten zum zweiten Schnitt beobachtet. Mit 58 dt/ha konnte im zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 im Mittel aller Herkünfte der signifikant höchste Krautdrogenertrag geerntet werden. Insgesamt lagen die Krautdrogenerträge der Versuchsserie zwei 2000 in beiden Schnitten und bei jeder Herkunft über denen der ersten Ver-

suchsserie 1999. Die Betrachtung der Spannweiten der Krautdrogenerträge in Abbildung 5.16 zeigt im ersten Schnitt Schwankungen im Bereich von 8 (´Sevilla´) und 19 dt/ha (´Bornträger´). Im zweiten Schnitt waren die Ertragsschwankungen zwischen den Versuchsserien deutlich stärker und reichten von 24 (´Toscana´) bis 45 dt/ha (´Ungarn´). Neben der Herkunft ´Ungarn´ wurden im zweiten Schnitt auch noch bei der Herkunft ´Bornträger´ starke Ertragsschwankungen festgestellt.

5.2.1.4 Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr waren am Standort Baumannshof - wie auch schon im ersten Standjahr - drei Schnitte möglich (Tab. 8.11 auf Seite 224). Auch im zweiten Standjahr konnte ein Einfluss der Herkunft auf den frischen Krautertrag statistisch nicht abgesichert werden. Signifikant war dagegen der Schnitteinfluss. Im Mittel aller Herkünfte ergaben sich mit 399 dt/ha im ersten und 352 dt/ha im zweiten Schnitt die signifikant höchsten Erträge an frischem Kraut. Im dritten Schnitt wurden im Durchschnitt nur noch 135 dt/ha an frischem Kraut geerntet.

In Puch konnte der Versuch im zweiten Standjahr, ebenfalls vergleichbar mit dem ersten Standjahr, zweimal beerntet werden. Ein signifikanter Einfluss der Herkunft auf den frischen Krautertrag ließ sich auch im zweiten Standjahr nicht nachweisen (Tab. 8.12 auf Seite 225). Im Mittel aller Herkünfte wurden im ersten Schnitt des zweiten Standjahres mit 634 dt/ha signifikant höhere Erträge an frischem Kraut erzielt als im zweiten Schnitt mit durchschnittlich 349 dt/ha. Damit ergab sich in Puch bei den frischen Krauterträgen im zweiten Standjahr eine andere Ertragsverteilung als im ersten Standjahr.

Wie aus Tabelle 8.13 auf Seite 225 hervorgeht wurden am Standort Baumannshof im ersten Schnitt des zweiten Standjahres die signifikant höchsten Krautdrogenerträge mit 97 dt/ha im Mittel der geprüften Herkünfte bereits im ersten Schnitt erzielt. Im zweiten Schnitt konnte ein Rückgang des Krautdrogenertrags auf 71 dt/ha im Durchschnitt der Herkünfte festgestellt werden. Im dritten Schnitt lag das Ertragspotential nur noch bei 26 dt/ha. Ein signifikanter Einfluss der Herkunft konnte nicht festgestellt werden.

In Puch ergaben sich mit durchschnittlich 137 dt/ha im ersten Schnitt signifikant höhere Krautdrogenerträge als im zweiten Schnitt mit durchschnittlich 113 dt/ha (Tab. 8.14 auf Seite 226). Auch an diesem Standort hatte die Herkunft keinen signifikanten Einfluss auf den Krautdrogenertrag.

Genaue Angaben zu allen Ernteterminen der einzelnen Schnitte und zum Blühbeginn der Prüfglieder sind Tabelle 8.110 auf Seite 280 zu entnehmen.

Zusammenfassend wurden an keinem der beiden Standorte im ersten Standjahr weder bei den frischen Krauterträgen noch bei den Krautdrogenerträgen signifikante Wechselwirkungen eines Versuchsfaktors mit dem Faktor *Herkunft* nachgewiesen. Ein statistisch gesicherter Einfluss der Herkunft konnte nur am Baumannshof auf die Krautdrogenerträge des ersten Standjahres ermittelt werden. Die Anzahl der möglichen Schnitte war an beiden Standorten unterschiedlich. Auch der Einfluss der Versuchsserie auf den frischen Krautertrag und den Krautdrogenertrag war an beiden Standorten verschieden. Am Baumannshof wurde sowohl beim frischen Kraut als auch

bei der Krautdroge ein starker Ertragsanstieg vom ersten zum zweiten Schnitt beobachtet. Zum dritten Schnitt lagen die Erträge auf dem Niveau des zweiten Schnitts. In Puch wurde nur bei den Krautdrogenerträgen der zweiten Versuchsserie 2000 ein deutlicher Ertragsanstieg vom ersten zum zweiten Schnitt festgestellt. Bei der Betrachtung der Spannweiten der frischen Krauterträge und der Krautdrogenerträge nahm die Herkunft ´Toscana´ im ersten Standjahr an beiden Versuchsgütern eine Sonderstellung ein. Im zweiten Standjahr konnte an keinem der beiden Versuchsstandorte ein signifikanter Einfluss der Herkunft, weder auf den frischen Krautertrag noch auf den Krautdrogenertrag, festgestellt werden. Signifikant war dagegen der Schnitteinfluss. Die Krautdrogenerträge nahmen im zweiten Standjahr an beiden Standorten vom ersten zum letzten Schnitt ab. Die Frischmasseerträge verhielten sich in Puch entsprechend, und lagen lediglich am Baumannshof im zweiten Schnitt noch annähernd auf dem Niveau des ersten Schnitts.

5.2.1.5 Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr

Das Eintrocknungsverhältnis gibt die Menge an Frischmasse an, die zur Produktion von 1 kg Droge benötigt wird. Üblicherweise erfolgt die Angabe der Eintrocknungsverhältnisse in der Form *x : 1*. Im gesamten Ergebnisteil wird der Einfachheit halber auf die zusätzliche Angabe der resultierenden Droge (: 1) verzichtet.

Aus Tabelle 8.15 auf Seite 226 geht hervor, dass das Eintrocknungsverhältnis des Krauts im ersten Standjahr am Standort Baumannshof im Mittel aller beobachteten Herkünfte und beider Versuchsserien vom ersten Schnitt (4,9) bis zum dritten Schnitt (4,0) kontinuierlich abnahm. Aufgrund vielfältiger Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Herkunft* und *Schnitt* und den Faktoren *Schnitt* und *Versuchsserie* konnten Hauptwirkungen der einzelnen Faktoren statistisch aber nicht abgesichert werden. Die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse für die Faktorkombination *Herkunft x Schnitt* wiesen im Mittel beider Versuchsserien alle untersuchten Herkünfte im dritten und die Herkunft ´Toscana´ im zweiten Schnitt auf. Auch bei der Betrachtung der Wechselwirkung *Schnitt x Versuchsserie* wurden die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse im Mittel der untersuchten Herkünfte in beiden Versuchsserien immer im dritten Schnitt ermittelt. Im gesamten Versuchszeitraum lagen die Eintrocknungsverhältnisse zwischen 3,8 und 5,8.

Auch am Standort Puch wurde im ersten Standjahr vom ersten zum letzten Schnitt eine Abnahme der Eintrocknungsverhältnisse von 4,6 auf 3,6 festgestellt (Tab. 8.16 auf Seite 227). Trotz signifikanter Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Schnitt x Versuchsserie* ergaben sich die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse im Mittel der Herkünfte in beiden Versuchsserien im zweiten Schnitt. Der Einfluss der Herkunft auf das Eintrocknungsverhältnis war nicht signifikant. Insgesamt konnten im ersten Standjahr in Puch Eintrocknungsverhältnisse von 3,4 bis 5,5 berechnet werden.

5.2.1.6 Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr

Am Baumannshof wurden die statistisch gesichert niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse des zweiten Standjahres im Mittel aller Herkünfte mit einem Wert von 4,1 bereits im ersten Schnitt ermittelt (Tab. 8.17 auf Seite 227). Im Gegensatz zum ersten Standjahr nahmen sie dann aber zum zweiten Schnitt auf einen Wert von durchschnittlich 5,0 zu. Im dritten Schnitt wurde mit 5,1 im Mittel der Herkünfte ein ähnlich hoher Wert festgestellt. Der Herkunftseinfluss war nicht signifikant. Im zweiten Standjahr bewegten sich die Eintrocknungsverhältnisse am Baumannshof in einem Bereich von 3,9 bis 5,4.

In Puch wurde im Gegensatz zum Versuchsgut Baumannshof mit einem Eintrocknungsverhältnis von 3,1 erst im zweiten Schnitt der signifikant niedrigste Wert erreicht. (Tab. 8.18 auf Seite 228). Zwischen den untersuchten Herkünften konnten aber auch in Puch keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Im zweiten Standjahr ergaben sich in Puch Eintrocknungsverhältnisse zwischen 2,9 und 4,8.

Für das erste Standjahr lässt sich zusammenfassen, dass an beiden Standorten eine Abnahme der Eintrocknungsverhältnisse vom ersten zum letzten Schnitt erfolgte. Signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Schnitt* und *Versuchsserie* traten ebenfalls an beiden Standorten auf. Die Wahl der Herkunft hatte an keinem der beiden Versuchsstandorte einen signifikanten Einfluss. Im zweiten Standjahr war der Verlauf der Eintrocknungsverhältnisse vom ersten zum letzten Schnitt an beiden Versuchsgütern unterschiedlich. Gemeinsam war beiden Standorten, dass sich wie auch im ersten Standjahr kein signifikanter Einfluss der Herkunft auf das Eintrocknungsverhältnis ergab.

5.2.1.7 Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr

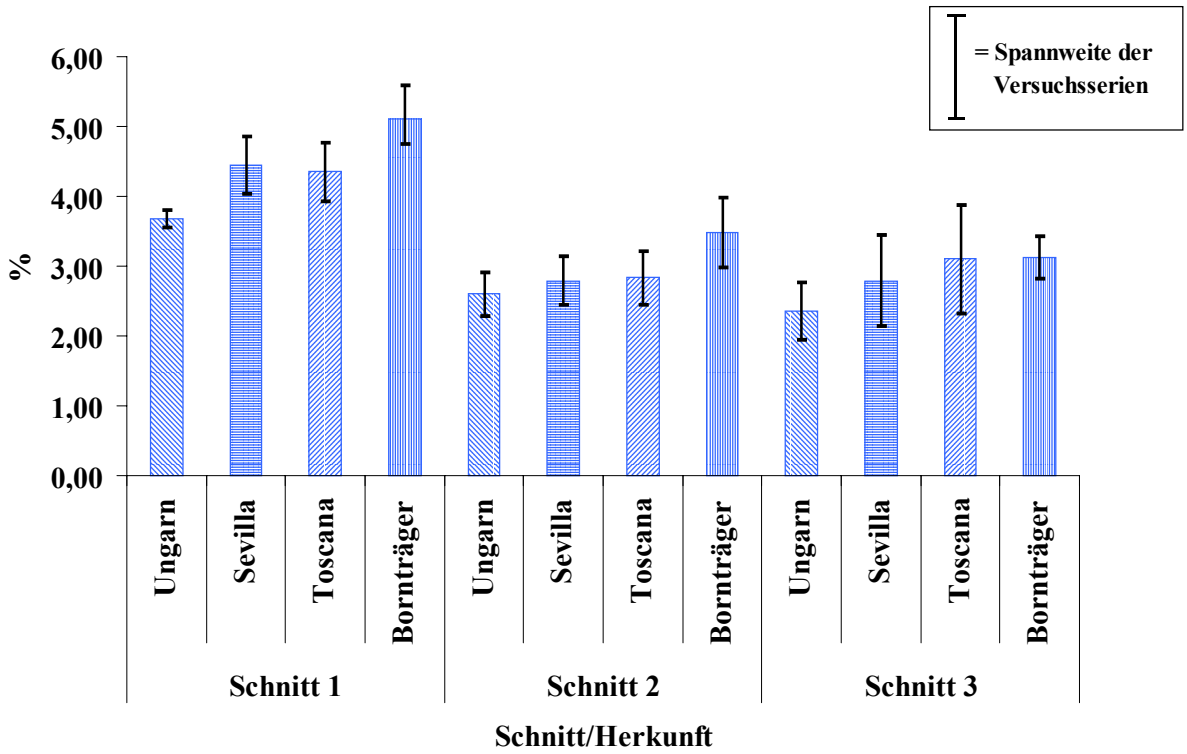


Abb. 5.17 Verbenalingehalt in der Krautdroge bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

Abbildung 5.17 und Tabelle 8.19 auf Seite 228 zeigen die Verbenalingehalte in der Krautdroge für das erste Standjahr am Baumannshof. Die statistische Auswertung ergab signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Herkunft*, *Schnitt* und *Versuchsserie*. Statistisch gesichert höchste Verbenalingehalte wurden im ersten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 von den Herkünften ´Bornträger´ mit 5,59 % und ´Sevilla´ mit 4,85 % erzielt. Die signifikant niedrigsten Gehalte konnten in der zweiten Versuchsserie 2000 bei den Herkünften ´Ungarn´, ´Sevilla´ und ´Toscana´ im zweiten und dritten Schnitt (1,94 bis 2,45 %) nachgewiesen werden. Alle anderen Prüfglieder wiesen mittlere Verbenalingehalte auf. Auffallend war, dass die Herkunft ´Ungarn´ immer der Gruppe der niedrigsten Verbenalingehalte zugeordnet wurde. Die höchsten Verbenalingehalte konnten mit Ausnahme des dritten Schnitts der ersten Versuchsserie 1999 immer bei der Herkunft ´Bornträger´ festgestellt werden. Hier erzielte die Herkunft ´Bornträger´ einen mittleren Verbenalingehalt. Gemeinsam war beiden Herkünften, dass die Verbenalingehalte in jeder Versuchsserie vom ersten bis zum letzten Schnitt kontinuierlich abnahmen. Im Mittel beider Serien wurden bei der Herkunft ´Ungarn´ Verbenalingehalte zwischen 3,68 (erster Schnitt) und 2,35 % (dritter Schnitt) ermittelt. In der Krautdroge der Herkunft ´Bornträger´ lagen die Verbenalingehalte zwischen 5,11 (erster Schnitt) und 3,12 % (dritter Schnitt). Ein stetiges Absinken der Verbenalingehalte wurde bei den Herkünften ´Sevilla´ und ´Toscana´ am Baumannshof nur in Versuchsserie zwei 2000 festgestellt. In der ersten Serie 1999 konnte bei beiden Herkünften zwar ebenfalls der höchste Verbenalingehalt im ersten

Schnitt ermittelt werden, der niedrigste Gehalt wurde aber bereits im zweiten Schnitt gefunden. Zum dritten Schnitt erfolgte wieder ein leichter Anstieg. In der Regel erzielten die beiden letztgenannten Herkünfte mittlere Verbenalingehalte. Die einzige Ausnahme ergab sich im dritten Schnitt der Versuchsserie eins 1999, in dem die Herkunft ´Toscana´ den höchsten Verbenalingehalt in der Krautdroge erreichte. Im Durchschnitt der beiden Serien lagen die Verbenalingehalte der Herkunft ´Sevilla´ bei 4,45 % im ersten und 2,79 % im zweiten und dritten Schnitt. Die Verbenalingehalte der Herkunft ´Toscana´ bewegten sich zwischen 4,35 (erster Schnitt) und 2,84 % (zweiter Schnitt). Bei allen geprüften Herkünften wurde in jedem Schnitt der Versuchsserie eins 1999 ein höherer Verbenalingehalt ermittelt als in der zweiten Versuchsserie 2000. Die absolute Schwankungsbreite der Verbenalingehalte war im ersten Schnitt bei der Herkunft ´Ungarn´ mit 0,24 % am geringsten. Mit Unterschieden zwischen 0,81 und 0,84 % wiesen die verbleibenden drei geprüften Herkünfte ähnlich hohe Schwankungen im Verbenalingehalt auf (Abb. 5.17). Auch im zweiten Schnitt wurde die geringste Spannweite der Verbenalingehalte bei der Herkunft ´Ungarn´ mit einer Differenz von 0,62 % festgestellt. Die größten Gehaltsschwankungen im zweiten Schnitt zeigte die Herkunft ´Bornträger´ mit 1,01 %. Im dritten Schnitt ergaben sich vergleichsweise niedrige Gehaltsschwankungen bei den Herkünften ´Bornträger´ (0,60 %) und ´Ungarn´ (0,82 %). Die Herkünfte ´Sevilla´ und ´Toscana´ wiesen mit Differenzen von 1,31 und 1,55 % die größten Schwankungen auf.

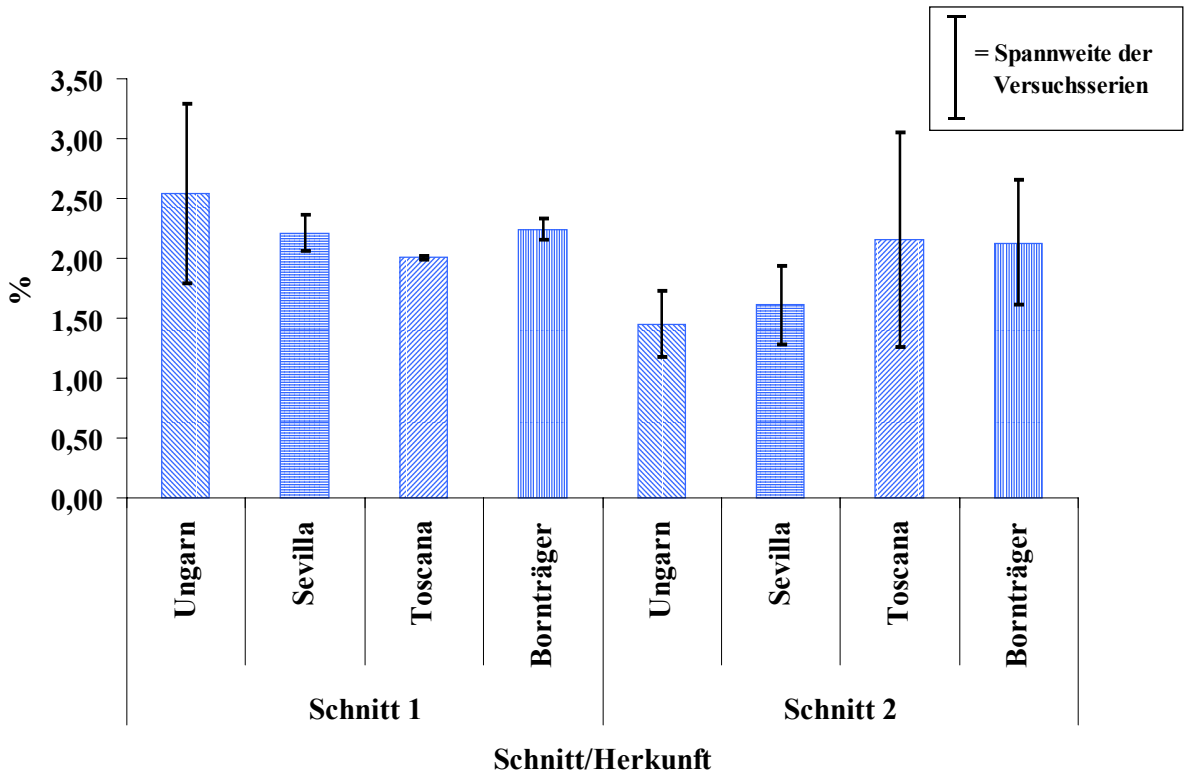


Abb. 5.18 Verbenalingehalt in der Krautdroge bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr

In Puch wurde im ersten Standjahr - wie schon am Baumannshof - ein unterschiedliches Verhalten der Herkünfte in den beiden Versuchsserien und in den einzelnen Schnitten festgestellt. Dies konnte varianzanalytisch ebenfalls durch signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Herkunft*, *Schnitt* und *Versuchsserie* belegt werden (Tab. 8.20 auf Seite 229). Die signifikant höchsten Verbenalingehalte fanden sich im ersten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 bei den Herkünften ´Ungarn´ und ´Sevilla´, im zweiten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 bei den Herkünften ´Toscana´ und ´Bornträger´ und im ersten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 bei der Herkunft ´Bornträger´ mit Werten von 2,33 bis 3,29 %. Die restlichen Prüfglieder wurden mit Verbenalingehalten zwischen 1,18 und 2,16 % alle der Gruppe der signifikant niedrigsten Werte zugeordnet.

Mit Ausnahme des ersten Schnitts in Versuchsserie eins 1999, in dem von der Herkunft ´Ungarn´ der höchste Verbenalingehalt in der Krautdroge erzielt wurde, konnten in allen anderen Schnitten bei dieser Herkunft immer die niedrigsten Verbenalingehalte ermittelt werden. Im ersten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 wiesen die restlichen Herkünfte ähnlich niedrige Verbenalingehalte auf. Im zweiten Schnitt dieser Serie ergaben sich vergleichsweise hohe Gehalte bei den Herkünften ´Toscana´ und ´Bornträger´. In der zweiten Versuchsserie 2000 wurden dann in beiden Schnitten von der Herkunft ´Bornträger´ etwas höhere Verbenalingehalte erzielt als von den restlichen Herkünften.

Die Herkünfte ´Ungarn´ und ´Sevilla´ zeigten in beiden Versuchsserien eine deutliche Abnahme der Verbenalingehalte vom ersten zum zweiten Schnitt. Dieses Verhalten konnte bei den Herkünften ´Toscana´ und ´Bornträger´ nur in der zweiten Versuchsserie 2000 beobachtet werden. In der ersten Versuchsserie 1999 wurde dagegen bei beiden Herkünften eine deutliche Zunahme der Verbenalingehalte in der Krautdroge vom ersten zum zweiten Schnitt beobachtet. Im Vergleich der beiden Versuchsserien ergaben sich mit Ausnahme des ersten Schnitts bei den Herkünften ´Toscana´ und ´Bornträger´ in Serie eins 1999 immer höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge als in Serie zwei 2000. Eine abschließende Betrachtung der Spannweiten im ersten Standjahr in Puch (Abb. 5.18) zeigt im ersten Schnitt sehr geringe Schwankungen zwischen beiden Serien bei den Herkünften ´Toscana´ ´Bornträger´ und ´Sevilla´ mit Spannweiten zwischen 0,03 und 0,30 %. Die mit Abstand höchsten Schwankungen im Verbenalingehalt wurden bei der Herkunft ´Ungarn´ mit einem Unterschied von 1,5 % gefunden. Im zweiten Schnitt fielen die Spannweiten bei den Herkünften ´Ungarn´ (0,55 %) und ´Sevilla´ (0,66 %) vergleichsweise gering aus. Größer waren die Schwankungen im Verbenalingehalt bei der Herkunft ´Bornträger´ mit 1,05 %. Die deutlich größte Differenz wurde bei der Herkunft ´Toscana´ in Höhe von 1,79 % festgestellt.

5.2.1.8 Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr (Tab. 8.21 auf Seite 229) konnten am Baumannshof die signifikant höchsten Verbenalingehalte im Mittel aller Schnitte bei den Herkünften ´Toscana´ und ´Bornträger´ mit durchschnittlich 3,20 und 3,15 % nachgewiesen werden. Die statistisch gesichert niedrigsten Verbenalingehalte wurden in der Krautdroge der Herkünfte ´Sevilla´ (2,58 %) und ´Ungarn´ (2,53 %) gefunden. Auch der Schnitteinfluss war signifikant. Im Mittel aller geprüfter Herkünfte ergab sich der statistisch gesichert höchste Verbenalingehalt mit 3,76 % bereits im

ersten Schnitt. Im zweiten Schnitt sank der Gehalt dann auf durchschnittlich 2,82 % ab. Im dritten Schnitt wurde mit 2,01 % der signifikant niedrigste Verbenalingehalt im Mittel der Herkünfte festgestellt.

Am Standort Puch konnte im Gegensatz zum Baumannshof im zweiten Standjahr kein signifikanter Einfluss der Herkunft auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge nachgewiesen werden (Tab. 8.22 auf Seite 230). Im Mittel der geprüften Herkünfte wurde aber auch an diesem Standort im ersten Schnitt mit 3,04 % der signifikant höchste Gehalt gefunden. Die statistisch gesichert niedrigsten Inhaltsstoffgehalte wiesen die Herkünfte dann im zweiten Schnitt mit durchschnittlich 0,86 % auf.

An beiden Standorten ergab sich für das erste Standjahr ein uneinheitliches Verhalten der herkunftsbezogenen Verbenalingehalte abhängig von *Schnitt* und *Versuchsserie*, was durch signifikante Dreifachwechselwirkungen der Versuchsfaktoren *Herkunft*, *Schnitt* und *Versuchsserie* belegt wird. In der zweiten Versuchsserie 2000 nahmen die Verbenalingehalte an beiden Standorten und bei allen Herkünften kontinuierlich vom ersten bis zum letzten Schnitt ab. In Serie eins 1999 war dies für beide Standorte einheitlich nur bei der Herkunft ´Ungarn´ der Fall. Gemeinsam war beiden Standorten noch, dass bei allen Herkünften im letzten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 höhere Verbenalingehalte festgestellt werden konnten als im letzten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000. Ein Vergleich der Spannweiten der Verbenalingehalte erbrachte an beiden Standorten die größten Schwankungen im letzten Schnitt bei der Herkunft ´Toscana´. Die anderen Herkünfte verhielten sich an beiden Standorten in den übrigen Schnitten unterschiedlich. Im zweiten Standjahr traten weder am Standort Baumannshof noch am Standort Puch signifikante Wechselwirkungen zwischen den geprüften Versuchsfaktoren auf. Die Verbenalingehalte gingen im Mittel der Herkünfte an beiden Standorten kontinuierlich vom ersten zum letzten Schnitt zurück. Der Einfluss der Herkunft war an beiden Standorten unterschiedlich.

5.2.1.9 Austrieb

Der Austrieb der Herkünfte im Frühjahr wurde durchwegs als sehr gut bonitiert. Unterschiede zwischen den Herkünften konnten an keinem der beiden Standorte beobachtet werden.

5.2.1.10 Frostresistenz

Im Winter 1999/2000 zeigten alle untersuchten Herkünfte eine sehr gute Frosthärte. Der folgende Winter (2000/2001) erbrachte ein gegensätzliches Ergebnis. In diesem Winter kam es am Baumannshof auf allen Versuchsparzellen des im Frühjahr 2000 gepflanzten Herkünfteversuchs (Serie zwei) zu einem Totalausfall der Eisenkrautpflanzen. In Puch erwiesen sich alle Herkünfte, vergleichbar mit dem Winter 1999/2000, als sehr frosthart. An keinem der beiden Standorte wurde ein Einfluss der Herkunft auf die Frosthärte festgestellt.

5.2.1.11 Krankheitsbefall

Ab dem Versuchsjahr 2000 wurde in allen Versuchen und an beiden Versuchsgütern ein Pilzbefall der Bestände festgestellt. Unterschiede in der Befallsstärke ergaben sich im Herkünfteversuch nur beim Vergleich der einzelnen Schnitte. Am Baumannshof konnte im ersten Standjahr im ersten Schnitt bei allen Herkünften ein sehr geringer bis geringer Befall festgestellt werden. In Schnitt zwei und drei wurde dann ein geringer bis mittlerer Befall bonitiert. Im zweiten Standjahr waren alle Herkünfte bereits im ersten Schnitt stark bis sehr stark befallen. Im zweiten Schnitt lag ein geringer Befall und im dritten Schnitt ein mittlerer Befall der Parzellen vor.

In Puch ergab sich im zweiten Schnitt des ersten Standjahres bei allen Herkünften ein starker und im zweiten Schnitt des zweiten Standjahres ein starker bis sehr starker Befall. Im ersten Schnitt des zweiten Standjahres wurde in Puch ein sehr geringer bis geringer Pilzbefall bonitiert. Bei der Befallsstärke konnte in der Regel an keinem der beiden Standorte zur Ernte ein Unterschied zwischen den Herkünften beobachtet werden. Die einzige Ausnahme hiervon fand sich im ersten Schnitt des ersten Standjahres in Puch (Serie zwei 2000). Hier zeigten die Herkünfte ´Ungarn´ und ´Sevilla´ keinen Befall. Bei der Herkunft ´Bornträger´ wurde ein geringer Befall ermittelt. Die Herkunft ´Toscana´ war dagegen gering bis mittel befallen und wies damit im Vergleich der Herkünfte den höchsten Krankheitsbefall auf.

5.2.2 Pflanztermine

Im ersten Standjahr des Versuchs konnten an beiden Versuchsstandorten nur die im Frühjahr gepflanzten Parzellen beerntet werden. Nach einer Herbstpflanzung war in diesem Standjahr keine Ernte möglich. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse erfolgt aus diesem Grund nur für das zweite Standjahr. Das Ertragsniveau beider Standorte im ersten Standjahr nach einer Frühjahrspflanzung kann Abbildung 5.19 entnommen werden.

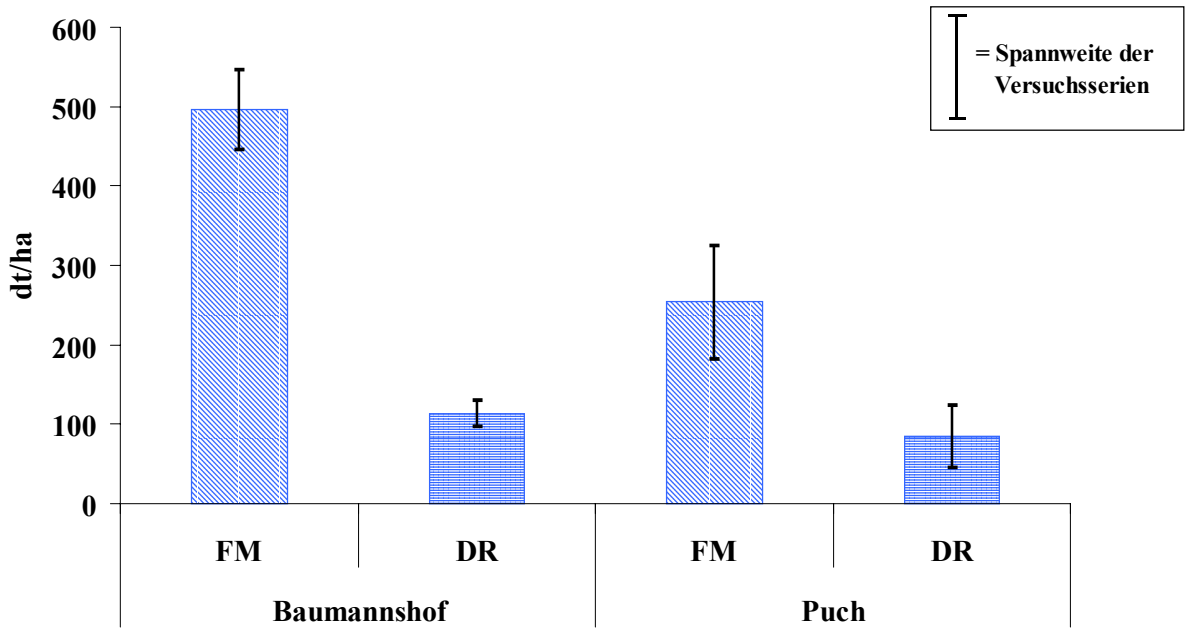


Abb. 5.19 Gesamter frischer Krautertrag (FM) und Krautdrogenertrag (DR) nach einer Frühjahrspflanzung am Baumannshof und in Puch im ersten Standjahr

5.2.2.1 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr

Nach einer Herbstpflanzung lag der Gesamtertrag an frischem Kraut am Baumannshof im zweiten Standjahr in der Summe aller Aufwüchse bei 409 dt/ha (Abb. 5.20). Durch die Frühjahrspflanzung ergab sich mit 798 dt/ha ein signifikant höherer Ertrag.

In Puch wurde nach einer Herbstpflanzung ein gesamter frischer Krautertrag von 429 dt/ha ermittelt. Der Gesamtertrag an frischem Kraut aus allen Aufwüchsen war im zweiten Standjahr nach einer Frühjahrspflanzung mit 760 dt/ha signifikant höher (Abb. 5.21).

Der gesamte Krautdrogenertrag belief sich am Baumannshof im zweiten Standjahr in der Summe aller Aufwüchse nach einer Herbstpflanzung auf 115 dt/ha (Abb. 5.22). Die Frühjahrspflanzung lieferte mit 189 dt/ha im zweiten Standjahr auch bei der Krautdroge einen signifikant höheren Gesamtertrag.

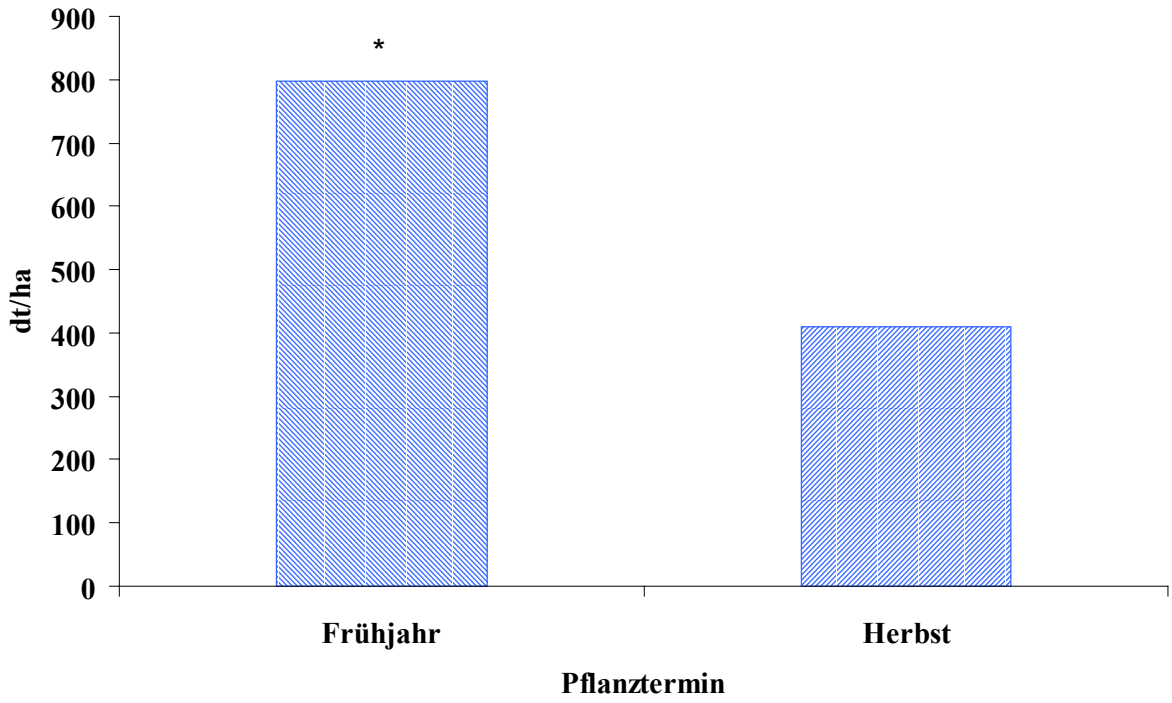


Abb. 5.20 Gesamter frischer Krautertrag nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

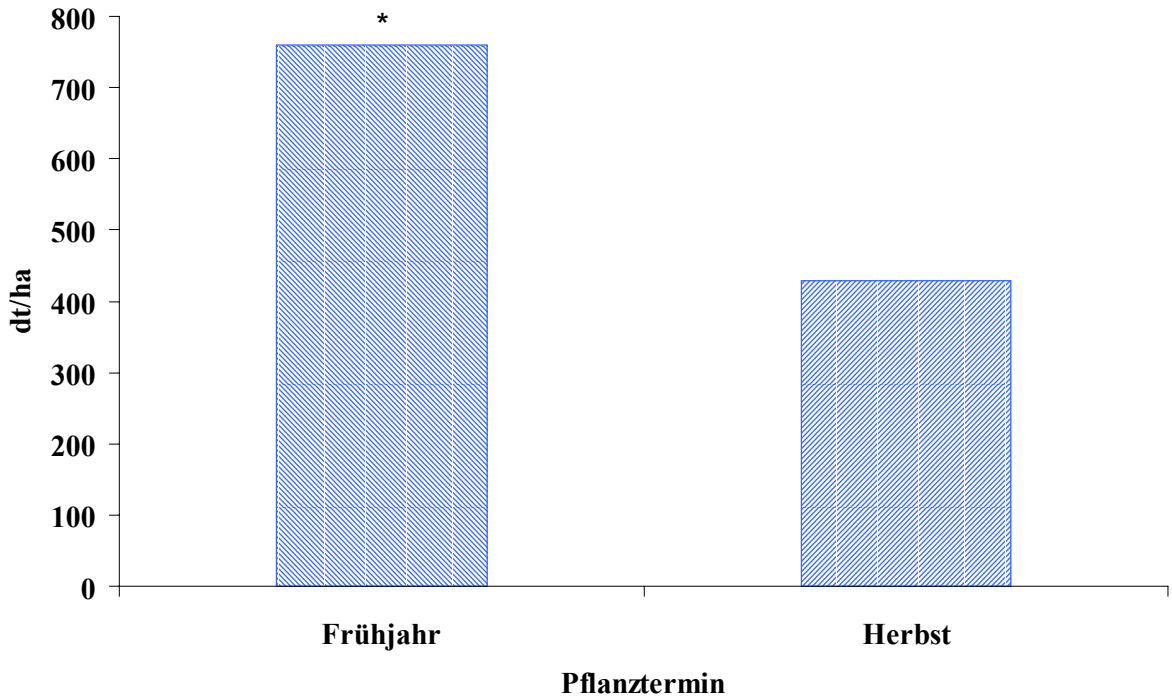


Abb. 5.21 Gesamter frischer Krautertrag nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr

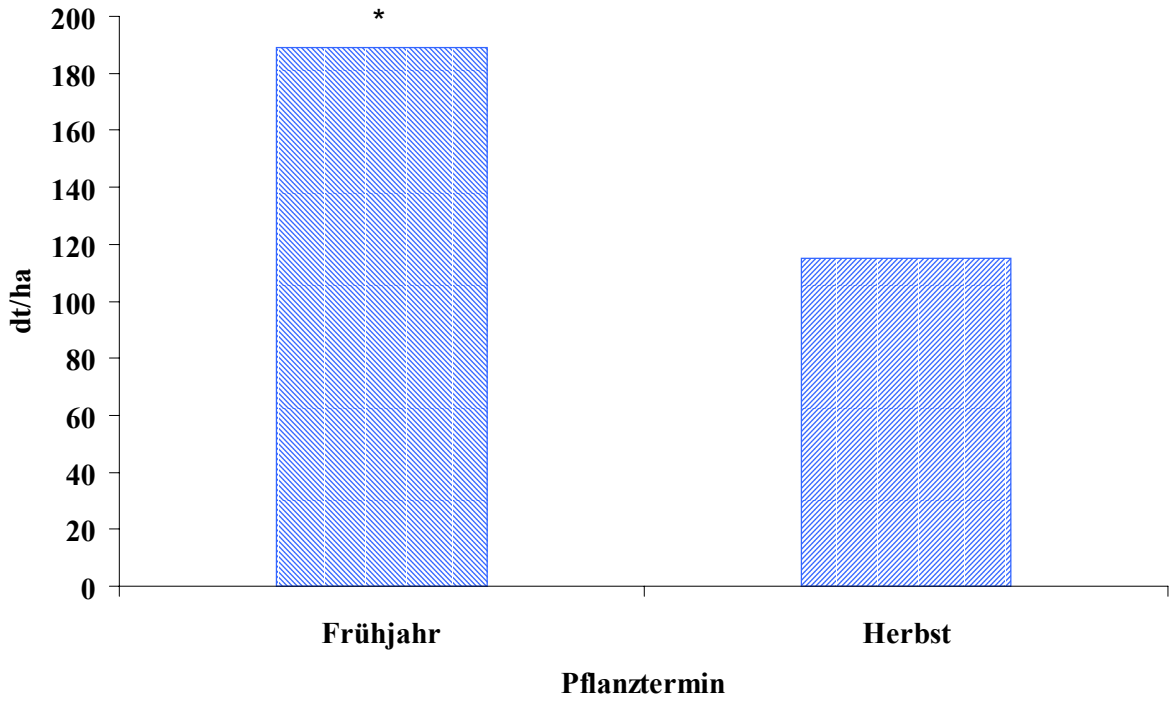


Abb. 5.22 Gesamter Krautdrogenertrag nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

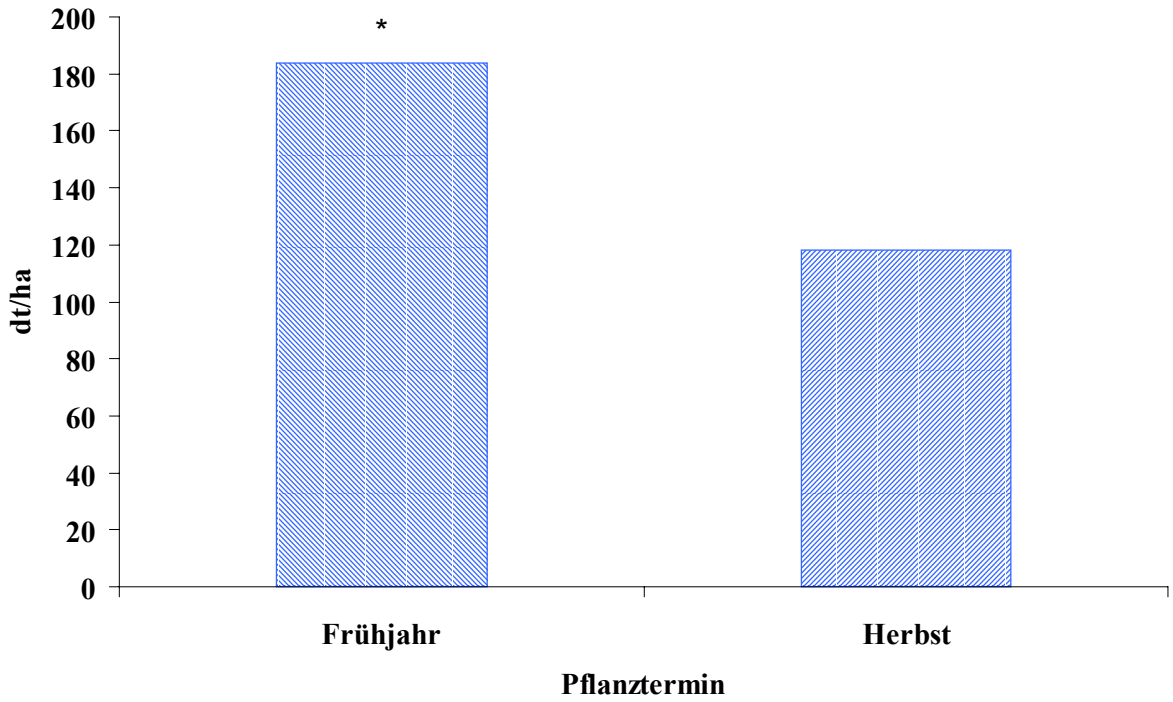


Abb. 5.23 Gesamter Krautdrogenertrag nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr

In Puch wurden im zweiten Standjahr nach einer Herbstpflanzung gesamte Krautdrogenerträge in Höhe von 118 dt/ha ermittelt (Abb. 5.23). Nach einer Frühjahrspflanzung konnten im zweiten Standjahr in der Summe aller Aufwüchse 184 dt/ha geerntet werden. Der Unterschied war auch in Puch signifikant.

Zusammenfassend wurden an beiden Versuchsgütern im zweiten Standjahr nach einer Frühjahrspflanzung signifikant höhere Gesamterträge an frischem Kraut und auch an Krautdroge in der Summe aller Aufwüchse erzielt als nach einer Herbstpflanzung.

5.2.2.2 Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr

Am Baumannshof traten im zweiten Standjahr bei der Untersuchung der frischen Krauterträge signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Pflanztermin* und *Schnitt* auf (Tab. 8.26 auf Seite 232). Der varianzanalytisch gesichert höchste frische Krautertrag wurde im ersten Schnitt mit 380 dt/ha an frischem Kraut für den Pflanztermin *Frühjahr* bestimmt. Nach einer Herbstpflanzung ergab sich im ersten Schnitt des zweiten Standjahres ein frischer Krautertrag von 123 dt/ha. Auch in den Schnitten zwei und drei lagen die frischen Krauterträge für den Pflanztermin *Frühjahr* immer höher als für den Pflanztermin *Herbst*. Die Ertragsunterschiede zwischen beiden Prüfgliedern nahmen vom ersten bis zum dritten Schnitt stetig ab. Der Ertragsverlauf war bei beiden Pflanzterminen unterschiedlich. Nach einer Frühjahrspflanzung wurde vom ersten zum dritten Schnitt eine regelmäßige Abnahme der frischen Krauterträge festgestellt. Nach einer Herbstpflanzung lagen die frischen Krauterträge im zweiten Standjahr im ersten und dritten Schnitt auf einem ähnlichen Niveau. Im zweiten Schnitt konnten die höchsten Erträge geerntet werden.

In Puch wurden im zweiten Standjahr, wie Tabelle 8.27 auf Seite 232 zu entnehmen ist, ebenfalls signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Pflanztermin x Schnitt* ermittelt. Der statistisch gesichert höchste frische Krautertrag in Höhe von 866 dt/ha konnte auch an diesem Standort im ersten Schnitt nach einer Frühjahrspflanzung erzielt werden. Nach einer Herbstpflanzung ergaben sich im zweiten Standjahr im ersten Schnitt mit 293 dt/ha wesentlich niedrigere frische Krauterträge. Im zweiten Schnitt wurde dann für den Pflanztermin *Herbst* ein etwas höherer frischer Krautertrag ermittelt als für den Pflanztermin *Frühjahr*. Bei beiden Pflanzterminen sanken die frischen Krauterträge vom ersten zum zweiten Schnitt ab. Der Ertagsrückgang war bei der Frühjahrspflanzung jedoch deutlich stärker ausgeprägt.

Die Krautdrogenerträge am Standort Baumannshof verhielten sich ähnlich wie die frischen Krauterträge. Auch hier ließen sich statistisch signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Pflanztermin* und *Schnitt* nachweisen (Tab. 8.28 auf Seite 233). Der varianzanalytisch gesichert höchste Krautdrogenertrag konnte im ersten Schnitt des zweiten Standjahres in Höhe von 101 dt/ha nach einer Frühjahrspflanzung geerntet werden. Die Herbstpflanzung führte im ersten Schnitt zu einem signifikant niedrigeren Krautdrogenertrag von 41 dt/ha. Bei der Frühjahrspflanzung erfolgte vom ersten zum dritten Schnitt ein kontinuierlicher Rückgang der Krautdrogenerträge. Nach einer Herbstpflanzung ergaben sich im ersten und zweiten Schnitt vergleichbare Krautdrogenerträge. Erst vom zweiten auf den dritten Schnitt konnte hier ein

Absinken der Erträge ermittelt werden. In jedem der drei Schnitte lagen die Krautdrogenerträge im zweiten Standjahr nach einer Frühjahrspflanzung über denen der Herbstpflanzung. Auch bei den Krautdrogenerträgen nahmen die Ertragsunterschiede zwischen beiden Pflanzterminen vom ersten zum dritten Schnitt stetig ab.

In Puch konnte bei den Krautdrogenerträgen des zweiten Standjahres ebenfalls ein mit den frischen Krauterträgen vergleichbares Verhalten festgestellt werden. Zwischen den Faktoren *Pflanztermin* und *Schnitt* traten signifikante Wechselwirkungen auf (Tab. 8.29 auf Seite 233). Der statistisch gesichert höchste Krautdrogenertrag wurde ebenfalls im ersten Schnitt nach einer Frühjahrspflanzung (194 dt/ha) gefunden. Signifikant niedriger lag der Krautdrogenertrag im ersten Schnitt nach einer Herbstpflanzung (77 dt/ha). Im zweiten Schnitt wurde dann nach einer Herbstpflanzung ein höherer Krautdrogenertrag ermittelt als für den Pflanztermin *Frühjahr*. Die Ertragsunterschiede zwischen beiden Pflanzterminen waren im ersten Schnitt deutlich größer als im zweiten Schnitt. Für beide Pflanztermine konnte eine Abnahme der Krautdrogenerträge vom ersten zum zweiten Schnitt festgestellt werden, die aber für den Pflanztermin *Frühjahr* deutlich stärker ausfiel.

An beiden Standorten konnten zusammenfassend nahezu identische Ergebnisse bei den Erträgen an frischem Kraut und an Krautdroge ermittelt werden. Die signifikant höchsten frischen Krauterträge und auch Krautdrogenerträge wurden in beiden Fällen im ersten Schnitt des zweiten Standjahres nach einer Frühjahrspflanzung geerntet. Nach einer Frühjahrspflanzung gingen die Erträge an beiden Standorten vom ersten bis zum letzten Schnitt kontinuierlich zurück. Für den Pflanztermin *Herbst* traf diese Aussage nur am Standort Puch zu. Gleich war aber an beiden Standorten und bei beiden Pflanzterminen wiederum, dass im letzten Schnitt immer die niedrigsten Erträge festgestellt werden konnten. Die Ertragsunterschiede zwischen beiden Pflanzterminen nahmen einheitlich an beiden Standorten vom ersten zum letzten Schnitt ab.

5.2.2.3 Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr

Am Baumannshof wurden im zweiten Standjahr bei der Untersuchung der Eintrocknungsverhältnisse signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Pflanztermin* und *Schnitt* gefunden (Tab. 8.30 auf Seite 234). Das statistisch gesichert niedrigste Eintrocknungsverhältnis ergab sich im ersten Schnitt für den Pflanztermin *Herbst*. Insgesamt lagen die Eintrocknungsverhältnisse nach einer Herbstpflanzung am Baumannshof im zweiten Standjahr immer niedriger als nach einer Frühjahrspflanzung. Im Mittel aller drei Schnitte wurde für den Pflanztermin *Herbst* mit 3,6 ein deutlich niedrigeres Eintrocknungsverhältnis ermittelt als für den Pflanztermin *Frühjahr* (4,4). Im zweiten Standjahr erstreckten sich die Eintrocknungsverhältnisse am Baumannshof im Versuch über einen Bereich von 3,0 bis 5,2.

In Puch konnten im zweiten Standjahr ebenfalls statistisch gesicherte Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Pflanztermin* und *Schnitt* nachgewiesen werden (Tab. 8.31 auf Seite 234). Die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse wurden an diesem Standort bei beiden Pflanzterminen im zweiten Schnitt in Höhe von 3,1 (Frühjahrspflanzung) und 3,3 (Herbstpflan-

zung) erzielt. Im ersten Schnitt trat nach einer Frühjahrspflanzung noch ein auffallend höheres Eintrocknungsverhältnis auf als nach der Herbstpflanzung. Die Eintrocknungsverhältnisse lagen in Puch im zweiten Standjahr zwischen 3,1 bis 4,5.

Zusammenfassend wurden an beiden Standorten signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Pflanztermin* und *Schnitt* nachgewiesen. Mit Ausnahme des letzten Schnitts am Standort Puch wurden im zweiten Standjahr in allen Schnitten nach einer Herbstpflanzung die niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse beobachtet.

5.2.2.4 Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr befanden sich die im Frühjahr gepflanzten Parzellen im zweiten Ertragsjahr, im Herbst gepflanzte Parzellen wurden im zweiten Standjahr zum ersten Mal beerntet. Damit erfolgte der Vergleich der Verbenalingehalte von Pflanzen mit unterschiedlichem physiologischen Alter. Der Erntetermin im zweiten Standjahr war aber für alle Prüfglieder in jedem Schnitt identisch.

Am Baumannshof konnte im zweiten Standjahr kein signifikanter Einfluss des gewählten Pflanztermins auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge festgestellt werden (Tab. 8.32 auf Seite 235). Signifikant war dagegen der Schnitteinfluss. Der statistisch gesichert höchste Verbenalingehalt wurde mit 4,11 % im Mittel beider Pflanztermine bereits im ersten Schnitt des zweiten Standjahres ermittelt. Die signifikant niedrigsten Verbenalingehalte fanden sich in Schnitt zwei und drei mit durchschnittlich 2,69 und 2,48 %.

In Puch wurden im zweiten Standjahr signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Pflanztermin* und *Schnitt* ermittelt (Tab. 8.33 auf Seite 235). Die statistisch gesichert höchsten Verbenalingehalte ergaben sich im ersten Schnitt nach einer Herbstpflanzung in Höhe von 2,97 %. Die signifikant niedrigsten Verbenalingehalte lieferte der zweite Schnitt mit Werten von 1,41 (Frühjahrspflanzung) und 1,28 % (Herbstpflanzung). Nach einer Frühjahrspflanzung konnte im ersten Schnitt des zweiten Standjahres noch ein mittlerer Verbenalingehalt in der Krautdroge gefunden werden.

Insgesamt konnte an beiden Standorten immer eine Abnahme der Verbenalingehalte vom ersten bis zum letzten Schnitt festgestellt werden. Mit Ausnahme des ersten Schnitts in Puch wurde an keinem der beiden Standorte ein Einfluss des Pflanztermins auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge festgestellt. Nähere Informationen zum genauen Erntedatum der durchgeführten Schnitte und zum Blühbeginn der Parzellen können Tabelle 8.111 auf Seite 281 entnommen werden.

5.2.2.5 Austrieb

Nach einer Frühjahrspflanzung zeigten die Bestände in diesem Versuch an beiden Versuchsgütern ein sehr gutes Austriebsverhalten im darauffolgenden Frühjahr. Der Austrieb im Frühjahr nach einer Herbstpflanzung erwies sich als etwas schlechter, konnte insgesamt aber immer noch als gut bewertet werden.

5.2.2.6 Frostresistenz

Im Verlauf des Winters 1999/2000 kam es an den Standorten Baumannshof und Puch nur nach Herbstpflanzungen zu Auswinterungserscheinungen in den Parzellen. Während nach einer Frühjahrspflanzung die Frosthärte als sehr gut bewertet wurde, konnte nach einer Herbstpflanzung nur eine mittlere bis gute Frosthärte festgestellt werden. Der Winter 2000/2001 stellte die Unterschiede in der Frosthärte noch deutlicher heraus. Vergleichbar mit dem vorhergehenden Winter wurde nach einer Frühjahrspflanzung wieder eine sehr gute Frosthärte der Eisenkrautpflanzen festgestellt. Nach einer Herbstpflanzung kam es in diesem Winter an beiden Standorten zu einem Totalausfall der Parzellen.

5.2.2.7 Krankheitsbefall

Der Pilzbefall der Bestände war am Baumannshof in beiden Standjahren zum ersten Schnitt unabhängig vom Pflanztermin stark beziehungsweise stark bis sehr stark. Zum dritten Schnitt konnte am Baumannshof für beide Pflanztermine nur noch ein geringer Befall festgestellt werden. Unterschiede konnten nur zum zweiten Schnitt des zweiten Standjahres festgestellt werden. Hier wurde am Baumannshof nach einer Frühjahrspflanzung ein starker, nach einer Herbstpflanzung dagegen nur ein mittlerer Pilzbefall ermittelt. In Puch wurde bei beiden Pflanzterminen unabhängig vom Standjahr zum ersten Schnitt noch kein und zum zweiten Schnitt ein starker bis sehr starker Pilzbefall bonitiert. Mit Ausnahme des zweiten Schnitts am Baumannshof war an keinem der beiden Standorte ein Einfluss des Pflanztermins auf die Stärke des Pilzbefalls feststellbar.

5.2.3 Pflanzabstände

5.2.3.1 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr

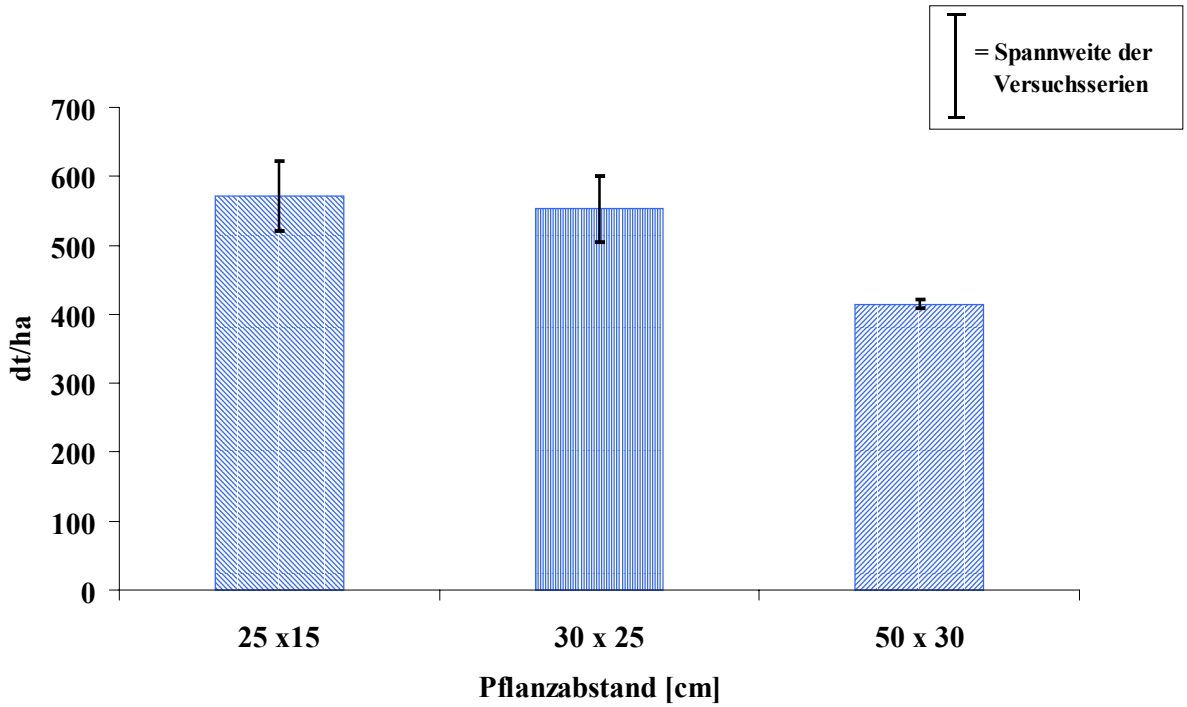


Abb. 5.24 Gesamter frischer Krautertrag bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr

Am Baumannshof ergaben sich im ersten Standjahr bei den Gesamterträgen an frischem Kraut signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Pflanzabstand* und *Versuchsserie* (Tab. 8.36 auf Seite 237). Statistisch gesichert konnten die höchsten Gesamterträge der ersten Versuchsserie 1999 bei den Pflanzabständen *25 x 15 cm* (622 dt/ha) und *30 x 25 cm* (600 dt/ha) erzielt werden. In Versuchsserie zwei 2000 lagen die gesamten frischen Krauterträge bei diesen beiden Pflanzabständen auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Mit durchschnittlich 415 dt/ha lieferten Pflanzungen im Abstand von *50 x 30 cm* in beiden Versuchsserien die niedrigsten Gesamterträge an frischem Kraut. Die stärksten Ertragsschwankungen wurden bei den Pflanzabständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* mit Unterschieden von 101 und 95 dt/ha festgestellt (Abb. 5.24). Eine Pflanzung im Abstand von *50 x 30 cm* führte in beiden Serien mit einer Spannweite von nur 12 dt/ha zu fast identischen Gesamterträgen.

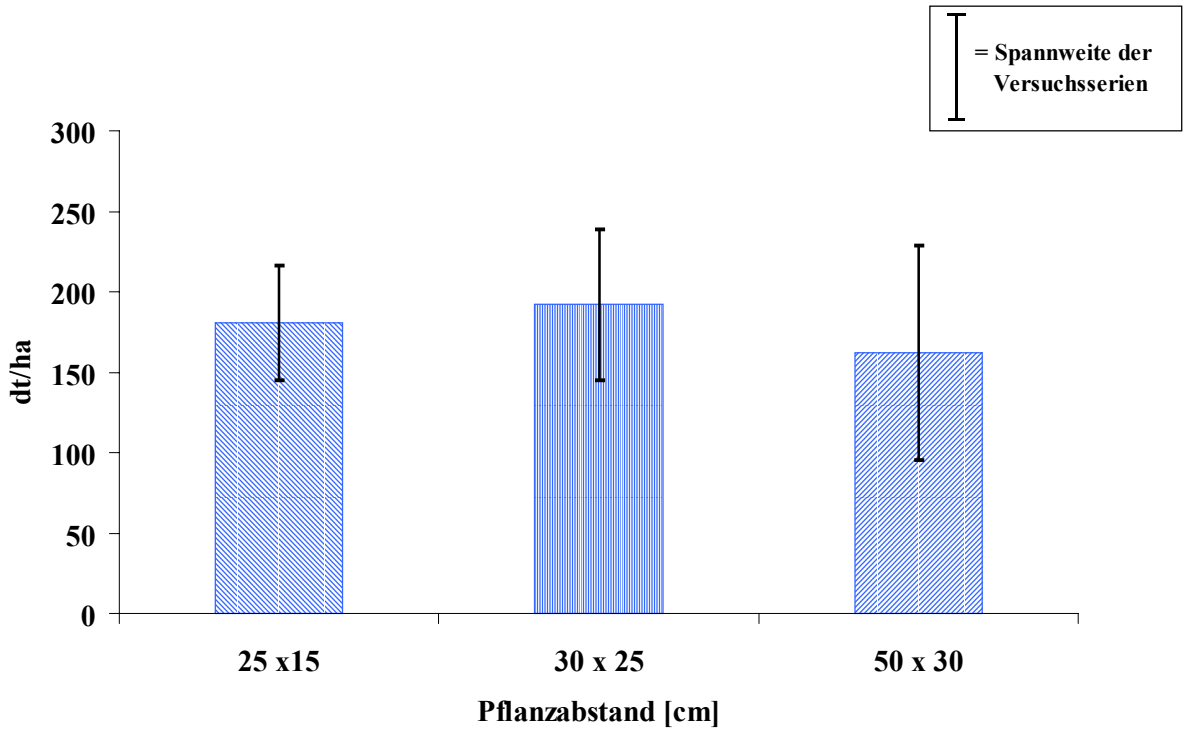


Abb. 5.25 Gesamter frischer Krautertrag bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im ersten Standjahr

Abbildung 5.25 und Tabelle 8.37 auf Seite 237 zeigen die Gesamterträge an frischem Kraut im ersten Standjahr in Puch. Im Mittel beider Versuchsserien konnten hier in der Summe aller Aufwüchse Erträge zwischen 162 (50 x 30 cm) und 192 dt/ha (30 x 25 cm) erzielt werden. Der Einfluss des Versuchsfaktors *Pflanzabstand* war nicht signifikant. Statistisch signifikante Unterschiede ergaben sich dagegen im Vergleich beider Serien. Im Mittel aller Pflanzabstände wurde in der zweiten Versuchsserie 2000 mit durchschnittlich 228 dt/ha der signifikant höchste Gesamtertrag an frischem Kraut festgestellt. Die Schwankungsbreite der Gesamterträge an frischem Kraut zwischen beiden Versuchsserien nahm vom engsten Pflanzabstand (25 x 15 cm) mit einer Differenz von 71 dt/ha zum weitesten Pflanzabstand (50 x 30 cm) mit einer Spannweite von 134 dt/ha stetig zu.

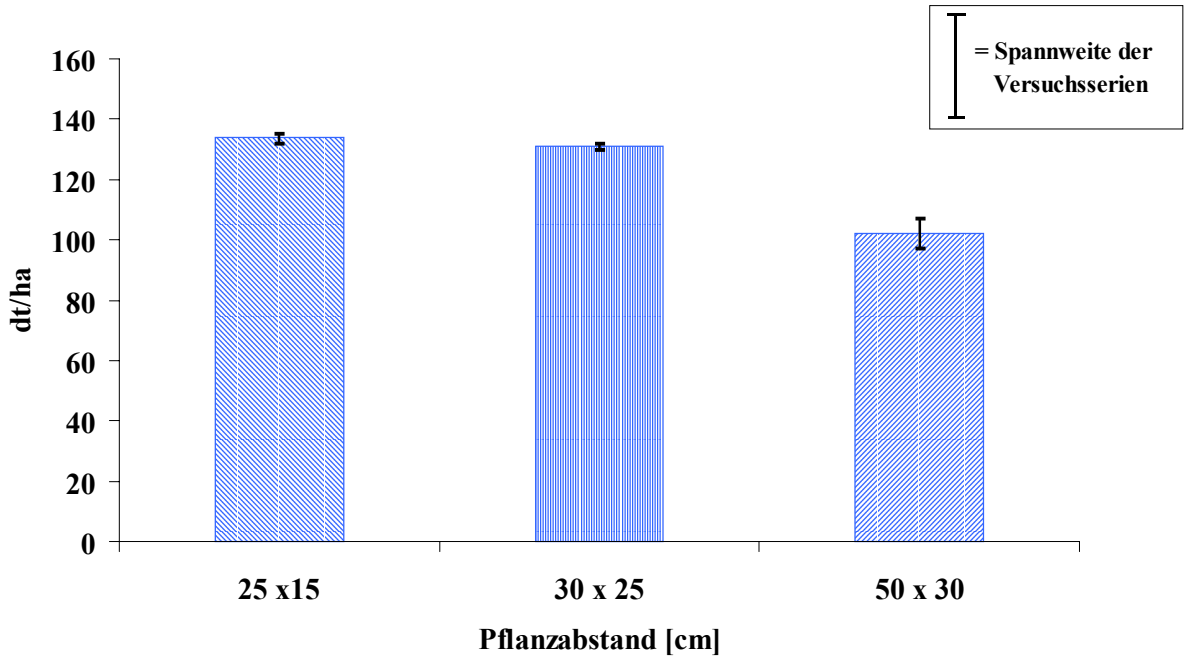


Abb. 5.26 Gesamter Krautdrogenertrag bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr

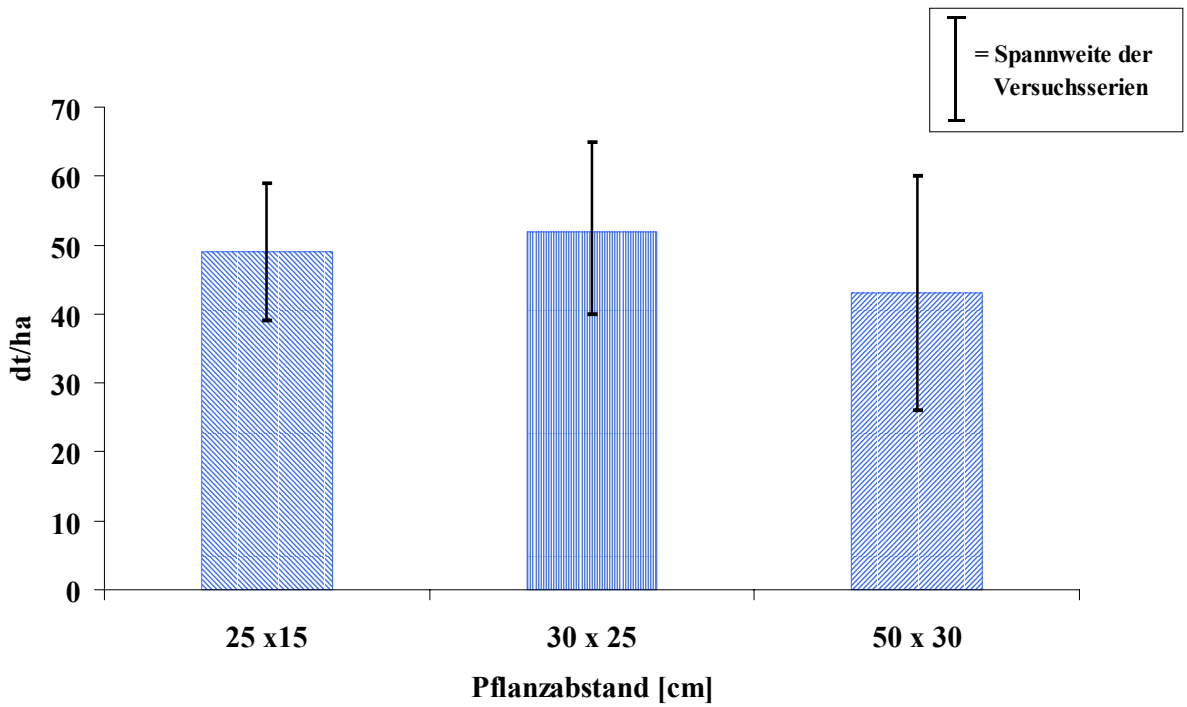


Abb. 5.27 Gesamter Krautdrogenertrag bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im ersten Standjahr

Die gesamten Krautdrogenerträge aus allen Aufwüchsen des ersten Standjahres lagen am Baumannshof im Mittel beider Versuchsserien zwischen 102 (50 x 30 cm) und 134 dt/ha (25 x 15 cm). Die signifikant höchsten Gesamterträge wurden durch Pflanzungen im Abstand von *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* erzielt (Tab. 8.38 auf Seite 238). Ein statistisch gesicherter Einfluss der Serie konnte nicht nachgewiesen werden. Die Spannweite der gesamten Krautdrogenerträge war mit 3 (25 x 15 cm) und 2 dt/ha (30 x 25 cm) für die beiden dichteren Pflanzungen sehr gering (Abb. 5.26). Mit einer Differenz von 10 dt/ha fielen demgegenüber die Ertragsschwankungen für den Pflanzabstand *50 x 30 cm* am größten aus.

In Puch wurden im ersten Standjahr im Mittel beider Serien Krautdrogenerträge von 43 (50 x 30 cm) bis 52 dt/ha (30 x 25 cm) in der Summe aller Aufwüchse erzielt (Tab. 8.39 auf Seite 238). Ein signifikanter Einfluss des Pflanzabstands auf den Gesamtertrag konnte auch bei der Krautdroge nicht ermittelt werden. Mit durchschnittlich 61 dt/ha ergab sich in Versuchsserie zwei 2000 im Mittel aller Pflanzabstände ein signifikant höherer gesamter Krautdrogenertrag als in Versuchsserie eins 1999. Die Ertragsdifferenzen zwischen beiden Serien nahmen vom engsten zum weitesten Pflanzabstand stetig von 20 (25 x 15 cm) bis auf 34 dt/ha (50 x 30 cm) zu (Abb. 5.27).

