

Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung
Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt

**Phänologie, Saatgutproduktion, Keimung und Anzucht
einheimischer Baumarten des tropischen Bergregenwaldes
Südecuadors**

—

Ein Beitrag zur Aufforstung

Bettina Leischner

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 Forstwissenschaft (Dr. rer. silv.) genehmigten Dissertation.

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

Prüfer der Dissertation:

1. Univ. - Prof. Dr. R. Mosandl
2. Univ. - Prof. Dr. G. Müller-Starck
3. Univ. - Prof. Dr. E. Beck, Universität Bayreuth
(schriftliche Beurteilung)

Die Dissertation wurde am 21. 02. 2005 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 24. 05. 2005 angenommen.

DANKSAGUNG

Die Arbeit wurde durch ein Promotionsstipendium der Technischen Universität München, in Zusammenhang mit diesem einer Aufstockung durch den DAAD, sowie einem Stipendium im HWP-Programm „Chancengleichheit für Frauen in Forschung und Lehre“ gefördert. Sie wurde in engem Zusammenhang mit dem DFG-Projekt „Aufgelassene Weiden und die Möglichkeiten ihrer Aufforstung im Gebiet des tropischen Bergregenwaldes Südecuadors“ am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Technischen Universität München erstellt. Die Materialkosten für den durchgeführten Aufbau der Infrastruktur und die Pflanzenanzucht in Loja, Südecuador, wurden aus Projektmitteln des Aufforstungsprojektes beigesteuert. Ein herzliches Dankeschön für die Finanzierung!

Während der Entstehung der Arbeit haben mich viele Personen begleitet, denen ich an dieser Stelle meinen Dank für die Unterstützung aussprechen möchte.

Bedanken möchte ich mich bei den Mitarbeitern im Ecuador-Projekt des Lehrstuhls für Waldbau und Forsteinrichtung an der TU München, hierbei besonders bei PROF. DR. MOSANDL für die Vergabe des Themas und Betreuung der Arbeit, DR. BERND STIMM für die geduldige Unterstützung, den Diplomanden MANUEL CABRERA, MARIA LOUISA DIAZ, MANUEL LOJAN und EDUARDO ORDOÑEZ für die angenehme tägliche Zusammenarbeit in der Baumschule in Loja, sowie PD DR. MICHAEL WEBER, NIKOLAY AGUIRRE und DR. SVEN GÜNTER für die organisatorische Unterstützung. Zudem gilt mein Dank allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für die Unterstützung, die ich im Verlauf der vergangenen drei Jahre erfahren habe, besonders von DR. JOACHIM SCHMERBECK, PD DR. CHRISTIAN AMMER, M.Sc. ANTONIO CRESPO, DR. ALEXANDER RIEDEL, SEBASTIAN HÖLLERL und M.Sc. HANY EL KATEB. Ebenso danke ich PROF. DR. FABIAN vom Lehrstuhl für Bioklimatologie und Immissionsforschung (TU München) für die Erstellung der Zweitgutachten für die Bewerbung um die Stipendien.

Weiterhin möchte ich mich bei allen Mitarbeitern und Kollegen in der Forschergruppe in Ecuador während meines Aufenthaltes in Loja bedanken. Ein großes Dankeschön geht an RÜTGER ROLLENBECK für die unkomplizierte Aufnahme in Geranios in Loja und die schöne Zeit in der WG. Darüber hinaus danke ich allen anderen Freunden und Kollegen auf der *Estación Científica San Francisco* und in Loja für die gemeinsame Zeit in Ecuador: FELIX MATT, NATHALIE SOETHE, MARINA RÖDERSTEIN, DANI MERZ, MELANIE SCHULZ, JÖRG ZEILINGER, MELANIA QUIZHPE, MICHAEL KOHLPAINTNER, CAROLINE SCHULZE, DOMINIK KAISER, MIRKO SCHLÜTER, ANNA MICHALCZYK, SASCHA VRECAR, EDUARDO CUEVA, ALFREDO MARTINEZ, JENS BOY, UTE ZIMMERMANN, SONIA SOTOMAYOR, MARIA und ROSILLO mit ihren ganzen Familien und allen anderen, hier nicht erwähnten.

Ein großes Dankeschön gilt allen Freunden in Deutschland, die mich während des Aufenthaltes in Ecuador nicht vergessen haben, und dazu beigetragen haben, dass ich auch in der Abschlussphase aussah, wie „frisch aus dem Urlaub“ (SCHMERBECK, 2004: mündliche Mitteilung). Ein besonderes Dankeschön geht hierbei an MATTHIAS BOSSE für die „Anti-Demotivations-Guidelines“, an JASMIN und

RONIA DESAI sowie PETER ZAUN für den Abflug- und Lande-Stützpunkt, an die Erdinger VolleyballerInnen für die gute Laune und die Events und an ANNELEISE HUBER, FLORIAN ZORMAIER und insbesondere VOLKER SCHRÖPPEL für die moralische Unterstützung.

Für ihren zuverlässigen Beistand auch in den vorübergehenden Motivationstiefs möchte ich mich bei allen „guten Geistern“ für ihre Unterstützung bedanken, hierbei ganz besonders bei meinen Brüdern STEFAN und ULRICH für all die aufmunternden Worte und Besuche.

Ein ganz großes Dankeschön gilt FRED sowie ULLI KLINS und KARIN BLÜML, für ihre Unterstützung, ihre gute Laune und ihren Sonnenschein.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1
1.1.	Problemstellung	1
1.2.	Zielsetzung	3
1.3.	Lösungsweg	3
2.	Ausgangslage	5
2.1.	Geographie Ecuadors	5
2.1.1.	Naturraum	5
2.1.2.	Geschichte	7
2.1.3.	Land und Leute	8
2.1.4.	Wirtschaft	8
2.2.	Ecuadors Forstsektor	9
2.2.1.	Waldfläche und ihre Bewirtschaftung	9
2.2.2.	Rechtliche Grundlagen für Bewirtschaftung und Aufforstung	10
3.	Material und Methoden	12
3.1.	Infrastruktur für die Versuche	12
3.1.1.	Baumschule	12
3.1.2.	Substrate	12
3.1.3.	Anzuchtbehälter	15
3.1.4.	Schattierung	16
3.1.5.	Bewässerung	16
3.1.6.	Klima im Gewächshaus	17
3.1.7.	Klima in Loja	18
3.2.	Ausgewählte Baumarten	18
3.2.1.	<i>Cedrela montana</i>	19
3.2.2.	<i>Alnus acuminata</i>	20
3.2.3.	<i>Tabebuia chrysantha</i>	21
3.2.4.	<i>Piptocoma discolor</i>	22
3.2.5.	<i>Myrica pubescens</i>	23
3.2.6.	<i>Vismia tomentosa</i>	24
3.2.7.	<i>Cinchona officinalis</i>	25
3.2.8.	<i>Clethra revoluta</i>	26
3.2.9.	<i>Heliocarpus americanus</i>	26
3.2.10.	<i>Prumnopitys montana</i>	27
3.2.11.	<i>Podocarpus oleifolius</i>	28
3.2.12.	<i>Juglans neotropica</i>	29
3.3.	Erntegebiete	30
3.3.1.	San Francisco	30
3.3.2.	San Pedro de Vilcabamba	30
3.4.	Hypothesen	34
3.5.	Methodik und Versuchsdesign	34
3.5.1.	Methodik der Phänologiestudien	34
3.5.2.	Saatgutbeschreibung	35
3.5.3.	Design der Baumschulversuche	36
3.6.	Auswertung	40
3.6.1.	Keimversuch	41
3.6.2.	Anzuchtversuch	42

INHALTSVERZEICHNIS

4.	Ergebnisse	45
4.1.	Reproduktionsphänologie und Saatgutentwicklung	45
4.1.1.	<i>Cedrela montana</i>	45
4.1.2.	<i>Alnus acuminata</i>	47
4.1.3.	<i>Tabebuia chrysantha</i>	49
4.1.4.	<i>Piptocoma discolor</i>	50
4.1.5.	<i>Myrica pubescens</i>	52
4.1.6.	<i>Vismia tomentosa</i>	53
4.1.7.	<i>Cinchona officinalis</i>	54
4.1.8.	<i>Clethra revoluta</i>	56
4.1.9.	<i>Heliocarpus americanus</i>	58
4.1.10.	<i>Prumnopitys montana</i>	59
4.1.11.	<i>Podocarpus oleifolius</i>	60
4.1.12.	<i>Juglans neotropica</i>	61
4.2.	Keimung	62
4.2.1.	<i>Cedrela montana</i>	62
4.2.2.	<i>Alnus acuminata</i>	66
4.2.3.	<i>Tabebuia chrysantha</i>	69
4.2.4.	<i>Cinchona officinalis</i>	73
4.2.5.	<i>Clethra revoluta</i>	76
4.2.6.	Vergleichende Betrachtung der Baumarten	78
4.2.7.	Kumulatives Keimprozent im Hinblick auf die Keimschnelligkeit	82
4.2.8.	Keimverhalten und Samenproduktion im Hinblick auf das Tausendkorngewicht	86
4.2.9.	Nebenversuche zur Keimung	88
4.3.	Anzucht der Pflanzen	91
4.3.1.	<i>Cedrela montana</i>	91
4.3.2.	<i>Tabebuia chrysantha</i>	95
4.3.3.	<i>Piptocoma discolor</i>	97
4.3.4.	<i>Myrica pubescens</i>	98
4.3.5.	Vergleichende Betrachtung der Baumarten	100
4.3.6.	Vergleichende Betrachtung der Wachstumsraten	110
4.3.7.	Ableitung der optimalen Anzuchtumgebung für die einzelnen Baumarten	113
4.3.8.	Nebenversuche zur Pflanzenanzucht (<i>Cedrela montana</i>)	115
4.3.9.	Wurzeluntersuchung an Pflanzen in den Foliencontainern	118
4.4.	Stecklingsvermehrung	124
5.	Diskussion	126
5.1.	Diskussion der Methoden und der Durchführung	126
5.2.	Keimung	127
5.2.1.	Unterschied zwischen den Standard- und Gewächshaus-Saaten	127
5.2.2.	Keimprozent der einzelnen Baumarten	128
5.2.3.	Hinweise für die Praxis	130
5.3.	Anzucht der Pflanzen	131
5.3.1.	Einfluss der Anzuchtmaterialien	131
5.3.2.	Wachstum der Baumarten im Jugendstadium	133
5.3.3.	Verwendete Kriterien zur Qualitätsbeurteilung von Pflanzen	136
5.4.	Alternativen zu traditionellen Keim- und Anzuchtverfahren	136
5.4.1.	<i>Vismia tomentosa</i>	136
5.4.2.	<i>Myrica pubescens</i>	137
5.5.	Schlussfolgerungen für die Praxis	138

INHALTSVERZEICHNIS

5.6.	Erfahrungen im Verlauf des Anzuchtbetriebs	141
5.6.1.	Schädlinge	141
5.6.2.	Bewässerung.....	142
5.6.3.	Anzuchtmaterialien und Vorgehensweisen.....	142
5.6.4.	Pathogene Pilze	144
6.	Ausblick	144
6.1.	Weiterer Forschungsbedarf	145
6.2.	Relevanz für das Gebiet Südecuador	146
7.	Zusammenfassung	147
8.	Summary	149
9.	Resumen	151
10.	Literatur	156
11.	Index	163
12.	Anhang	164
12.1.	Saatgut	165
12.1.1.	Herkunft des Saatgutes	165
12.1.2.	Saat unter standardisierten Bedingungen.....	166
12.2.	Keimung	166
12.2.1.	Standardsaat	166
12.2.2.	Keimversuch (Gewächshaus)	170
12.3.	Anzucht	177
12.4.	Entwicklung der Keimlinge	190
12.5.	Keimverhalten und Samenproduktion im Hinblick auf Tausendkorngewicht ...	193
12.5.1.	Tausendkorngewicht (TKG)	193
12.5.2.	Anzahl produzierter Samen pro Baum	194
12.6.	Varianzanalysen	195
12.6.1.	Keimung	195
12.6.2.	Anzucht	199
12.7.	Anzuchtprotokolle	204

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Ausgangslage

Abbildung 2-1: Lage Ecuadors und des Untersuchungsgebietes	5
--	---

Material und Methodik

Abbildung 3-1: Projektbaumschule in Loja	13
Abbildung 3-2: Projektbaumschule in Loja: Übersichtsskizze	14
Abbildung 3-3: Pikiergefäße	15
Abbildung 3-4: Anzuchtschalen	15
Abbildung 3-5: Foliencontainer	16
Abbildung 3-6: Mikroklima im Gewächshaus	17
Abbildung 3-7: Temperatur und Luftfeuchte in beiden Kammern des Gewächshauses im Vergleich zu den Freilandwerten	18
Abbildung 3-8: <i>Alnus acuminata</i>	21
Abbildung 3-9: <i>Tabebuia chrysantha</i>	22
Abbildung 3-10: <i>Piptocoma discolor</i>	23
Abbildung 3-11: <i>Vismia tomentosa</i>	24
Abbildung 3-12: <i>Cinchona officinalis</i>	25
Abbildung 3-13: <i>Clethra revoluta</i>	26
Abbildung 3-14: <i>Heliocarpus americanus</i>	26
Abbildung 3-15: <i>Prumnopitys montana</i>	28
Abbildung 3-16: <i>Podocarpus oleifolius</i>	29
Abbildung 3-17: Übersichtskarte Südecuador mit dem Untersuchungsgebiet und den Erntegebieten San Francisco und San Pedro de Vilcabamba	31
Abbildung 3-18: Klimadiagramme der Ernteregionen	31
Abbildung 3-19: Erntegebiet San Francisco	32
Abbildung 3-20: Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba	33
Abbildung 3-21: Versuchsdesign der Keimversuche im Gewächshaus	37
Abbildung 3-22: Versuchsdesign der Anzuchtversuche in der Baumschule	39

Ergebnisse

Reproduktionsphänologie und Saatgutentwicklung

Abbildung 4-1: <i>Cedrela montana</i> : Reproduktionsphänologie	45
Abbildung 4-2: <i>Cedrela montana</i> : Frucht und Samen	46
Abbildung 4-3: <i>Cedrela montana</i> : Saat und Keimung	46
Abbildung 4-4: <i>Alnus acuminata</i> : Reproduktionsphänologie	47
Abbildung 4-5: <i>Alnus acuminata</i> : Fruchtreife	47
Abbildung 4-6: <i>Alnus acuminata</i> : Früchte und Samen	48
Abbildung 4-7: <i>Alnus acuminata</i> : Ergebnisse der Standardsaat	48
Abbildung 4-8: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Reproduktionsphänologie	49
Abbildung 4-9: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Samen und Teile der Früchte, keimende Samen	50
Abbildung 4-10: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Standardsaat	50
Abbildung 4-11: <i>Piptocoma discolor</i> : Reproduktionsphänologie	50
Abbildung 4-12: <i>Piptocoma discolor</i> : Fruchtreife	51
Abbildung 4-13: <i>Piptocoma discolor</i> : Früchte und Samen	51
Abbildung 4-14: <i>Piptocoma discolor</i> : Standardsaat,	51
Abbildung 4-15: <i>Myrica pubescens</i> : Reproduktionsphänologie	52
Abbildung 4-16: <i>Myrica pubescens</i> : Fruchtreife	52
Abbildung 4-17: <i>Myrica pubescens</i> : Früchte und Samen	53
Abbildung 4-18: <i>Vismia tomentosa</i> : Reproduktionsphänologie	53
Abbildung 4-19: <i>Vismia tomentosa</i> : Früchte und Samen	54
Abbildung 4-20: <i>Cinchona officinalis</i> : Reproduktionsphänologie	54
Abbildung 4-21: <i>Cinchona officinalis</i> : Früchte und Samen	55
Abbildung 4-22: <i>Cinchona officinalis</i> : Standardsaat	56
Abbildung 4-23: <i>Clethra revoluta</i> : Reproduktionsphänologie	56
Abbildung 4-24: <i>Clethra revoluta</i> : Früchte, Samen und Keimlinge	57
Abbildung 4-25: <i>Clethra revoluta</i> : Standardsaat	57
Abbildung 4-26: <i>Heliocarpus americanus</i> : Reproduktionsphänologie	58

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 4-27: <i>Heliocarpus americanus</i> : Samen und Frucht, Keimling	58
Abbildung 4-28: <i>Prumnopitys montana</i> : Reproduktionsphänologie	59
Abbildung 4-29: <i>Prumnopitys montana</i> : Früchte und Samen	59
Abbildung 4-30: <i>Podocarpus oleifolius</i> : Frucht am Zweig	60
Abbildung 4-31: <i>Juglans neotropica</i> : Reproduktionsphänologie	61
Abbildung 4-32: <i>Juglans neotropica</i> : Früchte und Keimling	61

Keimung

Abbildung 4-33: <i>Cedrela montana</i> : Keimverlauf	63
Abbildung 4-34: <i>Cedrela montana</i> : Keimlinge	66
Abbildung 4-35: <i>Alnus acuminata</i> : Keimverlauf	67
Abbildung 4-36: <i>Alnus acuminata</i> : Mortalität	68
Abbildung 4-37: <i>Alnus acuminata</i> : Entwicklung der Keimlinge	69
Abbildung 4-38: <i>Alnus acuminata</i> : Keimling und Jungpflanze	69
Abbildung 4-39: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Keimverlauf	70
Abbildung 4-40: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Mortalität der Keimlinge und lebende Keimlinge mit geringer Wahrscheinlichkeit weiterer Entwicklung	72
Abbildung 4-41: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Keimlinge	72
Abbildung 4-42: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Entwicklung der Keimlinge	72
Abbildung 4-43: <i>Cinchona officinalis</i> : Keimverlauf	74
Abbildung 4-44: <i>Cinchona officinalis</i> : Mortalität der Keimlinge	75
Abbildung 4-45: <i>Cinchona officinalis</i> : Keimlinge	75
Abbildung 4-46: <i>Clethra revoluta</i> : Keimverläufe in den beiden Kammern des Gewächshauses ...	76
Abbildung 4-47: <i>Clethra revoluta</i> : Keimling, Jungpflanze	78
Abbildung 4-48: Kumulative Keimprozent der getesteten Baumarten	79
Abbildung 4-49: Keimschnelligkeiten der Baumarten	84
Abbildung 4-50: Anzahl der Tage nach der Saat bis Erreichen von 80 % des kumulativen Keimprozent und das maximal erreichte kumulative Keimprozent	85
Abbildung 4-51: Keimschnelligkeit / kumulatives Keimprozent und Tausendkorngewicht	86
Abbildung 4-52: Tausendkorngewicht und Anzahl der produzierten Samen pro Baum	87
Abbildung 4-53: <i>Myrica pubescens</i> : Kumulative Keimprozent	88
Abbildung 4-54: <i>Myrica pubescens</i> : Keimlinge	89
Abbildung 4-55: <i>Myrica pubescens</i> : Entwicklung der Keimlinge	89
Abbildung 4-56: Keimverlauf der Samen von <i>Vismia tomentosa</i> nach Verdauung durch Fledermäuse	90
Abbildung 4-57: <i>Vismia tomentosa</i> : Keimling	90

Anzucht der Pflanzen

Abbildung 4-58: <i>Cedrela montana</i> : Herkunft San Francisco: Überlebensprozente der Pflanzen...	92
Abbildung 4-59: <i>Cedrela montana</i> : Herkunft San Pedro de Vilcabamba: Überlebensprozente der Pflanzen	92
Abbildung 4-60: <i>Cedrela montana</i> : Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba: Höhenentwicklung und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers	93
Abbildung 4-61: <i>Cedrela montana</i> : Pflanzenhöhen am Ende des Anzuchtversuchs im Vergleich zu den Ausgangshöhen zum Zeitpunkt des Pikierens.	94
Abbildung 4-62: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Francisco, Pflanzenhöhen am Ende des Anzuchtversuchs im Vergleich zu den Ausgangshöhen zum Zeitpunkt des Pikierens.	95
Abbildung 4-63: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Überlebensprozente	95
Abbildung 4-64: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Höhenentwicklung und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers (WHD)	96
Abbildung 4-65: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Pflanzenhöhen am Ende des Anzuchtversuchs im Vergleich zu den Ausgangshöhen zum Zeitpunkt des Pikierens.	96
Abbildung 4-66: <i>Piptocoma discolor</i> : Höhenentwicklung und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers (WHD)	98
Abbildung 4-67: <i>Piptocoma discolor</i> : Überlebensraten	98
Abbildung 4-68: <i>Myrica pubescens</i> : Höhenentwicklung und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers (WHD)	99
Abbildung 4-69: <i>Myrica pubescens</i> : Anzahl lebender Pflanzen	99
Abbildung 4-70: Überlebensprozente der Baumarten	101

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 4-71: Sprosshöhen und Wurzelhalsdurchmesser der untersuchten Baumarten	105
Abbildung 4-72: Relative Wachstumsraten der untersuchten Baumarten	110
Abbildung 4-73: Sprosshöhe am Ende des Beobachtungszeitraumes und das Überlebensprozent der untersuchten Baumarten	113
Abbildung 4-74: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Francisco: Überlebensprozente, absolute Höhen nach 20 Wochen, relatives Höhenwachstum, relatives Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers (Nebenversuch)	115
Abbildung 4-75: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Pedro de Vilcabamba: Überlebensprozente, Sprosshöhen nach 20 Wochen Beobachtungszeitraum, rel. Höhenwachstum und rel. Durchmesserwachstum (Nebenversuch).....	116
Abbildung 4-76: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Francisco: Pflanzenhöhen über dem Wurzelhalsdurchmesser	118
Abbildung 4-77: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Francisco: Bewurzelungsintensität in den Foliencontainern:	119
Abbildung 4-78: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Pedro de Vilcabamba: Bewurzelungsintensität in den Foliencontainern.....	120
Abbildung 4-79: <i>Cedrela montana</i> (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): Pflanzenhöhe über dem Wurzelhalsdurchmesser (WHD).....	120
Abbildung 4-80: <i>Heliocarpus americanus</i> : Pflanzenhöhe über dem Wurzelhalsdurchmesser	121
Abbildung 4-81: <i>Heliocarpus americanus</i> : Bewurzelungsintensität in den Foliencontainern	121
Abbildung 4-82: <i>Alnus acuminata</i> : Pflanzenhöhe über dem Wurzelhalsdurchmesser	122
Abbildung 4-83: <i>Alnus acuminata</i> : Durchwurzelungsintensität in den Foliencontainern.....	123
Abbildung 4-84: <i>Alnus acuminata</i> : Wurzeln mit Knöllchen	123
Abbildung 4-85: <i>Podocarpus oleifolius</i> , Stecklingsvermehrung	124
Abbildung 4-86: <i>Podocarpus oleifolius</i> , Stecklingsvermehrung: Kallus- und Wurzelbildung der Stecklinge nach ca. 7,5 Monaten Versuchsdauer	125
 Diskussion	
Abbildung 5-1: Nährstoffversorgung in Anzuchtsubstraten	132
Abbildung 5-2: Vermutete Phosphor-Mangelsymptome bei einer der Baumschulpflanzen	132
Abbildung 5-3: <i>Myrica pubescens</i> : Keimung der Samen mit Schimmelbefall	138
Abbildung 5-4: Organisationskalender in einer Baumschule in der Nähe von Loja	139
Abbildung 5-5: <i>Cedrela montana</i> : Trauermücken-Larven im Keimsubstrat	142
Abbildung 5-6: Anzuchtsubstrate mit extremen Pilzbefall und Moosbewuchs	143

TABELLENVERZEICHNIS

Ausgangslage

Tabelle 2-1 Landfläche Ecuadors (in 1000 ha): Einteilung nach FAO-Klassifikation.....	9
Tabelle 2-2: Aufforstungen in Ecuador, verwendete Baumarten.....	10

Material und Methoden

Tabelle 3-1: Eigenschaften der getesteten Substrate.....	12
Tabelle 3-2: Getestete Beleuchtungsintensitäten in den Versuchen.....	16
Tabelle 3-3: Wasserqualität des Gießwassers.....	17
Tabelle 3-4: Für das Aufforstungsexperiment ausgewählte native Baumarten und ihr möglicher Verwendungszweck.....	18
Tabelle 3-5: Ausgewählte native Baumarten in den Anzuchtexperimenten.....	19
Tabelle 3-6: Erntegebiete der untersuchten Baumarten.....	35
Tabelle 3-7: Keimversuch: Faktoren und Faktorstufen.....	37
Tabelle 3-8: Anzuchtversuch: Faktoren und Faktorstufen.....	38
Tabelle 3-9: Nebenversuche zur Pflanzenanzucht: <i>Cedrela montana</i>	39
Tabelle 3-10: Stecklingsversuch mit <i>Podocarpus oleifolius</i> : Faktoren und Faktorstufen.....	40
Tabelle 3-11: Keimversuch: Datengrundlage für die Auswertung.....	41
Tabelle 3-12: Keimversuch, Zerlegung der Freiheitsgrade,.....	42
Tabelle 3-13: Kontrastierung der Faktorstufen des Keimversuche.....	42
Tabelle 3-14: Anzuchtversuch: Zerlegung der Freiheitsgrade: alle Blöcke, ein Block.....	43
Tabelle 3-15: Datengrundlage für die Auswertung der Anzuchtversuche.....	43
Tabelle 3-16: Kontrastierung der Faktorstufen des Anzuchtversuchs.....	44

Ergebnisse

Reproduktionsphänologie und Saatgutentwicklung

Tabelle 4-1: <i>Cedrela montana</i> : Saatgut.....	46
Tabelle 4-2: <i>Alnus acuminata</i> : Saatgut.....	48
Tabelle 4-3: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Saatgut.....	49
Tabelle 4-4: <i>Piptocoma discolor</i> : Saatgut.....	51
Tabelle 4-5: <i>Myrica pubescens</i> : Saatgut.....	53
Tabelle 4-6: <i>Vismia tomentosa</i> : Saatgut.....	54
Tabelle 4-7: <i>Cinchona officinalis</i> : Saatgut.....	55
Tabelle 4-8: <i>Clethra revoluta</i> : Saatgut.....	56
Tabelle 4-9: <i>Heliocarpus americanus</i> : Saatgut.....	58
Tabelle 4-10: <i>Prumnopitys montana</i> : Saatgut.....	59
Tabelle 4-11: <i>Podocarpus oleifolius</i> : Saatgut.....	60
Tabelle 4-12: <i>Juglans neotropica</i> : Saatgut.....	61

Keimung

Tabelle 4-13: <i>Cedrela montana</i> , Versuchsbedingungen und Saatgut.....	62
Tabelle 4-14: <i>Cedrela montana</i> (Herkunft San Francisco): Kumulative Keimprozente.....	63
Tabelle 4-15: <i>Cedrela montana</i> (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): Kumulative Keimprozente.....	64
Tabelle 4-16: <i>Cedrela montana</i> (Herkunft San Francisco): Auswertung der Varianzanalysen.....	64
Tabelle 4-17: <i>Cedrela montana</i> (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): Auswertung der Varianzanalysen.....	65
Tabelle 4-18: <i>Alnus acuminata</i> : Versuchsbedingungen und Saatgut.....	66
Tabelle 4-19: <i>Alnus acuminata</i> : Kumulative Keimprozente.....	67
Tabelle 4-20: <i>Alnus acuminata</i> : Auswertung der Varianzanalysen.....	68
Tabelle 4-21: <i>Alnus acuminata</i> : Regressionsformeln für das Wachstum der Keimlinge, gerundet.....	69
Tabelle 4-22: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Versuchsbedingungen und Saatgut.....	70
Tabelle 4-23: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Kumulative Keimprozente.....	71
Tabelle 4-24: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Auswertung der Varianzanalysen.....	71
Tabelle 4-25: <i>Tabebuia chrysantha</i> , Regressionsformeln für das Wachstum der Keimlinge.....	73
Tabelle 4-26: <i>Cinchona officinalis</i> : Versuchsbedingungen und Saatgut.....	73
Tabelle 4-27: <i>Cinchona officinalis</i> : Auswertung der Varianzanalysen.....	74
Tabelle 4-28: <i>Cinchona officinalis</i> : Kumulative Keimprozente.....	74
Tabelle 4-29: <i>Clethra revoluta</i> : Versuchsbedingungen und Saatgut.....	76

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4-30: <i>Clethra revoluta</i> : Kumulative Keimprozent	77
Tabelle 4-31: <i>Clethra revoluta</i> : Auswertung der Varianzanalysen: Effekte zwischen den Faktoren und den einzelnen Faktorstufen	77
Tabelle 4-32: <i>Clethra revoluta</i> : Auswertung der Varianzanalysen: Effekte im Keimverlauf	77
Tabelle 4-33: Tests zum Gesamtvergleich der Baumarten	79
Tabelle 4-34: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen beim Vergleich aller Baumarten	80
Tabelle 4-35: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen: Baumarten <i>Cedrela montana</i> (Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba) und <i>Alnus acuminata</i>	81
Tabelle 4-36: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen, Baumarten <i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Clethra revoluta</i>	82
Tabelle 4-37: Zusammenstellung der Effekte zwischen den untersuchten Faktoren und Effekten im Keimverlauf aus den Einzel-Auswertungen der Baumarten	83
Tabelle 4-38: Keimprozent, alle Baumarten verglichen mit den Ergebnissen der jeweiligen Standard-Saaten und dem Tausendkorngewicht (TKG)	86
Tabelle 4-39: Keimprozent und -schnelligkeiten (bis zum Erreichen des vollen kumulativen Keimprozent) der Standard-Saaten, Tausendkorngewicht des verwendeten Saatgutes sowie der Anzahl der Wochen im Keimsubstrat und der dann erzielten Höhe (Gewächshausbedingungen)	87
Tabelle 4-40: <i>Myrica pubescens</i> : Versuchsbedingungen und Saatgut (Nebenversuch)	88
Tabelle 4-41: <i>Myrica pubescens</i> : Regressionsformeln für das Wachstum der Keimlinge	89

Anzucht der Pflanzen

Tabelle 4-42: <i>Cedrela montana</i> : Regressionsformeln für die Höhenentwicklung der Pflanzen im Anzuchtversuch nach der Keimumgebung	94
Tabelle 4-43: <i>Tabebuia chrysantha</i> : Regressionsformeln für die Höhenentwicklung der Pflanzen im Anzuchtversuch nach der Keimumgebung	97
Tabelle 4-44: Anzucht der Pflanzen: Auswerteschritte und getestete Substrate	100
Tabelle 4-45: Überlebensraten der Baumarten	102
Tabelle 4-46: Überlebensraten von <i>Cedrela montana</i> (beide Herkünfte)	103
Tabelle 4-47: Überlebensraten der Baumarten <i>Tabebuia chrysantha</i> und <i>Piptocoma discolor</i>	104
Tabelle 4-48: Höhenentwicklung und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers der Baumarten	106
Tabelle 4-49: Höhenentwicklung und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers der beiden Provenienzen von <i>Cedrela montana</i>	108
Tabelle 4-50: Höhenentwicklung und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers der Baumarten <i>Tabebuia chrysantha</i> und <i>Piptocoma discolor</i>	109
Tabelle 4-51: Beobachtungszeiträume der relativen Wachstumsraten	111
Tabelle 4-52: Relative Wachstumsraten der Baumarten	111
Tabelle 4-53: Relative Wachstumsraten der beiden Herkünfte von <i>Cedrela montana</i>	112
Tabelle 4-54: Relative Wachstumsraten der Baumarten <i>Tabebuia chrysantha</i> u. <i>Piptocoma discolor</i>	113
Tabelle 4-55: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Francisco: Einflüsse der Anzuchtumgebung und der Keimumgebung auf das relative Höhenwachstum (Nebenversuch)	116
Tabelle 4-56: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Pedro de Vilcabamba: Einflüsse der Anzuchtumgebung und der Keimumgebung auf das relative Höhenwachstum und das relative Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers (Nebenversuch)	117
Tabelle 4-57: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Francisco: Anzuchtinformationen zu den Pflanzen für die Wurzeluntersuchung	118
Tabelle 4-58: <i>Cedrela montana</i> , Herkunft San Pedro de Vilcabamba: Anzuchtinformationen zu den Pflanzen für die Wurzeluntersuchung	119
Tabelle 4-59: <i>Heliocarpus americanus</i> : Anzuchtinformationen zu den Pflanzen für die Wurzeluntersuchung	121
Tabelle 4-60: <i>Alnus acuminata</i> : Anzuchtinformationen zu den Pflanzen für die Wurzeluntersuchung	122
Tabelle 4-61: <i>Podocarpus oleifolius</i> : Pflanzenmaterial zur Stecklingsvermehrung	124

Diskussion

Tabelle 5-1: Zusammenstellung der präferierten Keimumgebung der untersuchten Baumarten	131
Tabelle 5-2: Verwendete und empfohlene Substrate	133

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

\$	US-Dollar
%	Prozent
"	Zoll (Längenangaben)
°C	Grad Celsius
μ	Mittelwert
BHD	Brusthöhendurchmesser
BIP	Brutto-Inlands-Produkt
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
ca.	zirka
CATIE	<i>Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza</i>
cm	Zentimeter
cm ³	Kubikzentimeter
d.h.	das heißt
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
ECSF	<i>Estación Científica San Francisco</i>
etc.	et cetera
g	Gramm
H ₀	Nullhypothese
ha	Hektar
ISTA	<i>International Seed Testing Association</i>
kg	Kilogramm
km ²	Quadratkilometer
m	Meter
max.	maximal
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
Mrd.	Milliarden
NGO	Nicht-Regierungs-Organisation / Non-Governmental-Organisation
NN	Normal Null (Höhenangaben über dem Meeresspiegel)
o. g.	oben genannt
p. a.	per annum
PNV	potenzielle natürliche Vegetation
sog.	so genannt
span.	Spanisch
TKG	Tausendkorngewicht
TU	Technische Universität
u. U.	unter Umständen
u. ä.	und ähnliches
u. a.	unter anderem
UNL	Universidad Nacional de Loja
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
Wdh.	Wiederholung
WHD	Wurzelhalsdurchmesser

1. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten gab es weltweit große Veränderungen hinsichtlich der Landnutzung. Die tropischen Wälder ziehen hierbei, unterstützt von der medienwirksamen Darstellung als „grüne Lunge des Planeten“, besonderes viel Aufmerksamkeit auf sich und werden von verschiedenen Interessengruppen aus unterschiedlichen Blickwinkeln beleuchtet und in die Diskussion gebracht. Umwelt-Verbände und -Institutionen dringen auf die Schutzwürdigkeit und den Erhalt der Flora und Fauna in möglichst ungestörtem Terrain und Maßnahmen zum Erhalt der Funktionen, die diese Wälder global und regional erfüllen, der Erhaltung des Lebensraumes für die Bevölkerung sowie deren Wissen über die Nutzung. Schlagworte wie „Artensterben“ oder „Tropenholzboykott“ sind häufig in den Medien zu finden und weisen deutlich auf eine Veränderung in der Nutzung der Ressourcen in den Ländern der Tropen hin.