5.2.3.2 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr

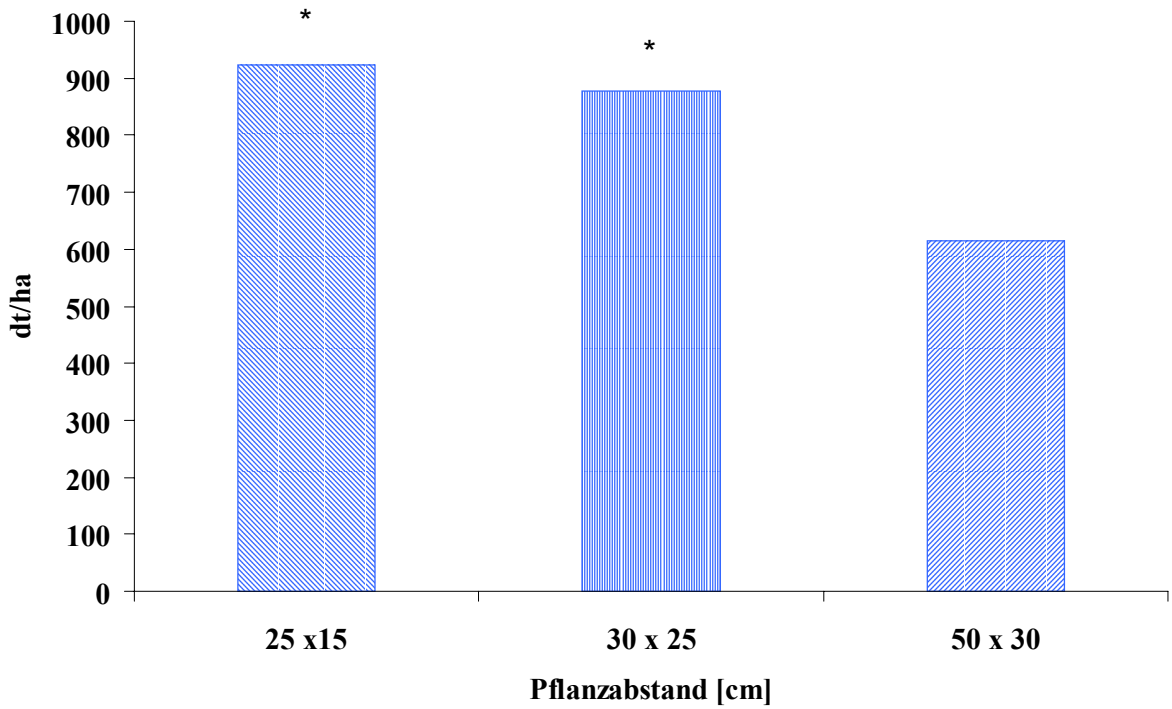


Abb. 5.28 Gesamter frischer Krautertrag bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im zweiten Standjahr

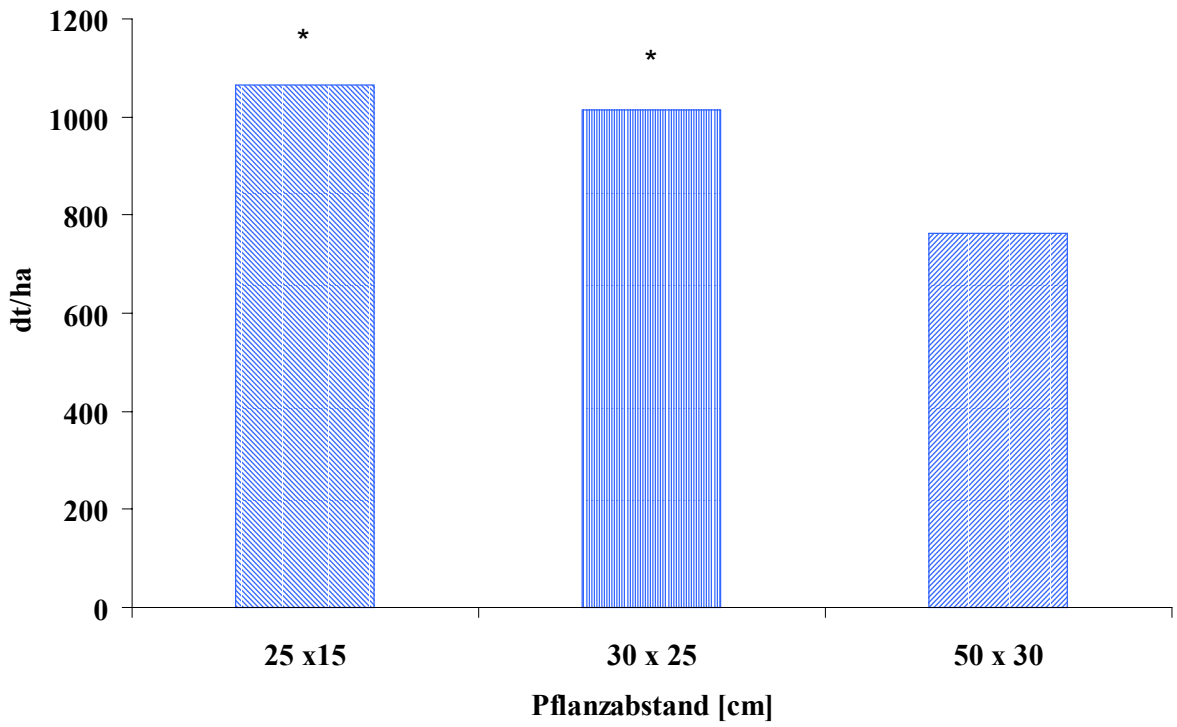


Abb. 5.29 Gesamter frischer Krautertrag bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im zweiten Standjahr

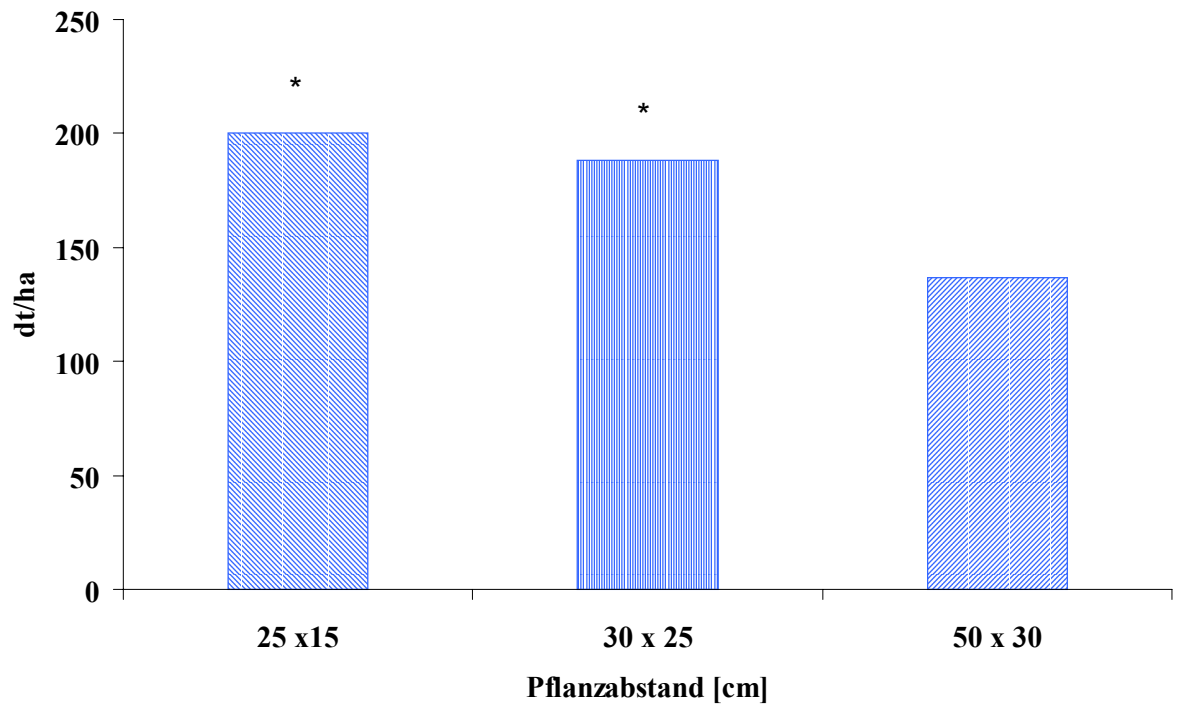


Abb. 5.30 Gesamter Krautdrogenertrag bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im zweiten Standjahr

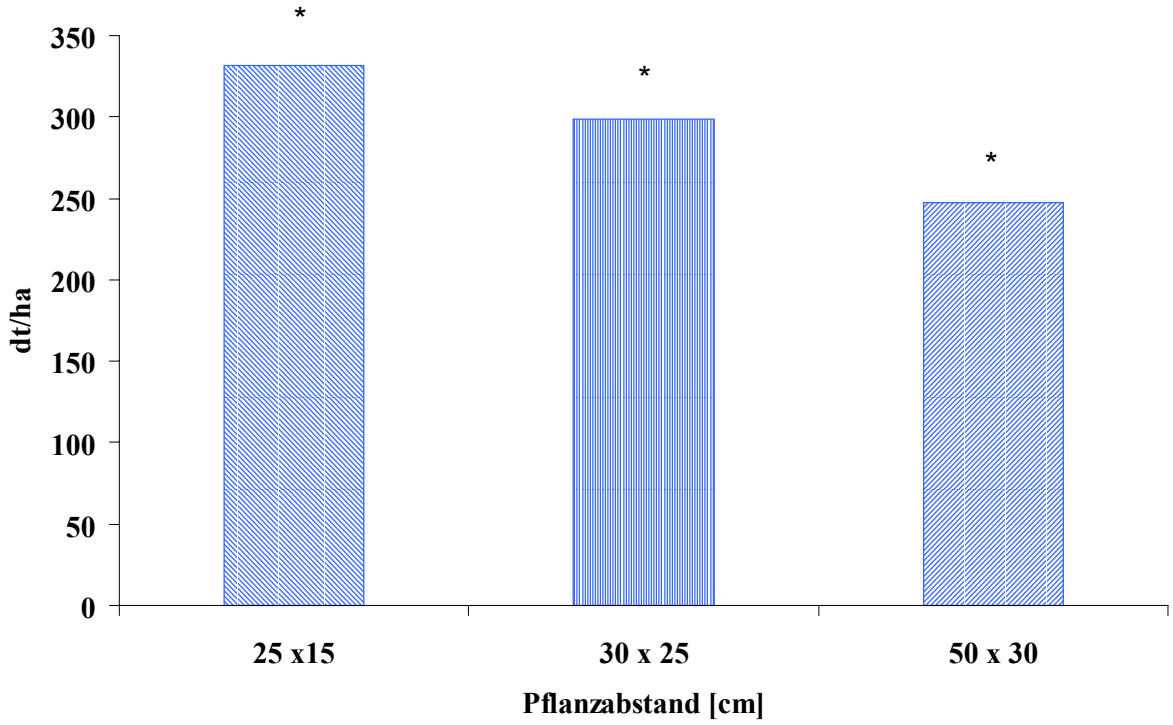


Abb. 5.31 Gesamter Krautdrogenertrag bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im zweiten Standjahr

Im zweiten Standjahr lagen die frischen Krauterträge am Baumannshof in der Summe aller Aufwüchse zwischen 615 (50 x 30 cm) und 924 dt/ha (25 x 15 cm). Pflanzungen im Abstand von *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* führten zu den signifikant höchsten Erträgen (Abb. 5.28).

Am Standort Puch ließen sich im zweiten Standjahr die varianzanalytisch gesichert höchsten Gesamterträge an frischem Kraut ebenfalls durch die Wahl eines der beiden engeren Pflanzabstände erzielen (Abb. 5.29). Die Erträge erstreckten sich an diesem Standort über einen Bereich von 762 (50 x 30 cm) bis 1065 dt/ha (25 x 15 cm).

Am Baumannshof lagen die gesamten Krautdrogenerträge im zweiten Standjahr zwischen 137 (50 x 30 cm) und 200 dt/ha (25 x 15 cm). Statistisch gesichert wurden auch hier (vergleichbar mit den Ergebnissen beim frischen Kraut) die signifikant höchsten Krautdrogenerträge durch die Pflanzungen in den Abständen 25 x 15 und 30 x 25 cm erreicht (Abb. 5.30).

Wie Abbildung 5.31 zeigt, führte in Puch im zweiten Standjahr eine Vergrößerung des Pflanzabstands zu einer kontinuierlichen Abnahme der gesamten Krautdrogenerträge von 332 dt/ha (25 x 15 cm) bis hinunter zu 247 dt/ha (50 x 30 cm). Ein signifikanter Einfluss des Versuchsfaktors *Pflanzabstand* konnte allerdings nicht festgestellt werden.

Insgesamt wurden im zweiten Standjahr durch eine Pflanzung im Abstand von *25 x 15 cm* oder *30 x 25 cm* an beiden Standorten die signifikant höchsten gesamten frischen Krauterträge erzielt. Bei den Krautdrogenerträgen traf diese Feststellung nur auf den Standort Baumannshof zu. Allerdings ergaben sich auch in Puch im zweiten Standjahr die niedrigsten gesamten Krautdrogenerträge durch eine Pflanzung im Abstand von *50 x 30 cm*.

5.2.3.3 Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr

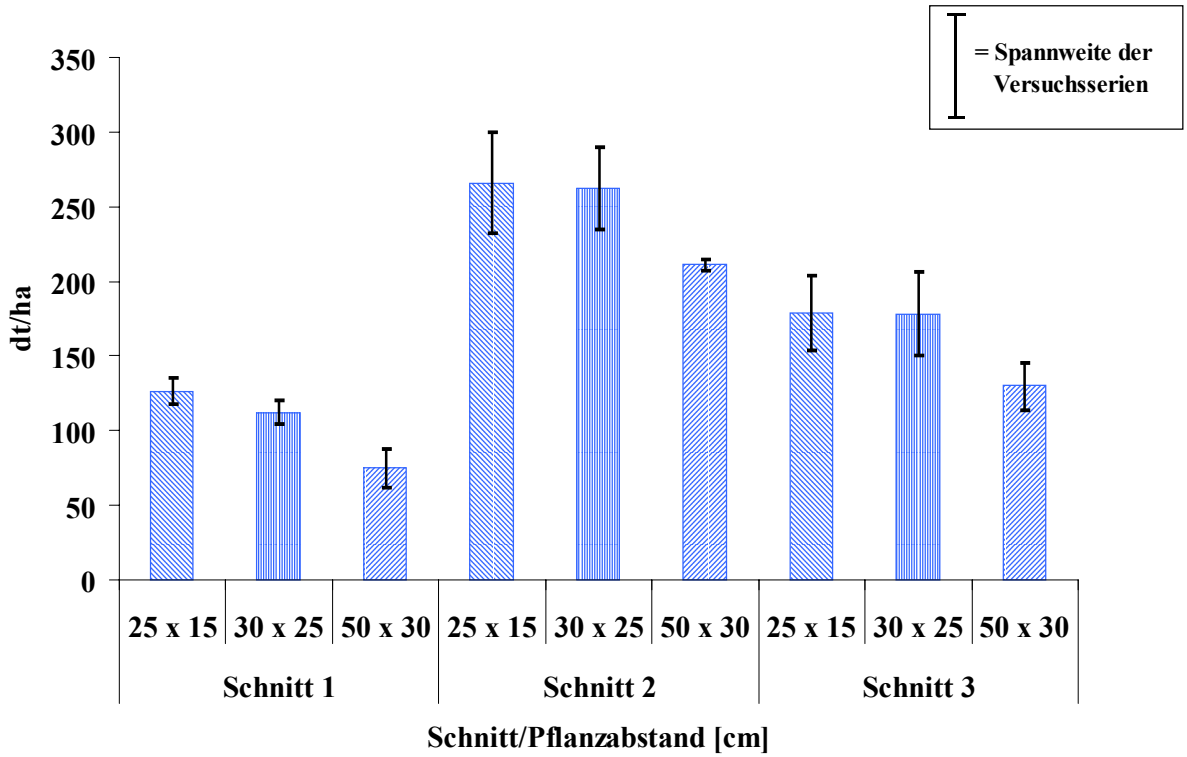


Abb. 5.32 Frischer Krautertrag pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr

Im ersten Standjahr traten bei der Untersuchung der frischen Krauterträge am Baumannshof signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Pflanzabstand*, *Schnitt* und *Versuchsserie* auf (Tab. 8.40 auf Seite 239). Die statistisch gesichert höchsten Erträge an frischem Kraut ergaben sich mit 300 dt/ha und 290 dt/ha im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 bei den Pflanzabständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm*. Mit durchschnittlich 104 dt/ha wurden im ersten Schnitt in beiden Serien bei jedem der drei untersuchten Pflanzabstände immer die niedrigsten frischen Krauterträge geerntet. Dagegen konnten im zweiten Schnitt mit durchschnittlich 246 dt/ha immer die höchsten Erträge erzielt werden. Im dritten Schnitt lag dann das durchschnittliche Ertragsniveau des frischen Krauts bei 162 dt/ha. Vergleichbar mit dem Ertragsverhalten bei den Gesamterträgen wurde auch in jedem einzelnen Schnitt beider Versuchsserien der niedrigste frische Krautertrag nach einer Pflanzung im Abstand *50 x 30 cm* festgestellt. In der zweiten Versuchsserie 2000 ergaben sich nur im ersten Schnitt höhere frische Krauterträge als in der ersten Serie 1999. Ab dem zweiten Schnitt wurden

dann in Versuchsserie zwei 2000 immer geringere Erträge ermittelt. Die Ertragsschwankungen bewegten sich im ersten Schnitt mit einem Unterschied von 16 bis 17 dt/ha bei allen drei Pflanzabständen in einer vergleichbaren Größenordnung (Abb. 5.32). Deutlich größere Ertragsunterschiede wurden im zweiten und dritten Schnitt bei den Pflanzabständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* festgestellt. Bei einer Pflanzung im Abstand von *50 x 30 cm* traf dies nur für den dritten Schnitt zu.

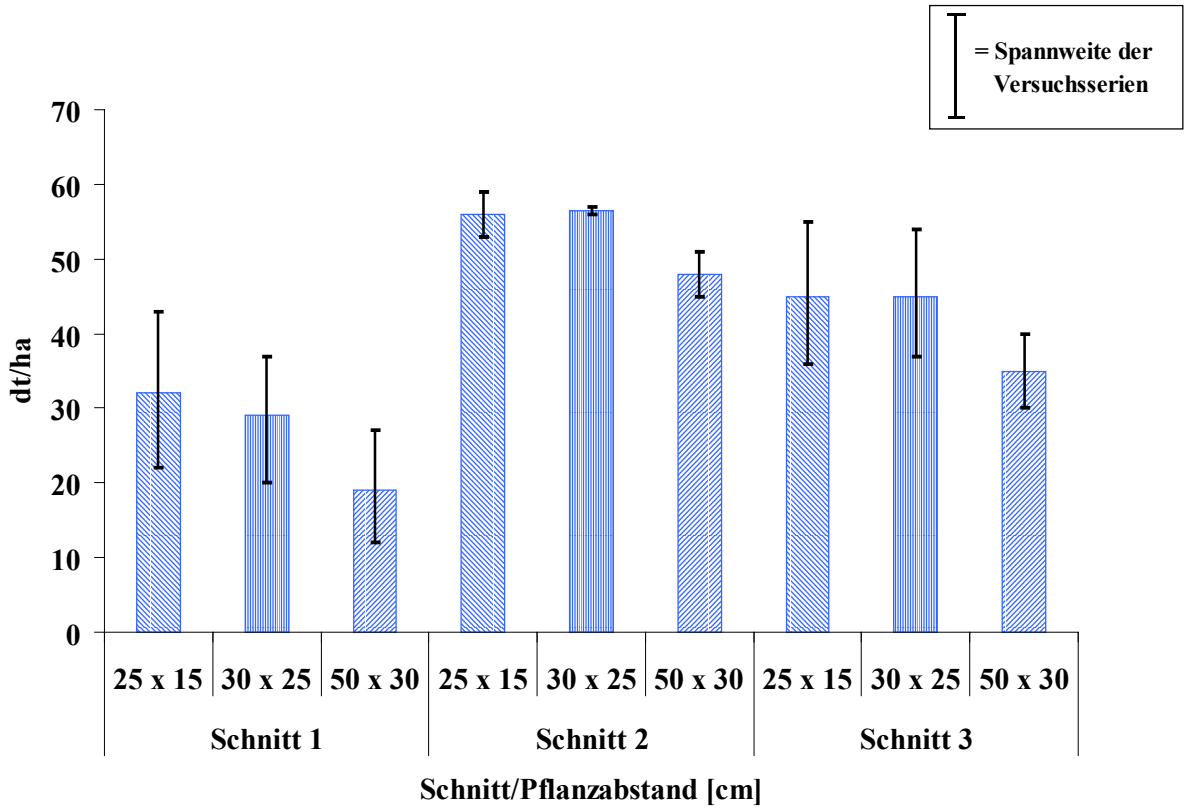


Abb. 5.33 Krautdrogenertrag pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr

Auch bei den Krautdrogenerträgen des ersten Standjahres waren am Baumannshof die Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Pflanzabstand*, *Schnitt* und *Versuchsserie* statistisch signifikant (Tab. 8.41 auf Seite 239). Die varianzanalytisch gesichert höchsten Krautdrogenerträge wurden im zweiten und dritten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 bei den Pflanzabständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* und im zweiten Schnitt der Versuchsserie 2000 bei allen drei geprüften Pflanzabständen mit Erträgen von 51 bis 59 dt/ha erzielt. In Versuchsserie eins 1999 ergaben sich die niedrigsten Krautdrogenerträge bei allen Pflanzabständen bereits im ersten Schnitt. In den Schnitten zwei und drei befanden sich die Krautdrogenerträge auf einem vergleichbaren Niveau. In der zweiten Versuchsserie 2000 fielen dann die Krautdrogenerträge des ersten und dritten Schnitts ähnlich aus. Die höchsten Krautdrogenerträge wurden wie schon in Versuchsserie eins 1999 wieder im zweiten Schnitt ermittelt. Eine Pflanzung im Abstand von *50 x 30 cm* führte im Durchschnitt beider Serien in jedem Schnitt zu den niedrigsten Krautdrogenerträgen (Abb. 5.33). Bei allen drei Pflanzabständen konnte im ersten und im dritten Schnitt

eine vergleichbare Spannweite festgestellt werden. In Schnitt eins wurden allerdings in Versuchsserie zwei 2000 noch höhere Krautdrogenerträge erzielt, im dritten Schnitt ergaben sich dagegen in dieser zweiten Serie 2000 immer niedrigere Krautdrogenerträge als in der ersten Versuchsserie 1999. Für den zweiten Schnitt wurden nur vergleichsweise geringe Ertragsschwankungen ausgewiesen.

In Puch war im ersten Standjahr in beiden Versuchsserien nur ein Schnitt möglich. Die Ertragsdaten pro Schnitt sind damit identisch mit den Gesamterträgen des ersten Standjahres und können unter 5.2.3.1 ab Seite 80 nachgelesen werden.

5.2.3.4 Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr wurden am Baumannshof im Mittel aller Schnitte wie schon bei den Gesamterträgen die varianzanalytisch gesichert höchsten frischen Krauterträge durch Pflanzungen im Abstand von *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* erzielt (Tab. 8.42 auf Seite 240). Die signifikant höchsten frischen Krauterträge konnten im Mittel aller Pflanzabstände bereits im ersten Schnitt in Höhe von durchschnittlich 355 dt/ha festgestellt werden. Vom ersten bis zum dritten Schnitt erfolgte eine stetige Abnahme der Erträge.

Auch in Puch konnten im zweiten Standjahr im Mittel beider Schnitte die signifikant höchsten frischen Krauterträge bei den Pflanzabständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* ermittelt werden (Tab. 8.43 auf Seite 240). Die signifikant höchsten frischen Krauterträge wurden ebenfalls im ersten Schnitt (716 dt/ha) geerntet. Zum zweiten Schnitt gingen die Erträge sehr stark zurück.

Die Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres am Baumannshof zeigten das gleiche Verhalten wie die frischen Krauterträge. Auch hier wurden die signifikant höchsten Erträge durch Pflanzungen in den Abständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* erzielt (Tab. 8.44 auf Seite 241). Im Mittel der Pflanzabstände ergab sich der statistisch gesichert höchste Krautdrogenertrag bereits im ersten Schnitt mit 69 dt/ha. Vom ersten bis zum dritten Schnitt nahmen auch die Krautdrogenerträge kontinuierlich ab.

Auch in Puch konnten im Mittel beider Schnitte die signifikant höchsten Krautdrogenerträge durch Pflanzungen in den Abständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* erreicht werden (Tab. 8.45 auf Seite 241). Im ersten Schnitt lagen die Krautdrogenerträge mit 224 dt/ha signifikant über denen des zweiten Schnitts (75 dt/ha).

Einzelheiten zum genauen Erntedatum der durchgeführten Schnitte und zum Blühbeginn der Parzellen sind aus Tabelle 8.112 auf Seite 282 ersichtlich.

Zusammenfassend wurden am Baumannshof im ersten Standjahr bei der varianzanalytischen Auswertung der frischen Kraut- und der Krautdrogenerträge signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Pflanzabstand*, *Schnitt* und *Versuchsserie* nachgewiesen. Die niedrigsten Erträge an frischem und getrocknetem Kraut wurden in jedem der drei Schnitte für den Pflanzabstand *50 x 30 cm* ermittelt. Auch im einzigen Schnitt des ersten Standjahres in Puch wurden die niedrigsten frischen Kraut- und Krautdrogenerträge nach einer Pflan-

zung im Abstand von *50 x 30 cm* festgestellt. Im zweiten Standjahr ergaben sich an beiden Versuchsstandorten sowohl bei der Krautdroge als auch beim frischen Kraut statistisch gesicherte Spitzenerträge durch Pflanzungen in den Abständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm*. Der erste Schnitt lieferte in diesem Standjahr stets die höchsten Erträge.

5.2.3.5 Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr

Am Standort Baumannshof führte die Pflanzung im Abstand von *50 x 30 cm* mit einem Wert von 4,1 im Mittel beider Versuchsserien und aller drei Schnitte zu den signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnissen (Tab. 8.46 auf Seite 242). Die Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Schnitt* und *Versuchsserie* waren statistisch gesichert. Das signifikant niedrigste Eintrocknungsverhältnis konnte mit 3,2 im ersten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 im Mittel aller Pflanzabstände festgestellt werden. Insgesamt ergaben sich in beiden Serien Eintrocknungsverhältnisse im Bereich von 3,2 bis 5,4.

In Puch wurde im einzigen Schnitt des ersten Standjahres weder ein signifikanter Einfluss des Pflanzabstands noch der Versuchsserie auf die Eintrocknungsverhältnisse des Krauts festgestellt (Tab. 8.47 auf Seite 242). Die Eintrocknungsverhältnisse lagen zwischen 3,6 und 3,8.

5.2.3.6 Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr erfolgte am Baumannshof eine stetige Abnahme der Eintrocknungsverhältnisse vom ersten zum dritten Schnitt mit einem signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnis von 4,0 im Mittel aller Pflanzabstände (Tab. 8.48 auf Seite 243). Zwischen den einzelnen Pflanzabständen ergaben sich im Mittel der Schnitte keine statistisch nachweisbaren Unterschiede. Im zweiten Standjahr erstreckten sich die Eintrocknungsverhältnisse am Baumannshof über einen Bereich von 3,8 bis 5,3.

Am Standort Puch lagen die Eintrocknungsverhältnisse mit Werten von 3,0 bis 3,3 in beiden Schnitten auf einem ähnlichen Niveau (Tab. 8.49 auf Seite 243). Weder vom Faktor *Pflanzabstand* noch vom Faktor *Schnitt* ging ein signifikanter Einfluss auf das Eintrocknungsverhältnis aus.

5.2.3.7 Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr

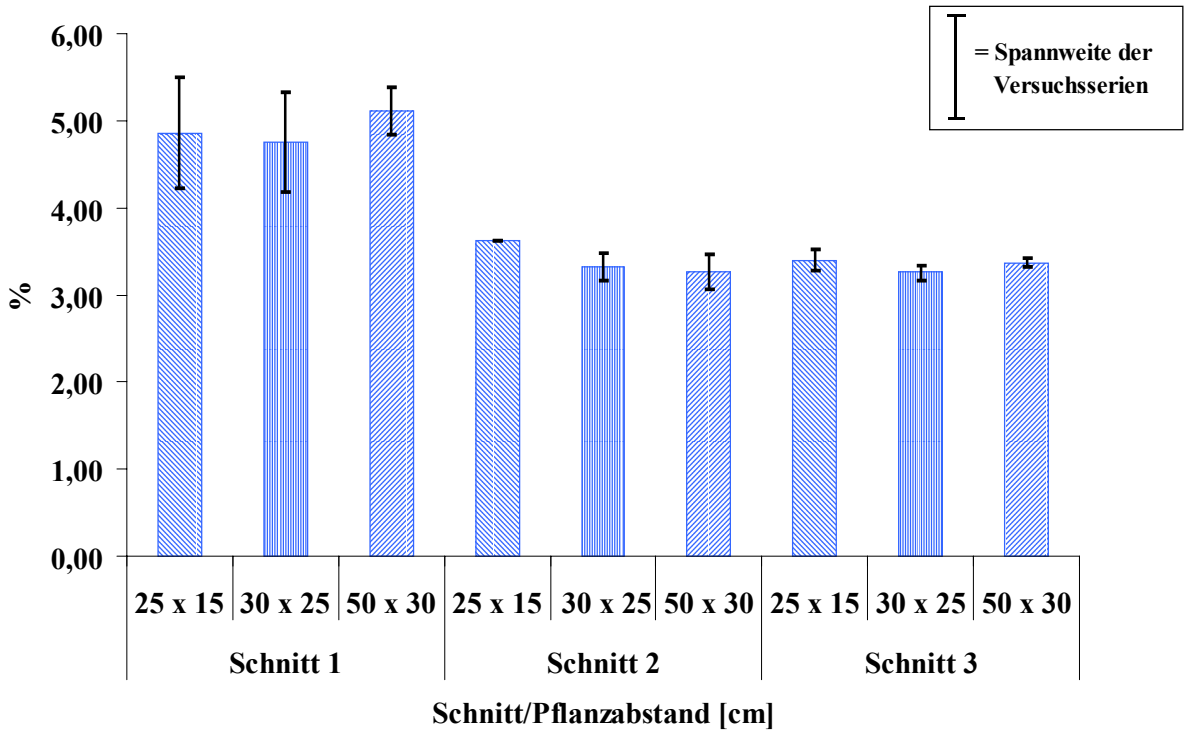


Abb. 5.34 Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr

Am Baumannshof konnte im ersten Standjahr kein signifikanter Einfluss des Pflanzabstands auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge festgestellt werden (Tab. 8.50 auf Seite 244). Zwischen den Versuchsfaktoren *Schnitt* und *Versuchsserie* traten signifikante Wechselwirkungen auf. Der statistisch gesichert höchste Verbenalingehalt wurde mit 5,40 % im ersten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 erzielt. Mit 4,41 % ergab sich im ersten Schnitt der zweiten Serie 2000 ein mittlerer Verbenalingehalt in der Krautdroge. Die signifikant niedrigsten Verbenalingehalte wurden in beiden Serien jeweils im zweiten und dritten Schnitt mit Werten zwischen 3,28 und 3,52 % festgestellt. In beiden Versuchsserien lagen die Verbenalingehalte in der Krautdroge des ersten Schnitts immer über denen des zweiten und dritten Schnitts (Abb. 5.34). Die größten Spannweiten der Verbenalingehalte waren am Baumannshof im ersten Schnitt des ersten Standjahres zu verzeichnen. Zum zweiten Schnitt nahmen diese Schwankungen deutlich und vom zweiten zum dritten Schnitt noch geringfügig ab. Besonders auffällig waren im ersten Schnitt die starken Schwankungen im Verbenalingehalt bei den Pflanzabständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* mit Spannweiten von 1,28 und 1,15 % im Vergleich zu einer Spannweite von 0,54 % bei einer Pflanzung im Abstand von 50 x 30 cm.

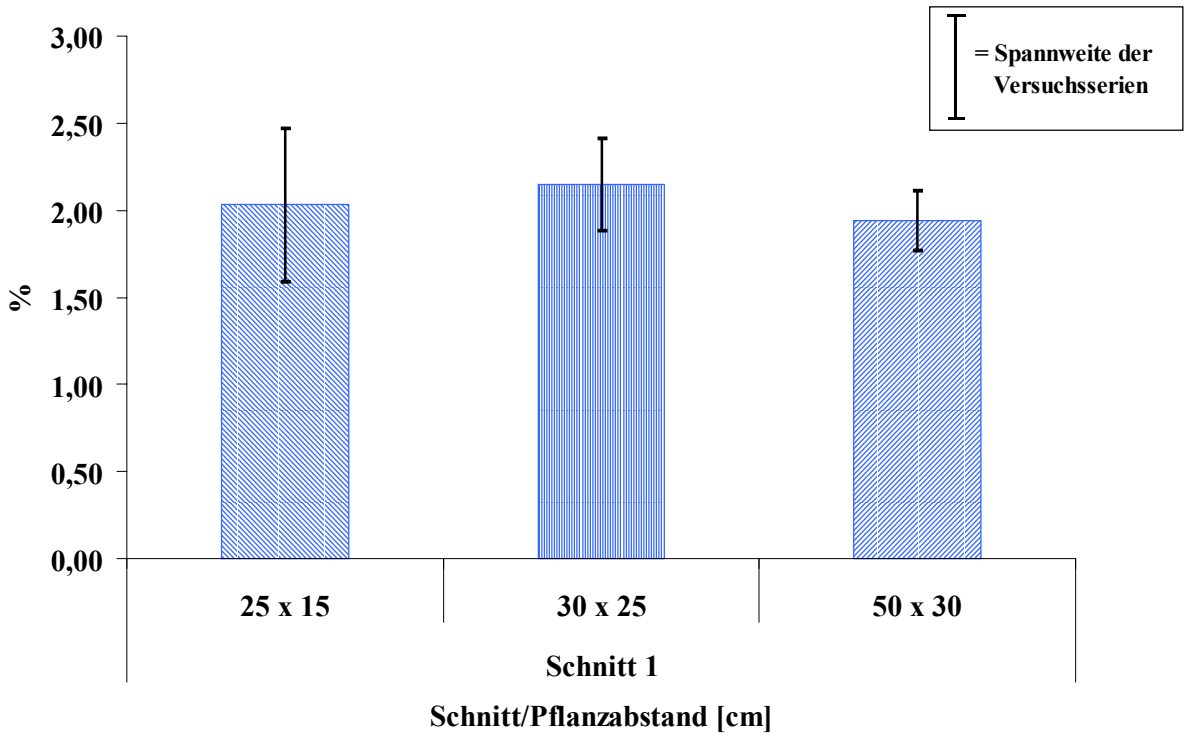


Abb. 5.35 Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im ersten Standjahr

Im einzigen Schnitt des ersten Standjahres am Versuchsgut Puch konnte ebenfalls kein signifikanter Einfluss des Versuchsfaktors *Pflanzabstand* abgesichert werden (Tab. 8.51 auf Seite 244). Statistisch gesichert war dagegen der Einfluss der Versuchsserie. Mit einem Verbenalingehalt von 2,33 % wurde im Mittel aller Pflanzabstände in Serie eins 1999 ein signifikant höherer Wert erreicht als in der zweiten Versuchsserie 2000 mit durchschnittlich 1,75 %. Die Schwankungen im Verbenalingehalt beider Serien nahmen vom engsten (25 x 15 cm) zum weitesten Pflanzabstand (50 x 30 cm) ab (Abb. 5.35).

5.2.3.8 Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr konnten am Baumannshof im Mittel aller drei Pflanzabstände die signifikant höchsten Verbenalingehalte mit durchschnittlich 3,94 % bereits im ersten Schnitt erzielt werden (Tab. 8.52 auf Seite 245). Mittlere Verbenalingehalte wurden im zweiten Schnitt (3,37 %) gemessen. Die signifikant niedrigsten Verbenalingehalte ergaben sich im dritten Schnitt (2,64 %). Der Pflanzabstand hatte keinen statistisch gesicherten Einfluss auf den Verbenalingehalt.

In Puch wurden im ersten Schnitt (vergleichbar mit den Ergebnissen am Versuchsgut Baumannshof) die signifikant höchsten Verbenalingehalte des zweiten Standjahres mit durchschnittlich 2,64 % festgestellt (Tab. 8.53 auf Seite 245). Im zweiten und letzten Schnitt fanden

sich mit 0,98 % im Mittel aller drei Pflanzabstände die signifikant niedrigsten Verbenalingehalte in der Droge. Die Wahl des Pflanzabstands übte keinen signifikanten Einfluss auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge aus.

5.2.3.9 Austrieb

Bei allen drei Pflanzabständen wurde an beiden Standorten ein sehr guter Austrieb im Frühjahr bonitiert.

5.2.3.10 Frostresistenz

Die Frostresistenz war an beiden Standorten unabhängig vom gewählten Pflanzabstand sehr gut.

5.2.3.11 Krankheitsbefall

Im ersten Standjahr (Versuchsserie zwei 2000) entwickelte sich am Baumannshof in allen drei Schnitten ein *geringer*, beziehungsweise *geringer bis mittlerer* Pilzbefall. In Puch wurde zum ersten Schnitt nur ein *sehr geringer bis geringer* Pilzbefall ermittelt. Der zweite Aufwuchs war dann bereits vor der Ernte *sehr stark* verpilzt. Zur Ernte war dann ein Großteil der Pflanzen bereits komplett abgestorben.

Im zweiten Standjahr wurde am Baumannshof zum ersten Schnitt bei den beiden Pflanzabständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* ein *starker bis sehr starker* Pilzbefall ermittelt. Im Abstand von *50 x 30 cm* gepflanzte Bestände zeigten einen *starken* Pilzbefall. Zum zweiten und dritten Schnitt konnte dann wieder ein gleichmäßiger Pilzbefall bei allen drei geprüften Pflanzabständen festgestellt werden. Die Befallsstärke zum zweiten Schnitt wurde mit *mittel bis stark*, und zum dritten Schnitt mit *mittel* bonitiert. In Puch war der Befall im ersten Schnitt *gering* und im zweiten Schnitt *stark bis sehr stark*.

5.2.4 Saattermine

5.2.4.1 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr

Entsprechend dem Versuch *Pflanztermine* konnten in diesem Versuch, der nur am Baumannshof durchgeführt wurde, im ersten Standjahr nur die im Frühjahr gesäten Parzellen beerntet werden. Bei den Sommersaaten war im ersten Standjahr keine Ernte mehr möglich.

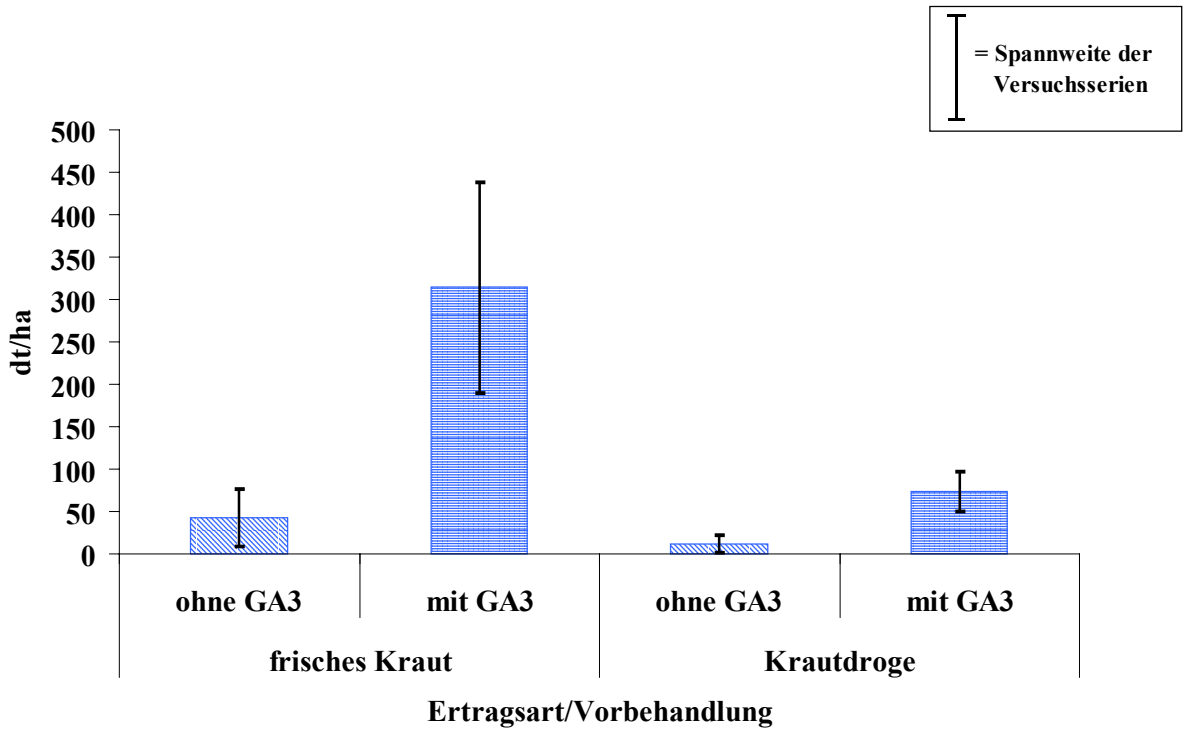


Abb. 5.36 Gesamter frischer Krautertrag und gesamter Krautdrogenertrag nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

Die statistische Verrechnung der Gesamterträge an frischem Kraut des ersten Standjahres am Baumannshof zeigte signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Vorbehandlung* und *Versuchsserie* (Tab. 8.55 auf Seite 246). Der statistisch gesichert höchste Gesamtertrag ergab sich in Höhe von 438 dt/ha nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut in Versuchsserie zwei 2000. In beiden Serien lagen die Erträge nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut mit durchschnittlich 314 dt/ha auffallend höher als nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut, die im Mittel beider Versuchsserien 43 dt/ha erbrachte (Abb. 5.36). Nach der Aussaat von unbehandeltem Saatgut nahmen die gesamten frischen Krauterträge von Versuchsserie eins 1999 zur zweiten Serie 2000 ab. Bei vorbehandeltem Saatgut erfolgte eine Zunahme der Erträge. Die Schwankungsbreite lag für unbehandeltes Saatgut bei 67 dt/ha und für vorbehandeltes Saatgut bei 248 dt/ha.

Auch bei den gesamten Krautdrogenerträgen des ersten Standjahres nach einer Frühjahrssaat am Baumannshof waren die Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Vorbehandlung x Versuchsserie* signifikant (Tab. 8.56 auf Seite 247). Vergleichbar mit dem frischen Krautertrag wurde der signifikant höchste Drogenertrag in der zweiten Versuchsserie 2000 nach einer Frühjahrssaat von vorbehandeltem Saatgut in Höhe von 97 dt/ha festgestellt. Mit durchschnittlich 74 dt/ha konnte durch die Verwendung von vorbehandeltem Saatgut in beiden Serien ein deutlich höherer Gesamtertrag erzielt werden als nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut. In Versuchsserie zwei 2000 fiel der Krautdrogenertrag nach der Aussaat von unbehandeltem Saatgut geringer aus als in Versuchsserie eins 1999. Im Gegensatz dazu lagen die Krautdrogenerträge nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut in Serie zwei 2000 über denen der ersten Serie 1999. Die Spannweite der Krautdrogenerträge belief sich für unbehandeltes Saatgut auf 21 und für vorbehandeltes Saatgut auf 47 dt/ha (Abb. 5.36).

5.2.4.2 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr

Wie Tabelle 8.57 auf Seite 248 zeigt, konnte nach einer Frühjahrssaat (416 dt/ha) am Baumannshof im zweiten Standjahr im Mittel beider Stufen des Faktors *Vorbehandlung* ein statistisch gesichert höherer Gesamtertrag an frischem Kraut erzielt werden als nach einer Sommersaat (321 dt/ha). Vergleichbar mit den Ergebnissen des ersten Standjahres wurden auch im zweiten Standjahr die signifikant höchsten frischen Krauterträge durch die Verwendung von vorbehandeltem Saatgut erzielt.

Auch bei der Krautdroge ergab sich im zweiten Standjahr im Mittel beider Saattermine durch die Verwendung von vorbehandeltem Saatgut ein signifikant höherer Gesamtertrag als nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut (Tab. 8.58 auf Seite 249). Im Mittel beider Stufen des Faktors *Vorbehandlung* lag der gesamte Krautdrogenertrag nach der Frühjahrssaat mit 98 dt/ha statistisch gesichert höher als nach der Sommersaat mit 76 dt/ha.

Insgesamt wurden im ersten und zweiten Standjahr am Baumannshof durch die Verwendung von vorbehandeltem Saatgut immer deutlich höhere Gesamterträge an frischem Kraut und an Krautdroge erzielt als nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut. Der Vergleich der beiden Saattermine ergab im zweiten Standjahr signifikante Vorteile im gesamten frischen Krautertrag und im Krautdrogenertrag für den Aussaattermin *Frühjahr*.

5.2.4.3 Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr

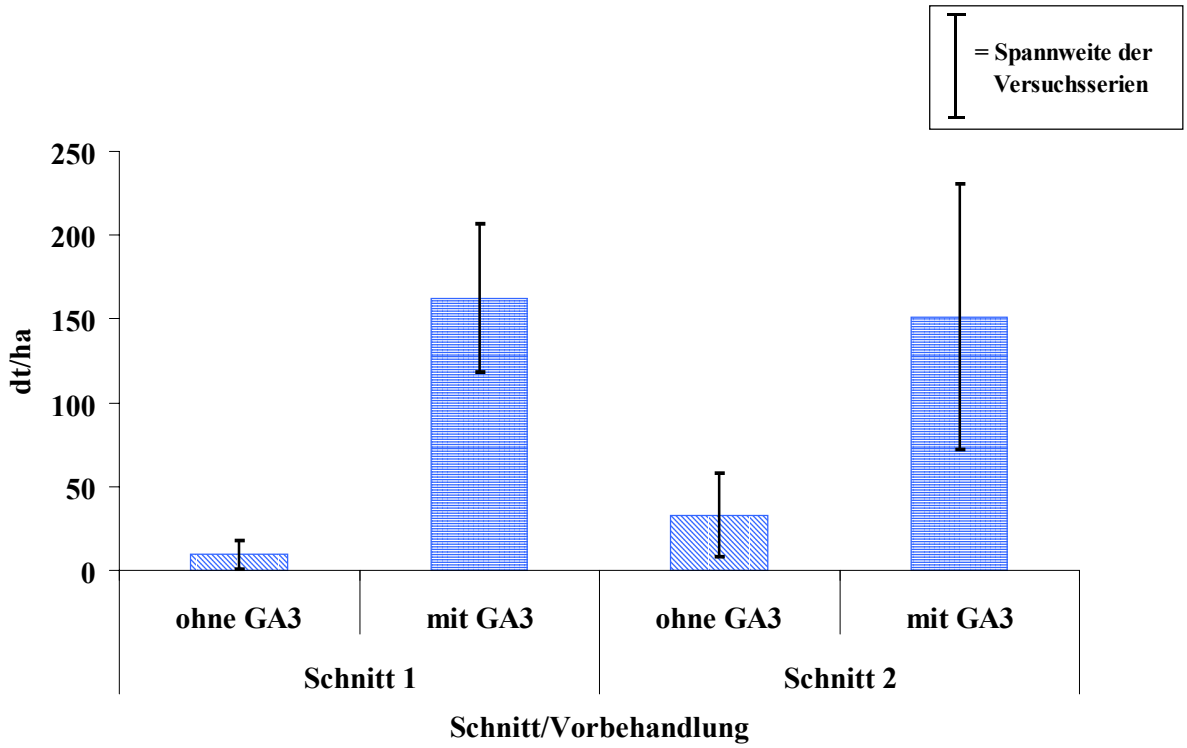


Abb. 5.37 Frischer Krautertrag pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

Im ersten Standjahr waren nach Frühjahrssaaten zwei Schnitte möglich. Bei der varianzanalytischen Untersuchung der frischen Krauterträge ergaben sich signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Vorbehandlung*, *Schnitt* und *Versuchsserie* (Tab. 8.59 auf Seite 250). Die statistisch gesichert höchsten frischen Krauterträge wurden im ersten und zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 nach einer Verwendung von vorbehandeltem Saatgut mit 207 und 231 dt/ha festgestellt. Parzellen, auf denen unbehandeltes Saatgut zum Einsatz kam, lieferten in dieser Serie einen äußerst geringen frischen Krautertrag. In der ersten Versuchsserie 1999 lagen die frischen Krauterträge in beiden Schnitten nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut ebenfalls am höchsten. Auffällig war in diesem Versuch, dass nur in dieser ersten Serie 1999 nach der Aussaat von vorbehandeltem Saatgut eine Abnahme des frischen Krautertrags vom ersten zum zweiten Schnitt festgestellt werden konnte. Unterschiede ergaben sich auch beim Vergleich der Ertragsschwankungen. Die Verwendung von unbehandeltem Saatgut führte in beiden Schnitten der Versuchsserie zwei 2000 zu geringeren frischen Krauterträgen als in Versuchsserie eins 1999. Nach der Aussaat von vorbehandeltem Saatgut zeigte sich ein entgegengesetztes Verhalten. Die geringsten Ertragsschwankungen wurden mit einer Differenz von 17 dt/ha im ersten Schnitt nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut festgestellt (Abb. 5.37). Die größten Ertragsunterschiede fanden sich im zweiten Schnitt nach einer

Aussaat von vorbehandeltem Saatgut in Höhe von 159 dt/ha. Die Spannweite der frischen Krauterträge nahm für beide Stufen des Faktors *Vorbehandlung* vom ersten zum zweiten Schnitt zu. In beiden Schnitten waren die Unterschiede im frischen Krautertrag nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut deutlich größer als von unbehandeltem Saatgut.

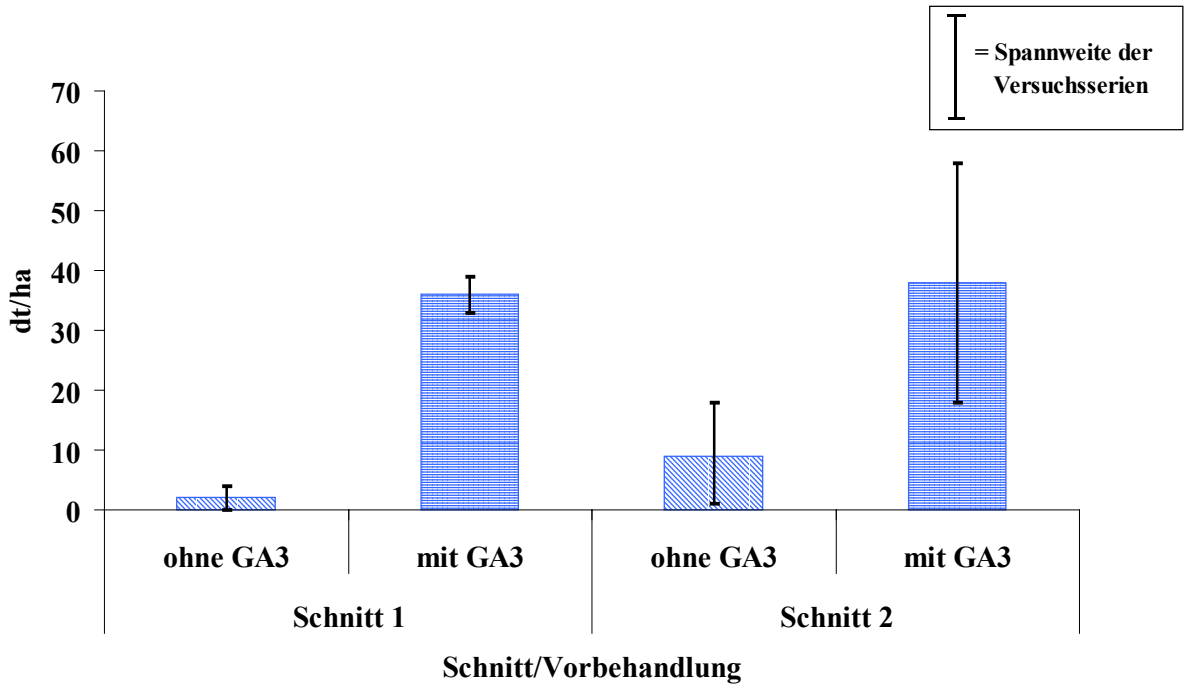


Abb. 5.38 Krautdrogenertrag pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

Die Krautdrogenerträge der einzelnen Schnitte im ersten Standjahr am Baumannshof finden sich in Abbildung 5.38 und in Tabelle 8.60 auf Seite 251. Auch hier wurden signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Vorbehandlung x Schnitt x Versuchsserie* nachgewiesen. Der statistisch gesichert höchste Krautdrogenertrag ergab sich in Höhe von 58 dt/ha im zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut. Auch im ersten Schnitt der Serien eins 1999 und zwei 2000 konnten deutlich höhere Krautdrogenerträge durch die Verwendung von vorbehandeltem Saatgut erzielt werden. Im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 lagen die Krautdrogenerträge beider Vorbehandlungsvarianten jeweils bei 18 dt/ha. Wie schon beim frischen Kraut festgestellt, zeigte sich ebenfalls nur in der ersten Versuchsserie 1999 nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut eine Abnahme des Krautdrogenertrags vom ersten zum zweiten Schnitt. Nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut wurde in Versuchsserie zwei 2000 in beiden Schnitten ein geringerer Krautdrogenertrag ermittelt als in Versuchsserie eins 1999. Eine Verwendung von vorbehandeltem Saatgut erbrachte in der zweiten Serie 2000 dagegen in jedem Schnitt höhere Erträge. Die Ertragsschwankungen beider Serien lagen zwischen 4 (unbehandeltes Saatgut; erster Schnitt) und 40 dt/ha (vorbehandeltes Saatgut; zweiter Schnitt). Vergleichbar mit der Spannweite der

frischen Krauterträge nahm auch die Spannweite der Krautdrogenerträge für beide Stufen des Faktors *Vorbehandlung* vom ersten zum zweiten Schnitt zu. Die Aussaat von vorbehandeltem Saatgut führte in jedem Schnitt zu größeren Schwankungen als die Aussaat von unbehandeltem Saatgut.

5.2.4.4 Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr konnten am Baumannshof drei Schnitte durchgeführt werden. Wie Tabelle 8.61 auf Seite 252 zu entnehmen ist ergaben sich im Versuch signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombinationen *Saattermin x Vorbehandlung* und *Saattermin x Schnitt*. Der statistisch gesichert höchste frische Krautertrag wurde im Mittel aller drei Schnitte mit 182 dt/ha nach einer Frühjahrssaat von vorbehandeltem Saatgut erzielt. Im Durchschnitt beider Vorbehandlungsvarianten konnte der signifikant höchste frische Krautertrag in Höhe von 163 dt/ha im zweiten Schnitt ebenfalls nach einer Frühjahrssaat ermittelt werden. Grundsätzlich ergaben sich für beide Saattermine in allen Schnitten höhere frische Krauterträge durch die Verwendung von vorbehandeltem Saatgut. Ebenfalls gemeinsam war beiden Saatterminen, dass bei beiden Vorbehandlungsvarianten ein Anstieg der frischen Krauterträge vom ersten zum zweiten Schnitt und anschließend eine Abnahme der frischen Krauterträge vom zweiten zum dritten Schnitt erfolgte. Nach einer Frühjahrssaat konnten mit einer Ausnahme immer höhere Erträge an frischem Kraut geerntet werden als nach einer Sommersaat.

Die Auswertung der Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres ergab statistisch gesicherte Wechselwirkungen für die Faktorkombinationen *Saattermin x Vorbehandlung*, *Saattermin x Schnitt* und *Vorbehandlung x Schnitt* (Tab. 8.62 auf Seite 253). Die signifikant höchsten Krautdrogenerträge wurden im Mittel aller Schnitte mit 42 dt/ha nach einer Frühjahrssaat von vorbehandeltem Saatgut erzielt. Im Durchschnitt beider Varianten des Faktors *Vorbehandlung* konnten die statistisch gesichert höchsten Krautdrogenerträge mit 37 und 31 dt/ha immer im zweiten Schnitt nach einer Frühjahrs- oder Sommersaat ermittelt werden. Im Mittel beider Aussaattermine wurden die signifikant höchsten Krautdrogenerträge mit jeweils 43 dt/ha im zweiten und dritten Schnitt des zweiten Standjahres nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut festgestellt. In allen Schnitten und bei jedem der beiden Saattermine zeigte sich ein positiver Einfluss der Saatgutvorbehandlung auf den Krautdrogenertrag. Ein Anstieg des Krautdrogenertrags vom ersten zum zweiten Schnitt und ein anschließendes Absinken vom zweiten zum dritten Schnitt, wie es bei den Frischmasseerträgen ermittelt wurde, trat bei beiden Saatterminen nur nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut auf. Vorbehandeltes Saatgut erbrachte nach einer Frühjahrssaat gleichmäßig hohe Krautdrogenerträge in allen drei Schnitten. Nach einer Sommersaat von vorbehandeltem Saatgut ergab sich vom ersten zum zweiten Schnitt ein stärkerer Anstieg. Die Erträge im zweiten und dritten Schnitt unterschieden sich dann aber ebenfalls nicht wesentlich.

Insgesamt wurden im ersten Standjahr am Baumannshof beim varianzanalytischen Vergleich der frischen Kraut- und der Krautdrogenerträge nach einer Frühjahrssaat signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Vorbehandlung*, *Schnitt* und *Versuchsserie* festgestellt. Mit Ausnahme des zweiten Schnitts der ersten Versuchsserie 1999 führte die Verwen-

dung von vorbehandeltem Saatgut immer zu höheren Erträgen. In Versuchsserie zwei 2000 wurden nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut in beiden Schnitten geringere Erträge festgestellt als in Versuchsserie eins 1999. Eine Aussaat von vorbehandeltem Saatgut erbrachte dagegen in beiden Schnitten der zweiten Serie 2000 deutlich höhere Erträge an frischem Kraut und an Krautdroge. Die Ertragsschwankungen waren in beiden Schnitten bei vorbehandeltem Saatgut am größten. Im Mittel beider Stufen des Faktors *Vorbehandlung* traten die größten Spannweiten im zweiten Schnitt des ersten Standjahres auf.

Im zweiten Standjahr ergaben sich bei der Verrechnung der frischen Krauterträge und der Krautdrogenerträge vielfältige Wechselwirkungen. Unabhängig vom Saattermin konnten durch die Verwendung von vorbehandeltem Saatgut immer die höchsten Erträge erzielt werden. Nur nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut erfolgte beim frischen Kraut und bei der Krautdroge eine Zunahme der Erträge vom ersten zum zweiten Schnitt und anschließend ein Rückgang vom zweiten zum dritten Schnitt. Mit einer Ausnahme lieferte die Frühjahrssaat immer höhere Erträge als die Sommersaat.

5.2.4.5 Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr

Im ersten Standjahr wurden am Baumanshof signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Vorbehandlung x Schnitt x Versuchsserie* bestimmt (Tab. 8.63 auf Seite 254). Die varianzanalytisch abgesichert niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse wurden im ersten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut (3,6) und im zweiten Schnitt nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut (3,3) erzielt. Insgesamt erstreckten sich im ersten Standjahr die Eintrocknungsverhältnisse über einen Bereich von 3,3 bis 5,3. Ein gleichgerichteter Einfluss der Saatgutvorbehandlung auf die Eintrocknungsverhältnisse beider Serien und aller Schnitte konnte nicht ermittelt werden.

Der fehlende Wert im ersten Schnitt bei den Eintrocknungsverhältnissen der zweiten Versuchsserie 2000 kam zustande, da aufgrund der sehr geringen Erntemenge an frischem Kraut nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut hier zu wenig Pflanzenmaterial für eine repräsentative Bestimmung des Drogengewichtes und damit des Eintrocknungsverhältnisses vorlag.

5.2.4.6 Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr traten bei der Verrechnung der Eintrocknungsverhältnisse des Krauts statistisch gesicherte Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Saattermin*, *Vorbehandlung* und *Schnitt* auf (Tab. 8.64 auf Seite 255). Die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse wurden vor allem in den Schnitten zwei und drei mit Werten zwischen 3,8 und 4,4 gefunden. Ein deutlicher Einfluss des Saattermins oder der Vorbehandlung konnte nicht festgestellt werden. Im Mittel beider Saattermine und Vorbehandlungen gingen die Eintrocknungsverhältnisse vom ersten Schnitt (4,5) über den zweiten Schnitt (4,3) bis zum dritten Schnitt (3,8) stetig zurück. Im zweiten Standjahr beliefen sich die Eintrocknungsverhältnisse im Versuch auf Werte von 3,8 bis 4,7.

5.2.4.7 Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr

Nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut wurde im ersten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 nur ein sehr geringer Krautdrogenertrag erzielt. Repräsentative Inhaltsstoffuntersuchungen waren bei diesen Prüfgliedern nicht möglich. Dies führte dazu, dass auch zu einigen anderen Werten des ersten Standjahres keine varianzanalytischen Schätzungen vorgenommen werden konnten.

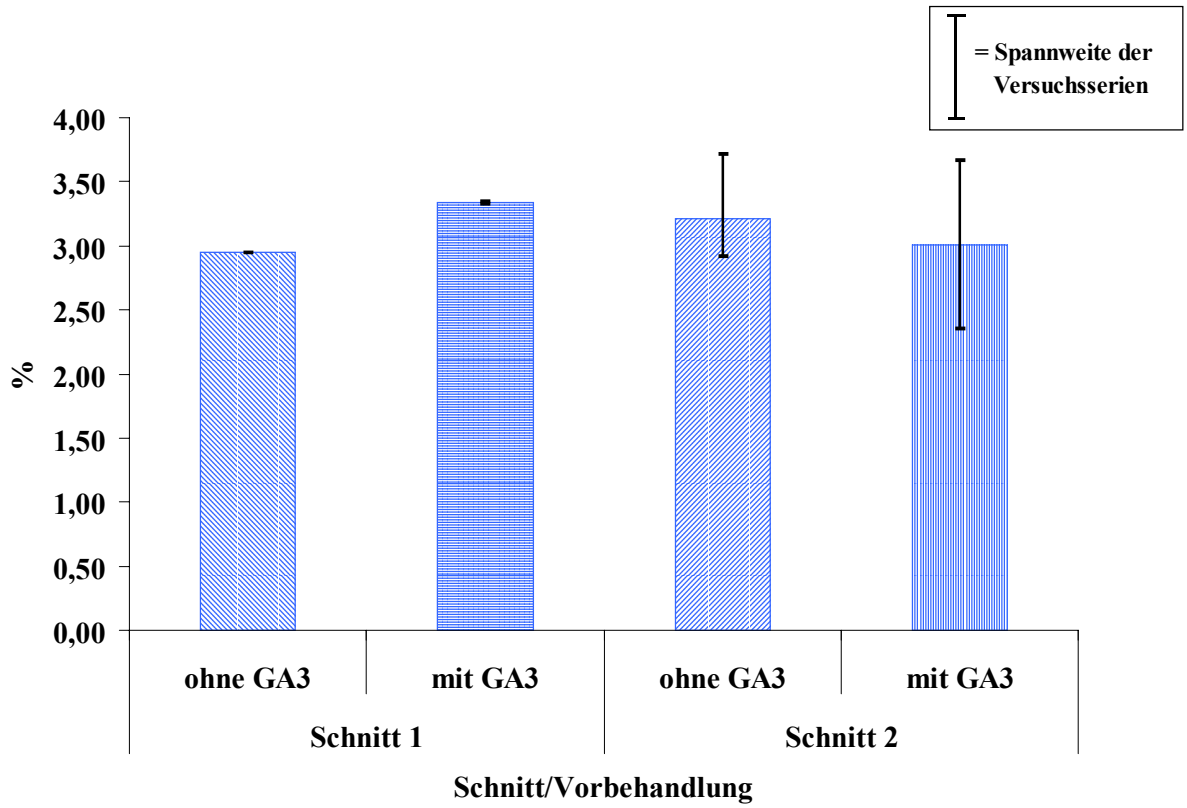


Abb. 5.39 Verbenalingehalte in der Krautdroge nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

Die Verrechnung der Verbenalingehalte des ersten Standjahres führte zu vielfältigen Wechselwirkungen für die Faktorkombinationen *Vorbehandlung x Schnitt*, *Vorbehandlung x Versuchsserie* und *Schnitt x Versuchsserie* (Tab. 8.65 auf Seite 256). Im Mittel beider Schnitte konnte der signifikant höchste Verbenalingehalt in Höhe von 3,51 % nach einer Frühjahrssaat von vorbehandeltem Saatgut in der ersten Versuchsserie 1999 ermittelt werden. Die statistisch gesichert niedrigsten Verbenalingehalte fanden sich im Mittel der Schnitte nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut in der ersten Versuchsserie 1999 (2,93 %) und nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut in der zweiten Versuchsserie 2000 (2,85 %). Im zweiten Schnitt der Ver-

suchsserie zwei 2000 wurde im Gegensatz zu den Ergebnissen aus beiden Schnitten der Serie eins 1999 der höchste Verbenalingehalt nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut in der Krautdroge gefunden. Ein signifikanter Einfluss des Schnitts ließ sich im Mittel beider Vorbehandlungsvarianten nicht feststellen. Ebenso ergab sich im Mittel beider Versuchsserien kein statistisch nachweisbarer Einfluss der Vorbehandlung des Saatguts auf den späteren Verbenalingehalt in der Krautdroge. Die Schwankungen der Verbenalingehalte im ersten Standjahr, soweit sie aufgrund des fehlenden Werts berechnet werden konnten, lagen zwischen absoluten Werten von 0,02 und 1,31 % (Abb. 5.39). Die Gehaltsschwankungen waren im zweiten Schnitt wesentlich größer als im ersten Schnitt. Zudem traten im zweiten Schnitt nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut größere Schwankungen im Verbenalingehalt auf als nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut. In diesem Schnitt lag der Verbenalingehalt nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut in Versuchsserie zwei 2000 unter dem der ersten Versuchsserie 1999. Die Verwendung von unbehandeltem Saatgut führte zu einem entgegengesetzten Verhalten.

5.2.4.8 Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr

Tabelle 8.66 auf Seite 257 zeigt die Entwicklung der Verbenalingehalte in der Krautdroge am Baumannshof im zweiten Standjahr. Im Versuch wurden signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombinationen *Saattermin x Schnitt* und *Vorbehandlung x Schnitt* nachgewiesen. Trotz dieser Signifikanz konnten für die einzelnen Versuchsfaktoren relativ einheitliche Ergebnisse ermittelt werden. So ergaben sich bei beiden Saatterminen im Mittel beider Vorbehandlungsvarianten die signifikant höchsten Verbenalingehalte in der Krautdroge im ersten Schnitt, mittlere Verbenalingehalte im zweiten Schnitt und die signifikant niedrigsten Verbenalingehalte im dritten Schnitt. Im Mittel beider Saattermine folgte daraus eine kontinuierliche Abnahme der Verbenalingehalte von durchschnittlich 4,38 % im ersten bis auf 2,35 % im dritten Schnitt. Auch beim direkten Vergleich der Verbenalingehalte in jedem Schnitt und für jede Vorbehandlungsvariante konnte zwischen beiden Saatterminen kein auffälliger Unterschied festgestellt werden. Im Mittel beider Saattermine wurden die signifikant höchsten Verbenalingehalte für beide Varianten des Faktors *Vorbehandlung* im ersten Schnitt festgestellt. Der signifikant niedrigste Verbenalingehalt konnte im dritten Schnitt nur nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut ermittelt werden. Der im dritten Schnitt nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut in der Krautdroge gefundene Verbenalingehalt ließ sich zwar nicht mehr der statistischen Gruppe der signifikant niedrigsten Verbenalingehalte zuordnen, lag aber auch in diesem Fall deutlich niedriger als die Verbenalingehalte in den Schnitten eins und zwei. Die Verwendung von unbehandeltem oder vorbehandeltem Saatgut hatte damit ebenfalls keine deutlichen Auswirkungen auf den späteren Verbenalingehalt in der Krautdroge.

Eine Zusammenstellung aller Erntetermine der einzelnen Schnitte und des Blühbeginns der Prüfglieder finden sich in Tabelle 8.113 auf Seite 283.

Zusammenfassend wurden in beiden Standjahren bei der Untersuchung der Verbenalingehalte in der Krautdroge vielfältige Wechselwirkungen zwischen Versuchsfaktoren festgestellt. Die Entwicklung der Verbenalingehalte vom ersten zum letzten Schnitt verlief in beiden Standjahren unterschiedlich. Auch für die Verwendung von unbehandeltem beziehungsweise vorbehandeltem Saatgut ergaben sich in beiden Standjahren unterschiedliche Ergebnisse.

5.2.4.9 Austrieb

Nach einer Frühjahrssaat wurde im Frühjahr des zweiten Standjahres unabhängig von der Saatgutvorbehandlung ein guter bis sehr guter Austrieb festgestellt. Nach einer Sommersaat zeigten die Pflanzen dagegen nur einen mittleren bis guten Frühjahrsaustrieb.

5.2.4.10 Frostresistenz

Am Baumannshof ließ sich nach dem Winter 1999/2000 für im Frühjahr oder im Sommer gesäte Parzellen eine mittlere bis gute Frosthärte der Eisenkrautpflanzen ermitteln. Im Winter 2000/2001 kam es wie schon beim Versuch Pflanztermine nach einer Sommersaat zu einem Totalausfall der Versuchsparzellen. Frühjahrssaaten wiesen auch in diesem Winter eine mittlere bis gute Frosthärte auf. Die Saatgutvorbehandlung zeigte keinen Einfluss auf die Frostresistenz der Pflanzen.

5.2.4.11 Krankheitsbefall

Im ersten Standjahr (Versuchsserie zwei 2000) ergab sich weder nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem noch von vorbehandeltem Saatgut im ersten Schnitt ein Pilzbefall der Bestände. Im zweiten Schnitt konnte im gesamten Versuch ein gleichmäßiger geringer bis mittlerer Pilzbefall bonitiert werden.

Im zweiten Standjahr wurden keine Unterschiede in der Stärke des Pilzbefalls nach einer Frühjahrs- oder Sommersaat ermittelt. Nach einer Verwendung von unbehandeltem Saatgut trat zum ersten Schnitt ein mittlerer, nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut ein starker bis sehr starker Pilzbefall auf. Im zweiten und dritten Schnitt waren alle Parzellen gleichmäßig mittel beziehungsweise mittel bis stark befallen.

5.3 Ernteverhalten

5.3.1 Erntetermine (nach Blühstadium)

Im ersten Standjahr wurde nach der Pflanzung zum Teil ein uneinheitlicher Blühbeginn festgestellt. Im Hinblick auf die spätere Versuchsauswertung erwies sich auch die Tatsache, dass vor allem zum ersten Erntetermin *Blühbeginn + 10 Tage* noch sehr wenig Krautmasse auf den Versuchsparzellen vorhanden war, als problematisch. Aus diesen Gründen wurde an beiden Versuchsgütern der erste Schnitt des ersten Standjahres einheitlich als „Schröpfschnitt“ durchgeführt, und nicht in die Versuchsauswertungen mit einbezogen.

5.3.1.1 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr

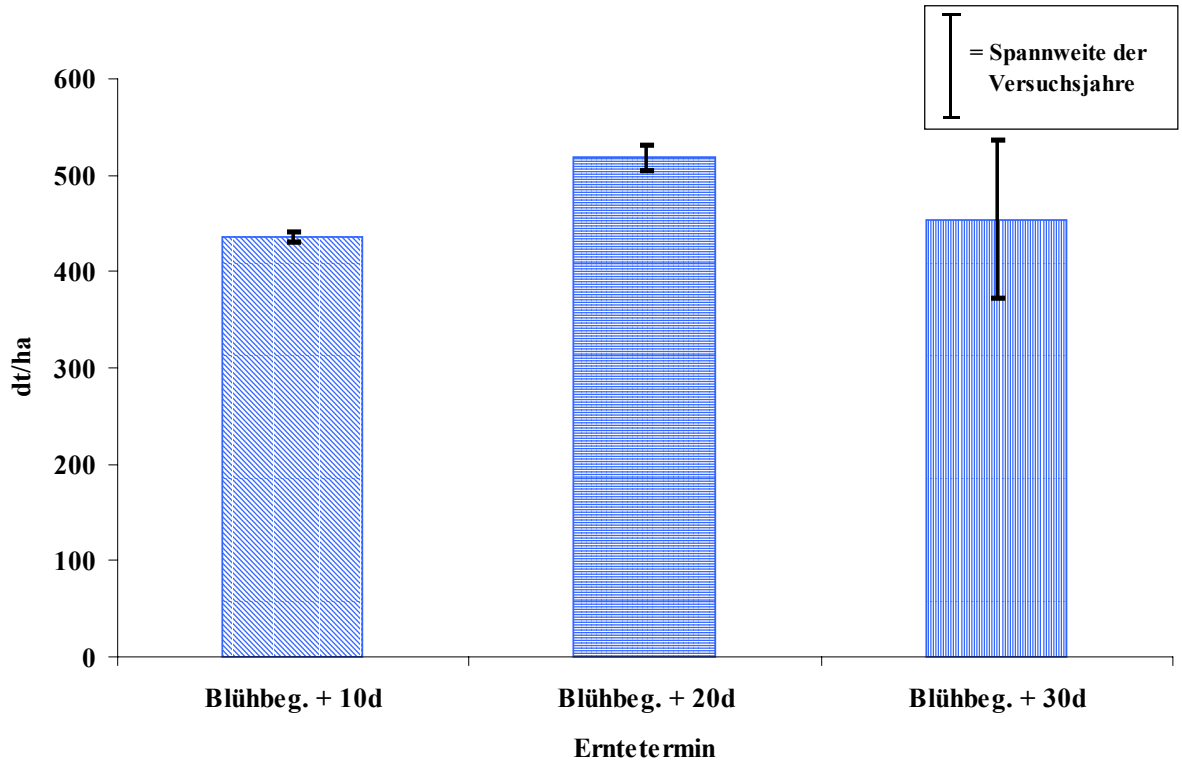


Abb. 5.40 Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

Am Baumannshof ergab die Verrechnung der Gesamterträge an frischem Kraut signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Erntetermin* und *Versuchsserie* (Tab. 8.67 auf Seite 258). Statistisch gesicherte Spitzenerträge an frischem Kraut konnten bei einer Ernte im Abstand von 20 Tagen nach Blühbeginn in den Serien eins 1999 und zwei 2000 und bei einer Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn in Versuchsserie eins 1999 in Höhe von 505 bis 536 dt/ha ermittelt werden. Der Einfluss des Erntetermins auf den gesamten frischen Kraut-

ertrag war in beiden Serien uneinheitlich. Die Ertragsschwankungen zwischen beiden Versuchsserien fielen mit 163 dt/ha für den Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* mit Abstand am größten aus (Abb. 5.40).

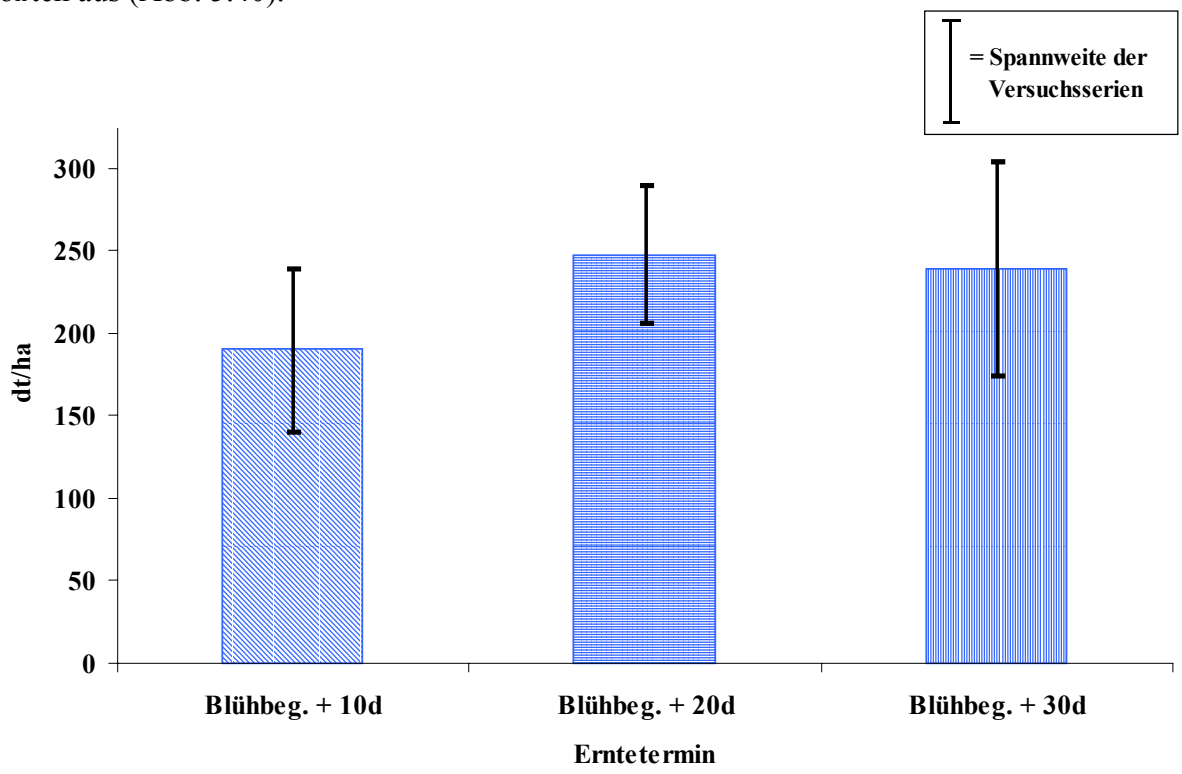


Abb. 5.41 Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr

Die gesamten frischen Krauterträge des ersten Standjahres am Standort Puch finden sich in Abbildung 5.41 und Tabelle 8.68 auf Seite 258. Hier wurden die statistisch gesichert höchsten Gesamterträge an frischem Kraut im Mittel beider Versuchsserien mit 247 und 239 dt/ha durch eine Beerntung der Parzellen im Abstand von 20 und 30 Tagen nach Blühbeginn erzielt. Im Mittel aller drei Erntetermine ergaben sich in der zweiten Versuchsserie 2000 (278 dt/ha) signifikant höhere Gesamterträge an frischem Kraut als in Serie eins 1999 (173 dt/ha). Die Spannweite der gesamten frischen Krauterträge lag zwischen 83 (Blühbeginn + 20 Tage) und 130 dt/ha (Blühbeginn + 30 Tage).

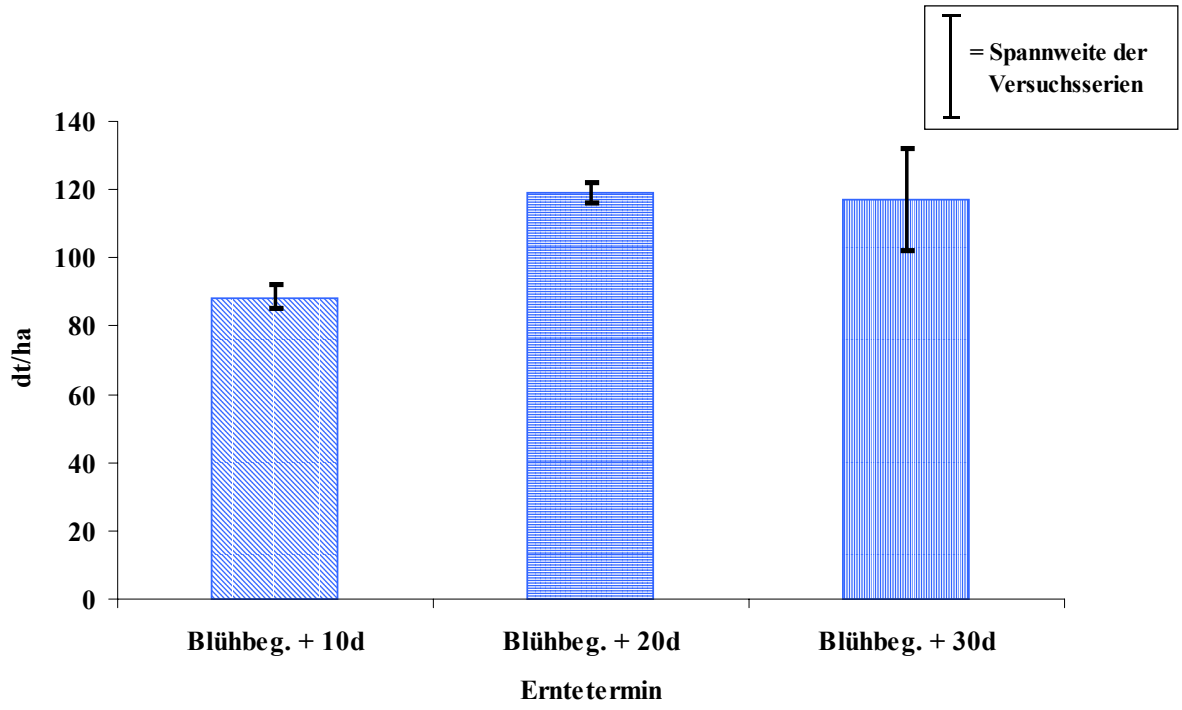


Abb. 5.42 Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

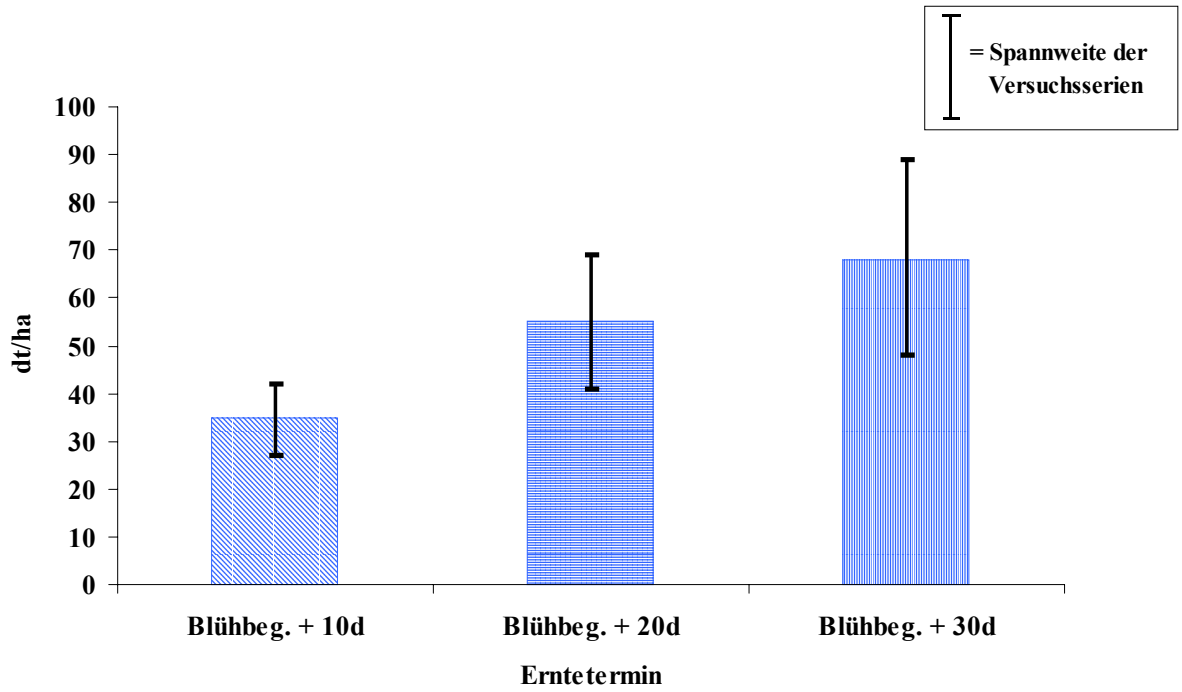


Abb. 5.43 Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr

Auch bei den gesamten Krautdrogenerträgen am Baumanshof waren die Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntetermin x Versuchsserie* statistisch signifikant (Tab. 8.69 auf Seite 259). Varianzanalytisch abgesicherte Spitzenerträge wurden mit 132 dt/ha durch eine Beerntung der Parzellen im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn (1999) und mit 122 dt/ha durch eine Ernte im Abstand von 20 Tagen nach Blühbeginn (2000) erzielt. Die niedrigsten gesamten Krautdrogenerträge ergaben sich in beiden Serien durch die Wahl des frühesten Erntetermins (Blühbeginn + 10 Tage). Die größte Spannweite zwischen beiden Versuchsserien wurde für den Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* (30 dt/ha) festgestellt (Abb. 5.42). Für die beiden früheren Erntetermine fielen die Ertragsschwankungen vergleichsweise gering aus.

Am Standort Puch wurden im Gegensatz zu den Gesamterträgen an frischem Kraut bei den gesamten Krautdrogenerträgen signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntetermin* und *Versuchsserie* ermittelt (Tab. 8.70 auf Seite 259). Der statistisch gesichert höchste Gesamtertrag konnte in Versuchsserie zwei 2000 mit 89 dt/ha durch die Beerntung der Parzellen 30 Tage nach Blühbeginn erzielt werden. In beiden Versuchsserien stiegen die Krautdrogenerträge vom frühesten bis zum spätesten Erntetermin stetig an. Zu jedem der drei geprüften Erntetermine ergaben sich in der ersten Versuchsserie 1999 niedrigere Krautdrogenerträge als in Serie zwei 2000. Die Spannweiten lagen zwischen 15 und 40 dt/ha und nahmen vom frühesten (Blühbeginn + 10 Tage) bis zum spätesten Erntetermin (Blühbeginn + 30 Tage) zu (Abb. 5.43).

5.3.1.2 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr

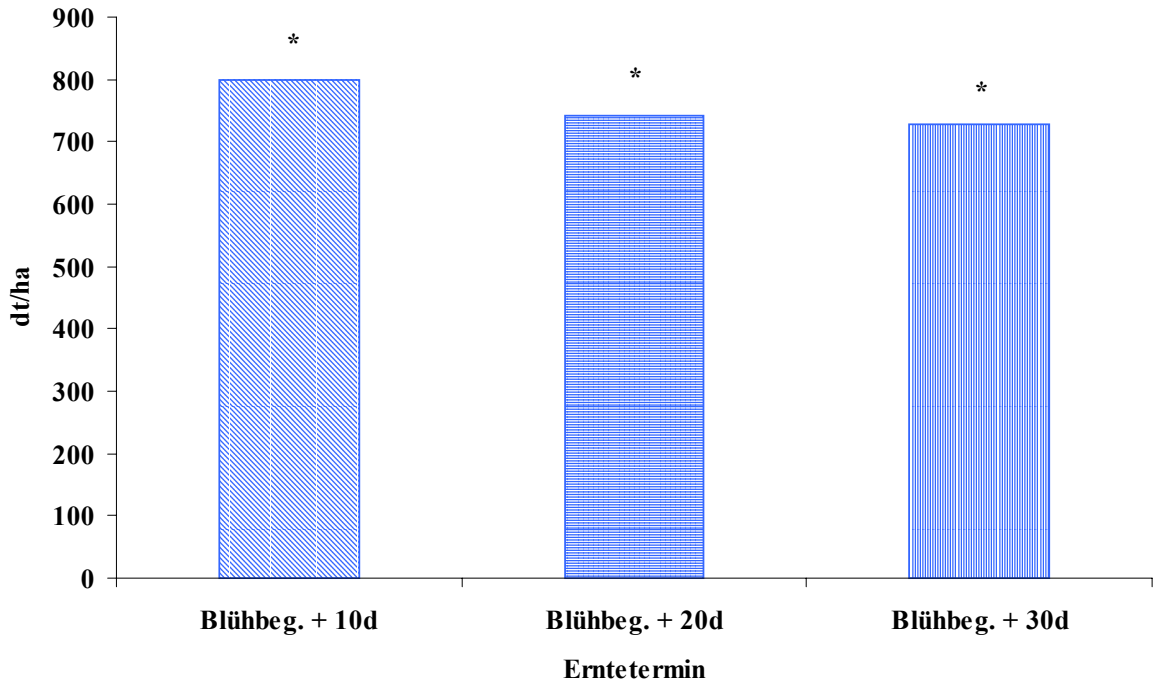


Abb. 5.44 Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr

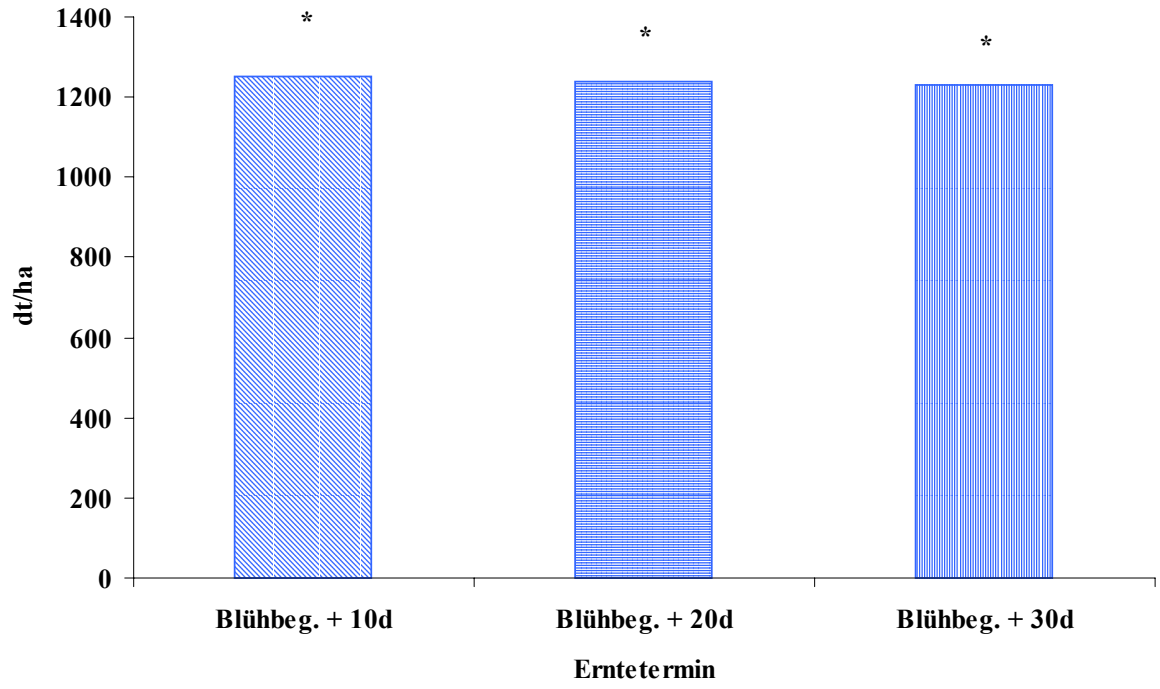


Abb. 5.45 Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr

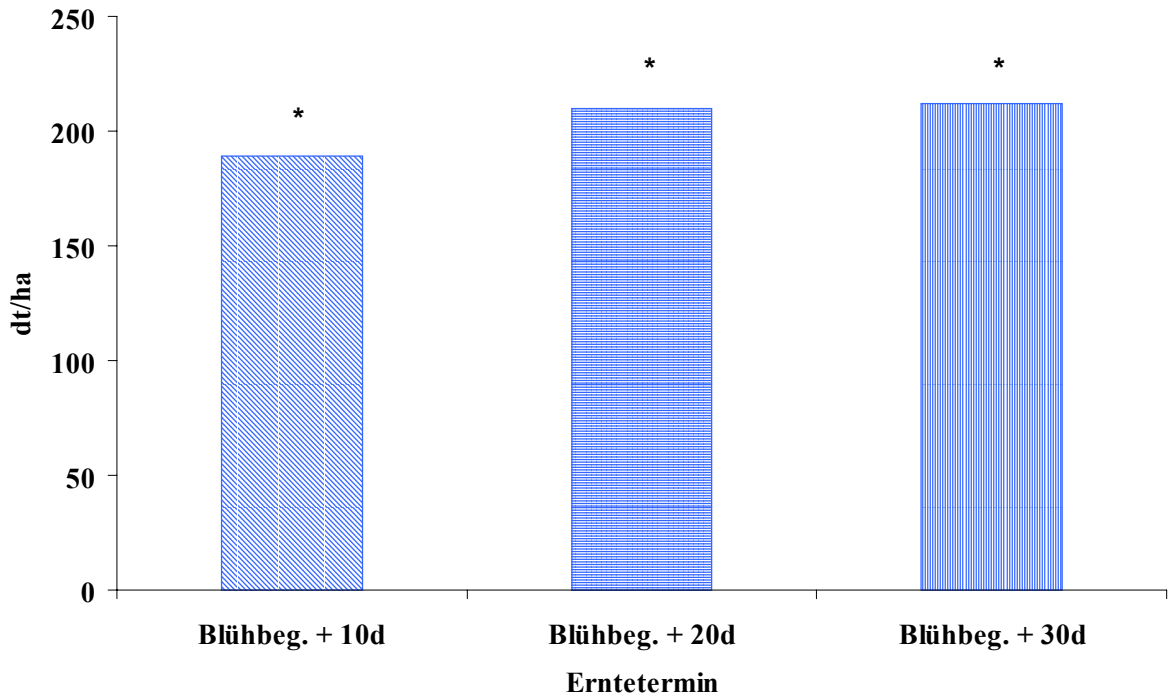


Abb. 5.46 Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr

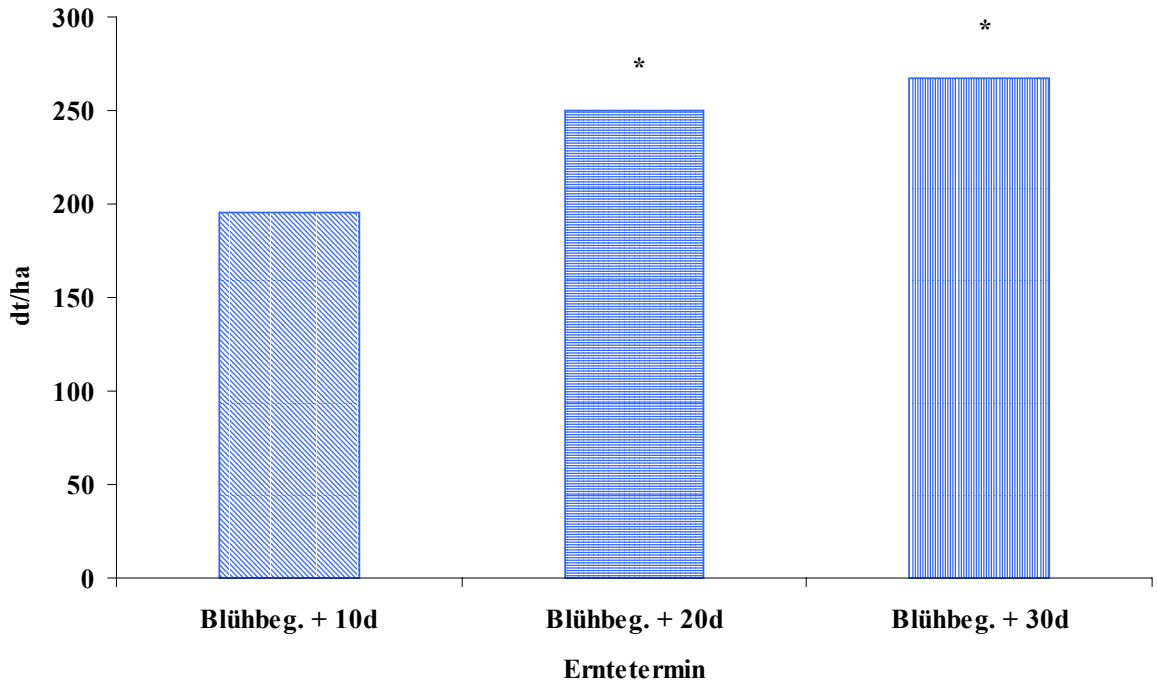


Abb. 5.47 Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr

Im zweiten Standjahr wurden am Baumannshof in der Summe aller Schnitte Gesamterträge an frischem Kraut zwischen 728 und 799 dt/ha erzielt (Abb. 5.44). Ein signifikanter Einfluss des Erntetermins auf den Gesamtertrag an frischem Kraut konnte nicht festgestellt werden.

In Puch lagen die Gesamterträge an frischem Kraut mit 1230 bis 1252 dt/ha im zweiten Standjahr über denen des Baumannshofs (Abb. 5.45). Ein statistisch absicherbarer Einfluss des Erntetermins konnte aber auch an diesem Versuchsgut nicht ermittelt werden.

Die Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres bewegten sich am Baumannshof in der Summe aller Aufwüchse in einer Höhe von 189 bis 212 dt/ha (Abb. 5.46). Vom frühesten zum spätesten Erntetermin konnte zwar eine kontinuierliche Zunahme der gesamten Krautdrogenerträge, aber kein statistisch signifikanter Einfluss des Erntetermins ermittelt werden.

In Puch stiegen die gesamten Krautdrogenerträge im zweiten Standjahr ebenfalls vom ersten bis zum letzten Erntetermin an (Abb. 5.47). Die signifikant höchsten Krautdrogenerträge wurden mit 250 und 267 dt/ha durch eine Ernte im Abstand von 20 beziehungsweise 30 Tagen nach Blühbeginn erzielt.

Insgesamt konnten im ersten Standjahr an beiden Standorten die geringsten Gesamterträge an frischem Kraut beziehungsweise an Krautdroge zum frühesten Erntetermin (Blühbeginn + 10 Tage) festgestellt werden. Die größten Ertragsschwankungen zwischen beiden Versuchsserien wurden im ersten Standjahr immer für den spätesten Erntetermin (Blühbeginn + 30 Tage) ermittelt. Im zweiten Standjahr ergaben sich an beiden Standorten die niedrigsten Gesamterträ-

ge an frischem Kraut bei einer Beerntung der Parzellen im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn. Die gesamten Krautdrogenerträgen stiegen dagegen an beiden Standorten vom frühesten zum spätesten Erntetermin kontinuierlich an.

5.3.1.3 Krauterträge pro Schnitt- erstes Standjahr

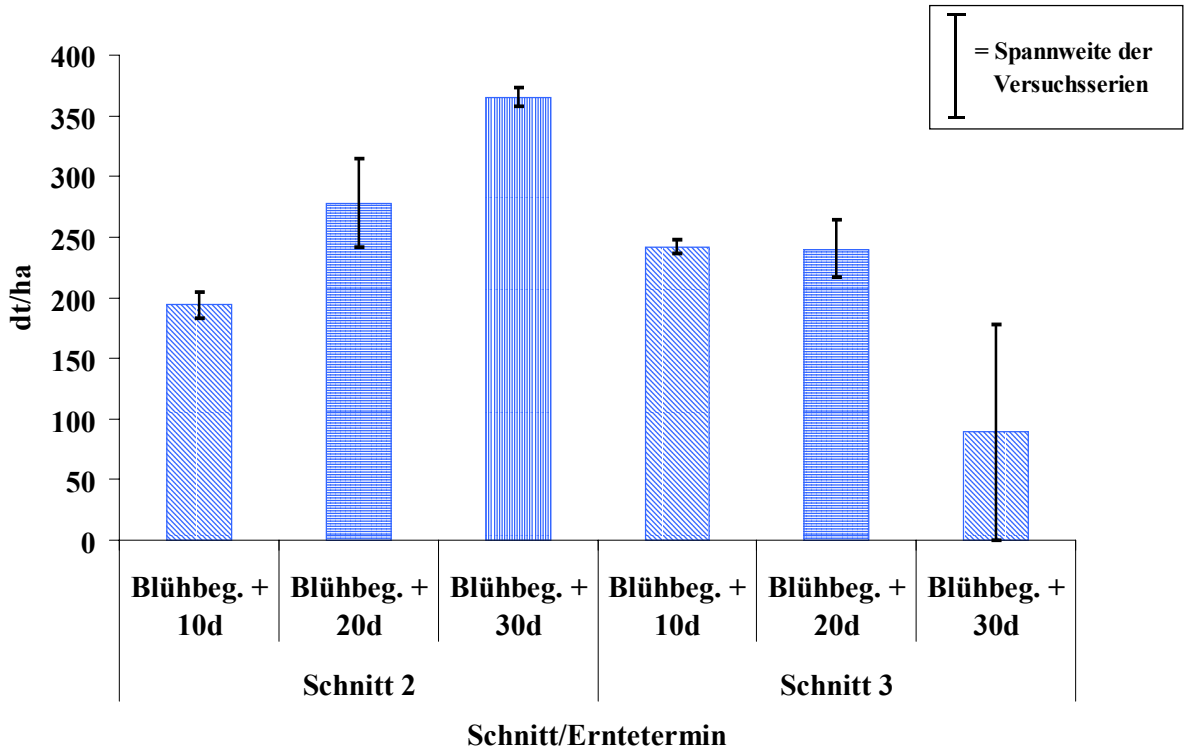


Abb. 5.48 Frischer Krautertrag pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

Am Baumannshof waren im ersten Standjahr exklusive des Schröpfschnitts in Versuchsserie eins 1999 bei jedem der drei Erntetermine zwei Schnitte möglich (Tab. 8.71 auf Seite 260). Auch in Versuchsserie zwei 2000 erfolgten jeweils zwei Schnitte bei den beiden Prüfgliedern *Blühbeginn + 10 Tage* und *Blühbeginn + 20 Tage*. Bei einer Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn konnten in der zweiten Versuchsserie 2000 nur ein Schnitt durchgeführt werden.

Die varianzanalytische Auswertung der frischen Krauterträge des ersten Standjahres am Versuchsgut Baumannshof ergab gesicherte Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie* (Tab. 8.71 auf Seite 260). Die statistisch gesichert höchsten frischen Krauterträge wurden in Höhe von 358 und 373 dt/ha jeweils im zweiten Schnitt der Versuchsserien eins 1999 und zwei 2000 nach einer Beerntung der Bestände im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn erzielt. In beiden Versuchsserien nahmen die frischen Krauterträge in diesem Schnitt vom frühesten bis zum spätesten Erntetermin zu. Der niedrigste frische Krautertrag der ersten Serie 1999 wurde bei einer Beerntung der Bestände im Abstand von 30 Tagen

nach Blühbeginn im dritten Schnitt ermittelt. In Versuchsserie zwei 2000 war durch die Wahl dieses Erntetermins kein dritter Schnitt mehr möglich. Eine Beerntung der Bestände im Abstand von 10 oder 20 Tagen nach Blühbeginn erbrachte im dritten Schnitt in den Versuchsserien eins 1999 und zwei 2000 frische Krauterträge zwischen 217 und 264 dt/ha. Im Mittel beider dargestellter Schnitte und beider Versuchsserien ergaben sich durch die Wahl des Erntetermins *Blühbeginn +20 Tage* mit 259 dt/ha etwas höhere Erträge als bei den anderen beiden Ernteterminen. Die Spannweiten lagen mit einer Ausnahme in einem Bereich zwischen 11 und 73 dt/ha (Abb. 5.48). Da zum spätesten Erntetermin in der zweiten Versuchsserie 2000 kein dritter Schnitt mehr möglich war, ergab sich hier eine maximale Spannweite der frischen Krauterträge von 178 dt/ha.

Am Standort Puch war neben dem „Schröpfschnitt“ im ersten Standjahr in beiden Serien und bei allen drei Ernteterminen nur noch ein weiterer Schnitt möglich. Die Ergebnisse der frischen Krauterträge beziehungsweise der Krautdrogenerträge pro Schnitt entsprechen damit denen der Gesamterträge des ersten Standjahres, die unter 5.3.1.1 ab Seite 102 nachgelesen werden können.

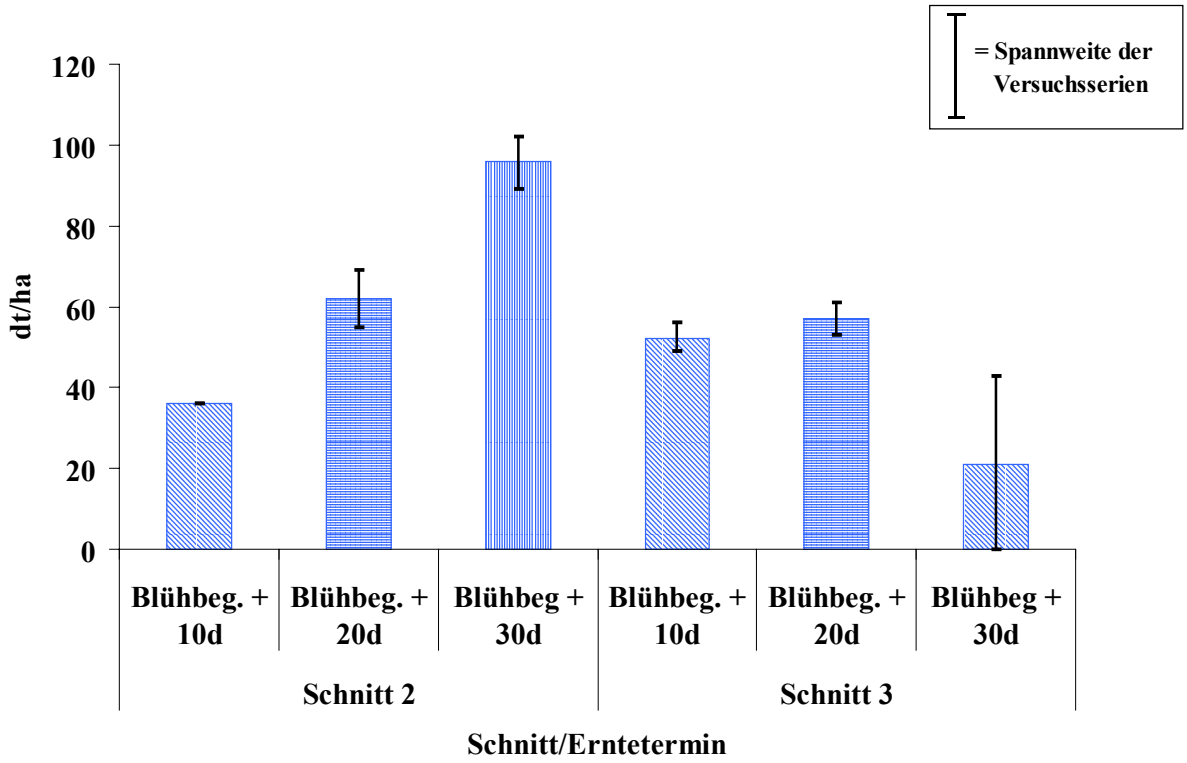


Abb. 5.49 Krautdrogenertrag pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

Bei den Krautdrogenerträgen des ersten Standjahres wurden, wie schon beim frischen Kraut, am Baumannshof signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Erntetermin*, *Schnitt* und *Versuchsserie* festgestellt (Tab. 8.72 auf Seite 260). Der statistisch gesichert höchste Krautdrogenertrag konnte im zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 durch

eine Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn mit 102 dt/ha erzielt werden. Vergleichbar mit den Ergebnissen des frischen Krauts nahmen die Krautdrogenerträge im zweiten Schnitt beider Versuchsserien vom frühesten zum spätesten Erntetermin zu. Im dritten Schnitt wurden die niedrigsten Krautdrogenerträge in der ersten Versuchsserie 1999 in Höhe von 43 dt/ha durch eine Beerntung der Bestände im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn ermittelt. Entsprechend den Ergebnissen beim frischen Kraut ergab sich in Versuchsserie zwei 2000 für diesen Erntetermin ebenfalls ein Krautdrogenertrag von 0 dt/ha. Die Krautdrogenerträge der Prüfglieder *Blühbeginn + 10 Tage* und *Blühbeginn + 20 Tage* lagen im dritten Schnitt in den beiden Versuchsserien zwischen 49 und 61 dt/ha. Maximale Ertragsschwankungen zwischen beiden Serien konnten im dritten Schnitt in Höhe von 43 dt/ha für den Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* festgestellt werden (Abb. 5.49). Die Schwankungen der Krautdrogenerträge im zweiten und dritten Schnitt lagen zwischen 0 und 14 dt/ha.

5.3.1.4 Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr konnten am Baumannshof bei allen drei ausgewählten Ernteterminen mindestens zwei Schnitte durchgeführt werden (Tab. 8.73 auf Seite 261). Durch eine frühe Beerntung der Bestände zum Zeitpunkt *10 Tage nach Blühbeginn* war im Gegensatz zu den beiden späteren Ernteterminen noch zusätzlich ein dritter Schnitt möglich. Im Versuch ließen sich signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntetermin x Schnitt* nachweisen. Statistisch gesichert höchste Erträge an frischem Kraut wurden im ersten Schnitt bei allen drei Ernteterminen und im zweiten Schnitt für den Erntetermin *Blühbeginn + 20 Tage* in Höhe von 337 bis 413 dt/ha ermittelt. Bei jedem der drei Erntetermine konnte ein Absinken der frischen Krauterträge vom ersten bis zum dritten Schnitt festgestellt werden. Im dritten Schnitt ergab sich der höchste frische Krautertrag durch die Wahl des Erntetermins *Blühbeginn + 10 Tage* mit 164 dt/ha. Für die beiden späteren Erntetermine lag der Ertrag in diesem letzten Schnitt bei jeweils 0 dt/ha. Trotz des fehlenden dritten Schnitts bei den beiden späteren Ernteterminen befanden sich die frischen Krauterträge im Mittel aller drei Schnitte, wie schon aus der Betrachtung der Gesamterträge ersichtlich wurde, bei allen drei geprüften Ernteterminen auf einem ähnlichen Niveau.

Am Standort Puch konnten die Parzellen im zweiten Standjahr unabhängig vom gewählten Termin zweimal beerntet werden (Tab. 8.74 auf Seite 261). Zwischen den Faktoren *Erntetermin* und *Schnitt* ergaben sich varianzanalytisch gesicherte Wechselwirkungen. Der signifikant höchste frische Krautertrag wurde durch eine Beerntung der Parzellen im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn mit 1047 dt/ha bereits im ersten Schnitt erzielt. Im zweiten Schnitt lag der frische Krautertrag für den Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* deutlich niedriger als für die beiden früheren Erntetermine. Im Mittel der drei Erntetermine wurde der weitaus größte Ertragsanteil bereits im ersten Schnitt des zweiten Standjahres mit durchschnittlich 943 dt/ha ermittelt. Im zweiten Schnitt konnten nur noch durchschnittlich 297 dt/ha an frischem Kraut geerntet werden. Vergleichbar mit den Ergebnissen am Baumannshof führte die unterschiedliche Ertragsverteilung bei allen drei untersuchten Ernteterminen im Mittel beider Schnitte zu einem ähnlich hohen frischen Krautertrag.

Bei der Untersuchung der Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres am Versuchsgut Baumannshof traten signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Erntetermin* und *Schnitt* auf (Tab. 8.75 auf Seite 262). Die statistisch gesichert höchsten Krautdrogenerträge wurden im ersten Schnitt durch eine Ernte im Abstand von 20 oder 30 Tagen nach Blühbeginn in Höhe von 128 und 129 dt/ha ermittelt. Auch im zweiten Schnitt konnten die höchsten Krautdrogenerträge durch eine Beerntung der Parzellen im Abstand von 20 und 30 Tagen nach Blühbeginn erzielt werden. Bei diesen beiden späten Ernteterminen war aber kein dritter Schnitt mehr möglich. Im Vergleich dazu konnte durch eine regelmäßige frühe Beerntung der Bestände im Abstand von 10 Tagen nach Blühbeginn im dritten Schnitt noch ein Krautdrogenertrag von 34 dt/ha erzielt werden. Im Mittel aller Schnitte ergab sich dennoch ein leichter Ertragsvorteil für die beiden späteren Erntetermine. Gemeinsam war allen drei Ernteterminen die kontinuierliche Abnahme der Krautdrogenerträge vom ersten zum dritten Schnitt.

Die Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres in Puch finden sich in Tabelle 8.76 auf Seite 262. Im Versuch wurden signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntetermin x Schnitt* nachgewiesen. Die signifikant höchsten Krautdrogenerträge konnten im ersten Schnitt in Höhe von 187 und 219 dt/ha durch eine Beerntung der Parzellen im Abstand von 20 und 30 Tagen nach Blühbeginn erzielt werden. Bei jedem der drei untersuchten Erntetermine ging der Krautdrogenertrag vom ersten zum zweiten Schnitt stark zurück. Im zweiten Schnitt waren durch die Wahl eines der beiden früheren Erntetermine etwas höhere Krautdrogenerträge als nach einer Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn möglich. Im Mittel beider Schnitte wurden, wie schon bei den Gesamterträgen, durch die Wahl der Erntetermine *Blühbeginn + 20 Tage* und *Blühbeginn + 30 Tage* die höchsten Krautdrogenerträge erzielt.

Insgesamt konnte am Baumannshof im ersten Standjahr ein Schnitt mehr durchgeführt werden als in Puch. Im zweiten Schnitt verhielten sich die Frischmasseerträge und die Krautdrogenerträge an beiden Standorten ähnlich. Im Mittel beider Versuchsserien führte eine spätere Ernte immer zu steigenden Erträgen. Der erste Schnitt des ersten Standjahres wurde an beiden Versuchsgütern einheitlich als „Schröpfschnitt“ durchgeführt. Im zweiten Standjahr ergab die statistische Auswertung der frischen Kraut- und der Krautdrogenerträge an beiden Standorten signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Erntetermin* und *Schnitt*. Die höchsten Erträge konnten in beiden Fällen bereits im ersten Schnitt ermittelt werden. Vom ersten bis zum letzten Schnitt erfolgte ein kontinuierlicher Rückgang der Erträge. Die signifikant höchsten Krautdrogenerträge wurden immer im ersten Schnitt nach einer Ernte im Abstand von 20 oder 30 Tagen nach Blühbeginn erzielt. Gemeinsam war beiden Standorten auch, dass die niedrigsten Erträge an Krautdroge und auch an frischem Kraut immer im letzten Schnitt des zweiten Standjahres zum spätesten Erntetermin festgestellt wurden.

5.3.1.5 Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr

Am Baumannshof konnten bei der varianzanalytischen Verrechnung der Eintrocknungsverhältnisse signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntetermin*, *Schnitt* und *Versuchsserie* nachgewiesen werden (Tab. 8.77 auf Seite 263). Die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse ergaben sich im zweiten Schnitt beider Serien für den Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* und im dritten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 für den Erntetermin

Blühbeginn + 20 Tage mit Werten von 3,7 bis 4,1. In allen Schnitten beider Serien nahmen die Eintrocknungsverhältnisse von frühesten zum spätesten Erntetermin ab. Am Baumannshof erstreckten sich die Eintrocknungsverhältnisse im ersten Standjahr über einen Bereich von 3,7 bis 5,8.

In Puch wurden im ersten Standjahr signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntetermin x Versuchsserie* gefunden (Tab. 8.78 auf Seite 263). Die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse ergaben sich in beiden Versuchsserien zum spätesten Erntetermin (Blühbeginn + 30 Tage) mit 3,6 (1999) und 3,4 (2000). Auch in Puch konnte in beiden Serien eine Abnahme der Eintrocknungsverhältnisse vom ersten zum letzten Erntetermin festgestellt werden. Die ermittelten Eintrocknungsverhältnisse aus beiden Versuchsserien lagen im ersten Standjahr zwischen 3,4 und 5,7.

5.3.1.6 Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr

Am Baumannshof wurden im zweiten Standjahr varianzanalytisch gesicherte Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntetermin* und *Schnitt* ermittelt (Tab. 8.79 auf Seite 264). Die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse konnten im ersten Schnitt bei den Ernteterminen *Blühbeginn + 20 Tage* und *Blühbeginn + 30 Tage* mit Werten von jeweils 3,2 nachgewiesen werden. Im zweiten Schnitt gingen die Eintrocknungsverhältnisse vom frühesten zum spätesten Erntetermin kontinuierlich zurück. Im dritten Schnitt war aufgrund des fehlenden Ertrags bei den beiden späteren Ernteterminen auch keine Berechnung der Eintrocknungsverhältnisse möglich. Gemeinsam war allen Ernteterminen, dass vom ersten zum zweiten Schnitt ein Anstieg der Eintrocknungsverhältnisse festgestellt werden konnte. Insgesamt bewegten sich diese im zweiten Standjahr am Baumannshof zwischen Werten von 3,2 und 5,0.

In Puch ließen sich ebenfalls signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntetermin* und *Schnitt* varianzanalytisch nachweisen (Tab. 8.80 auf Seite 264). Die statistisch gesichert niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse des zweiten Standjahres wurden im ersten Schnitt nach einer Ernte im Abstand von 20 Tagen nach Blühbeginn (4,7) und im zweiten Schnitt nach einer Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn (3,9) ermittelt. Nur im ersten Schnitt konnte nach einer Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn noch ein ebenfalls sehr niedriger Wert berechnet werden. Die Eintrocknungsverhältnisse erstreckten sich im zweiten Standjahr in Puch über einen Bereich von 3,9 bis 7,0.

An beiden Versuchsstandorten traten in beiden Standjahren vielfältige Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren auf. Dennoch konnte im ersten Standjahr an beiden Versuchsgütern vom frühesten zum spätesten Erntetermin einheitlich eine Abnahme der Eintrocknungsverhältnisse ermittelt werden. Im zweiten Standjahr ergaben sich an beiden Standorten niedrige Eintrocknungsverhältnisse im ersten Schnitt für die Erntetermine *Blühbeginn + 20 Tage* und *Blühbeginn + 30 Tage*. Im zweiten Schnitt wurden die niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse an beiden Standorten nur nach einer Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn ermittelt.

5.3.1.7 Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr

Da der erste Schnitt des ersten Standjahres an beiden Standorten als Schröpfschnitt durchgeführt wurde, sind auch bei den Verbenalingehalten ausschließlich die Ergebnisse der verbleibenden Schnitte dargestellt.

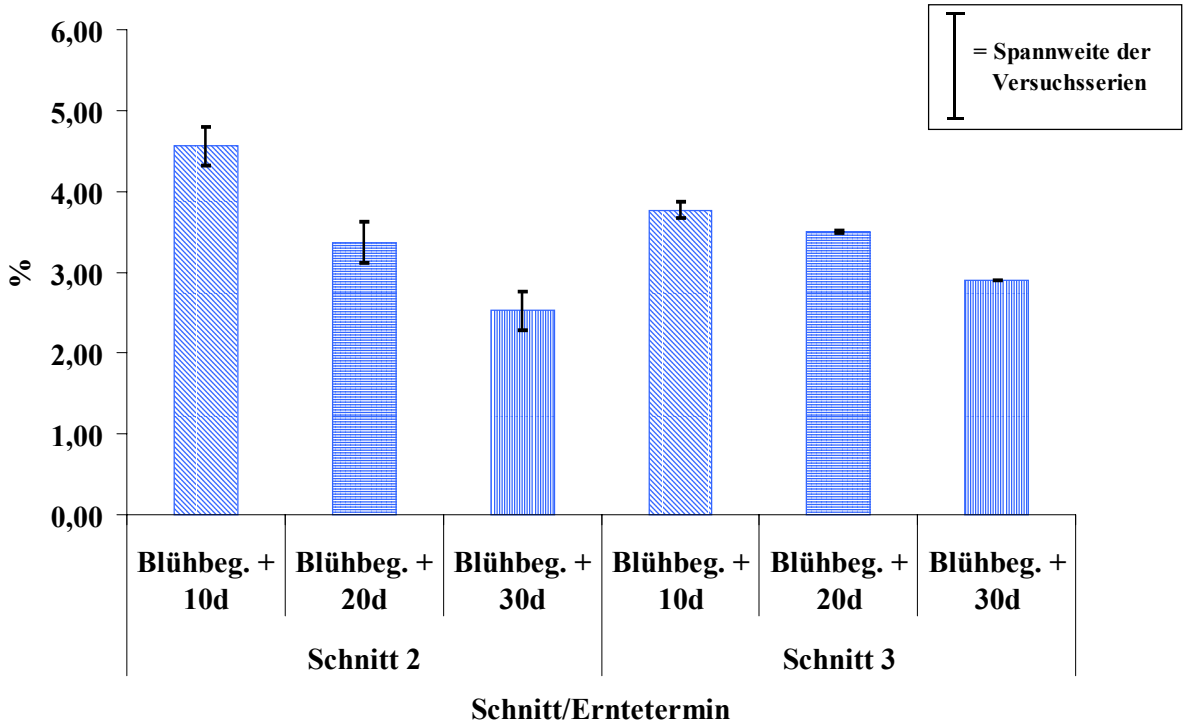


Abb. 5.50 Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

Im ersten Standjahr wurden am Baumannshof bei der Untersuchung der Verbenalingehalte in der Krautdroge signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombinationen *Erntetermin x Schnitt* und *Schnitt x Versuchsserie* ermittelt (Tab. 8.81 auf Seite 265). Im Mittel beider Versuchsserien ergab sich der signifikant höchste Verbenalingehalt im zweiten Schnitt mit 4,56 % durch eine Ernte im Abstand von 10 Tagen nach Blühbeginn. Der signifikant niedrigste Verbenalingehalt konnte mit 2,53 % in der Krautdroge nach einer Ernte zum Zeitpunkt von 30 Tagen nach Blühbeginn ebenfalls im zweiten Schnitt gefunden werden. Mittlere Verbenalingehalte wurden im Durchschnitt beider Versuchsserien durch eine Ernte im Abstand von 20 Tagen nach Blühbeginn im zweiten und dritten Schnitt und auch zum frühesten Erntetermin im dritten Schnitt festgestellt. Der zum spätesten Erntetermin im dritten Schnitt gefundene Verbenalingehalt konnte aufgrund des fehlenden Werts in der zweiten Versuchsserie 2000 nicht in die varianzanalytische Schätzung einbezogen werden. Insgesamt sanken die Verbenalingehalte in beiden Serien und in beiden ausgewerteten Schnitten vom frühesten zum spätesten Erntetermin ab. Im Mittel der drei Erntetermine wurde der signifikant höchste Verbenalingehalt im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 mit 3,73 % ermittelt. Die signifikant niedrigsten Verbena-

lingehalte ergaben sich mit 3,43 % im dritten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 und mit 3,14 % im zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000. Ein deutlicher Rückgang der Verbenalingehalte vom zweiten zum dritten Schnitt wurde in beiden Versuchsserien allerdings nur für den frühesten Erntetermin (Blühbeginn + 10 Tage) ermittelt. Die Schwankungen im Verbenalingehalt der Krautdroge zwischen beiden Serien lagen im zweiten Schnitt für alle drei Erntetermine ähnlich hoch, bei Werten zwischen 0,47 und 0,50 % (Abb. 5.50). Im dritten Schnitt wurden für die beiden früheren Erntetermine niedrigere Ertragsschwankungen als im zweiten Schnitt festgestellt. Für den Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* konnte im dritten Schnitt keine Spannweite der Verbenalingehalte zwischen beiden Versuchsserien berechnet werden.

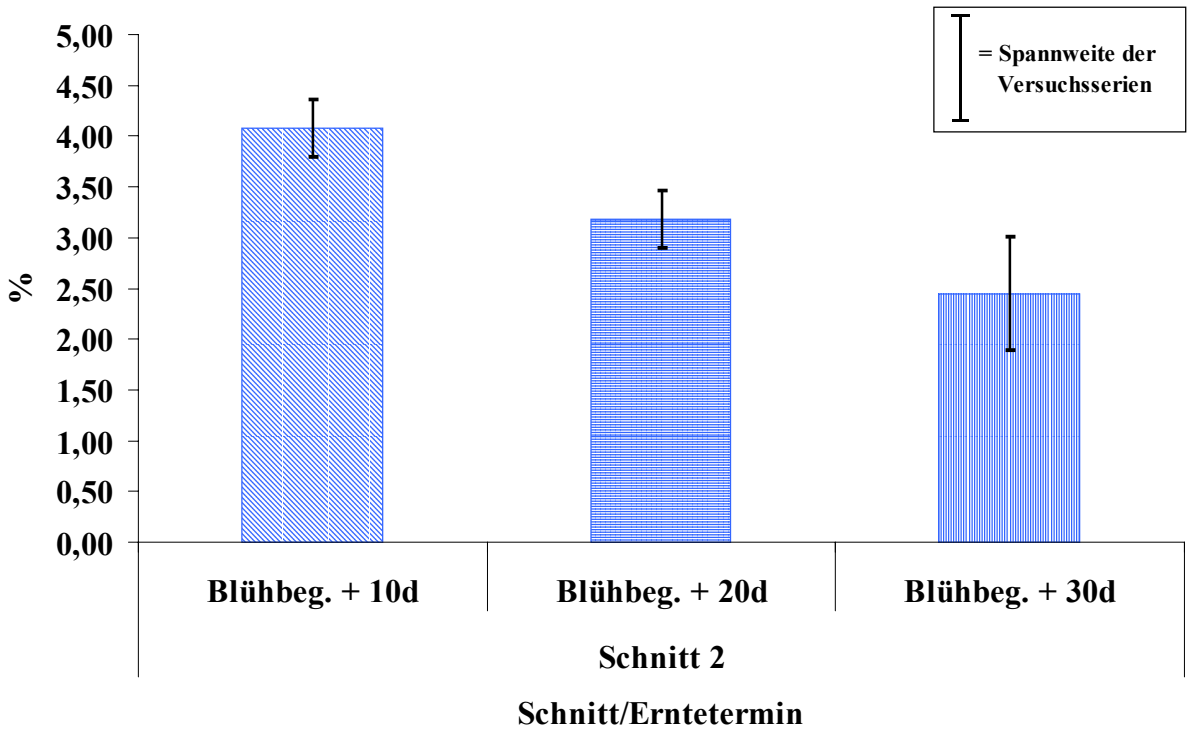


Abb. 5.51 Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr

Am Standort Puch wurden im ersten Standjahr signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Erntetermin* und *Versuchsserie* ermittelt (Tab. 8.82 auf Seite 265). Der signifikant höchste Verbenalingehalt in der Krautdroge konnte im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 mit 4,36 % durch eine Beerntung der Parzellen im Abstand von 10 Tagen nach Blühbeginn erzielt werden. Der statistisch gesichert niedrigste Verbenalingehalt wurde in der Krautdroge nach einer Ernte zum spätesten Termin (Blühbeginn + 30 Tage) in Versuchsserie zwei 2000 mit 1,89 % gefunden. Mittlere Verbenalingehalte zwischen 2,90 und 3,80 % ergaben sich in der ersten Versuchsserie 1999 zu den beiden späteren Ernteterminen und in der zweiten Versuchsserie 2000 zu den beiden früheren Ernteterminen. In beiden Serien konnte einheitlich eine Abnahme der Verbenalingehalte in der Krautdroge vom ersten bis zum letzten Erntetermin festgestellt werden. Ein Vergleich der Verbenalingehalte beider Versuchsserien führte zu dem

Ergebnis, dass in der zweiten Serie 2000 zu jedem Erntetermin geringere Verbenalingehalte in der Krautdroge vorhanden waren als in Versuchsserie eins 1999. Die Spannweite der Verbenalingehalte lag für die beiden Erntetermine *Blühbeginn + 10 Tage* und *Blühbeginn + 20 Tage* bei 0,56 und 0,57 %. Für den Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* wurde mit 1,12 % die größte Spannweite festgestellt (Abb. 5.51).

5.3.1.8 Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr wurden am Standort Baumannshof nur der erste und zweite Schnitt in die Auswertung der Verbenalingehalte mit einbezogen. Ein dritter Schnitt war in diesem Standjahr nur für den frühesten Erntetermin *Blühbeginn + 10 Tage* möglich. Bei der statistischen Auswertung des ersten und zweiten Schnitts ließen sich zwischen den Versuchsfaktoren *Erntetermin* und *Schnitt* signifikante Wechselwirkungen nachweisen (Tab. 8.83 auf Seite 266). Die statistisch gesichert höchsten Verbenalingehalte ergaben sich im ersten Schnitt bei allen drei Ernteterminen und im zweiten Schnitt beim Erntetermin *Blühbeginn + 10 Tage* mit Werten zwischen 3,32 und 3,52 %. Die signifikant niedrigsten Verbenalingehalte fanden sich im zweiten Schnitt in der Krautdroge nach Ernten im Abstand von 20 (2,43 %) oder 30 Tagen (1,78 %) nach Blühbeginn. Während zum ersten Schnitt die Verbenalingehalte aller drei Erntetermine noch auf einem fast gleichen Niveau lagen, nahmen sie im zweiten Schnitt vom ersten bis zum letzten Termin ab. Für den frühesten Erntetermin konnte im dritten Schnitt des zweiten Standjahres am Baumannshof ein geringfügig niedrigerer Verbenalingehalt als im ersten und zweiten Schnitt festgestellt werden.

In Puch wurden die statistisch gesichert höchsten Verbenalingehalte des zweiten Standjahres im Mittel beider Schnitte mit 3,21 und 3,10 % nach einer Ernte im Abstand von 10 und 20 Tagen nach Blühbeginn in der Krautdroge gefunden (Tab. 8.84 auf Seite 266). Der signifikant niedrigste Verbenalingehalt fand sich mit durchschnittlich 2,48 % zum spätesten Erntetermin. Vom Versuchsfaktor *Schnitt* ging im Mittel der drei Erntetermine kein signifikanter Einfluss auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge aus.

An beiden Standorten konnten im ersten Standjahr signifikante Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Versuchsfaktoren nachgewiesen werden. Insgesamt wurde aber in allen Fällen mit der Wahl eines späteren Erntetermins ein Absinken der Verbenalingehalte in der Krautdroge festgestellt. Im zweiten Standjahr verhielten sich die Standorte uneinheitlich. Signifikante Wechselwirkungen wurden nur am Baumannshof gefunden. Gemeinsam war beiden Orten, dass im zweiten Standjahr die niedrigsten Verbenalingehalte im zweiten Schnitt zum spätesten Erntetermin in der Krautdroge ermittelt werden konnten.

Genaue Angaben zum Blühbeginn und zu den Schnittterminen sind Tabelle 8.114 auf Seite 284 zu entnehmen.

5.3.1.9 Austrieb

An beiden Versuchgütern wurde im Frühjahr des zweiten Standjahres für alle drei Erntetermine einheitlich ein guter bis sehr guter Austrieb der Eisenkrautpflanzen festgestellt.

5.3.1.10 Frostresistenz

Die Frostresistenz war ebenfalls an beiden Standorten für alle drei Erntetermine einheitlich sehr gut.

5.3.1.11 Krankheitsbefall

Im ersten Standjahr (Versuchsserie zwei 2000) konnte am Baumanshof im zweiten Schnitt zum Erntetermin *Blühbeginn + 10 Tage* ein sehr geringer bis geringer Pilzbefall festgestellt werden. Zum Erntetermin *Blühbeginn + 20 Tage* stieg die Befallsstärke dann auf einen mittleren Befall an. Zum spätesten Erntetermin wurde keine weitere Verstärkung des Pilzbefalls ermittelt. Im dritten Schnitt ergab sich dann bei einer Beerntung der Bestände im Abstand von 10 Tagen nach Blühbeginn ein sehr geringer bis geringer Befall und bei einer Ernte im Abstand von 20 Tagen nach Blühbeginn ein geringer Befall. In Puch wurde im zweiten Schnitt des ersten Standjahres zum frühesten Erntetermin nur ein geringer Pilzbefall ermittelt. Zu den beiden späteren Ernteterminen (Blühbeginn + 20 Tage und Blühbeginn + 30 Tage) zeigte sich dann ein mittlerer Pilzbefall der Parzellen.

Im zweiten Standjahr ergab sich am Baumannshof zum ersten Schnitt ein starker (Blühbeginn + 10 Tage) beziehungsweise sehr starker Pilzbefall (Blühbeginn + 20 Tage und Blühbeginn + 30 Tage) in den Beständen. Im zweiten Schnitt konnte zu den beiden früheren Ernteterminen ein geringer Pilzbefall in den Beständen gefunden werden. Bei einer Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn wurde dann ein mittlerer Pilzbefall bonitiert. Zum dritten Schnitt konnte für den frühesten Erntetermin ein geringer Pilzbefall festgestellt werden. Durch die Wahl späterer Erntetermine war kein dritter Schnitt mehr möglich. In Puch zeigte sich im ersten Schnitt des zweiten Standjahres unabhängig vom Erntetermin noch kein beziehungsweise ein sehr geringer bis geringer Pilzbefall. Im zweiten Schnitt wurde dann zum Erntetermin *Blühbeginn + 10 Tage* ein geringer bis mittlerer Pilzbefall ermittelt. Eine spätere Ernte im Abstand von 20 oder 30 Tagen nach Blühbeginn hatte jeweils einen starken Pilzbefall der Bestände zur Folge.

5.3.2 Erntetermine (nach Bestandeshöhe)

5.3.2.1 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr

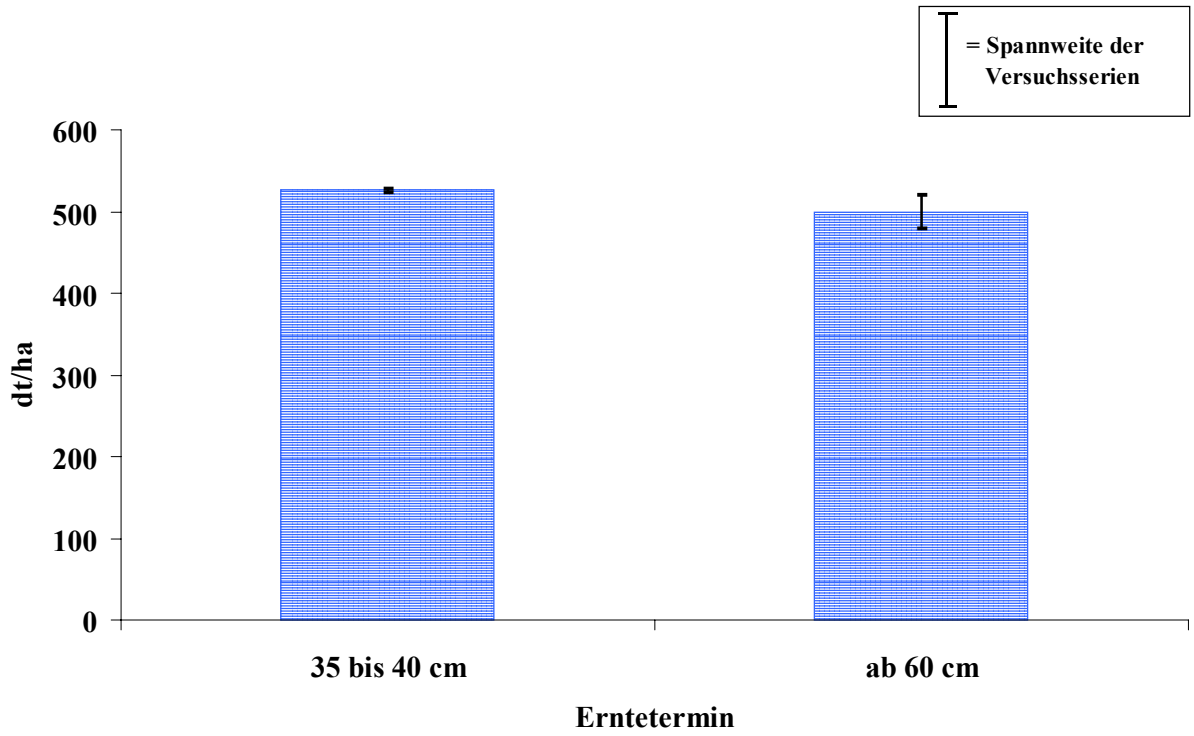


Abb. 5.52 Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

Im ersten Standjahr wurden am Baumannshof gesamte frische Krauterträge von 500 (ab 60 cm Bestandeshöhe) und 526 dt/ha im Mittel beider Versuchsserien geerntet. Signifikante Unterschiede zwischen beiden Ernteterminen konnten nicht festgestellt werden (Tab. 8.87 auf Seite 268). Die Versuchsserien unterschieden sich im Mittel beider Erntetermine ebenfalls nicht signifikant. Für den früheren Erntetermin fiel die Spannweite der Gesamterträge zwischen beiden Versuchsserien des ersten Standjahres mit einer Differenz von 5 dt/ha sehr gering aus (Abb. 5.52). Bei einer Beerntung der Parzellen ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 60 cm konnte eine größere Spannweite der gesamten frischen Krauterträge in Höhe von 40 dt/ha ermittelt werden.

Wie Tabelle 8.88 auf Seite 268 zeigt, ergaben sich bei der statistischen Auswertung der gesamten Krautdrogenerträge des ersten Standjahres am Baumannshof signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Erntetermin* und *Versuchsserie*. Der statistisch gesichert höchste gesamte Krautdrogenertrag konnte in Höhe von 138 dt/ha in der zweiten Versuchsserie 2000 durch eine späte Ernte ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 60 cm erzielt werden. Eine frühe Ernte führte in beiden Versuchsserien zu den niedrigsten Gesamterträgen. Die Schwankungsbreite der gesamten Krautdrogenerträge lag für den Erntetermin *35 bis 40 cm*

Bestandeshöhe bei 11 dt/ha und für den späteren Erntetermin bei 31 dt/ha (Abb. 5.53). Bei beiden Ernteterminen lagen die gesamte Krautdrogenerträge der zweiten Serie 2000 über denen der ersten Versuchsserie 1999.

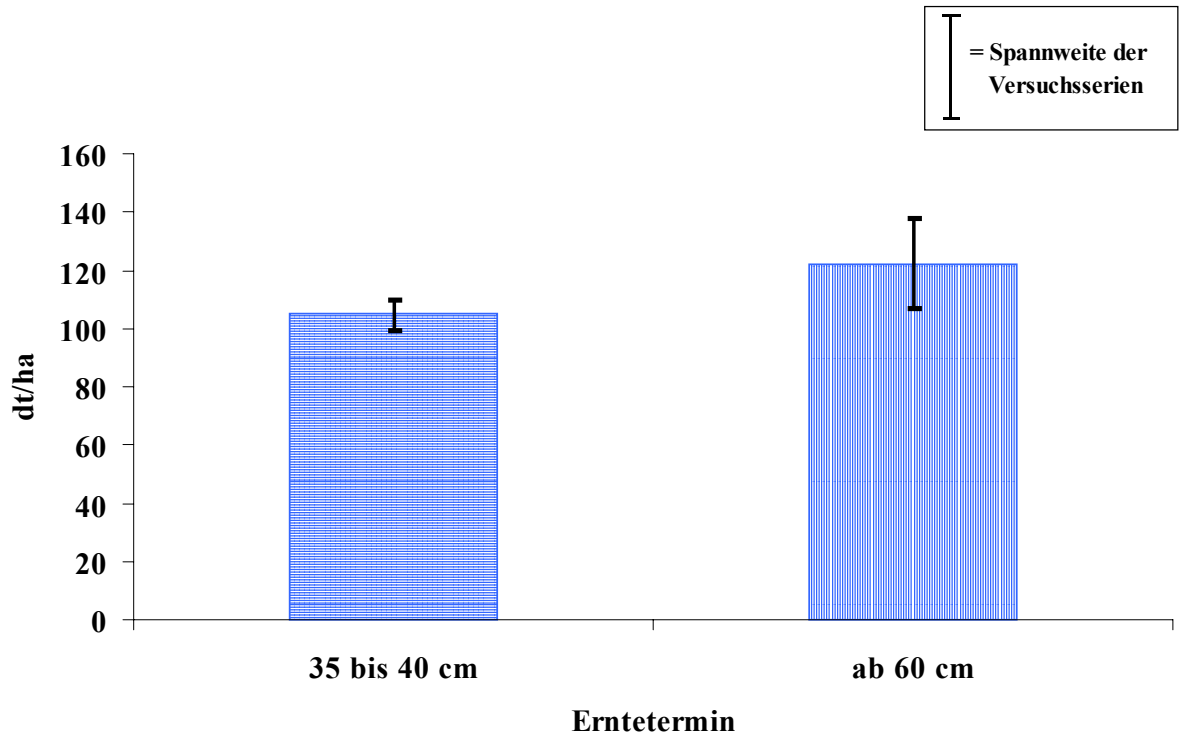


Abb. 5.53 Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

5.3.2.2 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr

Wie Abbildung 5.54 zu entnehmen ist, wurden im zweiten Standjahr am Baumannshof gesamte frische Krauterträge aus allen Aufwüchsen in Höhe von 892 (35 bis 40 cm Bestandeshöhe) und 906 dt/ha (ab 60 cm Bestandeshöhe) erzielt. Der Unterschied war nicht signifikant.

Die Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres beliefen sich nach einer frühen Ernte (35 bis 40 cm Bestandeshöhe) auf 165 dt/ha (Abb. 5.55). Eine spätere Ernte, ab 60 cm Bestandeshöhe, führte zu einer Ertragssteigerung auf 186 dt/ha, die allerdings varianzanalytisch nicht abgesichert werden konnte.

Insgesamt wurden in beiden Standjahren am Baumannshof durch eine Beerntung der Parzellen ab einer Bestandeshöhe von 60 cm höhere Gesamterträge an Krautdroge geerntet als zum frühen Erntetermin. Beim frischen Kraut ergaben sich keine Unterschiede.

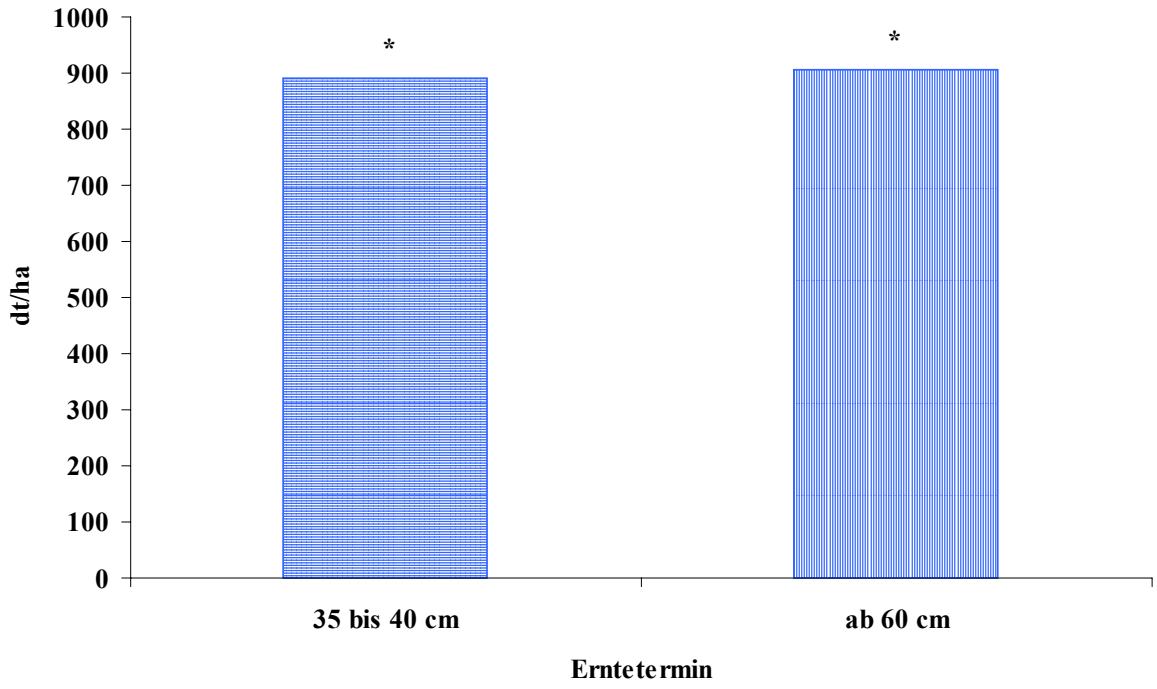


Abb. 5.54 Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr

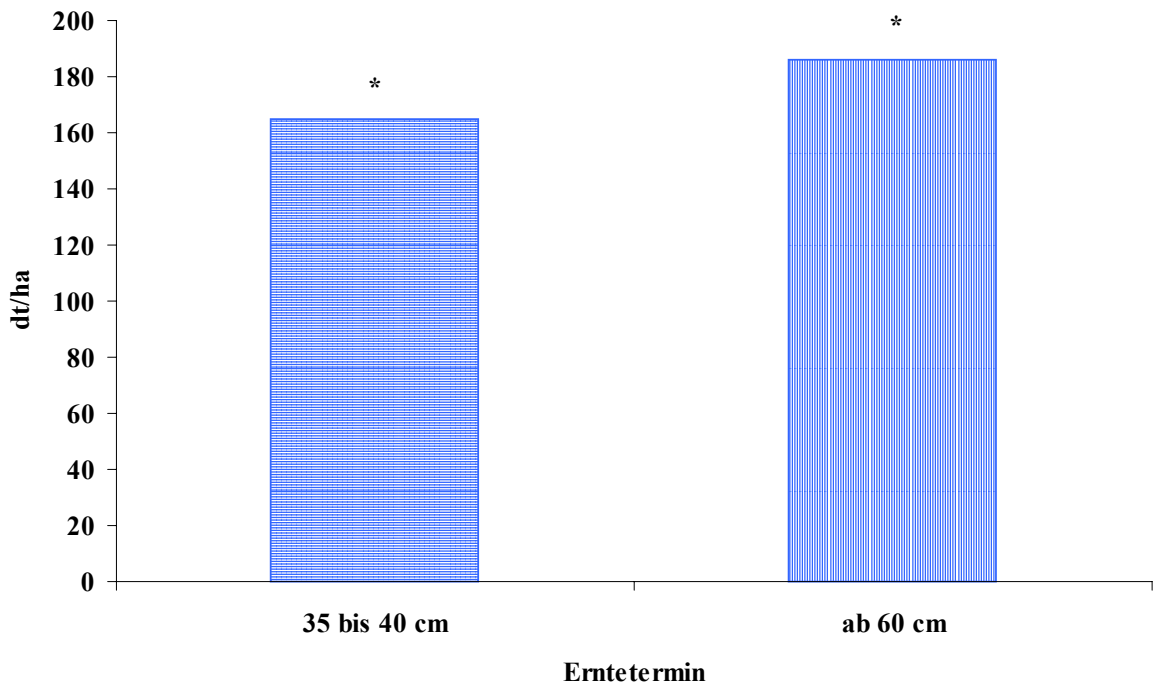


Abb. 5.55 Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr

5.3.2.3 Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr

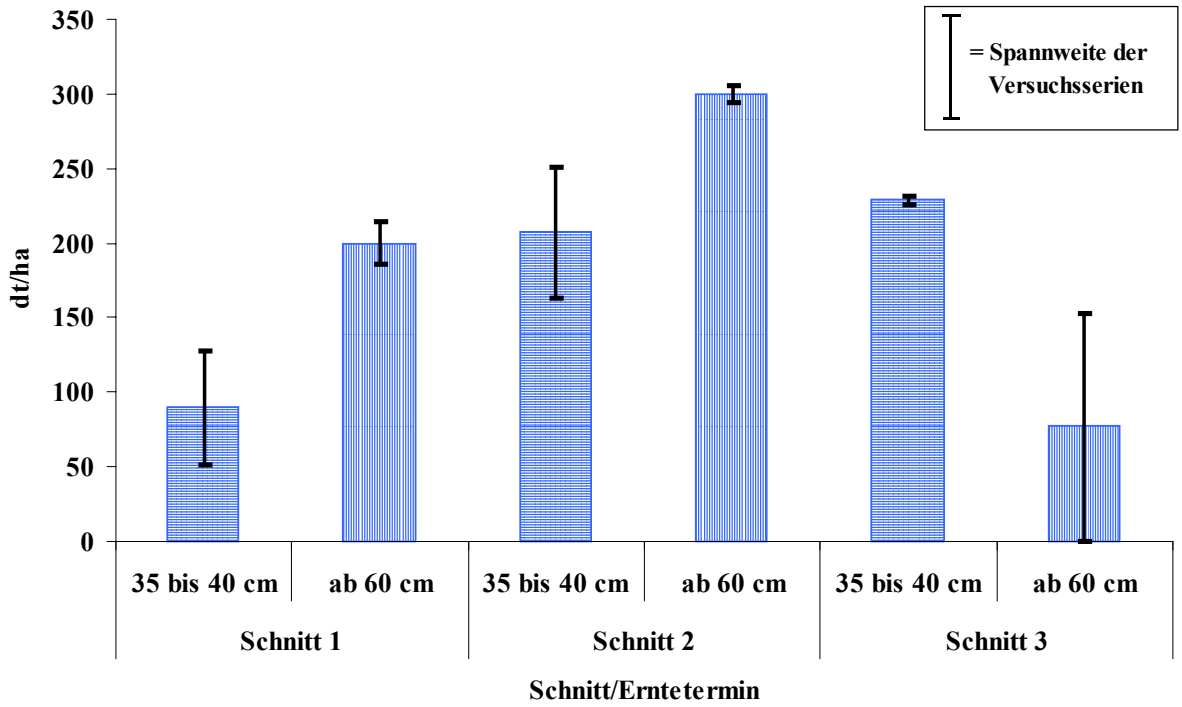


Abb. 5.56 Frischer Krautertrag pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

Am Baumannshof konnten im ersten Standjahr bei der Auswertung der frischen Krauterträge signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie* nachgewiesen werden (Tab. 8.89 auf Seite 269). Die statistisch gesicherten Spitzenergebnisse wurden mit gesamten frischen Krauterträgen von 294 und 306 dt/ha im zweiten Schnitt der Versuchsserien eins 1999 und zwei 2000 nach einer späten Ernte (ab 60 cm Bestandeshöhe) ermittelt. In beiden Serien waren bei einer Beerntung der Bestände ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm immer drei Schnitte möglich. Durch die Wahl des späteren Erntetermins ergaben sich in jeder Versuchsserie nur zwei Schnitte, in denen aber immer höhere frische Krauterträge erzielt wurden als zum frühen Erntetermin.

Die Beerntung der Parzellen ab einer Bestandeshöhe von 60 cm führte in beiden Versuchsserien zu einem Anstieg der frischen Krauterträge vom ersten zum zweiten Schnitt. Für den frühen Erntetermin konnte in der ersten Versuchsserie 1999 vom ersten zum zweiten Schnitt ebenfalls eine Zunahme und vom zweiten zum dritten Schnitt ein Rückgang der Erträge festgestellt werden. In Versuchsserie zwei 2000 stiegen die frischen Krauterträge dann bei einer Beerntung der Parzellen ab einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm vom ersten bis zum dritten Schnitt kontinuierlich an. Die Ertragsschwankungen zwischen beiden Serien fielen für den Erntetermin *35 bis*

40 cm Bestandeshöhe im ersten und zweiten Schnitt deutlich höher aus als für den späteren Erntetermin (Abb. 5.56). Im dritten Schnitt war die Spannweite der frischen Krauterträge beim früheren Erntetermin mit nur 6 dt/ha sehr gering.

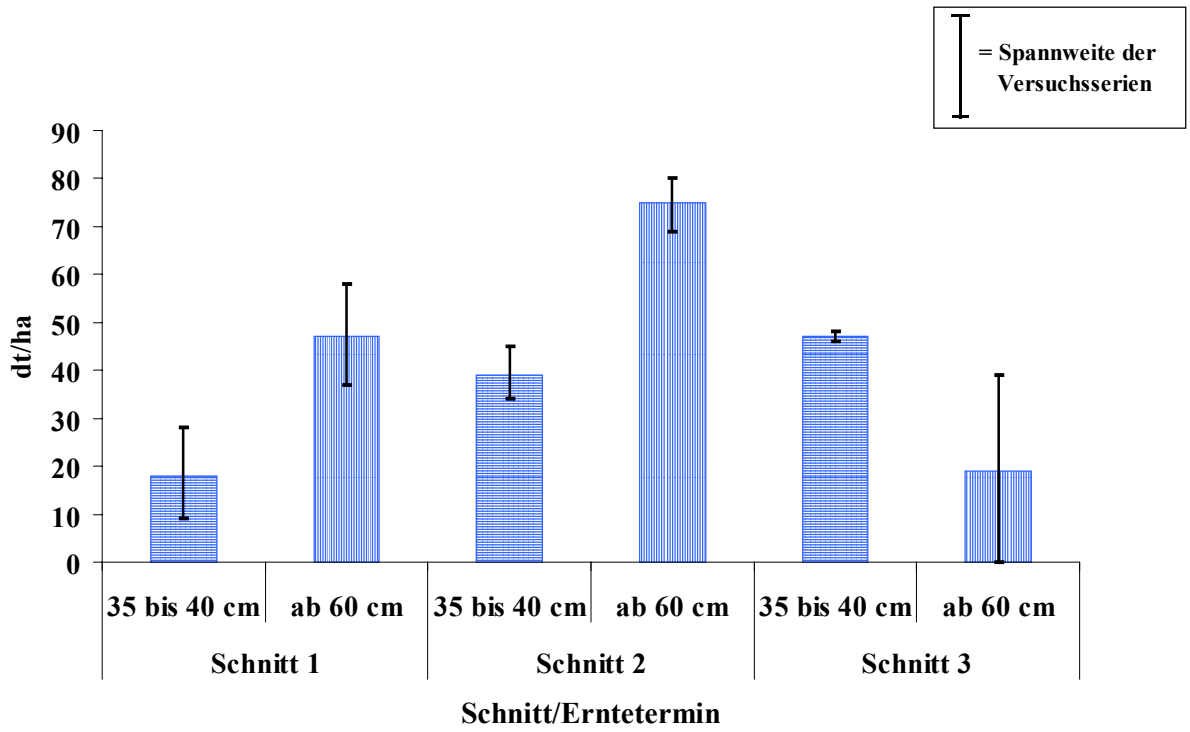


Abb. 5.57 Krautdrogenertrag pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

Auch bei den Krautdrogenerträgen traten im ersten Standjahr am Baumannshof signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntetermin*, *Schnitt* und *Versuchsserie* auf (Tab. 8.90 auf Seite 269). Die statistisch gesichert höchsten Krautdrogenerträge wurden in beiden Versuchsserien im zweiten Schnitt in Höhe von 69 (1999) und 80 dt/ha (2000) durch eine Beerntung der Bestände ab einer Bestandeshöhe von 60 cm erzielt. Im ersten und zweiten Schnitt ergaben sich in jeder der beiden Versuchsserien - wie schon beim frischen Kraut - durch die Wahl des späteren Erntetermins höhere Krautdrogenerträge. Im dritten Schnitt konnten ebenfalls vergleichbar mit den Verhältnissen beim frischen Kraut die höchsten Krautdrogenerträge nach einer frühen Ernte festgestellt werden. Vom ersten zum zweiten Schnitt war in beiden Serien bei beiden Ernteterminen ein Ansteigen der Krautdrogenerträge zu verzeichnen. Nach einer Beerntung der Parzellen ab einer Bestandeshöhe von 60 cm konnte kein dritter Schnitt mehr durchgeführt werden. Für den Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* lagen die Krautdrogenerträge im dritten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 in Höhe des Ertragsniveaus des zweiten Schnitts. In Versuchsserie zwei 2000 konnte für diesen frühen Erntetermin vom zweiten zum dritten Schnitt - wie schon beim frischen Kraut - ein weiterer Anstieg des Krautdrogenertrags festgestellt werden.

Die Spannweite der Krautdrogenerträge lag bei beiden Ernteterminen im ersten und auch im zweiten Schnitt auf einem vergleichbaren Niveau (Abb. 5.57). Im dritten Schnitt konnten für den Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* nur noch sehr geringe Schwankungen im Krautdrogenertrag festgestellt werden.

5.3.2.4 Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr

Die Verrechnung der frischen Krauterträge des zweiten Standjahres ergab signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntetermin* und *Schnitt* (Tab. 8.91 auf Seite 270). Die statistisch gesichert höchsten frischen Krauterträge wurden im ersten und zweiten Schnitt mit 372 und 299 dt/ha für den Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* ermittelt. Durch eine frühe Beerntung der Parzellen zum Termin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* war im zweiten Standjahr zusätzlich ein vierter Schnitt möglich, in dem aber mit 138 dt/ha im Vergleich zu den Schnitten eins bis drei der niedrigste frische Krautertrag geerntet wurde. In den ersten beiden Schnitten führte eine späte Ernte immer zu höheren frischen Krauterträgen als eine frühe Beerntung der Parzellen.