Durch die Aufmerksamkeit, die die Tropenländer in letzter Zeit erfahren, werden auch der Veränderung der Wälder und der Waldflächen sowie deren Ursachen besondere Beachtung zuteil. Südamerika stellt aufgrund des mit 50,5 % hohen Waldanteils (FAO, 2004) eines der Hauptinteressensgebiete dar. Veränderungen der Landnutzungssysteme werden hier seit einigen Jahren beobachtet, der Einfluss der Veränderungen auf die Ökosysteme untersucht sowie auf internationaler Ebene Ansätze für Lösungen diskutiert.

In Ecuador tritt der Wandel der Landnutzung besonders deutlich mit der - mit 1,2% jährlichem Waldverlust - höchsten Entwaldungsrate Südamerikas (FAO, 2004) hervor. Diese Entwicklung betrifft nicht nur Küstengebiete und Tieflandregenwälder im Amazonasbecken, sondern auch die tropischen Bergregenwälder, artenreiche und empfindliche Ökosysteme. BRUMMITT & LUGHADA (2003) zählen die tropischen Anden zu den weltweit artenreichsten „Hot Spots“ der Biodiversität.

Die besondere Vielfalt des Gebietes veranlasste eine deutsche Forschergruppe, in der Region zwischen Loja und Zamora im Süden Ecuadors vertiefende Forschung zu betreiben. Im Rahmen der von der DFG geförderten Forschergruppe 402 „Funktionalität in einem tropischen Bergregenwald Südecuadors: Diversität, dynamische Prozesse und Nutzungspotentiale unter ökosystemaren Gesichtspunkten“ werden derzeit ein intaktes Waldökosystem und Bewirtschaftungsformen des Bergregenwaldes untersucht. Neben der Grundlagenforschung wurden Stoffflüsse und funktionelle Zusammenhänge zwischen abiotischen und biotischen Teilbereichen des Ökosystems untersucht, um daraus Modelle über Ökosystem und mögliche Auswirkungen anthropogener Eingriffe zu entwickeln. Diese wissenschaftliche Basis lässt Voraussagen und Empfehlungen für eine nachhaltige Waldnutzung ableiten und hilft zudem bei der Ausweisung von Gebieten, in denen einer umfassenden Unterschutzstellung Priorität gebührt (BECK & MÜLLER-HOHENSTEIN, 2001).

Seit 2001 ist der Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Technischen Universität München mit dem Teilprojekt „Aufgelassene Weiden und die Möglichkeit ihrer Aufforstung im Gebiet des tropischen Bergregenwaldes Südecuadors“ in der Forschergruppe beteiligt. Die vorliegende Arbeit wurde in enger Verbindung mit diesem im Verlauf der ersten Projektphase erstellt.

1.1. Problemstellung

Eine der Ursachen für die hohe Entwaldungsrate in Südecuador ist die Präferenz der Weidenutzung gegenüber der nachhaltigen Nutzung der Wälder. Die Waldbesitzer roden die Waldflächen und nutzen sie als Weidefläche. Eine dauerhafte ungestörte Beweidung lässt jedoch der massiv auftretende

Adlerfarn (*Pteridium arachnoideum*, HARTIG & BECK, 2003) nur bedingt zu. Das damit häufig verbundene Abbrennen der Flächen zieht eine schnelle und starke Bodendegradation nach sich. Die immer wiederkehrende Verunkrautung der Flächen demotiviert die Landbesitzer zusätzlich, sich kontinuierlich um die Bewirtschaftung dieser Flächen zu bemühen. Oftmals ist es weniger arbeitsaufwändig, diese Flächen aufgrund des rasch nachlassenden Nutzungsertrages aus der Nutzung zu nehmen und neue Waldflächen zur Kompensation der aufgelassenen Weideflächen zu roden.

Die Folge der Entwicklung sind weitere Rodungen, die in der Region zwischen Loja und Zamora in Südecuador bereits erheblich zum Waldverlust beigetragen haben. Aufgrund der hohen Artenvielfalt in diesem Gebiet ist damit ebenfalls ein großer Verlust an Biodiversität verbunden. Neben dem ökologischen Verlust deutete sich bereits im Jahr 1999 ein Mangel an guten und wertvollen Hölzern auf den lokalen Holzmärkten an (LEISCHNER, 2000). Bereits zu diesem Zeitpunkt wurden von der Forstbehörde Einschlagsbeschränkungen für wertvolle Holzarten erlassen. Durch diese Maßnahme sollte zur Reduzierung der Nutzung und damit zur Erholung der Wälder beitragen werden. Zusätzlich könnte durch Maßnahmen zur Wiederbewaldung einem Erosionsrisiko auf Brachflächen vorgebeugt werden.

Die natürliche Wiederbewaldung der aufgelassenen und mit Adlerfarn kolonisierten Flächen ist nach HARTIG & BECK (2003) unwahrscheinlich. Als eine Alternative zur immer wiederkehrenden Verunkrautung sowie zur Vermeidung weiterer Naturwaldverluste treten in jüngster Zeit als mögliche nachhaltige Nutzungsalternativen zunehmend Aufforstungen in die Diskussion. Die Flächen, die im derzeitigen Zustand für die land- und weidewirtschaftliche Nutzung unbrauchbar sind, könnten so für forstwirtschaftliche Zwecke wieder nutzbar gemacht werden. Von lokalen Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen (lokale Ministerien, Umweltschutzverbände, Planungsbehörden) sind derartige Vorhaben ausdrücklich erwünscht. Die aktuellen Vorbereitungen zum sog. MEGAPROYECTO, das eine Aufforstung von ca. 300.000 ha in den Provinzen Loja und El Oro anvisiert, unterstreichen die lokale Akzeptanz dieser Vorhaben.

In jüngster Zeit wird bei derartigen Bestrebungen nativen Baumarten zunehmend Beachtung beigemessen. Damit wird zum einen der hohen Biodiversität in den Naturwäldern, zum anderen dem Naturwaldverlust in der Region und außerdem den Bedürfnissen der lokalen Holzverarbeitenden Betriebe, die in verstärktem Maße die einheimischen Hölzer bevorzugen (LEISCHNER & BUSSMANN, 2001), Rechnung getragen. Eine Aufforstung, die neben den lokal üblichen für Aufforstungen verwendeten Baumarten der Gattungen *Pinus* und *Eucalyptus* noch einheimische Baumarten einbezieht, erfährt dadurch reges Interesse, sowohl bei der Bevölkerung und den Umwelt- und Naturschutzverbänden als auch bei lokalen Entscheidungsgremien. Vergleichbare Studien in Südamerika zeigten bereits ein hohes Potenzial der nativen Arten bzgl. ihrer Einbindung in die lokal üblichen Arten der Landnutzung (vgl. HAGGAR et al., 1998, DAVIDSON et al., 1998).

In Südecuador wurden in der Vergangenheit kaum Aufforstungen mit einheimischen Baumarten durchgeführt (LEISCHNER, 2000; vgl. Tabelle 2-2, S. 10). Somit war weder das erforderliche Pflanzenmaterial für die geplante Aufforstung in Baumschulen vor Ort verfügbar, noch zufriedenstellendes Wissen über das Wuchsverhalten und die Anzucht der Baumarten vorhanden. Im Zusammenhang mit der Aufforstung waren zu Projektbeginn daher Fragen zu geeigneten Anzuchtverfahren der nativen Baumarten weitgehend ungeklärt.

1.2. Zielsetzung

Als Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens stellte sich daher vorrangig die Entwicklung von praxisgerechten Verfahren zur Gewinnung und Bereitstellung von Vermehrungsgut ausgewählter nativer Baumarten des tropischen Bergregenwaldes in Südecuador inklusive der Erforschung optimaler Keimungs- und Anzuchtbedingungen.

Die Kenntnis des Wachstumsverhaltens der Pflanzen in der Baumschule soll die Massenvermehrung der Arten und somit die Organisation und zeitliche Planung von Aufforstungsmaßnahmen in der Region erleichtern. Weiterhin kann eine nachhaltige Bewirtschaftung der noch vorhandenen Naturwaldreste unterstützt werden, die nach GÜNTER & MOSANDL (2003) ebenfalls einen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität in Bergregenwäldern bieten kann. Über den Schutzaspekt hinaus trägt der Anbau nativer Baumarten dazu bei, das lokal vorhandene traditionelle Wissen und die Erfahrungen über die Eigenschaften und Verwendung der Arten zu nutzen bzw. zu erhalten.

1.3. Lösungsweg

Für die Entwicklung von Anzuchtprotokollen, d.h. Beschreibungen der für die Pflanzenanzucht durchzuführenden Arbeitsschritte und der einzuplanenden Zeiträume, unerlässlich sind Informationen zum Keimverhalten und Jugendwachstum sowie die Auswirkungen unterschiedlicher Stufen und Intensitäten der Wuchsfaktoren (vgl. BURKART, 2000). Die Einflussfaktoren für Keimung und Wachstum der Pflanzen sowie die Pflanzenphysiologie sind in der Literatur vielfach beschrieben (vgl. BERJAK & PAMMETER, 2002, BEWLEY & BLACK, 1994, DURYEA, 1984, FENNER, 1985, HESS, 1999, JANSEN et al., 1998, LARCHER, 1994, LAVENDER, 1984, SCHÜTT et al., 1992, SPETHMANN, 1997). Neben Feuchte und einem spezifischen Temperaturbereich sind für die Keimung und die Wachstumsphase auch Licht und Nährstoffe unerlässlich (vgl. AMBERGER, 1996, KRÜSSMANN, 1997, 1981, PANCEL, 1993, SCHMIDT, 2000).

Für die Beurteilung einer Pflanze als optimale Aufforstungspflanze werden verschiedene Kriterien herangezogen, die zum einen als Weiser für eine Qualitätsbeurteilung der Pflanze dienen und zum anderen Prognosen über den zu erwartenden Auspflanzenerfolg ermöglichen können. Anerkannte Kriterien sind hierbei u. a. die Pflanzenhöhe, der Wurzelhalsdurchmesser, das Volumen des Wurzelsystems, das Spross-Wurzel-Verhältnis oder die in den Blättern gespeicherten Nährstoffe (ROSE & HAASE, 1995, RITCHIE, 1984). Anhand dieser Qualitätsmerkmale lässt sich die optimale Ziel-Pflanze (*target seedling*) für den Aufforstungszweck beschreiben.

In der ersten Projektphase wurden neben den Versuchen zur Anzucht der Pflanzen bereits die Pflanzen für die Versuchsaufforstung angezogen. Es wurde eine große Anzahl an Aufforstungspflanzen benötigt. Destruktive Pflanzenuntersuchungen waren daher in dieser Phase nur bedingt möglich. Weiterhin waren von einigen der ausgewählten Baumarten nur wenig Informationen zu Reproduktionsphänologie und Keimverhalten oder Anzuchtprotokolle verfügbar, so dass jede Art von Untersuchung einen Baustein zur Erarbeitung von optimalen Anzuchtmöglichkeiten bieten konnte.

Es wurde daher zunächst das Saatgut inventarisiert und mit diesem in der auf dem Gelände der *Universidad Nacional de Loja* errichteten Projekt-Baumschule Keim- und Anzuchtversuche durchgeführt. Hierbei wurden verschiedene Lichtintensitäten und Anzuchtsubstrate und deren Wirkung auf Keim- und Anzuchtverhalten der nativen Baumarten getestet. Zudem wurden die verschulten Pflanzen nach nicht-destruktiven anerkannten Kriterien wie die Höhe der Pflanzen und dem Wurzelhalsdurchmesser beschrieben.

Folgende Forschungsfragen standen dabei im Vordergrund:

1. Wann kann Saatgut zur Anzucht der Baumarten geerntet werden und wie ist dieses zu beschaffen ?
2. Wie wirkt sich die Keimumgebung (Beleuchtungsintensität / Substratzusammensetzung) auf das Keimprozent und die Keimschnelligkeit der ausgewählten Arten aus ?
3. Unterscheiden sich die ausgewählten Arten hinsichtlich ihrer Reaktion auf unterschiedliche Keimumgebung ?
4. Bringt ein optimales Keimsubstrat auch die besten Erfolge in der Anzuchtphase ?
5. Wie verläuft das Höhen- und Durchmesserwachstum der ausgewählten Baumarten während der Anzuchtphase in der Baumschule in Abhängigkeit vom Substrattyp und der Beleuchtung ?
6. Welche Empfehlungen lassen sich für die Entwicklung einer optimalen Anzucht der ausgewählten Arten in der Baumschule daraus ableiten?

Neben den biologischen Erfolgen wurden die getesteten Anzuchtverfahren auch im Hinblick auf eine mögliche Massenproduktion der Pflanzen beurteilt. Dem Arbeitsaufwand bei der Ernte und Aufbereitung des Saatgutes, der Aussaat und der Verschulung der Pflanzen wurde große Bedeutung beigemessen. Den Hintergrund für diesen Versuchsansatz bildete die Erarbeitung von Anzuchtprotokollen für eine optimale Aufforstungspflanze (*target seedling*, d.h. eine „Ziel-Pflanze“, die die gewünschte Eigenschaften z. B. in Morphologie und Gesundheitszustand besitzt) und damit eine mögliche Erleichterung der Organisation und der zeitlichen Planung der im Rahmen weiterer Aufforstungsprojekte durchzuführenden Pflanzenanzuchten.

2. Ausgangslage

2.1. Geographie Ecuadors

Ecuador liegt an der Nordwestküste Südamerikas. Der Äquator zieht sich ca. 10 km nördlich der Hauptstadt Quito durch das Land und teilt den kleinen Andenstaat (Fläche ca. 283.000 km²). Eine weitere geographische Trennlinie ist unübersehbar: Die Gebirgskette der Anden verläuft in Nord-Süd-Richtung durch Ecuador und teilt es in die drei Großlandschaften Costa (Küstengebiete), Sierra (Andenhochland), und Oriente (Amazonasbecken). Im Norden grenzt Ecuador an Kolumbien. Der einzige Nachbar an den östlichen und südlichen Grenzen des Landes ist Peru. Die Galapagos-Inseln - ca. 1000 km vom Festland entfernt – gehören ebenfalls zu Ecuador.



Abbildung 2-1: Lage Ecuadors und des Untersuchungsgebietes
Quelle: links: FAO (2003, 2004), rechts: ANONYMUS, siehe ECSF (2003)

Das Forschungsgebiet des Aufforstungsprojektes liegt im Süden des Landes, in den Provinzen Loja und Zamora-Chinchipe (Abbildung 2-1)

2.1.1. Naturraum

Geologie

Die Anden bilden das Hauptstrukturelement der Geologie Ecuadors. Sie entstanden durch die Kollision der südamerikanischen Erdplatte mit der ozeanischen Nazca-Platte. Bei dieser Kollision wurde der westliche Rand des Kontinents zu Falten aufgeworfen. Dadurch entstand die vulkanisch aktive Gebirgskette der Anden (LAUER & ERLNBACH, 1987) mit Gipfeln über 6000 m über NN. Die Andenkette besteht aus den beiden Kordillern *Cordillera Occidental* (Westkordillere) und *Cordillera Real* (Ostkordillere), und der dazwischen liegenden innerandinen Senke, der *Sierra*, in Höhenlagen zwischen 2200 – 2800 über NN.

Die *Cordillera Real* wird weitgehend aus metamorphen Gesteinen des Paläozoikums einschließlich Präkambriums gebildet. Die innerandine Senke und ihre Ränder weisen zudem tertiäre Schichten auf. Die Erhebungen und die Senke rund um die Stadt Loja in der südlichen Sierra bestehen aus Glimmerschiefern, Gneisen und Graniten. Es herrscht eine Wechsellagerung von Sandsteinen und Lutiten vor. Östlich von Loja, an den Hängen der *Cordillera de Zamora*, treten auch Phyllit- und Graphitschiefer auf (SAUER, 1971).

Im Untersuchungsgebiet liegt die Provinzhauptstadt Loja, die Stadt Loja, auf ca. 2000 m über NN im Andenhochland. Der Grossteil der Provinz Loja liegt westlich der Stadt in Richtung der Küste in einem Bereich, in dem sich die Westkordillere der Andenkette auflöst, und in Form von kleineren Küstenkordilleren den Pazifik erreicht. Etwa 20 km östlich der Stadt Loja trennt die *Cordillera Real* die beiden Provinzen Loja und Zamora-Chinchipe. Ab dem Passübergang in ca. 2700 m über NN fällt das Gebiet am Andenostabhang steil ab, und die ca. 80 km von der Stadt Loja entfernte Stadt Zamora, die Provinzhauptstadt Zamora-Chinchipes, liegt bereits auf ca. 900 m über NN. Der größte Teil der Provinz Zamora-Chinchipe liegt im Oriente und somit bereits im Einzugsgebiet des Amazonas.

Klima

Das Klima Ecuadors wird beeinflusst durch die abwechslungsreiche Topographie des Landes, die Konfiguration des südamerikanischen Kontinents und die warmen und kalten Meeresströmungen (Humboldt-Strom und Niño-Strom) (BENDIX & LAUER, 1992). Im Forschungsgebiet zeigt sich zudem ein weiterer Einfluss der Topographie: Die Jahresmitteltemperatur nimmt mit der Höhe zwischen 0,35 °C und 0,6°C pro 100 m Höhendifferenz ab, abhängig vom Feuchteregime der Andenhänge (LAUER & ERLBACH, 1978).

Durch die Depression der Westkordillere der Anden im Süden Ecuadors ergibt sich in der Provinz Loja ein klimatischer Übergangstyp zwischen dem Küstenklima (mit einem einzigen Niederschlagsmaximum im März) und dem Klima der andinen Hochebene (mit zwei Niederschlagsmaxima, im März und Oktober). Die Stadt Loja auf der Westseite der Cordillera Real erhält damit etwa 853 mm Niederschlag p. a. bei einer mittleren Jahrestemperatur von 15,6 °C (Messzeitraum 1974 – 1983, BUSSMANN, 1999). Auf der östlichen Seite der Cordillera Real ergeben sich auf etwa gleicher Höhenlage ein Jahresniederschlag von 2049,9 mm und eine Jahresmitteltemperatur von 15,6 °C (Messzeitraum 1998 – 2003, für ECSF, RICHTER, 2004) bei deutlich geringeren Schwankungen im Jahresverlauf. Das Regenmaximum im Juni / Juli wird hervorgerufen durch Steigungsregen des SE-Passats (BENDIX & LAUER, 1992).

Das Klimageschehen im Untersuchungsgebiet und in den beiden Regionen der Saatguternte wird in den entsprechenden Abschnitten (Kapitel 3.1 Infrastruktur für die Versuche, S. 12 und Kapitel 3.3 Erntegebiete, S. 30) beschrieben.

Vegetation

Die verschiedenen Klimate im Forschungsgebiet verursachen weitreichende Unterschiede in der potenziellen natürlichen Vegetation (PNV) dieser Region. Im Zusammenspiel mit den bodenkundlichen Unterschieden ergeben sich im Untersuchungsgebiet im Süden des Landes nach der vegetationskundlichen Karte Ecuadors von SIERRA (1999) die im Folgenden beschriebenen Vegetationstypen. Die Beschreibung erfolgt von West nach Ost, d.h. von der Provinz Loja aus über die Andenkordillere in die Provinz Zamora-Chinchipe.

Der Laubwerfende Halbtrockenwald (*Bosque Semideciduo y deciduo Piemontano*) nimmt weite Teile der Provinz Loja ein. Er charakterisiert sich durch Trockenheit ertragende Arten wie *Acacia pellacantha*, *Coultheria tinctoria* oder *Agave americana* (ACOSTA-SOLIS, 1961). Den Übergang zwischen Trocken- zu Feuchtwäldern an der Westkordillere der Anden bildet der Submontane Halbtrockenwald (*Bosque semideciduo montano bajo*). In Höhenlagen von 1100 – 1500 m über NN treten hier Arten wie *Tabebuia chrysantha*, *Cecropia litoralis*, *Pleurothium obovatum* und *Miconia denticulata* auf.

An der Ostkordilliere (*Cordillera Real*), in der Provinz Zamora-Chinchipe hinaufreichend, bildet in Höhenlagen bis 2800 m über NN der Bergnebelwald (*Bosque de neblina montano*) mit Arten wie *Podocarpus oleifolius*, *Ceroxylon parvifrons* und *Ocotea benthamiana* das natürliche Waldbild.

In Höhenlagen von 600 – 1300 m über NN auf der östlichen Seite der *Cordillera Real* mischen sich amazonische und andine Baumarten im Immergrünen Submontanen Wald (*Bosque siempreverde piemontano*). Hier kommen neben *Sauria*, *Brunellia* und *Weinmania* als Vertreter des andinen Vegetationstyps auch Vertreter der amazonischen Stufe wie *Dacryodes cupularis*, *Ocotea javitensis*, und *Vochysia ferruginea* vor.

In einigen Gebieten beherrscht der Immergrüne Tieflandregenwald (*Bosque siempreverde de tierras bajas*) in Höhenlagen zwischen 600 und 900 m über NN das Waldbild mit Baumarten wie *Terminalia oblonga*, *Sapium spec.* und in Sekundärwäldern auch *Dictyoloma peruviana*. Dieser Vegetationstyp wurde stark übernutzt und ein Großteil der Wälder in Weideland umgewandelt. Auf heutigen Weideflächen deuten nur einzeln stehende Bäume noch auf die frühere Existenz dieses Waldtyps hin.

Erste Einflüsse des Menschen auf die Anden-Vegetation entstanden bereits vor 10 000 Jahren, als die Indigenas die *Sierra Ecuatoriana* in Form von Ackerbau und Weidewirtschaft nutzten. Viel Waldfläche wurde gerodet, um sie für land- und weidewirtschaftliche Zwecke verfügbar zu machen. Trotz der zahlreichen Bevölkerung auf der andinen Hochebene und der intensiven Flächennutzung kam es aufgrund angepasster Systeme zu diesem Zeitpunkt aber nicht zu einem derart starken Druck auf die Natur wie heute. Mit der Kolonialherrschaft stieg die Nachfrage nach Holz schlagartig an, zum einen hervorgerufen durch die zahlreichere Bevölkerung, aber auch durch die bis dahin nicht gebräuchliche Bauweise der Wohnhäuser aus Holz sowie einem größeren Bedarf an Brennholz. Die Art der Bodennutzung der spanischen Kolonialherren, ohne das lokale Wissen zu respektieren, verursachte schließlich Erosion und Flächenverlust (HOFSTEDE et al., 1998).

2.1.2. Geschichte

Die ältesten Funde zur Existenz von Menschen in Ecuador werden der prähistorischen Epoche von 10.000 bis 3.500 v. Chr. zugeordnet. Im 12. Jahrhundert begann die Eroberung durch die Inka (ECUADORLINE, 2003). Kurz nachdem das Inka-Reich zerfallen war, begann im Jahr 1534 die Kolonialzeit unter spanischer Herrschaft. Nach deren Ende im Jahr 1821 bildete Ecuador zunächst einen Teil von Großkolumbien, wurde aber nach dessen Auflösung im Jahr 1830 zur Republik mit wechselnder Führung von Militärs, Konservativen und Liberalen (AUSWÄRTIGES AMT, 2003), in der auch die Kirche indirekt wechselnde Einflussmöglichkeiten besaß. Einige Staatsoberhäupter Ecuadors wurden Opfer von Attentaten und Militär-Putschs. Die Bemühungen seit 1979, das Land zu redemokratisieren, stellten sich vor allem in wirtschaftlich turbulenten Zeiten immer wieder als sehr ehrgeizige Ziele heraus.

Ein Erbe aus der Kolonialzeit ist für den lateinamerikanischen Agrarsektor die Verteilung des Bodenbesitzes. Kleine und Kleinst-Betriebe (Minifundien) traten sehr zahlreich auf, hatten aber nur einen kleinen Anteil an der gesamten bewirtschafteten Fläche, welche im Erbfall durch Realteilung oftmals noch weiter verkleinert wurde. Ihnen standen Latifundien (Großgrundbetriebe) gegenüber, die bis zu einem Drittel der landwirtschaftlichen Betriebsfläche umfaßten (bspw. vor der Landreform 1970 in Argentinien und Peru), und die durch das von den Spaniern eingeführte System der Haciendas geschützt wurden. Dieses System garantierte den Bodenbesitz und sicherte zudem die Bewirtschaftung durch die Arbeitskräfte (oft durch existenzielle Abhängigkeit). Durch Revolutionen

und Bodenreformen verschwand der traditionelle Typ der Hacienda aber aus weiten Teilen Lateinamerikas (WALDMANN, 2000).

2.1.3. Land und Leute

In Ecuador leben ca. 12,4 Mio. Menschen. Davon sind etwa 35% Indigenas, 45% Mestizen, 10% Weiße und 10% Afro-Ecuadorianer (AUSWÄRTIGES AMT, 2003). Die Wachstumsrate der Bevölkerung wird offiziell mit 1,8% für das Jahr 2002 angegeben (WORLD BANK, 2003). Der größte Teil der Einwohner, etwa 60%, lebt in den Städten (ECUADORLINE, 2003). Die jährliche Emigrationsbewegung ist groß. Ziele sind vor allem die USA und Spanien (AUSWÄRTIGES AMT, 2003).

Ecuador ist eine Republik mit Amtssprache Spanisch. In den ländlichen Gebieten leben aber weiterhin die Sprachen der indigenen Gruppen. 22 Provinzen unterteilen das Land in kleinere Verwaltungseinheiten, doch Ecuador wird trotz der in der Verfassung festgelegten föderalistischen Struktur weitgehend von den beiden Großstädten Quito und Guayaquil aus regiert (ECUADORLINE, 2003). Innenpolitisch die größten Probleme machen Ecuador derzeit vor allem die soziale Ungleichheit, die Finanzkrise, eine hohe Kriminalitätsrate, Rechtsunsicherheit, Korruption und die Bedeutung als Transitland für illegalen Drogenhandel (AUSWÄRTIGES AMT, 2003). Die Präsidentschaftswahl im Herbst 2002 ergab keine klaren Machtverhältnisse im ecuadorianischen Parlament und der seit Januar 2003 amtierende Präsident wird somit auf Kompromisse und Koalitionen angewiesen sein. Durch die Wahl wurden aber die Indigenas parlamentarisch gestärkt und ihre Mitsprachemöglichkeiten in der Politik haben sich verbessert (AUSWÄRTIGES AMT, 2003).

2.1.4. Wirtschaft

Die ecuadorianische Wirtschaftsstruktur ist weitgehend marktwirtschaftlich orientiert. Die Marktmechanismen werden jedoch u. a. von einigen Produktivitäts- und Wettbewerbsproblemen in ihrer Wirkung eingeschränkt. Die allgemeine Rechtsunsicherheit schreckt mögliche Investoren und Handelspartner oftmals zusätzlich ab (SCHIRM, 1999). Eine negative Handelsbilanz und vorwiegend der Export von Primärprodukten sind die Folge. Die wichtigsten Exportprodukte im Jahr 1999 waren Erdöl und -derivate (33%), Bananen (21%) und Garnelen (14%) (DSE, 2003).