Bei den Krautdrogenerträgen wurden im zweiten Standjahr am Baumannshof ebenfalls signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntetermin* und *Schnitt* nachgewiesen (Tab. 8.92 auf Seite 270). Die signifikant höchsten Krautdrogenerträge konnten bei einer Ernte ab einer Bestandeshöhe von 60 cm in den Schnitten eins bis drei in Höhe von 55 bis 68 dt/ha erzielt werden. Im vierten Schnitt lag der Krautdrogenertrag zum Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* noch bei 32 dt/ha.

Zusammenfassend ergaben sich im ersten und zweiten Standjahr am Baumannshof bei der Verrechnung der frischen Krauterträge und der Krautdrogenerträge signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren. In beiden Standjahren wurden in der Regel die höchsten Erträge mit Ausnahme des letzten Schnitts durch eine Beerntung der Bestände ab einer Höhe von 60 cm ermittelt. Durch eine frühe Ernte bei einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm war in beiden Standjahren ein Schnitt mehr möglich als durch die Wahl des späteren Erntetermins.

5.3.2.5 Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr

Die Untersuchung der Eintrocknungsverhältnisse ergab im ersten Standjahr am Baumannshof signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie* (Tab. 8.93 auf Seite 271). Die statistisch gesichert niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse wurden mit Werten von 3,7 und 3,8 in den ersten beiden Schnitten der zweiten Versuchsserie 2000 für den Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* ermittelt. Auch in den ersten beiden Schnitten der Versuchsserie eins 1999 konnten zum späteren Erntetermin immer niedrigere Eintrocknungsverhältnisse ermittelt werden. Insgesamt erstreckten sich die Eintrocknungsverhältnisse in diesem Versuch im ersten Standjahr über einen Bereich von 3,7 bis 5,8.

5.3.2.6 Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr führte die späte Beerntung der Parzellen ab einer Bestandeshöhe von 60 cm im Mittel aller durchgeführter Schnitte mit einem Wert von 4,9 ebenfalls zum signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnis (Tab. 8.94 auf Seite 271). Demgegenüber lag das durchschnittliche Eintrocknungsverhältnis für den Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* bei 5,4. Im Durchschnitt beider Erntetermine traten die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse in den Schnitten zwei bis vier auf. Im zweiten Standjahr beliefen sich die Eintrocknungsverhältnisse auf Werte zwischen 4,3 und 7,2.

Insgesamt wurden in beiden Standjahren am Baumannshof zum späteren Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* stets die niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse ermittelt.

5.3.2.7 Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr

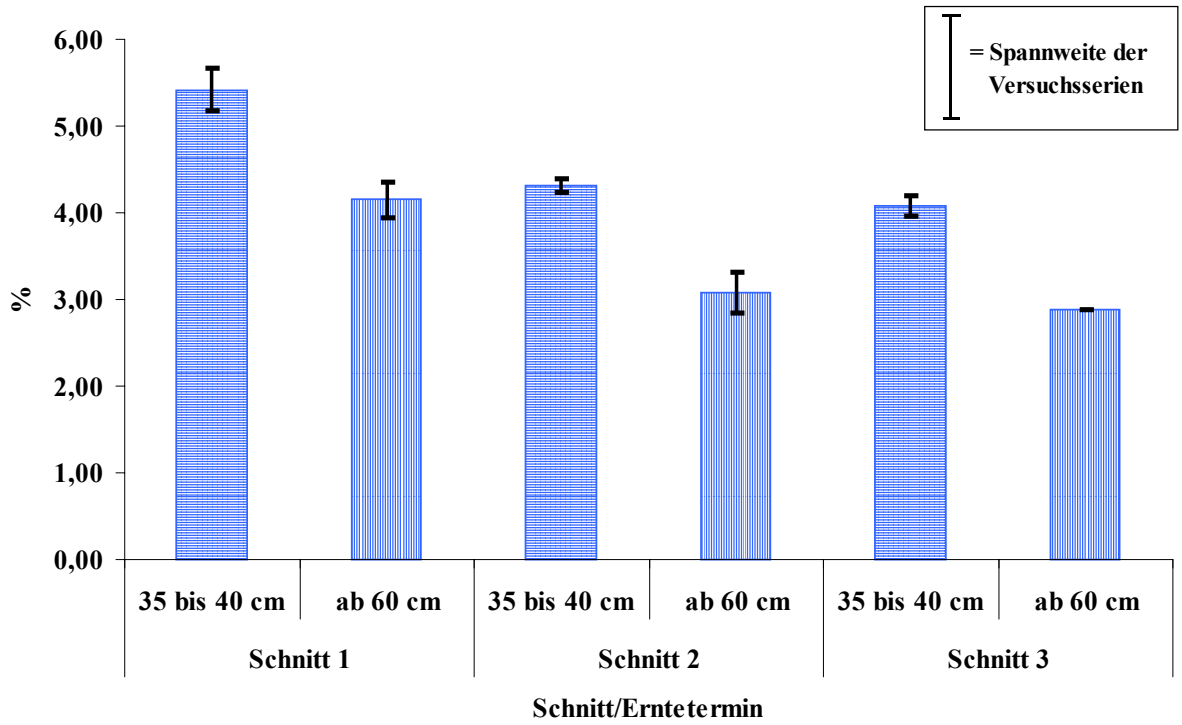


Abb. 5.58 Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

Wie Tabelle 8.95 auf Seite 272 entnommen werden kann, ergab die Auswertung der Verbenalingehalte am Baumannshof im ersten Standjahr signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie*. Der varianzanalytisch gesichert höchste Verbenalingehalt wurde mit 5,67 % in Versuchsserie eins 1999 im ersten Schnitt nach einer frühen Ernte (35 bis 40 cm Bestandeshöhe) erzielt. Die signifikant niedrigsten Gehalte von 2,85 und 3,32 % ergaben sich in beiden Serien im zweiten Schnitt und mit 2,88 % im dritten Schnitt

der ersten Versuchsserie 1999 durch die Wahl des Erntetermins *ab 60 cm Bestandeshöhe*. Die übrigen Verbenalingehalte lagen in einem mittleren Bereich zwischen 3,94 und 5,17 %. In allen Schnitten beider Versuchsserien wurden durch eine Beerntung der Parzellen ab einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm grundsätzlich höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge erreicht als nach einer späten Ernte. Bei beiden Ernteterminen konnten die höchsten Verbenalingehalte in der Krautdroge in jeder Serie bereits im ersten Schnitt festgestellt werden. Der stärkste Rückgang der Verbenalingehalte wurde vom ersten zum zweiten Schnitt ermittelt. Die Gehaltsschwankungen zwischen beiden Versuchsserien waren für beide Erntetermine mit absoluten Differenzen von 0,42 und 0,50 % im ersten Schnitt ähnlich ausgeprägt (Abb. 5.58). Allerdings wurde beim Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* ein Rückgang und beim Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* eine Zunahme des Verbenalingehalts von Versuchsserie eins 1999 zur Serie zwei 2000 festgestellt. Im zweiten und dritten Schnitt wurden zum frühen Erntetermin in der zweiten Versuchsserie 2000 etwas höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge gefunden als in der ersten Versuchsserie 1999. Nach einer Beerntung der Parzellen ab einer Bestandeshöhe von 60 cm konnte im zweiten Schnitt eine ähnlich hohe Spannweite der Verbenalingehalte wie im ersten Schnitt ermittelt werden. Im Gegensatz zum ersten Schnitt wurde aber ein Absinken des Verbenalingehalts in der Krautdroge von Serie eins 1999 zur Serie zwei 2000 festgestellt.

5.3.2.8 Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr wurden nur die Verbenalingehalte der Schnitte eins bis drei in die statistische Verrechnung einbezogen, da ein vierter Schnitt nur bei einer regelmäßigen frühen Beerntung der Parzellen ab einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm möglich war.

Zum frühen Erntetermin (35 bis 40 cm Bestandeshöhe) ergab sich mit 4,13 % im Mittel aller Schnitte ein signifikant höherer Verbenalingehalt in der Krautdroge als zum Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* (Tab. 8.96 auf Seite 272). Bei beiden Ernteterminen nahmen die Verbenalingehalte vom ersten bis zum dritten Schnitt stetig ab, wobei im ersten Schnitt mit durchschnittlich 4,62 % der signifikant höchste und im dritten Schnitt mit durchschnittlich 3,23 % der signifikant niedrigste Verbenalingehalt in der Krautdroge ermittelt wurde.

Insgesamt führte eine frühe Beerntung der Bestände in beiden Standjahren immer zu höheren Verbenalingehalten in der Krautdroge als eine späte Ernte. Die Verbenalingehalte nahmen in beiden Standjahren und bei beiden Ernteterminen vom ersten zum letzten Schnitt kontinuierlich ab.

Einzelheiten zum Blühbeginn der Parzellen und zu den Schnittterminen finden sich in Tabelle 8.115 auf Seite 285.

5.3.2.9 Austrieb

Der Austrieb im Frühjahr erwies sich am Baumannshof unabhängig vom gewählten Erntetermin immer als sehr gut.

5.3.2.10 Frostresistenz

Auch die Frostresistenz war bei beiden Ernteterminen sehr gut ausgeprägt.

5.3.2.11 Krankheitsbefall

Im ersten Schnitt des ersten Standjahres (Versuchsserie zwei 2000) konnte bei einer frühen Beerntung der Parzellen ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm noch kein Pilzbefall festgestellt werden. Bei einer späteren Ernte zeigte sich ein sehr geringer bis geringer Befall. Zum zweiten Schnitt wurde für den früheren Erntetermin ein sehr geringer bis geringer Pilzbefall bonitiert. Eine Beerntung der Bestände ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 60 cm führte im zweiten Schnitt zu einem geringen Pilzbefall.

Im zweiten Standjahr wurde im ersten Schnitt zum Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* noch kein Pilzbefall der Eisenkrautpflanzen festgestellt. Zum Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* konnte sich dann aber ein starker bis sehr starker Befall etablieren. Im zweiten beziehungsweise dritten Schnitt trat in den Beständen zu beiden Ernteterminen ein gleichmäßig mittlerer beziehungsweise gleichmäßig geringer Pilzbefall auf. Zum vierten Schnitt wurde beim Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* ebenfalls ein geringer Pilzbefall festgestellt.

5.3.3 Erntehorizonte

Im Gegensatz zu den übrigen Versuchen wurde hier vergleichsweise spät, das heißt ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von durchschnittlich 70 cm, mit der Ernte begonnen, um ausreichend große Unterschiede in der „Schichtdicke“ der einzelnen Erntehorizonte zu erreichen. Für den Erntehorizont *1/3* ergab sich eine mittlere Schnitthöhe von 50 cm. Das bedeutet es wurden die obersten 20 cm des blühenden Krauts geerntet. Beim Erntehorizont *2/3* lag die durchschnittliche Erntehöhe bei 30 cm. Hier wurden die obersten 40 cm an frischem Kraut geerntet. Beim Erntehorizont *3/3* verblieb eine Stoppelhöhe von 10 cm. In diesem Fall wurden die obersten 60 cm und damit das gesamte blühende Kraut geerntet.

5.3.3.1 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr

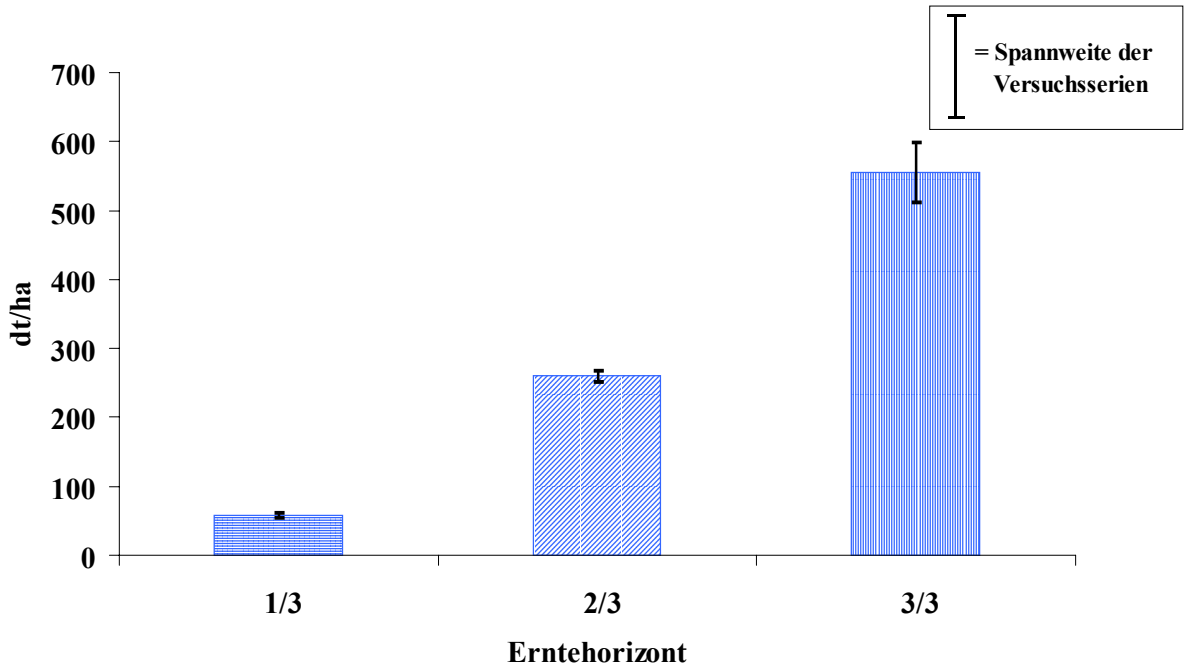


Abb. 5.59 Gesamter frischer Krautertrag aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im ersten Standjahr

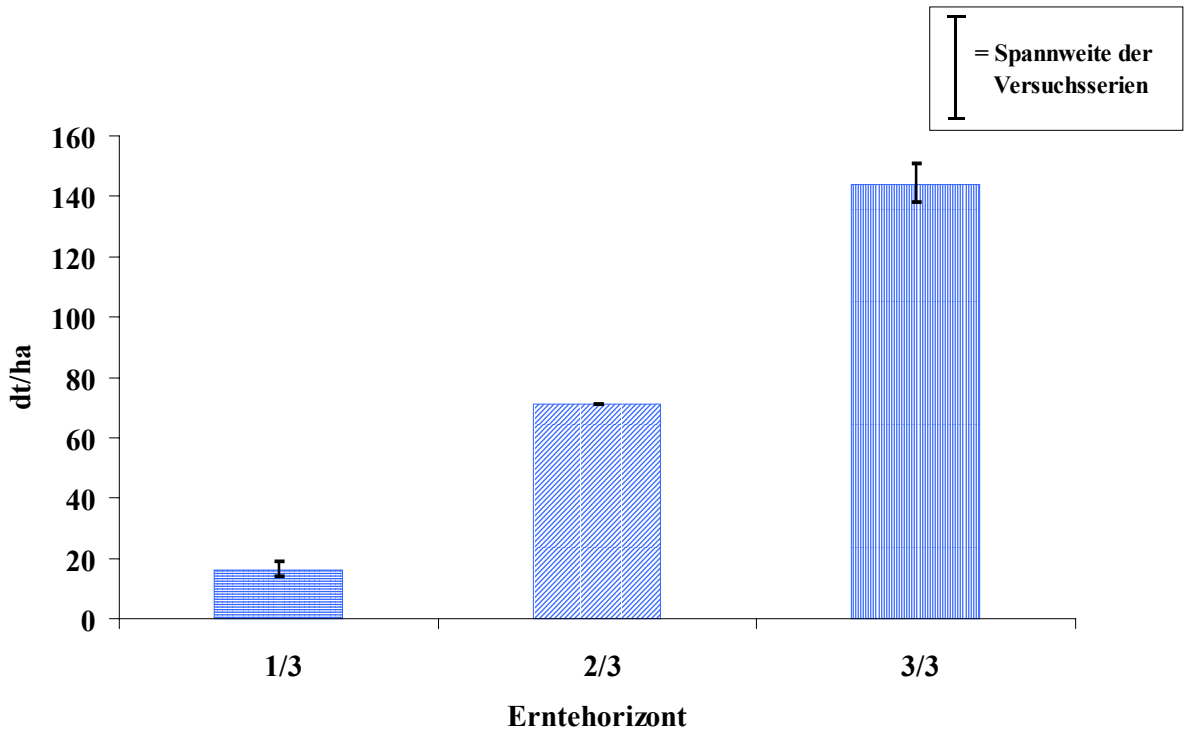


Abb. 5.60 Gesamter Krautdrogenertrag aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im ersten Standjahr

Im ersten Standjahr konnte am Baumannshof der signifikant höchste Gesamtertrag an frischem Kraut im Mittel der beiden Versuchsserien mit 556 dt/ha durch die Ernte des gesamten Krauts (3/3) erzielt werden (Tab. 8.99 auf Seite 274). Eine Reduktion des Erntehorizonts auf *2/3* oder *1/3* hatte in jeder Serie jeweils eine starke Abnahme des Gesamtertrags zur Folge. Von der Versuchsserie ging im Mittel der drei gepüften Erntehorizonte kein signifikanter Einfluss aus. Die Ertragsschwankungen zwischen beiden Serien lagen im Bereich von 8 bis 87 dt/ha und stiegen vom engsten (1/3) bis zum weitesten Erntehorizont (3/3) an (Abb. 5.59).

Die gesamten Krautdrogenerträge zeigten am Baumannshof im ersten Standjahr ein vergleichbares Verhalten. Mit 144 dt/ha ergab sich auch hier durch eine komplette Beerntung der Parzellen (3/3) der signifikant höchste Ertrag (Tab. 8.100 auf Seite 274). Eine Verringerung des Erntehorizonts führte in beiden Versuchsserien zu einer deutlichen Abnahme der Erträge. Auch bei den Krautdrogenerträge war der Einfluss der Serie nicht signifikant. Zwischen beiden Versuchsserien wurden Ertragsschwankungen von 0 (2/3) bis 13 dt/ha (3/3) festgestellt (Abb. 5.60).

5.3.3.2 Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr

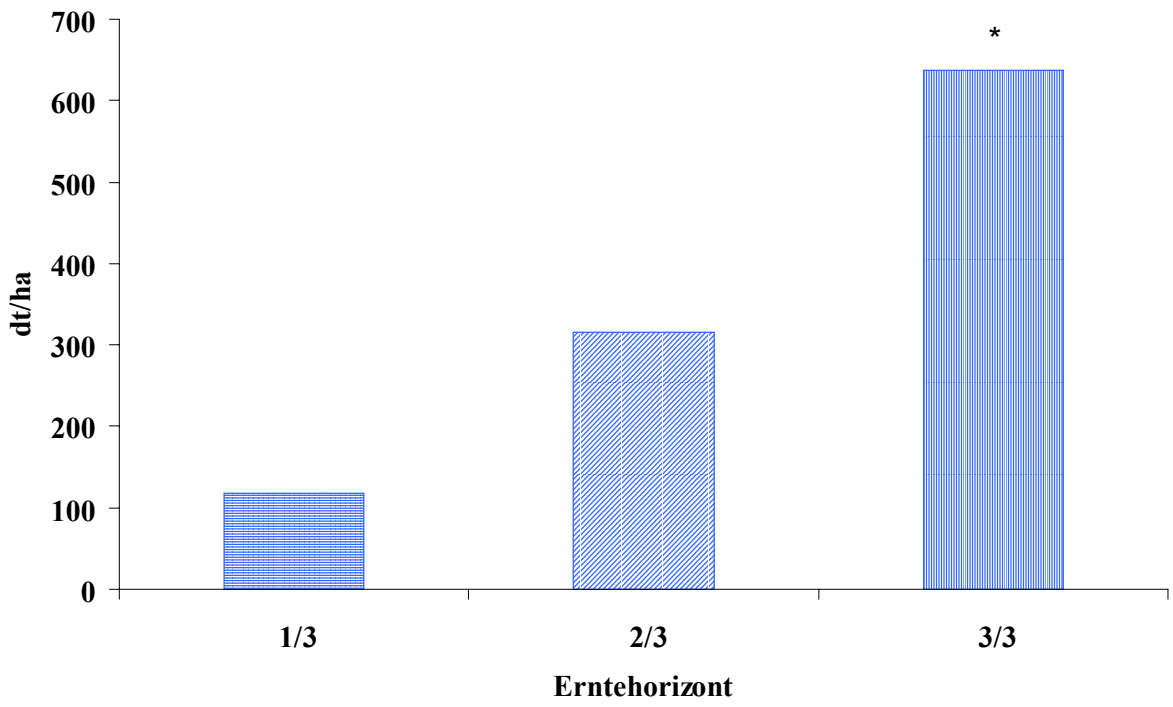


Abb. 5.61 Gesamter frischer Krautertrag aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im zweiten Standjahr

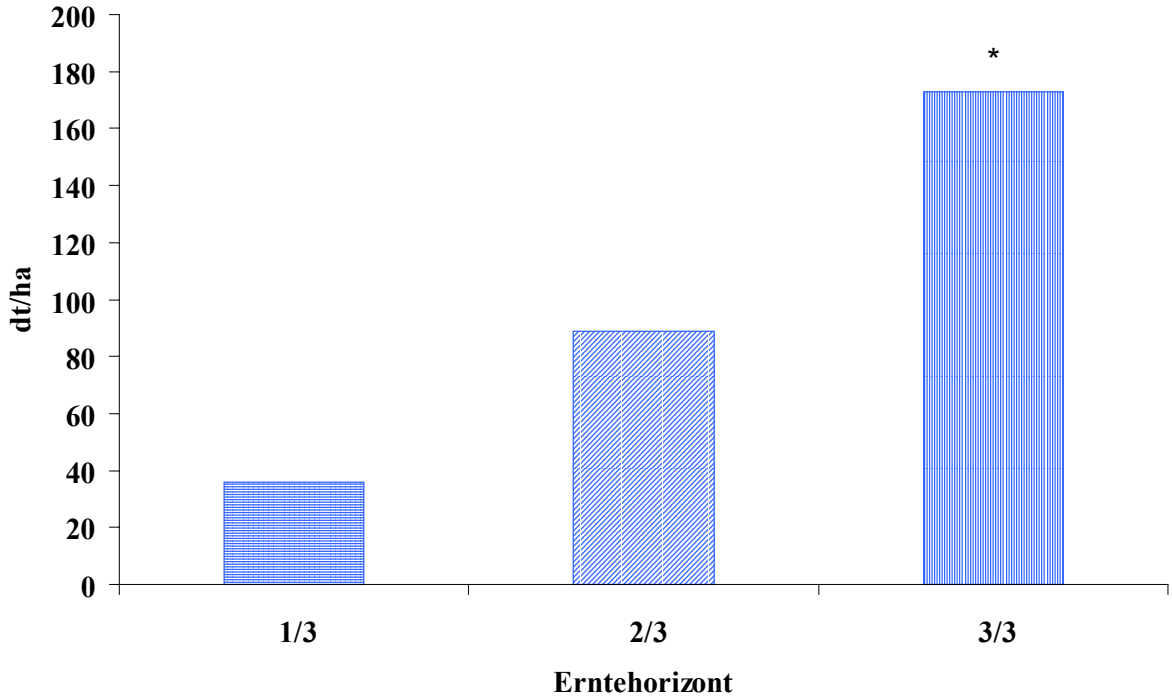


Abb. 5.62 Gesamter Krautdrogenertrag aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im zweiten Standjahr

Im zweiten Standjahr stiegen die gesamten frischen Krauterträge am Baumannshof mit einer Ausweitung des Erntehorizonts von 118 (1/3) bis auf das signifikant höchste Ertragsergebnis von 637 dt/ha (3/3) an (Abb. 5.61).

Die Vergrößerung des Erntehorizonts führte im zweiten Standjahr ebenfalls zu einer deutlichen Steigerungen der Gesamterträge an Krautdroge von 36 dt/ha bei einer Ernte des oberen Drittels der Bestände bis auf den statistisch gesichert höchsten Gesamtertrag von 173 dt/ha bei einer Ernte des gesamten Krauts (3/3) (Abb. 5.62).

Insgesamt wurde in beiden Standjahren sowohl beim frischen Kraut als auch bei der Krautdroge durch die Ausweitung des Erntehorizonts eine Ertragssteigerung erreicht. Die signifikant höchsten Gesamterträge konnten immer durch die Ernte des gesamten Krauts (3/3) erzielt werden.

5.3.3.3 Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr

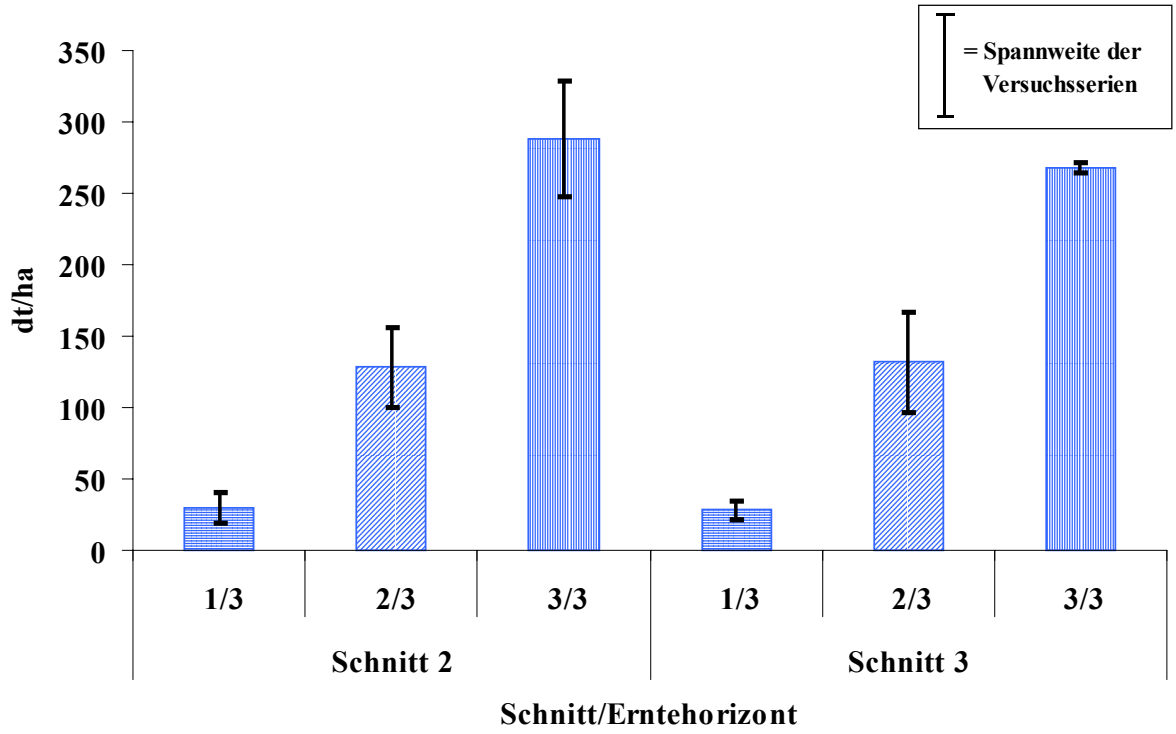


Abb. 5.63 Frischer Krautertrag pro Schnitt aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im ersten Standjahr

In Abbildung 5.63 und Tabelle 8.101 auf Seite 275 sind die frischen Krauterträge der einzelnen Schnitte im ersten Standjahr am Baumannshof dargestellt. Die statistische Auswertung ergab signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Schnitt* und *Versuchsserie*. Vergleichbar mit den Ergebnissen bei den Gesamterträgen wurden die statistisch gesichert höchsten Erträge an frischem Kraut mit durchschnittlich 278 dt/ha in jedem Schnitt durch die Ernte des gesamten Krauts (3/3) erzielt. Eine Verkleinerung des Erntehorizonts führte in jedem Schnitt zu einer Abnahme des frischen Krautertrags. Im Mittel aller drei geprüfter Erntehorizonte wurden die signifikant höchsten frischen Krauterträge im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 mit 155 dt/ha und im ersten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 mit 175 dt/ha gefunden. Bei jedem der drei Erntehorizonte konnte im ersten Schnitt eine Zunahme der frischen Krauterträge von Versuchsserie eins 1999 zu Serie zwei 2000 verzeichnet werden. Im zweiten Schnitt lagen die Erträge der zweiten Versuchsserie 2000 mit Ausnahme des Erntehorizonts *3/3* unter den Erträgen der ersten Serie 1999. Die Spannweite der frischen Krauterträge im ersten Standjahr nahm im ersten Schnitt vom engsten zum weitesten Erntehorizont mit Differenzen zwischen beiden Serien von 22 (1/3) bis 80 dt/ha (3/3) zu (Abb. 5.63). Im zweiten Schnitt wurde die größte Spannweite in Höhe von 71 dt/ha nach einer Ernte der obersten zwei

Drittel der Bestände gefunden. Die Ertragsschwankungen zwischen den frischen Krauterträgen beider Versuchsserien fielen mit 14 dt/ha bei der Ernte des obersten Drittels und mit 8 dt/ha bei der Ernte des gesamten Krauts (3/3) im zweiten Schnitt wesentlich geringer aus.

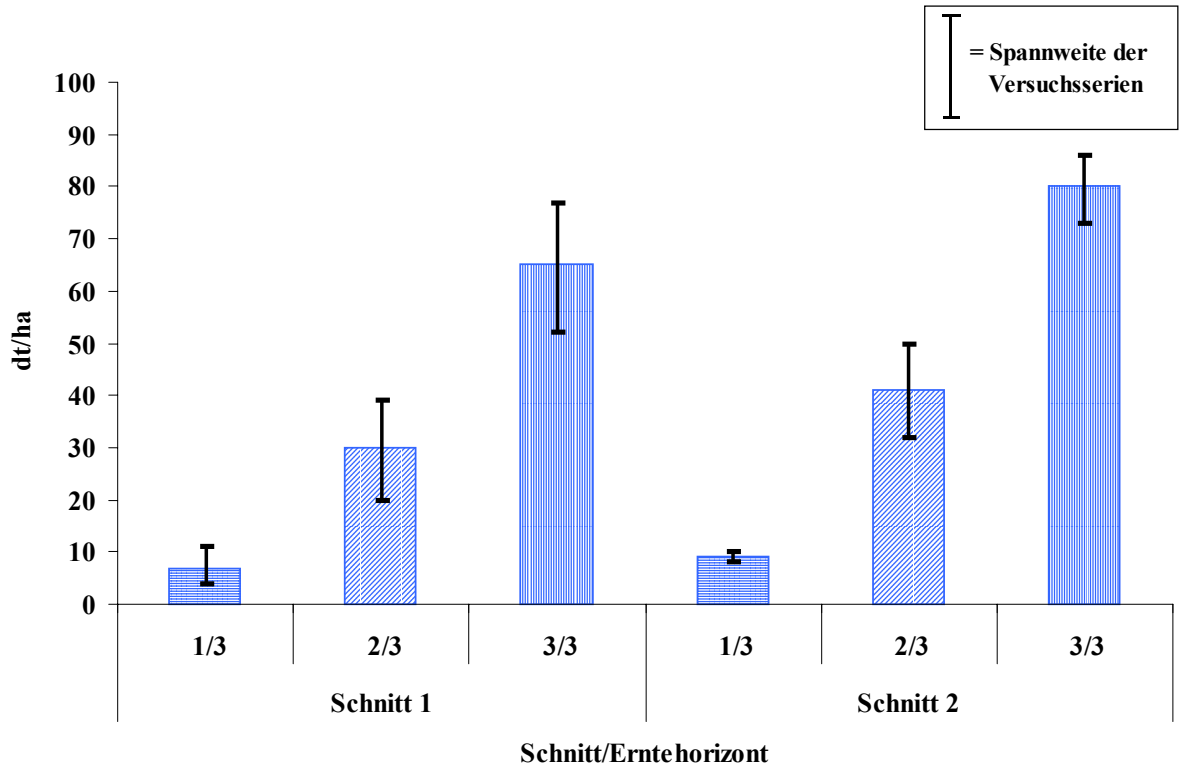


Abb. 5.64 Krautdrogenertrag pro Schnitt aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im ersten Standjahr

Die Verrechnung der Krautdrogenerträge ergab statistisch gesicherte Dreifachwechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Erntehorizont*, *Schnitt* und *Versuchsserie* (Tab. 8.102 auf Seite 275). Die signifikant höchsten Krautdrogenerträge konnten im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 und in beiden Schnitten der Serie zwei 2000 durch eine Ernte des gesamten Krauts in Höhe von 73 bis 86 dt/ha erzielt werden. Auch im ersten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 wurde der höchste Krautdrogenertrag nach einer Ernte des gesamten Krauts festgestellt. Die Krautdrogenerträge zeigten, vergleichbar mit den frischen Krauterträgen, im ersten Standjahr in jedem Schnitt in beiden Serien eine stetige Zunahme vom engsten (1/3) bis zum weitesten Erntehorizont (3/3). Wie schon bei den frischen Krauterträgen wurden im zweiten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 ebenfalls höhere Krautdrogenerträge als im ersten Schnitt erzielt. In der zweiten Versuchsserie 2000 lagen die Krautdrogenerträge des zweiten Schnitts dagegen niedriger als im ersten Schnitt. Ebenfalls vergleichbar mit den Ergebnissen beim frischen Kraut konnte im ersten Schnitt bei allen drei Erntehorizonten eine Zunahme des Krautdrogenertrags von Serie eins 1999 zur zweiten Serie 2000 ermittelt werden. Im zweiten Schnitt zeigte sich dagegen bei jedem Erntehorizont eine Abnahme des Krautdrogenertrags vom Versuchsserie eins 1999 zur Versuchsserie zwei 2000. Die Spannweite der Krautdrogenerträge stieg im ersten Schnitt mit einer Vergrößerung des Erntehorizonts von 7 (1/3) bis auf 25 dt/ha

(3/3) an (Abb. 5.64). Im zweiten Schnitt wurden die geringsten Ertragsschwankungen bei einer Ernte des obersten Drittels der Parzellen mit einem Unterschied von 2 dt/ha gefunden. Die Ertragsschwankungen bei den Erntehorizonten *2/3* und *3/3* beliefen sich auf 18 und 13 dt/ha.

5.3.3.4 Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr konnten am Baumannshof Parzellen, für die ein Erntehorizont von *1/3* oder *2/3* festgelegt wurde, insgesamt dreimal beerntet werden (Tab. 8.103 auf Seite 276). Auf Parzellen, von denen das gesamte Kraut geerntet wurde (3/3), waren insgesamt nur zwei Schnitte möglich. Im Versuch ergaben sich signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntehorizont* und *Schnitt*. Der signifikant höchste frische Krautertrag wurde mit 347 dt/ha im zweiten Schnitt durch die Ernte des gesamten Krauts (3/3) erzielt. Auch im zweiten Standjahr führte in den ersten beiden Schnitten eine Ausweitung des Erntehorizonts zu einer Zunahme der frischen Krauterträge. Im dritten Schnitt galt dieses Ergebnis entsprechend für die Erntehorizonte *1/3* und *2/3*. Trotz des Ertrags von 0 dt/ha im dritten Schnitt für den Erntehorizont *3/3* konnte auch im Mittel aller drei Schnitte, entsprechend den Ergebnissen der Gesamterträge, noch eine deutliche Ertragssteigerung beim frischen Kraut durch die Ausweitung des Erntehorizonts festgestellt werden.

Die statistische Verrechnung der Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres ergab ebenfalls signifikante Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntehorizont x Schnitt* (Tab. 8.104 auf Seite 276). Die signifikant höchsten Krautdrogenerträge wurden im ersten und zweiten Schnitt des zweiten Standjahres mit 80 und 93 dt/ha für den Erntehorizont *3/3* ermittelt. Auch bei der Krautdroge resultierte jede Ausweitung des Erntehorizonts im Mittel aller drei Schnitte in einem deutlichen Anstieg des Krautdrogenertrags.

Zusammenfassend wurde im ersten Standjahr immer eine kontinuierliche Zunahme der frischen Kraut- und der Krautdrogenerträge vom engsten (1/3) bis zum weitesten Erntehorizont (3/3) ermittelt. Dies galt auch für die beiden ersten Schnitte des zweiten Standjahres.

5.3.3.5 Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr

Im ersten Standjahr ließen sich bei den Eintrocknungsverhältnissen des Krauts statistisch gesicherte Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Erntehorizont*, *Schnitt* und *Versuchsserie* nachweisen (Tab. 8.105 auf Seite 277). Die signifikant niedrigsten Werte wurden mit 3,1 im zweiten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 bei einer Ernte des gesamten Krauts (3/3), und mit Werten von 2,7 und 3,1 im zweiten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 für die Erntehorizonte *1/3* und *2/3* festgestellt. Bei allen drei Erntehorizonten und in beiden Versuchsserien lagen die Eintrocknungsverhältnisse des zweiten unter denen des ersten Schnitts. In der zweiten Versuchsserie 2000 führte die Ausweitung des Erntehorizonts in jedem Schnitt zu einem kontinuierlichen Anstieg der Eintrocknungsverhältnisse. In Versuchsserie eins 1999 zeigte sich dieser Anstieg nur im ersten Schnitt durch eine Ausweitung des Erntehorizonts von *1/3* auf *2/3*. Im zweiten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 konnte ein gegenläufiges Verhalten der Eintrocknungsverhältnisse ermittelt werden. Insgesamt wurden Eintrocknungsverhältnisse in einem Wertebereich von 2,7 bis 4,8 festgestellt.

5.3.3.6 Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr konnten statistisch gesicherte Wechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntehorizont x Schnitt* varianzanalytisch abgesichert werden (Tab. 8.106 auf Seite 277). Die signifikant niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse ergaben sich im ersten Schnitt mit 3,4 bei einer Ernte der obersten zwei Drittel des Bestands und im dritten Schnitt mit 3,0 und 3,3 bei einer Ernte der beiden oberen Erntehorizonte (*1/3* und *2/3*). Im zweiten Schnitt wurde das niedrigste Eintrocknungsverhältnis nach einer Ernte des obersten Drittels der Bestände festgestellt. Insgesamt erstreckten sich die Eintrocknungsverhältnisse des zweiten Standjahres über eine Bandbreite von 3,0 bis 3,9.

Zusammenfassend war der Einfluss des Erntehorizonts auf die Eintrocknungsverhältnisse der Krautdroge in jedem der beiden Standjahre uneinheitlich. In den meisten Fällen ergaben sich durch die Wahl eines der oberen Erntehorizonte aber niedrigere Eintrocknungsverhältnisse als bei der Ernte des gesamten Krauts.

5.3.3.7 Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr

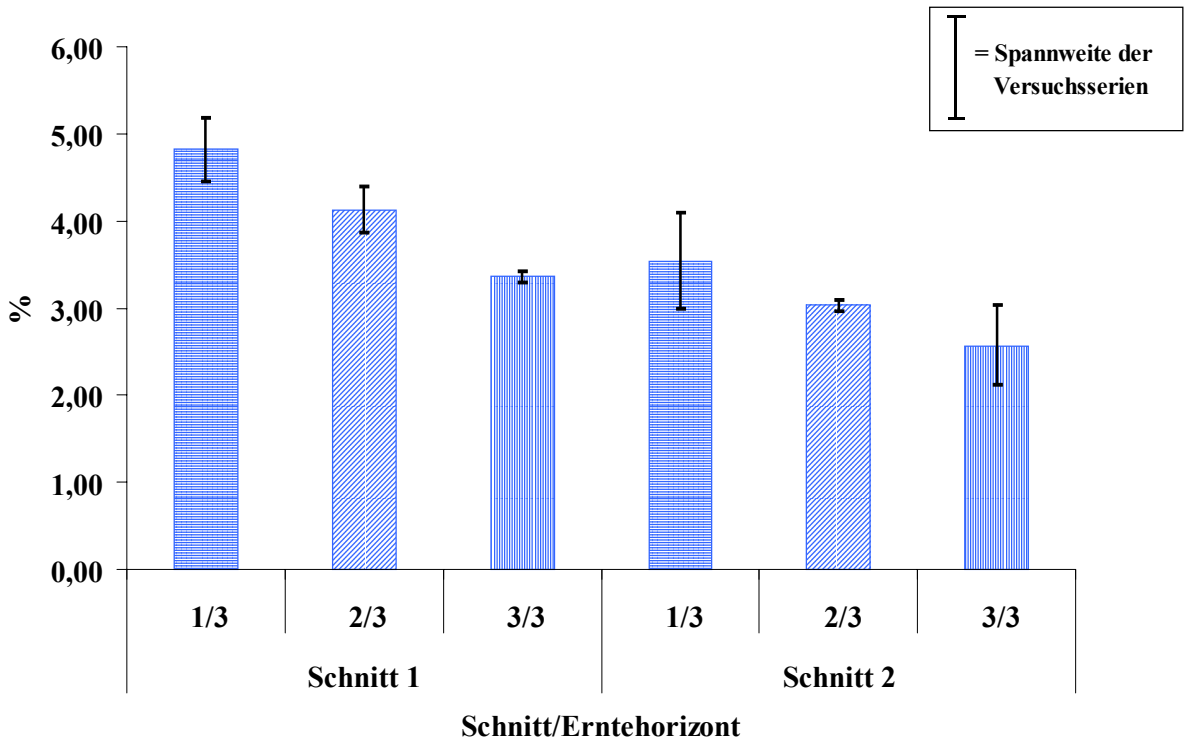


Abb. 5.65 Verbenalingehalt in der Krautdroge aus verschiedenen Erntehorizonten pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

Im ersten Standjahr wurden am Baumannshof bei der Untersuchung der Verbenalingehalte in der Krautdroge signifikante Dreifachwechselwirkungen für die Faktorkombination *Erntehorizont x Schnitt x Versuchsserie* nachgewiesen (Tab. 8.107 auf Seite 278). Die signifikant höchsten Verbenalingehalte konnten im ersten Schnitt beider Versuchsserien bei einer Ernte des

obersten Drittels der Bestände mit 5,18 % (1999) und 4,46 % (2000) erzielt werden. Der niedrigste Verbenalingehalt ergab sich im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 nach einer Ernte des gesamten Krauts (3/3) mit 2,12 %. Für die restlichen Prüfglieder wurden mittlere Verbenalingehalte im Bereich von 2,96 bis 4,39 % ermittelt. In beiden Schnitten der ersten Versuchsserie 1999 und im ersten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 nahmen die Verbenalingehalte mit einer Vergrößerung des Erntehorizonts stetig ab. Nur im zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 ließen sich in der Krautdroge bei allen drei Erntehorizonten sehr ähnliche Verbenalingehalte zwischen 2,96 und 3,03 % feststellen. Im Mittel der drei Erntehorizonte ergaben sich in beiden Serien im ersten Schnitt stets höhere Verbenalingehalte als im zweiten Schnitt. Ein Vergleich der beiden Versuchsserien zeigte, dass in Serie eins 1999 im ersten Schnitt bei jedem untersuchten Erntehorizont immer höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge vorhanden waren als im ersten Schnitt der zweiten Serie 2000. Im zweiten Schnitt traf diese Aussage nur auf die beiden Erntehorizonte *1/3* und *2/3* zu. Nach einer Ernte des gesamten Krauts wurden im zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge festgestellt als im Vorjahr. Die Spannweiten der Verbenalingehalte zeigten im ersten Schnitt eine Abnahme durch eine Ausweitung des Erntehorizonts von absolut 0,72 % (1/3) bis 0,12 % (3/3) (Abb. 5.65). Im zweiten Schnitt wurden starke Schwankungen der Verbenalingehalte in der Krautdroge des Erntehorizonts *1/3* mit einer Differenz von 1,10 % und in der Krautdroge des Erntehorizonts *3/3* mit einer Differenz von 0,91 % festgestellt. Eine sehr geringe Spannweite mit einer Differenz zwischen beiden Serien von 0,14 % wurde im zweiten Schnitt für den Erntehorizont *2/3* ermittelt.

5.3.3.8 Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr

Im zweiten Standjahr konnten im Mittel aller drei Schnitte die signifikant höchsten Verbenalingehalte mit durchschnittlich 5,04 % in der Krautdroge des obersten Erntehorizonts (1/3) nachgewiesen werden (Tab. 8.108 auf Seite 278). Die statistisch gesichert niedrigsten Verbenalingehalte ergaben sich im zweiten Standjahr durch die Ernte des gesamten Krauts (3/3) mit 2,93 %. Bei allen drei Erntehorizonten war eine Abnahme der Verbenalingehalte vom ersten (5,15 %) bis zum letzten Schnitt (3,12 %) zu beobachten, wobei im ersten Schnitt der signifikant höchste und im dritten Schnitt der statistisch gesichert niedrigste Verbenalingehalt ermittelt wurde.

Insgesamt konnte in beiden Standjahren ein kontinuierliches Absinken der Verbenalingehalte in der Krautdroge durch eine Ausweitung des Erntehorizonts festgestellt werden. Im Mittel der Erntehorizonte wurde vom ersten bis zum letzten Schnitt ebenfalls ein Rückgang der Verbenalingehalte beobachtet.

Nähere Informationen zum Blühbeginn der Parzellen und zu den exakten Ernteterminen sind Tabelle 8.116 auf Seite 286 zu entnehmen.

5.3.3.9 Austrieb

Im Frühjahr des zweiten Standjahres zeigten alle Versuchsparzellen einen guten bis sehr guten Austrieb.

5.3.3.10 Frostresistenz

Die Frostresistenz war unabhängig vom Erntehorizont sehr gut.

5.3.3.11 Krankheitsbefall

Im ersten Schnitt des ersten Standjahres (Versuchsserie zwei 2000) trat in allen Versuchsparzellen am Baumannshof nur ein geringer Pilzbefall auf. Zum zweiten Schnitt wurde in der Reststoppel des ersten Schnitts bei den beiden Erntehorizonten *1/3* und *2/3* ein sehr starker Pilzbefall festgestellt. Im Erntegut dieser beiden Erntehorizonte lag dagegen nur ein geringer (1/3) beziehungsweise mittlerer (2/3) Pilzbefall vor. Bei einer Ernte des gesamten Krauts (3/3) verblieb lediglich eine sehr niedrige Reststoppel, für die keine separate Bonitur des Pilzbefalls erfolgte. Der Pilzbefall zur Ernte war bei einem Erntehorizont von *3/3* im zweiten Schnitt gering.

Im zweiten Standjahr entwickelte sich bis zum ersten Schnitt ein starker bis sehr starker Pilzbefall in den Beständen. Im zweiten und dritten Schnitt zeigte die verbleibende Reststoppel der Erntehorizonte *1/3* und *2/3* einen sehr starken Pilzbefall. Der Pilzbefall im Erntegut wurde im zweiten Schnitt bei allen drei geprüften Erntehorizonten als gering eingestuft. Im dritten Schnitt war der Pilzbefall im obersten Erntehorizont ebenfalls gering. Im Erntehorizont *2/3* wurde dagegen ein starker Pilzbefall gefunden.

6 Diskussion

6.1 Samenkeimung

Verbena officinalis L. ist ein obligater Lichtkeimer, der zusätzlich hohe Keimtemperaturen für eine erfolgreiche Samenkeimung benötigt (WOODWARD, 1990; YAQUB, 1981). Als unteres Temperaturlimit geben die beiden Autoren einen Bereich von 10 bis 15 °C an, ab dem je nach genetischer Anpassung bei verschiedenen Herkünften bereits mit einer minimalen Keimfähigkeit unter Lichteinfluss gerechnet werden kann. In beiden Versuchen bestätigte sich der Lichtbedarf für die Samenkeimung. So blieb unbehandeltes Versuchssaatgut unter konstanten Temperaturen von 10, 15 und 20 °C im Dunkeln vollständig im Zustand der Keimruhe.

Im Versuch *Wechseltemperaturbehandlung* konnte bei einer konstanten Temperatur von 20 °C durch eine achtstündige Belichtung pro Tag nur eine minimale Keimfähigkeit von 5 % erreicht werden. Dieses Ergebnis stützt weitestgehend die Aussage von YAQUB (1981), wonach selbst bei geeigneten Keimtemperaturen im Freiland eine Photoperiode von mindestens 14 Stunden notwendig ist, um die Dormanz zu brechen.

Obwohl es sich nach YAQUB (1981) bei Eisenkraut um einen obligaten Lichtkeimer handelt, konnte durch den Einfluss von Wechseltemperaturen im Dunkeln eine wesentliche Steigerung der Keimfähigkeit und Keimschnelligkeit gegenüber einer Keimung unter konstanten Temperaturen im Licht oder Dunkeln erreicht werden. Dies erklärt sich daraus, dass Dormanzen immer eine Anpassung der Art an die Umweltbedingungen im natürlichen Habitat darstellen, wo sie eine Keimung unter suboptimalen Umweltbedingungen verhindern (COPELAND und MC DONALD, 1995; KIGEL und GALILI, 1995). Licht und Temperaturschwankungen im Tagesrhythmus zeigen dem Samen an, dass er sich an oder relativ nahe an der Bodenoberfläche befindet und dass nur mit vergleichsweise geringer Konkurrenz durch andere Pflanzen gerechnet werden muss. Sowohl dichter Pflanzenbewuchs als auch eine stärkere Erdabdeckung bewirken eine deutliche Reduktion der täglichen Temperaturschwankungen. Nach COPELAND und MC DONALD (1995) sind in unseren Breiten Temperaturunterschiede von mindestens 10 °C nötig, um Dormanzen brechen zu können.

Der festgestellte positive Einfluss von Wechseltemperaturen bei einer Keimung im Dunkeln auf die Keimfähigkeit und Keimschnelligkeit steht im Widerspruch zu den Angaben von YAQUB (1981). Die schlechte Wirksamkeit der Zusatzbelichtung im Versuch bei konstant 20 °C ist auf die unzureichende Länge der Photoperiode zurückzuführen. Dieses Ergebnis ist andererseits aber auch ein Indiz dafür, dass eine konstante Temperatur von 20 °C für eine optimale Samenkeimung, zumindest bei einer Belichtungszeit von acht Stunden, nicht ausreicht.

Beste Ergebnisse wurden durch die Keimung unter Wechseltemperaturen im Licht erzielt. Hier ergab sich die mit Abstand höchste Keimschnelligkeit (69 %) und Keimfähigkeit (76 %). Letzteres Ergebnis war mit einer vollständigen Keimung aller lebensfähiger Samen gleichzusetzen. Damit konnte gezeigt werden, dass durch die Kombination beider Keimfaktoren, von denen jeder für sich nicht für eine optimale Keimung genügte, deutliche Synergieeffekte zu erzielen

waren. Auch BOMME (1989) fand in seinen Untersuchungen zum Keimverhalten von *Melissa officinalis L.*, dass der positive Effekt wechselnder Temperaturen durch Licht weiter verbessert werden kann. Bei *Verbena officinalis L.* reichen also unter Wechseltemperaturen auch kürzere Belichtungszeiten aus, um eine optimale Samenkeimung zu erreichen. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit den Angaben von BASKIN und BASKIN (1998), nach denen für alle Samen mit einem speziellen Wechseltemperaturbedürfnis eine tägliche Belichtungsdauer von 4,5-8 Stunden genügt, um die Samenkeimung optimal zu fördern.

Die unterschiedliche Wirksamkeit der Zusatzbelichtung auf beiden Temperaturstufen war für die signifikanten Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Keimtemperatur* und *Belichtung* verantwortlich.

Strenggenommen stellt eine Wechseltemperaturbehandlung keine echte Saatgut<u>vor</u>behandlung dar, da das Saatgut nicht <u>vor</u> der eigentlichen Aussaat behandelt wird. Sie ist vielmehr eine Methode, bei der durch Anlegen eines bestimmten Temperaturregimes - meist bei zusätzlicher Belichtung während der höheren Temperatur - versucht wird, optimale Keimbedingungen zu simulieren und dadurch die Keimhemmung dormanter Samen zu brechen.

Die GA_3-Behandlung wird dagegen den echten Saatgutvorbehandlungen zugeordnet. BASKIN und BASKIN (1998) sowie COPELAND und MC DONALD (1995) zufolge kann der Lichtbedarf durch ein Einquellen der Samen in Gibberellinsäure ersetzt und der optimale Keimtemperaturbereich ausgedehnt werden. Auch beim Eisenkraut war die Saatgutvorbehandlung mit GA_3 gut geeignet, um die Keimhemmung unter konstanten Keimtemperaturen von 10, 15 und 20 °C im Dunkeln aufzuheben. Bei niedrigeren Temperaturen waren höhere Mindestkonzentrationen zum Erreichen der optimalen Keimschnelligkeit und Keimfähigkeit notwendig als unter höheren Temperaturen. Dies entspricht den früheren Ergebnissen von GATTERER et al. (1999) beim Eisatz von GA_3 zur Vorbehandlung von *Echinacea*-Saatgut. Eine Vorbehandlung bei höheren Konzentrationen führte bei allen drei Temperaturstufen ebenfalls zu sehr guten Keimergebnissen, hatte aber keinen weiteren positiven Effekt mehr. Die Reaktion dormanter Samen auf eine GA_3-Behandlung ist nach KIGEL und GALILI (1995) sowie nach SAUERMOST (1994) konzentrationsabhängig und folgt einer Optimumskurve. Nach den Versuchsergebnissen erstrecken sich beim Eisenkraut die statistisch gesichert wirksamsten GA_3-Konzentrationen je nach Keimtemperatur über einen Bereich von 2000 mg/l (20 und 15 °C) beziehungsweise 2500 mg/l (10 °C) bis hinauf zu 3500 mg/l (20, 15 und 10 °C). Ein einheitlicher Rückgang der keimfördernden Wirkung durch kontinuierlich steigende GA_3-Konzentrationen, der auf eine Überschreitung der wirksamsten Konzentration hindeuten würde, konnte im untersuchten Keimtemperatur- und Konzentrationsbereich nicht festgestellt werden.

Deutlich war auch der Rückgang der Keimfähigkeit mit sinkenden Temperaturen, was mit einer geringeren Stoffwechseltätigkeit unter niedrigeren Temperaturen erklärt werden kann, die zu einer Reduktion der Keimschnelligkeit führte. Aus unterschiedlichen Keimschnelligkeiten ergeben sich bei einem einheitlichen Endauszählungstermin von 18 Tagen nach Aussaat für alle drei Keimtemperaturen zwangsläufig Unterschiede in der Keimfähigkeit. Aus pflanzenbaulicher Sicht (schnelle und einheitliche Keimung) ist allerdings die Auszählung über einen wesentlich längeren Zeitraum nicht sinnvoll (vergleiche 2.3 auf Seite 6).

Die nachgewiesenen Wechselwirkungen waren auf abweichende optimale GA_3-Konzentrationen bei den drei Keimtemperaturen und die temperaturabhängige Keimschnelligkeit zurückzuführen. Wechselwirkungen mit dem Faktor *Serie* können mit der unterschiedlichen Lagerdauer des Saatguts erklärt werden. Nach BASKIN und BASKIN (1998) durchlaufen dormante Samen während der Lagerung unterschiedliche Dormanzzyklen, in denen der Embryo unterschiedlich ausgeprägte Empfindlichkeiten gegenüber keimfördernden Stoffen oder Umweltbedingungen aufweist. Auch die geringeren Keimfähigkeiten in der ersten gegenüber der zweiten Serie sind auf diese Dormanzzyklen zurückzuführen.

Um bei unbehandeltem *Verbena officinalis L.* Saatgut optimale Keimergebnisse zu erzielen, sollte die Keimung bei Wechseltemperaturen von 30/20 °C mit einer Photoperiode von mindestens acht Stunden während der höheren Temperatur erfolgen. Da eine exakte Temperatursteuerung aber nur im Gewächshaus möglich ist, eignet sich diese Methode nur für eine Jungpflanzenanzucht.

Ein erfolgreiches Brechen der Dormanz ist aber auch durch eine Saatgutvorbehandlung mit Gibberellinsäure möglich. Selbst im Dunkeln und unter suboptimalen Keimtemperaturen werden dadurch hohe Keimfähigkeiten und Keimschnelligkeiten erzielt. Niedrigere Keimtemperaturen führen zu einer Reduktion der Keimschnelligkeit und Keimfähigkeit. Gleichzeitig sind bei geringeren Keimtemperaturen höhere GA_3-Konzentrationen für eine maximale Förderung der Keimung erforderlich. Optimale Keimergebnisse werden bei der Jungpflanzenanzucht demnach auch bei konstant 20 °C nach einer Vorbehandlung des Saatguts bei einer GA_3-Konzentration von 2000 mg/l erzielt. Durch eine Temperaturabsenkung auf 15 °C können bei gleicher Konzentrationsstufe die Heizkosten reduziert werden. Dies führt aber zu einer Reduktion der Keimschnelligkeit und Keimfähigkeit um etwa 10 %. Eine Jungpflanzenanzucht bei 10 °C ist aus pflanzenbaulicher Sicht aufgrund der stark verringerten Keimschnelligkeit und der weiter reduzierten Keimfähigkeit nicht mehr sinnvoll.

In jedem Fall muss vor der Anzucht geprüft werden, welche der beiden Varianten (*Wechseltemperatur* oder *Einquellen in Gibberellinsäure*) für die Jungpflanzenanzucht betriebswirtschaftlich günstiger ist. Der entscheidende Vorteil der GA_3-Behandlung liegt darin, dass durch diese Saatgutvorbehandlung auch eine Direktsaat ins Freiland ermöglicht wird. Sobald Bodentemperaturen von mindestens 10 °C erreicht werden, kann eine Aussaat von vorbehandeltem Saatgut erfolgen. Die Samen müssen zu diesem Zweck vorher bei einer Konzentration von 2500 mg/l eingequollen werden. Durch die Anwendung höherer Gibberellinsäurekonzentrationen bis hinauf zu 3500 mg/l werden weder Keimfähigkeit noch Keimschnelligkeit wesentlich weiter verbessert, so dass aus ökonomischer Sicht eine Saatgutvorbehandlung bei höherer Konzentrationen nicht sinnvoll ist.

6.2 Ertragsverhalten

Zum Ertragsverhalten von *Verbena officinalis L.* finden sich in der einschlägigen Literatur nur sehr wenig Hinweise. Die Diskussion erfolgt daher soweit als möglich an der vorhandenen Literatur, meist aber anhand veröffentlichter Ergebnisse anderer Arten.

Im ersten Standjahr konnten beim Anbau von Eisenkraut je nach Versuch und Anbauverfahren Gesamterträge an frischem Kraut in der Summe aller Aufwüchse zwischen 54 und 622 dt/ha erzielt werden. Die gesamten Krautdrogenerträge aus allen Aufwüchsen des ersten Standjahres lagen in einem Bereich von 14 bis 151 dt/ha. Im zweiten Standjahr beliefen sich dann die Gesamterträge an frischem Kraut auf 118 bis 1252 dt/ha und an Krautdroge auf 36 bis 332 dt/ha. Die frischen Krauterträge pro Schnitt erstreckten sich im ersten Standjahr über einen Bereich von 19 bis 380 dt/ha. Bei der Krautdroge konnten im ersten Standjahr Erträge von 4 bis 102 dt/ha pro Schnitt erzielt werden. Im zweiten Standjahr wurden in den Versuchen frische Krauterträge pro Schnitt zwischen 17 und 1047 dt/ha geerntet. Die Krautdrogenerträge lagen in einem Bereich von 5 bis 248 dt/ha. Nicht berücksichtigt sind die Ergebnisse der Variante *Aussaat von unbehandeltem Saatgut*, die, bedingt durch einen äußerst schlechten Feldaufgang, stets einen fast vollständigen Ausfall der Versuchsparzellen zur Folge hatte, und damit nicht praxisrelevant ist.

Ein Grossteil der ermittelten Ertragsschwankungen ließ sich in allen Versuchen, die parallel an beiden Versuchsstandorten durchgeführt wurden, auf den Standorteinfluss zurückführen. Weitere versuchsübergreifende Einflüsse zeigten sich durch den im Versuchsjahr 2000 auftretenden Pilzbefall der Bestände und die Eintrocknungsverhältnisse.

6.2.1 Versuchsübergreifende Einflussfaktoren

6.2.1.1 Standort

Die unterschiedliche Eignung verschiedener Standorte für den Anbau liegt in genetisch bedingten Ansprüchen der einzelnen Arten an Böden und Klima begründet (DIEPENBROCK et al., 1999; KELLER et al., 1997). So benötigt zum Beispiel der Arzneifenchel nach WAGNER (1993) für eine vollständige Fruchtbildung und Abreife ein ausreichend warmes Klima (hohe Temperaturen). Dagegen wird das Wachstum von *Arnica montana L.* weniger vom Klima, aber sehr stark von der Bodenart beeinflusst. Nach BOMME (1999) sowie DACHLER und PELZMANN (1999) gedeiht *Arnica montana L.* am besten in lockeren, humosen, gut durchlüfteten Böden mit guter Wasserführung und einem Kalkgehalt ($CaCO_3$) von unter 1,5 %.

Im vorliegenden Fall muss der ermittelte Standorteinfluss aber differenzierter betrachtet werden. Wie unter 4.2.7 ab Seite 30 dargestellt wurde, lagen die durchschnittlichen Tagestemperaturen im zehnjährigen Mittel an beiden Standorten auf einem vergleichbaren Niveau. Daneben war an beiden Standorten eine optimale Wasserversorgung der Pflanzen gewährleistet. Unterschiede ergaben sich nur in der Bodenart und in der Durchwurzelungstiefe. Nach WEBER (1995), OBERDORFER (2001) und YAQUB (1981) weist *Verbena officinalis L.* aber keine besonderen Ansprüche an die Bodenart auf, sondern bevorzugt lediglich nährstoffreiche und

tiefgründige Böden. Da im ersten Standjahr in der ersten Versuchsserie 1999 am Baumannshof aber bei geringerem verfügbaren Wurzelraum deutlich höhere Erträge erzielt werden konnten als in Puch, kommt als Hauptursache für die ausgeprägten Ertragsunterschiede zwischen beiden Standorten nur eine unterschiedliche Nährstoffversorgung der Eisenkrautbestände in Frage.

Einen ersten Hinweis darauf erhält man aus der Tatsache, dass im Versuchsjahr 1999, wie unter 4.2.8 ab Seite 36 beschrieben, von einem zu niedrigen Gesamtertrag an frischem Kraut für die Berechnung der Nährstoffentzüge und demzufolge von einer zu niedrigen Düngung ausgegangen wurde. Im Versuchsjahr 2000 erfolgte dann unter Berücksichtigung neuer Ertragsdaten und weiterer parallel durchgeführter Untersuchungen zu den Nährstoffentzügen von *Verbena officinalis L.* eine Erhöhung der Nährstoffversorgung der Bestände. Ein weiteres Indiz ergab sich aus den im Herbst 1999 durchgeführten N_{min}-Untersuchungen. Danach wurden an beiden Standorten zum Vegetationsende in Versuchsserie eins 1999 N_{min}-Gehalte in der Summe der untersuchten Bodentiefen festgestellt, die unter den Werten der zweiten Versuchsserie 2000 lagen (Tab. 6.1). Nach BOMME und NAST (1998) soll zum Vegetationsende grundsätzlich ein N_{min}-Gehalt im Boden in 0-60 cm Tiefe von unter 100 kg/ha erreicht werden, um die Gefahr einer Nitratauswaschung ins Grundwasser zu minimieren. Damit kann den Ergebnissen aus Tabelle 6.1 weiter entnommen werden, dass die zugrundegelegte Stickstoff-Düngestrategie ab dem Versuchsjahr 2000 gut für eine optimale Versorgung der Bestände geeignet war.

Tab. 6.1 N_{min}-Gehalte nach Vegetationsende im Oktober des ersten Standjahres - Durchschnittswerte aller Eisenkrautversuche des jeweiligen Standorts

	Baumannshof		Puch	
Bodentiefe [cm]	N_{min} [kg/ha] Serie1 - 1999	N_{min} [kg/ha] Serie2 - 2000	N_{min} [kg/ha] Serie1 - 1999	N_{min} [kg/ha] Serie2 - 2000
0-30	9,0	15,5	18,0	21,2
30-60	6,5	9,8	5,0	12,4
60-90	-	-	4,7	14,9
Summe:	15,5	25,3	27,7	48,5

Die N_{min}-Ergebnisse zeigen, dass der verfügbare Stickstoffvorrat im Versuchsjahr 1999 von den Eisenkrautpflanzen an beiden Standorten nahezu komplett ausgeschöpft wurde. Da an beiden Standorten eine optimale Grundversorgung der Böden mit den Nährstoffen P_2O_5, K_2O, MgO und CaO vorherrscht, konnte eine zu niedrige Düngung bei diesen Nährstoffen durch den Vorrat der Böden ausgeglichen werden (KELLER et al., 1997; SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1998). Auch BOMME und NAST (1998) berichten davon, dass vor allem die Stickstoffversorgung bedarfsgerecht und mit Zugabe eines gewissen Puffers erfolgen sollte, da

im Vergleich zu den Makronährstoffen K_2O und P_2O_5 Stickstoff in Form von Nitrat im Boden nicht gespeichert werden und vor allem über Auswaschungsvorgänge sehr leicht ins Minimum geraten kann. Organisch gebundener Stickstoff ist für die Nährstoffversorgung der Pflanze nicht verfügbar. Ammoniumstickstoff wird im Boden sehr schnell nitrifiziert und unterliegt nach der Umwandlung in Nitrat ebenfalls wieder der Auswaschung (AMBERGER, 1996). Aus diesen Gründen muss daher im ersten Standjahr in der Versuchsserie eins 1999 die Gesamtmenge an verfügbarem Stickstoff aus Düngung und Mineralisierung an beiden Standorten als ertragsbestimmender Faktor angesehen werden.

In Anbetracht dieser Tatsachen war in Puch in der ersten Versuchsserie 1999 eine Unterversorgung der Bestände mit Stickstoff gegeben. Die Erhöhung der Nährstoffversorgung in Versuchsserie zwei 2000 führte demzufolge an diesem Standort in allen Versuchen, die sich im ersten Standjahr befanden, zu deutlich höheren Gesamterträgen.

Im Gegensatz zum Standort Puch konnte am Baumannshof bereits in der ersten Versuchsserie 1999 bei der überwiegenden Zahl der Versuche ein hoher Gesamtertrag an frischem Kraut und an Krautdroge erzielt werden. Da die Nährstoffzufuhr aus Mineraldüngern abzüglich der im Frühjahr bestimmten N_{min}-Gehalte an beiden Standorten gleich bemessen wurde, verbleibt als Ursache nur eine während der Vegetationsperiode 1999 stark erhöhte Mineralisierungsrate von organisch gebundenem Stickstoff. Wie unter 4.2.9 ab Seite 39 erwähnt wurde, erfolgte am Baumannshof vor einem geplanten Versuchsanbau immer eine Basamidbehandlung der zukünftigen Versuchsflächen, um einem möglichen Befall mit Nematoden vorzubeugen. Da sich eine Basamidbehandlung (Wirkstoff: Dazomet - 970 g/kg) aber nicht selektiv auf Nematoden, sondern unspezifisch auf die gesamte Bodenfauna (zum Beispiel Bodenpilze, bodenbürtige bakterielle und pilzliche Schaderreger, Regenwürmer) und teilweise auch Bodenflora (keimende Unkrautsamen) auswirkt (CRÜGER, 1991)(BASF, 8.1 ab Seite 210), kommt es in der behandelten Bodenschicht zu einer starken Anreicherung an leicht zersetzbarer organischer Substanz. Daraus ergibt sich im Folgejahr eine stark erhöhte Stickstoffmineralisierung, die weitgehend unabhängig vom Wassergehalt der Böden durch hohe Temperaturen gefördert wird (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1998). Zusammen mit den Mineraldüngergaben genügte die im Verlauf der Vegetationsperiode 1999 am Baumannshof zusätzlich freiwerdende Menge an Stickstoff für eine ausreichende Nährstoffversorgung der Bestände.

Aber auch in der zweiten Versuchsserie 2000 konnten, bei ausreichender Nährstoffversorgung an beiden Standorten, am Baumannshof im ersten Standjahr abermals höhere Gesamterträge erzielt werden als in Puch. Ausschlaggebend für diese weiteren Standortunterschiede war die unterschiedliche Erwärmbarkeit der Böden. Nach KELLER et al. (1997) weisen schwere und feuchte Lehmböden, wie sie in Puch zu finden sind, im Vergleich zu leichten, humosen und trockenen Sandböden eine schlechtere Erwärmbarkeit der oberen Bodenschichten auf. Da Jungpflanzen aber auf schwer erwärmbaren Böden im Frühjahr ein langsameres Wurzel- und Sprosswachstum zeigen (KELLER et al., 1997; KRUG, 1991), ergibt sich daraus eine weitere Ursache für die geringeren Erträge am Standort Puch im ersten Standjahr.

Im zweiten Standjahr wurden dann in Puch in allen Versuchen etwas höhere Gesamterträge an frischem Kraut und an Krautdroge erzielt als am Baumannshof. Diese Entwicklung kann mit der unterschiedlichen Tiefgründigkeit der Böden an beiden Standorten erklärt werden (vergleiche 4.2.7 auf Seite 30). Eisenkraut bildet ein reich verzweigtes und tief herabsteigendes Wurzelsystem aus (WEBER, 1995; HÄNSEL et al., 1994). Dies konnte auch durch eigene Beobachtungen am Standort Puch bestätigt werden. Am Baumannshof liegen dagegen vergleichsweise flachgründige Böden vor. Nach KELLER et al. (1997) kann sich ein größeres nutzbares Bodenvolumen vor allem über eine verbesserte Wasserverfügbarkeit, aber auch über eine bessere Sauerstoff- und Nährstoffversorgung positiv auf das Pflanzenwachstum auswirken. Der Kaliumbedarf der Pflanzen wird nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1998) zum Beispiel zu 35 % aus dem Unterboden gedeckt. Dieser Standortvorteil konnte sich am Versuchsgut Puch aber erst im zweiten Standjahr bei voll etablierten Eisenkrautbeständen mit voll entwickeltem Wurzelsystem im Gesamtertrag niederschlagen.

Auffallend standortabhängig war auch die Anzahl möglicher Schnitte, aus denen der Gesamtertrag errechnet wurde. Am Baumannshof konnten in der Regel drei Schnitte durchgeführt werden. In Puch waren dagegen in jedem Standjahr maximal zwei Schnitte möglich. Im ersten Standjahr führte die verzögerte Jugendentwicklung der Pflanzen in Puch zu den Unterschieden im Schnittverhalten. Diese Erklärung kann aber nicht für das zweite Standjahr herangezogen werden, da die Eisenkrautpflanzen zu diesem Zeitpunkt an beiden Standorten bereits voll etabliert waren. Auffallend war in Puch im zweiten Standjahr ein gegenüber dem Baumannshof stark verlängerter Zeitraum zwischen Austrieb und erstem Schnitt. In den meisten Versuchen war der vorgegebene Erntetermin vom Blühstadium und zusätzlich vom Erreichen einer festgelegten Bestandeshöhe abhängig. Unterschiedlich späte Erntetermine können demnach auf unterschiedlich starkes Krautwachstum oder auf ein zeitlich verzögertes Erreichen des geforderten Blühstadiums zurückzuführen sein. Wie den Abbildungen 4.10 auf Seite 32 und 4.14 auf Seite 35 zu entnehmen ist, lagen die durchschnittlichen mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 2000 am Standort Puch in den Monaten Mai und Juni zum Teil unter denen des Standorts Baumannshof. Unabhängig von den etwas niedrigeren durchschnittlichen Tagestemperaturen in Puch konnte an beiden Standorten im zweiten Standjahr aber ein vergleichbar starkes Krautwachstum festgestellt werden.

Im Gegensatz zum Krautwachstum zeigten die Tagestemperaturen aber einen feststellbaren Einfluss auf den Blühbeginn der Bestände. Nach WOODWARD (1990) kommt *Verbena officinalis L.* erst nach dem Überschreiten einer durchschnittlichen Tagestemperatur von 16 °C zur Blüte. Ein erstes Überschreiten dieser Schwellentemperatur ließ sich am Baumannshof im Versuchsjahr 2000 bereits Anfang Mai feststellen. In Puch wurde dieses Temperaturniveau im Versuchsjahr 2000 erst Anfang Juni erreicht. Neben der durchschnittlichen Tagestemperatur, die beim Eisenkraut eine entscheidende Rolle für den Übergang von der vegetativen zur generativen Phase darstellt, kann die vegetative Phase der Pflanzen nach AMBERGER (1996) auch durch eine höhere Stickstoffversorgung verlängert werden. Da am Standort Puch durch die vollständige Durchwurzelung der tiefgründigen und schweren Böden von einer besseren Stickstoffausnutzung als auf den leichten und flachgründigen Böden des Baumannshofs ausgegangen

werden kann, wurde der spätere Blühbeginn im ersten Aufwuchs des zweiten Standjahres zusätzlich von der Höhe der Stickstoffversorgung mitbeeinflusst. Dieser verzögerte Blühbeginn führte am Standort Puch im zweiten Standjahr zu einem etwas späteren ersten Schnitt als am Baumannshof. In der Folge des verspäteten ersten Schnitts konnte in Puch im zweiten Standjahr nur noch ein weiterer Schnitt durchgeführt werden. Aber auch zum zweiten Schnitt des zweiten Standjahres ergaben sich in Puch häufig Verzögerungen des Erntetermins. Diese wurden durch den sehr niederschlagsreichen Spätsommer und Herbst des Versuchsjahres 2000, in dessen Verlauf eine termingerechte Versuchsernte durch die schlechte Befahrbarkeit der schweren Böden bei Nässe oder durch regennasse Bestände oft nicht möglich war, ausgelöst. Damit konnten im zweiten Standjahr die durchschnittlichen Tagestemperaturen und die niederschlagsreiche Witterung für die geringere Schnittzahl am Standort Puch verantwortlich gemacht werden. Im ersten Standjahr ging der Haupteinfluss von der verzögerten Jungpflanzententwicklung (schlechte Erwärmbarkeit der Böden) aus.

An beiden Standorten wurden zum ersten Schnitt des ersten Standjahres meist die niedrigsten Krautdrogenerträge geerntet. Dies war auf einen erhöhten Nährstoff- und Assimilatebedarf der Jungpflanzen für die Ausbildung des Wurzelsystems zurückzuführen. Auch RAVEN et al. (2000) und JANSEN et al. (1998) bestätigen, dass bei allen Pflanzenarten in der Jugendentwicklung ein gewisser Anteil der gebildeten Assimilate und aufgenommenen Nährstoffe für die Wurzelentwicklung verwendet wird. In den Folgeschnitten ergab sich dann in den durchgeführten Versuchen eine unterschiedliche Ertragsverteilung. Maßgeblich beeinflusst wurde das Ertragsverhalten der Folgeaufwüchse immer vom Zeitpunkt der vorhergehenden Schnitte und damit von der zeitlichen Lage des jeweiligen Aufwuchses im Vegetationsjahr und den damit verbundenen klimatischen Bedingungen. Ein zusätzlicher Einfluss ging von der Aufwuchsdauer aus. Je länger der Zeitraum bis zur Ernte des jeweiligen Aufwuchses war, desto mehr Zeit stand für die Assimilationstätigkeit der Pflanzen zur Verfügung. Neben der Temperatur und Strahlungsintensität während der Aufwuchsphase entschied auch deren Länge über die Höhe des Krautdrogenertrages pro Schnitt. Vor allem bei einem frühen ersten Schnitt stieg zusätzlich die Wahrscheinlichkeit, dass im zweiten Aufwuchs noch Assimilate und Nährstoffe für die Wurzelentwicklung aufgewendet werden mussten.