Nach WORLD BANK (2003) gehört Ecuador zu den Lower-Middle-Income Countries, BMZ (2003) zählt Ecuador zu den Entwicklungsländern. In den Jahren 1998 - 2000 kam es durch eine Kombination der Auswirkungen des Klimaphänomens El Niño, der Asienkrise von 1997, dem Preisverfall des Erdöls (1998/1999) und auch Schwächen in der Wirtschaftsstruktur und -politik des Landes zu der schwersten Finanz- und Wirtschaftskrise Ecuadors seit 70 Jahren. Nach einer Inflationsrate von 91 % (im Jahr 2000, AUSWÄRTIGES AMT, 2003) folgten wirtschaftliche Veränderungen. Derzeit gilt als gesetzliches Zahlungsmittel ausschließlich der US-Dollar. Nach der großen Krise konnte sich die Wirtschaft nach und nach wieder erholen. Im Jahr 2002 betrug das BIP 24,4 Mrd. US\$ und wuchs damit um 3,3%. Das BIP-Pro-Kopf zu Marktpreisen lag im Jahr 2002 bei 1968 US\$ (AUSWÄRTIGES AMT, 2003).

Mit Abstand der wichtigste Politik- und Handelspartner Ecuadors sind die Vereinigten Staaten. Beziehungen zur Europäischen Union und ihren Mitgliedsstaaten sind für Ecuador nur von begrenzter Bedeutung, auch trotz der Markterleichterungen der EU zugunsten der Einfuhr von Agrarprodukten für bestimmte lateinamerikanische Länder. Als erdölförderndes Land ist Ecuador derzeit nicht Mitglied der OPEC, erwägt allerdings einen Beitritt. Es ist ebenfalls eine stärkere regionale Integration in die

Andengemeinschaft angestrebt. Auch die gesamtamerikanische Freihandelszone ALCA findet in Ecuador Befürworter. (AUSWÄRTIGES AMT, 2003)

2.2. Ecuadors Forstsektor

Das für forstliche Fragen zuständige Ministerium ist derzeit das *Ministerio del Medio Ambiente*, in das im Jahr 1999 die damals zuständige Behörde INEFAN (*Instituto Ecuatoriano Forestal y de Areas Naturales y Vida Silvestre*) aufgrund nationaler Umstrukturierung eingegliedert wurde.

2.2.1. Waldfläche und ihre Bewirtschaftung

Die Fläche Ecuadors wird nach der FAO-Klassifikation der Landflächen in die in Tabelle 2-1 beschriebenen Bodendeckungsarten eingeteilt (vgl. FAO, 2003).

Nach Tabelle 2-1 erstreckt sich die Waldfläche Ecuadors über etwa 40% der gesamten Landfläche. Der größte Teil davon liegt im Oriente östlich der Andenkette und somit bereits im Einzugsbereich des Amazonas. Die hier vorherrschenden Tiefland-Feucht-Regenwälder weisen eine hohe Anzahl an Arten pro km² auf. Als wirtschaftlich bedeutende Baumarten wachsen hier Balsa (*Ochroma lagopus*), *Cedrela fissillis*, und *Virola sp.* Entlang der Flussläufe treten auch gehäuft verschiedene Palmenarten auf. In der Costa, der Küstenregion westlich der Anden, nehmen im Norden des Landes in der Provinz Esmeraldas tropische Regenwälder mit Baumarten wie *Protium spp.* und *Dacryodes spp.* weite Gebiete der Großlandschaft ein. In der südlichen Costa dominieren Trockenwälder. In der Sierra, dem Andenhochland, säumen tropische Bergwälder beide Seiten der Andenkette (FAO, 2003).

gesamte Landfläche (in 1000 ha)						
Landfläche						Inländ. Wasserfläche
Waldfläche			sonst. bewaldetes Land		sonstige Fläche	
geschlossen	offen	Plantagen	Sträucher / Bäume	Brach liegend		
10.854	558	72	1.215	0	14.985	672
38,3 %	2,0 %	0,3 %	4,3 %	0,0 %	52,8 %	2,4 %

Tabelle 2-1 Landfläche Ecuadors (in 1000 ha): Einteilung nach FAO-Klassifikation

Quelle: FAO, 2003 (Daten aus dem Jahr 1992)

Etwa 17 % der Landfläche Ecuadors steht unter Schutz. Die Fläche verteilt sich auf mehr als 20 Nationalparks und Reservate. Das weltweit bekannteste Schutzgebiet Ecuadors sind die Galapagos-Inseln.

Trotz der umfangreichen Schutzgebiete ergibt sich nach der Schätzung der FAO über Waldfläche und deren Veränderung in Ecuador ein jährlicher Verlust der Waldfläche von ca. 1,2% von 1990 bis 2000. Das bedeutet einen jährlichen Waldverlust von ca. 137.000 ha in diesem Zeitraum. Im Vergleich mit anderen südamerikanischen Staaten ist die Entwaldungsrate damit überdurchschnittlich hoch. Die Anrainerstaaten Ecuadors (Kolumbien und Peru), erfuhren im gleichen Zeitraum beispielsweise nur einen Verlust von 0,38% bzw. 0,4% ihrer Waldfläche, und auch der Waldverlust Brasiliens liegt mit 0,41% genau im südamerikanischen Mittel (FAO, 2003).

Arten	Fläche	
	[ha]	[%]
<i>Eucalyptus</i>	81,000	48.5
Rubber	2,500	1.5
Other Broadleaved	15,000	9.0
<i>Pinus spp.</i>	66,800	40.0
Unspecified	1,700	1.0
Total	167,000	100.0

Tabelle 2-2: Aufforstungen in Ecuador, verwendete Baumarten
Quelle: FAO, 2003, verändert

Seit einigen Jahren wird versucht, dem Waldverlust gezielt entgegen zu wirken. Mit Aufforstungen soll einer weiteren Entwaldung vorgebeugt werden. Die errichteten Plantagen nehmen derzeit nur 0,3% der Landfläche Ecuadors ein. Etwa 90% dieser Plantagen befindet sich in der Sierra. Knapp 50% der Plantagen besteht aus *Eucalyptus spp.* (*E. globulus*, *E. saligna*). Weitere 40% nimmt die Gattung *Pinus* ein (*P. patula*, *P. radiata*). Unter anderem *Cordia alliodora*, *Ochroma lagopus*, *Cupressus lusitanica* bilden die restlichen ca. 10% (vgl. Tabelle 2-2, FAO, 2003 nach INEFAN 1996).

In letzter Zeit werden zunehmend Projekte gefördert, die die nachhaltige Nutzung der Holzressourcen attraktiver machen sollen. Hierbei werden verstärkt Kommunen, verschiedene Interessengruppen und einzelne Kleinbauern in die Planungsphase, Umsetzung und Überwachung ihrer dann eigenen Projekte einbezogen. Diese partizipativen Ansätze umfassen sowohl Argroforstwirtschaft und silvopastorile Systeme, aber auch die klassische Naturwaldbewirtschaftung, und haben die nachhaltige Nutzung von Holz und Nichtholzprodukten zum Ziel (HOFSTEDE et al., 1998).

Die wichtigsten Erzeugnisse der Holzindustrie Ecuadors sind Schnittholz und Holzwerkstoffe. Die Produktion ist jedoch weitgehend für den inländischen Markt bestimmt. Wie in der gesamtwirtschaftlichen Handelsbilanz herrscht auch im Holz-Sektor eine negative Handelsbilanz vor: im Jahr 1998 standen Exporten im Wert von 31.485.000 US\$ Importe im Wert von 83.767.000 US\$ gegenüber. Das wichtigste Importprodukt ist Zellstoff und Papier (FAO, 2003). Einige wichtige Nicht-Holzprodukte aus Ecuador sind Fasern, Bambus (*Bambusa gadua*), Latex, Gummi, Palmen-Produkte (Palmherzen und vegetales Elfenbein), Pilze und Medizinpflanzen (FAO, 2003).

2.2.2. Rechtliche Grundlagen für Bewirtschaftung und Aufforstung

Die Bedeutung der natürlichen Ressourcen ist in der Gesetzgebung Ecuadors bekannt und der Umgang mit ihnen u. a. im Forstrecht geregelt. Die Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen untersteht dem *Instituto Nacional Forestal de Areas Naturales y Vida Silvestre* (INEFAN), das im Jahr 1999 formal in das *Ministerio del Ambiente del Ecuador* eingegliedert wurde.

Das aktuell gültige und angewandte Forstrecht ist aus dem Jahr 1981. Eine Erneuerung und Aktualisierung des Gesetzes ist derzeit in Bearbeitung, doch die politische Umsetzung ist noch nicht vollzogen. In einigen Bereichen erfolgt derzeit eine detaillierte Ausarbeitung. Aus diesen sind die

- ***Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable del Ecuador***
(Strategie für die nachhaltige forstliche Entwicklung Ecuadors)
- ***Normativas para el Manejo de bosques naturales***
(Normen zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Naturwälder)
- ***Ley de Reforestacion de la Provincia de Loja***
(Gesetz der Wiederaufforstung der Provinz Loja)

hervorgegangen. Letzteres wurde im Jahr 2003 verabschiedet und ist nur gültig in der Provinz Loja. Die meisten der behandelten Themen sind hauptsächlich politischer Art (AGUIRRE, 2004).

In der aktuell gültigen Version des Forstrechts werden die forstlichen Pflanzungen im Abschnitt IV behandelt. Die Aufforstung von Gebieten mit forstlicher Eignung wird als obligatorisch angesehen und zum öffentlichen Interesse erklärt. Besondere Beachtung sollen hierbei die Fluss- und Bachläufe erfahren sowie besonders schützenswerte Gebiete (bspw. Gebiete mit geringer Bodenbedeckung oder Gebiete mit hohem Niederschlag). Das *Ministerio del Ambiente* unterstützt die Aufforstungen in beratender und durchführender Funktion, sowohl auf staatlichem Terrain wie auch auf Privatbesitz. Durch das Gesetz werden viele Arten von Kooperationen (natürlicher und juristischer Personen, Kommunen, Privatunternehmen, gesellschaftliche Gruppen) unterstützt, sowie die Hilfe durch das Militär und durch Studenten bei der Durchführung ermöglicht (LEY FORESTAL, CAPITULO IV, O. J.). Doch trotz der Tatsache, dass das Gesetz und der Staat die Aufforstungen fördern, gibt es seitens des Staates keine finanzielle Unterstützung. Will ein Landbesitzer sein Gebiet aufforsten, ist die konkrete Durchführung ihm überlassen (AGUIRRE, 2004).

Im Jahr 2003 begann auch die Erarbeitung eines Nationalplanes für die Aufforstung (*Plan nacional de reforestacion de Loja*). Es handelt sich hierbei um einen Plan für die kommenden 20 Jahre, in dem die Aufforstungen nach den Schwerpunkten kommerzielle Aufforstung, Aufforstung mit sozialen Aspekten (Agro-Forstwirtschaft) sowie zum Zweck der Wiederbewaldung von degradieren Flächen unterschieden werden (AGUIRRE, 2004). Dieser Plan ist zum derzeitigen Zeitpunkt jedoch noch nicht in Kraft getreten.

Die Neuerungen, die in der *Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable del Ecuador* enthalten sind, zielen in erster Linie auf

- die Dezentralisierung der Funktionen der staatlichen Forstverwaltung,
- der verstärkten Einbindung von Akteuren der Zivilgesellschaft sowie
- einem guten Management der natürlichen Ressourcen, das zu großen Teilen abhängt von der Umsetzung konkreter Maßnahmen der Förderung vor der Kontrolle und der Unterschutzstellung der Gebiete.

Als hierzu entscheidende Ziele der nationalen Forstpolitik werden ein Stop des Naturwaldverlustes genannt, der Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder, die in geschützten Gebieten existieren (einschließlich der Schaffung von Nutzungsalternativen), der Restauration der unbewaldeten Gebiete, die für die Forstwirtschaft geeignet sind, sowie die Sicherung der Partizipation der ländlichen Bevölkerung.

Um diese Ziele zu erreichen, werden sowohl institutionelle Reformen als auch neue, einfache und transparente Rahmenbedingungen als notwendig erachtet. Weitere unausweichliche Änderungen müssen in den Bereichen Wertschätzung der Naturwälder und Pflanzungen, verstärkter Mitwirkung der Bevölkerung sowie eine Überarbeitung der finanziellen Förderungsmöglichkeiten stattfinden (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2000).

3. Material und Methoden

3.1. Infrastruktur für die Versuche

Die Versuche zu Keimung und Pflanzenanzucht wurden im Zeitraum von Juni 2002 bis August 2003 in der Baumschule des Aufforstungsprojektes durchgeführt. Die Baumschule wurde in Loja auf dem Gelände des Projekt-Kooperationspartners *Universidad Nacional de Loja* (UNL) aufgebaut und ist seit Juni 2002 einsatzbereit.

3.1.1. Baumschule

Die Baumschule besteht aus drei Einheiten: Einem Gewächshaus mit automatischer Sprühnebelanlage für Untersuchungen in der Keimungsphase der Pflanzen, einer Schattieranlage v. a. für die Phase nach der Verschulung der Sämlinge in die Container, und einer Freilandanlage zur Abhärtung der Pflanzen und Anpassung an Freilandbedingungen. Durch die räumliche Unterteilung der verschiedenen Anzuchtphasen konnten die in jeder Phase optimalen Anzuchtbedingungen eingestellt werden: im Gewächshaus der bessere Schutz der Keimlinge, in der Schattieranlage die Sicherstellung des natürlichen Klimas in Kombination mit der Möglichkeit, unterschiedliche Beschattungsintensitäten zu erreichen, und in der Freilandanlage die Abhärtung der Pflanzen und so die Vorbereitung auf die Pflanzung. Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2 bieten einen Überblick über die Baumschule, ihre Entstehung, und die Anordnung ihrer verschiedenen Bereiche.

3.1.2. Substrate

Für die Baumschularbeiten wurde ein Standardsubstrat für die Pflanzenanzucht definiert. Dieses wurde im Verhältnis 3:2 aus gesiebter Erde aus dem umliegenden Gelände der Baumschule und einer Beimengung von Kompost aus der städtischen Baumschule in Loja (*Vivero Municipal*) gemischt. Einen detaillierten Überblick über die Eigenschaften aller getesteten Substratvarianten gibt Tabelle 3-1. Die Analysen wurden von der AG MAKESCHIN, der bodenkundlich arbeitenden Arbeitsgruppe in der DFG-Forschergruppe durchgeführt.

Die Substrat-Varianten W, C, bzw. S bestehen aus Mischungen des Baumschul-Standard-Substrats (BS) mit Kompost (C), Walderde (W) bzw. Sand (S) im Verhältnis 1:1. Das sandige Substrat (s), verwendet im Anzuchtversuch, wurde aus gesiebter Erde und Sand im Verhältnis 1:1 gemischt, und dieses dann im Verhältnis 3:2 mit Kompost aus der Städtischen Baumschule in Loja gemischt.

Substrat	Code	pH (Wasser)	zitronensäure lösl. P (mg/100g)	N%	Na (µeq/g)	Mg (µeq/g)	Ca (µeq/g)	K (µeq/g)	KAKe (µeq/g)
Baumschul- Standard-Substrat	BS	7,8	109,8	0,246	30,64	69,55	376,67	122,08	600,2
Walderde-Substrat	W	7,1	84,1	0,273	42,52	76,57	361,63	146,02	628,3
Kompost-Substrat	C	9,2	209,0	0,428	81,73	111,79	472,28	255,10	922,3
Sand-Substrat	S	8,0	39,9	0,095	11,34	30,16	189,66	52,20	284,3
Sandiges Substrat	s	8,6	84,1	0,142	23,14	53,28	269,88	92,13	439,1

Tabelle 3-1: Eigenschaften der getesteten Substrate (AG MAKESCHIN, 2004, KAK = Kationenaustauschkapazität)



Abbildung 3-1: Projektbaumschule in Loja: Aufbau und Baumschulbetrieb (oben links: Gewächshaus im Rohbau, oben rechts: Datenerhebung im Gewächshaus, unten links: Anzuchtbeete in der Schattieranlage, unten rechts: Saat in der Baumschule)

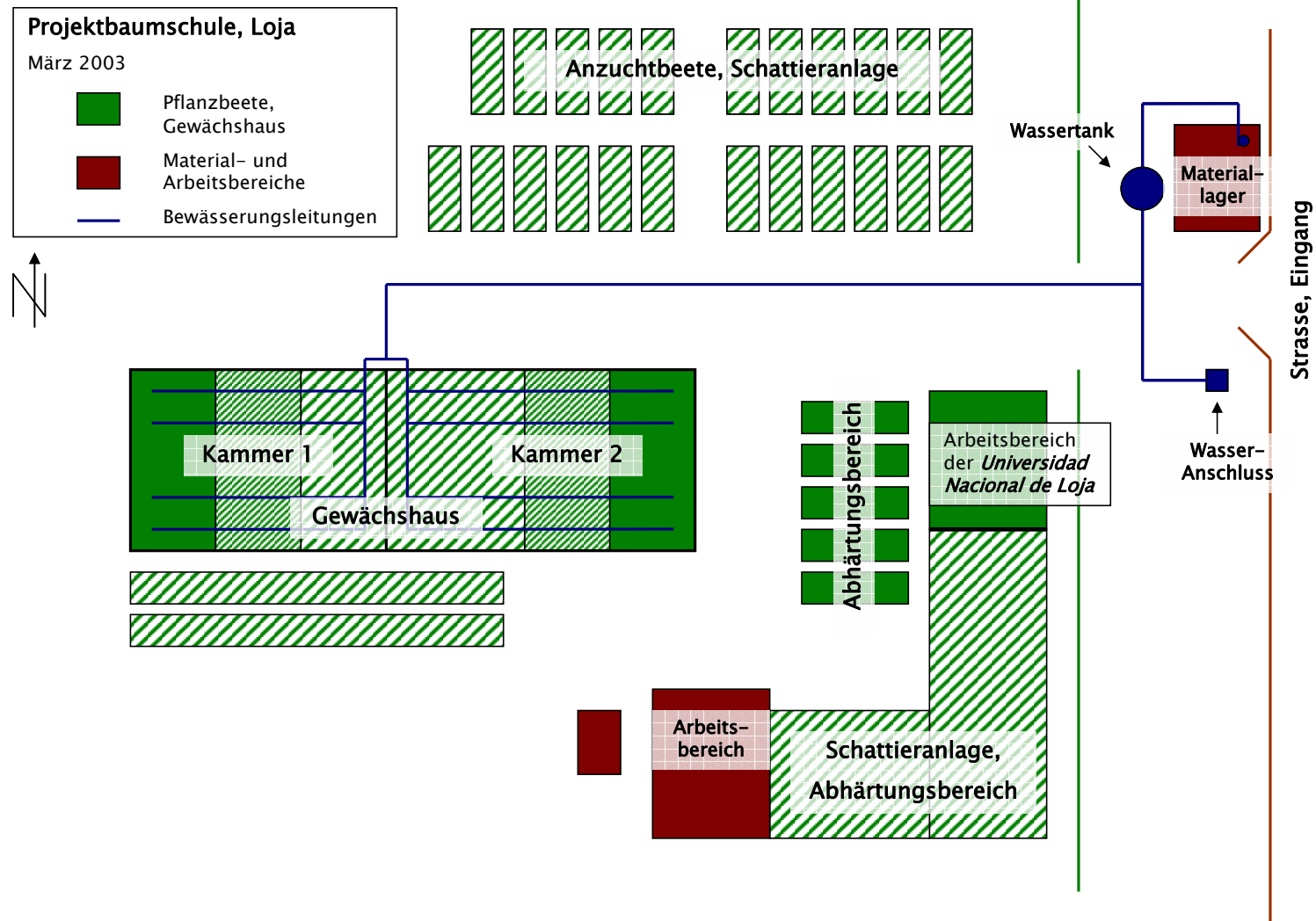


Abbildung 3-2: Projektbaumschule in Loja: Übersichtsskizze, März 2003, nicht maßstabsgetreu, schraffiert sind verschiedene Bereiche der Schattierung, je intensiver die Schraffierung, desto dunkler die Schattierung

Im Anzuchtversuch wurde auch ein Substrattyp mit Düngung getestet. Dieser setzte sich zusammen aus dem Standard-Substrat, das zusätzlich gedüngt wurde. Die Zusammensetzung der Flüssigdüngung ist im Abschnitt 3.1.5 Bewässerung (S. 16) beschrieben.

Das Substrat mit Walderde für den Anzuchtversuch basierte ebenfalls auf dem Standard-Substrat. Beim Pikieren erhielten die Pflanzen jedoch im Pflanzloch im Bereich des Wurzelballens wie auch auf der Substratoberfläche in den Foliencontainern Zugabe von Walderde. Der Grund für diese Zusammensetzung des Walderde-Versuchssubstrats lag in der organisatorischen Erleichterung in der Baumschule. Besonders während sehr arbeitsintensiven Zeiten waren das Mischen eines zusätzlichen Substrates sowie die anschließend erforderliche räumliche Trennung der Substrate sehr aufwändig. Den Hintergrund für den Test dieses Substrats bildete die Zugabe von Walderde für eine schnelle Inokulation des Substrates mit Mykorrhiza. Aufgrund der inhomogenen Mischung dieses Substrattyps war eine eigene Substratanalyse nicht sinnvoll.

Um das Substrat von möglichen Schaderregern und Unkrautsamen, die für Samen und Keimlinge potenzielle Konkurrenten und Infektionsquellen darstellten, zu befreien, wurde das Substratgemisch über Wasserdampf über einen Zeitraum von etwa 20 Minuten auf mind. 60 °C erhitzt. Erst nach der so genannten Bodenentseuchung wurde es für die Keimbeete und die Container zur Verschulung verwendet.

3.1.3. Anzuchtbehälter

Für die Keimung und die Anzucht der Pflanzen wurden die folgenden Behälter verwendet:

Pikiergefäße

Für die Keimung des Saatgutes und die Anzucht der Sämlinge wurden Pikiergefäße verwendet, die lokal üblich zur Anzucht von Kiefern-Sämlingen sind. Die *conos* (span. Bezeichnung der Pikiergefäße) haben einen Durchmesser von etwa 2,5 cm und eine Tiefe von etwa 10 cm (vgl. Abbildung 3-3). Von den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Baumarten wurden sie im Keimversuch nur für die Art *Cedrela montana* verwendet. Außerhalb der Keimversuchsreihe der vorliegenden Arbeit fanden sie jedoch auch Anwendung in der Keimphase anderer Arten.



Abbildung 3-3: Pikiergefäße (hier mit Keimlingen von *Myrica pubescens*)

Styroporschalen

Um den Platzbedarf des Keimversuches zu reduzieren, wurden bei Baumarten mit kleinen Samen für die Keimversuche Styroporschalen von einer Größe von 8¼" x 8¼" (ca. 21 x 21 cm) verwendet (vgl. Abbildung 3-4).



Abbildung 3-4: Anzuchtschalen

Foliencontainer

Die Anzucht der pikierten Pflanzen erfolgte in Foliencontainern, die lokal üblich für die Pflanzenanzucht in Baumschulen verwendet werden. Sie haben eine Größe 10,4 x 15,3 cm bzw. 10,2 x 17,5 cm (Abmessungen in ungefülltem Zustand, vgl. Abbildung 3-5)



Abbildung 3-5: Foliencontainer (hier mit *Clethra revoluta*)

3.1.4. Schattierung

Um verschiedene Beschattungsintensitäten zu erreichen, wurden sowohl im Gewächshaus als auch in der Schattieranlage die im kommerziellen Baumschulbetrieb üblichen Schattenmatten verwendet. Für die verschiedenen Intensitäten der Schattierung wurden jeweils mehrere Lagen der Schattenmatten übereinander gespannt. Die Messungen der Lichtintensitäten erfolgten mit PAR-Sensoren als relative Beleuchtungsintensität im Vergleich zu einem Freilandwert. Sie wurden an bedeckten Tagen im Februar 2003 im Gewächshaus und im August 2003 in der Schattieranlage an mehreren Stellen der Versuchsaufstellung durchgeführt. Einen Überblick über die relativen Beleuchtungsintensitäten der Keimungs- und Anzuchtversuche im Gewächshaus und in der Schattieranlage gibt Tabelle 3-2. Die Werte geben die relative Beleuchtungsintensität (gerundet) im Vergleich zu einem Freilandwert an. Im Folgenden wird aufgrund der besseren Verständlichkeit und Übersichtlichkeit die getestete Beleuchtungsintensität auch Lichtintensität oder als Versuchsfaktor auch als „Faktor Licht“ bezeichnet.

Getestete Beleuchtungsintensitäten	L1	L2	L3
Gewächshaus (Keimversuch)	65 % (ohne Schattenmatte)	40 % (eine Schattenmatte)	15% (drei Schattenmatten)
Schattieranlage (Anzuchtversuch)	70 % (eine Schattenmatte)	65 % (zwei Schattenmatten)	40% (drei Schattenmatten)

Tabelle 3-2: Getestete Beleuchtungsintensitäten in den Versuchen

3.1.5. Bewässerung

Die Bewässerung der Versuchseinheiten im Gewächshaus erfolgte durch eine Nebelungsanlage, die in beiden Kammern des Gewächshauses installiert wurde. Zu Beginn der Forschungsarbeiten musste sie zunächst räumlich angepasst werden, so dass im regulären Anzuchtbetrieb eine gleichmäßige und einheitliche Nebelung der Versuchseinheiten erreicht werden konnte. Das Bewässerungssystem ist im Übersichtsplan der Baumschule eingezeichnet (Abbildung 3-2). Bewässert wurde während des Anzuchtbetriebs zweimal pro Tag in beiden Kammern des Gewächshauses, jeweils um 6:00 morgens und um 18:00 abends. Die Beregnungszeiten und –dauer konnten mit Hilfe einer automatischen Steuerung programmiert werden. Tabelle 3-3 gibt einen Überblick über Richtwerte der Wasserqualität des Gießwassers im Gewächshaus¹.

¹ Durchführung der Analysen: Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt, Department für Ökologie, WZW, TU München

	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Cl	NO ₃	PO ₄	SO ₄	pH
	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	
Gießwasser	0,047	3,876	0,075	0,363	0,339	1,634	1,82	1,10	-	3,9	5,3
Flüssigdüngung	0,114	9,435	1,089	111,77	1,942	15,33	33,14	10,66	14,60	12,98	6,9

Tabelle 3-3: Wasserqualität des Gießwassers, Analysen als Richtwerte aus jeweils einer Probe (ca. 0,5 l)

Die Bewässerung in der Freiland- und Schattieranlage der Baumschule erfolgte zu keinen festen Zeiten und Mengen. Die Pflanzen standen im Freiland unter Schattenmatten, die zwar die Strahlung reduzierte, Feuchtigkeit und Regen jedoch nicht abfiel. Somit wurde ein geschütztes, jedoch weitgehend natürliches Klima erreicht. Um eine sinnvolle Anzucht der Pflanzen zu gestalten, wurden die Pflanzen gegossen, wenn das Substrat zu trocken war.

Der Anzuchtversuch beinhaltete eine Gießvariante mit selbst hergestelltem Flüssigdünger. Dazu wurde Humus aus der städtischen Baumschule Loja und Wasser im Verhältnis 1:10 gemischt und ca. 14 Tage stehen gelassen. In regelmäßigen Abständen wurde die Mischung anschließend dem Gießwasser der jeweiligen Pflanzen beigemischt. Richtwerte der Nährstoffkonzentrationen der so entstandenen Düngung sind ebenfalls der Tabelle 3-3 zu entnehmen.

3.1.6. Klima im Gewächshaus

In beiden Kammern des Gewächshauses wurden Thermometer und Hygrometer installiert, die zweimal täglich abgelesen wurden und neben der aktuellen Temperatur auch die Luftfeuchte angaben. In den beiden Kammern des Gewächshauses ergab sich die Mikroklimasituation in Abbildung 3-6. Ein Vergleich des Mikroklimas im Gewächshaus mit dem Klima außerhalb des Gewächshauses ergab bei einer Messreihe im August 2002 die Werte in Abbildung 3-7.

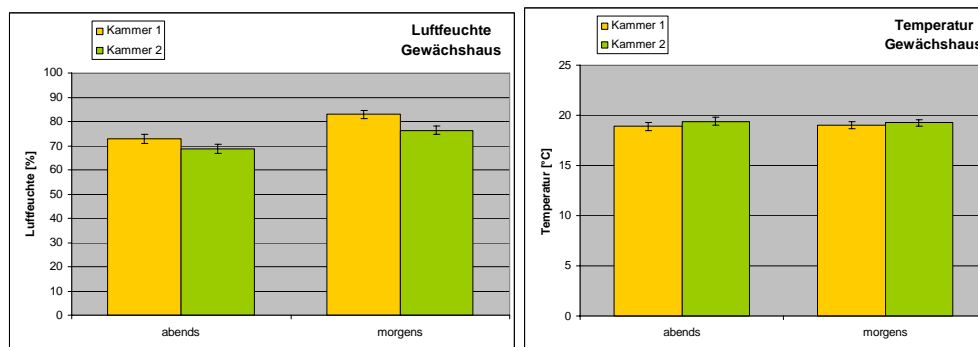


Abbildung 3-6: Mikroklima im Gewächshaus morgens (8:00 – 10:00) und abends (15:30 – 18:30) in beiden Kammern des Gewächshauses (Messzeitraum November 2002 – März 2003; eingehende Messwerte: 43 (abends) bzw. 56 (morgens))

Die Luftfeuchte lag in Kammer 1 in beiden Tageszeiträumen geringfügig höher als in Kammer 2, während in Kammer 2 höhere Temperaturwerte gemessen wurden (Abbildung 3-6). Die Luftfeuchte lag morgens um ca. 10% höher als abends. Die Temperaturschwankungen im Tagesverlauf betragen etwa 10 °C. Hinsichtlich der Luftfeuchte ergaben sich im Gewächshaus Werte von etwa 110% der Freilandwerte, wobei die Unterschiede zwischen den Kammern morgens größer waren als abends (Abbildung 3-7). Die Temperatur im Gewächshaus entsprach abends etwa den Freilandwerten.

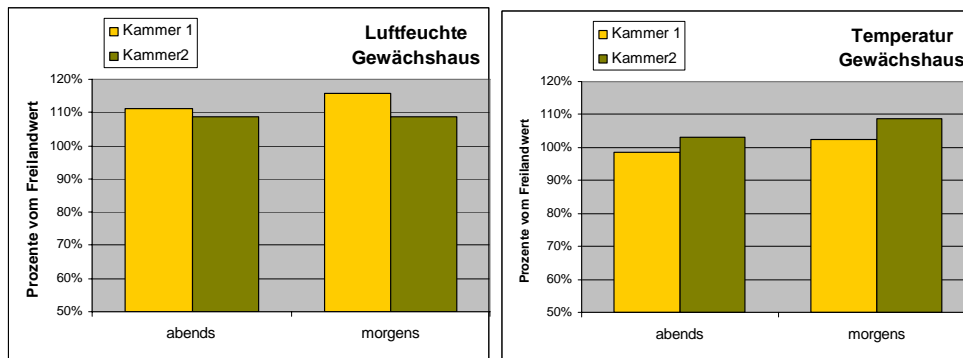


Abbildung 3-7: Temperatur und Luftfeuchte in beiden Kammern des Gewächshauses im Vergleich zu den Freilandwerten (Messzeitraum 5 Tage, August 2002)

3.1.7. Klima in Loja

Während der Anzuchtphase befanden sich die Pflanzen nicht im Gewächshaus, sondern in der Schattieranlage in der Baumschule und somit zwar in einer geschützten Umgebung, jedoch dem natürlichen Klima ausgesetzt. Die Stadt Loja liegt in einer Höhenlage von 2.135 m über NN (UNL, 2004). Es herrscht eine mittlere Temperatur von 15,3 °C sowie eine relative Feuchte von 74,6% vor (UNL, 2004). Unter diesen Klimabedingungen wurden die Pflanzen sowohl zu Versuchszwecken als auch für die Aufforstung angezogen.

3.2. Ausgewählte Baumarten

Die Auswahl der untersuchten nativen Baumarten richtete sich nach ihrer derzeitigen wirtschaftlichen Bedeutung (beispielsweise ihrer Wertschätzung auf dem Holzmarkt, vgl. LEISCHNER, 2000), der Möglichkeit der Bodenverbesserung (z.B. ihrer Fähigkeit zur Stickstoff-Fixierung), der Fähigkeit einer schnellen Besiedelung und somit einem schnellen Erosionsschutz und ökosystemaren Aspekten (bspw. Besiedelung von gestörten Flächen oder Tierverbreitung). Keine der Baumarten erfüllt alle der erwähnten Aspekte. Die Auswahl der Baumarten richtete sich nach der möglichst vollständigen Kombination der verschiedenen Kriterien. Tabelle 3-4 gibt einen Überblick über die für die Aufforstung ausgewählten nativen Baumarten und den Grund ihrer Auswahl.

Baumart	lokaler Name	Holz-nutzung	Art-erhaltung	Ökosyst. Kriterien
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso			X
<i>Cedrela montana</i>	Cedro	X		
<i>Cinchona officinalis</i>	Cascarilla		X	
<i>Clethra revoluta</i>	Almizcle			X
<i>Cupania sp.</i>	-			X
<i>Heliocarpus americanus</i>	Balsa americanus			X
<i>Isertia alba</i>	-			X
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	X		
<i>Myrica pubescens</i>	Laurel de cera			X
<i>Piptocoma discolor</i>	Tunash	X		
<i>Podocarpus oleifolius</i>	Romerillo	X	X	X
<i>Prumnopitys montana</i>	Romerillo	X	X	X
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Guayacan	X		
<i>Vismia tomentosa</i>	-			X

Tabelle 3-4: Für das Aufforstungsexperiment ausgewählte native Baumarten und ihr möglicher Verwendungszweck (Quelle: LEISCHNER et al., 2004, verändert)

Aus diesen Baumarten wurden einige für weiterführende Keim- und Anzuchtversuche ausgewählt. Die Auswahl hierfür richtete sich hauptsächlich nach der Verfügbarkeit einer ausreichenden Menge an Saatgut für die vorgesehenen Versuche. In den Keim- und Anzuchtversuchen sind die in Tabelle 3-5 aufgeführten Baumarten enthalten. Im Folgenden werden die in Tabelle 3-5 erwähnten Baumarten beschrieben.

Baumart	lokaler Name	Keim- versuch	Anzucht- versuch	Nebenversuche und Beschreibungen	Stecklings- vermehrung
<i>Cedrela montana</i>	Cedro	X	X	X	
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	X			
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Guayacan	X	X		
<i>Piptocomia discolor</i>	Tunash		X	X	
<i>Myrica pubescens</i>	Laurel de cera		X	X	
<i>Vismia tomentosa</i>	-			X	
<i>Cinchona officinalis</i>	Cascarilla	X			
<i>Clethra revoluta</i>	Almizcle	X			
<i>Heliocarpus americanus</i>	Balsa americanus			X	
<i>Prumnopitys montana</i>	Romerillo			X	
<i>Podocarpus oleifolius</i>	Romerillo				X
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal			X	

Tabelle 3-5: Ausgewählte native Baumarten in den Anzuchtexperimenten

3.2.1. *Cedrela montana* Turcz. (1858)^{2, 3}

Familie: MELIACEAE

Synonyme: *Cedrela bogotensis* Triana & Planchón

Cedrela mexicana Roem

Cedrela subandina cuatrecasa

Surenus montana Kuntze

Trivialnamen: Cedro, cedro de montana, cedro de tierra fría, cedro negro, cedro rosado

Vorkommen und Aussehen

Cedrela montana wächst in Höhenlagen zwischen 1600 und 2800 m über NN in Gebieten mit 10 bis 20 °C Durchschnittstemperatur und 500 – 2000 mm mittlerer Jahresniederschlag. In den Waldformen des Vorgebirgs-Trockenwaldes (*Pre-Mountainous dry forest*), Vorgebirgs-Feuchtwaldes (*Pre-Mountainous wet forest*) und des unteren Bergfeuchtwaldes (*low mountains wet forest*) ist ein Auftreten von *Cedrela montana* besonders häufig. Optimale Wachstumsbedingungen bieten fruchtbare, gut drainierte Böden sandiger Textur und einem pH-Wert im neutralen oder alkalischen Bereich (NIETO & RODRIGUEZ, 2002).

Der Baum erreicht Höhen von 25 – 30 m und einen BHD (Brusthöhendurchmesser) von etwa 30 cm. Cedro besitzt eine rissige, weiche Rinde an einem meist geraden Schaft. Die Blätter Cedros sind gefiedert, ganzrandig und alternieren.

² Die wissenschaftlichen Namen der Arten (ohne Synonyme) und die Familien folgen den Bezeichnungen in ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW (2002) und W3TROPICOS, MISSOURI BOTANICAL GARDEN (2005), Jahreszahlen der Benennung aus MISSOURI BOTANICAL GARDEN (2005). Zur Charakterisierung der Arten (mit Synonymen) dienten CATIE (1997, 1999), CRESPO (2001), ECOPAR (1993), ECOPAR (2001), GUERRERO & LOPEZ (1993), LAMPRECHT (1986), LEISCHNER (2000), LOJAN (1992), LOJAN IDROBO (2003), MARÍN (1994), MARIN VELEZ (1998), MERKL (2000), MISSOURI BOTANICAL GARDEN (2005), ROMERO (1996), ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW (2002), VOZZO (2002) und FUNDACION NATURA (O.J.).

³ Nach MISSOURI BOTANICAL GARDEN (2005): *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

Nutzungsmöglichkeiten

Die Farbe, Körnung, Härte, Haltbarkeit und gute Bearbeitbarkeit machen das Holz sehr wertvoll für Schreinereien. Es findet vielfache Verwendungsmöglichkeiten im Möbelbau, für Innen- und Außenarbeiten und Zigarrenkisten. Verwendet wird es ebenfalls in der Sperrholzherstellung, für Wasserkonstruktionen, Rennboote, Musikinstrumente, aber auch oft für Kunstschnitzereien (LEISCHNER, 2000, NIETO & RODRIGUEZ, 2002).

Bei Pflanzungen auf wenig fruchtbaren oder tonigen Böden wird nicht das volle Wachstumspotenzial erreicht. Der optimale Pflanzabstand hängt ab vom verfolgten Ziel. Aufgrund der Anfälligkeit für Attacken des Triebbohrers (*Hypsipyla grandella* (in Amerika), LAMPRECHT, 1986) sind homogene Pflanzungen mit engen Pflanzabständen nicht vorteilhaft. Erfolgsversprechender sind entweder Mischungen mit landwirtschaftlichen Kulturen oder Gräsern oder weite Abstände zwischen den Pflanzen: für forstliche Ziele Abstände zwischen 8 - 15 m, als Schattenbäume für landwirtschaftliche Kulturen 13 – 20 m (NIETO & RODRIGUEZ, 2002).

3.2.2. *Alnus acuminata* Kunth (1817)

Familie:	BETULACEAE
Synonyme:	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth in H.B.K. <i>Alnus jorullensis</i> var. <i>acuminata</i> Kuntze <i>Alnus arguta</i> (Schlecht) Spach <i>Alnus ferruginea</i> HBK <i>Alnus mirbellii</i> Spach
Trivialnamen:	Aliso, Aile, Cerezo, Jaúl, Jaulillo, Palo de lana, Saino

Vorkommen und Aussehen

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Art umfasst Mexiko bis Peru, Bolivien und Argentinien. Die Art wird häufig in Plantagenwirtschaft genutzt, ist aber auch in agroforstlicher Nutzung bekannt, z.B. auf Weiden mit *Axonopus scoparius* und *Pennisetum clandestinum*. Aliso wurde aber auch in anderen Gebieten erfolgreich eingeführt, so z. B. im südlichen Chile und Neuseeland (FOURNIER, 2002).

Nach FOURNIER (2002, nach CATIE, 1986) können drei Subspezies mit unterschiedlichem Verbreitungsgebiet unterschieden werden:

- *Alnus acuminata* subsp. *acuminata*, deren natürliches Verbreitungsgebiet im gesamten Südamerika liegt. Die Blätter der Baumart sind elliptisch, behaart und mit gezähnten Rändern.
- *Alnus acuminata* subsp. *arguta* (Schlecht.) Furlow, mit Vorkommen in Mexiko und Zentralamerika. Die Blätter dieser Subspezies sind oval und geringfügig doppelt gezähnt.
- *Alnus acuminata* subsp. *glabrata* (Fern) Furlow, deren natürliches Verbreitungsgebiet auf das zentrale und südliche Mexiko beschränkt ist. Hier sind die Blätter schmal eiförmig, kahl und doppelt gezähnt.

Alnus acuminata ist eine Pionierbaumart und erreicht bei hoher Luftfeuchte und gut drainierten Böden optimales Wachstum. Besonders geeignet ist die Baumart als Vorbau in Erosionshängen und in Wassereinzugsgebieten höherer Lagen (LAMPRECHT, 1986). Es können Höhenlagen von 1300 – 3000 m

Abbildung 3-8: *Alnus acuminata*

über NN und Gebiete mit 1500 – 3000 mm jährlicher Niederschlagsmenge besiedelt werden, in denen Jahresmitteltemperaturen von 16 – 18°C erreicht werden (FOURNIER, 2002). Über kurze Zeiträume können auch Minusgrade überlebt werden.

Nach ROMERO (1996) kommt *Alnus acuminata* in Ecuador in den Waldgesellschaften des Vorgebirgs-Feuchtwaldes (*Bosque humedo pre-montano*), des unteren Bergtrockenwaldes (*Bosque seco montano bajo*), der Bergfeuchtwälder (*Bosque humedo montano bajo*,

Bosque muy humedo montano bajo, *Bosque humedo montano*) und der Bergsteppe (*Estepa Montano*) natürlich vor. Hier werden Höhenlagen von 800 – 3450 m über NN besiedelt.

Als schnell wachsende, laubwerfende Baumart erreicht *Alnus acuminata* Höhen von 25 m und einen BHD von 50 – 60 cm. Die Art besitzt einen zumeist geradschaftigen Stamm mit graubrauner Rinde, der oft an der Stammbasis leicht verdickt ist. Die Zweige sind kahl und die spitz zulaufenden, gezähnten Blätter besitzen Längen von 5 – 17 cm und Breiten von 3 – 7 cm. Die Sekundärnerven sind gut sichtbar und verlaufen in der Regel parallel (FOURNIER, 2002).

Durch die Symbiose mit *Actinomices allenii* ist Aliso in der Lage, den Luftstickstoff zu binden und auch eine Besiedelung von degradierten Standorten zu erreichen. Zudem ist die Bildung von Mykorrhiza mit dem Symbiont *Alnicola sp.* möglich (FOURNIER, 2002).

Nutzungsmöglichkeiten

Mit einer Raumdichte von 0,36 - 0,41 g / cm³ wird das Holz von Aliso als mäßig leicht bezeichnet. Es trocknet schnell und schadfrei und besitzt dann in trockenem Zustand einen rötlich gelben und glänzenden Splint und Kern. Durch die gute Bearbeitbarkeit und Beständigkeit des Holzes (außer in wetterexponierten Bereichen) findet es die größten Verwendungsmöglichkeiten in der Herstellung von Möbeln, Fensterteilen, Türen, Furnieren, Papierzellstoff, Kisten, Bleistiften, Zündhölzern und Musikinstrumenten. Ebenfalls weit verbreitet ist die Verwendung als Feuerholz (FOURNIER, 2002).

3.2.3. *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson (1987)

Familie: BIGNONIACEAE

Synonyme: *Bignonia chrysantha* Jacq.

Tecoma chrysantha (Jacq.)

Tecoma ecuadorensis Standl.

Trivialnamen: Guayacan, Madera negra, guayacan pechiche, nyahuaijia (shuar)

Vorkommen und Aussehen



Abbildung 3-9: *Tabebuia chrysantha*

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Art umfasst das tropische Amerika bis Kolumbien und Venezuela, in Höhenlagen von 0 – 3000 m über NN. In diesen Gebieten bestimmen die Vegetationsgesellschaften des Tropischen Trockenwaldes (*bosque seco tropical*) und des Tropischen Feuchtwaldes (*bosque humedo tropical*) das Waldbild (FUNDACION NATURA, O. J.). Guayacan benötigt durchschnittliche Jahresniederschläge von 1500 – 3000 mm und eine Jahresmitteltemperatur zwischen 18 – 23 °C, besitzt aber bezüglich der Böden keine besonderen Ansprüche (CATIE, 1997). Die Art kommt vor im Sekundär- wie auch im Primärwald (FUNDACION NATURA, O. J.).

Der Baum erreicht Höhen bis 35 m und einen BHD von 60 cm (CATIE, 1997). Die grau bis dunkelbraune Rinde ist rau und vertikal rissig. Die zusammengesetzten Blätter bestehen aus fünf länglichen, ganzrandigen Teilblättern, die etwa 5 – 25 cm lang und etwa 8 - 20 cm breit sind (CATIE, 1997).

Nutzungsmöglichkeiten

Nach CATIE (1997) ist das Holz Guayacans eines der dauerhaftesten und schwersten neotropischen Hölzer. Es besitzt ein spezifisches Gewicht von 0,95 – 1,25 g / cm³. Das Holz besitzt einen unregelmäßigen Glanz, braun-oliv-farbenen Kern und einen gelblich rosa farbenen weichen Splint.

Durch die Härte des Holzes fällt die Bearbeitung schwer, allerdings ist das Holz auch sehr dauerhaft, z. B. gegen Termiten oder Salzwasser. Verwendung findet es in der Möbelherstellung, in Böden, als Konstruktionsholz, Leitersprossen, in der Schreinerei und im Kunsthandwerk.

Nach GUERRERO & LOPEZ (1993) besitzt *Tabebuia chrysantha* ein langsames Wachstum. In offenen, geschützten Bereichen ist die Naturverjüngung reichlich, in Gebieten mit Weidenutzung jedoch fast nicht vorhanden.

3.2.4. *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski (1996)

Familie:	ASTERACEAE
Synonyme:	<i>Pollalesta discolor</i> (Kunth) Aristeguieta <i>Dialesta discolor</i> Kunth <i>Oliganthes discolor</i> (Kunth) Pruski
Trivialnamen:	Tunash

Vorkommen und Aussehen

Piptocoma discolor besiedelt Höhenlagen von 0 – 2000 m über NN. In Ecuador kommt die Art in diesen Höhenlagen in allen drei Großlandschaften Sierra, Costa und Oriente vor.

Der Baum erreicht Höhen bis 25 m. Die elliptisch-lanzettlichen Blätter sind alternierend, einfach,



Abbildung 3-10: *Piptocoma discolor*

ganzrandig und besitzen eine dichte graue Behaarung auf der Unterseite. Die Blattstiele können von 5 bis 25 cm reichen. Die Blüten stehen in Infloreszenzen von 5 bis 15 cm Länge mit zwei Blüten in den Kelchen (CRESPO, 2001, nach GENTRY, 1992 und VASQUEZ, 1997).

Die Art ist als Pionierart bekannt, besiedelt lichtreiche Standorte und ist zur Entwicklung auch auf armen Böden fähig. *Piptocoma* ist daher häufig in Sekundärwäldern und Waldgebieten mit starken Eingriffen anzutreffen (CRESPO, 2001 (nach JORGENSEN & LÉON-YÁNEZ, 2000); DAVIDSON et al., 1998).

Nutzungsmöglichkeiten

Durch die Geradschaftigkeit und die gute Volumenentwicklung bietet sich die Baumart zur Holznutzung an. Weitreichende Verwendung findet das Holz als Bauholz, für Pfosten und Verschläge, aber auch als Feuerholz. *Piptocoma discolor* wird zudem als Schirmholz für Kaffeeplantagen verwendet (DAVIDSON et al., 1998).

3.2.5. *Myrica pubescens* Humb. & Bonpl. ex Willd. (1806)

Familie: MYRICACEAE

Synonyme: *Myrica arguta* Kunth. in Humb, Bonpl. y Kunth.

Myrica arguta Kunth. in H., B y Kunth. var. *tinctoria* C. de Candolle.

Myrica macrocarpa Kunth. in H., B. y Kunth.

Myrica polycarpa Kunth. in H., B. y Kunth.

Morella pubescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.)

Trivialnamen: Laurel de cera

Vorkommen und Aussehen

Myrica pubescens besiedelt Höhenlagen von 1300 – 3356 m über NN in den Gebirgsausläufen der West- und Ost-Kordillere der Anden. Die Art kommt somit in der Sierra als auch in höher gelegenen Teilen der *Costa* und des *Oriente* (LOJAN IDROBO, 2003) vor. In den Gebieten herrscht ein jährlicher Niederschlag von 500 – 4000 mm und eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 11 – 21 °C (LOJAN IDROBO, 2003). Da keine Präferenz bezüglich der Bodenprägung besteht (LOJAN IDROBO, 2003), kann *Myrica pubescens* auch oft auf steinigten Böden die Hänge der Straßenränder besiedeln, als auch in Bachläufen oder in agroforestalen Nutzungssystemen auftreten. Laurel de cera bildet ein Wurzelsystem mit Pfahlwurzel und Wurzelknöllchen an den Sekundärwurzeln (LOJAN IDROBO, 2003). Die Leistung der Stickstofffixierung beläuft sich auf 60 – 120 kg / ha / Jahr (LOJAN IDROBO, 2003, nach PRIMAVESI, 1990).

Die Art bildet eher strauch- als baumförmige Individuen mit Höhen bis 20 m und einem BHD von 30 cm (FUNDACION NATURA, o.J.). Die Zweige haben viele weißliche Lentizellen. Die Blätter sind länglich mit etwa 15 – 25 cm Größe und 6 – 12 cm Breite und leicht bräunlich behaart mit gesägten

Blatträndern. Sie stehen einzeln und alternierend und verbreiten einen charakteristischen, aromatischen Geruch (LOJAN IDROBO, 2003).

Die Naturverjüngung ist nach ECOPAR (2001) in gestörten Wäldern zahlreich, in Naturwäldern jedoch nur vereinzelt.

Nutzungsmöglichkeiten

Das Hauptprodukt *Myricas* ist das Wachs, das von der Frucht gewonnen wird (ORDOÑEZ et al., 2001, nach LOJAN, 1992). Es findet Verwendung in der Kerzenherstellung, für Wachse und Polituren. Nach LOJAN IDROBO (2003) könnte Laurel de cera mit Paraffin konkurrieren.

Das Holz wird bei der Möbelherstellung, aber auch als Brennholz, für Zaunpfähle und zur Kohleherstellung genutzt (ORDOÑEZ et al., 2001). Die Blätter werden zu medizinischen Zwecken verwendet (Zugaben bei Bädern gegen Rheuma und bei Aromatherapien) sowie zum Fernhalten von Insekten in Häusern (LOJAN IDROBO, 2003).

3.2.6. *Vismia tomentosa* Ruiz & Pav. (1798)

Familie: HYPERICACEAE⁴ / CLUSIACEAE⁵

Synonyme: *Caopia tomentosa* Kuntze

Trivialname: -



Abbildung 3-11: *Vismia tomentosa*

Vorkommen und Aussehen

Die Art *Vismia tomentosa* ist in der Literatur bisher nur wenig beschrieben. Andere in Ecuador vorkommende Arten der Gattung *Vismia* (*V. baccifera*, *V. obtusa*, Vorkommen in der Costa in tropischen Trockenwäldern) erreichen Höhen von 7-12 m und Durchmesser von 10-30 cm (FUNDACION NATURA, o. J.). Die Blätter sind oval, spitz und gegenständig an rötlich filzigen Zweigen. *Vismia tomentosa* besitzt einen orangefarbenen Milchsaft.

Nutzungsmöglichkeiten

Das Holz von *V. baccifera* und *V. obtusa* ist braun und wird zur Papierherstellung, als Konstruktionsholz und als Feuerholz verwendet. Der Milchsaft wird als Färbemittel eingesetzt.

⁴ ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW (2002)

⁵ MISSOURI BOTANICAL GARDEN, W3 TROPICOS (2005)

3.2.7. *Cinchona officinalis* L. (1753, 1759)

Familie:	RUBIACEAE
Synonyme:	<i>Cinchona uritusinga</i> <i>Cinchona pubescens</i> var. <i>heterophylla</i> <i>Cinchona condaminea</i> <i>Cinchona lucumaefolia</i> <i>Cinchona suberosa</i> <i>Cinchona officinalis</i> , var. <i>condaminea</i> <i>Quinquina officinalis</i> Kuntze
Trivialnamen:	Cascarilla, Quina, Cinchona

Vorkommen und Aussehen

Von der Gattung *Cinchona*, dem Nationalbaum Ecuadors, wurden in Ecuador 12 Arten nachgewiesen. *Cinchona officinalis* besiedelt Höhenlagen zwischen 1000 – 3500 m über NN in fast allen Provinzen der ecuadorianischen Andenhochebene. Die Art kommt sowohl in Naturwäldern vor wie auch in genutzten Wäldern in Gegenden mit einem jährlichen Niederschlag von über 700 mm (LOJAN IDROBO, 2003). Die Blätter *Cinchonas* sind leicht rötlich, einfach und gegenständig.

Nutzungsmöglichkeiten

Aus einigen der in Ecuador bekannten Arten kann aus der Rinde Chinin gewonnen werden, das zur Heilung von Malaria verwendet wurde. *Cinchona officinalis* ist hierbei die bekannteste und meist genutzte Art der Gattung, obwohl sie eine der Arten mit vergleichsweise wenig Chinin ist. Neben der Behandlung von Malaria wurde auch die Höhenkrankheit mit Extrakten, die aus Cinchona-Rinde gewonnen wurden, geheilt oder gelindert. Das Holz *Cinchonas* wird auch als Brennmaterial genutzt.

Während der Kolonialzeit wurden in Indonesien Plantagen mit Cinchona-Klonen und -Hybriden angelegt, aus deren Rinde ein hoher Anteil an Chinin gewonnen werden konnte. In Ecuador wurden keine derartigen Plantagen errichtet und die Baumart wird hauptsächlich noch im Wald genutzt. Aus einem ausgewachsenen Baum können 5 bis 8 kg Trockenrinde gewonnen werden. Dies entspricht



Abbildung 3-12: *Cinchona officinalis*

einer Ausbeute von 150 – 250 g Chinin pro Baum (LOJAN IDROBO, 2003). Nach dem in Ecuador üblichen Vorgehen werden zunächst die Bäume gefällt, deren Rinde getrocknet, und diese anschließend an Zwischenhändler und Laboratorien, in denen das Chinin extrahiert wird, weiterverkauft (LOJAN IDROBO, 2003). Obwohl heute synthetisch hergestellte Anti-Malaria-Mittel die Nachfrage an Chinin deutlich gesenkt haben, hat *Chinchona* noch immer eine Bedeutung bei der Behandlung von Herzrhythmusstörungen (DE MACVEAN & PÖLL, 2002).

3.2.8. *Clethra revoluta* Ruiz & Pav. (1825) ⁶

Familie:	CLETHRACEAE
Synonyme:	-
Trivialnamen:	Almizcle, Tulpay, Bermejo

Vorkommen und Aussehen

In Ecuador kommen neun Arten der Gattung *Clethra* natürlich vor. Die Art *Clethra revoluta* ist bisher nur wenig beschrieben. Die Art *Clethra fimbriata* (Vorkommen im feuchten Bergwald, *Bosque humedo*



Abbildung 3-13: *Clethra revoluta*

montano, in Höhenlagen von 3100 – 3500 m über NN in der Sierra) besitzt einfache, leicht elliptische und alternierende Blätter mit leichter Wachsschicht. Die Blätter haben eine leicht rötliche Behaarung auf der Unterseite und weißliche Behaarung auf der Oberseite (FUNDACION NATURA, O. J.)

Bäume der Art *Clethra revoluta* erreichen Höhen bis 25 m (MERKL, 2000). Das Holz wird zu Konstruktionszwecken und als Feuerholz verwendet.

3.2.9. *Heliocarpus americanus* L. (1753)

Familie:	TILIACEAE
Synonyme:	<i>Heliocarpus americanus</i> E. Watson var. <i>popayanensis</i> K. Schum. <i>Heliocarpus americanus</i> E. Watson var. <i>typica</i> K. Schum. <i>Heliocarpus americanus</i> E. Watson var. <i>schumannii</i> E. G. Baker
Trivialnamen:	Balsa americanus

Vorkommen und Aussehen



Abbildung 3-14: *Heliocarpus americanus*

Heliocarpus americanus wird als Art der frühen Sukzessionsstadien eingestuft (DAVIDSON et al., 1998). Als Pionier mit hohen Überlebensraten auch auf degradierten Böden bildet die Art schnell eine dichte Krone aus. Aufgrund des Reichtums der Blätter an Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium, können sie zur Bodenverbesserung beitragen (MERKL, 2000). Die Bäume erreichen Höhen bis zu 25 m. Die Blätter sind dreilappig und alternierend.

⁶ nach MISSOURI BOTANICAL GARDENS (2005): *Clethra revoluta* (Ruiz & Pav.) Spreng., 1825

Nutzungsmöglichkeiten

Das Holz der Baumart ist sehr leicht und wird hauptsächlich für Kunsthandwerk und Pflock-Konstruktionen verwendet (DAVIDSON et al., 1998). Der Baum wird zudem bei der Korkgewinnung und zu medizinischen Zwecken genutzt (ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW, 2002).

3.2.10. *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.), (1978)⁷

Familie:	PODOCARPACEAE
Synonyme:	<i>Podocarpus montanus</i> (H. & B. ex Willd) <i>Podocarpus taxifolia</i> (Kunth) Van Fiegh <i>Stachycarpus montana</i> (H. & B. ex de Willd) Gaussen <i>Stachycarpus densifolia</i> (Kunth) Gaussen <i>Nageia montana</i> (H. & B. ex Willd) Kuntze <i>Taxus montana</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
Trivialnamen:	Romerillo, Romerillo colorado (Ecuador), Romerillo hembra (Peru), Pino colombiano, Pino de montana, pino de pacho (Colombia)

Vorkommen und Aussehen

Prumnopitys montana tritt im sehr feuchten submontanen Wald (*Bosque muy humedo premontano*, *Bosque muy humedo montano bajo*) und im sehr feuchten montanen Wald (*Bosque muy humedo montano*) auf, in denen jährliche Durchschnittstemperaturen von 6 – 24°C und jährliche Niederschlagsmengen von 2000 – 4000 mm (für die ersten beiden Vegetationsgesellschaften) bzw. 1000 – 2000 mm (für die letztgenannte Vegetationsgesellschaft) vorherrschen (MARIN VELEZ, 1994). Das natürliche Verbreitungsgebiet erstreckt sich in den Andenkordillern von Kolumbien und Venezuela bis Bolivien. In Kolumbien werden Höhenlagen von 1800 – 3100 m über NN besiedelt (MARIN VELEZ, 1998). Bevorzugt werden saure, frisch-tonige Böden mit guter Wasserhaltefähigkeit. Die physikalischen Eigenschaften der Böden scheinen eine wesentlich wichtigere Rolle zu spielen als chemische Charakteristika (MARIN VELEZ, 1998). Ebenfalls scheint weniger die Höhenlage oder die niedrigen vorherrschenden Temperaturen für eine flächige Besiedelung ausschlaggebend als vielmehr die lokal herrschende hohe Luftfeuchte (MARIN VELEZ, 1998, nach LUNA, 1981).

⁷ nach MISSOURI BOTANICAL GARDEN (2005): *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) de Lamb.

Die Bäume mit Höhen von bis zu 35 m besitzen eine dunkle schuppige Rinde. Die Blätter sind in einer Ebene angeordnet, einfach, gerade, spitz mit Verbreiterung an der Stammbasis und mit einer Länge von ca. 5,8 - 20 mm und einer Breite von etwa 2 - 4 mm.



Abbildung 3-15: *Prumnopitys montana*

Die Baumart ist diözisch. Die männlichen Blüten bilden sich an speziellen Zweigen und haben Größen von 0,5 - 6 mm Länge und 0,2 - 2 mm Breite. Die weiblichen Blüten bilden sich am Ende eines Zweiges mit ca. 4 - 6 cm Länge. Daraus entsteht eine rundliche Frucht (11 - 16 mm lang, 7 - 11,5 mm Durchmesser). Die fleischige Hülle um den Samen ist im reifen Stadium rötlich bis orange-gelblich. Die Samen sind rundlich mit einer Länge von 6 - 14 mm und einer Breite von 4 - 9 mm (MARIN VELEZ, 1998).

Nutzungsmöglichkeiten

Durch hohe Volumina und Stammdurchmesser ist die Art sehr attraktiv für die Holznutzung. Das Holz findet weit reichende Verwendung für Schreinerarbeiten und in der Möbelherstellung.

3.2.11. *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb. (1824)⁸

Familie: PODOCARPACEAE

Synonyme: *Podocarpus oleifolius* var. *macrostachyus* (Parl.) B. & G.

Podocarpus oleifolius var. *trujillensis*

Trivialnamen: Romerillo (Ecuador), Pino de monte (Bolivien), Sumi (Ecuador), Ciprés der montana, Romerillo azuceno, Sisin, Romerillo blanco.

Vorkommen und Aussehen

Das natürliche Verbreitungsgebiet von *Podocarpus oleifolius* erstreckt sich von Mexiko bis Peru und Bolivien. Es werden Höhenlagen von 1500 - 3000 m über NN besiedelt, in denen der Jahresniederschlag bei 1250 - 1600 mm und die durchschnittliche Jahrestemperatur zwischen 12 und 21 °C liegen (CATIE, 1999). Nach MARIN VELEZ (1998) ist eine hohe Luftfeuchte ebenfalls ein Standortkriterium, weshalb die Art oft in Bachläufen und Tälern vorzufinden ist. Gute Wachstumsvoraussetzungen bieten die natürlichen Waldformationen der tropischen Feuchtwälder (*Bosque humedo tropical*) und submontaner Feuchtwälder (*Bosque humedo premontano*, *Bosque humedo montano bajo*). *Podocarpus oleifolius* tritt in Reinbeständen auf, aber auch in Vergesellschaftung mit *Ocotea callophylla*, *Hedysmum* sp., *Weinmania* sp. und *Alnus* sp.. *Podocarpus oleifolius* wächst langsam, doch die Art ist im Bodenanspruch sehr genügsam und kann sich sowohl auf verarmten, sauren wie auch oberflächlichen Böden gut behaupten (CATIE, 1999). Das häufigere Auftreten im steilen Gelände deutet MARIN VELEZ (1998) jedoch nicht als Standortsanspruch der Art,

⁸ Nach MISSOURI BOTANICAL GARDEN (2005)

sondern vielmehr als übrig gebliebene Rückzugsgebiete im Verlauf der Ausdehnung der landwirtschaftlich genutzten Fläche. MARIN VELEZ (1998) vermutet eine stärkere Abhängigkeit von den physikalischen Eigenschaften der Böden als von der chemischen Qualität. Wegen des Holzwertes und der daraus folgenden intensiven Nutzung ist *Podocarpus oleifolius* nach GUERRERO & LOPEZ (1993) eine gefährdete Art.