In Puch konnte im ersten Standjahr nur in einem Vergleichsversuch (Herkünfte) an beiden Standorten die Ertragsverteilung auf die einzelnen Schnitte untersucht werden. In den anderen Vergleichsversuchen wurde nur ein Schnitt in die Versuchsauswertungen einbezogen (Erklärung in den jeweiligen Versuchen). Aber auch an diesem Standort können die gleichen Einflussfaktoren auf das Ertragsverhalten im ersten Standjahr zugrundegelegt werden. Vom ersten zum zweiten Schnitt stiegen die Erträge in Puch in der Regel an, da im ersten Schnitt noch ein Teil der Nährstoffe und Assimilate für die Entwicklung des Wurzelsystems aufgewendet werden musste. Wie auch am Baumannshof waren klimatische Bedingungen, die Aufwuchsdauer und die zeitliche Lage des jeweiligen Aufwuchses im Vegetationsjahr für die Ertragsleistung im jeweiligen Schnitt verantwortlich.

Bei den frischen Krauterträgen konnte dagegen nicht immer ein ähnlich gelagertes Ertragsverhalten festgestellt werden. Dies ist auf die unterschiedlichen Eintrocknungsverhältnisse zurückzuführen. Eine Diskussion der Eintrocknungsverhältnisse erfolgt später unter 6.2.1.3 ab Seite 146.

Im zweiten Standjahr waren an beiden Standorten bei voll entwickeltem Wurzelsystem nur noch die Aufwuchsdauer, die zeitliche Lage des jeweiligen Aufwuchses im Vegetationsjahr und damit verbunden die Temperatur und die Strahlungsintensität bei ausreichender Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit während der Aufwuchsphase für die Ertragsleistung der einzelnen Schnitte und damit für die Ertragsverteilung im zweiten Standjahr verantwortlich. Meist konnten an beiden Standorten die höchsten Erträge bereits im ersten Schnitt aufgrund eines verzögerten Blühbeginns im ersten Aufwuchs erzielt werden. Zum letzten Schnitt im Vegetationsjahr wurden häufig die niedrigsten Erträge aufgrund sinkender Temperaturen und abnehmender Strahlungsintensitäten ermittelt. Etwaige Unterschiede im Verhalten der Krautdrogen- und frischen Krauterträge sind auf unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse zurückzuführen.

Damit kann insgesamt die Schlussfolgerung getroffen werden, dass in beiden Standjahren bei einem voll entwickeltem Wurzelsystem an beiden Standorten nur das Erntestadium der Pflanzen (physiologisches Entwicklungsstadium; Blühstadium) über die Krautdrogenerträge pro Schnitt und damit über die Ertragsverteilung auf die einzelnen Schnitte entscheidet. Im Prinzip gilt das auch für die frischen Krauterträge, die aber oft noch zusätzlichen Schwankungen durch unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse unterworfen sind. Abweichungen vom geschilderten Ertragsverhalten werden bei den jeweiligen Einzelversuchen diskutiert.

Durch die bessere Erwärmbarkeit der Böden konnten am Baumannshof im ersten Standjahr Ertragsvorteile erzielt werden. Im zweiten Standjahr führten die tiefgründigeren Böden dagegen zu Ertragsvorteilen in Puch. Die geringere Schnittzahl im ersten Standjahr in Puch führt durch Einsparungen in den Erntekosten zu Standortvorteilen auf schwereren Böden. Dagegen ergeben sich am Baumannshof durch die gleichmäßigere Ertragsverteilung in beiden Standjahren hinsichtlich der benötigten Trocknungskapazität Vorteile für leichtere Böden.

Die beiden letztgenannten Besonderheiten konnten hinsichtlich der ökonomischen Auswirkungen in diesem Forschungsprojekt nicht geprüft werden. Nach dem bisherigen Kenntnisstand eignen sich grundsätzlich beide Standorte bezüglich des Ertragsverhaltens gleichermaßen für den Anbau von Eisenkraut. Im Hinblick auf Höchsterträge sollte tiefgründigen, gut erwärmbaren und nährstoffreichen Böden der Vorzug gegeben werden.

6.2.1.2 Pilzbefall

Abb. 6.1 Stengelfäulebefall an *Verbena officinalis L.*

Neben den direkten Standorteinflüssen wurde in allen Versuchen im Versuchsjahr 2000 das Auftreten eines Stengelfäulepilzes der Gattung *Alternaria* beobachtet (vergleiche 4.2.9 ab Seite 39), der an beiden Standorten an der Beeinflussung des Ertragsniveaus beteiligt war. Neben dem primären Befall der Stengel (Abb. 6.1) konnte zum Teil auch ein Befall der Blätter festgestellt werden.

Da am Baumannshof in beiden Versuchsjahren von einer ausreichenden Nährstoffversorgung ausgegangen werden konnte, werden die Ertragsrückgänge im ersten Standjahr von der ersten Versuchsserie 1999 zur zweiten Versuchsserie 2000 auf den Pilzbefall zurückgeführt. In Puch wurde ebenfalls eine Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums durch den Befall mit dem Schadpilz festgestellt. Im Gegensatz zum Baumannshof ergab sich aber im ersten Standjahr vom Versuchsjahr 1999 zum Versuchsjahr 2000 trotz Pilzbefall ein Ansteigen der Erträge.

Grundsätzlich konnte an beiden Standorten eine schnelle Ausbreitung des Stengelfäulepilzes immer erst ab dem Erreichen einer gewissen Bestandesdichte und in feuchten Witterungsperioden bei warmen Temperaturen beobachtet werden. Dieses Befallsverhalten ist nach HOFFMANN et al. (1994) typisch für Schadpilze, da für eine erfolgreiche Infektion einer Pflanze über einen gewissen Zeitraum ausreichend Feuchtigkeit und bestimmte Temperaturen vorherrschen müssen. Ein rasches Abtrocknen der Bestände wirkt einer Infektion mit Schadpilzen generell entgegen. Damit beziehen sich HOFFMANN et al. (1994) auf das Mikroklima in den Beständen als ausschlaggebender Faktor für einen Pilzbefall.

Durch die windoffene Lage in Puch wurde ein Abtrocknen der Bestände grundsätzlich begünstigt. Die allgemeinen Vorzüge windoffener Lagen im Hinblick auf den Befall der Bestände mit Schaderregern beschreibt auch CRÜGER (1991). Zusätzlich herrschte im Juni 2000 in Puch eine längere Trockenperiode zur Zeit einer sehr hohen Bestandesdichte, die einem Pilzbefall im ersten Aufwuchs entgegenwirkte. Ein stärkerer Pilzbefall ergab sich daher erst im Spätsommer bis Herbst. Am Baumannshof konnten Abweichungen im Verlauf der Befallsentwicklung in verschiedenen Versuchen und in unterschiedlichen Standjahren gleicher Versuche ebenfalls auf den Einfluss des Mikroklimas in den Beständen zurückgeführt werden. Da an diesem Standort wegen des flachgründigen und sandigen Bodens zusätzlich beregnet wurde, konnte sich die längere Trockenperiode im Juni 2000 nicht günstig auf den Pilzbefall auswirken.

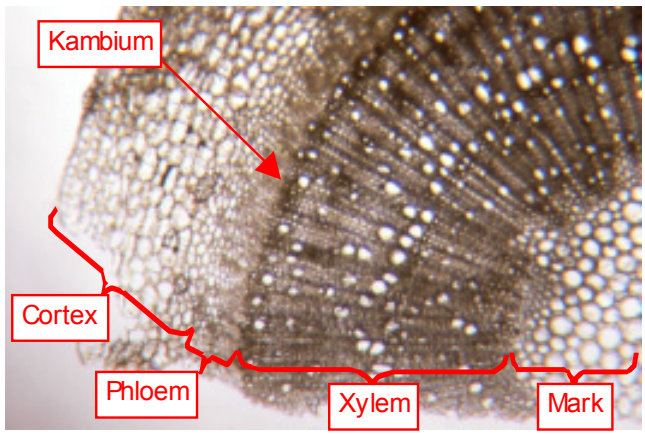


Abb. 6.2 Lichtmikroskopische Aufnahme eines Stengelquerschnitts von Verbena officinalis L.

In der überwiegenden Anzahl der Versuche kam es oft trotz Pilzbefall zu keiner übermäßigen Beeinflussung der Erträge. Dies lässt sich mit dem anatomischen Aufbau der Sprossachse und dem damit verbundenen Befallsverlauf erklären. *Verbena officinalis L.* zählt zu den dikotylen Pflanzenarten (STRASBURGER et al., 1991). Nach RAVEN et al. (2000) kann die Sprossachse bei allen dikotylen Pflanzenarten in primäre Rinde (Cortex) und Mark unterteilt werden. Zwischen primärer Rinde und Mark befindet sich meist ein geschlossener oder von Markstrahlen durchbrochener Ring kambialen Gewebes, aus dem die Leitbündel mit dem aussen liegenden Phloem und dem innen liegenden Xylem hervorgehen. Einige krautige dikotyle Pflanzenarten können sogar mehrere Leitbündelringe oder über den gesamten Sprossquerschnitt verteilte Leitbündel aufweisen. Eigenen lichtmikroskopischen Untersuchungen des Stengelquerschnitts zufolge liegt bei *Verbena officinalis L.* ein geschlossener Ring kambialen Gewebes vor, von dem nach innen Xylemzellen und nach außen Phloemzellen abdifferenziert werden (Abb. 6.2). Nach erfolgreicher Infektion des Stengels einer Pflanze durch den Schadpilz kann nun eine fortschreitende Zerstörung des Pflanzengewebes von außen nach innen beobachtet werden. Aus diesem Grund werden beim Eisenkraut die Zellen des Xylems erst vergleichsweise spät zerstört. Dadurch kann die Wasser- und Mineralstoffversorgung von der Pflanze auch noch nach einem Befall mit dem Schadpilz über einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten werden. Die über der Befallsstelle gelegenen nicht infizierten Sprossteile werden in ihrer Photosyntheseleistung über einen gewissen Zeitraum überhaupt nicht beeinträchtigt. Fortschreitender Xylembefall führt dann über eine reduzierte Wasser- und Mineralstoffversorgung zu einem Rückgang der Assimilationsleistung und erst bei einer vollständigen Zerstörung des Xylemgewebes zum Absterben der über der Befallsstelle gelegenen Pflanzenteile.

An beiden Standorten wurde in wärmeren Monaten ein Pilzbefall vor allem in den unteren Bereichen der Bestände beobachtet, da die oberen Stengelabschnitte sehr schnell durch Windeinfluss und Sonneneinstrahlung abtrocknen konnten. Im Spätsommer und Herbst verlagerte sich der Pilzbefall in die oberen Bereiche der Bestände. Dies kann mit einer schnelleren Erwärmung dieses Bereichs und einer ausreichenden Wasserverfügbarkeit bei häufig feuchter und kühler Witterung gegen Vegetationsende erklärt werden. Mit der Verschiebung des Pilzbefalls in die oberen Stengelbereiche war nur noch ein geringer Sprossanteil beeinträchtigt. Damit verbunden war ein geringer Ertragseinfluss, der dann zu den oft trotz Pilzbefall festgestellten

geringen Spannweiten der Krauterträge im dritten Schnitt bei den Versuchen am Baumannshof führte. Da sich der zweite Aufwuchs in Puch immer über einen deutlich längeren Zeitraum der Vegetationsperiode erstreckte, kam dieser Effekt nicht zum Tragen.

6.2.1.3 Eintrocknungsverhältnisse

Auch im Eintrocknungsverhältnis des Krauts lässt sich ein weiterer versuchsübergreifender Einflussfaktor erkennen, da die Höhe des Krautdrogenertrags maßgeblich vom Wassergehalt des frischen Krauts bestimmt wird. Nach HEINDL und MÜLLER (1997) entscheidet der Wassergehalt des Erntegutes und damit das Eintrocknungsverhältnis neben der Art des Erntegutes (zum Beispiel Blüten, Kraut oder Wurzeln) und dem Zerkleinerungsgrad vor Beginn der Trocknung (zerkleinert oder unzerkleinert) über die Höhe der Trocknungskosten. DACHLER und PELZMANN (1999) geben als Faustzahl für Krautfrüchte Eintrocknungsverhältnisse von 4,5 : 1 an. Nach HORNOK (1992) ist speziell beim Eisenkraut von einem Eintrocknungsverhältnis des Krauts in Höhe von 5 : 1 auszugehen.

Im Verlauf des Forschungsprojekts wurden beim Eisenkraut im ersten Standjahr Eintrocknungsverhältnisse von 2,7 : 1 bis 5,8 : 1 ermittelt. Im zweiten Standjahr erstreckten sich die Eintrocknungsverhältnisse über einen Bereich von 2,9 : 1 bis 7,2 : 1.

Grundsätzlich können Eintrocknungsverhältnisse durch verschiedene Faktoren, wie zum Beispiel die Witterung vor der Ernte und am Erntetermin selbst, die Tages- und Jahreszeit oder auch das Pflanzenalter (HEEGER, 1956), beeinflusst werden. Feuchte Witterung zur Ernte führt zum Beispiel zu höheren Eintrocknungsverhältnissen über anhaftendes freies Wasser an den Pflanzen. Trockene Witterung und windoffene Lagen bewirken dagegen ein schnelleres Abtrocknen der Bestände. Nach KELLER et al. (1997) wird von der Länge der Vegetationsphase, die einer Pflanze zur Verfügung steht, der Trockenmassezuwachs bestimmt. Demnach weisen ältere Pflanzen meist geringere Eintrocknungsverhältnisse auf. Auch in der Stickstoffversorgung ist ein weiterer versuchsübergreifender Einflussfaktor zu sehen. Wie AMBERGER (1996), KRUG (1991) und RÖBER und SCHALLER (1985) beschreiben, führt eine hohe Stickstoffversorgung zu einer schwachen Ausbildung der Zellwände und zur Bildung von lockeren, schwammigen und wasserreichen Geweben mit der Konsequenz höherer Eintrocknungsverhältnisse.

Im ersten Standjahr wurde in den meisten Versuchen an beiden Standorten eine kontinuierliche Abnahme der Eintrocknungsverhältnisse vom ersten bis zum letzten Schnitt ermittelt. Die Hauptursache war in der Wurzelentwicklung und im Jahresklima zu sehen. In der Jugendphase der Pflanzen musste neben den Nährstoffen auch ein Teil der photosynthetisch gebildeten Assimilate für die Wurzelentwicklung aufgewendet werden. In den Folgeschnitten ergibt sich daraus bei einem vollständig entwickelten Wurzelsystem eine erhöhte Assimilate-Verfügbarkeit. Da Eisenkraut nach CHEYMOL (1937) und MAKBOUL (1986) die Speichersubstanz Stachyose in der Wurzel, zu einem erheblichen Anteil aber auch im Stengel einlagert, kann der Rückgang der Eintrocknungsverhältnisse des Krauts in den Folgeschnitten bei vergleichbarem physiologischen Alter auf eine erhöhten Stachyosegehalt der Stengel zurückgeführt werden. Eine Überprüfung eigener Zusatzdaten aus dem Versuch *Ernte nach Blühbeginn* zum Gewichtsanteil

von Blättern, Stengeln und Blütenständen in der Krautdroge ergab aber keine Hinweise auf eine Zunahme des Stengelanteils mit steigenden Trockensubstanzgehalten (steigender Krautdrogenertrag bei gleichbleibender Pflanzenhöhe). Geht man davon aus, dass von beiden Autoren tatsächlich Stachyose im Stengel gefunden wurde, so müssen die Angaben dahingehend verifiziert werden, dass eine homogen verteilte Einlagerung der Speichersubstanz in der Krautmasse erfolgt. Auch HÄNSEL et al. (1994) weisen unter anderem darauf hin, dass Stachyose in allen Pflanzenteilen zu finden ist. Die sinkenden Eintrocknungsverhältnisse in den Folgeschnitten lassen sich demnach genauer mit der höheren Assimilateverfügbarkeit und der verstärkten Einlagerung von Stachyose in den oberirdischen Pflanzenteilen erklären. Im letzten Aufwuchs waren die niedrigen Eintrocknungsverhältnisse vor allem auf das veränderte Klima gegen Vegetationsende zurückzuführen. Zum einen geht nach KELLER et al. (1997) bei niedrigeren Bodentemperaturen die Wasseraufnahme durch das Wurzelsystem zurück. Zum anderen entwickeln Pflanzen unter kühleren Temperaturen (FRITZ et al., 1989; KRUG, 1991) und abnehmenden Tageslängen aber auch festere Gewebe mit kleinlumigeren Zellen. Beim Eisenkraut kann diese Reduktion des Wassergehalts als Anpassung der Pflanze an bevorstehende Fröste gesehen werden, da mit der Verringerung des Wasserpotentials in der Zelle (Erhöhung der Zellsaftkonzentration) eine Absenkung des Gefrierpunkts und gleichzeitig ein Schutzmechanismus gegen frostbedingte Plasmolyse einhergeht (KELLER et al., 1997).

Absinkende Tagestemperaturen und kürzer werdende Tage waren auch im zweiten Standjahr dafür verantwortlich, dass gegen Ende der Vergetationsperiode immer vergleichsweise niedrige Eintrocknungsverhältnisse ermittelt werden konnten. Vergleichbar mit dem ersten wurde auch im zweiten Standjahr in den meisten Versuchen eine Abnahme der Eintrocknungsverhältnisse vom ersten zum letzten Schnitt ermittelt. Der wesentliche Unterschied bestand darin, dass die Pflanzen im zweiten Standjahr bereits im ersten Aufwuchs ein voll entwickeltes Wurzelsystem aufwiesen. Höhere Eintrocknungsverhältnisse konnten demnach nicht mit einer geringeren Reservestoffeinlagerung in den oberirdischen Pflanzenteilen begründet werden. Im ersten Aufwuchs des zweiten Standjahres wurden aber deutlich höhere Krauterträge erzielt und größere Bestandeshöhen erreicht als im ersten Standjahr. Hauptursache für die hohen Eintrocknungsverhältnisse zum ersten Schnitt des zweiten Standjahres waren demnach die wesentlich dichteren, schlecht abtrocknenden Bestände. Abweichungen vom beschriebenen Verhalten waren in den Versuchen auf unterschiedliche Nährstoffversorgung in einzelnen Versuchsjahren, auf Witterungseinflüsse und auch auf die Länge der Vegetationsphase und damit auf das Pflanzenalter zurückzuführen.

6.2.2 Versuchsspezifische Einflussfaktoren

6.2.2.1 Herkunft

Im ersten Standjahr wurden am Baumannshof die signifikant höchsten Gesamterträge an Krautdroge von den Herkünften ´Ungarn´, ´Toscana´ und ´Bornträger´ erzielt. Die frischen Krauterträge zeigten keine statistisch absicherbaren Unterschiede. Sowohl beim frischen Kraut als auch

bei der Krautdroge ergab sich durch den Pilzbefall der Bestände in Versuchsserie zwei 2000 der stärkste Ertragsrückgang bei der Herkunft ´Toscana´. Vergleichsweise geringe Reaktionen des Gesamtertrags auf den Pilzbefall zeigten die Herkünfte ´Sevilla´ und ´Ungarn´.

Am Standort Puch wurden, ausgelöst durch den starken Einfluss der zu geringen Nährstoffversorgung in Versuchsserie eins 1999 und durch den Pilzbefall in Versuchsserie zwei 2000, im ersten Standjahr signifikante Wechselwirkungen bei der Auswertung der Gesamterträge an frischem Kraut und an Krautdroge ermittelt. Auffallend war an diesem Standort, dass die Herkünfte ´Ungarn´ und ´Bornträger´ im ersten Standjahr in Versuchsserie zwei 2000 bei angepasster Nährstoffversorgung und unter dem Einfluss des Schadpilzes die signifikant höchsten Gesamterträge lieferten. Diese beiden Herkünfte zeigten zudem die größten Ertragssteigerungen von der ersten Versuchsserie 1999 zur zweiten Versuchsserie 2000. Da die Herkunft ´Toscana´ in Serie eins 1999 noch die höchsten Gesamterträge an frischem Kraut und an Krautdroge lieferte und in Serie zwei 2000 die schlechteste Ertragsleistung erbrachte, ergab sich bei dieser Herkunft wie schon am Baumannshof die stärkste negative Reaktion auf den Krankheitsbefall.

Als mögliche Ursache für dieses Verhalten kommt nach HOFFMANN et al. (1994) eine gesteigerte Anfälligkeit der Herkunft gegenüber dem Befall mit einem Schaderreger in Frage. MALOY und MURRAY (2001) zufolge kann dafür aber auch eine Samenübertragbarkeit des Schaderregers verantwortlich sein. Für eine Kontamination des Saatguts der Herkunft ´Toscana´ spricht die Tatsache, dass im ersten Aufwuchs des ersten Standjahres (Versuchsserie zwei 2000) an beiden Versuchsgütern die Parzellen der Herkunft ´Toscana´ bereits vor den anderen Herkünften den Befall mit dem Schadpilz zeigten. Außerdem konnten in den weiteren Aufwüchsen des ersten Standjahres und in allen Aufwüchsen des zweiten Standjahres weder Unterschiede im Befallsbeginn noch in der Befallsstärke zwischen einzelnen Herkünften festgestellt werden. Bestärkt wird die Hypothese der Saatgutkontamination dadurch, dass an beiden Standorten für die Jungpflanzenanzucht 2000 nur bei der Herkunft ´Toscana´ Saatgut aus eigener Ernte verwendet wurde. Da diese Samen erst sehr spät im Vorjahr von Pflanzen gewonnen wurden, deren Kraut bereits abgestorben war, lag die Vermutung einer Kontamination mit einem Schadpilz nahe. Durch eine Untersuchung des Saatguts auf Pilzbefall an der LBP (MAUCKNER, 8.1 ab Seite 210) konnte ein starker Befall des Saatguts mit einem Pilz der Gattung *Alternaria* gefunden werden. Nach SCHWANTES (1996) ernähren sich Pilze der Gattung *Alternaria* obligat saprotroph. Einige Arten sind aber in der Lage, Phytotoxine zu bilden, die in das lebende Wirtsgewebe ausgeschieden werden. Abgestorbene Zellen können dann als Substrat genutzt werden. Als Krankheitsbild treten unter anderem Faulstellen auf. SCHWANTES (1996) und BÜTTNER (8.1 ab Seite 210) zufolge handelt es sich bei diesen Arten um Schwächeparasiten, die nur vorgeschädigte Wirte befallen können. In allen Eisenkrautbeständen wurde nun häufig ein starker Besatz mit Wanzen festgestellt, deren Saugtätigkeit aber keinen Einfluss auf das Pflanzenwachstum ausübte. Allerdings stellen Saugstellen ideale Eintrittspforten für Schwächeparasiten dar (BÜTTNER, 8.1 ab Seite 210).

Zudem widerspricht einer gesteigerten Anfälligkeit der Herkunft ´Toscana´ die Tatsache, dass im zweiten Standjahr trotz Pilzbefall beim frischen Kraut an beiden Standorten und bei der Krautdroge am Baumannshof von der Herkunft ´Toscana´ sogar die höchsten Gesamterträge erzielt wurden. Das meist schlechtere Ertragsverhalten der Herkunft ´Toscana´ in den späteren

Schnitten des ersten Standjahres ist somit als Folgeerscheinung des frühen Befalls im ersten Aufwuchs zu sehen. Demnach lag das schlechte Abschneiden der Herkunft ´Toscana´ in der zweiten Versuchsserie 2000 des ersten Standjahres eindeutig an der Verwendung von kontaminiertem Saatgut.

Im zweiten Standjahr konnten weder beim frischen Kraut noch bei der Krautdroge signifikante Unterschiede zwischen den Gesamterträgen der Herkünfte festgestellt werden. Wie unter 6.2.1.1 ab Seite 138 beschrieben, wurde im ersten Standjahr meist eine Zunahme der Krautdrogenerträge vom ersten zum zweiten Schnitt ermittelt. Am Standort Puch ergaben sich aber in Versuchsserie eins 1999 ähnlich hohe Krautdrogenerträge in beiden Schnitten. Verantwortlich dafür war die zu geringe Stickstoffversorgung der Bestände und der damit verbundene stärkere Stickstoffmangel im zweiten Aufwuchs. Auch KELLER et al. (1997) bestätigen, dass Pflanzen bei länger anhaltendem Stickstoffstress mit einer Verschiebung der Assimilateverteilung zu Gunsten des Wurzelsystems reagieren. Daneben führt Stickstoffmangel zu einer teilweisen Schließung von Spaltöffnungen und damit zu einem Absinken der Photosyntheseleistung (KELLER et al., 1997).

Insgesamt konnten keine herkunftsbedingten Abweichungen im Ertragsverhalten pro Schnitt festgestellt werden. Eintrocknungsverhältniss und Frosthärte wurden durch die Herkunftswahl ebenfalls nicht beeinflusst. Im Winter 2000/2001 kam es nur am Baumannshof zu einem Totalausfall des gesamten Herkünfteversuchs. Erklärend können dafür verschiedene Einflussfaktoren angeführt werden: Die Pflanzung der Versuchsserie zwei 2000 erfolgte erst, nachdem alle anderen Versuche gepflanzt wurden, und damit vergleichsweise spät Anfang Mai. Dennoch wurden auch in diesem Versuch im ersten Standjahr drei Schnitte durchgeführt. Zusätzlich zeigten die Bestände zu den einzelnen Schnitten einen geringen bis mittleren Pilzbefall. Um den Krankheitsdruck für das Folgejahr zu senken, wurde dann auch in diesem Versuch Ende Oktober ein Rückschnitt der Parzellen vorgenommen. Eine starke Empfindlichkeit gegenüber einem zu späten Schnitt ist im Hinblick auf die Frosthärte zum Beispiel von den Arten *Salvia officinalis L.* (BOMME, 1990 a) oder *Thymus vulgaris L.* (BOMME, 1990 b) bekannt. Jeder der genannten Faktoren wird für sich vom Eisenkraut sehr gut toleriert. Erst mit dem Zusammentreffen all dieser Einflüsse wurden die Pflanzen in diesem Versuch stark geschwächt, was sich dann in der geringen Frosthärte und dem daraus folgenden Totalausfall der Pflanzen manifestierte. Nach KELLER et al. (1997) gilt allgemein, dass geschwächte Pflanzen (Entwicklungs- und Ernährungszustand) eine geringere Frosthärte aufweisen.

Unter Berücksichtigung aller genannter Tatsachen sind die Herkünfte ´Ungarn´, ´Bornträger´ und ´Toscana´ hinsichtlich der Gesamterträge und der Krankheitstoleranz für beide Standorte gleichermaßen geeignet.

Die Herkunft ´Sevilla´ erwies sich zwar hinsichtlich des Pilzbefalls in der Ertragsleistung ebenfalls als verhältnismäßig robust, schnitt aber im ersten Standjahr an beiden Standorten und im zweiten Standjahr in Puch im Hinblick auf die Erträge am schlechtesten ab.

Wegen einer möglichen Saatgutkontamination mit Schadpilzen sollte das verwendete Saatgut vor einem Feldanbau in jedem Fall auf Pilzbefall untersucht werden.

6.2.2.2 Pflanztermin

Im zweiten Standjahr konnten an beiden Versuchsstandorten nach einer Frühjahrspflanzung signifikant höhere frische Kraut- und Krautdrogenerträge erzielt werden als nach einer Herbstpflanzung. Dieses unterschiedliche Ertragsverhalten lässt sich damit erklären, dass im Frühjahr gepflanzte Bestände im zweiten Standjahr bereits ein voll entwickeltes Wurzelsystem aufweisen. Nach einer Herbstpflanzung können die Jungpflanzen zwar noch mehr oder weniger gut einwurzeln, bis zum Austrieb dieser Pflanzen im Frühjahr des zweiten Standjahres war die Wurzelentwicklung aber an keinem der beiden Versuchsstandorte abgeschlossen, was durch das Ertragsverhalten pro Schnitt im zweiten Standjahr bestätigt wird. Im Gegensatz zur Frühjahrspflanzung stiegen die Krautdrogenerträge nach einer Herbstpflanzung nämlich vom ersten zum zweiten Schnitt durch den erhöhten Nährstoff- und Assimilatebedarf für den Aufbau des Wurzelsystems im ersten Aufwuchs sehr stark an (RAVEN et al., 2000; JANSEN et al., 1998). Im Frühjahr gepflanzte Bestände lieferten im zweiten Standjahr bereits im ersten Schnitt sehr hohe Erträge. Auch die Abnahme der Ertragsunterschiede zwischen beiden Ernteterminen vom ersten bis zum letzten Schnitt am Baumannshof werden durch die fortschreitende Entwicklung des Wurzelsystems der im Herbst gepflanzten Bestände erklärt.

In Puch konnten im ersten Schnitt des zweiten Standjahres nach einer Frühjahrspflanzung aufgrund des bereits voll entwickelten Wurzelsystems ebenfalls wesentlich höhere Erträge erzielt werden als nach einer Herbstpflanzung. Im letzten Schnitt wurde dagegen ein leichter Ertragsvorteil der im Herbst gepflanzten Bestände festgestellt. Begründet wird dies mit einem verzögerten Wiederaustrieb im Frühjahr gepflanzter Parzellen nach dem ersten Schnitt, der zu einer im Vergleich zur Herbstpflanzung verkürzten Aufwuchsphase im zweiten Schnitt führte. Die Begründung liefert folgender Sachverhalt: Im Laufe des Projekts wurde häufig beobachtet, dass Eisenkrautpflanzen immer dann eine beschleunigte Bestandesentwicklung zeigten, wenn nach der Ernte in der verbleibenden Reststoppel noch Blätter und junge Triebe vorhanden waren. Ältere Bestände, die vor der Ernte in den unteren Stengelbereichen bereits verkahlt waren, benötigten einen längeren Zeitraum, bis mit der erneuten Bildung von jungen Trieben und Blättern ein Wiederaustrieb der Pflanzen festgestellt werden konnte. Ein vergleichbares Verhalten zeigt beispielsweise *Melissa officinalis L.* (BOMME, 2001). Die Verkahlung ist nach JANSEN et al. (1998) eine Folge des Lichtmangels im unteren Bereich dichter Bestände, in dessen Folge die nicht mehr produktiven Blätter (Lichtkompensationspunkt!) vergilben und abgestoßen werden.

Da in Puch zur Ernte des ersten Aufwuchses die Bestände nach einer Frühjahrspflanzung im Vergleich zur Herbstpflanzung wesentlich weiter entwickelt waren, wie sich an der deutlich höheren Krautmasse zeigt, und in den unteren Stengelabschnitten aufgrund von Lichtmangel bereits stark verkahlt waren, konnte sich der spätere Wiederaustrieb mit der damit verbundenen kürzeren Vegetationsphase auch im Krautertrag des zweiten Schnitts niederschlagen. Im Versuch spiegelte sich das uneinheitliche Ertragsverhalten nach verschiedenen Pflanzterminen an beiden Standorten in signifikanten Wechselwirkungen zwischen den Faktoren *Pflanztermin* und *Schnitt* wider.

Neben den insgesamt niedrigeren Gesamterträgen wurde nach Herbstpflanzungen auch eine schlechtere Frosthärte festgestellt, die im Winter 2000/2001 sogar zu einem Totalausfall führte. Für eine geringere Frosthärte kommen nach KELLER et al. (1997) genetische Unterschiede und der Ernährungszustand der Pflanzen in Frage. Da genetische Unterschiede durch die Verwendung der gleichen Saatgutpartie ausgeschlossen waren, und die Bestände auch nach einer Herbstpflanzung optimal mit Nährstoffen versorgt waren, ist die Ursache der geringeren Frostresistenz im jüngeren physiologischen Alter der Pflanzen begründet. Dies bestätigen auch Untersuchungen von WOODWARD (1997), wonach ältere Eisenkrautpflanzen eine größere Frosthärte aufweisen. Bei maximaler Frosthärte werden von *Verbena officinalis L.* Temperaturen von -5 bis -7 °C gut toleriert. Sinken die Temperaturen bei jungen Pflanzen unter -10 °C und bei alten Pflanzen unter -17 °C kommt es zu einem Totalausfall der Bestände (WOODWARD, 1997). Da nach KELLER et al. (1997) und STRASBURGER et al. (1991) Auswinterungsschäden aber häufig auch auf frostbedingten Wassermangel oder auf ein Auffrieren des Bodens zurückgeführt werden können, kann auch im größeren Wurzelsystem älterer Pflanzen ein weiterer entscheidender Faktor für die verbesserte Frostresistenz zu finden sein. Die geringere Frosthärte der im Herbst gepflanzten Bestände zeigte sich im Frühjahr des Folgejahres auch in einem etwas schlechteren Austrieb der Pflanzen.

Unterschiede im Pilzbefall konnten nur im zweiten Schnitt des zweiten Standjahres am Baumannshof festgestellt werden, in dem nach einer Herbstpflanzung ein mittlerer und in den im Frühjahr gepflanzten Parzellen ein mittlerer bis starker Pilzbefall bonitiert wurde. Da die frischen Krauterträge im zweiten Schnitt nach einer Herbstpflanzung deutlich geringer ausfielen als nach einer Frühjahrspflanzung, kann dies auf die niedrigere Bestandesdichte mit dem damit verbundenen trockeneren Mikroklima im Bestand zurückgeführt werden. Ein direkter Einfluss des Pflanztermins auf den Krankheitsbefall ergab sich demnach nicht.

In der Regel wurden die niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse im zweiten Standjahr an beiden Standorten nach einer Herbstpflanzung gefunden. Dieser auf den ersten Blick offensichtliche Einfluss des Pflanztermins erwies sich aber nur indirekt als zutreffend. Vergleicht man die Krautdrogenerträge des zweiten Standjahres (Tab. 8.28 auf Seite 233 und 8.29 auf Seite 233) mit den ermittelten Eintrocknungsverhältnissen pro Schnitt (Tab. 8.30 auf Seite 234 und 8.31 auf Seite 234), so fällt auf, dass niedrigere Eintrocknungsverhältnisse immer an geringere Krautdrogenerträge gekoppelt waren. Die ermittelten Unterschiede waren also mit unterschiedlich dichten Beständen und damit mit einem unterschiedlichen Abtrocknen der Krautmasse zu erklären. Die Wahl des Pflanztermins hatte folglich nur über die direkten Auswirkungen auf die Bestandesdichte einen Einfluss auf die Eintrocknungsverhältnisse. Ein ökonomischer Vorteil durch die meist geringeren Eintrocknungsverhältnisse ist durch die Kopplung an niedrige Erträge nicht zu erwarten.

Aus all diesen Punkten folgt, dass die Frühjahrspflanzung von *Verbena officinalis L.* aufgrund der höheren Erträge im zweiten Standjahr und der besseren Frosthärte der Pflanzen in jedem Fall einer Herbstpflanzung vorgezogen werden sollte.

6.2.2.3 Pflanzabstand

Im ersten Standjahr konnten am Baumannshof die signifikant höchsten Gesamterträge an frischem Kraut und an Krautdroge nur bei den beiden engeren Pflanzabständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* ermittelt werden. Beim frischen Kraut wurden signifikante Wechselwirkungen festgestellt, die auf die stark abweichenden Erträge der Pflanzabstände *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* in den Versuchsserien eins 1999 und zwei 2000 zurückzuführen waren. Als Ursache kann anhand der Boniturergebnisse (5.2.3.11 auf Seite 92) ein gegenüber dem weitesten Pflanzabstand stärkerer Krankheitsbefall bei den Abständen *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* ausgeschlossen werden. Da in beiden Versuchsserien des ersten Standjahres insbesondere bei den beiden dichteren Pflanzungen nahezu identische Krautdrogenerträge erzielt wurden, erklären sich die Ertragsunterschiede beim frischen Kraut vollständig durch abweichende Eintrocknungsverhältnisse (Tab. 8.46 auf Seite 242).

In Puch wurde im Mittel beider Versuchsjahre kein Einfluss des Pflanzabstands auf den Gesamtertrag an frischem Kraut oder an Krautdroge im ersten Standjahr ermittelt. Ein dem Baumannshof vergleichbares Ertragsverhalten konnte nur bei schlechter Nährstoffversorgung im Versuchsjahr 1999 festgestellt werden. In beiden Versuchsserien wurde der erste Schnitt in Puch erst relativ spät, gegen Ende August, durchgeführt. Ausschlaggebend für die fehlenden Ertragsunterschiede zwischen den untersuchten Pflanzabständen im Versuchsjahr 2000 war die Tatsache, dass Eisenkrautpflanzen vorhandenen Standraum sehr gut nutzen können und damit auch beim weitesten Pflanzabstand geschlossene Bestände ausbilden. KELLER et al. (1997) zufolge kommt es vom Schließen der Bestände an mit fortschreitender Pflanzenentwicklung zu einer gegenseitigen Beschattung. Zusätzlich treten nach JANSEN et al. (1998) Pflanzen mit abnehmendem Standraum im Laufe ihrer Entwicklung früher in Wasser- und Nährstoffkonkurrenz zueinander. Beides führt zu negativen Auswirkungen auf die Photosyntheseleistung. In Versuchsserie zwei 2000 kam es in der Folge des sehr späten Erntetermins bei den beiden dichteren Pflanzungen früher und über einen längeren Zeitraum zu einer Beeinträchtigung der Photosyntheseleistung. Pflanzungen im Abstand *50 x 30 cm* erwiesen sich im ersten Standjahr in Puch bei dem sehr späten Erntetermin hinsichtlich der gegenseitigen Beschattung als optimal, mit der Konsequenz einer wesentlich geringeren Beeinträchtigung der Photosyntheseleistung. Vorteile in der Assimilationsleistung der Bestände, die sich in frühen Entwicklungsphasen durch höhere Pflanzenzahlen pro m² bei den beiden engeren Pflanzabständen ergaben, glichen sich somit durch den sehr späten Erntetermin im ersten Standjahr in Versuchsserie zwei 2000 wieder aus. In Versuchsserie eins 1999 war bei schlechter Stickstoffversorgung am Standort Puch keine optimale Entwicklung der Pflanzen möglich. Da der Einfluss der gegenseitigen Beschattung dadurch bei den engeren Pflanzabständen geringer ausfiel, führte die intensivere Durchwurzelung der Böden über eine verbesserte Nährstoffaufnahme sowie die größere Pflanzendichte über eine erhöhte Assimilationsleistung der Bestände pro Hektar zu erkennbaren Ertragsvorteilen gegenüber dem Pflanzabstand *50 x 30 cm*. Am Baumannshof kamen diese Einflussfaktoren durch die zeitnahe Beerntung zum vorgegebenen Termin nicht zum Tragen. Die genannten Zusammenhänge erklären auch die Zunahme in den Spannweiten der drei Pflanzabstände.

Im zweiten Standjahr wurde an beiden Versuchsgütern ein ähnliches Verhalten der Gesamterträge beobachtet. Die signifikant höchsten Gesamterträge an frischem Kraut konnten für die Pflanzabstände *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* ermittelt werden. Bei der Krautdroge ergab sich nur am Baumannshof ein statistisch gesicherter Vorteil der beiden engeren Pflanzabstände, wobei auch in Puch der niedrigste Gesamtertrag für den Pflanzabstand *50 x 30 cm* ermittelt werden konnte. Über die Ertragsauswertung pro Schnitt ließ sich in Puch ein Teil der Fehlervarianz auf den Schnitteinfluss zurückführen, wodurch dann auch an diesem Standort bei der Krautdroge der Ertragsvorteil der Pflanzabstände *25 x 15 cm* und *30 x 25 cm* statistisch abgesichert werden konnte.

Im ersten Standjahr war in Puch in der ersten Versuchsserie 1999, bedingt durch die schlechte Stickstoffversorgung, nur ein Schnitt möglich. In der zweiten Versuchsserie 2000 zeigte der zweite Aufwuchs zum Erntetermin einen extrem starken Pilzbefall, so dass eine sinnvolle Ertragsbestimmung nicht mehr durchgeführt werden konnte. Ein Vorverlegen des Erntetermins war witterungsbedingt nicht möglich, so dass auch in dieser Versuchsserie nur der erste Aufwuchs in der Versuchsauswertung berücksichtigt wurde.

Am Baumannshof ergab sich im ersten Standjahr in beiden Versuchsserien eine unterschiedliche Ertragsverteilung auf die einzelnen Schnitte. Im zweiten Schnitt zeigten die pflanzabstandsbezogenen Erträge in beiden Versuchsserien ebenfalls ein unterschiedliches Verhalten. Varianzanalytisch wurde dies durch signifikante Dreifachwechselwirkungen zwischen den Faktoren *Pflanzabstand*, *Schnitt* und *Versuchsserie* bestätigt. Dafür verantwortlich waren folgende Gründe: Die höheren Erträge an frischem Kraut und an Krautdroge im ersten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 im Vergleich zum ersten Schnitt der Serie eins 1999 lassen sich durch eine erhöhte Photosyntheseleistung aufgrund höherer mittlerer Tagestemperaturen in den Monaten Mai und Juni des Versuchsjahres 2000 erklären. Eine Betrachtung der Spannweiten zeigt hier, dass die höheren Tagestemperaturen bei dichteren Pflanzabständen einen größeren Effekt hervorriefen als bei weiteren. Auch in diesem Fall kam bei den beiden dichteren Pflanzungen wieder der Vorteil der größeren Pflanzenzahl pro Hektar, und damit verbunden die anfangs höhere Photosyntheserate und die intensivere Durchwurzelung der Böden zum Tragen. Im zweiten Schnitt des ersten Standjahres wurden dann am Baumannshof in der ersten Versuchsserie 1999 die signifikant höchsten frischen Kraut- und Krautdrogenerträge durch Pflanzungen im Abstand *25 x 15* und *30 x 25 cm* erzielt. In der zweiten Versuchsserie 2000 ließ sich dagegen kein Einfluss des Pflanzabstands mehr ermitteln. Zur Klärung dieses abweichenden Ertragsverhaltens muss festgestellt werden, dass in der zweiten Versuchsserie 2000 im zweiten Aufwuchs in den Sommermonaten zwei Wochen mehr zur Verfügung standen als in der ersten Serie 1999. Damit konnten - wie schon bei den Gesamterträgen des ersten Standjahres in Puch beschrieben - anfängliche Nachteile in der Assimilationsleistung pro Hektar und die geringere Durchwurzelungsintensität beim Pflanzabstand *50 x 30 cm* mit fortschreitender Entwicklung der Bestände durch eine geringere gegenseitige Beschattung und eine niedrigere Nährstoff- und Wasserkonkurrenz der Pflanzen kompensiert werden. Ein stärkerer Krankheitsbefall dichterer Pflanzungen scheidet als möglicher Grund für ein vergleichbares Ertragsverhalten aus, da die Befallsstärke bei allen drei Abständen mit *gering bis mittel* gleich bonitiert wurde. Vom zweiten zum dritten

Schnitt gingen die Erträge in Versuchsserie zwei 2000 bei allen Pflanzabständen deutlich zurück. In Serie eins 1999 blieben die Erträge auch im dritten Schnitt auf einem hohen Niveau. Die geringeren Erträge des dritten Schnitts der Versuchsserie zwei 2000 im Vergleich zum dritten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 können damit erklärt werden, dass der zweite Schnitt 2000 16 Tage später durchgeführt wurde. Nach RICHTER (1997) führen vor allem abnehmende Lichtintensitäten und kürzere Tageslängen zum Jahresende zu einem Rückgang in der Photosyntheseleistung der Pflanzen. Sinkende Temperaturen wirken sich hauptsächlich bei hohen Lichtintensitäten deutlich auf die Assimilationsleistung aus. Da in Folge eines gewissen Zeitbedarfs für den Wiederaustrieb eine weitere Verschiebung der Vegetationsphase in Richtung Ende der Vegetationsperiode stattfand, führte dies dazu, dass bei gleicher Vegetationsdauer die Ertragszuwächse im dritten Aufwuchs durch einen späteren zweiten Schnitt geringer ausfielen. Damit konnte im ersten Standjahr kein direkter Einfluss durch die Wahl des Pflanzabstands auf die Ertragsverteilung pro Schnitt oder die Anzahl an möglichen Schnitten gefunden werden.

Auch im zweiten Standjahr wurde die Ertragsverteilung pro Schnitt und die Anzahl der möglichen Schnitte nicht durch die Wahl des Pflanzabstands beeinflusst. Grundsätzliche Einflussfaktoren sind unter 6.2.1.1 ab Seite 138 nachzulesen.

In keinem der beiden Standjahre und an keinem Standort wurde ein deutlicher und regelmäßiger Einfluss des Pflanzabstands auf den Pilzbefall festgestellt. Da sich auch beim weitesten Pflanzabstand an beiden Versuchsgütern dichte Eisenkrautbestände entwickelten, kann von einem ähnlichen Mikroklima in den Beständen in allen drei Fällen ausgegangen werden, das dann, wie unter 6.2.1.2 ab Seite 144 beschrieben, zu dem vergleichbaren Befallsdruck führt. Frosthärte und Austrieb im Frühjahr wurden ebenfalls nicht beeinflusst.

An beiden Standorten und in beiden Standjahren konnte in einigen Schnitten ein Rückgang der Eintrocknungsverhältnisse durch eine Vergrößerung des Pflanzabstands festgestellt werden, was auf eine verbesserte Luftzirkulation in weniger dichten Beständen (HOFFMANN et al., 1994) und damit auf ein schnelleres Abtrocknen zurückgeführt werden kann. Andererseits wurde auch in einigen Schnitten kein Einfluss des Pflanzabstands festgestellt. Dies kann auf die gute Nutzung des verfügbaren Standraums zurückgeführt werden. Je älter die Pflanzen werden, desto geringer wird demnach der Unterschied in der Bestandesdichte zwischen den gewählten Pflanzabständen. Damit wird auch bei weiteren Pflanzungen die Luftzirkulation im Bestand vergleichsweise stark gehemmt und das Abtrocknen der Bestände verlangsamt. Im Zusammenspiel von Bestandesdichte und Witterung zur Ernte können sich daraus von Fall zu Fall Unterschiede in den Eintrocknungsverhältnissen ergeben. Die zum Teil gefundenen leichten Vorteile im Eintrocknungsverhältnis weiterer Pflanzabständen waren aber meist gering, so dass größere Einsparungsmöglichkeiten bei den Trocknungskosten nicht zu erwarten sind.

Die höchsten Erträge konnten durch einen Anbau in den Abständen *25 x 15* und *30 x 25 cm* erzielt werden. Allerdings muss beachtet werden, dass der Jungpflanzenbedarf für den Pflanzabstand *25 x 15 cm* doppelt so hoch ausfällt wie für eine Pflanzung im Abstand *30 x 25 cm*. Pflanzabstandsbedingte Abweichungen im Ertragsverhalten pro Schnitt und in der Anzahl der Schnitte wurden nicht ermittelt.

Damit erwies sich an beiden Standorten im Mittel beider Standjahre die Wahl des Pflanzabstands *30 x 25 cm* hinsichtlich Ertrag, Jungpflanzenbedarf und Pilzbefall als optimal.

6.2.2.4 Saattermin

Im ersten Standjahr konnten in beiden Versuchsjahren nach einer Aussaat von GA_3-behandeltem Saatgut wesentlich höhere Gesamterträge erzielt werden als nach der Verwendung von unbehandeltem Saatgut. Ausschlaggebend war das auffallend bessere Auflaufergebnis von vorbehandeltem Saatgut. Nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut konnten sich dagegen nur äußerst lückige Bestände entwickeln. Nach den Erkenntnissen aus den Versuchen *Wechseltemperatur* und *Einquellen in Gibberellinsäure* konnte das schlechte Auflaufergebnis von unbehandeltem Saatgut zum einen auf Lichtmangel, zum anderen auf nicht ausreichend hohe Bodentemperaturen nach einer Frühjahrssaat zurückgeführt werden. Gleiches galt für die Sommersaat.

Eine Erklärung für die Spannweite der Gesamterträge und die Ertragsunterschiede der beiden Vorbehandlungsvarianten im ersten Standjahr nach einer Frühjahrssaat kann durch die Betrachtung der Erträge pro Schnitt, insbesondere der Krautdrogenerträge, gegeben werden. Nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut im Frühjahr wurden in beiden Versuchsserien im ersten Schnitt ähnlich hohe Krautdrogenerträge erzielt. In der ersten Versuchsserie 1999 nahm der Ertrag vom ersten zum zweiten Schnitt ab. In der zweiten Versuchsserie 2000 stieg der Krautdrogenertrag dagegen vom ersten zum zweiten Schnitt stark an. Die Verwendung von unbehandeltem Saatgut führte in der ersten Versuchsserie 1999 zu einer Ertragszunahme vom ersten zum letzten Schnitt. In der zweiten Versuchsserie 2000 konnte aufgrund des sehr schlechten Feldaufgangs von unbehandeltem Saatgut in beiden Schnitten nur ein äußerst geringer Ertrag erzielt werden. Anders als bei den gepflanzten Versuchen war dieses unterschiedliche Verhalten auf die Stickstoffversorgung zurückzuführen. Nach einer Aussaat im Frühjahr wurde, unabhängig von einer Vorbehandlung des Saatguts, der Gesamtauflauf gegen Ende Mai beziehungsweise Anfang Juni festgehalten. Wie bereits unter 6.2.1.1 ab Seite 138 festgestellt wurde, war im Versuchsjahr 1999 die Mineralisierungsrate für die Stickstoffversorgung der Bestände und damit für die Höhe der Erträge verantwortlich. Während des ersten Aufwuchses konnte aufgrund warmer Temperaturen zum einen von einer hohen Mineralisierungsrate ausgegangen werden, zum anderen wurde bis zum ersten Schnitt der Hauptanteil der berechneten Stickstoffmenge abzüglich der N_{min}-Gehalte gedüngt. Dies führte im ersten Schnitt zu ähnlichen Erträgen wie in den gepflanzten Versuchen. Der erste Schnitt konnte nach einer Direktsaat in Versuchserie eins 1999 erst Anfang August erfolgen. Während des zweiten Aufwuchses musste aufgrund abnehmender Tagestemperaturen von abnehmenden Mineralisationsraten ausgegangen werden. Zusätzlich ist anzunehmen, dass die durch die Basamidbehandlung im Herbst des Vorjahres freigewordene Menge an leicht zersetzbarer organischer Substanz bis zum Wachstumsbeginn des zweiten Aufwuchses im August schon zum größten Teil mineralisiert war. Dies entspricht den Aussagen von SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1998), wonach leicht zersetzbare organische Substanz (abgetötete Organismen) unter günstigen Voraussetzungen meist innerhalb weniger Wochen bis Monate mineralisiert wird. Demzufolge waren die niedrigen Krautdrogenerträge nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut im zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 auf Stickstoffmangel zurückzuführen. In Versuchsserie zwei 2000

konnten nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut bei ausreichender Stickstoffversorgung und einem voll entwickelten Wurzelsystem wie bei gepflanzten Beständen im zweiten Schnitt deutlich höhere Erträge erzielt werden als im ersten Schnitt. Bei einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut war die Zunahme der Erträge vom ersten zum zweiten Schnitt in der ersten Versuchsserie 1999 eine Folgeerscheinung des schlechten Feldaufgangs, da für die wenigen Einzelpflanzen pro Parzelle das niedrigere Düngungsniveau trotzdem für eine ausreichende Nährstoffversorgung genügte. Gleichzeitig zeigten diese „Solitärpflanzen“ eine sehr starke Bestockung, die in Übereinstimmung mit KELLER et al. (1997) auf den höheren Lichtgenuss zurückgeführt wird, und die einen wesentlichen Beitrag zum Ansteigen des Krautdrogenertrags leistete. Einzelne Abweichungen im Ertragsverhalten beim frischen Kraut ergaben sich durch unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse. Die signifikanten Wechselwirkungen im Versuch sind auf das unterschiedliche Keimverhalten von unbehandeltem Saatgut in beiden Versuchsjahren zurückzuführen. Beim frischen Kraut waren zusätzlich unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse für ein abweichendes Ertragsverhalten in beiden Versuchsserien und damit für signifikante Wechselwirkungen mitverantwortlich.

Nach einer Drillsaat konnten im ersten Standjahr im Gegensatz zu gepflanzten Versuchen nur zwei Schnitte durchgeführt werden. Für diesen Unterschied war die vergleichsweise kürzere Vegetationsperiode durch den späteren Aussaattermin verantwortlich. Zudem erfolgte die Jugendentwicklung vom Samen zur vollständig verwurzelten Eisenkrautpflanze komplett auf dem Feld. Demgegenüber erhielten gepflanzte Bestände durch die Jungpflanzenanzucht und den früheren Pflanztermin einen Entwicklungsvorsprung, der zu den höheren Krauterträgen führte.

Im zweiten Standjahr wurden für beide Saattermine die Ertragsvorteile einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut bestätigt. Wie schon im Versuch *Pflanztermine* konnten im zweiten Standjahr nach einer Frühjahrssaat höhere Gesamterträge erzielt werden als nach einer Sommersaat. Die Ertragsunterschiede fielen aber wesentlich kleiner aus als bei unterschiedlichen Pflanzterminen. Um die geringeren Unterschiede erklären zu können, muss wieder das Ertragsverhalten pro Schnitt im zweiten Standjahr betrachtet werden: Im zweiten Standjahr konnten nach beiden Saatterminen, vergleichbar mit gepflanzten Versuchen, drei Schnitte durchgeführt werden, da der Zeitpunkt des Austriebs im zweiten Standjahr für alle gepflanzten und gesäten Versuche gleich war. Nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut im Frühjahr wurden nur im ersten Schnitt des zweiten Standjahres höhere Krautdrogenerträge erzielt als nach einer Sommersaat. Dies lässt sich, vergleichbar mit dem Verhalten bei unterschiedlichen Pflanzterminen, mit einem nicht vollständig entwickelten Wurzelsystem der Bestände nach einer Sommersaat erklären. In den weiteren Schnitten unterschieden sich die Erträge aber nicht mehr. Unterschiedliche Pflanztermine zeigten wesentlich größere Ertragsdifferenzen im ersten Schnitt und zusätzlich Abweichungen in den weiteren Schnitten. Daraus lässt sich ableiten, dass der Entwicklungsvorsprung, den Eisenkrautpflanzen durch eine Frühjahrssaat gewinnen, deutlich geringer ausfällt als durch eine Frühjahrspflanzung. Da nach einer Frühjahrssaat oder Frühjahrspflanzung aber zum Ende des ersten Standjahres in beiden Fällen von einer vollständigen Entwicklung des Wurzelsystems ausgegangen werden kann, müssen geringere Nährstoffreserven (Reservestoffgehalte) in den Wurzeln der gesäten Beständen für die Unterschiede in der Ertragsleistung zwischen Frühjahrssaaten und -pflanzungen im zweiten Standjahr verantwortlich gewesen sein.

Diese geringeren Nährstoffreserven im Frühjahr gesäter Bestände konnten sich nur noch im ersten Schnitt des zweiten Standjahres in deutlicheren Ertragsvorteilen gegenüber der Sommersaat niederschlagen.

Nach einer Verwendung von unbehandeltem Saatgut wurden in allen drei Schnitten nach einer Sommersaat niedrigere Krautdrogenerträge erzielt als nach einer Frühjahrssaat. Dies ist auf ein schlechteres Auflaufverhalten des unbehandelten Saatguts im Sommer im Vergleich zum Frühjahr zurückzuführen. Da im Sommer aber eher von höheren Tagestemperaturen ausgegangen werden kann, und nach dem Keimbeginn der Samen weder im Frühjahr noch im Sommer eine starke Austrocknung des Bodens im Saathorizont beobachtet wurde, kommt für die Unterschiede nur ein unterschiedlicher Lichteinfluss aufgrund zufällig auftretender Schwankungen in der Saattiefe in Frage. Wie unter 6.1 ab Seite 135 bereits gezeigt werden konnte, wirkt sich neben hohen Keimtemperaturen Lichteinfluss während der Samenkeimung stark positiv auf die Keimfähigkeit von unbehandeltem Eisenkrautsaatgut aus. Da bei unbehandeltem Saatgut insgesamt nur ein sehr schlechter Feldaufgang festgestellt wurde, führten bereits kleine zufällige Schwankungen in der Saattiefe zu deutlichen Unterschieden in Auflaufergebnis und Ertrag.

Anders als bei vorbehandeltem Saatgut konnte bei der Verwendung von unbehandeltem Saatgut nach einem Ansteigen der Erträge vom ersten zum zweiten ein Rückgang vom zweiten zum dritten Schnitt festgestellt werden. Da nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut aufgrund des schlechten Feldaufgangs den wenigen Pflanzen sehr viel Raum zur Verfügung stand, wird der Ertragsanstieg durch eine fortschreitende Durchwurzelung der Böden und gleichzeitig eine Ausbreitung (starke Bestockung) der einzelnen Eisenkrautpflanzen erklärt. Die stärkere Bestockung lässt sich nach KELLER et al. (1997) mit dem verbesserten Lichtgenuss dieser einzeln stehenden Pflanzen erklären. Der Ertragsrückgang im dritten Schnitt ergibt sich daraus, dass sich die Eisenkrautpflanzen aus unbehandeltem Saatgut aufgrund des größeren Standraums trotz gleicher Vegetationszeit durch das verbesserte Licht-, Nährstoff- und Wasserangebot in einem physiologisch älteren Zustand befanden. Physiologisch ältere Pflanzen weisen aber in den unteren 10 cm des Sprosses (Schnitthöhe bei der Ernte) weniger oder keine Blätter mehr auf. Zusätzlich setzt eine Verholzung der unteren Stengelabschnitte ein (HEGI, 1958). Dies führt in der Folge zu einem verzögerten Wiederaustrieb dieser Pflanzen und damit zu einer verkürzten Vegetationsperiode im dritten Aufwuchs mit entsprechenden Ertragseinbußen. Die frischen Krauterträge zeigten ein vergleichbares Verhalten. Abweichungen gegenüber den Drogenerträgen waren auf unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse zurückzuführen.

Im ersten Schnitt des ersten Standjahres führte in der ersten Versuchsserie 1999 eine Frühjahrssaat von vorbehandeltem Saatgut zum niedrigsten Eintrocknungsverhältnis. Im zweiten Schnitt ergab sich das geringste Eintrocknungsverhältnis dagegen nach einer Verwendung von unbehandeltem Saatgut. Dieser Sachverhalt lässt sich dadurch erklären, dass im ersten Aufwuchs nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut ein deutlich geringerer Krautdrogenertrag erzielt werden konnte. Die Stickstoffversorgung wurde aber bei beiden Varianten gleich gestaltet. Demzufolge lag auf den Parzellen, auf denen unbehandelte Samen ausgesät wurden, eine Überversorgung mit Stickstoff vor. Eine zu hohe Stickstoffversorgung führt nach AMBERGER (1996), KRUG (1991) sowie RÖBER und SCHALLER (1985) zur Bildung „weicherer“ Pflanzen mit schwach ausgebildeten Zellwänden und wasserreichen Geweben, was sich dann auch

im größeren Eintrocknungsverhältnis bemerkbar macht (6.2.1.3 ab Seite 146). Im zweiten Schnitt wurden bei beiden Vorbehandlungsvarianten gleich hohe Krautdrogenerträge erzielt. Damit war eine unterschiedliche Stickstoffversorgung ausgeschlossen. Beachtet werden muss in diesem Zusammenhang, dass sich trotz des gleichen Ertragsniveaus nach der Verwendung von unbehandeltem Saatgut auch im zweiten Schnitt nur sehr lückige Bestände entwickelten. Die unterschiedlichen Eintrocknungsverhältnisse konnten damit im zweiten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 auf ein unterschiedliches Abtrocknen der unterschiedlich dichten Bestände zurückgeführt werden. Im zweiten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 waren beide Varianten zur Ernte gleichmäßig abgetrocknet, was sich dann auch in den ähnlichen Eintrocknungsverhältnissen widerspiegelte.

Im zweiten Standjahr ergab sich ebenfalls kein Einfluss der Saatgutvorbehandlung oder des Saattermins auf das Eintrocknungsverhältnis des Krauts.

Wie schon im Versuch *Pflanztermine* festgestellt wurde, kam es auch in diesem Versuch im Winter 2000/2001 zu einem Totalausfall der Sommersaaten. Die Ursachen für die geringere Frosthärte und das etwas schlechtere Austriebsverhalten der Sommersaaten sind identisch mit den bei den Herbstpflanzungen erwähnten Ursachen und können unter 6.2.2.2 ab Seite 150 nachgelesen werden.

Auffällige Unterschiede im Pilzbefall traten nur im ersten Schnitt des zweiten Standjahres zwischen den beiden Vorbehandlungsarten auf. In diesem Schnitt zeigten Bestände, die sich nach der Aussaat von unbehandeltem Saatgut entwickelten, nur einen mittleren Pilzbefall. Nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut konnte dagegen ein starker Pilzbefall festgestellt werden. Da sich aber bei einer Verwendung von unbehandeltem Saatgut nur sehr lückige Eisenkrautbestände auf den Parzellen entwickelten, lässt sich der geringere Befall eindeutig mit dem trockeneren Mikroklima erklären. Die Verwendung von unbehandeltem Saatgut führte in beiden Standjahren zu deutlich niedrigeren Erträgen und lückigen Beständen, aber auch zu einem unterschiedlichen Auflaufverhalten in beiden Versuchsserien im Vergleich beider Saattermine. Die Verwendung von vorbehandeltem Saatgut resultierte immer in einem gleichmäßigen und guten Feldaufgang, unabhängig von Versuchsserie und Saattermin. Neben den höheren Erträgen wiesen die dichteren Bestände nach einer Aussaat von vorbehandeltem Saatgut auch deutliche Vorteile bezüglich der Unkrautunterdrückung auf.

Nach einer Sommersaat wurden im zweiten Standjahr zwar ebenfalls gute Erträge erzielt, die geringe Frosthärte später gesäter Pflanzen stellt aber einen wichtigen Unsicherheitsfaktor für einen feldmäßigen Anbau dar. Da sich zudem kein Einfluss des Saattermins auf den Pilzbefall zeigte, sollte die Eisenkrautsaat im Hinblick auf hohe und sichere Erträge in beiden Standjahren und eine ausreichende Unkrautunterdrückung immer im Frühjahr mit vorbehandeltem Saatgut auf leichten und gut erwärmbaren Böden durchgeführt werden.

Bei der gewählten Saatstärke von 580 Gramm pro Hektar kam es unter Versuchsbedingungen durch die geringen Aussaatmengen (niedriges TKG) zu technisch bedingten Problemen mit einer gleichmäßigen Verteilung des Saatguts durch das Bandverteilersystem. Nachdem aus verschiedenen Screeningversuchen zur Horstsaat und aus Beobachtungen zum Feldaufgang von ausgefallenem Saatgut bekannt ist, dass Eisenkraut auf hohe Saatstärken nicht negativ reagiert,

sollte die Aussaatstärke im Feldanbau bei einem Reihenabstand von 30 cm auf circa 1200 g/ha vorbehandeltes Eisenkrautsaatgut verdoppelt werden. Eine weitere Anpassung der Saatstärke an die in der Praxis verwendete Aussaattechnik nach oben kann problemlos erfolgen.

Gegenüber der Pflanzung von Eisenkraut ergeben sich durch die Drillsaat im Reihenabstand von 30 cm im ersten Standjahr im Durchschnitt beider Versuchsserien Ertragseinbußen von etwa 50 % (GATTERER et al., 2002). Dem gegenüber stehen aber die bei einer Pflanzung entstehenden zusätzlichen Kosten für die Anzucht oder den Kauf von Jungpflanzen und die Pflanzkosten selbst. Nach GATTERER et al. (2002) können im zweiten Standjahr auch nach Drillsaaten im Abstand von 30 cm mit der Pflanzung (30 x 25 cm) vergleichbare Spitzenerträge erzielt werden. Die in diesem Versuch festgestellte ausgeglichene Ertragsverteilung auf die einzelnen Schnitte ermöglicht im zweiten Standjahr eine gleichmäßige Auslastung installierter Trocknerkapazitäten. Die Entscheidung für eines der beiden Anbauverfahren kann bei geeigneten Standortvoraussetzungen demzufolge erst nach Abwägung der wirtschaftlichen Aspekte erfolgen.

6.2.2.5 Erntetermine (nach Blühbeginn)

Im ersten Standjahr wurden an beiden Standorten die höchsten Erträge an frischem Kraut oder an Krautdroge nur durch eine Beerntung der Bestände im Abstand von 20 oder 30 Tagen nach Blühbeginn erzielt. Auch KELLER et al. (1997) bestätigen, dass die Länge der Vegetationsphase die Höhe des Trockenmassezuwachses, und vor Erreichen einer genetisch verankerten maximalen Wuchshöhe auch den Frischmassezuwachs der Pflanzen bestimmt. Signifikante Wechselwirkungen traten an beiden Standorten bei der Verrechnung der gesamten Krautdrogenerträge und zusätzlich am Baumannshof bei den Gesamterträgen an frischem Kraut auf.

Am Baumannshof war im ersten Standjahr vor allem der Ertragsrückgang beim Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* von der ersten Versuchsserie 1999 zur zweiten Versuchsserie 2000, der sich auch in der größten Spannweite der Erträge äußerte, für das unterschiedliche Verhalten beider Versuchsserien und damit für die Wechselwirkungen verantwortlich. Die Ursachen der Abweichungen werden später bei der Betrachtung des Ertragsverhaltens pro Schnitt erklärt.

In Puch ergaben sich die signifikanten Wechselwirkungen aus der in beiden Versuchsserien unterschiedlichen Zunahme der Krautdrogenerträge vom ersten zum letzten Erntetermin, die durch die unterschiedliche Stickstoffversorgung der Bestände in den Versuchsjahren 1999 und 2000 ausgelöst wurde. In der ersten Versuchsserie 1999 konnte mit späteren Ernteterminen und steigender Krautmasse von einem fortschreitenden Stickstoffmangel ausgegangen werden. Nach KELLER et al. (1997) sinkt bei Stickstoffmangel die Photosyntheseleistung der Pflanzen ab. Gleichzeitig erfolgt eine Verschiebung der Assimilateverteilung zu Gunsten des Wurzelwachstums. In der Folge führten diese Ursachen in Versuchsserie eins 1999 zu geringeren Steigerungen der Krautdrogenerträge durch die Wahl späterer Erntetermine als in Versuchsserie zwei 2000, was sich auch in einer Zunahme der Ertragsschwankungen vom ersten zum letzten Erntetermin erkennen ließ. Das teilweise abweichende Ertragsverhalten beim frischen Kraut war auf unterschiedlich ausgeprägte Eintrocknungsverhältnisse zurückzuführen.

Im zweiten Standjahr stiegen die gesamten Krautdrogenerträge vom ersten (Blühbeginn + 10 Tage) bis zum letzten Erntetermin (Blühbeginn + 30 Tage) kontinuierlich an. Die Ertragsunterschiede konnten aber nur in Puch statistisch abgesichert werden. Am Baumannshof wurde im zweiten Standjahr ein deutlicherer Anstieg nur vom ersten zum zweiten Erntetermin festgestellt. Beim frischen Kraut ging vom Erntetermin an keinem der beiden Standorte ein signifikanter Einfluss auf den Gesamtertrag aus. Abweichungen vom Verhalten der Krautdrogenerträge werden durch die sinkenden Eintrocknungsverhältnisse mit Ausdehnung der Vegetationsphase begründet. Steigende Krautdrogenerträge konnten auch im zweiten Standjahr auf eine Verlängerung der Assimilationsphase durch die Wahl späterer Erntetermine zurückgeführt werden. Wie schon in Versuchsserie eins 1999 im ersten Standjahr konnte auch im zweiten Standjahr bei den Gesamterträgen an Krautdroge am Baumannshof ein zum Teil gegenüber dem Standort Puch abweichender Einfluss des Erntetermins festgestellt werden. Die Ursachen werden aus der Betrachtung des Ertragsverhaltens pro Schnitt ersichtlich.

Am Baumannshof konnten im ersten Standjahr in Versuchsserie eins 1999 neben dem „Schröpfschnitt“ bei allen drei Ernteterminen zwei weitere Schnitte durchgeführt werden. In Versuchsserie zwei 2000 war dies nur bei den Ernteterminen *Blühbeginn + 10 Tage* und *Blühbeginn + 20 Tage* der Fall. Durch eine Beerntung der Bestände im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn kamen die Pflanzen im dritten Aufwuchs vor Vegetationsende nicht mehr zur Blüte. Im zweiten Schnitt stiegen am Baumannshof in beiden Versuchsjahren die Erträge an frischem Kraut und an Krautdroge vom frühesten zum spätesten Erntetermin an. Signifikante Spitzenerträge wurden nur im zweiten Schnitt und nur nach einer Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn ermittelt. Das Ansteigen der Erträge lässt sich in Übereinstimmung mit KELLER et al. (1997) und STRASBURGER et al. (1991) mit einer Ausdehnung der Vegetationsphase erklären. Im dritten Schnitt konnte in der ersten Versuchsserie 1999 der höchste Krautdrogenertrag nach einer Ernte im Abstand von 20 Tagen nach Blühbeginn festgestellt werden. Dies kann als Indiz dafür gesehen werden, dass die verfügbare Vegetationszeit im Versuchsjahr 1999 durch diesen Erntetermin am besten ausgenutzt werden konnte. Eine Ernte zum Termin *Blühbeginn + 10 Tage* erbrachte einen geringeren Ertrag, da der letzte Schnitt deutlich vor Vegetationsende durchgeführt werden musste, und in der verbleibenden Zeit ein weiterer Blühbeginn aber nicht mehr erreicht wurde. In der zweiten Versuchsserie 2000 ließen sich im dritten Schnitt zu den beiden frühen Ernteterminen ähnlich hohe Erträge erzielen. Die Abweichungen von der ersten Versuchsserie 1999 ergaben sich durch den kühleren Juli und September in Zusammenhang mit einer Verschiebung der Vegetationsphasen durch die unterschiedlichen Erntetermine. Dies führte zu einer Benachteiligung der im Abstand von 20 Tagen nach Blühbeginn geernteten Bestände, so dass durch die verlängerte Vegetationsphase die von den niedrigeren Temperaturen hervorgerufenen Assimilationsnachteile gerade ausgeglichen werden konnten. Beim Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* war diese Verschiebung der Vegetationsphase in Richtung Vegetationsende in der ersten Versuchsserie 1999 ebenfalls die Ursache für die schlechte Ertragsleistung trotz längerer Vegetationsphase. In der zweiten Versuchsserie 2000 führte diese Verschiebung zusammen mit den kühleren Temperaturen im September dazu,

dass der Blühbeginn der Pflanzen nicht mehr erreicht und damit kein dritter Schnitt mehr durchgeführt werden konnte. Kleinere Abweichungen im Verhalten der frischen Krauterträge kamen durch Abweichungen in den Eintrocknungsverhältnissen zustande.

Die gegenläufige Ertragsentwicklung in den Schnitten zwei und drei und der fehlende dritte Schnitt in der zweiten Versuchsserie 2000 führte bei der statistischen Auswertung der Erträge am Baumannshof zu signifikanten Dreifachwechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren *Erntetermin*, *Schnitt* und *Versuchsserie*. Der fehlende dritte Schnitt beim Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* in der zweiten Versuchsserie 2000 liefert aber auch die Erklärung für die Unterschiede zwischen den Gesamterträgen beider Versuchsserien.

In Puch konnte im ersten Standjahr neben dem „Schröpfschnitt“ nur noch ein weiterer Schnitt durchgeführt werden. Die Erträge pro Schnitt entsprachen damit den Gesamterträgen, die bereits diskutiert wurden.

Im zweiten Schnitt des ersten Standjahres wurde an beiden Standorten zu späteren Ernteterminen ein stärkerer Pilzbefall in den Parzellen bonitiert. Diese Befallszunahme kann auf die größere Wahrscheinlichkeit für günstige klimatische Verhältnisse in den Beständen durch längere Vegetationsphasen zurückgeführt werden. Auch im dritten Schnitt am Baumannshof zeigte sich beim Erntetermin *Blühbeginn + 10 Tage* aus diesem Grund ein etwas geringerer Pilzbefall als beim Erntetermin *Blühbeginn + 20 Tage*.

Im zweiten Standjahr waren am Baumannshof nur durch die Wahl des frühesten Erntetermins *Blühbeginn + 10 Tage* drei Schnitte möglich. Bei einer Beerntung der Bestände im Abstand von 20 oder 30 Tagen nach Blühbeginn konnte durch die Verschiebung der Vegetationsphasen im dritten Aufwuchs kein Blühbeginn mehr festgestellt und damit kein dritter Schnitt durchgeführt werden. In Puch waren im zweiten Standjahr bei jedem der drei Erntetermine zwei Schnitte möglich. Gemeinsam war beiden Standorten, dass die signifikant höchsten Krautdrogenerträge im ersten Schnitt des zweiten Standjahres bei den Ernteterminen *Blühbeginn + 20 Tage* und *Blühbeginn + 30 Tage* ermittelt werden konnten. In Puch zeigten die Krautdrogenerträge im ersten Schnitt einen kontinuierlichen Anstieg vom frühesten zum spätesten Erntetermin, was mit der Ausdehnung der Vegetationsphase erklärt werden kann. Am Baumannshof stiegen die Krautdrogenerträge dagegen im ersten Schnitt nur vom ersten (Blühbeginn + 10 Tage) zum zweiten Erntetermin (Blühbeginn + 20 Tage) an. Durch eine Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn ergab sich keine weitere Steigerung des Krautdrogenertrags. Das gleiche Ertragsverhalten zeigte sich auf einem etwas niedrigeren Ertragsniveau auch im zweiten Schnitt.

Die Gründe für die Ertragsentwicklung im ersten Schnitt sind im Pilzbefall der Bestände zu finden. Im ersten Schnitt des zweiten Standjahres trat am Baumannshof zum Erntetermin *Blühbeginn + 10 Tage* ein starker Pilzbefall auf. Zum zweiten Erntetermin wurde eine weitere Ausweitung des Krankheitsdrucks bis zu einem sehr starken Pilzbefall bonitiert. Zum dritten Erntetermin war der Pilzbefall ebenfalls sehr stark. Trotz starken Befalls und steigenden Befallsdrucks nahm der Krautdrogenertrag durch die verlängerte Vegetationsphase bei einer Ernte im Abstand von 20 Tagen nach Blühbeginn aber gegenüber dem frühesten Erntetermin noch deutlich zu. Die Erklärung ergibt sich aus den Erläuterungen unter 6.2.1.2 ab Seite 144 zum Befallsverlauf und dem anatomischen Aufbau der Sprossachse. Diesen Ausführungen zufolge werden die über

der Befallsstelle gelegenen Sprossabschnitte in ihrer Photosyntheseleistung über einen längeren Zeitraum nicht beeinträchtigt, was sich dann auch in den weiter steigenden Krautdrogenerträgen erkennen ließ. Die stagnierenden Krautdrogenerträge bei einer weiteren Verlängerung der Vegetationsphase auf 30 Tage nach Blühbeginn sind auf den fortschreitenden Xylembefall und damit auf die fortschreitende Hemmung der Photosynthese zurückzuführen. Im zweiten Schnitt wurde der Pilzbefall der Bestände am Baumannshof zu den Ernteterminen *Blühbeginn + 10 Tage* und *Blühbeginn + 20 Tage* mit *gering* bonitiert. Zum Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* zeigten die Bestände bereits einen mittleren Befall. Da aber im ersten Aufwuchs trotz starken Pilzbefalls die Krautdrogenerträge vom ersten zum zweiten Erntetermin noch weiter anstiegen, war hier, wie schon für das erste Standjahr beschrieben, die Verschiebung der Vegetationsphase in Richtung Jahresende dafür verantwortlich, dass sich der Vorteil der längeren Standzeit der Bestände bei einer Ernte zum Termin *Blühbeginn + 30 Tage* durch die niedrigeren Temperaturen und abnehmenden Tageslängen nicht im Krautdrogenertrag niederschlagen konnte.