Der Baum kann Höhen von 18 – 45 m und Durchmesser von 45 – 120 cm erreichen. Der Stamm besitzt eine grünlich-graue Rinde und ist leicht asymmetrisch und schief (CATIE, 1999).



Abbildung 3-16: *Podocarpus oleifolius*

Nutzungsmöglichkeiten

Das Holz besitzt eine Rohdichte von 0,46 – 0,6 g/cm³ und gilt als mittelschwer. Das Holz besitzt eine feine und homogene Textur, mit cremig rosa farbenem Splint und blassbräunlichem Kern (CATIE, 1999). Das Holz lässt sich leicht bearbeiten, jedoch sind die Eigenschaften hinsichtl. des Trocknungsvermögens, Formhaltigkeit und die natürliche Dauerhaftigkeit eher mittelmässig (CATIE, 1999). *Podocarpus oleifolius* findet vielfältige Verwendungsmöglichkeiten bei der Parketherstellung, Kisten und leichten Konstruktionen.

3.2.12. *Juglans neotropica* Diels. (1906)

Familie: JUGLANDACEAE

Synonyme: *Juglans columbiensis*

Juglans honorei

Juglans andina

Trivialnamen: Nogal, Tocte, Cedro negro, Cedro nogal, Nogal andino

Vorkommen und Aussehen

Das natürliche Areal von *Juglans neotropica* erstreckt sich in Peru, Bolivien, Ecuador und Kolumbien in Höhenlagen zwischen 1000 - 3000 m Höhe über NN, in denen jährliche Niederschläge von 800 - 2000 mm und Temperaturen von 12 - 18 °C vorherrschen. Die Art bevorzugt tiefe Böden mit sandiger Textur im neutralen bis sauren pH-Bereich, jedoch keine kalkigen Böden oder große Kälte (CATIE, 1999).

Bei Baumhöhen von 20 - 30 m werden Brusthöhendurchmesser von 40 - 60 cm erreicht. Die Krone ist unregelmäßig. Der Stamm ist gerade mit dunkler Rinde, die längliche Risse aufweist. Die Blätter besitzen eine Größe von ca. 25 - 40 cm, sind zusammengesetzt und alternierend. Jedes Blatt besitzt ca. 9 - 17 gesägte Fiederblätter, die etwa 6 - 10 cm lang, 2,5 - 4 cm breit und auf der Unterseite leicht behaart sind (CATIE, 1999).

Nutzungsmöglichkeiten

Das Holz ist mit ca. 0,56 g / cm (CATIE, 1999) mittelschwer. Es besitzt einen hellbraunen Splint und dunkelbraunen Kern. Das Holz trocknet nur langsam, besitzt aber dann eine große natürliche Dauerhaftigkeit. Es ist leicht zu bearbeiten, zu hobeln und zu schneiden und findet vielfache Verwendung in der Möbelherstellung und der Kunsttischlerei und –schnitzerei. Inhaltsstoffe aus der Rinde können als Farbstoffe verwendet werden (CATIE, 1999).

3.3. Erntegebiete

Das Saatgut für die Versuche und die Anzucht der Pflanzen des Aufforstungsprojektes stammt aus zwei Ernteregionen. Das erste Gebiet liegt im San Francisco Tal im Stationswald der *Estación Científica San Francisco* (ECSF) und in deren Umgebung, das zweite Gebiet ist der *Bosque protector „El Bosque“* in der Nähe von San Pedro de Vilcabamba (vgl. Abbildung 3-17).

3.3.1. San Francisco

Das Erntegebiet im San Francisco Tal umfasst die Region um die *Estacion Científica San Francisco* (ECSF) in Höhenlagen um 2000 m über NN (vgl. Abbildung 3-19). Das Gebiet befindet sich auf der Ostabdachung der *Cordillera Real* und grenzt an den Nationalpark Podocarpus. Es herrscht das in Abbildung 3-18 dargestellte Klima vor. In diesem Erntegebiet wurden u. a. im Rahmen der Diplomarbeiten von CABRERA & ORDOÑEZ (2004) phänologische Beobachtungen für zehn der für die Aufforstung ausgewählten Arten durchgeführt. Aus San Francisco stammt das Saatgut für die Keim- und Anzuchtversuche der Baumarten *Tabebuia chrysantha*, *Cedrela montana*, *Piptocoma discolor*, *Clethra revoluta*, *Heliocarpus americanus*, *Myrica pubescens*, *Vismia tomentosa* und *Podocarpus oleifolius*.

3.3.2. San Pedro de Vilcabamba

Das zweite Erntegebiet liegt südlich der Stadt Loja in der Nähe von San Pedro de Vilcabamba. Ebenfalls in Höhenlagen um die 2000 m über NN befindet sich der *Bosque Protector „El Bosque“* (vgl. Abbildung 3-20). Es zeichnet sich durch das Klima nach Abbildung 3-18 aus. In dieser Region wurden von DIAZ & LOJAN (2004) phänologische Studien an neun der für die Aufforstung ausgewählten Baumarten durchgeführt und das Saatgut für die Versuche der Baumarten *Cedrela montana*, *Cinchona officinalis*, *Alnus acuminata*, *Myrica pubescens* und *Prumnopitys montana* geerntet.

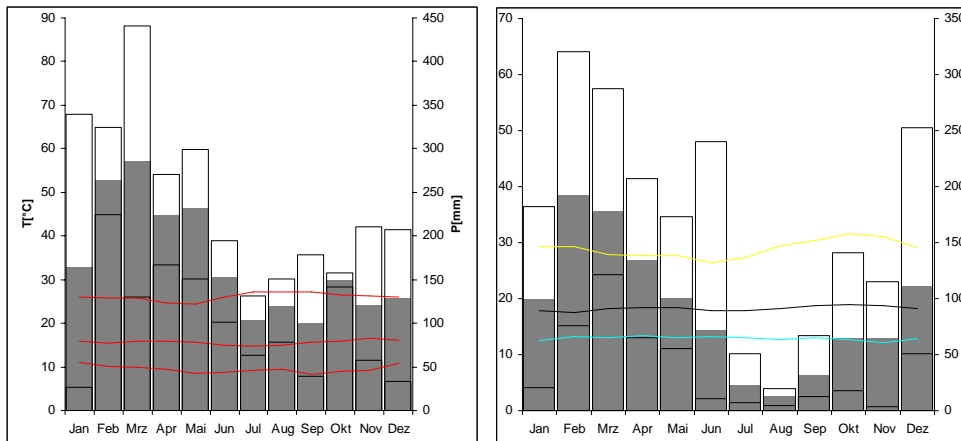


Abbildung 3-18: Klimadiagramme der Ernteregionen San Francisco (links) und San Pedro de Vilcabamba (rechts)
 Quelle: RICHTER (2004): Die Säulen geben den mittleren Niederschlag in mm wieder (P, Skala rechts: der graue Teil der Säulen zeigt den mittleren Niederschlag, Maximal- und Minimalwerte sind gekennzeichnet), die Linien geben die Temperatur in °C wieder (T, Skala links: die mittlere Linie gibt die durchschnittliche Temperatur an, die obere und untere Linie sind Maximal- bzw. Minimal-Werte). Der Messzeitraum betrug 5 Jahre (1998 – 2003)

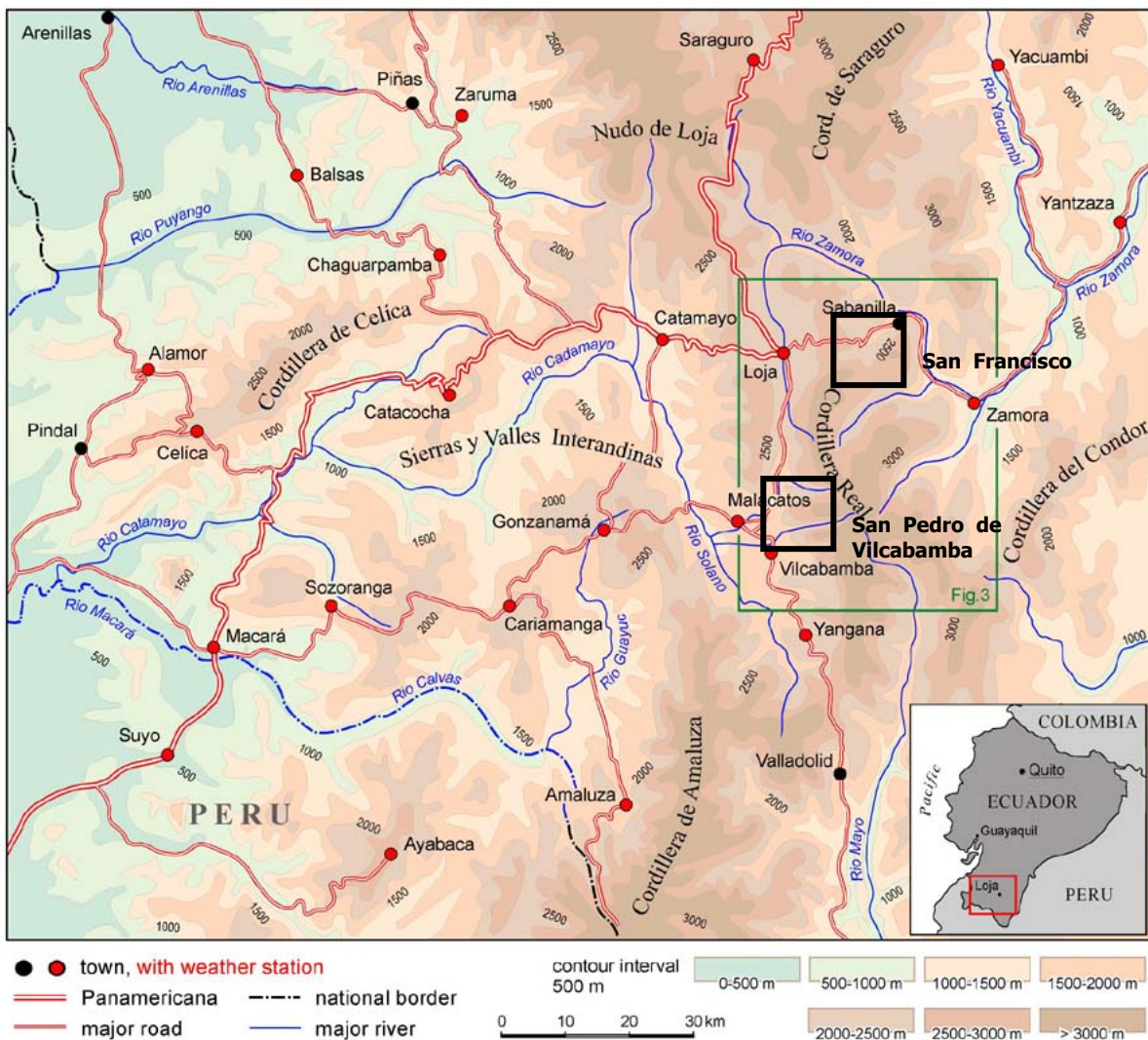


Abbildung 3-17: Übersichtskarte Südecuador mit dem Untersuchungsgebiet (grün) und den Erntebetrieben San Francisco und San Pedro de Vilcabamba (schwarz)
 Quelle: AG RICHTER (2003, hier ergänzt durch die Erntebetriebe) © Richter

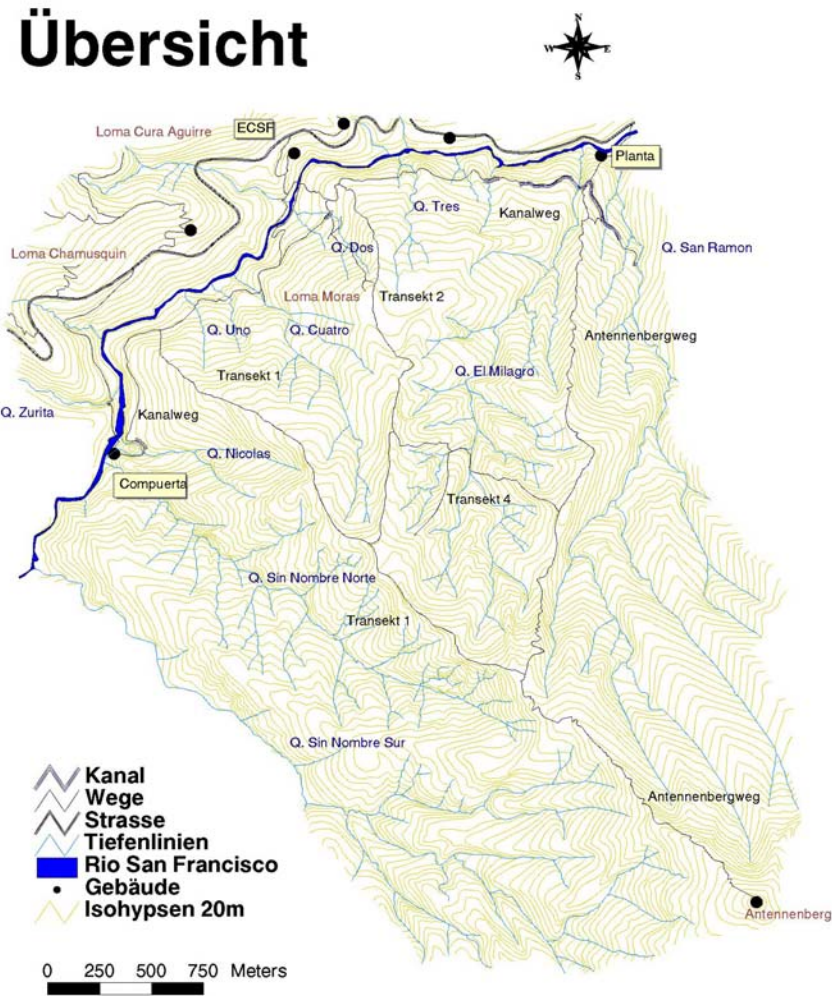


Abbildung 3-19: Erntegebiet San Francisco, Quelle: STOYAN, 1999, © Stoyan
 (ECSF = *Estación Científica San Francisco*, Planta und Compuerta sind Einrichtungen des lokalen Elektrizitätswerkes)

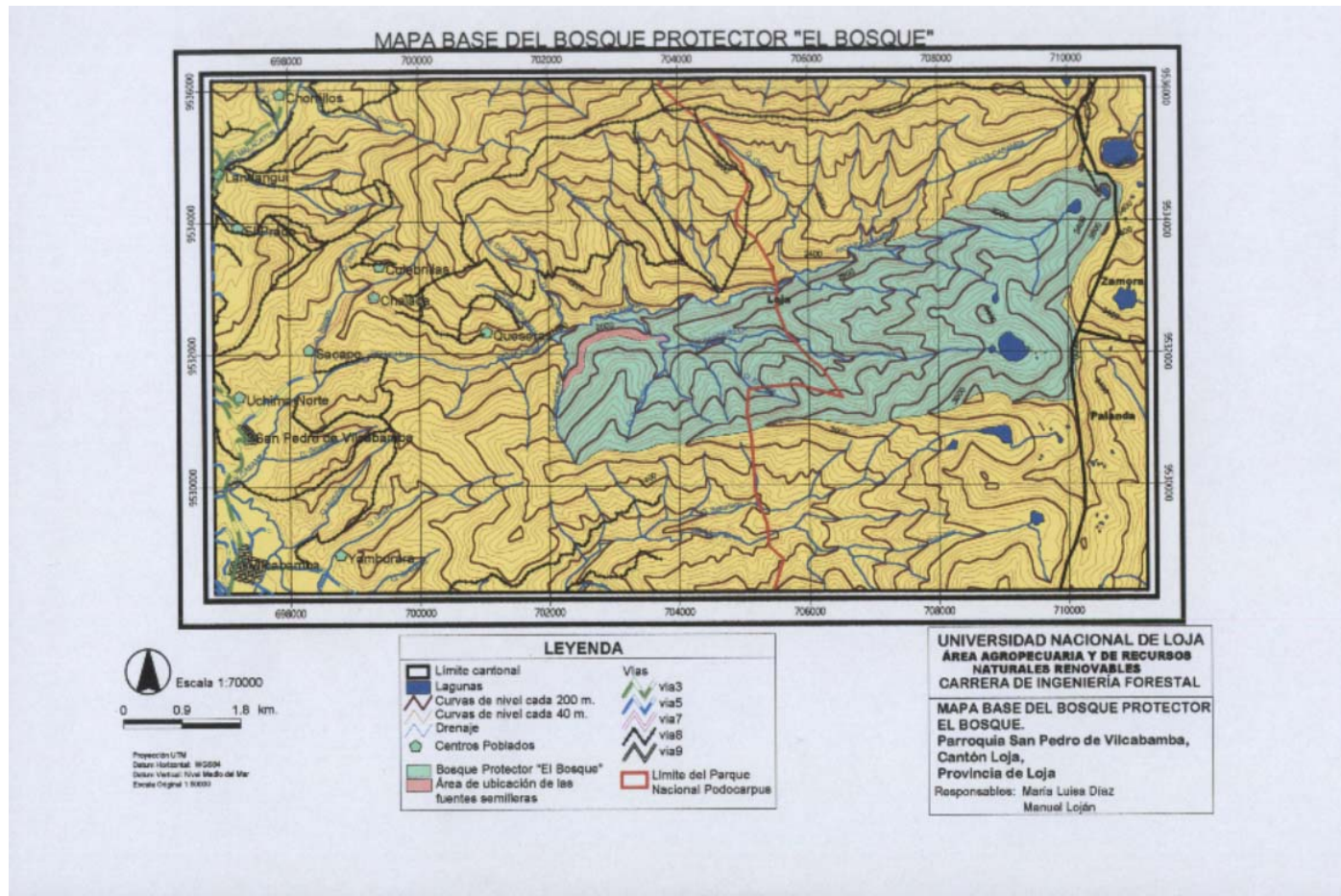


Abbildung 3-20: Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba (UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, 2004, Quelle: DIAZ & LOJAN (2004))

3.4. Hypothesen

In der ersten Projektphase des Aufforstungsprojektes stellte sich als eines der Ziele zunächst die Erforschung der optimalen Keim- und Anzuchtumgebung der ausgewählten Baumarten. Aus den Forschungsfragen wurden Versuche zur Keimung und Pflanzenanzucht entwickelt, denen die folgenden Nullhypothesen zugrunde lagen:

1. Der Faktor Licht beeinflusst die Keimung / das Wachstum der Pflanzen nicht.

$$H_0: \mu_{L1} = \mu_{L2} = \mu_{L3}$$

Es ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Variablen in den Faktorvarianten

2. Der Faktor Substrat beeinflusst die Keimung / das Wachstum der Pflanzen nicht.

$$H_0: \mu_{S1} = \mu_{S2} = \mu_{S3}$$

Es ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Variablen in den Faktorvarianten

3. Zwischen den Baumarten bestehen keine Unterschiede hinsichtlich Keimung und Wachstum.

$$H_0: \mu_{\text{Baumart1}} = \dots = \mu_{\text{Baumart n}}$$

Mit n = Anzahl der getesteten Baumarten

Es ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Variablen in den Faktorvarianten

4. Zwischen den drei Faktoren Licht, Substrat und Baumarten bestehen keine Wechselwirkungen.

$$\begin{aligned} H_0: & \mu_{L1, S1, \text{Baumart1}} = \dots = \mu_{L1, S1, \text{Baumart n}} \\ & = \mu_{L1, S2, \text{Baumart1}} = \dots = \mu_{L1, S2, \text{Baumart n}} \\ & = \mu_{L1, S3, \text{Baumart1}} = \dots = \mu_{L1, S3, \text{Baumart n}} \\ & = \dots \\ & = \mu_{L3, S1, \text{Baumart1}} = \dots = \mu_{L3, S1, \text{Baumart n}} \\ & = \mu_{L3, S2, \text{Baumart1}} = \dots = \mu_{L3, S2, \text{Baumart n}} \\ & = \mu_{L3, S3, \text{Baumart1}} = \dots = \mu_{L3, S3, \text{Baumart n}} \end{aligned}$$

Es ergeben sich keine Unterschiede in den Mittelwerten der Variablen in den Faktorkombinationen

3.5. Methodik und Versuchsdesign

Nachfolgend wird die Methodik für die Erarbeitung von Reproduktionsphänologie, Saatgutbeschreibung und die Versuche zu Keimung und Anzucht der Pflanzen beschrieben. Die oben gestellten Hypothesen beziehen sich nur auf den experimentellen Teil des methodischen Ansatzes. Die Darstellung der Reproduktionsphänologie und Saatgutbeschreibung wie auch die Wurzeluntersuchungen in den Foliencontainern im Kapitel 4.3 (Anzucht der Pflanzen) erfolgt deskriptiv.

3.5.1. Methodik der Phänologiestudien

Bei der Charakterisierung des Saatgutes der untersuchten Baumarten wurde der optimale Erntezeitraum für die jeweilige Art und die jeweilige Herkunft aus phänologischen Beobachtungen abgeleitet. Diese wurden im Zeitraum von Juni 2001 bis Mai 2003 von den Diplomanden DIAZ & LOJAN

(2004) im Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba sowie CABRERA & ORDOÑEZ (2004) im Erntegebiet San Francisco durchgeführt. Es wurden 5 Bäume jeder Art im zweiwöchigen Rhythmus beobachtet und das Reproduktionsgeschehen dokumentiert. Sichtbare Blütenbildung und das Heranreifen von Früchten wurde als Blüte bzw. Fruktifikation definiert. Dabei wurde folgende Skala verwendet (vgl. DIAZ & LOJAN, 2004), bei der der Wert 5 das maximale Reproduktionsgeschehen anzeigt:

- 1: Kein Reproduktionsgeschehen (Blüte bzw. Fruktifikation)
- 2: Reproduktionsgeschehen mit einer Intensität von 1 – 25 %
- 3: Reproduktionsgeschehen mit einer Intensität von 26 – 50 %
- 4: Reproduktionsgeschehen mit einer Intensität von 51 – 75 %
- 5: Reproduktionsgeschehen mit einer Intensität von 76 – 100 %

Daraus abgeleitet, ergab sich die Wahrscheinlichkeit, zu einem bestimmten Zeitpunkt des Jahres das jeweilige Reproduktionsgeschehen anzutreffen (vgl. GÜNTER et al., 2004, gemittelt über den Beobachtungszeitraum von zwei Jahren) sowie die beobachtete Intensität von Blüte und Fruktifikation (vgl. Diplomarbeiten DIAZ & LOJA, 2004, CABRERA & ORDOÑEZ, 2004). Die untersuchten Baumarten stammten aus den Erntegebieten wie in Tabelle 3-6 beschrieben.

Baumart	lokaler Name	Erntegebiet San Francisco	Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba
<i>Cedrela montana</i>	Cedro	X	X
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso		X
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Guayacan	X	
<i>Piptocoma discolor</i>	Tunash	X	
<i>Myrica pubescens</i>	Laurel de cera	X	X
<i>Vismia tomentosa</i>	-	X	
<i>Cinchona officinalis</i>	Cascarilla		X
<i>Clethra revoluta</i>	Almizcle	X	X
<i>Heliocarpus americanus</i>	Balsa americanus	X	

Tabelle 3-6: Erntegebiete der untersuchten Baumarten

3.5.2. Saatgutbeschreibung

Die Saatgutbeschreibung im Rahmen der vorliegenden Arbeit beinhaltet allgemeine Angaben zu Frucht- und Samenform, Tausendkorngewicht (TKG) sowie zum Feuchtegehalt des Saatgutes.

Das TKG berechnet sich über das Gewicht von zehn 100-Korn-Wiederholungen ($TKG = 10 * \bar{x}$; ISTA, 2000; KONNERT, 2001). Nicht bei jeder der untersuchten Baumarten waren ausreichend Samen für die Berechnung nach den Standardvorschriften vorhanden. Die TKG der eigenen Untersuchungen berechneten sich daher aus der im Anhang 12.5.1 (S. 193) angegebenen Zahl an Wiederholungen und Probegrößen.

Der Feuchtegehalt des Saatgutes berechnete sich nach der Formel:

$$Feuchte(\%) = \frac{Erntegewicht - Trockengewicht}{Erntegewicht} * 100$$

Die aufgeführten Feuchtegehalte des Saatgutes der Baumarten wurden im Rahmen der Diplomarbeiten von DIAZ & LOJAN (2004) und CABRERA & ORDOÑEZ (2004) erhoben. Das verwendete Saatgut stammt aus denselben Untersuchungszeiträumen und -gebieten wie das im Rahmen der vorliegenden Arbeit verwendete Saatgut.

Die Keimung der Samen wurde definiert als das Aufplatzen der Samenschale und Sichtbarwerden der Keimwurzel aus der Samenschale (Standard-Keimversuche auf Filterpapier). Da dies bei den Aussaaten in den Substraten im Gewächshaus nicht sofort zu erkennen war, richtete sich hier die Definition der Keimung nach dem Sichtbarwerden der Keimlinge in den Substraten.

3.5.3. Design der Baumschulversuche

In der Projektbaumschule in Loja wurden parallel zu den Keim- und Anzuchtversuchen die Pflanzen für die Aufforstung angezogen, eine Arbeit, die die Kapazität der Baumschule stark auslastete, so dass die Kombination von Forschungsarbeiten und regulärem Baumschulbetrieb eine gute Planung und Koordination des zur Verfügung stehenden Platzes erforderlich machte.

Die Keim- und Anzuchtversuche waren darauf ausgelegt, die Einflüsse der Versuchsfaktoren auf die Keimung und Anzucht der Pflanzen sowie die Wechselwirkungen der Faktoren untereinander aufzudecken. Zur Überprüfung der Hypothesen unter der Restriktion eines möglichst geringen Platzbedarfs empfahl sich als Versuchsdesign eine Spaltanlage (Split-Plot-Design). Bei Spaltanlagen wird die für die Versuche zur Verfügung stehende Fläche in Blöcke gegliedert und nach einem der untersuchten Faktoren in Plots unterteilt. Für die Einteilung der Plots bietet sich der Faktor an, der den größten organisatorischen Aufwand bei der Aufrechterhaltung verschiedener Faktorstufen bedeutet (bspw. Bewässerung: große Flächen einheitlicher Bewässerung sind organisatorisch besser als viele kleine Flächen). Jeder Plot wird unterteilt in Subplots, und umfasst alle Stufen der anderen Faktoren. Die zufällige Aufteilung der Faktorstufen erfolgt zunächst auf die Plots, und schließlich auf die Subplots innerhalb der Plots (WHITE, 1984).

Neben dem deutlich reduzierten Platzverbrauch hat das Split-Plot-Design den Vorteil, dass es um weitere Faktorstufen und Faktoren ergänzt und ausgeweitet werden kann, sowohl durch die Bildung von weiteren Blöcken oder weiteren Subplots als Ergänzung von weiteren Faktorstufen als auch durch die Unterteilung der Subplots durch Hinzunahme eines weiteren Faktors (Split-Split-Plot-Design).

Aus den Residuen der Subplots wird der Subplot-Fehler abgeleitet. Dieser gibt Auskunft über den Mikrostandort und erklärt Unterschiede im Verhalten des Subplots im gesamten Plot. Der zweite abzuleitende experimentelle Fehler wird als Plot-Fehler bezeichnet, ist im Allgemeinen größer als der Subplot-Fehler und gibt die Schwankungen der Plots innerhalb der Blöcke an (WHITE, 1984). Aufgrund dessen ist bei der Auswertung von Versuchen, denen ein Split-Plot-Design zugrunde liegt, ein Fehler zweiter Art häufiger, d.h. es besteht die Gefahr, dass die Nullhypothese angenommen wird, obwohl sie falsch ist.

Die in Abschnitt 3.4 formulierten Hypothesen wurden anhand zweier Versuche getestet, die in möglichst einheitlichem Design aufgebaut wurden. Der erste Versuch wurde im Gewächshaus der Projektbaumschule in Loja durchgeführt und beantwortet Fragen zum Keimverhalten der ausgewählten Baumarten. Im zweiten Versuch wurde in der Schattieranlage der Baumschule das Wachstum der Pflanzen in der Anzuchtphase untersucht. Die Gründe für die Auswahl der Baumarten basierte auf den in Abschnitt 3.2. genannten Kriterien, zusätzlich jedoch auf der Verfügbarkeit einer ausreichenden Menge an Saatgut bzw. Pflanzenmaterial im entsprechenden Versuchszeitraum.

Keimversuch

Die getesteten Faktoren und Faktorstufen des Keimversuchs sind in Tabelle 3-7 beschrieben.

Faktoren	Faktorstufen	
A) Beleuchtung	65%, 40%, 15% Beleuchtungsintensität	L1, L2, L3
B) Substrat	Baumschul-Standardsubstrat (BS), Walderde-Substrat (W), Kompost-Substrat (C) / Sand-Substrat (S)	S1, S2, S3, S4
C) Baumart	<i>Alnus acuminata</i> , <i>Cedrela montana</i> (zwei Provenienzen), <i>Clethra revoluta</i> , <i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Cinchona officinalis</i>	

Tabelle 3-7: Keimversuch: Faktoren und Faktorstufen

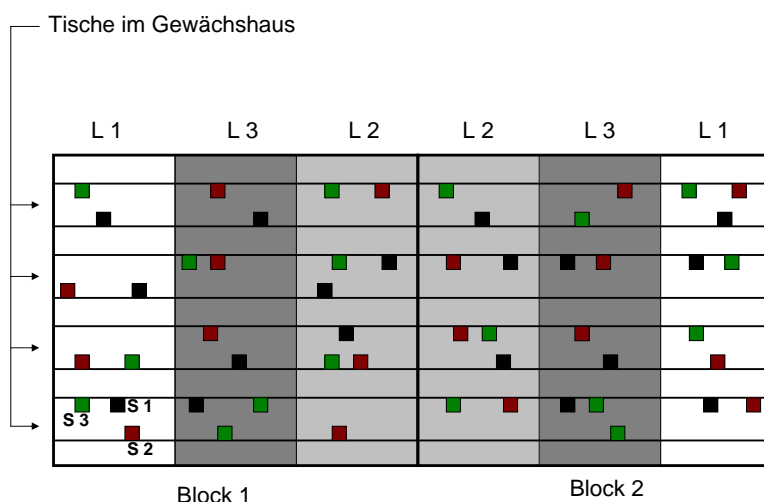


Abbildung 3-21: Versuchsdesign der Keimversuche im Gewächshaus (schematisch für eine Baumart), L1, L2, L3 = getestete Beleuchtungsintensitäten, S1, S2, S3 = getestete Substrattypen

Die Versuchsaufstellung ist in Abbildung 3-21 graphisch dargestellt. Als Block wurde je eine Kammer des Gewächshauses definiert. Der Versuch war somit in zwei Blöcken aufgebaut. Jeder Block umfasst drei Plots, die alle Stufen des Faktors A (Beleuchtung) beinhalten, in der Abbildung benannt mit L1, L2 und L3. Die Anordnung der Faktorstufen innerhalb des Blockes erfolgte zufällig. Jeder Plot beinhaltet alle Faktorstufen der Faktoren B (Substrat) und C (Baumart). In der Abbildung sind nur die Faktoren A (Licht) und B (Substrat) mit den Bezeichnungen L1, L2, L3 bzw. S1, S2, S3 dargestellt. Auf den Faktor C (Baumart) wurde zugunsten der Übersichtlichkeit der Abbildung verzichtet. Bei Hinzunahme einer zweiten Baumart würde sich die Anzahl der Einheiten des Faktors B (Substrat) pro Block / Plot verdoppeln, bei einer dritten Baumart verdreifachen, etc.. Pro Faktorstufenkombination A x B wurden in jedem der beiden Blöcke drei Wiederholungen der einzelnen Baumarten ausgesät, so dass sich pro Baumart 2 (Blöcke / Kammern des Gewächshauses) x 3 (Plots / Beleuchtungsintensitäten) x 3 (Subplots / Substratvarianten) x 3 (Wiederholung) = 54 Versuchseinheiten ergeben.