Am Baumannshof war im zweiten Standjahr nur durch eine frühe Beerntung der Parzellen (Blühbeginn + 10 Tage) noch ein dritter Schnitt möglich. Bei einer späteren Beerntung im Abstand von 20 oder 30 Tagen nach Blühbeginn konnte im dritten Aufwuchs kein Blühbeginn mehr festgestellt werden. In Puch wurden im letzten Schnitt des zweiten Standjahres bei einer Beerntung der Bestände im Abstand von 10 und 20 Tagen nach Blühbeginn ähnlich hohe Krautdrogenerträge erzielt. Eine Beerntung der Bestände im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn hatte im letzten Schnitt niedrigere Erträge zur Folge. Zum Erntetermin *Blühbeginn + 10 Tage* konnte hier noch ein geringer bis mittlerer Pilzbefall in den Beständen festgestellt werden. Bei einer Ernte im Abstand von 20 oder 30 Tagen nach Blühbeginn zeigten die Bestände bereits einen starken Befall. Da aber am Baumannshof im ersten Schnitt des zweiten Standjahres trotz starken Krankheitsdrucks eine Zunahme des Krautdrogenertrags durch eine Ausweitung der Vegetationsphase festgestellt werden konnte, war für das Ertragsverhalten im letzten Schnitt in Puch eine andere Ursache verantwortlich. Wie unter 6.2.1.2 ab Seite 144 erwähnt wurde, konnte in wärmeren Monaten ein Pilzbefall in den unteren Stengelabschnitten beobachtet werden. Im Spätsommer und Herbst erfolgte durch die kühlere und feuchtere Witterung eine Verlagerung in die oberen Bereiche der Bestände. Da sich der zweite Aufwuchs in Puch über die Monate Juni bis September erstreckte, konnte ein kompletter Pilzbefall der Eisenkrautpflanzen erfolgen. Dies führte vor allem über den Befall der gesamten Blattmasse zu einer Reduktion der Photosyntheseleistung. In der Boniturnote wird aber nur die Anzahl befallener Pflanzen berücksichtigt, nicht aber das Ausmaß der Befallsausbreitung über die Einzelpflanzen. Damit waren Stärke und Verteilung des Pilzbefalls über die Pflanzen zusammen mit einer ernteterminbedingten Verschiebung der Vegetationsphasen im zweiten Schnitt in Puch dafür verantwortlich, dass sich durch eine Ausweitung des Erntetermins von 10 auf 20 Tage nach Blühbeginn nur ähnlich hohe, und zum spätesten Erntetermin im zweiten Schnitt sogar geringere Krautdrogenerträge ergaben.

Beim frischen Kraut zeigten sich an beiden Standorten vergleichbare Ergebnisse. Geringere Unterschiede waren auf Abweichungen im Eintrocknungsverhältnis zurückzuführen. Das unterschiedliche Ertragsverhalten zu den einzelnen Schnitten führte im zweiten Standjahr an beiden Standorten zu signifikanten Wechselwirkungen bei der statistischen Auswertung der Erträge.

Im zweiten Standjahr wurden an beiden Standorten die höchsten Erträge bereits im ersten Schnitt geerntet. Ein Vergleich der Bestandeshöhen zur Ernte ergab, dass die Bestände zum ersten Schnitt an beiden Standorten wesentlich höher waren als in den Folgeschnitten. Damit kann an beiden Standorten von einem späteren Erreichen des Blühbeginns ausgegangen werden. Als Erklärung für dieses Verhalten ist die Stickstoffversorgung anzusehen. Da an beiden Standorten im zweiten Standjahr das Wurzelsystem bereits voll entwickelt war, konnte der vorhandene Stickstoff besser ausgenutzt werden. Dies führte, wie bereits unter 6.2.1.1 ab Seite 138 für den Standort Puch beschrieben wurde, auch am Baumannshof zu einer Verlängerung der vegetativen Phase. In Puch war zusätzlich das etwas kühlere Klima in den Monaten Mai und Juni für den späteren Blübeginn mitverantwortlich (6.2.1.1 ab Seite 138). Der kontinuierliche Ertragsrückgang in den Folgeschnitten wurde an beiden Standorten durch einen früheren Übergang der Pflanzen vom vegetativen zum generativen Stadium, aber auch durch die Verschiebung der Vegetationsphase in Richtung Jahresende, bedingt.

Je später der Erntetermin gewählt wurde, desto niedriger war in der Regel das Eintrocknungsverhältnis. Erklärt wird dies dadurch, dass nach KELLER et al. (1997) Pflanzen mit einer Ausweitung der Vegetationsphase über eine verlängerte Assimilationstätigkeit mehr Trockenmasse bilden. Dafür ist beim Eisenkraut in der generativen Phase vor allem die Einlagerung überschüssiger Assimilate in Form von Stachyose in den oberirdischen Pflanzenteilen verantwortlich (6.2.1.3 ab Seite 146). Selten festgestellte Abweichungen von diesem Verhalten waren auf unterschiedliche Witterungsbedingungen zur Ernte zurückzuführen.

Die Wahl des Erntetermins zeigte an keinem der beiden Versuchsstandorte Auswirkungen auf das Austriebsverhalten oder die Frosthärte der Bestände.

Im ersten Standjahr konnten am Baumannshof die höchsten Gesamterträge in der ersten Versuchsserie 1999 durch eine Beerntung der Bestände im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn und in der zweiten Versuchsserie 2000 durch eine Ernte im Abstand von 20 Tagen erzielt werden. Da in der zweiten Versuchsserie 2000 der etwas niedrigere Gesamtertrag bei der Wahl des Erntetermins *Blühbeginn + 30 Tage* mit nur einem Schnitt erzielt werden konnte, bleibt die Möglichkeit offen, dass sich in solchen Anbaujahren die geringeren Erntekosten und das niedrigere Ertragsniveau ausgleichen können. In Puch konnten im ersten Standjahr die höchsten Gesamterträge immer zum spätesten Erntetermin erzielt werden.

Im zweiten Standjahr lagen die Gesamterträge aller drei Erntetermine am Baumannshof ähnlich hoch. Da aber bei den Ernteterminen *Blühbeginn + 20 Tage* und *Blühbeginn + 30 Tage* ein Schnitt weniger zum Erreichen des Gesamtertrags benötigt wurde, sind diese beiden späteren Erntetermine günstiger. Am Standort Puch ließen sich auch im zweiten Standjahr höchste Erträge nur durch die Wahl der beiden späteren Erntetermine erzielen. Unterschiede in der Anzahl benötigter Erntedurchgänge traten nicht auf.

An beiden Standorten und in beiden Standjahren wurden die niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse meist zum spätesten Erntetermin ermittelt.

Durch eine frühe Ernte kann lediglich die Stärke des Pilzbefalls günstig beeinflusst werden. Aber auch bei starkem Pilzbefall im unteren Bereich der Bestände steigen die Krautdrogenerträge noch über einen gewissen Zeitraum an. Hierbei sollte beachtet werden, dass bei höherer Befallsstärke deutlich mehr Pilzsporen gebildet werden. Die Menge des Inokulums entscheidet im Folgeaufwuchs nach HOFFMANN et al. (1994) über den Krankheitsdruck.

Damit wird für beide Standorte und beide Standjahre unter Berücksichtigung aller Ergebnisse die Wahl des Erntetermins *Blühbeginn + 30 Tage* empfohlen, um im Hinblick auf Erträge, Trocknungskosten und Anzahl der benötigten Erntedurchgänge einen möglichst großen ökonomischen Vorteil erzielen zu können. Zusätzlich sei darauf hingewiesen, dass durch den Pilzbefall die mikrobiologische Reinheit der Krautdroge beeinträchtigt wird. Da die Anforderungen der pharmazeutischen Industrie je nach geplanter Weiterverarbeitung der Rohdroge (Extraktion oder Verwendung der pulverisierten Droge) schwanken können, sollte der empfohlene Erntetermin bei Bedarf entsprechend den Qualitätsanforderungen des Abnehmers vorverlegt werden.

6.2.2.6 Erntetermine (nach Bestandeshöhe)

Im ersten Standjahr lagen die gesamten Krautdrogenerträge in beiden Versuchsserien durch eine Beerntung der Bestände ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 60 cm etwas höher als bei einer frühen Ernte (35 bis 40 cm Bestandeshöhe). Aufgrund von Wechselwirkungen ließ sich dieser Unterschied aber nur in der zweiten Versuchsserie 2000 statistisch absichern.

Im zweiten Standjahr wurden zum späteren Erntetermin ebenfalls etwas höhere gesamte Krautdrogenerträge erzielt. Die Unterschiede waren aber nicht mehr signifikant. Gleiches galt in beiden Standjahren für die frischen Krauterträge. Abweichungen wurden durch unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse verursacht.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass bei einer Ernte ab einer Bestandeshöhe von 60 cm zwangsläufig mehr Krautmasse vorhanden sein muss als zum Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe*. Dies folgt aus der längeren Vegetationsphase und der damit verbundenen längeren Assimilationstätigkeit der Pflanzen bis zur Ernte, und konnte in beiden Standjahren bei den Krautdrogenerträgen in jedem durchgeführten Schnitt, mit Ausnahme des letzten möglichen Schnitts, deutlich bestätigt werden. Signifikante Höchsterträge wurden bei der Krautdroge nur zu späteren Ernteterminen erzielt. Die Frischmasseerträge verhielten sich entsprechend. Abweichungen waren auf unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse zurückzuführen. Da im letzten möglichen Aufwuchs beim späteren Erntetermin in beiden Standjahren die vorgegebene Erntehöhe nicht mehr erreicht wurde, konnte der letzte Schnitt nicht in die Versuchsauswertung mit einbezogen werden. Dies führte dazu, dass der Ertragsrückstand des frühen Erntetermins aus den ersten drei Schnitten durch den zusätzlichen vierten Schnitt in der Summe aller Aufwüchse zum größten Teil ausgeglichen werden konnte.

Im ersten Standjahr wäre zum frühen Erntetermin, bedingt durch eine fortschreitende Wurzelentwicklung, ein kontinuierlicher Anstieg der Krautdrogenerträge vom ersten zum dritten Schnitt zu erwarten gewesen. In beiden Versuchsserien wurden aber unterschiedlich starke

Abweichungen von diesem Verhalten festgestellt, die auf witterungsbedingte Überschreitungen des vorgegebenen Erntestadiums in einzelnen Schnitten zurückgeführt werden konnten. In der statistischen Auswertung resultierten daraus die nachgewiesenen Wechselwirkungen. Beim Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* konnte in beiden Versuchsjahren das durch die Entwicklung des Wurzelsystems bedingte Ansteigen der Krautdrogenerträge vom ersten zum zweiten Schnitt ermittelt werden.

Zu beiden Ernteterminen und in jedem Schnitt lagen die Krautdrogenerträge der zweiten Versuchsserie 2000 fast immer über denen der ersten Versuchsserie 1999. Die Erklärung für das Verhalten im ersten Schnitt liefert die niederschlagsarme Phase im Juni 2000, die höhere Strahlungsintensitäten und damit eine erhöhte Assimilationsleistung der Pflanzen zur Folge hatte. Die erhöhte Assimilationsleistung führte aber nicht zu einem auffällig beschleunigten Längenwachstum, sondern äußerte sich in einer deutlich erhöhten Trockenmassebildung. Dies wird nach JANSEN et al. (1998) damit begründet, dass Pflanzen bei höherer Lichtintensität eine geringere Auxinkonzentration aufweisen und damit einen gedrungeneren Wuchs zeigen. Neben hohen Lichtintensitäten senken auch ein hoher UV- und Blaulichtanteil die Auxinkonzentration in der Pflanze. Im zweiten Schnitt wurden dann zum Erreichen der vorgeschriebenen Wuchshöhe in der zweiten Versuchsserie 2000 drei Wochen mehr benötigt, was ebenfalls leicht höhere Drogenerträge zur Folge hatte. Die frischen Krauterträge verhielten sich unter Berücksichtigung kleinerer Einflüsse durch abweichende Eintrocknungsverhältnisse entsprechend.

Im zweiten Standjahr konnten durch die abgeschlossene Wurzelentwicklung bei jedem der geprüften Erntetermine in allen Schnitten gleichmäßig hohe Krautdrogenerträge erzielt werden. Abweichungen waren auf kleinere Schwankungen in den Bestandeshöhen zur Ernte zurückzuführen. Zum letzten Schnitt gingen die Krautdrogenerträge beider Erntetermine aufgrund der abnehmenden Assimilationsleistung gegen Jahresende etwas zurück. Abweichungen bei den Frischmasseerträgen ergaben sich durch unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse.

Im ersten Standjahr trat in allen Schnitten zum Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe*, bedingt durch die längere Standzeit der Pflanzen, ein etwas stärkerer Pilzbefall auf als zum frühen Erntetermin. Im zweiten Standjahr konnte nur im ersten Schnitt ein deutlicher Unterschied in der Befallsstärke festgestellt werden. Hier wurde beim früheren Erntetermin kein Befall und beim Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* ein starker bis sehr starker Pilzbefall festgestellt, der auf das feuchte Mikroklima in den sehr dichten Beständen kombiniert mit der langen Standzeit des ersten Aufwuchses zurückzuführen ist. In den Folgeschnitten ergab sich dann kein Unterschied mehr in der Befallsstärke. Daraus kann insgesamt geschlossen werden, dass zwar auch in 35 bis 40 cm hohen Beständen im unteren Bereich der Pflanzen ein ausreichend feuchtes und damit für eine Pilzinfektion günstiges Mikroklima vorherrscht, sich aufgrund der kürzeren Standzeit aber meist nur ein geringerer Befallsdruck entwickelt.

Deutlich wurde aber auch, dass es nach Befallsbeginn in den Beständen nicht zwangsläufig zu einer kontinuierlich fortschreitenden Befallsentwicklung kommen muss. Bei ungünstigen Infektionsbedingungen (trockenes Mikroklima; kühle Temperaturen) konnte immer eine Stagnation des Pilzbefalls beobachtet werden. HOFFMANN et al. (1994) beschreiben ebenfalls eine

Abhängigkeit der Befallsentwicklung vom Mikroklima in den Beständen. Im Umkehrschluss werden diese Erkenntnisse auch durch die Angaben von LEUPRECHT (8.1 ab Seite 210) bestätigt, nach dem nur bei günstigen Bedingungen von einer sehr starken Befallsentwicklung auszugehen ist.

In beiden Standjahren konnten zum Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* in jedem Schnitt die niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse ermittelt werden. Dies bestätigt die Aussagen von KELLER et al. (1997) und RAVEN et al. (2000), nach denen mit einer Ausdehnung der Vegetationsdauer der Trockenmassezuwachs mit zunehmendem Pflanzenalter unter anderem über die Bildung dickerer Zellwände ansteigt und damit das Eintrocknungsverhältnis absinkt. Wie JANSEN et al. (1998) weiter ausführen, werden bei allen Pflanzenarten die photosynthetisch gebildeten Assimilate während der Jugendphase zur Entwicklung des Sprosssystems (Organbildung / vegetative Phase) verwendet. Mit der Bereitschaft zur Blütenbildung erfolgt dann der Übergang in die Hauptwachstumsphase (Beginn der generativen Phase), die meist mit einem starken Substanzgewinn in allen Teilen der Pflanze und der Entwicklung der Blüte verbunden ist. In der darauf folgenden Reifephase werden Substanzgewinne meist nur noch in einzelnen Teilen der Pflanze (Samen / Früchte / Speicherorgane) festgestellt. In der Regel findet beim Eisenkraut der Übergang von der vegetativen zur generativen Phase bereits vor dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm statt, wobei ab einer Bestandeshöhe von ungefähr 50 cm ein weiterer Längenzuwachs des Eisenkrauts (im Versuch Herkunft ´Bornträger´) meist nur noch auf einer Streckung der Blütenstände beruht. Da die oberirdischen Pflanzenteile von *Verbena officinalis L.* ebenfalls als Speicherorgan fungieren, ist neben neben dickeren Zellwänden vor allem ein erhöhter Stachyosegehalt im Spross (vergleiche 6.2.1.3 ab Seite 146) als Ursache für die niedrigeren Eintrocknungsverhältnisse zum späteren Erntetermin anzusehen. Damit wurden die Erkenntnisse aus dem Versuch *Ernte nach Blühstadium* bezüglich der Eintrocknungsverhältnisse bestätigt.

Weiter ließ sich in diesem Versuch zeigen, dass das zu erwartende Ertragsniveau immer in direktem Zusammenhang mit der Bestandeshöhe zur Ernte stand. Die spätere Ernte führte in allen Schnitten zu deutlich höheren Erträgen und geringeren Eintrocknungsverhältnissen. Da durch eine regelmäßige Beerntung ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm in beiden Standjahren ein Schnitt mehr möglich war, ergab sich in der Summe aller Aufwüchse für den späteren Erntetermin nur noch ein leichter meist nicht mehr abzusichernder Ertragsvorteil.

Bei vollständig entwickeltem Wurzelsystem führte die Ernte bei regelmäßig gleicher Bestandeshöhe zu einer ausgeglichenen Ertragsverteilung auf die einzelnen Schnitte. Um im Eisenkrautanbau in allen Schnitten möglichst gleichbleibend hohe Erträge zu erzielen, und dabei gleichzeitig Ernteaufwand und Trocknungskosten gering zu halten, empfiehlt sich insgesamt eine regelmäßige Beerntung der Bestände ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 60 cm.

Bei beginnendem Pilzbefall muss nach den Erkenntnissen dieses Versuchs keineswegs sofort geerntet werden. Ist nach Befallsbeginn eine längere Phase mit trockenem Klima zu erwarten, kann mit der Ernte gewartet werden, um einen möglichst hohen Krautdrogenertrag pro Schnitt zu erhalten. Dabei muss aber beachtet werden, dass sich der Befallsdruck in den nächsten Auf-

wüchsen durch Sporenbildung an infizierten Pflanzen erhöhen kann. Im Falle einer bevorstehenden regenreichen Witterung sollte jedoch möglichst schnell geerntet werden, um einer weiteren starken Ausbreitung des Pilzbefalls und damit Einbußen in der mikrobiologischen Qualität des Ernteprodukts vorzubeugen.

6.2.2.7 Erntehorizont

In diesem Versuch lag das Hauptaugenmerk auf der Untersuchung der Inhaltsstoffgehalte. Das Ertragsverhalten wurde zusätzlich geprüft, um wichtige Grundlagen für die Interpretation der Verbenalingehalte zu schaffen.

Die höchsten Erträge an frischem Kraut und an Krautdroge konnten sowohl pro Schnitt als auch in der Gesamtsumme aller Aufwüchse in jedem der beiden Standjahre durch die Ernte des gesamten Krauts erzielt werden. Je kleiner der Erntehorizont gewählt wurde, desto niedriger fiel der Ertrag aus. Dieses offensichtliche Verhalten beschreibt zum Beispiel auch BOMME (1997) bei *Hypericum perforatum L.*.

Im ersten Standjahr nahm die Spannweite der Gesamterträge an frischem Kraut im Vergleich beider Versuchsserien vom engsten (1/3) zum weitesten Erntehorizont (3/3) zu. Dies kann damit erklärt werden, dass ein Abtrocknen der Bestände immer von oben nach unten stattfindet. Damit zeigen sich unterschiedliche Witterungseinflüsse vor allem bei einer Ernte des gesamten Krauts. Durch die Wahl kleinerer Erntehorizonte werden sie abgeschwächt. Bestätigt wird diese Hypothese durch die gesamten Krautdrogenerträge, bei denen nur geringe Ertragsunterschiede zwischen beiden Versuchsserien und zudem kein kontinuierlicher Anstieg der Ertragsschwankungen vom engsten zum weitesten Erntehorizont auftraten.

In Versuchsserie eins 1999 des ersten Standjahres nahmen die Krautdrogenerträge vom ersten zum zweiten Schnitt zu, was auf den erhöhten Assimilatebedarf für die Wurzelentwicklung im ersten Aufwuchs zurückzuführen war. In Versuchsserie zwei 2000 konnte dagegen bei allen drei Erntehorizonten ein Rückgang der Krautdrogenerträge festgestellt werden. Bedingt wurde dieses Verhalten durch einen im Vergleich zur ersten Versuchsserie 1999 ertragreicheren ersten Schnitt. Wie bereits unter 6.2.2.6 ab Seite 164 für den Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* beschrieben wurde, war das hohe Ertragsniveau im ersten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 eine Konsequenz der niederschlagsarmen Phase im Juni 2000 und der dadurch erhöhten Strahlungsintensität. Verstärkt wurde dieser Einfluss durch eine etwas längere Vegetationsphase zwischen Pflanzung und dem ersten Schnitt in der Versuchsserie zwei 2000. Zum zweiten Schnitt dieser zweiten Serie wurde dann in den Beständen ein unterschiedlich starker Pilzbefall festgestellt, der zu Ertragsverlusten führte, und damit ebenfalls für den Rückgang der Erträge vom ersten zum zweiten Schnitt mitverantwortlich war. Diese Einflüsse führten auch im Vergleich beider Versuchsserien im ersten Schnitt zu einem Anstieg und im zweiten Schnitt zu einem Rückgang der Krautdrogenerträge von Serie eins 1999 zur Serie zwei 2000. Im ersten Schnitt wurde im Gegensatz zum Verhalten der Gesamterträge zudem eine kontinuierliche Zunahme der Ertragsschwankungen durch eine Ausweitung des Erntehorizonts vom obersten

Drittel bis zur Ernte des gesamten Krauts festgestellt. Setzt man einen homogenen Trockensubstanzzuwachs des gesamten Krauts voraus, so erklären sich die steigenden Ertragsschwankungen durch die steigende Erntemenge vom engsten zum weitesten Erntehorizont.

Im zweiten Schnitt des ersten Standjahres hatte die Ausprägung der Ertragsschwankungen bei den einzelnen Erntehorizonten folgende Ursachen: Zum ersten Schnitt wurde in allen Parzellen des Versuchs ein geringer Pilzbefall festgestellt. Da bei den beiden oberen Erntehorizonten nach dem ersten Schnitt mit einer Stoppelhöhe von 50 (1/3) und 30 cm (2/3) dichte und bereits befallene Bestände auf dem Feld verblieben, etablierte sich bis zum zweiten Schnitt ein sehr starker Befall in allen Versuchsparzellen dieser beiden oberen Erntehorizonte. Durch die Ernte des gesamten Krauts (3/3) konnte dagegen der Pilzbefall in gewissem Umfang kontrolliert werden. Eine Neuinfektion des zweiten Aufwuchses ging in den Parzellen, in denen das gesamte Kraut geerntet wurde, von den befallenen Nachbarparzellen der beiden oberen Erntehorizonte aus. Zum zweiten Schnitt konnte für den Erntehorizont *3/3* abermals nur ein geringer Pilzbefall festgestellt werden. Um die Auswirkungen des Pilzbefalls im zweiten Schnitt richtig beurteilen zu können, muss der festgestellte Ertragsrückgang (absolute Spannweite) im Verhältnis zum Durchschnittsertrag des jeweiligen Erntehorizonts gesehen werden (relative Spannweite = absolute Spannweite : Durchschnittsertrag aus beiden Versuchsserien). Daraus ergibt sich dann, mit einer relativen Spannweite von 16 % bei der Krautdroge, der geringste Wert beim Erntehorizont *3/3*. Die zweitgrößte relative Spannweite lässt sich für den obersten Erntehorizont *1/3* mit 22 % berechnen. Die mit Abstand höchste relative Spannweite kann mit 44 % beim Erntehorizont *2/3* ermittelt werden. Die frischen Krauterträge zeigen ein vergleichbares Verhalten. Bei den beiden oberen Erntehorizonten (1/3 und 2/3) waren die Bestände im Bereich der verbleibenden Stoppel des ersten Schnitts zum zweiten Schnitt sehr stark verpilzt. Neben den Stengeln waren auch die Blätter stark betroffen. Da beim obersten Erntehorizont aber immer nur ein vergleichsweise geringer Krautdrogenertrag geerntet wurde, reichte die verbleibende Assimilationsleistung auch bei sehr starkem Pilzbefall aus, um das Ertragsniveau der ersten Versuchsserie 1999 einigermaßen zu erreichen. Beim Erntehorizont *2/3* musste dagegen eine deutlich größere Menge an Krautmasse bis zum Erreichen der vorgegebenen Bestandeshöhe aufgebaut werden. Hierfür lieferte die sehr stark befallene Reststoppel eine schlechte Ausgangsbasis. Erst nach Neubildung junger Triebe und Blätter oberhalb der aus dem ersten Schnitt verbliebenen Reststoppel konnte die Photosyntheseleistung verbessert werden. Negativ wirkte sich aber wiederum aus, dass von dem stark befallenen „alten“ Kraut eine kontinuierliche Ausbreitung des Pilzbefalls in die neu gebildeten Triebe und Blätter erfolgte, was sich in einem mittleren bis starken Pilzbefall im Erntegut widerspiegelte. Beim obersten Erntehorizont wurde dies durch das relativ trockene Mikroklima nur in abgeschwächter Form festgestellt. Hier trat nur ein geringer Pilzbefall im Erntegut auf. Insgesamt führte dies zu der beschriebenen geringen relativen Spannweite beim obersten und zur größten Spannweite beim Erntehorizont *2/3*. Die geringsten relativen Ertragsschwankungen beim Erntehorizont *3/3* waren eine logische Konsequenz der geringsten Beeinträchtigung durch den Schadpilz.

Die frischen Krauterträge verhielten sich in den einzelnen Schnitten beider Versuchsserien entsprechend. Abweichungen zu den Drogenerträgen waren auf unterschiedliche Eintrocknungsverhältnisse zurückzuführen. Im ersten Standjahr konnten unabhängig von der Wahl des Erntehorizonts zwei Schnitte durchgeführt werden.

Im zweiten Standjahr waren bei einer Beerntung des obersten Drittels oder der obersten zwei Drittel der Bestände drei Schnitte möglich. Durch die Ernte des gesamten Krauts wurde im dritten Aufwuchs die vorgegebene Bestandeshöhe nicht mehr erreicht. Somit konnten bei einer Wahl des Erntehorizonts *3/3* auch im zweiten Standjahr nur zwei Schnitte durchgeführt werden.

Vom Pilzbefall der Bestände ging im zweiten Standjahr kein markanter Einfluss auf die Ertragsverteilung pro Schnitt aus. Auffallend war nur, dass selbst aus einer äußerst stark befallenen Reststoppel bei den beiden oberen Erntehorizonten über die gesamte Vegetationsperiode oberhalb der vorgegebenen Schnitthöhe immer wieder neue frische Triebe ausgebildet wurden. Demzufolge konnte der Xylemstrom über die gesamte Vegetationsdauer selbst bei sehr starkem Pilzbefall nicht vollständig unterbrochen werden. Eine Erklärung liefert nachfolgender Zusammenhang: Durch die späte Ernte, ab dem Erreichen einer Bestandeshöhe von 70 cm, kam es zu einer Verholzung der älteren Eisenkrautstengel. Nach THROM (1993) ist eine Verholzung immer mit einer starken Lignifizierung der Zellwände verbunden. Da Lignin nach SCHWANTES (1996) aber nur von bestimmten Pilzen genutzt werden kann - Vertreter der Gattung *Alternaria* gehören dieser Gruppe nach SCHWANTES (1996) nicht an - konnte beim Eisenkraut durch die fortschreitende Verholzung die Wasser und Nährstoffversorgung auch bei starkem Befall weiter aufrechterhalten werden. Junge nichtverholzte Triebe starben dagegen in Folge des Pilzbefalls bei längerer Standzeit der Bestände meist komplett ab. Die Frostresistenz war unabhängig vom gewählten Erntehorizont sehr gut.

In beiden Standjahren ließen sich die signifikanten Wechselwirkungen auf die diskutierten Besonderheiten zurückzuführen. Die Ertragsverteilung auf die einzelnen Schnitte wurde in keinem der beiden Standjahre durch die Wahl des Erntehorizonts beeinflusst.

Ein deutlicher und gleichbleibender Einfluss des Erntehorizonts auf das Eintrocknungsverhältnis des Krauts konnte ebenfalls nicht ermittelt werden. Wechselwirkungen ergaben sich aus unterschiedlichen Witterungsverhältnissen zur Ernte, die ab dem ersten Schnitt versuchsbedingt für jeden Erntehorizont zu unterschiedlichen Terminen erfolgte.

Die Ernte des gesamten Krauts (3/3) lieferte in beiden Standjahren die höchsten Gesamterträge sowie die höchsten Erträge pro Schnitt. Gleichzeitig war im zweiten Standjahr ein Schnitt weniger zum Erreichen des ermittelten Gesamtertrags notwendig. Durch die Wahl des Erntehorizonts *3/3* konnte, bedingt durch eine Abfuhr eines Großteils der infizierten Pflanzenteile, zusätzlich ein günstiger Einfluss auf den Pilzbefall festgestellt werden.

Unter Berücksichtigung aller Tatsachen sollte deshalb beim Eisenkraut immer die Ernte des gesamten Krauts erfolgen.

6.3 Inhaltsstoffgehalte

Im Verlauf des Forschungsprojekts wurden im ersten Standjahr Verbenalingehalte in der Krautdroge zwischen 1,18 und 5,67 % ermittelt. Im zweiten Standjahr ergaben sich Gehalte von 0,62 bis 6,51 %. HÄNSEL et al. (1994) geben dagegen einen durchschnittlichen Verbenalingehalt von lediglich 0,15 % an. WICHTL (1997) beziffert den Gesamtgehalt der Iridoide in der Krautdroge ebenfalls nur auf 0,2 bis 0,5 % und beschreibt damit einen ähnlich niedrigen Bereich wie HÄNSEL et al. (1994). Bestätigt werden aber die eigenen Untersuchungen durch die Angaben von WEBER (1995), von der in Gefäßversuchen Verbenalingehalte in einem Bereich von circa 0,4 bis 3,2 % in der Krautdroge festgestellt werden konnten. BOMME et al. (1999) weisen am Beispiel von Baldrian darauf hin, dass unterschiedliche Angaben verschiedener Autoren über absolute Inhaltsstoffgehalte häufig auf einer abweichenden Versuchs- und Analysenmethodik beruhen. Ein erheblicher Einfluss wird von BOMME et al. (1999) zum Beispiel der Trocknung, der Probenaufbereitung und der Analysenmethode zugeschrieben. Aber auch Erntetermin, Anbaustandort, Art der Drogenlagerung und Lagerdauer können sich auf die Höhe des Inhaltsstoffgehalts auswirken.

Beim Eisenkraut wird der Verbenalingehalt stellvertretend als Maßstab für die pharmazeutische Qualität der Krautdroge untersucht (3.3 auf Seite 17). Von Seiten der verarbeitenden pharmazeutischen Industrie liegen allerdings keine allgemeingültigen Anforderungen an den Verbenalingehalt vor. Auch im DAC (2000) finden sich keine quantitativen Angaben bezüglich des Verbenalingehalts in der Rohdroge. Aus diesen Gründen werden die Einflüsse der geprüften Faktoren auf den Verbenalingehalt im Folgenden wertfrei diskutiert. Da allgemein zu den Inhaltsstoffgehalten sehr wenig publizierte Ergebnisse in der einschlägigen Literatur vorhanden sind, wird die Diskussion - soweit sinnvoll - anhand der verfügbaren Literatur anderer Arten durchgeführt.

6.3.1 Versuchsübergreifende Einflussfaktoren

Die Wahl des Standorts hatte keine Auswirkungen auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge. Nur in Puch führte die Stickstoff-Unterversorgung im Versuchsjahr 1999 zum Teil zu erhöhten Verbenalingehalten in der Krautdroge (Diskussion unter 6.3.2.3 ab Seite 178). Auftretender Pilzbefall hatte in den allermeisten Versuchen ebenfalls keine Auswirkungen auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge.

6.3.2 Versuchsspezifische Einflussfaktoren

Bei der Diskussion der Inhaltsstoffgehalte wird vorweg mit dem Einfluss des Erntetermins begonnen, durch den in allen durchgeführten Versuchen Auswirkungen auf den Verbenalingehalt zu erwarten waren. Der Einfluss des Erntetermins liefert damit grundlegende Informationen für die Diskussion der weiteren Versuchsfaktoren.

6.3.2.1 Erntetermin (nach Blühbeginn)

In diesem Versuch war die Festlegung der Erntetermine nach Tagen und nicht nach einem physiologischen Stadium notwendig, da Eisenkrautbestände, sollte keine Ernte erfolgen, von circa Ende Mai bis Ende September eine kontinuierliche Blüte zeigen und parallel immer neue Blütentriebe ausbilden. Eine exakte Bestimmung des aktuellen Blühstadiums anhand physiologischer Merkmale ist daher nur bedingt und nur unter erheblichem Aufwand möglich. Die Terminvorgaben 10, 20 und 30 Tage wurden als Richtwerte ausgewählt, um ausreichend große Unterschiede im physiologischen Entwicklungsstadium der Pflanzen zu erhalten. Abhängig von Witterungseinflüssen konnten diese vorgegebenen Termine nicht immer exakt eingehalten werden. Abweichungen von wenigen Tagen beeinträchtigten die Auswertbarkeit der Versuche nicht.

Im ersten Standjahr nahm der Verbenalingehalt in der Krautdroge an beiden Standorten und in beiden Versuchsjahren immer vom ersten bis zum letzten Erntetermin ab. Um diese Entwicklung erklären zu können, müssen folgende Erkenntnisse und Hypothesen beachtet werden:

DAMTOFT et al. (1983) erforschten in ihrer Arbeit den Einfluss des Pflanzenalters auf die Iridoidbiosynthese bei *Verbena officinalis L.*. In ihren Untersuchungen fanden sie eine hohe Einbaurate markierter Vorstufen in Verbenalin und Dihydroverbenalin in jungen Trieben. Bis zum Blühbeginn der Triebe blieb die Einbaurate sehr hoch. Im nächsten untersuchten Stadium, Mitte der Blühperiode, konnte nur noch eine ungefähr halb so hohe Einbaurate ermittelt werden, und zum Ende der Blühperiode sank die Einbaurate dann auf einen sehr geringen Wert ab. Da Eisenkrautpflanzen etwa von Ende Mai, ab dem Erreichen einer Schwellentemperatur von 16 °C (WOODWARD, 1997) bis zum Unterschreiten dieser Schwellentemperatur gegen Ende September kontinuierlich blühen, kann davon ausgegangen werden, dass der späteste in den eigenen Versuchen geprüfte Erntetermin (Blühbeginn + 30 Tage) noch im Bereich des von DAMTOFT et al. (1983) beschriebenen Stadiums *Mitte der Blühperiode* liegt.

Neben der von DAMTOFT et al. (1983) beschriebenen sinkenden Verbenalinbiosyntheseleistung der Pflanzen konnte unter 6.2.2.5 ab Seite 159 und 6.2.2.6 ab Seite 164 bereits gezeigt werden, dass mit späteren Ernteterminen der Krautdrogenertrag der Bestände deutlich ansteigt. Häufig wurde dabei nur eine vergleichsweise geringe Zunahme der Bestandeshöhe ermittelt. Steigende Krautdrogenerträge zu späteren Ernteterminen waren demnach meist mit steigenden Trockensubstanzgehalten gleichzusetzen. Die kontinuierlich sinkende Verbenalin-Biosynthesetätigkeit mit zunehmendem physiologischen Alter führt bei gleichzeitiger Zunahme des Trockensubstanzgehalts zwangsläufig zu einer Verdünnung des Verbenalingehalts in der Krautdroge. Im Zusammenspiel beider Einflussgrößen lassen sich die meisten weiteren Versuchsergebnisse plausibel interpretieren. Da häufig bei vergleichbaren Bestandeshöhen geerntet wurde, stellen die Krautdrogenerträge ein gutes Maß für den Trockensubstanzgehalt der Pflanzen dar.

Im vorliegenden Versuch führte im zweiten Schnitt des ersten Standjahres die sinkende Einbaurate und das Ansteigen der Krautdrogenerträge an beiden Standorten zu einer Abnahme des Verbenalingehalts vom frühesten zum spätesten Erntetermin. Im dritten Schnitt des ersten Standjahres am Baumannshof muss ein weiterer Einflussfaktor beachtet werden. In der ersten

Versuchsserie 1999 wurde hier durch die Wahl des Erntetermins *Blühbeginn + 30 Tage* der geringste Krautdrogenertrag erzielt. Dennoch wurde gleichzeitig der niedrigste Verbenalingehalt in der Krautdroge festgestellt. Wie bereits unter 6.2.2.5 ab Seite 159 erwähnt, war die Verschiebung der Vegetationsphase des dritten Aufwuchses in Richtung Vegetationsende mit den dadurch verbundenen sinkenden Temperaturen und Tageslängen und der abnehmenden Assimilationstätigkeit der Pflanzen für den geringeren Krautdrogenertrag verantwortlich. HEß (1991) zufolge leiten sich sekundäre Pflanzenstoffe vom Primärstoffwechsel (der Fette, Kohlenhydrate und Aminosäuren) ab. Zudem gibt der Autor an, dass Sekundärstoffe in den meisten Fällen keineswegs für den Stoffwechsel verloren sind, sondern unter ATP-Gewinn auch wieder abgebaut werden können. Daraus läßt sich folgern, dass gegen Ende der Vegetationsperiode mit einer verstärkten Einlagerung von Speicherstoffen in die Wurzel auch eine Umstellung des Stoffwechsels erfolgt, Verbenalin unter ATP-Gewinn abgebaut und Stachyose in der Wurzel eingelagert wird. Da nach WEBER (1995) Verbenalin ebenfalls in der Wurzel zu finden ist, besteht auch die Möglichkeit, dass eine einfache Umverteilung in der Pflanze vom Spross in die Wurzel erfolgt. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit ergibt sich nach HEß (1991) daraus, dass Monoterpene, zu denen nach WAGNER (1999) auch das Verbenalin gezählt wird, leicht flüchtige Substanzen darstellen. Sie können von der produzierenden Pflanze an die Umwelt abgegeben und damit zu Faktoren ökologischer Beziehungen werden (HEß, 1991). Diese Abgabe wäre für die Eisenkrautpflanzen mit einem kontinuierlichen Verlust an Verbenalin verbunden. Wie vorher beschrieben, wird mit dem Ende der Blühperiode auch die Verbenalinbiosynthese eingestellt. Damit könnte gegen Jahresende auch die Verflüchtigung des Verbenalins bei eingestellter Biosynthese für das Absinken des Verbenalingehalts verantwortlich gemacht werden. BOMME et al. (2000 a) geben ebenfalls beispielsweise für Zitronenmelisse an, dass Pflanzenmaterial aus dem letzten Schnitt im September nur sehr geringe Mengen an ätherischem Öl aufweist. Bei den Hauptkomponenten des Melissenöls, Neral, Geranial und Citronellal (BOMME et al., 2000 a) handelt es sich nach HÄNSEL et al. (1994) um Monoterpenaldehyde, beim Geranylacetat, einer weiteren Hauptkomponente (BOMME et al., 2000 a), um ein reines Monoterpen.

Da für *Verbena officinalis L.* noch nicht erforscht wurde, in welchen Geweben das Verbenalin gespeichert wird, ob Verbenalin an die Umwelt abgegeben wird, welche Stoffwechselvorgänge sich gegen Ende der Vegetationsperiode in der Pflanze abspielen, und welche Funktion dem Verbenalin im pflanzlichen Stoffwechsel zukommt beziehungsweise welchen Nutzen die Pflanze aus der Biosynthese des Verbenalins zieht, bleiben alle aufgeführten Hypothesen gegenwärtig noch spekulativ. Es kann lediglich die Tatsache festgehalten werden, dass sinkende Temperaturen und abnehmende Tageslängen gegen Ende der Vegetationsperiode, unabhängig vom beschriebenen Verdünnungseffekt, neben einem Rückgang in der Assimilationsleistung auch zu einer Abnahme des Verbenalingehalts in der Pflanze führen. Parallelen ergeben sich beispielsweise zum ätherischen Ölgehalt der Zironenmelisse im letzten Schnitt. Der niedrige Verbenalingehalt im dritten Schnitt des ersten Standjahres zum Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* in der Versuchsserie eins 1999 kann damit auf die zeitliche Verschiebung der Aufwuchsperiode in Richtung Jahresende zurückgeführt werden. Gleiches gilt auch für den Erntetermin *Blühbeginn + 20 Tage* im dritten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000.

Im ersten Standjahr sank der Verbenalingehalt am Baumannshof in beiden Versuchsserien auch zum frühesten Erntetermin (Blühbeginn + 10 Tage) vom zweiten zum dritten Schnitt ab. Da der dritte Schnitt in beiden Fällen relativ früh vor Ende der Vegetationsperiode gegen Ende August durchgeführt wurde und das physiologische Stadium der Pflanzen vergleichbar war, wird dafür die Zunahme des Krautdrogenertrags vom zweiten zum dritten Schnitt verantwortlich gemacht (vergleiche Tab. 8.72 auf Seite 260). Die Zu- oder Abnahme der Verbenalingehalte vom zweiten zum dritten Schnitt war bei den beiden späteren Ernteterminen in beiden Versuchsserien hauptsächlich abhängig von der Entwicklung der Krautdrogenerträge. Überlagert wurde dieser Haupteinfluss in der Versuchsserie eins 1999 beim spätesten Erntetermin durch die Auswirkungen niedrigerer Temperaturen und kürzerer Tageslängen zum Ende der Vegetationsperiode.

Der Rückgang der Verbenalingehalte im zweiten Schnitt des ersten Standjahres von Versuchsserie eins 1999 zur zweiten Versuchsserie 2000 war an beiden Standorten eine Folge der zunehmenden Krautdrogenerträge (Verdünnungseffekt). Belegt wird dies dadurch, dass in beiden Fällen die Schwankungen der Verbenalingehalte den Schwankungen der Krautdrogenerträge folgten (Tab. 8.72 auf Seite 260, 8.70 auf Seite 259, 8.81 auf Seite 265 und 8.82 auf Seite 265). Im dritten Schnitt, der nur am Baumannshof möglich war, ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Versuchsserien.

Im zweiten Standjahr wurden im ersten Schnitt an beiden Standorten trotz wesentlich höherer Krautdrogenerträge ähnlich hohe oder höhere Verbenalingehalte gefunden als in den Folgeschnitten. Dies kann mit einem stark gesteigerten vegetativen Wachstum der Bestände durch die verbesserte Stickstoffversorgung erklärt werden (vergleiche 6.2.1.1 ab Seite 138). Dadurch entwickelten sich im ersten Aufwuchs wesentlich höhere Bestände als in den Folgeschnitten (oder im ersten Standjahr). Demnach ist im ersten Schnitt trotz höherer Erträge nicht von einem höheren Trockensubstanzgehalt in den Pflanzen auszugehen. Das hohe Niveau der Verbenalingehalte im ersten Schnitt bei gleichzeitig hohen Krautdrogenerträgen lässt sich damit vollständig durch die verlängerte vegetative Phase mit den daraus resultierenden höheren Beständen erklären.

Im ersten Schnitt des zweiten Standjahres wurde am Baumannshof erst zum Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* ein leichtes Absinken des Verbenalingehalts in der Krautdroge ermittelt. Varianzanalytisch konnte allerdings kein Unterschied festgestellt werden. Vom Erntetermin *Blühbeginn +10 Tage* zum Erntetermin *Blühbeginn + 20 Tage* wurde eine Zunahme der Krautdrogenerträge zusammen mit einem Ansteigen der Bestandeshöhe festgestellt (Tab. 8.75 auf Seite 262 und 8.85 auf Seite 267). Zum spätesten Erntetermin ergab sich kein weiterer Anstieg des Krautdrogenertrags oder der Bestandeshöhe. Gleiche Verbenalingehalte sind demnach auf gleiche Trockensubstanzgehalte des Krauts zurückzuführen. Unterschiede in den Eintrocknungsverhältnissen waren witterungsbedingt.

Im zweiten Schnitt konnte dann am Baumannshof wieder ein kontinuierlicher Rückgang der Verbenalingehalte in der Krautdroge vom ersten zum letzten Erntetermin festgestellt werden. Vom ersten (Blühbeginn + 10 Tage) zum zweiten Erntetermin (Blühbeginn + 20 Tage) lässt sich der Rückgang des Verbenalingehalts wie im ersten Standjahr mit einem Verdünnungseffekt durch die steigenden Krautdrogenerträge erklären. Der Rückgang der Verbenalingehalte zum

dritten Erntetermin ergibt sich aus der zeitlichen Verschiebung der Vegetationsphase des zweiten Aufwuchses in Richtung Vegetationsende mit den damit verbundenen kühleren Temperaturen und kürzeren Tageslängen.

Am Standort Puch wurde im ersten Schnitt des zweiten Standjahres ein kontinuierlicher leichter Rückgang der Verbenalingehalte in der Krautdroge ermittelt. Vom Erntetermin *Blühbeginn + 20 Tage* zum Erntetermin *Blühbeginn + 30 Tage* deckt sich diese leichte Abnahme mit einer leichten Zunahme der Krautdrogenerträge und ist damit auf den Trockensubstanzzuwachs zurückzuführen. Die Bestandeshöhen waren bei diesen beiden Ernteterminen ähnlich (Tab. 8.76 auf Seite 262 und 8.86 auf Seite 267). Vom frühesten zum mittleren Erntetermin wurde allerdings eine deutliche Zunahme des Krautdrogenertrags festgestellt. Die ebenfalls deutlich ansteigende Bestandeshöhe vom frühesten zum mittleren Erntetermin zeigt allerdings, dass sich der ansteigende Krautdrogenertrag nur zu einem gewissen Teil durch eine Zunahme des Trockensubstanzgehalts ergab. Damit erklärt sich die vergleichsweise moderate Abnahme des Verbenalingehalts trotz einer starken Zunahme des Krautdrogenertrags. Im zweiten Schnitt sind die ähnlichen Verbenalingehalte zu den beiden früheren Ernteterminen durch die ähnlichen Krautdrogenerträge bedingt. Die deutlich niedrigeren Verbenalingehalte zum spätesten Erntetermin liegen im zweiten Schnitt an der Verschiebung der Vegetationsphase in Richtung Vegetationsende.

Direkte Einflüsse des Pilzbefalls auf den Verbenalingehalt wurden nicht festgestellt. Auch ein Einfluss des Standorts auf den Verbenalingehalt zeichnete sich in diesem Versuch nicht ab.

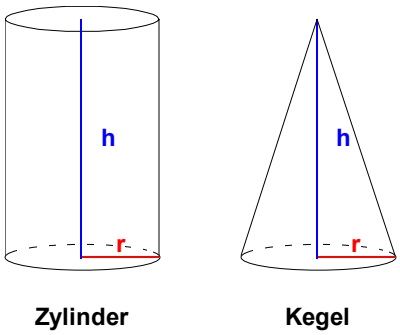
Insgesamt führen ab dem Erreichen des Blühbeginns längere Standzeiten meist zu steigenden Trockensubstanzgehalten im Erntegut. Zusammen mit der sinkenden Verbenalin-Biosyntheserate ergeben sich daraus dann sinkende Verbenalingehalte in der Krautdroge. Hohe Verbenalingehalte lassen sich demnach durch eine möglichst frühe Ernte nach Blühbeginn erzielen. Je später die Ernte durchgeführt wird, desto geringere Verbenalingehalte finden sich in der Krautdroge. Gegen Ende des Vegetationsjahres kommt es dann unabhängig vom Erntetermin infolge von sinkenden Tagestemperaturen und abnehmenden Tageslängen zu einer Einstellung der Verbenalin-Biosynthese und zu einem Absinken der Verbenalingehalte ohne Zunahme der Trockensubstanzgehalte.

6.3.2.2 Erntetermin (nach Bestandeshöhe)

Im ersten Standjahr befanden sich die Eisenkrautpflanzen zur Ernte immer in der generativen Phase. Eine Beerntung der Bestände bei einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm ergab immer die höchsten Verbenalingehalte. Die stets niedrigeren Verbenalingehalte zum späteren Erntetermin waren neben der unter 6.3.2.1 ab Seite 171 beschriebene Zunahme des Trockensubstanzgehalts (Verdünnungseffekt) auch auf die sinkende Verbenalinbiosynthese durch die längere Standzeit zurückzuführen. Durch die versuchsbedingt deutlich unterschiedlichen Bestandeshöhen (Tab. 8.97 auf Seite 273) konnte ein höherer Trockensubstanzgehalt aber nicht einfach mit steigenden Krautdrogenerträgen erklärt werden. Um in diesem speziellen Fall einen objektiven Vergleich zu ermöglichen, wurden die tatsächlichen Krautdrogenerträge auf eine einheitliche Bestandeshöhe standardisiert, das heißt, die tatsächlichen Krautdrogenerträge bei den tatsächlichen

Bestandeshöhen wurden mit Hilfe einer einfachen Dreisatzrechnung auf standardisierte Krautdrogenerträge bei einer einheitlichen Bestandeshöhe (Einheitshöhe) von 60 cm umgerechnet. (Ertrag standardisiert = tatsächlicher Krautdrogenertrag : tatsächliche Bestandeshöhe x Einheitshöhe). Diese standardisierten Krautdrogenerträge entsprechen prognostizierten Erträgen bei einer einheitlichen Bestandeshöhe von 60 cm und stellen durch die vereinheitlichte Höhe wieder eine geeignete Maßzahl für den Trockensubstanzgehalt der Pflanzen dar.

Im untersuchten Bereich der Bestandeshöhen (35 bis 40 cm und ab 60 cm) liegen bei einem Pflanzabstand von 30 x 25 cm stets geschlossene Bestände vor. In geschlossenen Beständen erfolgt bei einer Ertragszunahme kein Breitenwachstum der Pflanzen mehr. Wird von einer Kegel-, oder Zylinderförmigen Grundform der Einzelpflanzen ausgegangen, so lässt sich das Volumen wie folgt berechnen (Abb. 6.3):



$$V_{Zylinder} = r^2 \times \pi \times h$$

$$V_{Kegel} = \frac{1}{3} r^2 \times \pi \times h$$

Abb. 6.3 Mathematische Formeln zur Volumenberechnung zylindrischer oder kegelförmiger Körper (nach BARTH et al., 1985)

Bei gleichbleibender Pflanzenbreite bleibt folglich auch der Radius *r* unverändert. Dies bedeutet, dass nach den Formeln in Abbildung 6.3, das Volumen *V* linear mit zunehmender Pflanzenhöhe *h* ansteigt. Da sich nun der Trockensubstanzgehalt (Dichte) linear mit dem Verhältnis Krautdrogenertrag (Masse) : Volumen der Pflanze ändert, ist eine lineare Standardisierung des tatsächlichen Krautdrogenertrags bei einer bestimmten Höhe *h* auf eine Einheitshöhe von 60 cm mit Hilfe einer einfachen Dreisatzrechnung zulässig. Die Verwendung des standardisierten Krautdrogenertrags als Maßzahl für den Trockensubstanzgehalt der Pflanzen ist ebenfalls zulässig. Durch die Anwendung dieses Näherungsverfahrens kann demnach auch im vorliegenden Versuch ein objektiver Vergleich der Trockensubstanzgehalte anhand der standardisierten Krautdrogenerträge erfolgen.

Für den Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* ergaben sich im ersten Standjahr mit durchschnittlich 60 dt/ha höhere standardisierte Krautdrogenerträge als für den Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* mit 39 dt/ha im Mittel beider vergleichbarer Schnitte. Der höhere Trockensubstanzgehalt zum späteren Erntetermin wurde demnach bestätigt. Zusätzlich wird dies durch die stets niedrigeren Eintrocknungsverhältnisse zum späteren Erntetermin untermauert (Tab. 8.93 auf Seite 271).

Im ersten Standjahr ließen sich die höchsten Verbenalingehalte in der Krautdroge bei beiden Ernteterminen stets im ersten Schnitt feststellen. Zum zweiten Schnitt erfolgte dann ein deutlicher Rückgang. Dieses Verhalten kann für jeden einzelnen Erntetermin nach einer Betrachtung der Krautdrogenerträge mit steigenden Trockensubstanzgehalten erklärt werden.

Vom ersten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 zum ersten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 wurde für den Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* ein Rückgang des Verbenalingehalts festgestellt, der aber wesentlich geringer ausfiel als die Zunahme im Krautdrogenertrag hätte erwarten lassen. Dies ist zum Teil mit einer größeren Bestandeshöhe im ersten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 zu erklären. Vor allem aber erfolgte die Ernte in der zweiten Versuchsserie in einem früheren physiologischen Entwicklungsstadium der Pflanzen und damit zum Zeitpunkt einer höheren Verbenalin-Biosyntheserate. Zum späteren Erntetermin (ab 60 cm Bestandeshöhe) konnte von Versuchsserie eins 1999 zur Versuchsserie zwei 2000 im ersten Schnitt trotz ansteigenden Krautdrogenertrags bei ähnlichen Bestandeshöhen sogar eine Zunahme des Verbenalingehalts ermittelt werden. Auch hier wurden die Bestände in der zweiten Versuchsserie 2000 in einem früheren Blühstadium geerntet. In beiden Fällen zeigte demnach die höhere Verbenalin-Biosyntheserate einen stärkeren Einfluss auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge als die Zunahme des Trockensubstanzgehalts. Im zweiten und dritten Schnitt des ersten Standjahres lagen die Verbenalingehalte in der Krautdroge zum früheren Erntetermin in der zweiten Versuchsserie 2000 beidesmal etwas höher als in der ersten Versuchsserie 1999. Da im zweiten Schnitt der höhere Krautdrogenertrag in Versuchsserie eins 1999 durch eine größere Bestandeshöhe kompensiert wurde, und in jedem der Schnitte in beiden Versuchsserien das gleiche generative Entwicklungsstadium zur Ernte erreicht war, werden diese geringen Schwankungen als zufällig gewertet. Beim Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* war für das Absinken des Verbenalingehalts im zweiten Schnitt von der ersten Versuchsserie 1999 zur zweiten Versuchsserie 2000 wiederum ein Zuwachs an Trockensubstanz bei gleicher Bestandeshöhe verantwortlich.

Im ersten Schnitt des zweiten Standjahres befanden sich die Bestände zum Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* noch in der vegetativen Phase (Tabelle 8.115 auf Seite 285). Auch in diesem Fall wurde ein höherer Verbenalingehalt in der Krautdroge ermittelt als zum späteren Erntetermin. Dies erklärt sich nach DAMTOFT et al. (1983) dadurch, dass bereits in sehr jungen Trieben die Verbenalin-Biosyntheserate auf einem sehr hohen Niveau abläuft. Die Höhe der Verbenalin-Biosyntheserate hängt demnach ausschließlich vom physiologischen Entwicklungsstadium (Alter) des jeweiligen Aufwuchses ab. Dabei spielt es primär keine Rolle, ob sich die Bestände in der vegetativen oder generativen Phase befinden. Im zweiten und dritten Schnitt des zweiten Standjahres befanden sich die Bestände dann zu beiden Ernteterminen in der generativen Phase. Hier fielen die Verbenalingehalte in der Krautdroge zum späteren Erntetermin ebenfalls stets niedriger aus als bei einer frühen Ernte.

Im Gegensatz zum ersten Standjahr ergaben sich nach einer Standardisierung der Bestandeshöhen in den Schnitten eins und zwei des zweiten Standjahres zu beiden Ernteterminen vergleichbare Krautdrogenerträge beziehungsweise Trockensubstanzgehalte (Tabelle 8.98 auf Seite 273). Hier war lediglich die mit fortschreitendem Entwicklungsstadium abnehmende Verbenalin-Biosyntheserate für die geringeren Verbenalingehalte zum späteren Erntetermin verantwort-

lich. Im dritten Schnitt lag der Trockensubstanzgehalt zum späteren Erntetermin deutlich niedriger als zum Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe*. Der geringere Verbenalingehalt zum späteren Erntetermin lässt sich hier darauf zurückführen, dass der dritte Schnitt des Erntetermins *ab 60 cm Bestandeshöhe* zu einem sehr späten Zeitpunkt gegen Jahresende durchgeführt wurde und demnach der Einfluss der sinkenden Temperaturen und abnehmenden Tageslängen voll zum Tragen kam.

Der nur leichte Rückgang der Verbenalingehalte vom ersten zum zweiten Schnitt beim Erntetermin *35 bis 40 cm Bestandeshöhe* erklärt sich, bei ähnlichen Trockensubstanzgehalten, aus dem etwas fortgeschritteneren Entwicklungsstadium der Bestände zum zweiten Schnitt. Vom zweiten zum dritten Schnitt wurde dann trotz gleicher Krautdrogenerträge und ähnlicher Bestandeshöhen ein deutlicher Rückgang im Verbenalingehalt der Krautdroge festgestellt. Ausschlaggebend war eine witterungsbedingte Ernteverzögerung um sechs Tage bei den Wiederholungen drei und vier im zweiten Schnitt, die sich auch in den Folgeschnitten fortsetzte. Im zweiten Schnitt zeigte dies keinen Einfluss auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge. Im dritten Schnitt wurden bei diesen beiden Wiederholungen dann deutlich geringere Gehalte ermittelt. Die Verbenalingehalte der Wiederholungen eins und zwei lagen dagegen immer noch auf dem Niveau des zweiten Schnitts. Ein Vergleich der Blühstadien zur Ernte und der Trockensubstanzgehalte erbrachte keine wesentlichen Unterschiede. Auch in diesem Versuch wurde der Anteil einzelner Pflanzenteile in der Krautdroge bestimmt, um Zusatzinformationen zu gewinnen. Bei der Prüfung dieser Ergebnisse konnte ein deutlich erhöhter Stengelanteil in der Krautdroge der Wiederholungen drei und vier festgestellt werden. Da nach eigenen Erkenntnissen aus zusätzlichen Inhaltsstoffanalysen einzelner Pflanzenteile die Stengel des Eisenkrauts nur geringe Verbenalingehalte aufweisen, erklärt der höhere Stengelanteil die geringeren Verbenalingehalte in der Krautdroge. Die Ursache für den erhöhten Stengelanteil war allerdings nicht nachvollziehbar. Der weitere Rückgang der Verbenalingehalte im vierten Schnitt kann beim frühesten Erntetermin auf den Einfluss der kühleren Temperaturen und kürzeren Tageslängen zum Vegetationsende, der bei den Wiederholungen drei und vier durch die zeitliche Verschiebung der Vegetationsphase besonders stark ausfiel, zurückgeführt werden.

Auch beim Erntetermin *ab 60 cm Bestandeshöhe* ergab sich der Rückgang der Verbenalingehalte vom zweiten zum dritten Schnitt aus den kühleren Tagestemperaturen und kürzer werdenden Tagen zum Vegetationsende. Die vom ersten zum zweiten Schnitt absinkenden Verbenalingehalte können durch etwas höhere Trockensubstanzgehalte, vor allem aber durch die Ernte in einem späteren Blühstadium der Pflanzen erklärt werden. Im ersten Schnitt erfolgte die Ernte der Pflanzen direkt zum Blühbeginn. Im zweiten Schnitt wurde die vorgegebene Bestandeshöhe circa 30 Tage nach Blühbeginn erreicht.

Ein Einfluss des Pilzbefalls auf den Verbenalingehalt der Krautdroge wurde auch in diesem Versuch nicht festgestellt.

Wie schon im Versuch *Ernte nach Blühstadium* wurde zum Vegetationsende, unabhängig vom Erntetermin und ohne Zunahme des Trockensubstanzgehalts, ein Absinken der Verbenalingehalte aufgrund von sinkenden Temperaturen und kürzeren Tagen festgestellt. Ebenso führten spätere Erntetermine durch steigende Trockensubstanzgehalte und/oder über einen Rückgang

der Verbenalin-Biosyntheserate mit fortschreitendem Entwicklungsstadium immer zu geringeren Verbenalingehalten in der Krautdroge. Damit konnten die unter 6.3.2.1 ab Seite 171 gewonnenen Erkenntnisse und aufgestellten Hypothesen in diesem Versuch bestätigt werden.

Zusammenfassend ergeben sich hohe Verbenalingehalte durch eine frühe Beerntung (im Versuch bei einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm) der Eisenkrautbestände. Niedrige Verbenalingehalte werden durch eine späte Ernte (im Versuch ab einer Bestandeshöhe von 60 cm) erzielt. Entscheidend für die Ausprägung des Verbenalingehalts ist aber primär das physiologische Entwicklungsstadium und der Trockensubstanzgehalt der Pflanzen. Die Entwicklungsphase (vegetativ/generativ) übt keinen direkten Einfluss auf den Verbenalingehalt aus.

6.3.2.3 Herkunft

Zum Verhalten der Inhaltsstoffgehalte bei verschiedenen Eisenkrautherkünften liegen keine Erkenntnisse vor. Nach BOMME et al. (2000 b) sowie PANK und HEINE (1998) sind Unterschiede im Inhaltsstoffgehalt verschiedener Sorten oder Herkünfte im wesentlichen genetisch bedingt.

Im ersten Standjahr war der Rückgang der Verbenalingehalte am Baumannshof vom ersten zum zweiten Schnitt in beiden Versuchsserien bei allen Herkünften auf eine Zunahme des Trockensubstanzgehalts und damit auf einen Verdünnungseffekt zurückzuführen. In Versuchsserie zwei 2000 kam zusätzlich noch der spätere Erntetermin und damit die abnehmende Verbenalinbiosynthese zum Tragen. Der weitere Rückgang der Verbenalingehalte in der ersten Versuchsserie 1999 vom zweiten zum dritten Schnitt bei den Herkünften ´Ungarn´ und ´Bornträger´ konnte durch eine weitere Zunahme des Trockensubstanzgehalts erklärt werden. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass im dritten Schnitt bei beiden Herkünften mit dem zweiten Schnitt vergleichbare Krautdrogenerträge, allerdings bei niedrigeren Bestandeshöhen, erzielt wurden (Tab. 8.9 auf Seite 223 und 8.23 auf Seite 230). In Versuchsserie zwei 2000 konnten bei beiden Herkünften in den Schnitten zwei und drei ähnliche Krautdrogenerträge und vergleichbare Bestandeshöhen festgestellt werden. Die Inhaltsstoffgehalte zeigten aus diesem Grund keine nennenswerten Abweichungen. Auch der Zeitraum zwischen Blühbeginn und Ernte war zu beiden Schnitten vergleichbar. Bei der Herkunft ´Sevilla´ wurde in Versuchsserie zwei 2000 bei vergleichbaren Krautdrogenerträgen in den Schnitten zwei und drei ein leichter Rückgang der Bestandeshöhe festgestellt. Diese leichte Zunahme des Trockensubstanzgehalts drückte sich in einem leicht sinkenden Verbenalingehalt aus. Die Herkunft ´Toscana´ zeigte in diesem Versuchsjahr vom zweiten zum dritten Schnitt eine Zunahme des Krautdrogenertrags. Die Bestandeshöhe zur Ernte nahm aber ebenfalls zu. Dadurch führte der gleichbleibende Trockensubstanzgehalt zu ähnlichen Verbenalingehalten in beiden Schnitten. In der ersten Versuchsserie 1999 stiegen die Verbenalingehalte der Herkünften ´Sevilla´ und ´Toscana´ von Schnitt zwei zu Schnitt drei an. Wie bei den anderen beiden Herkünften wurden auch hier im dritten Schnitt niedrigere Bestandeshöhen ermittelt. Die Krautdrogenerträge zeigten ein gegensätzliches Verhalten. Während diese bei den Herkünften ´Ungarn´ und ´Bornträgern´ in beiden Schnitten noch ähnlich waren, konnte bei den Herkünften ´Sevilla´ und ´Toscana´ ein deutlicher Rückgang verzeichnet werden. Daraus ergaben sich dann geringere Trockensubstanzgehalte im dritten Schnitt, welche die steigenden Verbenalingehalte erklären. Im Vergleich beider Versuchsserien

lassen sich die Spannweiten der Verbenalingehalte im ersten Standjahr am Baumanshof folgendermaßen interpretieren: Der Rückgang der Verbenalingehalte vom ersten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 zum ersten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 ist auf steigende Trockensubstanzgehalte zurückzuführen. Dies lässt sich aus dem Rückgang der Bestandeshöhen ableiten, der aber gleichzeitig von einem Rückgang der Krautdrogenerträge überlagert wird. Die gravierenden Unterschiede in den Eintrocknungsverhältnissen bestätigen aber die Hypothese höherer Trockensubstanzgehalte (Tab. 8.23 auf Seite 230, 8.9 auf Seite 223 und 8.15 auf Seite 226). Im zweiten Schnitt ergab sich der Rückgang der Verbenalingehalte durch die Ernte in einem späteren generativen Entwicklungsstadium in Versuchsserie zwei 2000. Im dritten Schnitt war zusätzlich die späte Ernte gegen Vegetationsende für die sinkenden Verbenalingehalte mitverantwortlich. Unterschiede in den Spannweiten einzelner Herkünfte ergaben sich aus dem abweichenden Verhalten der Herkünfte in den jeweiligen Schnitten.

In Puch wurde im ersten Standjahr in der ersten Versuchsserie 1999 ebenfalls ein unterschiedliches Verhalten der Herkünfte in den beiden Schnitten festgestellt. Während im ersten Schnitt noch die Herkunft ´Ungarn´ die höchsten Verbenalingehalte in der Krautdroge aufwies, konnte bei dieser Herkunft im zweiten Schnitt nur noch der niedrigste Verbenalingehalt gegenüber den restlichen geprüften Herkünften festgestellt werden. Die Herkunft ´Toscana´ verhielt sich, mit dem geringsten Verbenalingehalt im ersten und dem höchsten Verbenalingehalt im zweiten Schnitt, entgegengesetzt. Beide Verhaltensweisen ließen sich nicht mit Änderungen im Trockensubstanzgehalt erklären. Damit verbleibt als einziger Einflussfaktor der Stickstoffmangel im zweiten Aufwuchs der Versuchsserie eins 1999 (6.2.2.1 ab Seite 147), der zu einem eingeschränkten vegetativen Wachstum der Pflanzen führte. Der hohe Verbenalingehalt der Herkunft ´Toscana´ kann demnach mit einer verbesserten Verfügbarkeit von Assimilaten für den Sekundärstoffwechsel und/oder einer Umstellung des Stoffwechsels erklärt werden. AMBERGER (1996) bestätigt die verstärkte Bildung N-freier Metaboliten bei Stickstoffmangel der Pflanzen. RICHTER (1997) gibt am Beispiel einzelliger autotropher Grünalgen ebenfalls an, dass bei Stickstoffmangel eine Umsteuerung des Stoffwechsels hin zu N-freien Syntheseprodukten erfolgt. Die Herkunft ´Ungarn´ zeigte dagegen einen starken Rückgang des Verbenalingehalts. Als weiterer Einflussfaktor müssen nun die sinkenden Temperaturen und kürzer werdenden Tageslängen gegen Vegetationsende in Betracht gezogen werden. Der starke Rückgang im Verbenalingehalt der Krautdroge bei der Herkunft ´Ungarn´ ist im zweiten Aufwuchs demnach auf eine hohe Empfindlichkeit gegenüber diesen Faktoren zurückzuführen. Die Herkunft ´Toscana´ erwies sich dagegen genetisch bedingt als robuster. In gleicher Weise konnte bei der Herkunft ´Bornträger´ vom ersten zum zweiten Schnitt eine Zunahme des Verbenalingehalts trotz gleichzeitiger Zunahme des Trockensubstanzgehalts festgestellt werden (Tab. 8.24 auf Seite 231, 8.10 auf Seite 224 und 8.16 auf Seite 227). Damit wurde der Verbenalingehalt auch hier durch den Stickstoffmangel erhöht. Gleichzeitig erwies sich diese Herkunft ebenfalls als robust gegenüber sinkenden Temperaturen und kürzer werdenden Tagen zu Vegetationsende. Nur bei der Herkunft ´Sevilla´ konnte erwartungsgemäß ein Absinken des Verbenalingehalts durch die Zunahme des Trockensubstanzgehalts beobachtet werden. Da aber davon ausgegangen werden muss, dass der Stickstoffmangel auch in diesem Fall einen fördernden Effekt auf den Verbenalingehalt ausübte, ergibt sich auch bei der Herkunft ´Sevilla´ eine erhöhte Empfind-

lichkeit gegenüber sinkenden Temperaturen und kürzer werdenden Tagen. In der zweiten Versuchsserie 2000 wurden bereits im ersten Schnitt bei allen Herkünften relativ niedrige Verbenalingehalte in der Krautdroge ermittelt, wobei die Herkunft ´Bornträger´ davon den signifikant höchsten Verbenalingehalt erreichte. Das insgesamt niedrige Niveau ist auf die Ernte in einem fortgeschrittenen generativen Entwicklungsstadium (mehr als 50 Tage nach Blühbeginn) zurückzuführen. Entscheidend für den weiteren Rückgang der Verbenalingehalte zum zweiten Schnitt war vor allen Dingen die sehr späte Ernte gegen Ende Oktober bei niedrigen Temperaturen und kürzer werdenden Tagen. Aber auch der Verdünnungseffekt, der durch die höheren Trockensubstanzgehalte zustande kam, war für die sinkenden Verbenalingehalte mitverantwortlich. Im zweiten Schnitt wurde kein signifikanter Einfluss der Herkunft mehr ermittelt.

Die Gehaltsschwankungen zwischen beiden Versuchsserien waren eine Folgeerscheinung der beschriebenen Einflussfaktoren.

Im zweiten Standjahr wurden am Baumannshof von den Herkünften ´Bornträger´ und ´Toscana´ immer höhere Verbenalingehalte erzielt als von den beiden anderen Herkünften. Da bei allen Herkünften die gleichen Rahmenbedingungen zugrunde gelegt werden können, waren die Unterschiede genetisch bedingt. Vom ersten zum dritten Schnitt ergab sich bei allen Herkünften ein stetiger Rückgang des Verbenalingehalts, was in allen Fällen mit dem generativen Entwicklungsstadium der Bestände zur Ernte erklärt wird. Während im ersten Schnitt die Ernte noch circa 10 Tage nach Blühbeginn erfolgte, wurden die Bestände im zweiten Schnitt erst ungefähr 20 Tage nach Blühbeginn geerntet. Im dritten Schnitt erfolgte dann die Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn. Zusätzlich übten noch sinkende Temperturen und kürzer werdende Tage einen senkenden Einfluss auf die Verbenalingehalte der Krautdroge im dritten Schnitt aus. Steigende Trockensubstanzgehalte werden ausgeschlossen, da der Rückgang der Bestandeshöhen von einem Rückgang der Krautdrogenerträge begleitet wurde (Tab. 8.13 auf Seite 225 und 8.25 auf Seite 231).

In Puch traten im zweiten Standjahr keine signifikanten Unterschiede im Verbenalingehalt einzelner Herkünfte auf. Der deutliche Rückgang der Verbenalingehalte vom ersten zum zweiten Schnitt ist auf das fortgeschrittenere generative Entwicklungsstadium der Bestände zum zweiten Schnitt und gleichzeitig auf die späte Ernte Mitte Oktober, zum Ende der Vegetationsperiode, zurückzuführen.

Ein Einfluss des Pilzbefalls auf den Verbenalingehalt der Herkünfte konnte an keinem der beiden Standorte und in keinem der beiden Standjahre aus den Ergebnissen abgeleitet werden.

Die Entwicklung der Verbenalingehalte vom ersten zum letzten Schnitt wurde am Baumannshof im ersten Standjahr nicht von der Wahl der Herkunft beeinflusst. In Puch konnte dagegen aufgrund der besonderen Stickstoffmangelsituation in der ersten Versuchsserie 1999 ein toleranteres Verhalten der Herkünfte ´Bornträger´ und ´Toscana´ gegenüber sinkenden Temperaturen und kürzer werdenden Tagen zum Vegetationsende festgestellt werden. Auch bei einem sehr späten ersten Schnitt und optimaler Stickstoffversorgung ergab sich bei der Herkunft ´Bornträger´ der signifikant höchste Verbenalingehalt in der Krautdroge. Die Herkünfte ´Ungarn´ und ´Sevilla´ wiesen nur im ersten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 bei einer Unter-

versogung mit Stickstoff die signifikant höchsten Verbenalingehalte in der Krautdroge auf. Im zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie waren dann zwischen den Herkünften bei optimaler Stickstoffversorgung keine signifikanten Unterschiede mehr feststellbar.

Hohe Verbenalingehalte konnten im ersten Standjahr auf den leichten und flachgründigen Böden des Baumannshofs meist durch die Wahl der Herkunft ´Bornträger´ erzielt werden. Mittlere Gehalte wies die Herkunft ´Sevilla´ und meist auch die Herkunft ´Toscana´ auf. Die niedrigsten Gehalte wurden immer bei der Herkunft ´Ungarn´ ermittelt. Auf den schweren Böden des Standorts Puch ließ sich nur bei optimaler Stickstoffversorgung und einer sehr späten Ernte durch den Anbau der Herkunft ´Bornträger´ ein höherer Verbenalingehalt erreichen. Unter Stickstoffmangel und bei einer Ernte im Sommer ergaben sich bei den Herkünften ´Ungarn´ und ´Sevilla´ höhere Verbenalingehalte.

Im zweiten Standjahr wurden am Baumannshof von den Herkünften ´Bornträger´ und ´Toscana´ immer höhere Verbenalingehalte erzielt als von den beiden anderen Herkünften. In Puch ging von der Wahl der Herkunft kein signifikanter Einfluss aus.

Die unterschiedliche Höhe der Verbenalingehalte an beiden Versuchsstandorten konnte mit Abweichungen im generativen Entwicklungsstadium der Bestände zur Ernte erklärt werden.

Damit sind beide Versuchsstandorte hinsichtlich der Verbenalingehalte gleichermaßen für den Eisenkrautanbau geeignet. Gegen Vegetationsende weisen die beiden Herkünfte ´Toscana´ und ´Bornträger´ höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge auf. Bei einer sehr späten Ernte liegen die Verbenalingehalte der Herkunft ´Bornträger´ auf einem etwas höheren Niveau. Auf leichten und flachgründigen Böden sind durch den Anbau der Herkunft ´Ungarn´ niedrigere Verbenalingehalte in der Krautdroge zu erwarten. Mittlere Verbenalingehalte ergeben sich durch den Anbau der Herkunft ´Sevilla´. Werden hohe Verbenalingehalte in der Krautdroge gewünscht, so sollte ein Anbau mit der Herkunft ´Bornträger´ erfolgen. In der Regel ergeben sich bei der Herkunft ´Toscana´ ebenfalls hohe Verbenalingehalte. Auf schweren und tiefgründigen Böden lässt sich zum Teil durch den Anbau der Herkunft ´Bornträger´ ein etwas höherer Verbenalingehalt in der Krautdroge erzielen.

6.3.2.4 Pflanztermin

Im zweiten Standjahr wirkte sich der Pflanztermin an keinem der beiden Versuchsstandorte deutlich auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge aus. Dies war zu erwarten, da nach den bisherigen Erkenntnissen beim Eisenkraut das physiologische Entwicklungsstadium und der Trockensubstanzgehalt der Pflanzen zur Ernte für die Ausprägung der Verbenalingehalte verantwortlich sind.

Im ersten Schnitt des zweiten Standjahres ergaben sich am Baumannshof nach einer Frühjahrs- und Herbstpflanzung ähnlich hohe Verbenalingehalte in der Krautdroge. Bei vergleichbaren Zeiträumen zwischen Blühbeginn und Erntetermin lagen die Trockensubstanzgehalte im Kraut nach einer Frühjahrspflanzung aber auf einem deutlich höheren Niveau (Tab. 8.28 auf Seite 233 und 8.35 auf Seite 236). Dennoch war der Verbenalingehalt sogar etwas höher als nach der Herbstpflanzung. Die Ursache für dieses unerwartete Verhalten ist in der unterschiedlichen

Wurzelentwicklung nach beiden Pflanzterminen zu sehen (6.2.2.2 ab Seite 150). Demzufolge ist nach einer Frühjahrspflanzung im zweiten Standjahr von einer verbesserten Stickstoffausnutzung und einer Verlängerung der vegetativen Phase auszugehen. Ersichtlich wird dies an dem etwas späteren Blühbeginn, der aber für sich allein die Höhe des Verbenalingehalts nicht ausreichend erklärt. Es wird deshalb angenommen, dass durch die verbesserte Stickstoffversorgung zum einen der Übergang von der vegetativen zur generativen Phase, gleichzeitig aber auch das Fortschreiten der generativen Phase verzögert wurde, was von AMBERGER (1996) und KRUG (1991) grundsätzlich bestätigt wird. Daraus resultiert dann ein langsameres Absinken der Verbenalin-Biosyntheserate. Im Frühjahr gepflanzte Bestände befanden sich demnach zum ersten Schnitt des zweiten Standjahres im Hinblick auf den Sekundärstoffwechsel in einem physiologisch jüngeren Zustand. Unterstützt wird diese Hypothese durch Beobachtungen des Blühverhaltens. Während sich nach einer Herbstpflanzung die Blütentriebe in den Beständen zum ersten Schnitt schon zum Großteil gestreckt hatten, fanden sich die Blütenstände nach einer Frühjahrspflanzung zur Ernte noch überwiegend im Knospenstadium. Auch verschiedene andere Autoren (BEA und CHOO, 1987; DAANE et al., 1996; EL-SHAHAWY und ABD-EL-MALIK, 1999) fanden bei einer erhöhten Stickstoffversorgung eine verzögerte Blattalterung, Fruchtreife oder einen verzögerten Blühbeginn. Dies zeigt ebenfalls, dass eine erhöhte Stickstoffversorgung nicht nur den Übergang von der vegetativen zur generativen Phase verzögert, sondern auch das Fortschreiten dieser Phasen oder ganz allgemein die Seneszenz- und Reifevorgänge in der Pflanze verlangsamt.

Der Rückgang der Verbenalingehalte nach einer Frühjahrspflanzung vom ersten zum zweiten Schnitt erklärt sich bei vergleichbaren Trockensubstanzgehalten trotz ähnlicher Zeiträume zwischen Blühbeginn und Erntetermin durch ein fortgeschritteneres generatives Stadium, da im zweiten Aufwuchs aufgrund der durchgeführten Düngestrategie (4.2.8 ab Seite 36) wieder von einer optimalen Stickstoffversorgung der Pflanzen ausgegangen werden konnte. Nach einer Herbstpflanzung ist der Rückgang des Verbenalingehalts zum zweiten Schnitt auf den höheren Trockensubstanzgehalt und auf den längeren Zeitraum zwischen Blühbeginn und Ernte zurückzuführen. Im direkten Vergleich der beiden Pflanztermine im zweiten und dritten Schnitt lässt sich die ähnliche Ausprägung der Inhaltsstoffgehalte trotz eines geringeren Trockensubstanzgehalts im Herbst gepflanzter Bestände mit einem weiter fortgeschrittenen generativen Entwicklungsstadium der Herbstpflanzungen zur Ernte erklären.

Die Eintrocknungsverhältnisse waren in diesem Versuch wenig aussagekräftig, da die verschiedenen Pflanztermine zu unterschiedlich dichten Beständen führten.

In Puch wurden im ersten Schnitt des zweiten Standjahres nach einer Frühjahrspflanzung signifikant niedrigere Verbenalingehalte in der Krautdroge gefunden als nach einer Herbstpflanzung. Die Unterschiede fielen aber geringer aus als nach Betrachtung der Krautdrogenerträge (Tab. 8.29 auf Seite 233) und der Bestandeshöhen (Tab. 8.35 auf Seite 236) zu erwarten gewesen wäre. Da die Beerntung der Bestände relativ bald nach dem Blühbeginn erfolgte, kann angenommen werden, dass ein großer Teil des Trockenmassezuwachses während der vegetativen Phase der Pflanzen erfolgte. Ein Verdünnungseffekt nach 6.3.2.1 ab Seite 171 kommt aber immer durch steigende Krautdrogenerträge im generativen Stadium der Pflanzen bei gleichzeitig sinkender Verbenalin-Biosyntheserate zustande. Wie unter 6.2.2.2 ab Seite 150 diskutiert

wurde, waren die Bestände nach einer Frühjahrspflanzung zum ersten Schnitt in den unteren Bereichen bereits stark verkahlt. Dies hatte einen höheren Stengelanteil in der Krautdroge zur Folge. Da im Stengel nur sehr geringe Verbenalingehalte zu finden sind (6.3.2.2 ab Seite 174), ist für den geringeren Verbenalingehalt in der Krautdroge nach einer Frühjahrspflanzung lediglich der höhere Stengelanteil verantwortlich. Die niedrigeren Verbenalingehalte im zweiten Schnitt waren zum einen auf die Ernte in einem späteren generativen Entwicklungsstadium, zum anderen auf die späte Ernte gegen Ende Oktober und die damit verbundenen sinkenden Temperaturen und kürzeren Tageslängen zurückzuführen.

Auftretender Pilzbefall hatte keine Auswirkungen auf die Verbenalingehalte in der Krautdroge.

Insgesamt ging von der Wahl des Pflanztermins im zweiten Standjahr kein Einfluss auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge aus.

6.3.2.5 Pflanzabstand

Nach YAMAURA et al. (1989) fördert bei jungen Thymianpflanzen die Ausdehnung der Belichtungsdauer die Photosyntheserate und führt somit zu zu höheren Monoterpengehalten in der Pflanze. Da in der Regel mit weiteren Pflanzabständen auch der Lichtgenuss der Pflanzen ansteigt, wären höhere Inhaltsstoffgehalte bei weiteren Pflanzabständen, bedingt durch eine höhere Photosyntheserate, also eine logische Konsequenz. Im Versuch konnte aber in keinem der beiden Standjahre und an keinem Versuchsstandort ein Einfluss des Pflanzabstands auf den Verbenalingehalt festgestellt werden. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass *Verbena officinalis L.* auch beim weitesten Pflanzabstand (50 x 30 cm) noch geschlossene Bestände bildet, und somit im Lichtgenuss der einzelnen Pflanzen keine Unterschiede bestehen.

Am Baumannshof wurden im ersten Standjahr im Mittel der geprüften Pflanzabstände in Versuchsserie zwei 2000 im ersten Schnitt niedrigere Verbenalingehalte in der Krautdroge gefunden als im ersten Schnitt der Versuchsserie eins 1999. Bei ähnlichen generativen Entwicklungsstadien zur Ernte wird dieser Rückgang mit höheren Trockensubstanzgehalten im ersten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 erklärt (Tab. 8.41 auf Seite 239 und 8.54 auf Seite 246). Im zweiten Schnitt wurden die Bestände in Versuchsserie zwei 2000 etwas später geerntet, was im Mittel der Pflanzabstände zu etwas geringeren Verbenalingehalten in der Krautdroge führte. Im dritten Schnitt konnte ein leichterer Rückgang der Bestandeshöhen von Versuchsserie eins 1999 zu Versuchsserie zwei 2000 bei gleichzeitig etwas stärker sinkenden Krautdrogenerträgen festgestellt werden. Daraus ergaben sich in Versuchsserie zwei 2000 etwas höhere Verbenalingehalte.

In Puch wurde das Absinken der Verbenalingehalte im ersten Schnitt des ersten Standjahres von Versuchsserie eins 1999 zu Serie zwei 2000 auf den Verdünnungseffekt durch steigende Trockensubstanzgehalte zurückgeführt. Auch zeichnete sich mit größer werdenden Pflanzabständen ein Rückgang der Spannweite der Verbenalingehalte zwischen beiden Versuchsserien ab. Da sich aber, vergleichbar mit dem Baumannshof, in keiner der beiden Serien ein signifikanter Unterschied zwischen den Verbenalingehalten bei verschiedenen Pflanzabständen nachweisen ließ, werden diese Schwankungen als zufällig eingestuft.

Im zweiten Standjahr nahmen die Verbenalingehalte in der Krautdroge am Baumannshof vom ersten bis zum letzten Schnitt ab. Die Erklärung liefert das generative Entwicklungsstadium der Bestände zum jeweiligen Schnitt. Danach erfolgte der erste Schnitt bereits bei Blühbeginn. Zum zweiten und dritten Schnitt lagen dagegen bereits 15 und 20 Tage zwischen Blühbeginn und Ernte. Im dritten Schnitt kann zusätzlich der Einfluss sinkender Temperaturen und kürzerer Tage für den weiteren Rückgang des Verbenalingehalts vom zweiten zum dritten Schnitt verantwortlich gemacht werden. In Puch sanken die Verbenalingehalte im zweiten Standjahr vom ersten zum zweiten Schnitt ebenfalls ab. Auch hier waren die sinkenden Temperaturen und kürzer werdenden Tage aufgrund der sehr späten Ernte des zweiten Schnitts gegen Ende Oktober ausschlaggebend.

Ein Einfluss des Pilzbefalls auf den Verbenalingehalt wurde nicht festgestellt.

Der Pflanzabstand zeigte keinen Einfluss auf den Verbenalingehalt. Die Wahl eines geeigneten Pflanzabstands kann damit bei *Verbena officinalis L.* rein nach anbautechnischen Gesichtspunkten und nach Ertrag und Jungpflanzenbedarf optimiert erfolgen. Die pharmazeutische Qualität bleibt davon im Bereich der geprüften Pflanzabstände unbeeinflusst.

6.3.2.6 Saattermin

Im ersten Standjahr wurden in den beiden Versuchsserien nach einer Frühjahrssaat unterschiedliche Auswirkungen der Saatgutvorbehandlung auf den späteren Verbenalingehalt der Pflanzen ermittelt. Beachtet man allerdings die äußerst geringen Krautdrogenerträge in der zweiten Versuchsserie 2000 und die geringen Erträge im ersten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut (Tab. 8.60 auf Seite 251), so kommt man zu der Erkenntnis, dass sich die Mischproben zur Verbenalinbestimmung nur aus einer geringen Anzahl von Einzelpflanzen zusammensetzten. Da aber durch die Verwendung von nicht sortenreinem, heterogenem Ausgangsmaterial deutliche Schwankungen im Inhaltsstoffgehalt einzelner Pflanzen zu erwarten sind (PANK und HEINE, 1998; PANK, 1997), müssen die Versuchsergebnisse, vor allem in der zweiten Versuchsserie 2000, sehr kritisch betrachtet werden. Eine Diskussion der Verbenalingehalte des ersten Standjahres erfolgt daher nur für die erste Versuchsserie 1999, da hier auch bei der Verwendung von unbehandeltem Saatgut noch eine einigermaßen tolerierbare Anzahl von Einzelpflanzen auf den Parzellen zu finden war.

In dieser ersten Versuchsserie konnten nach der Aussaat von vorbehandeltem Saatgut in beiden Schnitten höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge ermittelt werden als nach einer Aussaat von unbehandeltem Saatgut. Dies lässt sich damit erklären, dass die Eisenkrautpflanzen in den dichteren Beständen nach der Verwendung von vorbehandeltem Saatgut deutlich dünnere Stengel aufwiesen. Die Bildung dünnerer Stengel bei hohen Bestandesdichten beschreibt auch KRUG (1991) am Beispiel des Selleries (*Apium graveolens L.*). Auf den Parzellen, auf denen unbehandelte Samen ausgesät wurden, hatten die aufgelaufenen Pflanzen vergleichsweise viel Standraum zur Verfügung und bildeten dickere Stengel aus. Der höhere Stengelanteil einzeln stehender Eisenkrautpflanzen führte demnach zu geringeren Verbenalingehalten in der Krautdroge (vergleiche auch 6.3.2.2 ab Seite 174 und 6.3.2.4 ab Seite 181). Die ähnlichen Verbena-

lingehalte im ersten und zweiten Schnitt der ersten Versuchsserie 1999 bei jeder der beiden Vorbehandlungsvarianten waren auf vergleichbare generative Entwicklungsstadien zur Ernte zurückzuführen.

Im zweiten Standjahr ergaben sich im Mittel beider Saatgutvorbehandlungsvarianten keine Auswirkungen des Saattermins auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge. Dies entspricht den Ergebnissen bei verschiedenen Pflanzterminen (6.3.2.4 ab Seite 181). Ein Einfluss der Saatgutvorbehandlung konnte im zweiten Standjahr ebenfalls nicht mehr festgestellt werden. Hierbei muss beachtet werden, dass unbehandelte Varianten bis zum zweiten Standjahr auf den verfügbaren Standraum mit einer sehr starken Bestockung der einzelnen Eisenkrautpflanzen reagiert hatten. Dadurch entstanden im Innenbereich dieser Stöcke Verhältnisse, die mit dichteren Pflanzungen vergleichbar waren. Dies zeigt sich auch in ähnlichen Verbenalingehalten in der Krautdroge. Im Mittel beider Vorbehandlungsvarianten, aber auch im Mittel beider Saattermine konnte auch in diesem Versuch ein kontinuierlicher Rückgang der Verbenalingehalte in der Krautdroge vom ersten bis zum letzten Schnitt festgestellt werden. Der Rückgang vom ersten zum zweiten Schnitt erklärt sich durch das generative Entwicklungsstadium der Pflanzen. Zum dritten Schnitt waren dann die sinkenden Temperaturen und abnehmenden Tageslängen zu Vegetationsende für das weitere Absinken des Verbenalingehalts verantwortlich.

Eine Beeinflussung der Verbenalingehalte durch auftretenden Pilzbefall konnte anhand der Ergebnisse nicht festgestellt werden.

Insgesamt wurde weder im ersten noch im zweiten Standjahr ein Einfluss der Saatgutvorbehandlung auf den späteren Verbenalingehalt in der Krautdroge ermittelt. Unterschiedliche Saattermine hatten ebenfalls keine Auswirkungen.

Unter Berücksichtigung der unter 6.2.2.4 ab Seite 155 gewonnenen Erkenntnisse zum Ertragsverhalten und zur Frosthärte sollte deshalb eine Frühjahrssaat mit vorbehandeltem Saatgut vorgenommen werden.

6.3.2.7 Erntehorizont

Im ersten Standjahr sanken die Verbenalingehalte in der Krautdroge meist mit einer Ausweitung des Erntehorizonts ab. Eine Erklärung lässt sich nach Betrachtung der Gewichtsanteile der einzelnen Pflanzenteile, die auch in diesem Versuch im ersten Standjahr in der ersten Versuchsserie 1999 und im zweiten Standjahr bestimmt wurden, geben. Mit Hilfe dieser Zusatzinformationen konnte festgestellt werden, dass eine Ausweitung des Erntehorizonts im Gesamtdurchschnitt beider Standjahre zu einem starken Rückgang des Blütenanteils (565 g (1/3); 415 g (2/3); 246 g (3/3) pro 1000 g Droge) und gleichzeitig zu einer deutlichen Zunahme des Stengelanteils (297 g (1/3); 328 g (2/3); 491 g (3/3) pro 1000 g Droge) führte. Der Blattanteil nahm mit einer Ausweitung des Erntehorizontes zwar ebenfalls zu (139 g (1/3); 257 g (2/3); 264 g (3/3) pro 1000 g Droge), lag aber bei jedem der drei untersuchten Erntehorizonte unter dem jeweiligen Stengelanteil. Wie bereits erwähnt (6.3.2.2 auf Seite 174), war aus weiteren Screeningversuchen bekannt, dass die Stengel des Eisenkrauts einen niedrigen, Blütenstände und Blätter dagegen einen sehr hohen Verbenalingehalt aufweisen. Aufgrund des stets größeren Massenanteils der Stengel gegenüber den Blättern, wird der Einfluss des Blattanteils auf den

Verbenalingehalt allerdings durch den höheren Stengelanteil kompensiert. Die hohen Verbenalingehalte im obersten Erntehorizont (1/3) lassen sich demnach eindeutig auf den hohen Blüten- und den geringen Stengelanteil zurückführen. Im Umkehrschluss werden die vergleichsweise niedrigen Verbenalingehalte bei der Ernte des gesamten Krauts (3/3) mit den höchsten Stengel- und den geringsten Blütenanteilen in der Krautdroge begründet. Durch die Ernte der obersten zwei Drittel der Bestände fanden sich mittlere Stengel- und Blütenanteile in der Krautdroge. Daraus resultierten folgerichtig mittlere Verbenalingehalte in der Krautdroge.

Abweichungen von diesem Verhalten ergaben sich nur im zweiten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 im ersten Standjahr. Ab dem ersten Schnitt wurden die einzelnen Varianten versuchsbedingt zu unterschiedlichen Ernteterminen und Blühstadien geerntet. Neben dem Gewichtsanteil der einzelnen Pflanzenteile im Erntegut wurde der Verbenalingehalt in der Krautdroge verschiedener Erntehorizonte also ab dem ersten Schnitt zusätzlich vom generativen Entwicklungsstadium beeinflusst. Im zweiten Schnitt der zweiten Versuchsserie 2000 erstreckte sich der Zeitraum zwischen Blühbeginn und Erntetermin beim Erntehorizont *3/3* über 40 Tage. Bei den beiden oberen Erntehorizonten lag der Zeitraum bei 47 und 50 Tagen. Dies erklärt zum Teil, warum die beiden oberen Erntehorizonte keine höheren Verbenalingehalte aufwiesen als der Erntehorizont *3/3*. Da die Zeiträume bei den beiden oberen Erntehorizonten aber ähnlich lang waren, hätte zumindest hier ein Unterschied im Verbenalingehalt durch die abweichende Zusammensetzung des Ernteguts auftreten müssen. Deshalb kommt als Erklärung für die Abweichungen im zweiten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 nur der Pilzbefall der Bestände im zweiten Aufwuchs in Frage.

Im Erntegut der Erntehorizonte *1/3* und *2/3* wurde ein geringer beziehungsweise mittlerer Pilzbefall im zweiten Schnitt festgestellt. Die verbleibende Reststoppel war dagegen in beiden Fällen sehr stark befallen. Wie unter 6.2.2.7 ab Seite 167 bereits beschrieben, musste in den oberen Erntehorizonten ein Großteil der neugebildeten Assimilate für den Primärstoffwechsel aufgewendet werden. Da im obersten Erntehorizont nur ein sehr geringer Blattanteil zu finden war, konnte hier von der geringsten Photosyntheseleistung ausgegangen werden. Demzufolge war hier die stärkste Reduktion der Sekundärstoffwechselaktivität zu finden. In den oberen zwei Dritteln der Bestände kann bei einem höheren Blattanteil von einer höheren Photosyntheseleistung ausgegangen werden. Allerdings musste ebenfalls ein erheblicher Teil der Assimilate für den Aufbau der Krautmasse aufgewendet werden. Auch hier wurde der Sekundärstoffwechsel nicht optimal mit Ausgangsprodukten versorgt. Insgesamt wird deshalb davon ausgegangen, dass die ähnlichen Verbenalingehalte im Erntegut aller drei Erntehorizonte im zweiten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 durch eine unterschiedlich starke Verschiebung der Assimilatverteilung vom Sekundär- zum Primärstoffwechsel in den beiden oberen Erntehorizonten verursacht wurden und damit eine direkte Folgeerscheinung des Pilzbefalls waren.

In Versuchsserie eins 1999 konnte bei allen drei Erntehorizonten ein Rückgang der Verbenalingehalte in der Krautdroge vom ersten zum zweiten Schnitt festgestellt werden. Unterschiedliche generative Entwicklungsstadien oder Blüten- und Stengelanteile können ausgeschlossen werden, da der Zeitraum zwischen Blühbeginn und Ernte im ersten Schnitt bei allen drei Erntehorizonten größer, der Blütenanteil im Mittel der drei Erntehorizonte geringer (504 g pro 1000 g Droge im ersten gegenüber 604 g im zweiten Schnitt) und der Stengelanteil höher war als im

zweiten Schnitt (342 g pro 1000 g Droge im ersten gegenüber 304 g im zweiten Schnitt). Demzufolge hätten im zweiten Schnitt eher höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge auftreten müssen. Auffallend war jedoch bei jedem der drei geprüften Erntehorizonte eine deutliche Zunahme der Krautdrogenerträge vom ersten zum zweiten Schnitt kombiniert mit einem Rückgang der Eintrocknungsverhältnisse (Tab. 8.102 auf Seite 275 und 8.105 auf Seite 277). Demnach kommt als Ursache für den Rückgang der Verbenalingehalte in der Krautdroge vom ersten zum zweiten Schnitt der Versuchsserie eins 1999 nur ein stärkerer Verdünnungseffekt über einen höheren Trockensubstanzgehalt in Frage. In Versuchsserie zwei 2000 gingen die Verbenalingehalte in der Krautdroge im Mittel aller drei Erntehorizonte ebenfalls vom ersten zum zweiten Schnitt zurück. Nur durch die Ernte des gesamten Krauts fanden sich ähnliche Gehalte in beiden Schnitten. Zurückzuführen war dies beim Erntehorizont *3/3* auf ähnliche generative Entwicklungsstadien sowie vergleichbare Krautdrogenerträge und Bestandeshöhen zur Ernte. Bei den beiden oberen Erntehorizonten war der Pilzbefall für den Rückgang der Verbenalingehalte verantwortlich.

Ein Vergleich der beiden Versuchsserien ergab im ersten Schnitt bei der Ernte des gesamten Krauts (3/3) in der Versuchsserie zwei 2000 einen etwas geringeren Verbenalingehalt in der Krautdroge als in Versuchsserie eins 1999. Die Zeiträume zwischen Blühbeginn und Erntetermin waren in beiden Serien vergleichbar. Mit einer Verkleinerung des Erntehorizonts verstärkten sich diese Schwankungen. Auffallend waren die wesentlich höheren Krautdrogenerträge im ersten Schnitt der Versuchsserie zwei 2000 bei etwas geringeren Bestandeshöhen, die, wie unter 6.2.2.6 ab Seite 164 beschrieben, auf eine strahlungsreiche und niederschlagsarme Phase im Juni 2000 zurückgeführt werden konnten. Bei gleichen Trockensubstanzzuwächsen im Spross wäre aber ein einheitlicher Rückgang des Verbenalingehalts zu erwarten gewesen. Nach JANSEN et al. (1998) wirken höhere Lichtintensitäten der Verkahlung der Pflanzen im unteren Bereich der Bestände (Schattenblätter) entgegen. Daraus ergibt sich ein Anstieg des Blattanteils in diesen unteren Bestandesbereichen, der bei einer Ernte des gesamten Krauts (3/3) voll, und bei einer Ernte der obersten zwei Drittel abgeschwächt zum Tragen kam. Im Erntehorizont *1/3* hatte die gesteigerte Lichtintensität keinen Einfluss, da es hier auch unter den geringeren Lichtintensitäten der ersten Versuchsserie 1999 zu keinem durch Lichtmangel bedingten Blattfall kam. Da in den Blättern ebenfalls hohe Verbenalingehalte zu finden sind, lässt sich der Rückgang der Schwankungen im Verbenalingehalt mit einer Ausweitung des Erntehorizonts mit dem steigenden Blattanteil erklären. Da eine zusätzliche Bestimmung der Gewichtsanteile von Blättern, Stengeln und Blütenständen in der Krautdroge nur im Versuchsjahr 1999 erfolgte kann diese Hypothese allerdings nicht weiter durch eigene Ergebnisse untermauert werden. Im zweiten Schnitt lässt sich die Zunahme des Verbenalingehalts beim Erntehorizont *3/3* von Versuchsserie eins 1999 zu Versuchsserie zwei 2000 nicht mit einer Ernte in einem früheren generativen Entwicklungsstadium erklären. Inwieweit das höhere Eintrocknungsverhältnis in Versuchsserie zwei 2000 (Tab. 8.105 auf Seite 277) einen geringeren Trockensubstanzgehalt und damit einen geringeren Verdünnungseffekt wiedergibt, bleibt unklar, da sowohl der Krautdrogenertrag als auch die Bestandeshöhe gleichzeitig einen leichten Rückgang aufwiesen (Tab. 8.104 auf Seite

276 und 8.109 auf Seite 279). Eine genauere Ursachenforschung ist aufgrund fehlender Zusatzdaten zur Zusammensetzung des Erntegutes nicht möglich. Bei den beiden oberen Erntehorizonten lässt sich die Ausprägung der Spannweiten mit dem Pilzbefall erklären.

Auch im zweiten Standjahr nahmen die Verbenalingehalte in der Krautdroge in jedem Schnitt durch eine Ausweitung des Erntehorizonts ab. Im ersten und dritten Schnitt war dieses Verhalten ausschließlich auf den sinkenden Blüten- und steigenden Stengelanteil im Erntegut zurückzuführen. Im zweiten Schnitt lässt sich der geringe Unterschied in den Verbenalingehalten der beiden oberen Erntehorizonte mit dem auffallend geringen Stengelanteil im Erntegut des Erntehorizonts *2/3* bei einem gleichzeitig stark erhöhten Blattanteil erklären (Stengelanteil: 405 g (1/3); *268 g (2/3)*; 497 g (3/3) pro 1000 g Droge / Blattanteil: 233 g (1/3); *423 g (2/3)*; 230 g (3/3) pro 1000 g Droge). Die Ursache für diese, von allen übrigen Schnitten des ersten und zweiten Standjahres abweichende Zusammensetzung, konnte allerdings nicht geklärt werden. Bereits zum ersten Schnitt wurde in den Beständen ein starker bis sehr starker Pilzbefall festgestellt. Dies hatte bei den beiden oberen Erntehorizonten eine fortschreitende Beeinträchtigung der Reststoppel und damit einen Rückgang der Verbenalingehalte vom ersten zum dritten Schnitt des zweiten Standjahres zur Folge. Beim Erntehorizont *3/3* ergaben sich die geringeren Verbenalingehalte im zweiten Schnitt durch ein späteres generatives Entwicklungsstadium zur Ernte. Gleichzeitig ist bei einer geringeren Bestandeshöhe und einem etwas höheren Krautdrogenertrag von einem stärkeren Verdünnungseffekt auszugehen.

In beiden Standjahren führt demnach eine Verkleinerung des Erntehorizonts über steigende Blüten- und sinkende Stengelanteile im Erntegut immer zu steigenden Verbenalingehalten in der Krautdroge. Durch diese Maßnahme besteht die Möglichkeit, den Verbenalingehalt im Erntegut relativ zum Ausgangsgehalt des gesamten Krauts zu erhöhen.

Entwickelt sich durch die Beerntung eines der beiden oberen Horizonte ein starker Pilzbefall in der Reststoppel, so muss in den Folgeschnitten ebenfalls mit einem Rückgang der Verbenalingehalte gerechnet werden.

Da nach HEINDL und MÜLLER (1997) Stengel ein schlechteres Trocknungsverhalten zeigen als Blätter und Blüten, sind durch eine Verkleinerung des Erntehorizonts über den Rückgang des Stengelanteils auch positive Auswirkungen auf die Trocknungsdauer und damit Einsparungen bei den Energiekosten zu erwarten, die allerdings mit einem sinkenden Drogenertrag in Relation gesetzt werden müssen.

7 Zusammenfassung

Eisenkrautdroge (*Verbenae herba*) kann als pflanzliches Sekretolytikum die Wirksamkeit von Arzneimittelkombinationen zur Behandlung von Katharren der oberen Luftwege günstig beeinflussen. Nach neuesten Erkenntnissen zeigt die Droge auch eine antivirale Wirkung.

Im Bereich der Phytomedizin kommt das blühende Kraut zum Einsatz. Die Droge ist Bestandteil eines der umsatzstärksten Phytopharmaka in Deutschland. Sie stammt aus Wildsammlungen oder aus nicht kontrolliertem, osteuropäischem Anbau und ist demzufolge heterogen in Inhaltsstoffgehalt und -spektrum. Diese Qualitätsschwankungen wirken sich direkt auf die pharmazeutische Qualität der standardisierten Eisenkrautdroge (beziehungsweise des standardisierten Nativextrakts) und damit auf die therapeutische Wirksamkeit der daraus hergestellten Phytopharmaka aus.

Ziel dieser Arbeit war es, erste Grundlagen für einen planmäßigen und kontrollierten Anbau von *Verbena officinalis L.* zu schaffen, um einerseits die Erzeugung des Rohstoffs *Verbenae herba* in einer stets gleichbleibend hohen Qualität zu ermöglichen, andererseits aber auch die Rohstoffversorgung aus kontrolliertem Anbau zu sichern.

Zu diesem Zweck wurde in dem dreijährigen Forschungsprojekt an zwei Versuchsstandorten eine Vielzahl mehrjähriger Feldversuche zu den Themenbereichen Pflanzenentwicklung und Ernte durchgeführt. Ergänzend fanden einige Laborversuche zur Samenkeimung statt.

In den Feldversuchen wurden die Auswirkungen der verschiedenen Versuchsfaktoren auf die frischen Kraut- und Krautdrogenerträge, Eintrocknungsverhältnisse, Frostresistenz, Krankheitsbefall und Austrieb untersucht. Von großer Bedeutung war auch der Einfluss auf den Gehalt der Leitsubstanz Verbenalin als Indikator für die pharmazeutische Qualität. In den Keimversuchen wurden Keimfähigkeit und -schnelligkeit der Samen geprüft. Die wichtigsten Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst:

Samenkeimung

Eisenkrautsamen benötigen für eine erfolgreiche Keimung hohe Temperaturen und Licht. Selbst bei konstant 20 °C keimt das Saatgut im Dunkeln nicht, eine Belichtungsdauer von 8 h pro Tag erhöht die Keimfähigkeit nur unwesentlich auf 5 %.

Wechseltemperatur

Diese Keimruhe kann durch das Anlegen von Wechseltemperaturen (30/20 °C für 8/16 h) und einer Belichtung während der hohen Temperatur vollständig gebrochen werden. Die Keimschnelligkeit erhöhte sich dadurch auf 69 % (Keimrate nach acht Tagen) und die Keimfähigkeit auf 76 % (Keimrate nach 18 Tagen). Alle lebensfähigen Samen können auf diese Weise schnell und einheitlich zur Keimung gebracht werden. Aber auch im Dunkeln führen wechselnde Temperaturen zu einer deutlichen Steigerung von Keimschnelligkeit (13 %) und -fähigkeit (40 %)

gegenüber konstanten Temperaturen. Da die Wechseltemperaturbehandlung keine echte Saatgutvorbehandlung darstellt, eignet sie sich ausschließlich zur Optimierung des Keimverhaltens während einer Jungpflanzenanzucht.

Einquellen in Gibberellinsäure

Eine weitere geeignete Möglichkeit, die Keimhemmung aufzuheben, stellt das Einquellen in Gibberellinsäure (GA_3) dar. Bei einer Keimung im Dunkeln unter konstanten Temperaturen werden beste Ergebnisse bei einer Keimtemperatur von 20 °C und ab einer GA_3-Konzentration von 2000 mg/l erreicht. Im Versuch ergab sich hier eine Keimschnelligkeit von 40 % und eine Keimfähigkeit von 51 %. Wird für die Jungpflanzenanzucht vorbehandeltes Saatgut verwendet, ist dieser Anzuchtvariante der Vorzug zu geben. Gegenüber der Wechseltemperatur sind die zusätzlichen Kosten für die Saatgutvorbehandlung, aber auch die Heizkostenersparnis zu berücksichtigen. Eine weitere Absenkung der Anzuchttempertur auf 15 °C ist ebenfalls möglich. Auch hier werden die besten Ergebnisse ab einer GA_3-Konzentration von 2000 mg/l erzielt. Da mit jeder Temperaturerniedrigung um 5 °C im geprüften Keimtemperaturbereich ein Rückgang der Keimfähigkeit um 10 % stattfindet, und sich die Keimschnelligkeit ebenfalls reduziert, muss im Vorfeld die weitere Heizkostenersparnis mit dem höheren Saatgutbedarf und dem pflanzenbaulichen Nachteil einer reduzierten Keimschnelligkeit verglichen werden. Die Anwendung höherer GA_3-Konzentrationen bis 3500 mg/l liefert ebenfalls gleich gute Ergebnisse, ist aber aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll. Eine Jungpflanzenanzucht bei 10 °C ist generell möglich, wird aber wegen der geringen Keimfähigkeit und der sehr stark verminderten Keimschnelligkeit des Saatguts nicht empfohlen. Zur Jungpflanzenanzucht werden 4-8 Samen pro Anzuchtcontainer oben auf das Substrat ausgesät und leicht mit Vermiculite übersiebt.

Ein besonderer Vorteil der GA_3-Behandlung liegt darin, dass durch sie eine Direktsaat ins Freiland ermöglicht wird. Die Aussaat sollte mit einer Saattiefe von 1 cm ab dem Erreichen einer durchschnittlichen Bodentemperatur von circa 10 °C (Anfang Mai) vorgenommen werden. Aufgrund der schlechten Triebkraft (TKG etwa 0,3 g) eignen sich ausschließlich leichte Böden. Für einen guten, gleichmäßigen und zügigen Feldaufgang nach einer Direktsaat wird eine GA_3-Konzentration von 2500 mg/l benötigt. Die Verwendung von unbehandeltem Saatgut führt zu sehr lückigen Beständen.

Ertragsverhalten und Einflüsse auf den Verbenalingehalt

Basisdaten

Der Versuchsanbau erfolgte ausgehend von einer Frühjahrspflanzung der Herkunft ´Bornträger´ im Abstand *30 x 25 cm* an zwei Versuchsstandorten. Geerntet wurde, sofern nichts anderes vorgegeben war, das gesamte Kraut bei Vollblüte (etwa 20-30 Tage nach Blühbeginn). Einzelne Faktoren wurden dann abhängig von der jeweiligen Versuchsfrage variiert.

Standort

Der Anbau von Eisenkraut konnte bei Jahresdurchschnittstemperaturen ab 8,7 °C und ausreichender Wasserversorgung sowohl auf den leichten, humosen, flachgründigen und gut erwärmbaren Sandböden des Standorts Baumannshof als auch auf den schweren, sehr tiefgründigen und schlecht erwärmbaren sandigen Lehmböden des Standorts Puch erfolgreich durchgeführt werden. Ein spezieller Anspruch an die Bodenart besteht nicht. Die Blütenbildung setzt ab dem Überschreiten einer mittleren Tagestemperatur von 16 °C ein.

Schnell erwärmbare Böden begünstigten die Wurzelentwicklung und führen im ersten Standjahr zu höheren Erträgen. Schwere und tiefgründige Böden erbringen über die verbesserte Nährstoffversorgung im zweiten Standjahr Ertragsvorteile. Auf schwer erwärmbaren Böden sind im ersten Standjahr durch die langsamere Jungpflanzenentwicklung nur zwei Schnitte, auf gut erwärmbaren Böden drei Schnitte möglich. Im zweiten Standjahr ist stets von drei Erntedurchgängen auszugehen. Die Ertragsverteilung auf die einzelnen Schnitte wird bei voll entwickeltem Wurzelsystem primär nicht vom Standort beeinflusst. Direkte Auswirkungen auf die Eintrocknungsverhältnisse sind durch die Standortwahl ebenfalls nicht zu erwarten. Für Spitzenerträge wird ein Anbau auf gut erwärmbaren, tiefgründigen und nährstoffreichen Böden empfohlen. Windoffene Lagen sind aus phytosanitären Gründen zu bevorzugen.

Als Faustzahl können dann Gesamterträge an frischem Kraut im ersten Standjahr von 400 dt/ha und im zweiten Standjahr von 880 dt/ha, beziehungsweise gesamte Krautdrogenerträge von 100 dt/ha im ersten und 220 dt/ha im zweiten Standjahr geerntet werden.

Hinsichtlich der Verbenalingehalte in der Krautdroge ging vom Standort kein versuchsübergreifender Einfluss aus. Beide Standorte sind gleichermaßen geeignet. Lediglich in Kombination mit der Herkunftswahl sind in bestimmten Fällen Auswirkungen auf die Verbenalingehalte zu erwarten.

Eintrocknungsverhältnisse

Im Verlauf des Forschungsprojekts wurden im ersten Standjahr Eintrocknungsverhältnisse von 2,7 : 1 bis 5,8 : 1 ermittelt. Im zweiten Standjahr beliefen sich die Eintrocknungsverhältnisse auf Werte von 2,9 : 1 bis 7,2 : 1. Vom ersten bis zum letzten Schnitt kann in der Regel in jedem Standjahr von sinkenden Eintrocknungsverhältnissen ausgegangen werden. Im ersten Schnitt des ersten Standjahres ist der hohe Assimilatebedarf für die Wurzelentwicklung, im ersten Schnitt des zweiten Standjahr sind die dichten und wüchsigen Bestände durch die gute Nährstoff-, insbesondere Stickstoffversorgung, ausschlaggebend. Im letzten Aufwuchs entwickeln sich bei sinkenden Temperaturen festere Gewebe mit kleinlumigeren Zellen. Ansonsten unterliegt das Eintrocknungsverhältnis vielfältigen Schwankungen, bedingt durch eine unterschiedliche Stickstoffversorgung der Pflanzen, durch Klima- und Witterungseinflüsse, oder auch durch das Pflanzenalter und die Tageszeit zur Ernte.

Pilzbefall

An den Stengeln, zum Teil auch an Blättern, wurde Pilzbefall mit einem Schaderreger der Gattung *Alternaria* festgestellt. Die Infektion erfolgt über Verletzungen (im Versuch Saugstellen von Wanzen). Die Ausbreitung findet über befallenes Saatgut, durch Erntegeräte oder bei der Bestandespflege, aber auch durch Regen statt. Junge Stengel sterben oberhalb der Befallsstelle nach einiger Zeit ab, bei älteren verholzten Stengeln bleibt der Xylemstrom selbst bei sehr starkem Befall über die gesamte Vegetationsperiode in Takt. Fungizide sind gegenwärtig nicht zugelassen oder genehmigt. Durch eine rechtzeitige Ernte bei Befallsbeginn kann der Pilzbefall gut kontrolliert werden. In der Regel geht vom Pilzbefall der Bestände kein Einfluss auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge aus.

Herkunft

An beiden Versuchsstandorten ließen sich Höchsterträge in beiden Standjahren durch den Anbau der Herkünfte ´Ungarn´, ´Bornträger´ und ´Toscana´ erzielen. Die Gesamterträge lagen im ersten Standjahr zwischen 350 und 543 dt/ha Frischmasse, beziehungsweise 82 und 127 dt/ha Droge. Im zweiten Standjahr wurden in der Summe aller Aufwüchse frische Krauterträge von 811 - 1022 dt/ha und Krautdrogenerträge von 182 - 260 dt/ha geerntet. Gegenüber dem aufgetretenen Pilzbefall sind alle geprüften Herkünfte gleichermaßen robust. Herkunftsbezogene Abweichungen im Ertragsverhalten pro Schnitt traten nicht auf. Unterschiede sind weder bei den Eintrocknungsverhältnissen noch in der Frosthärte oder im Austriebsverhalten festgestellt worden.

Die Herkunftswahl zeigt nur auf leichten und flachgründigen Böden Auswirkungen auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge. Hohe Verbenalingehalte (2,33 - 5,59 %) lassen sich auf diesen Böden in beiden Standjahren durch den Anbau der Herkunft ´Bornträger´ erzielen. Hohe bis mittlere Gehalte sind bei der Herkunft ´Toscana´ (2,19 - 4,77 %) zu erwarten. Niedrige Verbenalingehalte ergeben sich durch den Anbau der Herkunft ´Ungarn´ (1,71 - 3,80 %). Auf schweren und tiefgründigen Böden bleibt der Verbenalingehalt in der Krautdroge in der Regel von der Herkunftswahl unbeeinflusst. Tendenziell führt auch hier ein Anbau der Herkunft ´Bornträger´ zu etwas höheren Verbenalingehalten. Gegenüber sinkenden Temperaturen und abnehmenden Tageslängen zum Jahresende reagieren die Herkünfte ´Ungarn´ und ´Sevilla´ mit einem frühen und starken Rückgang der Verbenalingehalte. Die Herkünfte ´Bornträger´ und ´Toscana´ verhalten sich in dieser Beziehung robuster. Auftretender Pilzbefall wirkt sich bei keiner Herkunft auf den Verbenalingehalt in der Krautdroge aus.

Um bei Spitzenerträgen gleichzeitig hohe Verbenalingehalte in der Krautdroge zu erzielen, bietet sich ein Anbau der Herkunft ´Bornträger´ an. Für hohe bis mittlere Verbenalingehalte bei besten Erträgen sollte die Herkunft ´Toscana´ kultiviert werden. Sind niedrige Verbenalingehalte in der Krautdroge bei gleichzeitigen Höchsterträgen erwünscht, bietet die Herkunft ´Ungarn´ die richtigen Grundvoraussetzungen.

Pflanztermin

Frühjahrspflanzungen liefern im zweiten Standjahr stets höhere Gesamterträge (760 - 798 dt/ha frisches Kraut; 184 - 189 dt/ha Krautdroge) als Herbstpflanzungen (409 - 429 dt/ha frisches Kraut; 115 - 118 dt/ha Krautdroge) bei einer gleichzeitig deutlich besseren Frosthärte der Bestände. Eintrocknungsverhältnisse, Pilzbefall und Austrieb werden vom Pflanztermin nicht beeinflusst. Nach Herbstpflanzungen wird im zweiten Standjahr besonders das Ertragspotential des ersten Aufwuchses (nur 30 - 40 % des Ertrags der Frühjahrspflanzung) durch den Assimilatebedarf für die Wurzelentwicklung begrenzt. Der Verbenalingehalt wird durch unterschiedliche Pflanztermine nicht beeinflusst.

Beim Anbau von *Verbena officinalis L.* ist einer Frühjahrspflanzung der Vorzug zu geben.

Pflanzabstand

Die Wahl des Pflanzabstands wirkt sich weder auf die Stärke des Pilzbefalls noch auf die Frosthärte oder das Austriebsverhalten aus. Zum Teil wurden bei weiteren Pflanzabständen etwas niedrigere Eintrocknungsverhältnisse ermittelt, die aber keine wesentlichen Einsparungsmöglichkeiten bei den Trocknungskosten erwarten lassen. Die Ertragsverteilung auf die einzelnen Schnitte hängt nicht vom Pflanzabstand ab. Auch der Verbenalingehalt in der Krautdroge wird im untersuchten Bereich nicht vom Pflanzabstand beeinflusst. Spitzenerträge lassen sich durch einen Eisenkrautanbau in den Abständen *25 x 15* und *30 x 25 cm* erzielen.

Da der Jungpflanzenbedarf beim letztgenannten Pflanzabstand allerdings nur halb so hoch ausfällt, ergibt sich ein optimaler Pflanzabstand von *30 x 25 cm*. Im Vergleich dazu wird durch den Anbau im Abstand *50 x 30 cm* ein um 20 % geringerer Ertrag geerntet. Die Eintrocknungsverhältnisse sinken durch die Ausweitung des Pflanzabstands von *30 x 25 cm* auf *50 x 30 cm* im Durchschnitt nur um 4 % ab.

Saattermin

Höchste Gesamterträge können im zweiten Standjahr durch eine Frühjahrssaat von vorbehandeltem Saatgut erzielt werden (547 dt/ha frisches Kraut; 127 dt/ha Krautdroge). Der Ertragsvorteil gegenüber einer Sommersaat (478 dt/ha frisches Kraut; 114 dt/ha Krautdroge) fällt, verglichen mit unterschiedlichen Pflanzterminen, allerdings wesentlich geringer aus, da Frühjahrssaaten durch die kürzere nutzbare Vegetationsdauer im ersten Standjahr weniger Reservestoffe in der Wurzel einlagern als Frühjahrspflanzungen. Entscheidend ist aber auch hier die stark verminderte Frosthärte der Sommersaaten. Durch unterschiedliche Saattermine ergeben sich weder Auswirkungen auf das Eintrocknungsverhältnis des Krauts noch auf den Pilzbefall oder das Austriebsverhalten der Bestände.

Die Ausprägung des Verbenalingehalts in der Krautdroge wird vom Saattermin ebenfalls nicht beeinflusst.

Gegenüber gepflanzten Beständen (30 x 25 cm) ist nach einer Frühjahrssaat von vorbehandeltem Saatgut im Reihenabstand von 30 cm im ersten Standjahr mit Ertragseinbußen von 50 % zu rechnen. Kostenvorteile entstehen durch die Drillsaat dagegen im Hinblick auf den Kauf oder die Anzucht der Jungpflanzen und den arbeitsintensiven Pflanzvorgang. Im zweiten Standjahr

können sich auch nach einer Frühjahrssaat von vorbehandeltem Saatgut mit der Pflanzung vergleichbare Spitzenerträge ergeben. Ob die Drillsaat eine ökonomische Alternative zur Pflanzung darstellt, muss im Einzelfall geprüft werden. Eine Drillsaat sollte dann in jedem Fall im Frühjahr unter Verwendung von vorbehandeltem Saatgut erfolgen. Der gravierende Unterschied zu unbehandeltem Saatgut ist das stark verbesserte Keimverhalten und damit die einheitliche und schnelle Keimung. Die Aussaatstärke beträgt bei einem Reihenabstand von 30 cm 1,2 kg/ha. Eine Erhöhung kann bei Bedarf abhängig von der verwendeten Sätechnik problemlos vorgenommen werden.

Erntetermin (nach Blühbeginn)

Vom Blübeginn der Bestände an steigen während der Vegetationsperiode die Krautdrogenerträge im Zeitraum zwischen 10 und 30 Tagen nach Blühbeginn kontinuierlich an. Exklusive des Schröpfschnitts wurden im ersten Standjahr im Mittel pro Schnitt zwischen 40 (Blübeginn + 10 Tage) und 64 dt/ha (Blühbeginn + 30 Tage) geerntet. Im zweiten Standjahr ergaben sich pro Schnitt vom frühesten zum spätesten Erntetermin Drogenerträge von durchschittlich 80 bis 102 dt/ha . Es ist anzunehmen, dass diese Ertragszuwächse im generativen Stadium vor allem durch eine Zunahme des Trockensubstanzgehalts der Pflanzen über eine verstärkte Einlagerung des Reservestoffs Stachyose in den oberirdischen Pflanzenteilen entstehen. Damit verbunden ist ein gleichzeitiges Absinken der Eintrocknungsverhältnisse. Im untersuchten Zeitraum führt jede Verlängerung der Standzeit um 10 Tage unabhängig vom Standjahr zu einem Rückgang des Eintrocknungsverhältnisses um 15 %.

Zum Ende der Vegetationsperiode können längere Standzeiten bei sinkenden Temperaturen und abnehmenden Tageslängen den Rückgang in der Photosyntheseleistung meist nicht mehr kompensieren. Zum Teil ist bei regelmäßiger später Ernte auch ein Schnitt weniger möglich als zum frühesten Erntetermin. Hinsichtlich der gesamten Krautdrogenerträge können sich in solchen Fällen die Ertragsnachteile des frühesten Erntetermins in den ersten Schnitten in der Summe aller Aufwüchse ausgleichen.

Für beide Standjahre empfiehlt sich insgesamt zum Erzielen eines möglichst großen ökonomischen Vorteils hinsichtlich Reduktion von Trocknungskosten und notwendiger Erntedurchgänge bei gleichzeitiger Ertragsmaximierung eine Ernte im Abstand von 30 Tagen nach Blühbeginn.

Selbst bei frühem und starkem Pilzbefall können über einen gewissen Zeitraum durch spätere Erntetermine noch ansteigende Drogenerträge verzeichnet werden. Abhängig von der Weiterverarbeitung der Rohdroge (Extraktion oder direkte Verwendung der pulverisierten Droge) liegen oft unterschiedliche Anforderungen an die mikrobiologische Reinheit der Droge seitens der pharmazeutischen Industrie vor. Im Einzelfall muss daher entschieden werden, ob ein stärkerer Pilzbefall zu Gunsten höherer Drogenerträge pro Schnitt toleriert werden kann, oder ob eine frühe Ernte nötig wird. Wird ein stärkerer Pilzbefall toleriert, so muss im Folgeaufwuchs mit einem erhöhten Befallsdruck gerechnet werden. Austrieb und Frosthärte werden vom Erntetermin nicht beeinflusst.

Der Verbenalingehalt in der Krautdroge wird in entscheidendem Maße von der Wahl des Erntetermins bestimmt. Zum frühesten Erntetermin (Blühbeginn + 10 Tage) lag dieser durchschnittlich bei 3,7 %. Zehn Tage später (Blühbeginn + 20 Tage) ergab sich ein Verbenalingehalt von durchschnittlich 3,2 %. Bis zum spätesten geprüften Erntetermin (Blühbeginn + 30 Tage) sank der Verbenalingehalt in der Krautdroge dann weiter auf durchschnittlich 2,5 % ab. Der kontinuierliche Rückgang des Verbenalingehalts ist auf die steigenden Trockensubstanzgehalte (Verdünnungseffekt durch Stachyoseeinlagerung und Zellwandsynthese) und die sinkende Verbenalin-Biosyntheserate zurückzuführen, wobei der Trockensubstanzgehalt den Ausschlag gibt. Mit jeder Ernteverzögerung um 10 Tage nimmt der Verbenalingehalt im Erntegut um durchschnittlich 18 % ab.

Hohe Verbenalingehalte in der Krautdroge sind stets an niedrige Drogenerträge pro Schnitt und hohe Eintrocknungsverhältnisse geknüpft. Niedrige Verbenalingehalte ergeben sich in jedem Schnitt bei ertrags- und kostenoptimiertem Anbau. Wird der Eisenkrautanbau mit der Zielstellung hoher Verbenalingehalte durchgeführt, sind in der Summe aller geernteter Aufwüchse höchste Gesamterträge zwar nicht ausgeschlossen, aber weniger wahrscheinlich als bei einer späten Ernte. Unabhängig vom Erntetermin wird bei sinkenden Temperaturen und abnehmenden Tageslängen zum Ende der Vegetationsperiode die Verbenalinbiosynthese eingestellt. Die Verbenalingehalte sinken dann ohne Zunahme der Trockensubstanzgehalte stark ab.

Durch die Beerntung der Bestände in einem regelmäßig gleichen generativen Entwicklungsstadium lassen sich in jedem Schnitt einheitliche Verbenalingehalte in der Krautdroge erzielen, vorausgesetzt der Erntetermin liegt nicht zu nahe am Vegetationsende

Erntetermin (nach Bestandeshöhe)

Wird die Ernte abhängig von der erreichten Bestandeshöhe durchgeführt, so ergeben sich im untersuchten Bereich (*35 bis 40 cm* und *ab 60 cm* Bestandeshöhe) zum späteren Erntetermin in jedem Schnitt stets die höchsten Krautdrogenerträge. Damit verbunden sind immer die niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse. Diese beliefen sich im ersten Standjahr im Mittel aller Schnitte auf 4,2 (ab 60 cm) und 5,1 (35 bis 40 cm) und im zweiten Standjahr auf 4,9 (ab 60 cm) und 5,4 (35 bis 40 cm). Der Ertragsvorsprung des späteren Erntetermins in den jeweiligen Schnitten gleicht sich in der Summe aller Aufwüchse dadurch aus, dass durch eine regelmäßige frühe Ernte bei einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm im ersten Standjahr mit drei und im zweiten mit vier Schnitten jeweils ein Erntedurchgang mehr möglich ist.

Im ersten Standjahr führt der Assimilatebedarf für die Wurzelentwicklung bei beiden Ernteterminen zu kontinuierlich steigenden Krautdrogenerträgen vom ersten zum letzten Schnitt. Bei voll entwickeltem Wurzelsystem (letzter Schnitt des ersten und alle Schnitte des zweiten Standjahres) lässt sich durch eine regelmäßige Ernte bei gleicher Bestandeshöhe eine homogene Verteilung der Krautdrogenerträge auf die einzelnen Schnitte erreichen. Die Ernte bei einer Bestandeshöhe von 40 cm liefert dann einen Krautdrogenertrag von durchschnittlich 43 dt/ha pro Schnitt. Werden die Bestände regelmäßig bei einer Höhe von 60 cm geerntet, so lässt sich in jedem Schnitt ein Kraudrogenertrag von 67 dt/ha erzielen.

Die Ertragsverteilung der frischen Krauterträge kann durch unterschiedliche Witterungseinflüsse (Eintrocknungsverhältnisse) zur Ernte ein abweichendes Verhalten zeigen. Frosthärte und Austriebsverhalten werden auch bei einer Ernte nach Bestandeshöhe nicht beeinflusst. Der positive Effekt des früheren Erntetermins auf die Entwicklung des Pilzbefalls wurde bestätigt.

Durch eine frühe Ernte, bei einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm, ergeben sich in beiden Standjahren mit durchschnittlich 4,5 % stets höhere Verbenalingehalte in der Krautdroge als zum späteren Erntetermin mit durchschnittlich 3,8 %. Entscheidend für die Höhe des Verbenalingehalts ist aber primär das physiologische Entwicklungsstadium und der Trockensubstanzgehalt der Pflanzen. Die Entwicklungsphase (vegetativ/generativ) übt keinen Einfluss auf den Verbenalingehalt aus. Hier muss angemerkt werden, dass eine Ernte vor Blühbeginn nicht in Übereinstimmung mit den Qualitätsanforderungen des DAC steht. Die Eisenkrauternte sollte daher immer erst in der generativen Phase erfolgen.

Eine Festlegung des Erntetermins nach Bestandeshöhe ist generell möglich. Höchste Erträge bei gleichzeitiger Optimierung der Ernte- und Trocknungskosten werden durch eine späte Ernte ab einer Bestandeshöhe von 60 cm erzielt. Dies führt in beiden Standjahren zu niedrigen Verbenalingehalten in der Krautdroge. Hohe Verbenalingehalte ergeben sich stets durch eine frühe Ernte bei einer Bestandeshöhe von 35 bis 40 cm, verbunden mit niedrigeren Erträgen pro Schnitt und höheren Eintrocknungsverhältnissen.

Die Ernte bei kontinuierlich gleicher Bestandeshöhe eignet sich insgesamt nur bedingt, um Eisenkrautdroge mit gleichbleibendem Verbenalingehalt und damit gleichbleibender pharmazeutischer Qualität und therapeutischer Wirksamkeit zu produzieren, da primär das physiologische Entwicklungsstadium in Kombination mit dem Trockensubstanzgehalt der Pflanzen über die Höhe des Verbenalingehalts in der Krautdroge entscheidet.

Erntehorizont

Mit jeder Ausweitung des Erntehorizonts ist stets ein deutlicher Ertragsanstieg verbunden. So werden pro Schnitt in beiden Standjahren beim Erntehorizont *1/3* durchschnittlich 31 dt/ha an frischem Kraut, beziehungsweise 9 dt/ha an Krautdroge geerntet. Eine Ausweitung des Erntehorizonts auf die obersten zwei Drittel führt zu einem Ertragsanstieg beim frischen Kraut auf 122 dt/ha und bei der Krautdroge auf 33 dt/ha. Durch die Ernte des gesamten Krauts (3/3) ergibt sich ein frischer Krautertrag pro Schnitt von 298 dt/ha und ein Krautdrogenertrag von 79 dt/ha pro Schnitt. Eintrocknungsverhältnisse, Frostresistenz oder Austriebsverhalten werden durch die Wahl des Erntehorizonts nicht beeinflusst.

Durch die Ernte eines der beiden oberen Erntehorizonte verbleiben mit der Reststoppel noch dichte Bestände auf dem Feld, in denen sich ein starker Krankheitsdruck aufbauen kann. Dies ist bei einer regelmäßigen Ernte des gesamten Krauts nicht der Fall, da potentiell infiziertes Pflanzenmaterial nahezu vollständig vom Feld entfernt wird.

Ausgehend von der Ernte des gesamten Krauts (3/3) steigt der Verbenalingehalt im Erntegut mit jeder Reduktion des Erntehorizonts an. Dies ist in der Hauptsache auf einen steigenden Blüten- und sinkenden Stengelanteil zurückzuführen. Im Versuch lag der Verbenalingehalt nach einer

Ernte des gesamten Krauts in beiden Standjahren durchschnittlich bei 2,9 %. Durch die Ernte der obersten zwei Drittel stieg der Verbenalingehalt auf 4,3 % an. Eine weitere Reduktion des Erntehorizonts auf das oberste Drittel führte zu einem weiteren Anstieg auf 4,9 %.

Die Verkleinerung des Erntehorizonts stellt eine gute Möglichkeit dar, die nach einer Probeernte festgestellten Verbenalingehalte auf Kosten des Ertrags zu steigern. Liegt der festgestellte Verbenalingehalt dagegen über dem angestrebten Gehalt, so genügt es, den Erntetermin auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben. Über den Erntehorizont kann hier keine Regulation erfolgen.

Zeigen die Bestände zur Ernte erste Anzeichen eines Krankheitsbefalls, ist es sinnvoll bei der Wahl eines höheren Erntehorizonts die Reststoppel nachzumähen und vom Feld abzutransportieren.

Neben der Sicherung der Rohstoffversorgung eröffnen die neu gewonnenen Erkenntnisse zum Anbauverhalten von *Verbena officinalis L.* und zur Entwicklung der Verbenalingehalte die Möglichkeit einer nach ökonomischen und qualitativen Gesichtspunkten optimierten Kultursteuerung.

Damit wurde ein wichtiges Werkzeug geschaffen, um über die Anbaujahre hinweg Eisenkrautdroge von konstant hoher Qualität und gleichbleibender therapeutischer Wirksamkeit produzieren zu können.

Literaturverzeichnis

AMBERGER, A., 1996:
Pflanzenernährung. Ulmer, Stuttgart, 4. Auflage.

ARZNEIMITTELGESETZ, 1976:
Arzneimittelgesetz. BGBl. I, 2445-2476. i.d. novellierten Fassung vom 4. Juli 2000 in BGBl. Nr.31, 1002.

BAH, 1999:
Pflanzliche Arzneimittel heute. Wissenschaftliche Erkenntnisse und arzneimittelrechtliche Rahmenbedingungen. Bestandsaufnahme und Perspektiven. Bundesfachverband der Arzneimittel-Hersteller e.V. (BAH), Bonn, 2. Auflage.

BAH, 2001:
Pflanzliche Arzneimittel. Stichwortverzeichnis. Bundesfachverband der Arzneimittel-Hersteller e.V. (BAH), Bonn, 4. Auflage.

BARTH, F., MÜHLBAUER, P., NIKOL, F., WÖRLE, K., 1985:
Mathematische Formeln und Definitionen. Bayerischer Schulbuch-Verlag, München, J. Lindauer Verlag (Schaefer), München, 4. Auflage.

BASKIN, C.C., BASKIN, J.M., 1998:
Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo, Toronto.

BEA, S.K., CHOO, H.K., 1987:
Effect of nitrogen fertilization on maturity of leaves and chemical contents of Burley tobacco. Korean-Journal-of-Crop-Science, 32, 347-352.

BEWLEY, J.D., BLACK, M., 1982:
Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Viability, dormancy and environmental control. Vol. 2, Springer, Berlin.

BOMME, U., 1984:
Neuer Aufschwung für den Anbau von Heilpflanzen? Taspo, Nr. 1, 8-10.

BOMME, U., 1988:
Der feldmäßige Heil- und Gewürzpflanzenanbau in Bayern - ein Situationsbericht. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 65, 143-157.

BOMME, U., 1989:
Untersuchungen zum Keimverhalten von *Melissa officinalis L.* als grundlegende Voraussetzung für ein rationelles Anbauverfahren. Dissertation an der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der TU-München/Weihenstephan.

BOMME, U., 1990 a:
Kulturanleitung für Gartensalbei. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), Vöttingerstraße 38, 85354 Freising, Heil- und Gewürzpflanzen, 41, 2. Auflage.

BOMME, U., 1990 b:
Kulturanleitung für Gartenthymian. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), Vöttingerstraße 38, 85354 Freising, Heil- und Gewürzpflanzen, 42, 2. Auflage.

BOMME, U., 1992:
Qualität von Heil- und Gewürzpflanzen. In: Qualitätsforschung an pflanzlichen Nahrungsmitteln in Deutschland. Stand der Kenntnisse. Probleme der nahen Zukunft. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (DGQ), XXVII Vortragstagung am 30./31.03.1992 in Bergholz-Rehbrücke, Eigenverlag, 75-95.

BOMME, U., 1997:
Produktionstechnologie von Johanniskraut (*Hypericum perforatum L.*). Z.Arzn.Gew.pfl., 2, 127-134.

BOMME, U., 1998:
Situation und Zukunftsperspektiven des Feldanbaues von Heil- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Z.Arzn.Gew.pfl., 3, 155-161.

BOMME,U., NAST, D., 1998:
Nährstoffentzug und ordnungsgemäße Düngung im Feldanbau von Heil- und Gewürzpflanzen. Z.Arzn.Gew.pfl., 3, 82-90.

BOMME, U., 1999:
Anbau und Züchtung von *Arnica montana L.*. Z.Arzn.Gew.pfl., 4, 202-203.

BOMME, U., FEICHT, E., LEPSCHY, J., 1999:
Ergebnisse zu Leistungsprüfungen mit Baldrian- (*Valeriana officinalis*-) Herkünften. Z.Arzn.Gew.pfl., 4, 191-197.

BOMME, U., 2000:
Möglichkeiten und Risiken eines feldmäßigen Heil- und Gewürzpflanzenanbaus. Energie Pflanzen, IV, 26-32.

BOMME, U., HILLENMEYER, H., REITER, H., RINDER, R., 2000 a:
Optimiertes Verfahren zur praxisnahen Wasserdampf-Destillation ätherischer Öle aus frischen Pflanzenteilen. Zweite Mitteilung: Mehrjährige Ergebnisse zu Pfefferminze, Zitronenmelisse, Baldrian und Angelika. Z.Arzn.Gew.pfl., 5, 132-144.

BOMME, U., FEICHT, E., HILLENMEYER, G., 2000 b:
Evaluierung von Engelwurz (*Angelica archangelica*) - Herkünften unter besonderer Berücksichtigung von Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls. Z.Arzn.Gew.pfl., 5, 28-35.

BOMME, U., 2001:
Kulturanleitung für Zitronenmelisse. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), Vöttingerstraße 38, 85354 Freising, 4. Auflage.

BOMME, U., EBERLEIN, H., RÖDEL, G., 2001:
Grünguternter für Heil- und Gewürzpflanzen optimiert. Gemüse, 37, 28-30.

BOMME, U., GATTERER, M., 2002:
Möglichkeiten der Auflaufverbesserung bei Heil- und Gewürzpflanzen. Ergebnisse zur Auflaufverbesserung einiger Chinesischer Heilpflanzen. Z.Arzn.Gew.pfl., 7. Im Druck.

BRATCHER, C.B., DOLE, J.M., COLE, J.C., 1993:
Stratification improves seed germination of five native wildflower species. HortScience, 38, 899-901.

BRAUN, H., FROHNE, D., 1994:
Heilpflanzenlexikon. Wirkungen, Verordnung, Selbstmedikation. Fischer, Stuttgart, Jena, New York, 6. Auflage.

BRENDLER, T., GRÜNWALD, J., JÄNICKE, C., 1999:
Heilpflanzen. Herbal Remedies. CD-ROM Datenbank, Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart.

BUNDESARTENSCHUTZVERORDNUNG, 1986:
Bundesartenschutzverordnung. BGBl. I., 2705-2761.

BUNDESGESUNDHEITSAMT, 1990:
Monographie: *Verbenae herba* (Eisenkraut). Bundesanzeiger Nr. 22 a, VI a/226.

BUNDESNATURSCHUTZGESETZ, 2001:
Bekanntmachung der besonders und streng geschützten Tier- und Pflanzenarten gemäß § 20 a Abs. 5 des Bundesnaturschutzgesetzes. Bundesanzeiger Nr. 35 a, Jahrgang 35, 1-283.

BUNDESSORTENAMT, 1995:
Richtlinien für Wertprüfung und Sortenversuche im Gemüsebau. Landbuch-Verlag-GmbH.

CALVO, M.I., SAN JULIAN, A., FERNÁNDES, M., 1997:
Identification of the major compounds in extracts of *Verbena officinalis L. (Verbenaceae)* by HPLC with post-column derivatization. Chromatographia, Vol. 46, 241-244.

CARMEN-RECIO, DEL, M., GINER, R.M., MÁNEZ, S., RÍOS, J.H., 1994:
Structural considerations on the iridoids as anti-inflammatory agents. Planta Med., 60, 232-234.

CARNAT, A., CARNAT, A.P., CHAVIGNON, O., HEITZ, A., WYLDE, R., LAMAISON, J.L., 1995:
Luteolin 7-diglucuronide, the major flavonoid compound from *Aloysia triphylla* and *Verbena officinalis*. Planta Med., 61, 490.

CHALCHAT, J.C., GARRY, R.P., 1996:
Chemical composition of the leaf oil of *Verbena officinalis L.*. J. Essent. Oil Res., 8, 419-420.

CHEYMOL, M.J., 1937:
Recherche du stachyose et du verbénaloside dans le genre *Verbena*. Bull. Soc. Chim. Biol., 19, 1647-1653.

COOLBEAR, P., MCGILL, C.R., 1990:
Effects of a low temperature pre-sowing treatment on the germination of tomato seed under temperature and osmotic stress. Scientia Hortic., 44, 43-54.

COPELAND, L.O., MC DONALD, M.B., 1995:
Seed Science and Technology. Chapman & Hall, New York, 3. Edition.

CRÜGER, G., 1991:
Pflanzenschutz im Gemüsebau. Handbuch des Erwerbsgärtners. Ulmer, Stuttgart, 3. Auflage.

DAANE, K.M., DLOTT, J.W., YOKOTA, G.Y., JOHNSON, R.S., CRISOSTO, C.H., MORGAN, D.P., MICHAILIDES, T.J., RAMIREZ, H.T., 1996:
Influence of nitrogen fertilization on the susceptibility of nectarines to pathogenes and pests. Rivista-di-Frutticoltura-e-di-Ortofloricoltura, 58, 41-45.

DAB 2001:
Deutsches Arzneibuch. Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, Govi-Verlag - Pharmazeutischer Verlag GmbH, Eschborn.

DAC 2000:
Deutscher Arzneimittel Codex. Monographie Eisenkraut 1997. Deutscher Apotheker-Verlag, Stuttgart, Govi-Verlag - Pharmazeutischer Verlag GmbH, Eschborn.

DACHLER, M., PELZMANN, H., 1999:
Arznei- und Gewürzpflanzen. Anbau - Ernte - Aufbereitung. Österreichischer Agrarverlag, Wien, 2. Auflage.

DAMTOFT, S., GODTHJAELPSEN, L., JENSEN, S.R., NIELSEN, B.J., 1983:
Age-dependent variations of the efficiency of iridoid biosynthesis in *Verbena officinalis*. Phytochemistry, 22, 2614-2615.

DEBRAUWER, L., MAILLARD, C., BABADJAMIAN, A., VIDAL-OLLIVIER, E., LAGET, M., SALMONA, G., AFZAL-RAFFI, Z., 1989:
Study in the chemical constituents of *Plantago cynops L.* and antibacterial evaluation of verbascoside. Pharm. Acta Helv., 64, 183-187.

DIE DÜNGUNG VON ACKER- UND GRÜNLAND, LEITFADEN FÜR, 1997:
Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), Freising-München, 6. Auflage.

DIE ZULASSUNG UND REGISTRIERUNG VON ARZNEIMITTELN, BEKANNTMACHUNG ÜBER, 1985:
Bekanntmachung über die Zulassung und Registrierung von Arzneimitteln (Aufbereitungsmonographien für Arzneimittel der homöopathischen Therapierichtung). Bundesanzeiger Nr. 190 a, Jahrgang 37, 54.

DIEPENBROCK, W., FISCHBECK, G., HEYLAND, K.U., KNAUER, N., 1999:
Spezieller Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart, 3. Auflage.

DÖRFLER, H.P., ROSELT, G., 1990:
Heilpflanzen. Urania Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, 5. Auflage.

DÜNGEVERORDNUNG, 1996:
Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung). BGBL I, 118-121.

EL-SHAHAWY, M.I.M, ABD-EL-MALIK, R.R., 1999:
Response of Giza 87 cotton cultivar *(Gossypium barbadense L.)* to irrigation levels and nitrogen fertilization levels. Egyptian-Journal-of-Agricultural-Research, 77, 841-856.

ENNET, D., REUTER H., D., 1998:
Lexikon der Pflanzenheilkunde. Wirkung, Anwendung, Botanik, Geschichte. Hippokrates Verlag, Stuttgart.

ESCOP, 1999:
European Scientific Cooperative On Phytotherapy. Monographs on the medicinal uses of plant drugs. Centre for Complementary Health Studies, University of Exeter, UK.

EUROPAM, 1998:
Leitlinien für die Gute Landwirtschaftliche Praxis (GAP) von Arznei- und Gewürzpflanzen. Fassung August 1998. Z.Arzn.Gew.pfl., 3, 166-178.

FRANKE, R., 1995:
Von der Wildsammlung von Wirkstoffpflanzen zum Anbau. Herba germanica, 3, 5-19.

FRANKE, R., 1999:
Neuentstehung von Kulturpflanzen heute. Beispiele aus dem Bereich Arznei- und Gewürzpflanzen. Z.Arzn.Gew.pfl., 4, 24-38.

FREUDENSTEIN, J., 1997:
Marktstrukturen und Anbauumfang, Chancen und Möglichkeiten der Etablierung und Erweiterung des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen unter den gegebenen Rahmenbedingungen. In: Gülzower Fachgespräche. Arznei und

Gewürzpflanzen. Workshop „Evaluierung des FuE-Bedarfs bei Arznei- und Gewürzpflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), tangram documents, Rostock, 22-37.

FREUND, R.J., LITTELL, R.C., 1981:
SAS for linear models: A guide to the ANOVA and GLM procedures. SAS Institute Inc., Box 8000 Cary, North Carolina 27511-8000.

FRITZ, D., STOLZ, W., VENTER, F., WEICHMANN, J., WONNEBERGER, C., 1989:
Gemüsebau. Ulmer, Stuttgart, 9. Auflage.

FROHNE, D., JENSEN, U., 1998:
Systematik des Pflanzenreichs unter besonderer Berücksichtigung chemischer Merkmale und pflanzlicher Drogen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 5. Auflage.

GAEDCKE, F., STEINHOFF, B. 2000:
Phytopharmaka. Wissenschaftliche und rechtliche Grundlagen für die Entwicklung, Standardisierung und Zulassung in Deutschland und Europa. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

GATTERER, M., KRAFKA, O., BOMME, U., 1999:
Verbesserung des Auflaufverhaltens von Echinacea-Arten. Z.Arzn.Gew.pfl., 4, 84-96.

GATTERER, M., BOMME, U., ABEL, G., GÖHLER, I., 2002:
Einfluss einer Direktsaat im Frühjahr auf die Entwicklung der Bestände und den Ertrag von *Verbena officinalis L.* (Eisenkraut). Z.Arzn.Gew.pfl., 7. Im Druck.

GEBHARDT, R., REXHEPAJ, R., FAUSEL, M., 1999:
Antioxidative und hepatoprotektive Wirkung von Flavonoiden aus Blattextrakten der Artischocke. Ein Vergleich an Hepatozytenkulturen unter Einwirkung toxischer Hydroperoxide. Zeitschrift für Phytotherapie, 20, 97-98.

GHISALBERTI, E.L., 1998:
Biological and pharmacological activity of naturally occuring iridoids and secoiridoids. Phytomedicine, 5, 147-163.

HAB 2000:
Homöopathisches Arzneibuch. Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, Govi-Verlag - Pharmazeutischer Verlag GmbH, Eschborn.

HANNIG, H. J., 1993:
Heil- und Gewürzpflanzen. Vertragsanbau und seine Konsequenzen. Gartenbaumagazin, 12, 17.

HÄNSEL, R., KELLER, K., RIMPLER, H., SCHNEIDER, G., 1994:
Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis. Band 5+6. Springer, Berlin, Heidelberg, 5. Auflage.

HÄNSEL, R., STICHER, O., STEINEGGER, E., 1999:
Pharmakognosie - Phytopharmazie. Springer, Berlin, Heidelberg, 6. Auflage.

HEEGER, E.F., 1956:
Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues. Drogengewinnung. Deutscher Bauernverlag.

HEGI, G., 1958:
Illustrierte Flora von Mitteleuropa. 5/3, Hanser, München.

HEGNAUER, R., 1990:
Chemotaxonomie der Pflanzen. Band 4 und 9, Birkhäuser, Basel.

HEINDL, A., MÜLLER, J., 1997:
Trocknung von Arznei und Gewürzpflanzen. Z.Arzn.Gew.pfl., 2, 90-97.

HERBERT, J.M., MAFFRAND, J.P., 1991:
Verbascoside isolated from *Lantana camara*, an inhibitor of protein kinase C. Journal of Natural Products, 54, 1595-1600.

HEß, D., 1991:
Pflanzenphysiologie. Molekulare und biochemisch-physiologische Grundlagen von Stoffwechsel, Entwicklung und Ökologie. Ulmer, Stuttgart, 9. Auflage.

HILLER, K., MELZIG, M., 1999:
Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. Band 1, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

HOFFMANN, G.M., NIENHAUS, F., POEHLING, H.M., SCHÖNBECK, F., WELTZIEN, H.C., WILBERT, H., 1994:
Lehrbuch der Phytomedizin. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin, Oxford, Edinburgh, Boston, London, Melbourne, Paris, Wien, Yokohama, 3. Auflage.

HORNOK, L., 1992:
Cultivation and Processing of Medicinal Plants. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.

HUNTER, A., 1995:
Verbena officinalis, vervain. Australian-Journal-of-Medical-Herbalism, 7, 105-107.

IGILE, G.O., OLESZEK, W., JURZYSTA, M., BURDA, S., FAFUNSO, M., FASANMADE, A.A., 1994:
Flavonoids from *Vernonia amygdalina* and their antioxidant activities. J. Agric. Food Chem., 42, 2445-2448.

ISTA 1999:
International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Annexes 1999. Seed Sci & Technol., 27, Supplement.

JANSEN, H., BACHTALER, E., FÖLSTER, E., SCHARPF, H.C., 1998:
Gärtnerischer Pflanzenbau. Grundlagen des Anbaus unter Glas und Kunststoffen. Ulmer, Stuttgart, 3. Auflage.

KARSSEN, C.M., 1976:
Two sites of hormonal action during germination of *Chenopodium album L.* seeds. Physiol. Plant., 36, 264-270.

KELLER, K., 1997:
Aktuelle rechtliche Position und Zukunft des pflanzlichen Arzneimittels in Deutschland und in der Europäischen Union. Herba Polonica 4, Tom XLIII, 466-488.

KELLER, E.R., HANUS, H., HEYLAND, K.U., 1997:
Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Ulmer, Stuttgart.

KIGEL, J., GALILI, G., 1995:
Seed Development and Germination. Marcel Dekker Inc., New York, Basel, Hong Kong.

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1989 a:
Die Regelung der Arzneimittel in der Europäischen Gemeinschaft. Die Regelung der für den Menschen bestimmten Arzneimittel in der Europäischen Gemeinschaft. Band 1, EGKS-EWG-EAG, Brüssel, Luxemburg.

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1989 b:
Die Regelung der Arzneimittel in der Europäischen Gemeinschaft. Hinweise zur Qualität, Unbedenklichkeit und Wirksamkeit der für den Menschen bestimmten Arzneimittel. Band 3, EGKS-EWG-EAG, Brüssel, Luxemburg.

KRETSCHMER, M., 1997:
Triebkraft und Bedingungen des Feldaufganges. Kongressband 1997 Leipzig. Stoff- und Energiebilanzen in der Landwirtschaft. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 99-102.