Während der Versuchsreihe wurde eine Massenvermehrung von Trauermücken (Gattung *Bradysia*, Familie SCIDARIDAE, vgl. Abschnitt 5.6.1.) festgestellt. Nach Angaben in der Literatur kann eine kompostreiche Substratzusammensetzung eine Gradation des Schädling begünstigen (siehe u. a. CANADIAN FOREST SERVICE, 2004; LINDQUIST, 2004). Daher wurde in den nachgelagerten Versuchsreihen das Kompost-Substrat durch ein Sand-Substrat ersetzt. Mit der Kombination der getesteten Substrate aus Baumschul-Standard-Substrat (BS), Walderde-Substrat (W) und Kompost-Substrat (C) wurden die Baumarten *Cedrela montana* und *Alnus acuminata* getestet, die Keimung der Baumarten *Tabebuia*

chrysantha, *Clethra revoluta* und *Cinchona officinalis* wurde im Baumschul-Standard-Substrat (BS), Walderde-Substrat (W) und Sand-Substrat (S) getestet.

Um Informationen über das Keimpotenzial des verwendeten Saatgutes zu gewinnen, wurde ein Teil des im Versuch verwendeten Saatgutes im gleichen Zeitraum auf Filterpapier in Petrischalen ausgesät. Die Schalen wurden geschlossen bei Raumtemperatur an einem Ort ohne direkte Sonneneinstrahlung aufgestellt. In der weiteren Darstellung der Ergebnisse werden diese Saaten als Standardsaat oder Saat unter standardisierten Bedingungen bezeichnet.

Eine Nebenversuchsreihe umfasste eine wöchentliche Dokumentation der Keimlinge nach der Keimung. Dazu wurden an jeweils zehn etwa im gleichen Zeitraum gekeimten Pflanzen einer Baumart wöchentlich die Höhe, der Wurzelhalsdurchmesser - wenn bereits messbar - und die Anzahl der Blätter erhoben. Die Ergebnisse der Versuchsreihe sind im Abschnitt 4.2 bei der Entwicklung der Keimlinge beschrieben.

Anzuchtversuch

Der zweite Versuch prüfte das Wachstum der verschulten Pflanzen in den Foliencontainern. Tabelle 3-8 gibt einen Überblick über die untersuchten Faktoren und Faktorstufen.

Faktor	Faktorstufen	
A) Beleuchtung	70 %, 65%, 40 % Beleuchtungsintensität	L1, L2, L3
B) Substrat	Baumschul-Standardsubstrat (BS),	S1
	Standardsubstrat mit Düngung (Dü)	S2,
	Substrat mit Walderde (W),	S3
	Kompost-Substrat (C) / sandiges Substrat (s)	S4, S5
C) Baumart	<i>Cedrela montana</i> (zwei Provenienzen), <i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Piptocoma discolor</i> , <i>Myrica pubescens</i>	

Tabelle 3-8: Anzuchtversuch: Faktoren und Faktorstufen

Die Versuchsaufstellung wurde geblockt nach dem Faktor A (Beleuchtung), in Abbildung 3-22 beschrieben mit L1, L2 und L3. Jeder dieser Bereiche wurde jeweils unterteilt in 20 Plots, die wiederum in 4 Subplots unterteilt wurden. Den Subplots wurden die Faktorstufen des Faktors B (Substrat) zufällig zugewiesen, beschrieben in der Abbildung mit S1, S2, S3 und S4. Jeder Subplot beinhaltet alle Faktorstufen des Faktors C (Baumart).

In jeder Faktorstufe des Faktors A (Beleuchtung) waren somit die Faktoren B (Substrat) und C (Baumart) vollständig vertreten. Jede Faktorkombination A x B x C umfasst 20 Wiederholungen (diese entsprechen den 20 Plots). Eine Wiederholung stellt eine verschulte Pflanze dar. Als optimale Ausgangspflanzenzahl ergaben sich somit 240 Pflanzen pro Baumart.

Als Variablen wurden die Sprosshöhe bis zum höchsten Vegetationspunkt und der Wurzelhalsdurchmesser (Übergang Substrat zur Pflanze) gemessen. Im Folgenden werden die Begriffe *Pflanzenhöhe*, *Sprosshöhe* und *Höhe der Pflanze* als Synonyme verwendet.

Während der Versuchsreihe wurde eine hohe Mortalität der pikierten Pflanzen im Kompost-Substrat festgestellt. Daher wurde das Substrat bei den in der nachgelagerten Phase des Anzuchtversuchs getesteten Baumarten durch ein sandiges Substrat ersetzt. Die Anzucht der Baumarten *Cedrela montana* und *Myrica pubescens* wurde mit dem Baumschul-Standard-Substrat (BS), gedüngten Substrat (Dü), Substrat mit Walderde (W) und Kompost-Substrat (C) getestet, während für die Anzuchtversuche der Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* das Baumschul-

Standard-Substrat (BS), gedüngte Substrat (Dü), Substrat mit Walderde (W) und das sandige Substrat (s) verwendet wurde.

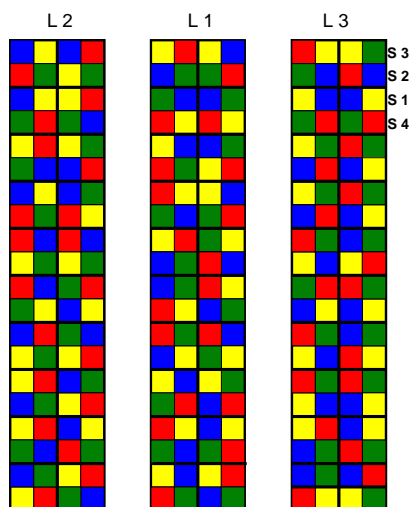


Abbildung 3-22: Versuchsdesign der Anzuchtversuche in der Baumschule (schematisch für eine Baumart)
 L1, L2, L3 = getestete Lichtintensitäten, S1, S2, S3, S4 = getestete Substrate
 Jedes kleinste Quadrat wird von einer Pflanze (ein Foliencontainer) pro Baumart belegt

Nebenversuche zur Pflanzenanzucht

In die Versuche zur Pflanzenanzucht wurden zwei Nebenversuche integriert. Das Ziel des ersten Nebenversuchs war ein Vergleich der Anzuchtphase der Art *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco) bei Pflanzen aus verschiedenem Keimsubstrat. Der zweite Nebenversuch testete das Wachstumsverhalten der pikierten Pflanzen der Art *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba) in den beiden unterschiedlichen Anzuchtumgebungen Gewächshaus (Innenklima) und Schattieranlage (außerhalb des Gewächshauses).

Die Nebenversuche folgten keiner speziellen Versuchsanordnung der Pflanzen. Tabelle 3-9 gibt einen Überblick über die untersuchten Faktoren und Faktorstufen.

Nebenversuch 1		<i>Cedrela montana</i>	
Herkunft		San Francisco	
Keimsubstrat		Baumschul-Standard-Substrat (BS), Walderde-Substrat (W)	
Getesteter Faktor (Anzucht)		70%, 65%, 40% Beleuchtungsintensität (Schattieranlage)	

Nebenversuch 2		<i>Cedrela montana</i>	
Herkunft		San Pedro de Vilcabamba	
Keimsubstrat		Baumschul-Standard-Substrat (BS), Kompost-Substrat (C)	
Umgebungsmilieu (Anzucht)		Gewächshaus, Schattieranlage	
Getestete Faktoren (Anzucht)		40% Beleuchtungsintensität (im Gewächshaus), 40 %, 65 %, 70% Beleuchtungsintensität (Schattieranlage)	

Tabelle 3-9: Nebenversuche zur Pflanzenanzucht, *Cedrela montana*

Stecklingsvermehrung

Der Versuch zur Stecklingsvermehrung von *Podocarpus oleifolius* war als Pilotversuch für Versuche zur Stecklingsmassenvermehrung gedacht. Es wurden die in Tabelle 3-10 beschriebenen

Versuchsvarianten mit je fünf Stecklingen pro Versuchsvariante getestet. Das Stecklingsmaterial stammte von einem einzelnen Mutterbaum, und wurde in Kammer 1 des Gewächshauses aufgestellt. Für die Behandlungen nach Tabelle 3-10 wurde Indolbuttersäure (IBA, 4-(3-Indolyl)butanoic acid, $C_{12}H_{13}NO_2$) und das für vegetative Pflanzenvermehrung lokal übliche Mittel *Hormonagro* verwendet, sowie dieses in einer Mischung mit Kuhdung aufgrund lokal guter erzielter Ergebnisse mit dieser Behandlung (ANONYMUS, 2003).

Behandlungen	Behandlungsstufen
IBA-Quick-Dip	0,25 l Aceton (50%) + IBA in verschiedenen Konzentrationen: 0,25 l Aceton (50%) + 1,25 g IBA 0,25 l Aceton (50%) + 1,00 g IBA 0,25 l Aceton (50%) + 0,75 g IBA 0,25 l Aceton (50%) + 0,50 g IBA 0,25 l Aceton (50%) + 0,25 g IBA 0,25 l Aceton (50%) + 0,00 g IBA
Talkum + IBA	Talkum + IBA in verschiedenen Konzentrationen und Kombinationen: 98,0 g Talkum + 2,0 g IBA 99,0 g Talkum + 1,0 g IBA 99,5 g Talkum + 0,5 g IBA 100 g Talkum + 0,0 g IBA
Hormonagro	Hormonagro gelöst in Wasser: 0,0 g/Liter 2,5 g/Liter 5,0 g/Liter 7,5 g/Liter 10,0 g/Liter
Hormonagro + Kuhdung	Hormonagro gelöst in Wasser + Kuhdung: 0 g /Liter + 50 g Kuhdung 2,5 g/Liter + 50 g Kuhdung 5,0 g /Liter + 50 g Kuhdung 7,5 g/Liter + 50 g Kuhdung 10 g/Liter + 50 g Kuhdung

Tabelle 3-10: Stecklingsversuch mit *Podocarpus oleifolius*, Faktoren und Faktorstufen

3.6. Auswertung

Die Auswertung der Keim- und Anzuchtversuche erfolgte anhand von Varianzanalysen mit Messwiederholungen. Auf diese Weise konnten die Beziehungen zwischen den getesteten Faktoren und Faktorstufen gut erkannt werden. Die Keim- und Anzuchtversuche lassen folgende Untersuchungen zu (EL KATEB, 2004):

Effekte zwischen Faktoren und Faktorstufen (between subjects effect):

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Es ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Variablen (Keimprozent, Pflanzenhöhe, Wurzelhalsdurchmesser) der Faktorvarianten und -kombinationen.

Effekte im Versuchsverlauf (within subjects effect):

$$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

Für t = Anzahl der Messungen

Die Mittelwerte der Variablen der Faktorvarianten verändern sich im Versuchsverlauf nicht.

$$\begin{aligned} &\mu_1 \text{ (Block*Beleuchtung*Substrat*Baumart)} \\ &= \mu_2 \text{ (Block*Beleuchtung*Substrat*Baumart)} \\ &= \dots \\ &= \mu_t \text{ (Block*Beleuchtung*Substrat*Baumart)} \end{aligned}$$

Die getesteten Faktoren haben keinen Einfluss auf Veränderungen der Mittelwerte der Variablen im Versuchsverlauf.

Für die Auswertung der Daten im Rahmen einer Varianzanalyse müssen nach BORTZ (1993) normalverteilte Fehlerkomponenten in den Grundgesamtheiten, aus denen die Stichproben gezogen wurden, vorliegen. Ebenfalls müssen homogene Fehlervarianzen vorliegen. Weiterhin müssen die Fehlerkomponenten voneinander unabhängig sein, so dass die beiden Effekte Faktor und Fehler additiv sind. Um progressive Entscheidungen zu vermeiden, müssen bei Varianzanalysen mit Messwiederholungen zudem sowohl die Varianzen der Faktorstufen als auch die Korrelation zwischen den Faktorstufen homogen sein.

Um die Voraussetzungen für eine sinnvolle Auswertung des Datenmaterials zu gewährleisten, wurden die Daten anhand des Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung getestet. Die Homoskedastizitätsbedingung (Homogenität der Varianzen) wurde durch den T-Test auf Varianzhomogenität und durch graphische Residuenanalysen untersucht. Lagen die Voraussetzungen nicht vor, wurden die Daten transformiert.

Die Analyse der Daten erfolgte mit der Statistik-Software SAS[®]. Als Grundlage für die Auswertung nach dem beschriebenen Design wurde das Programm HP-Spaltanlage-Ecuador von EL KATEB (2004) verwendet, das auf die einzelnen Teilauswertungen angepasst wurde.

Da die Baumarten zu unterschiedlichen Zeitpunkten sowohl gesät als auch pikiert wurden, ergaben sich bei allen Baumarten unterschiedliche Startzeitpunkte der Versuche. Um diese dennoch untereinander vergleichen zu können, wurde der Tag der Aussaat bzw. des Pikierens in die Foliencontainer als ‚Tag 0‘ bzw. ‚Woche 0‘ definiert, und weitere Beobachtungen im Versuchsfortschritt als Beobachtung am ‚Tag X‘ bzw. ‚Woche X‘ erhoben.

Aufgrund externer Störungen konnte nicht immer die optimale Anzahl der Wiederholungen pro Faktorkombination Licht*Substrat aufrechterhalten werden. Bei der Auswertung ergaben sich daher Mittelwerte die auf einer unterschiedlichen Anzahl von Messwerten basierten.

3.6.1. Keimversuch

Für den Keimversuch wurde die in Tabelle 3-11 beschriebene Datengrundlage verwendet. Zur varianzanalytischen Auswertung des Keimversuchs wurden die Freiheitsgrade der integrierten Versuchsfaktoren Beleuchtung (Faktor A), Substrat (Faktor B) sowie die Baumarten (Faktor C) nach Tabelle 3-12 zerlegt.

Baumart	Vergleich	Transformation
<i>Cedrela montana</i> (SF)	Eine Baumart	Keine Transformation
<i>Cedrela montana</i> (V)	Eine Baumart	\sqrt{X}
<i>Alnus acuminata</i>	Eine Baumart	Keine Transformation
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Eine Baumart	Keine Transformation
<i>Clethra revoluta</i>	Eine Baumart	$\log(x+1)$
<i>Cinchona officinalis</i>	Eine Baumart	Keine Transformation
Alle Baumarten	Alle Baumarten	Keine Transformation

Tabelle 3-11: Keimversuch, Datengrundlage für die Auswertung
(SF = Herkunft San Francisco, V = Herkunft San Pedro de Vilcabamba)

Die Auswertung erfolgte über die Hauptflächen (whole plots), in denen die Mittelwerte der Blöcke und des Faktors Licht gegen den Fehler a (Block*Licht als Fehlerwert) getestet wurden. Die Faktoren Substrat und Baumart sowie die Wechselwirkungen (Faktorkombinationen) wurden in der Auswertung der Teilflächen (Subplots) gegen den Fehler b getestet. Dieser setzt sich aus Block*Substrat(Licht) als Fehlerwert zusammen. Die Auswertung erfolgte als Analyse von Messwiederholungen, nach denen neben den Effekten der Faktoren (Between Subject Effects) auch die Effekte im Versuchsverlauf (Within Subject Effects) untersucht werden konnten.

Varianzquelle		Freiheitsgrade		F Statistik
Gesamt		abc-1	= 107	
Hauptfläche (whole plots)		na-1	= 5	
1.	Block	n-1	= 1	MS 1/MS 3
2.	A (Licht)	a-1	= 2	MS 2/MS 3
3.	Fehler a	(a-1)(n-1)	= 2	
Teilfläche (subplots)		na (bc-1)	= 102	
4.	B (Substrate)	b-1	= 2	MS 4/MS 10
5.	AB	(a-1)(b-1)	= 4	MS 5/ MS 10
6.	C (Baumart)	c-1	= 5	MS 6/ MS 10
7.	AC	(a-1)(c-1)	= 10	MS 7/ MS 10
8.	BC	(b-1)(c-1)	= 10	MS 8/ MS 10
9.	ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	= 20	MS 9/ MS 10
10.	Fehler b	a(bc-1)(n-1)	= 51	

Tabelle 3-12: Keimversuch, Zerlegung der Freiheitsgrade, MS = mittlere Abweichungsquadrate

Das Design sieht eine zusammengefasste Auswertung aller getesteten Faktoren vor. Da sich bei den ausgewählten Baumarten große Unterschiede im Keimverlauf und der Dauer des Beobachtungszeitraums ergaben, war eine Auswertung aller Baumarten im Rahmen der Varianzanalyse mit Messwiederholungen nicht möglich. Die Auswertung nach den Faktoren Licht und Substrat erfolgte daher für die Baumarten getrennt. Im Vergleich aller Baumarten wurden nur die kumulativen Keimprozente am Ende des jeweiligen Beobachtungszeitraumes untersucht.

Wie bereits bei der Darstellung des Versuchsdesigns beschrieben (vgl. S. 34), wurde in den nachgelagerten Versuchsreihen das Kompost-Substrat durch das Sand-Substrat ersetzt. Daraus ergibt sich, dass bei der mehrfaktoriellen Varianzanalyse hinsichtlich des Faktors Substrat nur zwei Faktorstufen Eingang finden konnten.

Durch eine Kontrastierung bei der Auswertung konnten genauere Informationen der Faktoren wie der einzelnen Faktorstufen gewonnen werden. Die in Tabelle 3-13 dargestellten Faktorstufen und Faktorstufenkombinationen wurden gegeneinander getestet.

Faktor	Kontrastierung
Licht	65% - (40%, 15%) 40% - 15% 65% - 15 %
Substrat	BS – (W, C/S) W – C/S BS – C/S
Baumarten	(<i>Cedrela montana</i> SF, <i>Cedrela montana</i> V, <i>Alnus acuminata</i>) – (<i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Clethra revoluta</i>) (<i>Cedrela montana</i> SF, <i>Cedrela montana</i> V, <i>Tabebuia chrysantha</i>) – (<i>Alnus acuminata</i> , <i>Clethra revoluta</i>) <i>Cedrela montana</i> SF – <i>Cedrela montana</i> V (<i>Cedrela montana</i> SF, <i>Cedrela montana</i> V) – <i>Alnus acuminata</i>

Tabelle 3-13: Kontrastierung der Faktorstufen des Keimversuche (SF = Herkunft San Francisco, V = Herkunft San Pedro de Vilcabamba, BS = Baumschul-Standard-Substrat, W = Walderde-Substrat, C = Kompost-Substrat, S = Sand-Substrat)

3.6.2. Anzuchtversuch

Der varianzanalytischen Auswertung des zweiten Versuches lag die Zerlegung der Freiheitsgrade, wie in Tabelle 3-14 dargestellt, zugrunde. Der Versuch wurde nach dem Faktor A (Beleuchtung) geblockt, so dass die genaue Auswertung der Faktoren Substrat und Baumarten im Rahmen einer Varianzanalyse nur innerhalb einer Stufe des Faktors A (Beleuchtung) erfolgen konnte. Die Auswertung der Faktoreinflüsse innerhalb einer Baumart erfolgte über alle Blöcke. Da die Substrateffekte meist zu erkennen waren, wurden die einzelnen Blöcke nicht weiter getrennt nach den Varianzquellen in Tabelle 3-14 (unten) durchgeführt.

Varianzquelle		Freiheitsgrade		F Statistik	
Gesamt		nab-1	=	59	
Hauptfläche (whole plots)		na-1	=	11	
1.	Block (Licht)	n-1	=	2	MS 1/MS 3
2.	A (Substrate)	a-1	=	3	MS 2/MS 3
3.	Fehler a	(a-1)(r-1)	=	6	
Teilfläche (subplots)		na (b-1)	=	48	
4.	B (Baumart)	b-1	=	4	MS 4/ MS 6
5.	AB	(a-1)(b-1)	=	12	MS 5/ MS 6
6.	Fehler b	a(b-1)(n-1)	=	32	

Varianzquelle		Freiheitsgrade		F Statistik	
Gesamt		rab-1	=	399	
Hauptfläche (whole plots)		ra-1	=	79	
1.	A (Substrate)	a-1	=	3	MS 1/MS 2
2.	Fehler a	a(r-1)	=	76	
Teilfläche (subplots)		ra (b-1)	=	320	
3.	B (Baumart)	b-1	=	4	MS 3/ MS 5
4.	AB	(a-1)(b-1)	=	12	MS 4/ MS 5
5.	Fehler b	a(b-1)(r-1)	=	304	

Tabelle 3-14: Anzuchtversuch: Zerlegung der Freiheitsgrade: alle Blöcke (oben), ein Block (unten), MS = mittlere Abweichungsquadrate

Das Versuchsdesign sieht eine gleichzeitige Auswertung aller getesteten Faktoren vor. Die Darstellung der Pflanzenentwicklung im Rahmen der einzelnen Baumarten erfolgt für den Anzuchtversuch daher nur als Darstellung der Mittelwerte. Eine zusammenfassende Varianzanalyse mit Messwiederholungen erfolgt im Vergleich aller getesteten Baumarten in Kapitel 4.3.5 und lässt die Einflüsse der Faktoren, Faktorstufen sowie deren Kombinationen für alle getesteten Baumarten erkennen.

Um die Voraussetzungen für die Varianzanalysen zu gewährleisten, wurden die Daten anhand des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung getestet. Die Homogenität der Varianzen wurde durch eine graphische Residuenanalyse untersucht. Lagen die erforderlichen Voraussetzungen nicht vor, wurden die Daten transformiert (Tabelle 3-15). Bei den Auswertungen mit Meßwiederholung wurden, wenn notwendig, die Werte aus der Huynh-Feldt-Korrektur verwendet.

Die Darstellung der Wachstumsentwicklungen erfolgt ab dem Zeitpunkt des Umsetzens in die Foliencontainer („Woche 0“). Die weitere Entwicklung der Pflanzenhöhe, des Wurzelhalsdurchmessers und der Mortalität wurde nach dem jeweiligen Zeitpunkt in Wochen dargestellt. Durch die Verwendung von relativen Wachstumsraten konnten trotz unterschiedlicher Ausgangsgrößen das

Vergleich	Baumarten	Substrate	Transformation	Variable
(1)	<i>Cedrela montana</i> SF <i>Cedrela montana</i> V <i>Tabebuia chrysantha</i> <i>Piptocoma discolor</i>	BS, Dü, W	Keine Transformation	Überlebensraten Höhe WHD
			log (x + 1)	Wachstumsrate (Höhe) Wachstumsrate (WHD)
(2)	<i>Cedrela montana</i> SF <i>Cedrela montana</i> V	BS, Dü, W, C	Keine Transformation	Überlebensraten Höhe WHD
			sqrt (x) log (x)	Wachstumsrate (Höhe) Wachstumsrate (WHD)
(3)	<i>Tabebuia chrysantha</i> <i>Piptocoma discolor</i>	BS, Dü, W, s	Keine Transformation	Überlebensraten Höhe WHD
			log (x + 1)	Wachstumsrate (Höhe) Wachstumsrate (WHD)

Tabelle 3-15: Datengrundlage für die Auswertung der Anzuchtversuche (BS = Baumschul-Standard-Substrat, Dü = gedüngtes Substrat, W = Substrat mit Walderde, C = Kompost-Substrat, s = sandiges Substrat, SF = Herkunft San Francisco, V = Herkunft San Pedro de Vilcabamba, WHD = Wurzelhalsdurchmesser)

Wachstum der Baumarten miteinander verglichen werden. Die relativen Wachstumsraten (RGR, ‚relative growth rate‘) berechnen sich nach der Formel:

$$RGR = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t_2 - t_1}$$

mit W_1 = Ausgangswert zum Zeitpunkt t_1

W_2 = Endwert zum Zeitpunkt t_2

(vgl. AMMER et al., 2004)

In der vorliegenden Untersuchung dienen sie (angegeben in $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{Woche}^{-1}$) als Maß zum Vergleich der Höhenwuchleistungen und der Wurzelhalsdurchmesser.

Genauere Informationen über die Wachstumsentwicklung der Pflanzen bei den Faktoren und Faktorstufen lieferte die Auswertung innerhalb der Kontrastierung. Hierbei wurden die in Tabelle 3-16 dargestellten Faktorstufen und Faktorstufenkombinationen gegeneinander getestet.

Faktor	Kontrastierung
Licht	70- (65% + 40%) 65% - 40% 70% - 65 %
Substrat	BS – (Dü + W+ C/s) BS - Dü W – (BS + Dü +C/s)
Baumarten	(<i>Cedrela montana</i> SF, <i>Cedrela montana</i> V, <i>Tabebuia chrysantha</i>) - <i>Piptocoma discolor</i> <i>Cedrela montana</i> SF – <i>Cedrela montana</i> V <i>Tabebuia chrysantha</i> – <i>Piptocoma discolor</i> (<i>Cedrela montana</i> SF, <i>Cedrela montana</i> V) – <i>Tabebuia chrysantha</i>

Tabelle 3-16: Kontrastierung der Faktorstufen des Anzuchtversuchs
(SF = Herkunft San Francisco, V = Herkunft San Pedro de Vilcabamba, BS = Baumschul-Standard-Substrat, Dü = gedüngtes Substrat, W = Substrat mit Walderde, C = Kompost-Substrat, s = sandiges Substrat)

4. Ergebnisse

4.1. Reproduktionsphänologie und Saatgutentwicklung

Die in diesem Kapitel zusammengestellten Informationen geben einen Überblick über die Erfahrungen und Beobachtungen aus den ersten beiden Projektjahren. Nicht alle der hier erwähnten Baumarten wurden in die Keim- und Anzuchtversuche der vorliegenden Arbeit integriert, waren jedoch Bestandteil der Versuchsaufforstung, so dass die Beerntung der Baumarten und die Anzucht der Pflanzen in der ersten Projektphase großes Gewicht erhielt.

Die Graphiken zur Phänologie der Baumarten geben die Prozentanzahlen der beobachteten Individuen dieser Art an, die sich im jeweiligen Stadium der Reproduktion befinden (Blüte bzw. Fruktifikation), bzw. die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den Beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen, gemittelt aus den ersten beiden Projektjahren (vgl. GÜNTER et al., 2004). Die in den Diagrammen dargestellten Prozentsätze geben jedoch keine Auskunft über den Reifegrad oder die Intensität des jeweiligen Reproduktionsphänomens.

Der Ableitung des Erntezeitraumes folgt eine Beschreibung des Saatgutes und - falls für die jeweilige Baumart verfügbar - das Keimverhalten unter standardisierten Bedingungen (vgl. Kapitel 3.5.3 Design der Baumschulversuche, Keimversuch, S.36ff). Die Herkunft des Saatgutes für die Standardsaaten ist im Anhang 12.1.1 beschrieben.

Die Quellen der Vergleichswerte zu den durchgeführten Messungen zu Tausendkorngewicht (TKG) und Feuchtegehalt in den Saatgutbeschreibungen sind gekennzeichnet.

4.1.1. *Cedrela montana*

Erntezeitraum

Die Art *Cedrela montana* kommt in beiden Erntegebieten natürlich vor. Im Erntegebiet **San Pedro de Vilcabamba** ergab sich aus zwei Jahren Beobachtungsdauer ein Reproduktionsgeschehen nach

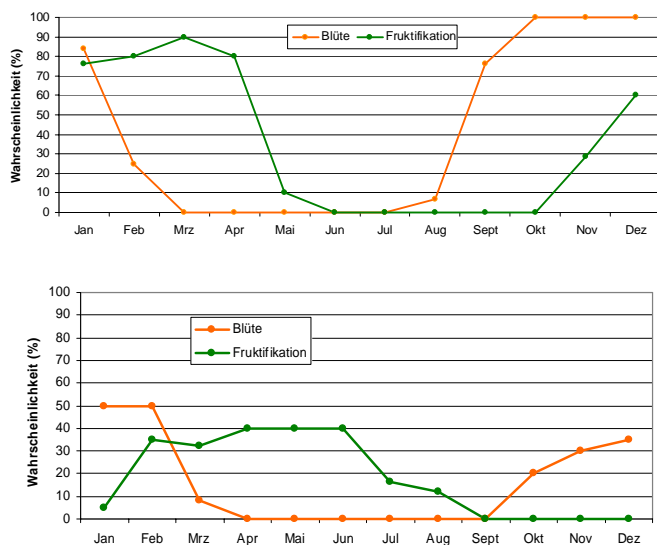


Abbildung 4-1: *Cedrela montana*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Pedro de Vilcabamba (oben) und San Francisco (unten). Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung)

Abbildung 4-1. Die Blütephase setzte im August ein und war im März abgeschlossen. Ab November begann die Fruktifikation. Sie erreichte im März ihr Maximum und war im Juni abgeschlossen. Blüte und Fruktifikation sind somit um drei Monate versetzt. Als optimalen Erntezeitraum für reife Früchte lässt sich für die Region San Pedro de Vilcabamba März bis April ableiten (Abbildung 4-1 oben). In diesem Zeitraum fruktifizierten über 75% der beobachteten Individuen. Während der übrigen Monate des Jahres ist die Chance auf Ernte reifer Früchte sehr gering oder nicht vorhanden.

In der Ernteregion im **San Francisco** Tal ergaben sich Blüte- und Fruktifikationszeiträume nach Abbildung 4-1 (unten). Die Blüte begann im September/Oktober,

gipfelte im Januar / Februar, und war im April abgeschlossen. Während des Beobachtungszeitraumes reiften bei den meisten der beobachteten Individuen die Früchte in den Monaten Februar bis Juni heran. Als guter Erntezeitraum für reife Früchte bieten sich in San Francisco demnach die Monate Juni und Juli an.

Beschreibung des Saatgutes

Während der Fruktifikation bilden sich zunächst grüne Kapseln, die im Verlauf der Fruchtreife auf eine Größe bis zu 5-6 cm heranwachsen und von grünlicher zu bräunlicher Farbe wechseln. Bei Reife öffnen sich die Früchte, induziert durch eine stärkere Sonneneinstrahlung, und entlassen die geflügelten, windverbreitenden Samen. Tabelle 4-1 gibt einen Überblick über das geerntete Saatgut.

Frucht		Samen	
Form	Kapsel, länglich	Form	länglich, geflügelt
Länge	bis zu 6 cm	Größe	2 – 5 cm
Breite	bis zu 2-3 cm	Farbe	bräunlich
Farbe	bräunlich (bei Reife)	TKG	42,5 g *; ca. 23 500 Samen/kg * (San Pedro de Vilcabamba) 12,35 g **, ca. 81 600 Samen/kg** (San Francisco)
		Feuchte	16,4 % * 12,10 % **

Tabelle 4-1: *Cedrela montana*: Saatgut
(TKG = Tausendkorngewicht)
* DIAZ & LOJAN (2004), ** CABRERA & ORDOÑEZ (2004)

Für eine möglichst große Ausbeute an Samenmaterial ist es von Vorteil, die Früchte noch im geschlossenen Zustand zu ernten und in der Sonne nachreifen und sich öffnen zu lassen. Die Früchte bilden sich am Mutterbaum apikal, die Ernte erfolgt am Baum.



Abbildung 4-2: *Cedrela montana*: Frucht und Samen

Das Wässern der Samen einige Stunden vor der Saat leitet die Quellungsphase ein und bietet den Samen eine bessere Ausgangsposition für die weiteren Schritte der Keimung im Keimbeet. Die Saat erfolgte durch senkrechtess Aussäen der Samen in das Keimsubstrat. Die Keimung verläuft epigäisch (vgl. Abbildung 4-3).



Abbildung 4-3: *Cedrela montana*: Saat und Keimung

4.1.2. *Alnus acuminata*

Die Art *Alnus acuminata* kommt im Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba natürlich vor sowie auf der Anden-Ostkordillere auf der nach Loja gewandten Seite. Die Phänologiestudien erstreckten sich ausschließlich auf das Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba. Die Populationen von *Alnus acuminata* in der Provinz Loja weisen je nach Standort sehr unterschiedliche Reproduktionsphänologie auf (vgl. ROMERO, 1996).

Erntezeitraum

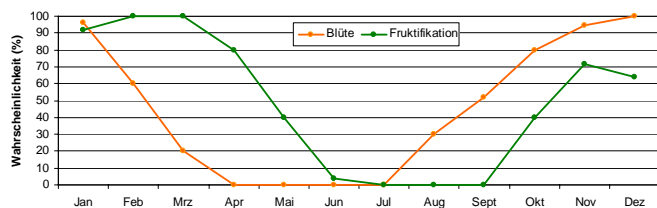


Abbildung 4-4: *Alnus acuminata*: Reproduktionsphänologie im Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

In der Ernteregion San Pedro de Vilcabamba wurde ein Reproduktionsgeschehen nach Abbildung 4-4 beobachtet. Die Blüte erstreckte sich über einen Zeitraum von acht Monaten (Juli bis März) und gipfelte um den Jahreswechsel. Von September bis Juni lässt sich die Fruchtbildung beobachten. Der Jahres-Peak trat in den Monaten Februar und März auf.

Für die Saatguternte eignet sich somit der Zeitraum von Januar bis März, in dem in dieser Region die größte Wahrscheinlichkeit für das Vorfinden von Früchten gegeben ist. Von April bis Oktober sind die Chancen für eine Ernte von gutem Saatgut gering.

Beschreibung des Saatgutes

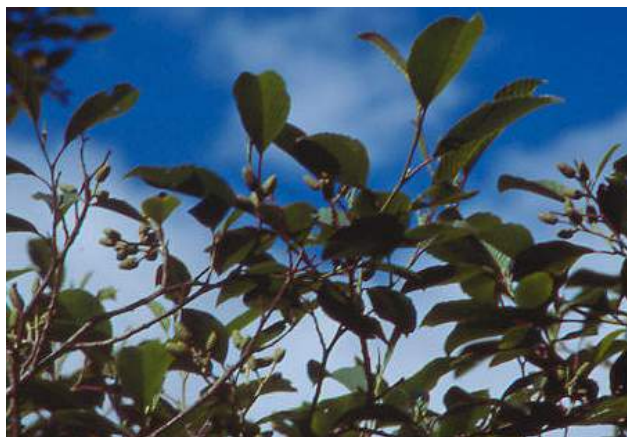


Abbildung 4-5: *Alnus acuminata*: Fruchtreife

Aus den weiblichen Blüten bilden sich zapfenartige Früchte. Diese sind etwa 1,5 bis 2,5 cm groß und verfärben sich im Verlauf des Reifeprozesses von grünlicher zu bräunlicher Farbe (vgl. Abbildung 4-6). *Alnus acuminata* wird windverbreitet. Um die Samenausbeute möglichst hoch zu halten, ist es von Vorteil, die Ernte der Früchte kurz vor der Öffnung der Zapfen durchzuführen. Die Früchte wurden in bräunlich-grünem Zustand vom Mutterbaum gepflückt und zum Trocknen und Nachreifen ausgelegt. Mit der Sonneneinstrahlung öffneten sich die Zapfen und gaben die Samen frei.

Frucht		Samen	
Form	Zapfen	Form	klein, geflügelt
Länge	ca. 1,5 – 2,5 cm	Größe	2 – 4 mm
Breite	ca. 1 cm	Farbe	bräunlich
Farbe	bräunlich (bei Reife)	TKG	0,2946 g , ca. 3 400 000 Samen/kg * 0,23 g (1700 m über NN, Venezuela) *** 0,35 g (2500 m über NN, Venezuela) *** 0,39 g (3000m über NN, Venezuela) ***
		Feuchte	14,08 % *

Tabelle 4-2: *Alnus acuminata*: Saatgut
(TKG = Tausendkorngewicht)
*DIAZ & LOJAN (2004), *** LAMPRECHT (1986)

Alnus acuminata verliert schnell an Keimkraft. Nach Untersuchungen von DIAZ & LOJAN (2004) sinkt das Keimprozent nach einer Lagerdauer von drei Monaten bereits um mehr als 30%. Nach sechsmonatiger Lagerung sinkt das Keimprozent auf unter 5%. Eine rasche Aussaat der geernteten Samen verhilft daher zu größerem Keimerfolg. Die Keimung erfolgt epigäisch.



Abbildung 4-6: *Alnus acuminata*: Früchte und Samen

Saat unter standardisierten Bedingungen

Die beobachteten Keimraten und Keimschnelligkeiten während der Standardsaat sind in Abbildung 4-7 dargestellt. In beiden Saaten wurde der Beginn der Keimung ab dem sechsten Tag nach der Aussaat

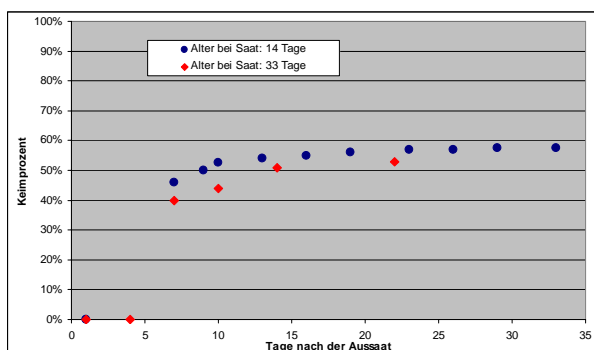


Abbildung 4-7: *Alnus acuminata*: Ergebnisse der Standardsaat
● Mittelwerte aus 4 Wiederholungen (Wdh.), 50 Samen pro Wdh.
◇ Mittelwerte aus 2 Wdh., 50 Samen pro Wdh.

dokumentiert. Bis zum 10. Tag nach der Saat sind bereits vier fünftel der kumulativen Keimrate erreicht. Nach 20 bis 25 Tagen kann die Keimung als abgeschlossen gelten. Schon bei der Saat mit 19 Tage älteren Samen lässt sich ein Rückgang der Keimkraft feststellen. Bei der Saat der 14 Tage alten Samen ergab sich ein durchschnittliches kumulatives Keimprozent von 58%, bei 33 Tage alten Samen wurden nur noch 53% erreicht.

4.1.3. *Tabebuia chrysantha*

Erntezeitraum

In der Region San Francisco ergab sich für *Tabebuia chrysantha* ein Reproduktionsgeschehen wie in Abbildung 4-8 dargestellt. Etwa die Hälfte des Jahres ließen sich weder Blüte noch Fruktifikation beobachten. Die Blüte begann im August, gipfelte im September und war im Dezember abgeschlossen. Die Wahrscheinlichkeit, bei den beobachteten Individuen fruktifizierende anzutreffen, erreichte mit 85% ihr Maximum in den Monaten November und Dezember. Im Januar war sie nur noch gering, und von Februar bis September waren keine Früchte vorhanden. Der beste Zeitraum für die Ernte der reifen Früchte ist für *Tabebuia chrysantha* der Monat Dezember.

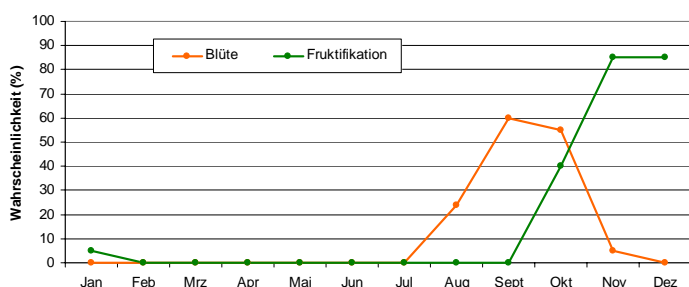


Abbildung 4-8: *Tabebuia chrysantha*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Francisco. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

Die für die Keim- und Anzuchtversuche ausgesäten Samen wurden in der Ernteregion im San Francisco Tal gesammelt. Die phänologischen Studien beschreiben Individuen im Stationswald der ECSF. Wegen der geringen Fruktifikation dieser Bäume während des ersten Beobachtungsjahres mussten andere Individuen beerntet werden. Das geerntete und in den Keimversuchen verwendete Saatgut stammt von Bäumen auf einer aufgelassenen Weidefläche oberhalb der *Estación Científica San Francisco*.

Beschreibung des Saatgutes

Die Früchte reifen als längliche, schotenartige Kapseln von 20 – 35 cm Länge. Bei Trocknung öffnen sich diese und entlassen die kleinen geflügelten Samen.

Frucht		Samen	
Form	schotenartige Kapsel	Form	geflügelt, flach
Länge	10 – 35 cm	Größe	1,5 – 2 cm
Breite	0,6 – 2 cm	Farbe	bräunlich-grau
Farbe	braun (bei Reife)	TKG	9,0085 g , ca. 111 000 Samen/kg 13 g , ca. 77 000 Samen/kg *

Tabelle 4-3: *Tabebuia chrysantha*: Saatgut (TKG = Tausendkorngewicht)

* ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW (2002)

Die Samen *Tabebuias* verbreiten sich durch den Wind. Die Ernte der Früchte sollte kurz vor Öffnung der Kapseln erfolgen. Die Samenschale ist sehr weich und fragil (Abbildung 4-9). Um sicherzugehen, dass bei einer Saat nur die lebensfähigen Samen ausgesät werden, empfiehlt es sich, sie einige Stunden vor der Saat zu wässern. Die Quellung der keimungsbereiten Samen ist deutlich sichtbar und die viablen Samen können problemlos von den Hohlsamen unterschieden werden.



Abbildung 4-9: *Tabebuia chrysantha*: Samen und Teile der Früchte (links), keimende Samen (rechts)

Saat unter standardisierten Bedingungen

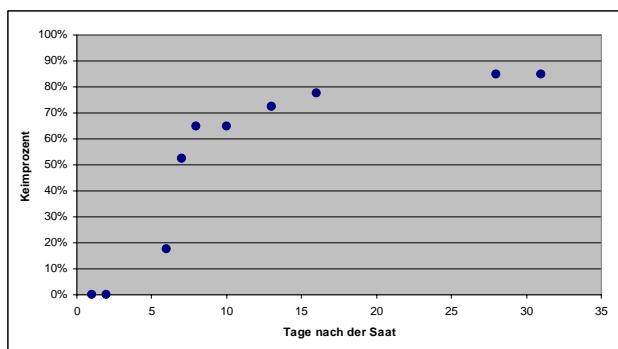


Abbildung 4-10: *Tabebuia chrysantha*: Standardsaat
Mittelwerte aus 2 Wiederholungen (Wdh), Anzahl Samen pro Wdh: 20

Aus der Standardsaat ergab sich der in Abbildung 4-10 dargestellte Keimverlauf. Die ersten gekeimten Samen wurden sechs Tage nach der Aussaat beobachtet. Am Ende des Beobachtungszeitraumes von 28 Tagen ergab sich ein mittleres kumulatives Keimprozent von 85%.

4.1.4. *Piptocoma discolor*

Erntezeitraum

Das in den Versuchen verwendete Saat- und Pflanzenmaterial wurde in der Ernteregion San Francisco gesammelt. *Piptocoma discolor* verhielt sich während des Beobachtungszeitraumes bzgl. der

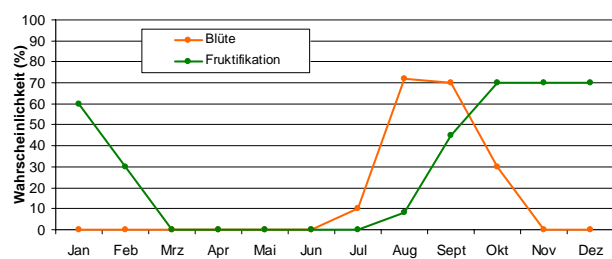


Abbildung 4-11: *Piptocoma discolor*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Francisco. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

Reproduktionsphänologie wie in Abbildung 4-11 dargestellt. Blüte und Fruktifikation folgten in kurzem zeitlichem Abstand mit Beginn im Juni (Blüte) bzw. im Juli (Fruktifikation). Das Maximum der Blüte wurde im August erreicht. Die größte Wahrscheinlichkeit, bei den beobachteten Individuen reife Früchte zu beobachten, war von Oktober bis Dezember gegeben. Als günstigster Zeitraum, reife Früchte zu ernten, bieten sich in San Francisco die Monate November bis Januar an.



Abbildung 4-12: *Piptocoma discolor*, Frucht reife

Beschreibung des Saatgutes

Im Verlauf des Reifeprozesses werden die Früchte sehr trocken und können bereits bei leichtem Wind verbreitet werden. Für die Ernte empfiehlt sich daher, die Früchte kurz vor der Reife zu ernten und im windgeschützten Umfeld nachreifen zu lassen. Dies sollte auf einer undurchlässigen Unterlage geschehen, da Samen und Früchte sehr klein sind, und sich sehr leicht unkontrolliert verbreiten.

Frucht		Samen	
Form	Schließfrucht / Achäne	Form	länglich
Länge	ca. 0,4 cm	Größe	ca. 0,2 cm
Breite	ca. 0,1 cm	Farbe	hellbraun
Farbe bei Reife	hellbraun	TKG ⁹	0,356 g , ca. 2 800 000 Samen/kg 0,000125 g , ca. 8 000 000 000 Samen/kg *

Tabelle 4-4: *Piptocoma discolor*, Saatgut (TKG = Tausendkorngewicht), * CABRERA & ORDÓÑEZ (2004)

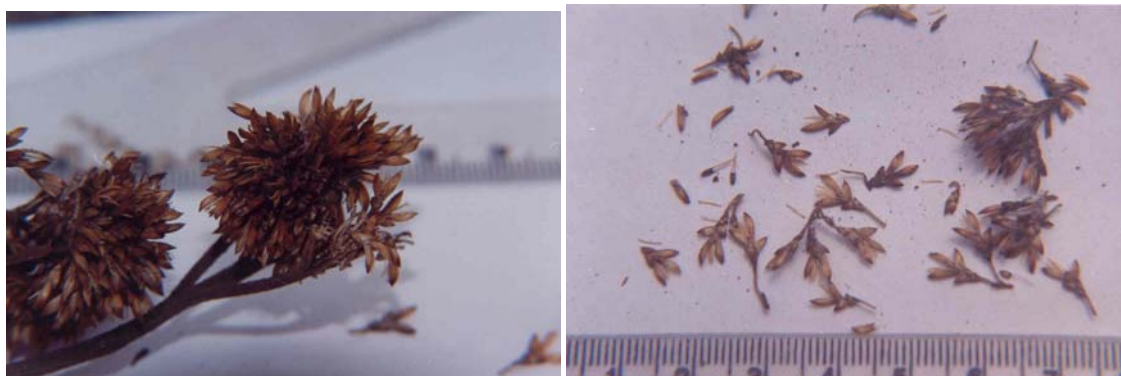


Abbildung 4-13: *Piptocoma discolor*: Früchte und Samen

Saat unter standardisierten Bedingungen

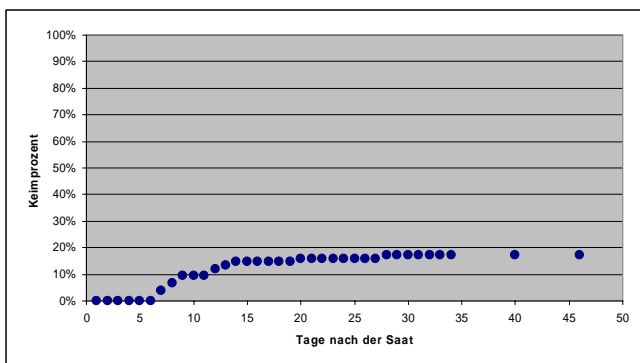


Abbildung 4-14: *Piptocoma discolor*: Standardsaat, Mittelwerte aus 3 Wiederholungen (Wdh.), 25 Samen pro Wdh.

Die Ergebnisse der Standardsaat sind in Abbildung 4-14 dargestellt. Es ergab sich ein mittleres Keimprozent von 19%. Die Keimung begann am 7. Tag nach der Saat. Bereits am 20. Tag lag das mittlere Keimprozent bei 16%. Die Keimraten der einzelnen Wiederholungen reichten von 12% als Minimum bis 28% als höchstes Keimprozent.

⁹ Auffällig sind die deutlich voneinander abweichenden Werte der TKG. Hier wären in folgenden Projektphasen weitere Messungen zur Absicherung von Vorteil.

4.1.5. *Myrica pubescens*

Erntezeitraum

Die Art *Myrica pubescens* kommt in beiden untersuchten Ernteregionen vor und wurde in beiden Gebieten in die phänologischen Beobachtungen integriert. Abbildung 4-15 gibt die Blüte- und Fruktifikationszeiträume in den beiden Regionen San Francisco und San Pedro de Vilcabamba an.

Die Blütephase war in **San Francisco** ganzjährig zu beobachten, jedoch im jahreszeitlichen Verlauf mit großen Schwankungen. Die intensivste Blüteperiode erstreckte sich von Oktober bis Dezember. Die Fruktifikation erreichte im Jahresverlauf zwei Maxima: zu Beginn des Jahres von Januar bis Februar (40% der beobachteten Individuen) und im September (30%). Die größte Chance auf eine

gelungene Saatguternte ergibt sich in der Region San Francisco in den Monaten Januar und Februar.

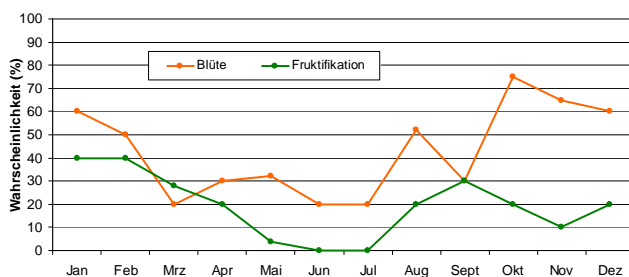
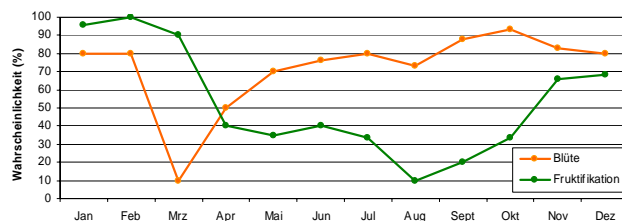


Abbildung 4-15: *Myrica pubescens*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Pedro de Vilcabamba (oben) und San Francisco (unten). Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

In der Ernteregion **San Pedro de Vilcabamba** ließen sich ebenfalls über den gesamten Jahresverlauf blühende und fruktifizierende Individuen beobachten. Die Wahrscheinlichkeit, dass die beobachteten Individuen blühen, liegt fast ganzjährig bei über 70%, mit Ausnahme der Monate März und April. Die Wahrscheinlichkeit, unter den beobachteten Individuen fruktifizierende anzutreffen, ist in den Monaten April bis Oktober 40% oder geringer, erreicht aber im Februar mit 100% das Maximum.

Die besten Monate für eine Saatguternte sind in der Region San Pedro de Vilcabamba Januar bis März, in denen die Chance, dass die beobachteten Individuen fruktifizieren, 90% und höher liegt.



Abbildung 4-16: *Myrica pubescens*, Fruchtreife

Beschreibung des Saatgutes

Die Früchte bilden sich in den Blattachsen als kleine Steinfrüchte von etwa 0,5 cm Größe. Den lokalen Namen ‚Laurel de cera‘ besitzt *Myrica pubescens* aufgrund der Wachsschicht, die den Samen umgibt (*cera* (span.): Wachs). Da die Bäume eher kleinwüchsig und oft buschförmig sind, kann die Saatguternte mit der Baumschere vom Boden aus

durchgeführt werden.

Die den Samen umgebende Wachsschicht ist wasserabweisend. Es ist somit empfehlenswert, diese vor der Saat zu entfernen. Sie kann leicht abgerubbelt werden, bspw. zwischen zwei rauen Holzplatten, jedoch nicht mit starkem Druck, um den Samen nicht zu beschädigen.



Abbildung 4-17: *Myrica pubescens*: Früchte und Samen

Frucht		Samen	
Form	Steinfrucht, rundlich, mit Wachsschicht	Form	rundlich
Länge	ca. 3-5 mm	Größe	3 mm
Breite	ca. 3-5 mm	Farbe	braunschwarz
Farbe	leicht violett (bei Reife)	TKG	12,6 g , ca. 80 000 Samen/kg 3,45 g *, ca. 290 000 Samen/kg 73,35 g , ca. 13 634 Samen/kg **
		Feuchte	15,17 % * 33,22 % **

Tabelle 4-5: *Myrica pubescens*, Saatgut (TKG = Tausendkorngewicht)

* DIAZ & LOJAN (2004), San Pedro, ** CABRERA & ORDOÑEZ (2004), San Francisco

4.1.6. *Vismia tomentosa*

Erntezeitraum

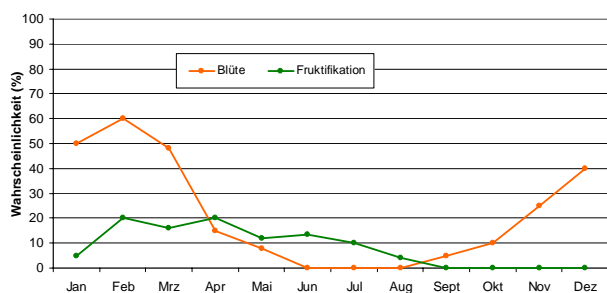


Abbildung 4-18: *Vismia tomentosa*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Francisco. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

Nach Abbildung 4-18 erstreckt sich die Blüte von *Vismia tomentosa* in der Ernteregion San Francisco über einen Zeitraum von neun Monaten. Mit 60% Blütewahrscheinlichkeit der beobachteten Individuen lag das Maximum im Februar. Die größte Wahrscheinlichkeit, bei den beobachteten Bäumen fruktifizierende anzutreffen, war mit 20% im Februar und im April gegeben. Für eine Ernte der reifen Früchte ist somit die Zeit zum Ende des Fruktifikationszeitraumes von April bis Juni / Juli in San Francisco am günstigsten.

Beschreibung des Saatgutes



Abbildung 4-19: *Vismia tomentosa*: Früchte und Samen

Die weinroten Früchte werden von den Fruchtständen abgepflückt. Die Samen mussten vor der Aussaat aus der Frucht extrahiert werden. Die Früchte besitzen einen orange-gelblichen Milchsaft, der intensive Färbungen hervorrufen kann.

Frucht		Samen	
Form	fleischige, beerenartige Frucht	Form	länglich
Länge	1 – 2 cm	Größe	ca. 5 mm
Breite	ca. 1 cm	Farbe	dunkelbraun
Farbe	weinrot (bei Reife)	TKG	0,59 g , ca. 1 700 000 Samen/kg *
		Feuchte	11,38 % *

Tabelle 4-6: *Vismia tomentosa*, Saatgut
(TKG = Tausendkorngewicht)
* CABRERA & ORDÓÑEZ (2004)

4.1.7. *Cinchona officinalis*

Erntezeitraum

Cinchona officinalis kommt nur in der Ernteregion San Pedro de Vilcabamba natürlich vor. Die Cascarilla wies einen unregelmäßigen Verlauf bzgl. der Reproduktionsphänologie auf. Über den gesamten Jahresverlauf waren Blüte und Fruktifikation zu beobachten. Bei den beobachteten Bäumen ergaben sich Wahrscheinlichkeiten zwischen 25% und 97%, blühende Individuen anzutreffen. Die

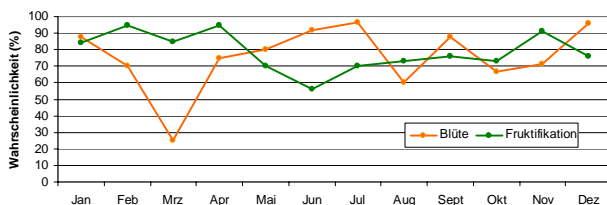


Abbildung 4-20: *Cinchona officinalis*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Pedro de Vilcabamba. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

Fruktifikation schwankte zwischen 65% und 95%. Das Minimum lag hier im Juni. Es war jedoch deutlich weniger ausgeprägt als das Blüteminimum.

Für *Cinchona officinalis* lässt sich in San Pedro de Vilcabamba kein optimaler Erntezeitraum benennen, da im Erntegebiet Früchte ganzjährig vorhanden sind. Aus den Beobachtungen lässt sich jedoch entnehmen, dass nicht zu jedem Zeitpunkt Früchte an den Bäumen reifen, sondern

dass einzelne Bäume zu unterschiedlichen Zeitpunkten blühen bzw. fruktifizieren. Aus der ersten Projektphase lässt sich jedoch der Zeitraum für die größte Wahrscheinlichkeit auf eine gute Ausbeute von Januar bis April und im Monat November ableiten.

Beschreibung des Saatgutes

Da sich *Cinchona* mit dem Wind verbreitet, ist die Samenausbeute grösser, wenn die Ernte kurz vor dem Öffnen der Früchte durchgeführt wird. Die Früchte, die zu dem Zeitpunkt eine Farbe von dunklem Weinrot besitzen, werden dann in der Sonne zum Nachreifen ausgelegt. Bei direkter Sonneneinstrahlung wechseln sie zu einer bräunlichen Farbe, öffnen sich (vgl. Abbildung 4-21) und geben die kleinen, geflügelten Samen frei.

Frucht		Samen	
Form	längliche Schote	Form	klein, geflügelt
Länge	bis 2,5 cm	Größe	3 – 7 mm
Breite	ca. 1 cm	Farbe	dunkelbraun
Farbe	rotbraun (bei Reife)	TKG	0,825 g , ca. 1 212 000 Samen/kg 0,7828 g , ca. 1 310 000 Samen/kg *
		Feuchte	14,3 % *

Tabelle 4-7: *Cinchona officinalis*, Saatgut
(TKG = Tausendkorngewicht)
*DIAZ & LOJAN (2004)



Abbildung 4-21: *Cinchona officinalis*: Früchte und Samen

Liegen die Samen einige Stunden vor der Aussaat im Wasser, erleichtert und beschleunigt dies die Quellungsphase und die weiteren Schritte der Keimung. Zudem können die viablen Samen von den Hohlsemen unterschieden werden, wodurch sichergestellt werden kann, dass nur das keimfähige Saatgut in der Saat verwendet wird.

Saat unter standardisierten Bedingungen

Die Saat unter standardisierten Bedingungen ergab Keimraten und –geschwindigkeiten wie in Abbildung 4-22 dargestellt.

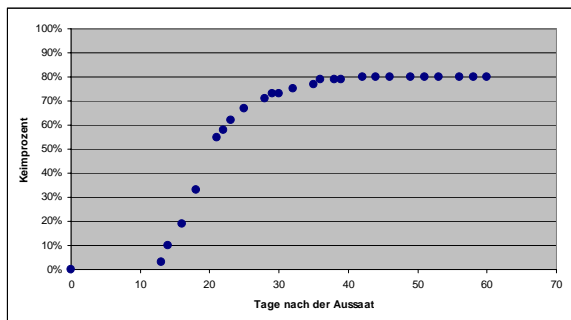


Abbildung 4-22: *Cinchona officinalis*, Standardsaat Mittelwerte aus 4 Wiederholungen (Wdh.), 25 Samen pro Wdh.

Der Beginn der Keimung konnte am 13. Tag nach der Aussaat beobachtet werden. Gegen den 40. Tag war das maximale Keimprozent von im Schnitt 80% erreicht. Zwischen den Wiederholungen der Probesaaten ergaben sich große Unterschiede in den Keimergebnissen. Die kumulativen Keimraten schwankten von 60% bis zu 100%.

4.1.8. *Clethra revoluta*

Erntezeitraum

Die Art *Clethra revoluta* kommt in beiden Ernteregionen vor, weist aber zeitlich deutliche Unterschiede in der Reproduktionsphänologie auf (GÜNTER et al., 2004). Das in den Versuchen verwendete Saatgut stammt aus der Region San Francisco. Aus diesem Grund werden nur die Erntezeiträume aus dem Gebiet San Francisco beschrieben.

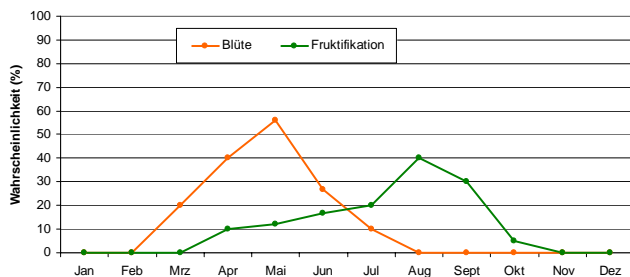


Abbildung 4-23: *Clethra revoluta*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Francisco. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruchtifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

Nach Abbildung 4-23 begann die Blüte im Februar / März, gipfelte im Mai und war im August bereits abgeschlossen. Die Periode der Fruchtifikation folgte zeitlich nur kurz versetzt im April und erstreckte sich über einen Zeitraum von einem halben Jahr. Die höchste Wahrscheinlichkeit, unter den beobachteten Bäumen auf fruktifizierende Bäume zu treffen, ergibt sich mit 40 % im August. In der Region San Francisco bietet sich die beste Zeit im August und September, reife Früchte zu ernten.