KRUG, H., 1991:
Gemüseproduktion. Ein Lehr- und Nachschlagewerk für Studium und Praxis. Parey, Berlin, Hamburg, 2. Auflage.

MAKBOUL, A.M., 1986:
Chemical constituents of *Verbena officinalis*. Fitoterapia LVII, No. 1.

MALOY, O.C., MURRAY, T.D., 2001:
Encyclopedia of Plant Pathology. John Wiley & Sons Inc., New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.

MENDE, R., WICHTL, M., 1998:
Eisenkraut - *Verbena officinalis L.*. Beiträge zur Analytik, zu Inhaltsstoffen und zu biologischen Wirkungen. Deutsche Apotheker Zeitung, 138, 35-40.

MUNZERT, M., 1992:
Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen: Grundlagen und Praxis des Versuchswesens im landwirtschaftlichen, gärtnerischen und forstwissenschaftlichen Pflanzenbau. Parey, Berlin, Hamburg.

OBERDORFER, E., 2001:
Pflanzenphysiologische Exkursionsflora. Ulmer, Stuttgart, 8. Auflage.

PAHLOW, M., 1999:
Das große Buch der Heilpflanzen. Gräfe & Unzer, München.

PANK, F., 1997:
Zur Situation der Arzneipflanzenzüchtung. Ziele, Methoden, Institutionen und Objekte. In: Gülzower Fachgespräche. Arznei und Gewürzpflanzen. Workshop „Evaluierung des FuE-Bedarfs bei Arznei- und Gewürzpflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), tangram documents, Rostock, 59-76.

PANK, F., HEINE, H., 1998:
Ziele und Methoden der Arznei- und Gewürzpflanzenzüchtung und verfügbare Sorten in Deutschland. Z.Arzn.Gew.pfl., 3, 125-138.

PFLANZENSCHUTZGESETZ, DAS, 1999:
Das Pflanzenschutzgesetz. Die wichtigsten Änderungen im Überblick; Gesetzestext und Begründung; Weitere Rechtsvorschriften. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF), Referat Öffentlichkeitsarbeit, Postfach 53107, Bonn.

PH.EUR., 2001:
Europäisches Arzneibuch: Amtliche deutsche Ausgabe. Band I-III, aktuellster Nachtrag 2001. Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, Govi-Verlag - Pharmazeutischer Verlag, Eschborn.

PLESCHER, A., 1997:
Ablösung der Wildsammlung durch Inkulturnahme von Arzneipflanzen in Deutschland. In: Gülzower Fachgespräche. Arznei und Gewürzpflanzen. Workshop „Evaluierung des FuE-Bedarfs bei Arznei- und Gewürzpflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), tangram documents, Rostock, 38-50.

PRECHT, M., KRAFT, R., 1987:
Biostatistik. R. Oldenbourg, München, Wien, 4. Ausgabe.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F., CURTIS, H., 2000:
Biologie der Pflanzen. De Gruyter, Berlin, New York, 3. Auflage.

RIMPLER, H., 1990:
Biogene Arzneistoffe. Thieme, Stuttgart, New York.

RICHTER, G., 1997:
Stoffwechselphysiologie der Pflanzen. Physiologie und Biochemie des Primär- und Sekundärstoffwechsels. Thieme, Stuttgart, New York, 6. Auflage.

RÖBER, R., SCHALLER, K., 1985:
Pflanzenernährung im Gartenbau. Handbuch des Erwerbsgärtners. Ulmer, Stuttgart, 3. Auflage.

ROTH, 2000:
EG-Sicherheitsdatenblatt für 9351 Blaugel vom 28.07.00. Carl Roth GmbH + Co., Schoemperlenstraße 1-5, 76185 Karlsruhe.

ROTHMALER, W., 1991:
Exkursionsflora. Band 3, Volk und Wissen Verlag, Berlin, 8. Auflage.

RUMPEL, J., SZUDYGA, I., 1978:
The influence of pre-sowing seed treatments on germination and emergence of tomato ´New Yorker´ at low temperatures. Scientia Hortic., 9, 119-125.

SACHS, L., 1978:
Angewandte Statistik, Springer, Berlin, 5. Auflage.

SAUERMOST, R., 1994:
HERDER-Lexikon der Biologie. Band 3, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.

SAS INSTITUTE INC., 1985:
SAS® User´s Guide: Statistics, Version 5 Edition. Box 8000 Cary, North Carolina 27511-8000, 956 Seiten.

SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., 1998:
Lehrbuch der Bodenkunde. Enke, Stuttgart, 14. Auflage.

SCHMEIL, O., FITSCHEN, J., 1996:
Flora von Deutschland und angrenzender Länder: ein Buch zum Bestimmen der wildwachsenden und häufig kultivierten Gefäßpflanzen. Quelle & Meyer, Wiesbaden, 90. Auflage.

SCHNEIDER, G., HILLER, K., 1999:
Arzneidrogen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford, 4. Auflage.

SCHÖPF, K., 2000:
Untersuchungen zu Blüh- und Bestäubungsbiologie der Heilpflanze *Verbena officinalis L.* (Eisenkraut) als Voraussetzung für die züchterische Bearbeitung. Diplomarbeit an der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der TU-München-Weihenstephan, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau. Unveröffentlicht.

SCHWANTES, H.O., 1996:
Biologie der Pilze: eine Einführung in die angewandte Mykologie. Ulmer, Stuttgart.

STEINER, A.M., 1998:
Vorkeimung zur physiologischen Saatgutverbesserung. Gemüse, 9, 504-505.

STEINER, A.M., KRUSE, M., FUCHS, H., 1999:
A re-assessment of the comparison of tetrazolium viability testing and germination testing. Seed Sci & Technol., 27, 59-65.

STEINHOFF, B., 1997:
Qualitätskontrolle pflanzlicher Drogen und ihrer Zubereitungen unter Berücksichtigung neuer rechtlicher Regelungen. Z.Arzn.Gew.pfl., 2, 10-14.

STÖGER, E.A., 1991:
Arzneibuch der chinesischen Medizin: Monographien des Arzneibuchs der Volksrepublik China 1985 und 1990. Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, Grundwerk 2. Auflage 1991; 7. Ergänzungslieferung 3/1999.

STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENCK, A., SCHIMPER, F.W., 1991:
Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Fischer, Stuttgart, Jena, New York, 33. Auflage.

TAIZ, L., ZEIGER, E., 1998: Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., P.O. Box 407, 23 Plumtree Road, Sunderland, MA, 01375 U.S.A., 2. Ausgabe.

TAYLORSON, R.B., HENDRICKS, S.B., 1977:
Dormancy in Seeds. Ann. Rev. Plant. Physiol., 28, 331-354.

THOMSON, J.R., 1979:
An Introduction to Seed Technology. Hill, Glasgow.

THROM, G., 1993:
Grundlagen der Botanik. Quelle und Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.

VEGIS, A., 1964:
Dormancy in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol., 15, 185-215.

VINCENZI, DE, M., MAIALETTI, F., DESSI, M.R., 1994:
Monographs on botanical flavouring substances used in foods. Part III,Volume LXV. Fitoterapia, No.1.

WAGNER, H., 1993:
Maximierung der Samenerträge und wertgebenden Inhaltsstoffe von Fenchel (*Foeniculum vulgare M.*) und Koriander (*Coriandrum sativum L.*) durch pflanzenbauliche Maßnahmen an zwei verschiedenen Standorten. Dissertation am Institut für Pflanzenbau und Grünland der Universität Hohenheim. Dissertationsdruck - Verfielfältigungen F. u. T. Müllerbader GmbH, Filderstadt (Plattenhardt).

WAGNER, H., 1999:
Pharmazeutische Biologie. Drogen und ihre Inhaltsstoffe. Band 2, Fischer, Stuttgart, New York, 6. Auflage.

WEBER, R., 1995:
Untersuchungen zum Inhaltsstoffspektrum und zur biologischen Aktivität von *Verbena officinalis L.*. Dissertation am Institut für Pharmazeutische Biologie der Phillips-Universität Marburg/Lahn, J. Cramer, Berlin, Stuttgart.

WICHTL, M., 1997:
Teedrogen und Phytopharmaka. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 3.Auflage.

WICHTL, M., 1999:
Eisenkraut - *Verbena officinalis L.*. Zeitschrift für Phytotherapie, 20, 353-358.

WIESENAUER, M., WIDMAIER, W., 1991:
Arzneipflanzen. Bionorica AG, Kerschensteinerstr. 11-15, 92318 Neumarkt/Opf..

WOODWARD, F.I., 1990:
The impact of low temperatures in controlling the geographical distribution of plants. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 326, 585-593.

WOODWARD, F.I., 1997:
Life at the edge: a 14-year study of a *Verbena officinalis* population´s interaction with climate. Journal of Ecology, 85, 899-906.

XIONG, Q., HASE, K., TEZUKA, Y., TANI, T., NAMBA, T., KADOTA, S., 1998:
Hepatoprotective activity of phenylethanoids from *Cistanche deserticola*. Planta Medica, 64, 120-125.

XIONG, Q., HASE, K., TEZUKA, Y., NAMBA, T., KADOTA, S., 1999:
Acteoside inhibits apoptosis in D-galactosamine and lipopolysaccharide-induced liver injury. Life Sciences, 65, 421-430.

YAMAURA, T., TANAKA, S., TABATA, M., 1989:
Light-dependent formation of glandular trichomes and monoterpenes in thyme seedlings. Phytochemistry, 28, 741-744.

YAQUB, M., 1981:
The implications of climate in the control of the distribution of *Verbena officinalis* and *Eupatorium cannabinum*. Ph.D. thesis, University of Wales.

ZHENG, R-L., WANG, P-F., LI, J., LIU, Z-M., JIA, Z-J., 1993:
Inhibition of the autoxidation of linoleic acid by phenylpropanoid glycosides from Pedicularis in micelles. Chemistry and Physics of Lipids, 65, 151-154.

8 Anhang

8.1 Weitere Informationsquellen

BASF, 2001:
Pflanzenschutzmittel 2001. Blatt- und Spurennährstoffdünger. BASF Aktiengesellschaft, Agrarzentrum Limburgerhof, Buisseness Management Landwirtschaft, 67114 Limburgerhof.

BIONORICA, 2001:
Die Bionorica-Phytotherapie. Informationsbroschüre. BIONORICA AG, Kerschensteinerstr. 11-15, 92318 Neumarkt/Opf..

BOMME, U., 1998:
Möglichkeiten und Risiken eines feldmäßigen Heil- und Gewürzpflanzenanbaues. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising: Bodenkultur und Pflanzenbau, 2, 1-14. Unveröffentlicht.

BÜTTNER, P., 2001:
Mündliche Mitteilung vom 23.10.2001. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vöttingerstr. 38, 85354 Freising.

FAH, 2000:
Abschlussbericht zum Vorhaben: Chancen und Potential des deutschen Arzneipflanzenanbaus - Erhebung des Status Quo auf Seiten des Anbaus und der phytopharmazeutischen Industrie. Forschungsvereinigung der Arzneimittelhersteller e.V. (FAH). Unveröffentlicht.

FRANKE, R., 2000:
Mündliche Mitteilung am 7.6.2000. Dr. med. Otto Greither Nachf. GmbH & Co.KG Natur-Arzneimittel, Bahnhofstraße 24, D-83052 Bruckmühl (Obb.).

GERLACH, W.P., 2000:
Mündliche Mitteilung am 15.6.00. Fachhochschule Weihenstephan, Institut für Botanik und Pflanzenschutz, Am Hofgarten 8, D-85350 Freising.

GÖHLER, I., 2001:
Mündliche Mitteilung am 01.03.2001. BIONORICA AG, Kerschensteinerstr. 11-15, 92318 Neumarkt/Opf..

KRAFKA, O., 2001:
Mündliche Mitteilung nach Handelsdaten der Martin Bauer GmbH am 30.1.2001. Martin Bauer GmbH&Co. KG, Dutendorferstr 5-7, 91487 Vestenbergsgreuth.

LEUPRECHT, B., 2000:
Mündliche Mitteilungen am 05.06. und 30.6.2000. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vöttingerstr. 38, 85354 Freising.

MAUCKNER, L., 2001:
Schriftliche Mitteilung vom 01.10.2001. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vöttingerstr. 38, 85354 Freising.

MUNZERT, M., 1999 & 2000:
Mündliche Mitteilungen und interne Schulungsunterlagen der LBP. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vöttingerstr. 38, 85354 Freising.

VETTER, 1998:
Mündliche Mitteilung, Amt für Landwirtschaft und Ernährung, 92318 Neumarkt/Opf.. zitiert in ROLLENHAGEN, D., 1998: Monographien über Schwarzkümmel (Nigella sativa L.) und Eisenkraut (Verbena officinalis L.). Diplomarbeit im Fach Arznei- und Gewürzpflanzenbau, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau, TU München-Weihenstephan. Unveröffentlicht.

8.2 Materialien

8.2.1 Amorphes Aluminiumsilikagel

Handelsname:	P077 Silica Gel Orange
Firma:	Carl Roth GmbH & Co.
Adresse:	Schoemperlenstraße 1-5 D-76185 Karlsruhe
Telefon:	0721 / 5606-0

Telefax:	0721 / 5606-149

Zusammensetzung:	Amorphes Amluminasilikagel 99,6 % Alkalischer Zusatz 0,3 % (Patentrechtlich geschützt) Farbzusatz 0,1 % (Patentrechtlich geschützt)

8.2.2 Petrischalen

Produktbeschreibung:	Petrischalen ohne Belüftungsnocken
Durchmesser:	94 mm
Höhe:	16 mm
Material:	Polystyrol

Firma:	Carl Roth GmbH & Co.
Adresse:	Schoemperlenstraße 1-5 D-76185 Karlsruhe
Telefon:	0721 / 5606-0
Telefax:	0721 / 5606-149

8.2.3 Rundfilter

Produktbeschreibung:	Rundfilter aus Papier
Durchmesser:	85 mm
Masse:	420 g/m²
Typ:	FK 420

Firma:	Spezialpapier FILTRAK GmbH
Adresse:	Annaberger Straße 1 D-09484 Niederschlag
Telefon:	037347 / 830
Telefax:	037347 / 8364

8.2.4 Torfkultursubstrat

Handelsname:	Floraton 3	
Produktbeschreibung:	Tonhaltige Vermehrungserde für den Einsatz in allen Anzuchtsystemen	
pH-Wert:	5,5 - 6,5 ($CaCl_2$)	
Nährstoffe ca.:	N	100 mg/l
	P_2O_5	50 mg/l
	K_2O	120 mg/l

Firma:	Torfstreuverband GmbH
Adresse:	Postfach 4820 D-2900 Oldenburg
Telefon:	0441 / 77003-0
Telefax:	0441 / 72001

8.2.5 Gibberellinsäure

Produktbeschreibung:	Gibberellinsäure 3 (GA_3)
Reinheit:	90 %
Produktnummer:	48880

Firma:	SIGMA-ALDRICH Chemie GmbH	
Geschäftsbereich:	ALDRICH-FLUKA	
Adresse:	Grünwalder Weg 30 D-82041 Deisenhofen	
Telefon:	089 / 65130	(Vermittlung)
	089 / 5155	(Bestellservice)
	089 / 65131330	(Fachberatung)
Telefax:	089 / 65131409	

8.2.6 Vefi-Zapfencontainer

Produktbeschreibung:	Vefi-Zapfencontainer, Euro-Maß
Plattengröße:	60 x 40 cm
Topfanzahl:	160

Topfgröße:	3,2 cm
Topfabstand:	3,7 cm
Artikel-Nr.:	55732 K

Firma:	Edm. Romberg & Sohn (Stand 1995/1996)
Postfach:	1154 D-25475 Ellerau
Telefon:	04106 / 7099 -27, -28, -49
Telefax:	04106 / 709932

8.2.7 Vermiculite

Produktbeschreibung:	Silikat vukanischen Ursprungs, beziehungsweise durch starke Erhitzung gewonnen, mit sehr geringem Volumengewicht (40-65 g/l) poröses Material mit hoher Wasser und Lufkapazität, geringes Sorptionsvermögen.
Korngröße:	2-3 mm
Firma:	Gustav Grolman GmbH & Co. KG (Stand: 1991) Tonhallenstraße 14/15 Postfach 24 02 48 D-4000 Düsseldorf 1
Telefon:	0211 / 3672-01
Telefax:	0211 / 3672264

8.3 Maschinen und Geräte

8.3.1 BOSCH Leisehäcksler

Bezeichnung:	Bosch-Leisehäcksler
Typ:	AXT 2200
Nennaufnahme:	2200 Watt
Abgabeleistung:	1600 Watt
Schneidekapazität:	bis 4 cm Durchmesser
Schnittlänge:	circa 10 cm
Schnittqualität:	quetschender Schnitt

8.3.2 Hamilton Natural Seeder

Beschreibung:	Pneumatisches Sägerät zur automatischen Saatgutablage in Saatplatten / Saatgutaufnahme über Düsenbalken mittels Vakuum / Saatguttransport über Röhren zu Fangschalen / Samenablage aus kurzer Entfernung aus den Fangschalen in die einzelnen Töpfe der Saatplatte
Stundenleitsung:	105 Saatplatten (400 Loch) bis 120 Saatplatten (120 Loch)
Hersteller:	T.W. Hamilton Design Ltd.
Adresse:	Queens Lodge, Cliveden Road, Burnham, Bucks. SL1 8NX, England
Telefon:	06286 / 61362

8.3.3 Hordentrocknungsanlage

Bezeichnung:	Wolf-Trocknungseinrichtung
Beschreibung:	Hordentrocknungsanlage mit 4 Schuber
Trocknungsfläche:	4 x 16 m²
Heizanlage:	Wolf Warmlufterzeuger Typ H4 mit Ölbrenner
Ablufteinrichtung:	Axiallüfter mit Grundplatten und 2.2 kW Betriebsmotor
Hersteller:	Wolf Stahlbau GmbH & Co. KG
Adresse:	Münchener Str. 54 85290 Geisenfeld
Telefon:	08452 / 99-0
Telefax:	08452 / 8410

8.3.4 Keimschränke

Hersteller:	LINDE
Typ:	FSL 1430 X (Bezugsdatum: 1973)
Sonderausstattung:	Keine
Eignung:	konstante Keimtemperatur; Keimung im Dunkeln

Adresse:	Linde AG Geschäftsbereich Linde Kältetechnik Werk Sürth Sürther Hauptstraße 173 50999 Köln
Telefon:	02236 / 601-01
Telefax:	02236 / 601-154

Hersteller:	RUMED
Typ:	3203
Sonderausstattung:	Zeitschaltuhr, Neonröhren
Eignung:	konstante & wechselnde Keimtemperaturen Keimung im Dunkeln & im Licht-Dunkel-Wechsel
Adresse:	Rubarth Apparate GmbH Prüf- und Simulationsgeräte Mergenthalerstraße 8 30880 Laatzen
Telefon:	0511 / 824015 0511 / 824016
Telefax:	0511 / 824017

8.3.5 Anzuchtkasten

Hersteller:	Prototyp LBP
Größe:	650 x 107 x 27 cm
Eindeckung:	Makrolon 7 mm; Deckel abnehmbar
Bodenheizung:	elektrisch; 9 - 35 °C

8.4 Ergebnistabellen mit statistischer Kennzeichnung

8.4.1 Samenkeimung

8.4.1.1 Einquellen in Gibberellinsäure

Tab. 8.1 Keimrate des Eisenkrautsaatguts [%] in Petrischalen zu bestimmten Auszählterminen im Versuch *Einquellen in Gibberellinsäure*

		Tag 8			Tag18		
		Serie			Serie		
		1	2	MW	1	2	MW
Keimtemperatur	GA3-Konzentration						
10 °C	unbehandelt	0	0	0	0	0	0
	1000 mg/1	0	3	1	11	24	17
	1500 mg/1	0	5	2	15	21	18
	2000 mg/1	0	6	3	13	30	21
	2500 mg/1	2	6	4	23	39	31
	3000 mg/1	2	7	4	15	36	25
	3500 mg/1	5	5	5	27	42	35
	MW	1	4	3	15	27	21
15 °C	GA3-Konzentration						
	unbehandelt	0	0	0	0	0	0
	1000 mg/1	19	23	21	24	27	26
	1500 mg/1	15	29	22	28	38	33
	2000 mg/1	16	39	27	31	48	40
	2500 mg/1	23	43	33*	43	56	49*
	3000 mg/1	18	42	30	36	55	45*
	3500 mg/1	21	42	32	41	54	48*
	MW	16	31	23	29	40	34

Fortsetzung auf der nächsten Seite!

Fortsetzung von Tabelle 8.1

		Tag 8			Tag 18		
		Serie			Serie		
		1	2	MW	1	2	MW
Keimtemperatur	GA3-Konzentrat-ion						
20 °C	unbehandelt	0	0	0	0	0	0
	1000 mg/1	22	34	28	34	40	37
	1500 mg/1	22	42	32	36	52	44*
	2000 mg/1	26	54	40*	41	61	51*
	2500 mg/1	29	60	44*	47	66	56*
	3000 mg/1	25	59	42*	41	68	54*
	3500 mg/1	27	55	41*	50	63	56*
	MW	21	43*	32	35	50*	43
MW	GA3-Konzentrat-ion						
	unbehandelt	0	0	0	0	0	0
	1000 mg/1	13	20	17	23	30	27
	1500 mg/1	12	25	19	26	37	31
	2000 mg/1	14	33*	23	28	46*	37
	2500 mg/1	18	36*	27	37	53*	45
	3000 mg/1	15	36*	25	30	53*	42
	3500 mg/1	18	34*	26	39	53*	46
	MW	13	26	19	26	39	33

Signifikante Wechselwirkungen	
Tag 8	Keimtemperatur x Serie Serie x GA_3-Konzentration Keimtemperatur x GA_3-Konzentration
Tag 18	Serie x GA_3-Konzentration Keimtemperatur x GA_3-Konzentration

8.4.1.2 Wechseltemperaturbehandlung

Tab. 8.2 Keimrate des Eisenkrautsaatguts [%] in Petrischalen zu bestimmten Auszählterminen im Versuch *Wechseltemperaturbehandlung*

		Tag 8			Tag 18		
		Serie			Serie		
		1	2	MW	1	2	MW
Keimtemperatur	Licht						
konstant 20°C	Licht-Dunkel-Wechsel	4	1	2	7	4	5
	Dauerdunkel	0	0	0	0	0	0
	MW	2	0	1	4	2	3
30/20 °C Wechsel-temperatur	Licht						
	Licht-Dunkel-Wechsel	69	69	69*	78	74	76*
	Dauerdunkel	15	11	13	40	40	40
	MW	42	40	41	59	57	58
MW	Licht						
	Licht-Dunkel-Wechsel	37	35	36	42	39	40
	Dauerdunkel	7	5	6	20	20	20
	MW	22*	20*	21	31*	29*	30

Signifikante Wechselwirkungen	
Tag 8	Keimtemperatur x Belichtung
Tag 18	Keimtemperatur x Belichtung

8.4.2 Pflanzenentwicklung

8.4.2.1 Herkünfte

Tab. 8.3 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Herkunft			
Ungarn	585	501	543 *
Sevilla	508	441	475 *
Toscana	584	415	499 *
Bornträger	576	477	526 *
MW	563 *	458	511

Tab. 8.4 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Herkunft			
Ungarn	174	420 *	297
Sevilla	150	347	249
Toscana	195	350	272
Bornträger	162	440 *	301
MW	170	389(*)	280

Signifikante Wechselwirkungen
Herkunft x Versuchsserie

Tab. 8.5 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Herkunft			
Ungarn	131	123	127 *
Sevilla	115	108	112
Toscana	130	102	116 *
Bornträger	129	116	122 *
MW	126 *	112	119

Tab. 8.6 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Herkunft			
Ungarn	47	102 *	74
Sevilla	39	82	60
Toscana	50	82	66
Bornträger	43	104 *	74
MW	45	93 (*)	69

Signifikante Wechselwirkungen
Herkunft x Versuchsserie

Tab. 8.7 Frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Herkunft												
Ungarn	158	227	201	195	72	226	203	167	115	226	202	181*
Sevilla	102	223	183	169	56	203	183	147	79	213	183	158*
Toscana	150	247	186	195	49	178	188	138	100	212	187	166*
Bornträger	109	251	215	192	66	213	198	159	88	232	207	175*
MW	130	237*	196	188	61	205	193	153	95	221	195	170

Signifikante Wechselwirkungen
Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.8 Frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Herkunft									
Ungarn	98	76	87	192	228	210	145	152	148*
Sevilla	83	68	75	158	189	174	120	128	124*
Toscana	91	104	98	164	186	175	128	145	136*
Bornträger	90	72	81	219	220	220	154	146	150*
MW	90	80	85	183	206	195*	137*	143*	140

Tab. 8.9 Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Herkunft												
Ungarn	29	52	50	44	18	52	53	41	23	52	52	42*
Sevilla	19	51	45	38	13	48	47	36	16	49	46	37
Toscana	26	57	47	43	11	43	48	34	18	50	47	39*
Bornträger	19	55	55	43	16	51	49	39	18	53	52	41*
MW	23	54*	49*	42	15	49*	49*	37	19	51(*)	49(*)	40

<u>Signifikante Wechselwirkungen</u>
Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.10 Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)			MW		
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Herkunft									
Ungarn	26	20	23	37	65	51	31	43	37 *
Sevilla	21	19	20	29	53	41	25	36	30 *
Toscana	23	27	25	32	51	41	27	39	33 *
Bornträger	22	21	22	41	63	52	32	42	37 *
MW	23	22	22	35	58 *	46	29	40	34

Signifikante Wechselwirkungen
Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.11 Frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Herkunft				
Ungarn	406	378	130	304 *
Sevilla	402	323	120	281 *
Toscana	436	385	153	325 *
Bornträger	350	325	136	270 *
MW	399 *	352 *	135	295

Tab. 8.12 Frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Herkunft			
Ungarn	646	358	502 *
Sevilla	605	309	457 *
Toscana	630	391	511 *
Bornträger	653	338	496 *
MW	634 *	349	491

Tab. 8.13 Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Herkunft				
Ungarn	97	78	25	67 *
Sevilla	95	67	24	62 *
Toscana	107	74	29	70 *
Bornträger	88	66	28	61 *
MW	97 *	71	26	65

Tab. 8.14 Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Herkunft			
Ungarn	135	113	124 *
Sevilla	133	105	119 *
Toscana	132	122	127 *
Bornträger	146	113	130 *
MW	137 *	113	125

Tab. 8.15 Eintrocknungsverhältnisse der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Herkunft												
Ungarn	5,5	4,3	4,0	4,6	4,0	4,3	3,8	4,0	4,7	4,3	3,9*	4,3
Sevilla	5,5	4,4	4,0	4,6	4,2	4,2	3,9	4,1	4,9	4,3	4,0*	4,4
Toscana	5,8	4,3	4,0	4,7	4,5	4,0	4,0	4,1	5,1	4,2*	4,0*	4,4
Bornträger	5,6	4,6	3,9	4,7	4,1	4,1	4,0	4,1	4,9	4,4	4,0*	4,4
MW	5,6	4,4	4,0*	4,7	4,2	4,2	3,9*	4,1	4,9	4,3	4,0(*	4,4

Signifikante Wechselwirkungen
Herkunft x Schnitt
Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.16 Eintrocknungsverhältnisse der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)			MW		
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Herkunft									
Ungarn	3,7	3,7	3,7	5,3	3,5	4,4	4,5	3,6	4,0*
Sevilla	4,0	3,7	3,8	5,5	3,5	4,5	4,7	3,6	4,2*
Toscana	3,9	3,9	3,9	5,2	3,6	4,4	4,6	3,8	4,2*
Bornträger	4,1	3,4	3,7	5,3	3,5	4,4	4,7	3,5	4,1*
MW	3,9	3,7*	3,8	5,3	3,5*	4,4	4,6	3,6(*)	4,1

Signifikante Wechselwirkungen
Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.17 Eintrocknungsverhältnisse der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Herkunft				
Ungarn	4,1	4,8	5,2	4,7 *
Sevilla	4,2	4,9	4,9	4,6 *
Toscana	4,0	5,2	5,4	4,9 *
Bornträger	3,9	5,0	4,9	4,6 *
MW	4,1 *	5,0	5,1	4,7

Tab. 8.18 Eintrocknungsverhältnisse der Herkünfte pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Herkunft			
Ungarn	4,8	3,1	4,0 *
Sevilla	4,5	2,9	3,7 *
Toscana	4,8	3,2	4,0 *
Bornträger	4,5	3,0	3,7 *
MW	4,6	3,1 *	3,9

Tab. 8.19 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Herkunft												
Ungarn	3,80	2,91	2,76	3,15	3,56	2,29 o	1,94 o	2,60	3,68	2,60	2,35	2,87 (o)
Sevilla	4,85 *	3,14	3,45	3,81	4,04	2,45 o	2,14 o	2,88	4,45	2,79	2,79	3,34
Toscana	4,77	3,22	3,87	3,96	3,93	2,45 o	2,32 o	2,90	4,35	2,84	3,10	3,43
Bornträger	5,59 *	3,99	3,42	4,22	4,75	2,98	2,82	3,52	5,11	3,49	3,12	3,85 (*)
MW	4,70 (*)	3,32	3,37	3,78	4,07 (*)	2,54	2,31	2,97	4,37	2,93	2,84	3,37

Signifikante Wechselwirkungen
Herkunft x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.20 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)			MW		
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Herkunft									
Ungarn	3,29 *	1,73 o	2,51	1,79 o	1,18 o	1,48	2,54	1,45	2,00
Sevilla	2,36 *	1,94 o	2,15	2,06 o	1,28 o	1,67	2,21	1,61	1,91
Toscana	1,99 o	3,05 *	2,52	2,02 o	1,26 o	1,64	2,01	2,16	2,08
Bornträger	2,16 o	2,66 *	2,41	2,33 *	1,61 o	1,97	2,24	2,13	2,19
MW	2,45	2,35	2,40	2,05	1,33	1,69	2,25	1,84	2,04

Signifikante Wechselwirkungen
Herkunft x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.21 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Herkunft				
Ungarn	3,37	2,52	1,71	2,53 o
Sevilla	3,62	2,30	1,81	2,58 o
Toscana	4,06	3,34	2,19	3,20 *
Bornträger	4,00	3,14	2,33	3,15 *
MW	3,76 *	2,82	2,01 o	2,87

Tab. 8.22 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Herkunft			
Ungarn	2,64	0,85	1,74 *
Sevilla	3,08	0,62	1,85 *
Toscana	3,33	0,86	2,09 *
Bornträger	3,13	1,10	2,12 *
MW	3,04 *	0,86 o	1,95

Tab. 8.23 Bestandeshöhen der Herkünfte zur Ernte [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Herkunft												
Ungarn	59	57	48	55	49	55	57	54	54	56	53	54
Sevilla	48	57	44	50	46	54	51	50	47	55	47	50
Toscana	61	65	50	59	52	59	66	59	57	62	58	59
Bornträger	51	59	49	53	47	53	50	50	49	56	50	52
MW	55	59	48	54	48	55	56	53	52	57	52	54

Tab. 8.24 Bestandeshöhen der Herkünfte zur Ernte [cm] in Puch im ersten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Herkunft									
Ungarn	59	46	53	65		65	62	46	57
Sevilla	57	47	52	60		60	58	47	54
Toscana	63	56	60	70		70	67	56	63
Bornträger	57	45	51	66		66	61	45	56
MW	59	48	54	65		65	62	48	57

Tab. 8.25 Bestandeshöhen der Herkünfte zur Ernte [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Herkunft				
Ungarn	81	72	33	62
Sevilla	84	66	27	59
Toscana	98	74	34	68
Bornträger	83	66	28	59
MW	87	69	30	62

8.4.2.2 Pflanztermine

Tab. 8.26 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Pflanztermin				
Frühjahr	380*	260	158	266(*)
Herbst	123	162	124	136
MW	252	211	141	201

Signifikante Wechselwirkungen

Pflanztermin x Schnitt

Tab. 8.27 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Pflanztermin			
Frühjahr	866*	86	476
Herbst	293	136	215
MW	579(*)	111	345

Signifikante Wechselwirkungen

Pflanztermin x Schnitt

Tab. 8.28 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Pflanztermin				
Frühjahr	101*	50	38	63(*)
Herbst	41	40	33	38
MW	71	45	36	51

Signifikante Wechselwirkungen

Pflanztermin x Schnitt

Tab. 8.29 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Pflanztermin			
Frühjahr	194*	28	111
Herbst	77	41	59
MW	135(*)	35	85

Signifikante Wechselwirkungen

Pflanztermin x Schnitt

Tab. 8.30 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			MW
	1	2	3	
Pflanztermin				
Frühjahr	3,8	5,2	4,1	4,4
Herbst	3,0 *	4,0	3,7	3,6 (*)
MW	3,4 (*)	4,6	3,9	4,0

Signifikante Wechselwirkungen
Pflanztermin x Schnitt

Tab. 8.31 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		MW
	1	2	
Pflanztermin			
Frühjahr	4,5	3,1 *	3,8
Herbst	3,8	3,3 *	3,6
MW	4,1	3,2 (*)	3,7

Signifikante Wechselwirkungen
Pflanztermin x Schnitt

Tab. 8.32 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei verschiedenen Pflanzterminen pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Pflanztermin				
Frühjahr	4,27	2,71	2,44	3,14 *
Herbst	3,95	2,67	2,51	3,04 *
MW	4,11 *	2,69 o	2,48 o	3,09

Tab. 8.33 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei verschiedenen Pflanzterminen pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Pflanztermin			
Frühjahr	2,47	1,41 o	1,94
Herbst	2,97 *	1,28 o	2,12
MW	2,72 (*)	1,35 (o)	2,03

<u>Signifikante Wechselwirkungen:</u>
Pflanztermin x Schnitt

Tab. 8.34 Bestandeshöhen zur Ernte [cm] nach unterschiedlichen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Pflanztermin				
Frühjahr	90	52	41	61
Herbst	77	50	42	56
MW	83	51	41	59

Tab. 8.35 Bestandeshöhen zur Ernte [cm] nach unterschiedlichen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Pflanztermin			
Frühjahr	116	51	83
Herbst	101	56	79
MW	108	53	81

8.4.2.3 Pflanzabstände

Tab. 8.36 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Pflanzabstand			
25 x 15	622 *	521	571 (*)
30 x 25	600 *	505	553 (*)
50 x 30	421	409	415
MW	548 (*)	478	513

Signifikante Wechselwirkungen
Pflanzabstand x Versuchsserie

Tab. 8.37 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Pflanzabstand			
25 x 15	145	216	181 *
30 x 25	145	239	192 *
50 x 30	95	229	162 *
MW	128	228 *	178

Tab. 8.38 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Pflanzabstand			
25 x 15	135	132	134 *
30 x 25	132	130	131 *
50 x 30	97	107	102
MW	121 *	123 *	122

Tab. 8.39 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie2)	2000 (Serie2)	
Pflanzabstand			
25 x 15	39	59	49 *
30 x 25	40	65	52 *
50 x 30	26	60	43 *
MW	35	61 *	48

Tab. 8.40 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Pflanzabstand												
25 x 15	118	300*	204	207	135	232	154	174	126	266	179	190(*)
30 x 25	104	290*	206	200	120	235	150	168	112	262	178	184(*)
50 x 30	62	215	145	140	88	207	114	136	75	211	130	138
MW	95	268	185	183	114	225	140	159	104	246(*)	162	171

Signifikante Wechselwirkungen

Pflanzabstand x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.41 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Pflanzabstand												
25 x 15	22	59*	55*	45	43	53*	36	44	32	56	45	45
30 x 25	20	57*	54*	44	37	56*	37	43	29	57	45	44
50 x 30	12	45	40	32	27	51*	30	36	19	48	35	34
MW	18	54	50	40	36	53	34	41	27	54	42	41

Signifikante Wechselwirkungen

Pflanzabstand x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.42 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Pflanzabstand				
25 x 15	413	309	202	308 *
30 x 25	388	307	182	292 *
50 x 30	264	221	131	205
MW	355 *	279	171	268

Tab. 8.43 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Pflanzabstand			
25 x 15	807	257	532 *
30 x 25	770	244	507 *
50 x 30	570	192	381
MW	716 *	231	473

Tab. 8.44 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			MW
	1	2	3	
Pflanzabstand				
25 x 15	82	69	49	67 *
30 x 25	73	68	46	63 *
50 x 30	53	50	34	46
MW	69 *	62	43	58

Tab. 8.45 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		MW
	1	2	
Pflanzabstand			
25 x 15	248	84	166 *
30 x 25	238	81	171 *
50 x 30	184	63	124
MW	224 *	75	153

Tab. 8.46 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Pflanzabstand												
25 x 15	5,4	5,1	3,7	4,8	3,2	4,4	4,2	3,9	4,3	4,7	4,0	4,3
30 x 25	5,2	5,1	3,8	4,7	3,2	4,2	4,1	3,8	4,2	4,7	4,0	4,3
50 x 30	5,1	4,8	3,7	4,5	3,3	4,0	3,9	3,7	4,2	4,4	3,8	4,1*
MW	5,3	5,0	3,7	4,7	3,2*	4,2	4,1	3,8	4,2	4,6	3,9	4,2

Signifikante Wechselwirkungen
Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.47 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
	Schnitt 1		
Pflanzabstand			
25 x 15	3,7	3,7	3,7 *
30 x 25	3,6	3,7	3,6 *
50 x 30	3,7	3,8	3,8 *
MW	3,7 *	3,7 *	3,7

Tab. 8.48 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			MW
	1	2	3	
Pflanzabstand				
25 x 15	5,0	4,5	4,1	4,5 *
30 x 25	5,3	4,5	3,9	4,6 *
50 x 30	4,9	4,5	3,8	4,4 *
MW	5,1	4,5	4,0 *	4,5

Tab. 8.49 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		MW
	1	2	
Pflanzabstand			
25 x 15	3,3	3,1	3,2 *
30 x 25	3,2	3,0	3,1 *
50 x 30	3,1	3,1	3,1 *
MW	3,2 *	3,1 *	3,1

Tab. 8.50 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Pflanzabstand												
25 x 15	5,50	3,63	3,28	4,14	4,22	3,62	3,52	3,78	4,86	3,62	3,40	3,96*
30 x 25	5,33	3,48	3,17	3,99	4,18	3,16	3,34	3,56	4,76	3,32	3,26	3,78*
50 x 30	5,38	3,47	3,32	4,05	4,84	3,06	3,42	3,80	5,11	3,26	3,36	3,93*
MW	5,40*	3,52o	3,25o	4,06	4,41	3,28o	3,43o	3,71	4,91(*)	3,40(o)	3,34(o)	3,89

Signifikante Wechselwirkungen
Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.51 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
	Schnitt 1		
Pflanzabstand			
25 x 15	2,47	1,59	2,03 *
30 x 25	2,41	1,88	2,15 *
50 x 30	2,11	1,77	1,94 *
MW	2,33 *	1,75 o	2,04

Tab. 8.52 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Pflanzabstand				
25 x 15	4,07	3,45	2,69	3,40 *
30 x 25	3,93	3,57	2,55	3,35 *
50 x 30	3,84	3,10	2,66	3,20 *
MW	3,94 *	3,37	2,64 o	3,32

Tab. 8.53 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Pflanzabstand			
25 x 15	2,58	0,90	1,74 *
30 x 25	2,66	0,94	1,79 *
50 x 30	2,68	1,11	1,89 *
MW	2,64 *	0,98 o	1,85

Tab. 8.54 Bestandeshöhen zur Ernte [cm] bei unterschiedlichen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Pflanzabstand												
25 x 15	49	56	47	51	55	58	40	51	52	57	43	51
30 x 25	50	56	49	52	54	58	40	51	52	57	45	51
50 x 30	51	56	48	52	57	57	39	51	54	57	44	51
MW	50	56	48	51	55	57	40	51	53	57	44	51

8.4.2.4 Saattermine

Tab. 8.55 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie		MW
		1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Saattermin	Vorbehandlung			
Frühjahr	ohne	76	9	43
	mit GA_3	190	438 *	314 (*)
	MW	133	223	178

Signifikante Wechselwirkungen
Vorbehandlung x Versuchsserie

Tab. 8.56 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie		MW
		1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Saattermin	Vorbehandlung			
Frühjahr	ohne	22	1	12
	mit GA3	50	97 *	74 (*)
	MW	36	49	43

Signifikante Wechselwirkungen
Vorbehandlung x Versuchsserie

Tab. 8.57 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach einer Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie
		2000 (Serie1)
Saattermin	Vorbehandlung	
Frühjahr	ohne	284
	mit GA_3	547
	MW	416*
Sommer	Vorbehandlung	
	ohne	163
	mit GA_3	478
	MW	321
MW	Vorbehandlung	
	ohne	224
	mit GA_3	513*
	MW	368

Tab. 8.58 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie
		2000 (Serie1)
Saattermin	Vorbehandlung	
Frühjahr	ohne	69
	mit GA_3	127
	MW	98 *
Sommer	Vorbehandlung	
	ohne	39
	mit GA_3	114
	MW	76
MW	Vorbehandlung	
	ohne	54
	mit GA_3	120 *
	MW	87

Tab. 8.59 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie						MW		
		1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
		Schnitt			Schnitt			Schnitt		
		1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Saattermin	Vorbehandlung									
Frühjahr	ohne	18	58	38	1	8	5	10	33	21
	mit GA_3	118	72	95	207*	231*	219	162(*)	151(*)	157(*)
	MW	68	65	66	104	119	112	86	92	89

Signifikante Wechselwirkungen
Vorbehandlung x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.60 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie						MW		
		1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
		Schnitt			Schnitt			Schnitt		
		1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Saattermin	Vorbehandlung									
Frühjahr	ohne	4	18	11	0	1	1	2	9	6
	mit GA_3	33	18	25	39	58 *	49	36	38	37
	MW	19	18	18	20	30	25	19	24	21

Signifikante Wechselwirkungen
Vorbehandlung x Schnitt x Versuchsserie

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

		Versuchsjahr / -serie			
		2000 (Serie1)			
		Schnitt			
		1	2	3	MW
Saattermin	Vorbehandlung				
Frühjahr	ohne	85	124	75	95
	mit GA_3	185	201	161	182 *
	MW	135	163 *	118	139 (*)
Sommer	Vorbehandlung				
	ohne	31	88	52	59
	mit GA_3	123	184	171	159
	MW	84	136	111	112
MW	Vorbehandlung				
	ohne	62	106	63	78
	mit GA_3	154	193	166	171 (*)
	MW	111	149 (*)	115	125

Signifikante Wechselwirkungen
Saattermin x Vorbehandlung
Vorbehandlung x Schnitt

Tab. 8.62 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie			
		2000 (Serie1)			
		Schnitt			
		1	2	3	MW
Saattermin	Vorbehandlung				
Frühjahr	ohne	18	31	19	23
	mit GA_3	43	43	41	42 *
	MW	30	37 *	30	33
Sommer	Vorbehandlung				
	ohne	7	20	13	14
	mit GA_3	28	42	44	38
	MW	19	31 *	29	27
MW	Vorbehandlung				
	ohne	13	26	16	19
	mit GA_3	35	43 *	43 *	40 (*)
	MW	25	34 (*)	30	30

<u>Signifikante Wechselwirkungen</u>
Saattermin x Vorbehandlung
Saattermin x Schnitt
Vorbehandlung x Schnitt

Tab. 8.63 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie						MW		
		1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
		Schnitt			Schnitt			Schnitt		
		1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Saattermin	Vorbehandlung									
Frühjahr	ohne	4,1	3,3 *	3,7		4,0	4,0	4,1	3,4	3,7
	mit GA_3	3,6 *	4,1	3,8	5,3	3,9	4,6	4,5	4,0	4,2
	MW	3,8	3,7	3,8	5,3	4,0	4,6	4,3	3,8	4,0

Signifikante Wechselwirkungen
Vorbehandlung x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.64 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach einer Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie			
		2000 (Serie1)			
		Schnitt			
		1	2	3	MW
Saattermin	Vorbehandlung				
Frühjahr	ohne	4,6	4,0 *	3,8 *	4,1
	mit GA_3	4,4 *	4,7	3,9 *	4,3
	MW	4,5	4,3	3,9	4,2
Sommer	Vorbehandlung				
	ohne	4,7	4,4 *	3,8 *	4,2
	mit GA_3	4,5	4,4 *	3,9 *	4,2
	MW	4,6	4,4	3,8	4,2
MW	Vorbehandlung				
	ohne	4,6	4,2	3,8	4,2
	mit GA_3	4,4	4,5	3,9	4,3
	MW	4,5	4,3	3,8	4,2

Signifikante Wechselwirkungen
Saattermin x Vorbehandlung x Schnitt

Tab. 8.65 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr

		Versuchsjahr / -serie						MW		
		1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
		Schnitt			Schnitt			Schnitt		
		1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Saattermin	Vorbehandlung									
Frühjahr	ohne	2,95	2,92	2,93 o		3,72	3,72 (n.e.)	2,95 (n.e.)	3,21 *	3,08
	mit GA_3	3,35	3,67	3,51 *	3,33	2,36	2,85 o	3,34 *	3,01 *	3,18
	MW	3,15 *	3,29 *	3,22	3,33 (n.e.)	2,93 *	2,94	3,21	3,11	3,12

<u>Signifikante Wechselwirkungen</u>

Vorbehandlung x Schnitt

Vorbehandlung x Versuchsserie

Schnitt x Versuchsserie

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

		Versuchsjahr / -serie			
		2000 (Serie1)			
		Schnitt			
		1	2	3	MW
Saattermin	Vorbehandlung				
Frühjahr	ohne	4,53	3,21	2,21	3,31
	mit GA_3	4,02	3,52	2,66	3,40
	MW	4,28 *	3,36	2,43 o	3,36 (*)
Sommer	Vorbehandlung				
	ohne	4,63	3,17	2,07	3,17
	mit GA_3	4,41	3,13	2,46	3,33
	MW	4,51 *	3,15	2,27 o	3,26 (*)
MW	Vorbehandlung				
	ohne	4,57 *	3,19	2,14 o	3,25 (*)
	mit GA_3	4,22 *	3,32	2,56	3,37 (*)
	MW	4,38 (*)	3,26	2,35 (o)	3,31

Signifikante Wechselwirkungen
Saattermin x Schnitt
Vorbehandlung x Schnitt

8.4.3 Ernteverhalten

8.4.3.1 Erntetermine (nach Blühstadium)

Tab. 8.67 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	442	431	436
Blühbeg. + 20d	505 *	531 *	518
Blühbeg. + 30d	536 *	373	454
MW	494	445	470

Signifikante Wechselwirkungen:
Erntetermin x Versuchsserie

Tab. 8.68 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	140	239	190
Blühbeg. + 20d	206	289	247 *
Blühbeg. + 30d	174	304	239 *
MW	173	278 *	225

Tab. 8.69 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	85	92	88
Blühbeg. + 20d	116	122 *	119
Blühbeg. + 30d	132 *	102	117
MW	111	106	108

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Versuchsserie

Tab. 8.70 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	27	42	35
Blühbeg. + 20d	41	69	55
Blühbeg. + 30d	48	89 *	68 (*)
MW	39	67 (*)	53

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Versuchsserie

Tab. 8.71 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	2	3	MW	2	3	MW	2	3	MW
Erntetermin									
Blühbeg. + 10d	205	237	221	183	248	215	194	242	218
Blühbeg. + 20d	242	264	253	315	217	266	278	240	259
Blühbeg. + 30d	358 *	178	268	373 *	0	186	365 (*)	89	227
MW	268	226	247	290	155	222	279	191	235

Signifikante Wechselwirkungen

Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.72 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	2	3	MW	2	3	MW	2	3	MW
Erntetermin									
Blühbeg. + 10d	36	49	42	36	56	46	36	52	44
Blühbeg. + 20d	55	61	58	69	53	61	62	57	60
Blühbeg. + 30d	89	43	66	102 *	0	51	96 (*)	21	59
MW	60	51	55	69	36	53	65	44	54

Signifikante Wechselwirkungen

Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.73 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Erntetermin				
Blühbeg. + 10d	343 *	293	164	266
Blühbeg. + 20d	404 *	337 *	0	247
Blühbeg. + 30d	413 *	315	0	243
MW	387(*)	315	55	252

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt

Tab. 8.74 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	898	354	626
Blühbeg. + 20d	885	354	619
Blühbeg. + 30d	1047*	183	615
MW	943(*)	297	620

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt

Tab. 8.75 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			MW
	1	2	3	
Erntetermine				
Blühbeg. + 10d	96	58	34	63
Blühbeg. + 20d	128 *	81	0	70
Blühbeg. + 30d	129 *	83	0	71
MW	118(*)	74	11	68

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt

Tab. 8.76 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		MW
	1	2	
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	128	66	97
Blühbeg. + 20d	187 *	63	125
Blühbeg. + 30d	219 *	48	133
MW	178(*)	59	119

Signifikante Wechselwirkungen
Ertetermin x Schnitt

Tab. 8.77 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	2	3	MW	2	3	MW	2	3	MW
Erntetermin									
Blühbeg. + 10d	5,8	4,8	5,3	5,1	4,5	4,8	5,4	4,6	5,0
Blühbeg. + 20d	4,4	4,3	4,4	4,5	4,1 *	4,3	4,5	4,2	4,3
Blühbeg. + 30d	4,0 *	4,2	4,1	3,7 *		3,7	3,8	4,2	3,9 (*)
MW	4,7	4,4	4,6	4,4	4,3	4,4	4,6	4,4	4,5

Signifikante Wechselwirkungen

Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.78 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
	Schnitt	Schnitt	Schnitt
	2	2	2
Erntetermine			
Blühbeg. + 10d	5,2	5,7	5,4
Blühbeg. + 20d	5,1	4,2	4,6
Blühbeg. + 30d	3,6 *	3,4 *	3,5 (*)
MW	4,6	4,4	4,5

Signifikante Wechselwirkungen

Erntetermin x Versuchsserie

Tab. 8.79 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Erntetermin				
Blühbeg. + 10d	3,6	5,0	4,8	4,5
Blühbeg. + 20d	3,2 *	4,2		3,7
Blühbeg. + 30d	3,2 *	3,8		3,5
MW	3,3	4,3	4,8	3,9

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt

Tab. 8.80 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	7,0	5,4	6,2
Blühbeg. + 20d	4,7 *	5,6	5,2
Blühbeg. + 30d	4,8	3,9 *	4,3
MW	5,5	4,9	5,2

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt

Tab. 8.81 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	2	3	MW	2	3	MW	2	3	MW
Erntetermin									
Blühbeg. + 10d	4,80	3,87	4,33	4,32	3,67	3,95	4,56*	3,77	4,15(*)
Blühbeg. + 20d	3,62	3,52	3,57	3,12	3,49	3,30	3,37	3,50	3,43
Blühbeg. + 30d	2,76	2,90	2,83	2,29		2,29	2,53o	2,90n.e	2,65(o)
MW	3,73*	3,43o	3,58	3,14o	3,58n.e	3,33	3,45	3,49	3,47
Signifikante Wechselwirkungen Erntetermin x Schnitt Schnitt x Versuchsserie									

Tab. 8.82 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
	Schnitt 2		
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	4,36 *	3,80	4,08 (*)
Blühbeg. + 20d	3,47	2,90	3,18
Blühbeg. + 30d	3,01	1,89 o	2,45 (o)
MW	3,62 (*)	2,86 (o)	3,24

Signifikante Wechselwikungen Erntetermin x Versuchsserie

Tab. 8.83 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Erntetermin				
Blühbeg. + 10d	3,50 *	3,47 *	3,27	3,41
Blühbeg. + 20d	3,52 *	2,43 o		2,91
Blühbeg. + 30d	3,32 *	1,78 o		2,55
MW	3,45	2,47	3,27	3,00

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt

Tab. 8.84 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		
	1	2	MW
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	3,35	3,07	3,21 *
Blühbeg. + 20d	3,00	3,20	3,10 *
Blühbeg. + 30d	2,74	2,22	2,48 o
MW	3,03 *	2,83 *	2,93

Tab. 8.85 Bestandeshöhen [cm] zur Ernte bei verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			MW
	1	2	3	
Erntetermin				
Blühbeg. + 10d	79	51	42	58
Blühbeg. + 20d	85	63		74
Blühbeg. + 30d	90	59		74
MW	85	58	42	67

Tab. 8.86 Bestandeshöhen [cm] zur Ernte bei verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie		
	2000 (Serie1)		
	Schnitt		MW
	1	2	
Erntetermin			
Blühbeg. + 10d	94	54	74
Blühbeg. + 20d	111	66	88
Blühbeg. + 30d	115		115
MW	106	60	88

8.4.3.2 Erntetermine (nach Bestandeshöhe)

Tab. 8.87 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Erntetermin			
35 bis 40 cm	528	523	526 *
ab 60 cm	480	520	500 *
MW	504 *	522 *	513

Tab. 8.88 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Erntetermin			
35 bis 40 cm	99	110	105
ab 60 cm	107	138 *	122
MW	103	124 (*)	114

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Versuchsserie

Tab. 8.89 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Erntetermin												
35 bis 40 cm	51	251	226	176	128	163	232	174	90	207	229	175
ab 60 cm	186	294*	0	160	214	306*	0	173	200	300	0	167
MW	119	272	113	168	171	234	116	174	145	253	114	171

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.90 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Erntetermin												
35 bis 40 cm	9	45	46	33	28	34	48	37	18	39	47	35
ab 60 cm	37	69*	0	36	58	80*	0	46	47	75(*)	0	41
MW	23	57	23	34	43	57	24	41	33	57	24	38

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.91 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie				
	2000 (Serie1)				
	Schnitt				
	1	2	3	4	MW
Erntetermin					
35 bis 40 cm	283	231	241	138	223
ab 60 cm	372 *	299 *	235	0	227
MW	328	265	238	69	225

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt

Tab. 8.92 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie				
	2000 (Serie1)				
	Schnitt				
	1	2	3	4	MW
Erntetermin					
35 bis 40 cm	39	47	47	32	41
ab 60 cm	62 *	68 *	55 *	0	46
MW	51	58	51	16	44

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt

Tab. 8.93 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Erntetermin												
35 bis 40 cm	5,8	5,6	4,9	5,4	4,7	4,8	4,8	4,7	5,2	5,2	4,9	5,1
ab 60 cm	5,0	4,2		4,6	3,7 *	3,8 *		3,8	4,4	4,0		4,2 (*)
MW	5,4	4,9	4,9	5,1	4,2	4,3	4,8	4,3	4,8	4,6	4,9	4,7

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.94 Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie				
	2000 (Serie1)				
	Schnitt				
	1	2	3	4	MW
Erntetermin					
35 bis 40 cm	7,2	4,8	5,2	4,3	5,4
ab 60 cm	6,0	4,4	4,3		4,9 *
MW	6,6	4,6 *	4,7 *	4,3 *	5,2

Tab. 8.95 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Erntetermin												
35 bis 40 cm	5,67*	4,23	3,96	4,62	5,17	4,40	4,20	4,59	5,42	4,31	4,08	4,60(*)
ab 60 cm	3,94	3,32o	2,88o	3,38	4,36	2,85o		3,60	4,15	3,08	2,88	3,47(o)
MW	4,81	3,77	3,42	4,00	4,76	3,62	4,20	4,19	4,79(*)	3,70	3,68	4,09

Signifikante Wechselwirkungen
Erntetermin x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.96 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie				
	2000 (Serie1)				
	Schnitt				
	1	2	3	4	MW
Erntetermin					
35 bis 40 cm	4,95	4,59	3,88	3,09	4,13*
ab 60 cm	4,29	3,38	2,59		3,42o
MW	4,62*	3,98	3,23o	3,09	3,82

Tab. 8.97 Bestandeshöhen [cm] zur Ernte im Versuch Erntetermin (nach Bestandeshöhe) am Baumannshof im ersten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie								MW			
	1999 (Serie1)				2000 (Serie2)							
	Schnitt				Schnitt				Schnitt			
	1	2	3	MW	1	2	3	MW	1	2	3	MW
Erntetermin												
35 bis 40 cm	37	51	42	43	44	40	41	42	40	45	41	42
ab 60 cm	63	62	39	55	61	60		61	62	61	39	57
MW	50	56	40	49	52	50	41	49	51	53	40	49

Tab. 8.98 Standardisierte Krautdrogenerträge pro Schnitt [dt/ha] im Versuch Erntetermin (nach Bestandeshöhe) am Baumannshof im zweiten Standjahr (nicht verrechnet)

	Versuchsjahr / -serie				
	2000 (Serie1)				
	Schnitt				
	1	2	3	4	MW
Erntetermin					
35 bis 40 cm	68	67	75	53	66
ab 60 cm	66	69	56		63
MW	67	68	66	53	65

8.4.3.3 Erntehorizonte

Tab. 8.99 Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Erntehorizont			
1/3	54	62	58
2/3	267	252	260
3/3	512	599	556 *
MW	278 *	305 *	291

Tab. 8.100 Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie		MW
	1999 (Serie1)	2000 (Serie2)	
Erntehorizont			
1/3	14	19	16
2/3	71	71	71
3/3	138	151	144 *
MW	74 *	80 *	77

Tab. 8.101 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Erntehorizont									
1/3	19	35	27	41	21	31	30	28	29
2/3	100	167	133	156	96	126	128	132	130
3/3	248	264	256	328	272	300	288	268	278 *
MW	122	155 *	139	175 *	130	152	149	143	146

Signifikante Wechselwirkungen

Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.102 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Erntehorizont									
1/3	4	10	7	11	8	9	7	9	8
2/3	20	50	35	39	32	35	30	41	35
3/3	52	86 *	69	77 *	73 *	75	65	80	72 (*)
MW	26	49	37	42	38	40	34	43	39

Signifikante Wechselwirkungen

Erntehorizont x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.103 Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Erntehorizont				
1/3	17	50	51	39
2/3	102	124	89	105
3/3	290	347 *	0	212
MW	136	174	47	119

Signifikante Wechselwirkungen
Erntehorizont x Schnitt

Tab. 8.104 Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Erntehorizont				
1/3	5	14	17	12
2/3	30	32	27	30
3/3	80 *	93 *	0	58
MW	38	46	15	33

Signifikante Wechselwirkungen
Erntehorizont x Schnitt

Tab. 8.105 Eintrocknungsverhältnisse des Krauts verschiedener Erntehorizonte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Erntehorizont									
1/3	4,6	3,5	4,1	3,8	2,7 *	3,3	4,2	3,1	3,7
2/3	4,8	3,3	4,1	4,0	3,1 *	3,5	4,4	3,2	3,8
3/3	4,7	3,1 *	3,9	4,2	3,7	4,0	4,5	3,4	3,9
MW	4,7	3,3	4,0	4,0	3,1	3,6	4,4	3,2	3,8

Signifikante Wechselwirkungen

Erntehorizont x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.106 Eintrocknungsverhältnisse des Krauts verschiedener Erntehorizonte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Erntehorizont				
1/3	3,6	3,5	3,0 *	3,4
2/3	3,4 *	3,9	3,3 *	3,5
3/3	3,6	3,8		3,7
MW	3,5	3,7	3,2	3,5

Signifikante Wechselwirkungen

Erntehorizont x Schnitt

Tab. 8.107 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] verschiedener Erntehorizonte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie						MW		
	1999 (Serie1)			2000 (Serie2)					
	Schnitt			Schnitt			Schnitt		
	1	2	MW	1	2	MW	1	2	MW
Erntehorizont									
1/3	5,18*	4,09	4,63	4,46*	2,99	3,73	4,82	3,54	4,18(*)
2/3	4,39	3,10	3,74	3,87	2,96	3,42	4,13	3,03	3,58
3/3	3,42	2,12°	2,77	3,30	3,03	3,16	3,36	2,57	2,96(o)
MW	4,33	3,10	3,71	3,88	2,99	3,43	4,10(*)	3,05(o)	3,57

Signifikante Wechselwirkungen
Erntehorizont x Schnitt x Versuchsserie

Tab. 8.108 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] verschiedener Erntehorizonte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Erntehorizont				
1/3	6,51	4,79	3,84	5,04*
2/3	5,39	4,50	2,55	4,06
3/3	3,54	2,31		2,93°
MW	5,15*	3,92	3,12°	4,14

Tab. 8.109 Bestandeshöhen zur Ernte [cm] bei verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im zweiten Standjahr

	Versuchsjahr / -serie			
	2000 (Serie1)			
	Schnitt			
	1	2	3	MW
Erntehorizont				
1/3	74	72	71	72
2/3	78	70	66	71
3/3	84	66		75
MW	79	69	68	72

8.5 Blühbeginn, Pflanz- und Erntetermine - Themenkomplex Pflanzenentwicklung

Tab. 8.110 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch *Herkünfte*

SVG Baumannshof - Serie 1	
Pflanztermin:	**15.04.1999**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**01.06.1999**
Erntetermin Schnitt 1:	**22.06.1999**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**05.07.1999**
Erntetermin Schnitt 2:	**28.07.1999**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	**29.08.1999**
Erntetermin Schnitt 3:	**15.09.1999**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1: **06.06.00** / VG2+4: **04.06.00** / VG3: **02.06.00**
Erntetermin Schnitt 1:	**15.06.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **27.07.00** / VG2-4: **28.07.00**
Erntetermin Schnitt 2:	**14.08.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	**06.09.2000**
Erntetermin Schnitt 3:	**05.10.2000**
SVG Baumannshof - Serie 2	
Pflanztermin:	**02.05.2000**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1,2,4: **01.06.00** VG3: **29.05.00**
Erntetermin Schnitt 1:	**20.06.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1,2,4: **03.07.00** VG3: **01.07.00**
Erntetermin Schnitt 2:	**01.08.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1+2: **21.08.00** / VG3: **20.08.00** / VG4: **22.08.00**
Erntetermin Schnitt 3:	**27.09.2000**
SVG Puch - Serie 1	
Pflanztermin:	**04.05.1999**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**kurz nach Pflanzung**
Erntetermin Schnitt 1:	**27.07.1999**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**...**
Erntetermin Schnitt 2:	**06.10.1999**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**23.06.2000**
Erntetermin Schnitt 1:	**29.06.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**29.09.2000**
Erntetermin Schnitt 2:	**17.10.2000**
SVG Puch - Serie 2	
Pflanztermin:	**03.05.2000**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**31.05.2000**
Erntetermin Schnitt 1:	**26.07.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**Anfang - Mitte September**
Erntetermin Schnitt 2:	**21.10.2000**

Tab. 8.111 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch *Pflanztermine*

SVG Baumannshof - Serie 1	
Pflanztermin:	VG1: **12.04.99** / VG2: **07.09.99**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1: **02.06.00** / VG2: **30.05.00**
Erntetermin Schnitt 1:	**14.06.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **31.07.00** / VG2: **20.07.00**
Erntetermin Schnitt 2:	**11.08.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1: **07.09.00** / VG2: **01.09.00**
Erntetermin Schnitt 3:	**28.09.2000**
SVG Puch - Serie 1	
Pflanztermin:	VG1: **05.05.99** / VG2: **09.09.99**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**29.06.2000**
Erntetermin Schnitt 1:	**05.07.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**25.09.2000**
Erntetermin Schnitt 2:	**27.10.2000**

Tab. 8.112 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch *Pflanzabstände*

SVG Baumannshof - Serie 1	
Pflanztermin:	**29.04.1999**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**01.06.1999**
Erntetermin Schnitt 1:	**22.06.1999**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**09.07.1999**
Erntetermin Schnitt 2:	**26.07.1999**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	**14.08.1999**
Erntetermin Schnitt 3:	**13.09.1999**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**02.06.2000**
Erntetermin Schnitt 1:	**02.06.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**03.07.2000**
Erntetermin Schnitt 2:	**19.07.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	**21.08.2000**
Erntetermin Schnitt 3:	**12.09.2000**
SVG Baumannshof - Serie 2	
Pflanztermin:	**17.04.2000**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**23.05.2000**
Erntetermin Schnitt 1:	**20.06.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**14.07.2000**
Erntetermin Schnitt 2:	**11.08.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	**02.09.2000**
Erntetermin Schnitt 3:	**28.09.2000**
SVG Puch - Serie 1	
Pflanztermin:	**17.05.1999**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**kurz nach Pflanzung**
Erntetermin Schnitt 1:	**10.08.1999**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**21.06.2000**
Erntetermin Schnitt 1:	**27.06.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**22.09.2000**
Erntetermin Schnitt 2:	**27.10.2000**
SVG Puch - Serie 2	
Pflanztermin:	**11.05.2000**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**19.07.2000**
Erntetermin Schnitt 1:	**09.08.2000**

Tab. 8.113 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch *Saattermine*

SVG Baumannshof - Serie 1	
Saattermin:	(VG11/12): **26.05.99** / (VG21/22): **04.08.99**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	(VG11/12): **13.07.99**
Erntetermin Schnitt 1:	(VG11/12): **09.08.99**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	(VG11/12): **A September**
Erntetermin Schnitt 2:	(VG11/12): **05.10.99**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	(VG11/12): **keiner** / (VG21/22): **30.05.00**
Erntetermin Schnitt 1:	**30.05.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	(VG11/12): **26.06.00** / (VG21/22): **23.06.00**
Erntetermin Schnitt 2:	**13.07.2000**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	(VG11/12): **20.08.00** / (VG21/22): **17.08.00**
Erntetermin Schnitt 3:	**13.09.2000**
SVG Baumannshof - Serie 2	
Saattermin	(VG11/12): **08.05.00** / (VG21/22): **01.08.00**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	(VG11/12): **04.07.00**
Erntetermin Schnitt 1:	(VG11/12): **25.07.00**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	(VG11/12): **16.08.00**
Erntetermin Schnitt 2:	(VG11/12): **19.09.00**

8.6 Blühbeginn, Pflanz- und Erntetermine - Themenkomplex Ernteverhalten

Tab. 8.114 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch *Erntetermine (nach Blühstadium)*

SVG Baumannshof - Serie 1	
Pflanztermin:	**15.04.1999**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1-3: **01.06.99**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1-3: **17.06.99** (Schröpfschnitt)
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1-3: **09.07.99**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **19.07.99** / VG2: **30.07.99** / VG3: **12.08.99**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1: **06.08.99** / VG2: **20.08.99** / VG3: **05.09.99**
Erntetermin Schnitt 3:	VG1: **24.08.99** / VG2: **07.09.99** / VG3: **07.10.99**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1-3: **02.06.00**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1: **13.06.00** / VG2: **20.06.00** / VG3: **05.07.00**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **29.07.00** / VG2: **03.08.00** / VG3: **18.08.00**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **10.08.00** / VG2: **24.08.00** / VG3: **25.09.00**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1: **05.09.00**
Erntetermin Schnitt 3:	VG1: **19.09.00**
SVG Baumannshof - Serie 2	
Pflanztermin:	**17.04.2000**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1-3: **25.05.00**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1-3: **14.06.00** (Schröpfschnitt)
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1-3: **07.07.00**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **20.07.00** / VG2: **31.07.00** / VG3: **16.08.00**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1: **14.08.00** / VG2: **26.08.00** / VG3: **12.09.00**
Erntetermin Schnitt 3:	VG1: **25.08.00** / VG2: **14.09.00**
SVG Puch - Serie 1	
Pflanztermin:	**05.05.1999**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**kurz nach Pflanzung**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1-3: **20.07.99** (Schröpfschnitt)
Blühbeginn Aufwuchs 2:	**...**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **01.09.99** / VG2: **10.09.99** / VG3: **22.09.99**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1-3: **05.06.00**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1: **14.06.00** / VG2: **26.06.00** / VG3: **11.07.00**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **08.08.00** / VG2: **19.08.00** / VG3: **06.09.00**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **10.08.00** / VG2: **24.08.00** / VG3: **28.09.00**
SVG Puch - Serie 2	
Pflanztermin:	**26.04.2000**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	**...**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1-3: **03.07.00** (Schröpfschnitt)
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1-3: **14.08.00**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **24.08.00** / VG2: **07.09.00** / VG3: **27.09.00**

Tab. 8.115 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch *Erntetermine (nach Bestandeshöhe)*

SVG Baumannshof - Serie 1	
Pflanztermin:	**28.04.1999**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1+2: **01.06.99**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1: **16.06.99** / VG2: **02.07.99**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **06.07.99** / VG2: **23.07.99**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **20.07.99** / VG2: **09.08.99**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1: **09.08.99** / VG2: **Anfang September**
Erntetermin Schnitt 3:	VG1: **23.08.99** / VG2: **09.10.99**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1: **keiner** / VG2: **29.05.00**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1: **15.05.00** / VG2: **29.05.00**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **15.06.00** / VG2: **30.06.00**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **20.06.00** (Wdh1+2) **26.06.00** (Wdh3+4) / VG2: **20.07.00**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1: **18.07.00** (Wdh1+2) **29.07.00** (Wdh3+4) / VG2: **14.08.00**
Erntetermin Schnitt 3:	VG1: **25.07.00** (Wdh1+2) **10.08.00** (Wdh3+4) / VG2: **05.09.00**
Blühbeginn Aufwuchs 4:	VG1: **15.08.00** (Wdh1+2) **26.08.00** (Wdh3+4)
Erntetermin Schnitt 4:	VG1: **29.08.00** (Wdh1+2) **27.09.00** (Wdh3+4)
SVG Baumannshof - Serie 2	
Pflanztermin:	**11.04.2000**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1+2: **05.06.00**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1: **13.06.00** / VG2: **29.06.00**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **04.07.00** / VG2: **26.07.00**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **18.07.00** / VG2: **30.08.00**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1: **09.08.00**
Erntetermin Schnitt 3:	VG1: **23.08.00**

Tab. 8.116 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch *Erntehorizonte*

SVG Baumannshof - Serie 1	
Pflanztermin:	**29.04.1999**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1-3: **01.06.99**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1-3: **08.07.99**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **16.07.99** / VG2: **30.07.99** / VG3: **10.08.99**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **27.07.99** / VG2: **19.08.99** / VG3: **08.09.99**
Standjahr 2	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1-3: **02.06.00**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1-3: **13.06.00**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **13.06.00** / VG2: **07.07.00** / VG3: **24.07.00**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **18.07.00** / VG2: **27.07.00** / VG3: **23.08.00**
Blühbeginn Aufwuchs 3:	VG1: **18.07.00** / VG2: **08.09.00**
Erntetermin Schnitt 3:	VG1: **21.08.00** / VG2: **19.09.00**
SVG Baumannshof - Serie 2	
Pflanztermin:	**11.04.2000**
Standjahr 1	
Blühbeginn Aufwuchs 1:	VG1-3: **05.06.00**
Erntetermin Schnitt 1:	VG1-3: **12.07.00**
Blühbeginn Aufwuchs 2:	VG1: **14.07.00** / VG2: **26.07.00** / VG3: **16.08.00**
Erntetermin Schnitt 2:	VG1: **30.08.00** / VG2: **15.09.00** / VG3: **26.09.00**

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Bomme für die allzeit gewährte Unterstützung, die vielen fruchtbaren Diskussionen und wertvollen Ratschläge, die entscheidend zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben. Des weiteren dafür, dass ich während meiner Tätigkeit an der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP) in Freising durch ihn uneingeschränkt gefördert, aber auch gefordert wurde. Ferner für die Überlassung des Themas, die Aquisition der Projektmittel, die Schaffung günstiger Rahmenbedingungen zur Durchführung dieses Froschungsprojekts und für die Übernahme des Koreferats.

Ebenso möchte ich Herrn Prof. Dr. Schnitzler für die Begleitung der Forschungstätigkeit und des gesamten Promotionsvorgangs mit Übernahme des Referats, sowie für die wertvollen Ratschläge herzlich danken.

Besonders danken möchte ich Frau Kärner, Frau Kleidorfer, Frau Kollmannsberger, Frau Schumann, Frau Steger und Herrn Rinder für die engagierte Mitarbeit im Froschungsprojekt und das stets angenehme Arbeitsklima im Sachgebiet Heil- und Gewürzpflanzen an der LBP.

Zu großem Dank verpflichtet bin ich auch Herrn Dr. Munzert für die umfangreiche Unterstützung und hilfreiche Beratung in allen Fragen der Statistik und des Programmpakets SAS.

Für die Durchführung der umfangreichen Feldversuche an den beiden Staatlichen Versuchsgütern Baumannshof und Puch gilt mein erheblicher Dank den beiden Versuchstechnikern Herrn Schmidmeier und Herrn Gastl und deren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die vom Anbau bis zur Ernte zum Gelingen der Versuche beigetragen haben.

Herrn Dr. Fuchs, Herrn B. Voit, Frau Killermann und Frau Mosch vom Saatgutlabor der LBP danke ich für die stets gute Zusammenarbeit, die Beschaffenheitsprüfungen am Versuchssaatgut und die Bereitstellung der Keimschränke.

Danken möchte ich auch der BIONORICA AG in Neumarkt/Opf. für die finanzielle Förderung des Forschungsprojekts, sowie Herrn Thomas und allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Labors für die Durchführung der Inhaltsstoffanalysen. Mein herzlicher Dank gilt insbesondere Frau Dr. Abel und Frau Göhler für die wertvollen Hinweise aus der pharmazeutischen Praxis und die Begleitung des Forschungsprojekts auf Firmenseite.

Meiner Frau Sabine, meinen Eltern, Geschwistern und meiner Großmutter danke ich für ihre Unterstützung, Geduld, ihr Verständnis und den nötigen Freiraum während dieser Zeit.

LEBENSLAUF

Name	Michael Gatterer
Geburtsdatum/-ort	28.03.1972 in Donauwörth
Familienstand	verheiratet, zwei Kinder

Schulbildung

09/1978 - 07/1982	Grundschule Nordheim
09/1982 - 06/1991	Gymnasium Donauwörth

Wehrdienst

10/1991 - 09/1992	Fernmelderegiment Donauwörth

Studium

09/1992 - 08/1993	Elektrotechnik an der Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg
10/1993 - 07/1998	Gartenbauwissenschaften an der TU-München-Weihenstephan; Abschluss mit Auszeichnung

Beruflicher Werdegang

Seit 10/1998	Wissenschaftlicher Angestellter an der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau in Freising im Sachgebiet Heil- und Gewürzpflanzen unter der Leitung von Prof. Dr. Bomme

Weitere Tätigkeiten

Parallel	Mitarbeit im elterlichen Landwirtschaftsbetrieb. Anbau von Winter- und Sommerweizen, Zuckerrüben und Mais
Seit 06/96	Abwicklung der Buchführung im elterlichen Landwirtschaftsbetrieb
11/1994 - 07/1995	Studentische Hilfskraft am Lehrstuhl für Landespflege und Botanik: Betreuertätigkeiten im Rahmen botanisch-mikroskopischer Praktika
12/1996 - 08/1998	Studentische Hilfskraft an der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau im Sachgebiet Heil- und Gewürzpflanzen: Durchführung des Forschungsprojekts „Untersuchungen zur Verbesserung des Keimverhaltens von Echinacea-Arten für die Direktsaat im Freilandanbau“ in Zusammenarbeit mit Herrn Krafka unter der Leitung von Prof. Dr. Bomme. Projektbericht und Veröffentlichung der Ergebnisse in der international referierten Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen
08/1998 - 09/1998	Betriebspraktikum bei der Firma ESG Kräuter GmbH in Asbach-Bäumenheim-Hamlar
Seit 02/2000	Freiberuflicher Agraringenieur: Tätigkeitsschwerpunkt: Entwicklung, Optimierung und technische Realisierung von Verfahren zur Saatgutvorbehandlung in Heil- und Gewürzpflanzenkulturen. Verfahrensentwicklung zur Positionsbestimmung von Nutzpflanzen