Beschreibung des Saatgutes

Die Früchte sind sehr klein und dreikammerig. Sie wechseln im Verlauf des Reifeprozesses von weißer über rötliche zu bräunlicher Farbe. Die Samen sind ebenfalls braun, sehr klein und geflügelt (Tabelle

Frucht		Samen	
Form	Schotenartige Frucht	Form	geflügelt
Länge	ca. 0,5 cm	Größe	ca. 1 mm
Breite	ca. 0,5 cm	Farbe	braun
Farbe	bräunlich (bei Reife)	TKG	0,051 g , ca. 19 608 000 Samen/kg 0,0753 g , ca. 13 260 000 Samen/kg * 0,05 g , ca. 19 417 000 Samen/kg **
		Feuchte	8,97 % * 6,53 % **

Tabelle 4-8: *Clethra revoluta*, Saatgut (TKG = Tausendkorngewicht)

*DIAZ & LOJAN (2004), **CABRERA & ORDOÑEZ (2004)

4-8 und Abbildung 4-24).

Clethra revoluta verbreitet sich mit dem Wind. Für eine große Samenausbeute ist es daher von Vorteil, die Früchte vor dem Öffnen und Freilassen der Samen zu ernten und sie in der Sonne nachreifen und sich öffnen zu lassen. Hierbei wird eine undurchlässige Unterlage benötigt, da die Samen sehr klein sind und schon bei kleinen Luftbewegungen sehr leicht verwehen können.

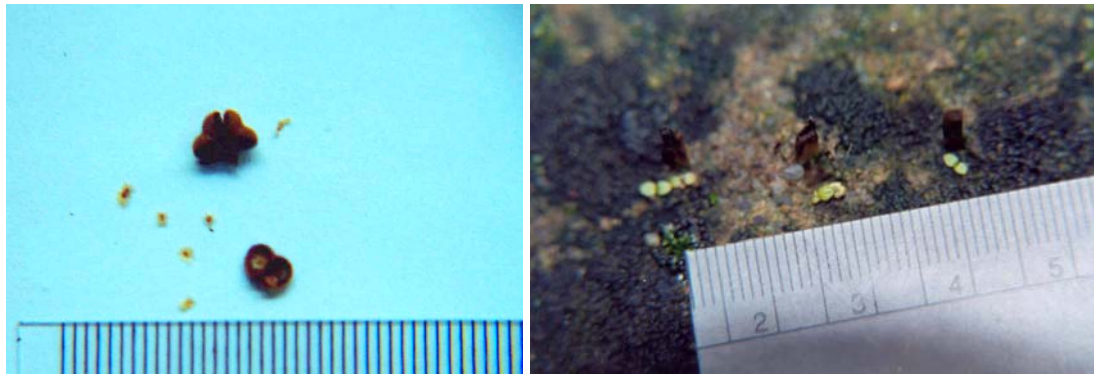


Abbildung 4-24: *Clethra revoluta*: Früchte und Samen (links) und Keimlinge (rechts)

Saat unter standardisierten Bedingungen

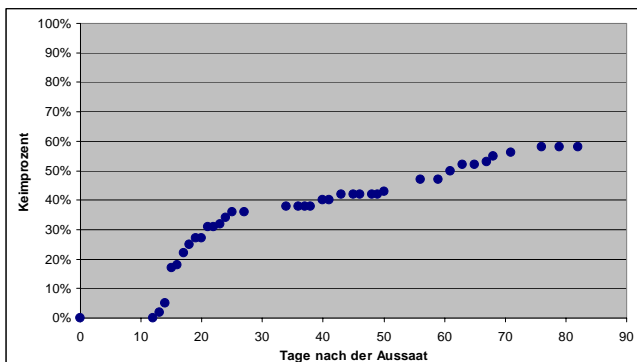


Abbildung 4-25: *Clethra revoluta*, Standardsaat
Mittelwerte aus 4 Wiederholungen (Wdh.), 25 Samen pro Wdh.

Die Saat des geernteten Saatgutes unter standardisierten Bedingungen ergab die in Abbildung 4-25 dargestellten Ergebnisse. Am 13. Tag nach der Aussaat wurde der Beginn der Keimung dokumentiert. Die Keimung zog sich über einen Zeitraum von etwa 70 Tagen hin, in dem zwei Schübe der Keimung zu beobachten waren: Knapp 60% der gekeimten Samen keimten im Zeitraum vom 13. bis 25. Tag nach der Aussaat. Der zweite Schub ergab sich vom 50. bis

zum 80. Tag nach der Saat. Hier ereignete sich nochmals etwa ein Viertel der Gesamtkeimung. Die Keimprozent der Wiederholungen weichen sehr stark voneinander ab. Die kumulativen Keimraten reichen von 40% bis 80%.

4.1.9. *Heliocarpus americanus*

Erntezeitraum

Heliocarpus americanus wurde nur in der Ernteregion San Francisco in die Phänologiestudien integriert. Die Blüte erstreckt sich von Februar bis August über einen Zeitraum von über einem halben Jahr (Abbildung 4-26). Ab April und ebenfalls über einen Zeitraum von etwa einem halben Jahr folgt die Phase der Fruktifikation. Die Wahrscheinlichkeit, bei den beobachteten Individuen reife Früchte zu beobachten, lag im Juli mit etwa 67 % am höchsten. Als bester Zeitraum für die Ernte reifer Früchte bot sich in der Region San Francisco somit das Ende der Fruktifikationsperiode von August bis Oktober an.

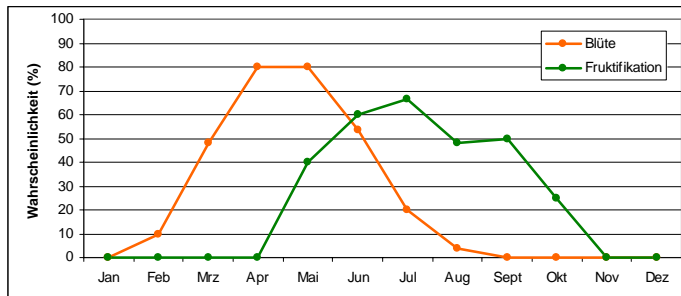


Abbildung 4-26: *Heliocarpus americanus*, Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Francisco. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GUNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

Ab April und ebenfalls über einen Zeitraum von etwa einem halben Jahr folgt die Phase der Fruktifikation. Die Wahrscheinlichkeit, bei den beobachteten Individuen reife Früchte zu beobachten, lag im Juli mit etwa 67 % am höchsten. Als bester Zeitraum für die Ernte reifer Früchte bot sich in der Region San Francisco somit das Ende der Fruktifikationsperiode von August bis Oktober an.

Beschreibung des Saatgutes

Die Früchte wechseln im Verlauf des Reifeprozesses von rötlicher zu dunkelbrauner Farbe. Früchte und Samen sind sehr klein. Die Früchte werden im reifen und geschlossenen Zustand von den Bäumen geerntet. Die Samen müssen vor der Saat aus der Frucht extrahiert werden. Hier bietet sich als mechanische Skarifikation das Schütteln der Samen in einem Behälter mit kleinen Steinen und Kies an. Die Steine reiben die Fruchtschalen auf, die Samen können aus der Frucht austreten und anschließend aus dem Gemisch von Steinen und offenen Früchten aussortiert werden.

Frucht		Samen	
Form	Rundlich, mit „Sonnenstrahlen“	Form	rundlich
Länge	ca. 0,5 cm	Größe	ca. 0,1 cm
Breite	ca. 0,5 cm	Farbe	dunkelbraun bis schwarz
Farbe	Bei Reife dunkelbraun	TKG	1,86 g , ca. 538 000 Samen/kg *
		Feuchte	28,05 % *
		Keimprozent	21,33% *

Tabelle 4-9: *Heliocarpus americanus*, Saatgut (TKG =Tausendkorngewicht) *CABRERA & ORDOÑEZ (2004)

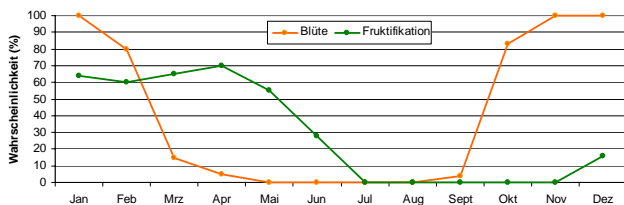


Abbildung 4-27: *Heliocarpus americanus*: Samen und Frucht (links), Keimling (rechts)

4.1.10. *Prumnopitys montana*

Erntezeitraum

Prumnopitys montana wurde in beiden Ernteregionen in die phänologischen Beobachtungen einbezogen. In San Pedro de Vilcabamba fanden die intensiveren Blüte- und Fruktifikationsereignisse



statt, daher beschränken sich die folgenden Beschreibungen nur auf diese Ernteregion.

Die Blüte erstreckte sich ab September über sieben Monate. Ab Dezember folgt die Fruktifikation. Um reife Früchte zu erhalten, eignen sich als guter Erntezeitraum die Monate gegen Ende der Fruktifikationsperiode. In San Pedro de Vilcabamba bieten sich hierfür die Monate März bis Juni an.

Abbildung 4-28: *Prumnopitys montana*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregion San Pedro de Vilcabamba. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

Beschreibung des Saatgutes

Da die fruktifizierenden Bäume oft sehr hoch sind, muss entweder für die Ernte in die Bäume geklettert und die Früchte direkt dort geerntet werden, oder unter den fruktifizierenden Bäumen Tücher oder Folien ausgelegt und die reifen und abfallenden Samen dort aufgefangen werden.

Frucht		Samen	
Form	Rundlich mit fleischiger Hülle	Form	rundlich
Länge	0,5 – 0,7 cm	Größe	ca. 0,3 – 0,5 cm
Breite	0,5 – 0,7 cm	Farbe	Braun
Farbe	Grün-braun	TKG	323,64 g , ca. 3 090 Samen / kg (gewässert) 61,313 g , ca. 16 310 Samen/kg (trocken) 74 g , ca. 13 500 Samen/kg *
		Feuchte	63,32 % *

Tabelle 4-10: *Prumnopitys montana*, Saatgut (TKG = Tausendkorngewicht) *DIAZ & LOJAN (2004)

Die Früchte werden von den Zweigen getrennt und die Fruchtschale entfernt. Hierbei bietet sich ein etwa 24-stündiges Wässern der Früchte an, das die Fruchtschale aufweicht. Während des Wässerns lassen sich auch die Hohlsamen von den vollen Samen aussortieren. Volle Samen sinken im Wasser ab, während die Hohlsamen an der Oberfläche schwimmen. Bei der Ernte in San Pedro de Vilcabamba



Abbildung 4-29: *Prumnopitys montana*: Früchte und Samen

im Juni / Juli 2002 wurde auf diese Weise festgestellt, dass etwa 80% der gesammelten Samen hohl waren.

4.1.11. Podocarpus oleifolius

Erntezeitraum

In beiden Ernteregionen wurde die Baumart *Podocarpus oleifolius* in die phänologischen Beobachtungen einbezogen. Die Blüte und Fruktifikation der beobachteten Individuen blieb aus. An anderen Bäumen im gleichen Untersuchungsgebiet konnten aber Blüte und Fruktifikation beobachtet werden, die jedoch nicht dokumentiert wurden.

Beschreibung des Saatgutes

Die Bezeichnung der Gattung „*Podocarpus*“ deutet bereits auf die Form der Frucht hin. Die wörtliche Übersetzung lautet „Fußfrucht“ und bezieht sich auf den fleischigen Fuß, mit dem Frucht und Zweig verbunden sind (vgl. Abbildung 4-30). Im Verlauf der Fruchtreife wechseln die Früchte ihre Farbe von grünlich zu violett (MARIN VELEZ, 1998).

Frucht		Samen	
Form	Rundlich mit fleischigem Fuß	Form	Rundlich bis oval
Länge	1 - 1,5 cm	Größe	ca. 0,7 – 1 cm
Breite	0,5 - 0,7 cm	Farbe	k. A.
Farbe	Grün-braun, bei Reife weinrot	TKG	k. A.
		Feuchte	k. A.

Tabelle 4-11: *Podocarpus oleifolius*, Saatgut



Abbildung 4-30: *Podocarpus oleifolius*: Frucht am Zweig

Über optimale Aufbereitungsmethoden und Vorbehandlungen des Saatgutes zur Erhöhung der Keimrate konnten in der ersten Projektphase keine Ergebnisse gewonnen werden.

4.1.12. *Juglans neotropica*

Erntezeitraum

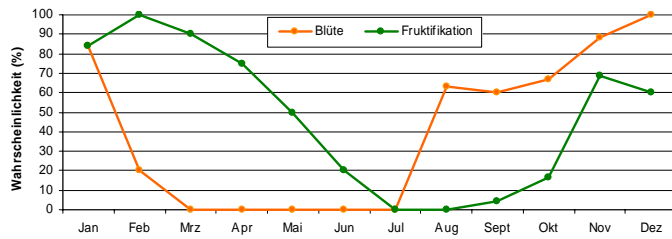


Abbildung 4-31: *Juglans neotropica*: Reproduktionsphänologie in der Ernteregeion San Pedro de Vilcabamba. Angegeben ist die Wahrscheinlichkeit, im Beobachtungszeitraum unter den beobachteten blühende bzw. fruktifizierende Individuen anzutreffen (GÜNTER et al., 2004, mündliche Mitteilung).

Juglans neotropica wurde nur in der Ernteregeion San Pedro de Vilcabamba phänologisch beobachtet. Der Blütezeitraum zog sich von Juli / August bis Februar hin. Die Fruktifikation folgte kurz darauf ab September/Oktober, kulminierte im Februar und endete im Juni / Juli. Die günstigste Zeit für eine erfolgreiche Saatguternte ergab sich somit in den Monaten Mai und Juni.

Beschreibung des Saatgutes

Die Früchte reifen als Steinfrucht mit kurzem Stiel an den Zweigen. Epicarp und Mesocarp sind fleischig, das Endocarp holzig und dunkelbraun (CATIE, 1999).

Frucht		Samen	
Form	Steinfrucht, rundlich	Form	rund, leicht länglich
Länge	ca. 5 cm	Größe	ca. 3 – 3,5 cm
Breite	ca. 5 cm	Farbe	dunkelbraun
Farbe	grünlich braun	TKG	5 – 20 kg ** 20,152 kg *
		Feuchte	50,552 % * 9-10%**

Tabelle 4-12: *Juglans neotropica*: Saatgut
* DIAZ & LOJAN (2004) ** CATIE (1999)



Abbildung 4-32: *Juglans neotropica*: Früchte (links) und Keimling (rechts)

Als Vorbehandlung haben sich das Einweichen der Früchte und das Abreiben der Schale empfohlen. CATIE (1999) empfiehlt außerdem ein darauf folgendes Auslegen in der Sonne über einen Zeitraum von zwei Tagen. Nach der Vorbehandlung wird nur der Stein ausgesät. Dieser öffnet sich länglich im Verlaufe der Keimung. Die Keimung erfolgt hypogäisch und beginnt ca. 25 – 35 Tage nach der Saat (CATIE, 1999).

4.2. Keimung

Die Versuche zur Keimung der ausgewählten Baumarten fanden im Zeitraum von Juni 2002 bis April 2003 im Gewächshaus der Projektbaumschule in Loja statt. Dem Versuchsaufbau liegt das im Abschnitt 3.5.3 dargestellte Design zugrunde, das für die Baumarten *Cedrela montana*, *Alnus acuminata*, *Clethra revoluta*, *Tabebuia chrysantha* und *Cinchona pubescens* verwendet wurde. Aufgrund unterschiedlicher Keimschnelligkeiten und Beobachtungszeiträume konnte die Auswertung der Keimverläufe für die Baumarten nur getrennt vorgenommen werden. Die vergleichende Betrachtung aller untersuchten Arten findet für die Variable ‚kumulatives Keimprozent‘ im Anschluss an die Darstellung der Keimergebnisse der einzelnen Baumarten statt.

Die kumulativen Keimprozente und die Keimverläufe wurden nach den Blöcken (Kammern des Gewächshauses) getrennt ausgewertet. Bei den meisten Baumarten ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Blöcken, daher wurden die Keimergebnisse der beiden Blöcke zusammenfassend dargestellt. Einzig bei *Clethra revoluta* ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Kammern des Gewächshauses. Hier erfolgt neben der getrennten Auswertung auch die Darstellung der Keimprozente getrennt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Keimverlaufes und des kumulativen Keimprozentes der einzelnen Baumarten zusammenfassend vorgestellt. Für *Alnus acuminata* und *Tabebuia chrysantha* waren zudem Messreihen zur Entwicklung der Keimlinge im Saatbeet vorhanden (vgl. 3.5.3, Keimversuch, Entwicklung der Keimlinge, S. 36ff).

4.2.1. *Cedrela montana*

Das Samenmaterial für den Versuch stammt aus den zwei Herkunftsgebieten San Francisco und San Pedro de Vilcabamba. In Tabelle 4-13 sind das Saatgut und die Versuchsbedingungen beschrieben.

<i>Cedrela montana</i>			
Herkunft	San Francisco	San Francisco	San Pedro de Vilcabamba
Datum (Ernte)	1. Juni 2002	ca. 13. Juli 2002	19. Mai / 2. Juni 2002
Anzahl Erntebäume	1	1	1
Datum (Aussaat)	25. Juli 2002 / 26. Juli 2002		
Alter der Samen bei Aussaat	56 Tage	ca. 14 Tage	69 / 55 Tage
Vorbehandlung	Wässern, 4 - 10 Stunden vor der Saat		
Versuchseinheiten	Beleuchtung: 65%, 40%, 15 % rel. Beleuchtungsintensität Substrat: Baumschul-Standardsubstrat (BS), BS + Walderde (W), BS + Kompost (C)		
Anzahl (Versuchseinheiten)	2 (Kammern=Blöcke) x 3 (Licht) x 3 (Substrat) x 6 Wdh.		
Anzahl (Samen / Versuchseinheit)	10-48		
Anzahl (Samen gesamt)	ca. 2400		
Saatort	Gewächshaus, beide Kammern		
Aussaatbehälter	Pikiergefäße		

Tabelle 4-13: *Cedrela montana*, Versuchsbedingungen und Saatgut

Keimverlauf

Die Samenkeimung begann im Baumschul-Standard-Substrat und im Walderde-Substrat am 18. Tag nach der Aussaat. Im Kompost-Substrat keimten die Samen erst am 21. Tag nach der Saat. 40 Tage nach der Saat war die Keimung weitgehend abgeschlossen. Danach kamen nur noch vereinzelt weitere Keimlinge hinzu.

Die Keimverläufe der Herkunft San Francisco verhielten sich unterschiedlich in den Lichtintensitäten. Je geringer die Lichtintensität umso schneller und sprunghafter der Anstieg des Keimprozents bis zum Erreichen der kumulativen Keimrate (vgl. Abbildung 4-33 oben). Dieser Trend ist bei der Herkunft San

Pedro de Vilcabamba weniger ausgeprägt (vgl. Abbildung 4-33 unten). Auffällig ist hier nur der langsame Anstieg des Keimprozentes in der hellsten Lichtintensität.

Deutlichere Unterschiede lassen sich ungeachtet der jeweiligen Herkunft in den Keimverläufen in den getesteten Substratvarianten erkennen. Schnelle Keimverläufe und durchgehend die höchsten kumulativen Keimprozente weisen die Saaten im Baumschul-Standard-Substrat auf. Außer in der hellsten und der dunkelsten Lichtintensität der Saaten aus San Francisco keimt *Cedrela montana* im Walderde-Substrat am schlechtesten.

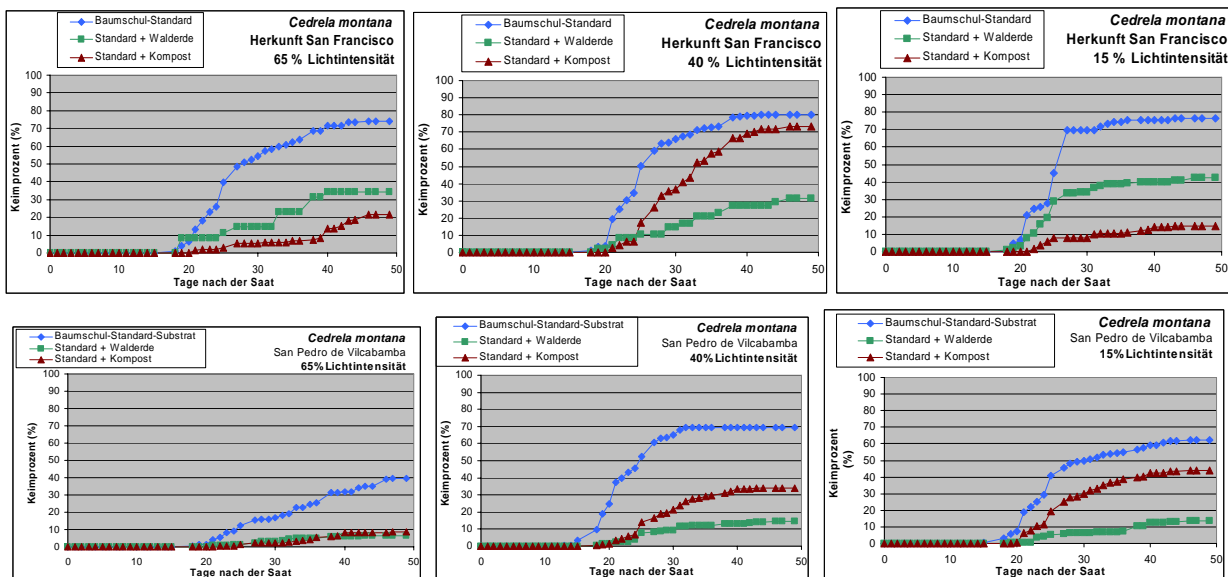


Abbildung 4-33: *Cedrela montana*, Keimverlauf der beiden Provenienzen San Francisco (oben) und San Pedro de Vilcabamba (unten) bei den untersuchten Beleuchtungsintensitäten (von links nach rechts: 65%, 40%, 15%)

Kumulative Keimprozente

Am Ende des Beobachtungszeitraumes von 49 Tagen ergaben sich die in Tabelle 4-15 dargestellten Keimprozente.

		Herkunft San Francisco		
		65 %	40 %	15 %
Baumschul-Standard-Substrat	Keim%	73,9 %	80,2 %	76,6 %
	SF	8,275	4,04	5,195
	N	6	9	2
Walderde-Substrat	Keim%	34,4 %	31,3 %	42,2 %
	SF	15,625		8,772
	N	2	1	4
Kompost-Substrat	Keim%	21,7 %	73,1 %	14,6 %
	SF	4,956	11,944	9,845
	N	5	2	3

Tabelle 4-14: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): Kumulative Keimprozente 49 Tage nach der Aussaat (Keim%= kumulatives Keimprozent am Ende des Beobachtungszeitraumes, SF = Standard-Fehler, N= Anzahl der in die Berechnung eingehenden Versuchswiederholungen)

Herkunft San Pedro de Vilcabamba

		Licht		
		65 %	40 %	15 %
Baumschul-Standard-Substrat	Keim%	39,73 %	69,4 %	62,5 %
	SF	4,807	3,675	9,086
	N	4	3	10
Walderde-Substrat	Keim%	6,3 %	14,4 %	13,6 %
	SF	3,707	2,415	6,611
	N	4	8	7
Kompost-Substrat	Keim%	8,7 %	34,1 %	43,9 %
	SF	4,551	8,309	13,7
	N	5	10	9

Tabelle 4-15: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): Kumulative Keimprozent 49 Tage nach der Aussaat (Keim%= kumulatives Keimprozent am Ende des Beobachtungszeitraumes, SF = Standard-Fehler, N= Anzahl der in die Berechnung eingehenden Versuchswiederholungen)

Herkunft San Francisco

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(between subject effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block	1	0.3284	-
Licht	2	0.4084	-
Substrat	2	0.0846	-
Licht*Substrat	4	0.6082	-

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Keimverlauf (Within Subject Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Keimverlauf	42	<.0001	***
Keimverlauf *Block	42	0.4802	-
Keimverlauf *Licht	84	0.0019	**
Keimverlauf *Substrat	84	<.0001	***
Keimverlauf *Licht*Substrat	168	0.1455	-

Tabelle 4-16: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): Auswertung der Varianzanalysen: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den einzelnen Faktorstufen, unten: Effekte im Keimverlauf (Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W = Walderde-Substrat, C = Kompost-Substrat, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, Berechnung von Substrat und Licht*Substrat mit Block*Substrat(Licht) als Fehlerwert)

In allen untersuchten Beleuchtungsintensitäten ergaben die Aussaaten im Baumschul-Standardsubstrat bei beiden Provenienzen deutlich die höchsten kumulativen Keimprozent. Die Keimprozent im Standardsubstrat lagen bei Saatgut der Herkunft San Francisco zwischen knapp 74% und über 80%, bei Saatgut aus San Pedro de Vilcabamba zwischen knapp 40% und etwa 70%. Die Keimergebnisse der beiden anderen getesteten Substrate waren deutlich geringer. Nur die Saat aus San Francisco im Kompost-Substrat bei mittlerer Beleuchtungsintensität erreichte ein Keimprozent von ca. 73%, während alle anderen getesteten Varianten deutlich weniger als 50% keimten.

Herkunft San Pedro de Vilcabamba

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(between Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block	1	0.5381	-
Licht	2	0.2897	-
65% - 15%	1	0.2444	-
Substrat	2	0.0022	**
W - C	1	0.0680	-
Licht*Substrat	4	0.6164	-

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Keimverlauf (Within Subject Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Keimverlauf	42	<.0001	***
Keimverlauf *Block	42	0.9893	-
Keimverlauf *Licht	84	0.0002	***
65% - (40%+15%)		0.0001	***
Keimverlauf *Substrat	84	<.0001	***
W - C	42	<.0001	***
Keimverlauf *Licht*Substrat	168	0.9999	-

Tabelle 4-17: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): Auswertung der Varianzanalysen: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den einzelnen Faktorstufen, unten: Effekte im Keimverlauf (Auswertung mit transformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W = Walderde-Substrat, C = Kompost-Substrat, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, Berechnung von Substrat und Licht*Substrat mit Block*Substrat(Licht) als Fehlerwert)

Die Auswertung im Rahmen der Varianzanalyse ergab für die Plots (Lichtintensitäten innerhalb der Blöcke) als auch für die Subplots (Substratvarianten) keine signifikanten Einflüsse der getesteten Faktoren und Faktorkombinationen auf die Keimraten der Herkunft San Francisco. Aus der Analyse des Keimverlaufs (within subjects effect) lassen sich signifikante Unterschiede sowohl in den Licht- als auch Substratvarianten erkennen. Die Kombinationen aus Licht*Substrat unterschieden sich jedoch nicht signifikant im Keimverlauf (Tabelle 4-16).

Die Ergebnisse des Keimversuches der Herkunft San Pedro de Vilcabamba verhielten sich ähnlich. Hier war jedoch ein Einfluss des Lichts auf das Keimverhalten im Versuchsverlauf (within subjects effect) deutlicher zu erkennen (Tabelle 4-17 unten). Bei den dunkleren Lichtintensitäten (15%, 40%) ging die Keimung schneller vonstatten als bei der hellsten Beleuchtung (siehe Abbildung 4-33).

Der Keimversuch wurde beeinflusst von den infrastrukturellen Störungen im Verlauf der Versuchsdurchführung. Aufgrund starker und anhaltender Stürme im August 2002 brach das Gewächshaus ein und alle Versuchseinheiten in der Kammer 1 mussten während der Wiederherstellungsarbeiten evakuiert werden. Die Umstellung, wie auch die spätere Anordnung der Versuchseinheiten in der wieder hergestellten Kammer in Bereichen mit unterschiedlicher Bewässerungsintensität, hatte Einfluss auf die Versuchszuverlässigkeit. Sowohl die Anzahl der Wiederholungen pro Faktorkombination (Substrat x Beleuchtung) als auch die Größe der Wiederholungen (Anzahl der Samen pro Wiederholung) gestaltete sich sehr variabel. Die dargestellten Ergebnisse geben somit die Keimung des Teils der ausgesäten Samen wieder, die unter den gegebenen Voraussetzungen die Möglichkeit zur Keimung hatten. Die Grundgesamtheiten variierten jedoch stark zwischen den Faktorkombinationen.

Mortalität der Keimlinge

Bedingt durch die infrastrukturellen Gegebenheiten während des Keimversuchs lässt die quantitative Beschreibung der Mortalität der Keimlinge nur bedingt Aussagen zu. Während des Keimversuchs mit *Cedrela montana* wurde eine Gradation von Trauermücken (*Fungus Gnats*), eines Schädling im Gewächshaus (siehe Abschnitt 5.6.1.), festgestellt. Die Mücken legen ihre Eier in nährstoffreiches Substrat, in welchem das Larvenstadium verbracht wird. Als Nahrung dienen den Larven die Nährstoffe im Boden und nährstoffhaltige Wurzelteile der Keimlinge.

Dem Befall fielen besonders Cedro-Keimlinge im Kompost-Substrat zum Opfer. Eine höhere Mortalität der Keimlinge in diesem Substrat scheint daher nicht direkt durch die physikalisch-chemischen Eigenschaften dieses Substrattyps hervorgerufen, wohl aber durch dessen Attraktivität für Schädlinge. Weiterhin trockneten die Einheiten, die in der hellsten Lichtintensität (65%) platziert waren, aufgrund höherer Evaporationsraten nach der Bewässerung schneller aus als die Einheiten in dunkleren Lichtintensitäten. Während Perioden hoher Sonneneinstrahlung beeinflusste dies die neu gekeimten Pflanzen besonders, so dass viele Keimlinge kurz nach der Keimung vertrockneten.



Abbildung 4-34: *Cedrela montana*: Keimlinge

4.2.2. *Alnus acuminata*

Die Daten der Keimversuche stammen aus einer Versuchsreihe, die am 15. Juni 2002 begonnen wurde. Das Saatgut wurde im *Allisal* in der Nähe der Kontrollstation an der Straße von Loja nach Zamora gesammelt. Das Material und die Versuchsbedingungen sind in Tabelle 4-18 erklärt.

<i>Alnus acuminata</i>	
Datum (Ernte)	15. Mai 2002
Anzahl Erntebäume	4
Datum (Aussaat)	15. / 16. Juni 2002
Alter der Samen bei Aussaat	31 – 32 Tage
Vorbehandlung	keine
Versuchseinheiten	Beleuchtung: 65%, 40%, 15 % rel. Beleuchtungsintensität Substrat: Standardsubstrat (BS), BS + Walderde (W), BS + Kompost (C)
Anzahl (Versuchseinheiten)	2 Blöcke x 3 (Licht) x 3 (Substrat) x 3 Wdh. = 54
Anzahl (Samen / Einheit)	100
Anzahl (Samen gesamt)	100 x 54 = 5400
Saatort	Gewächshaus, Baumschule; beide Kammern
Aussaatschalen	Styroporschalen

Tabelle 4-18: *Alnus acuminata*: Versuchsbedingungen und Saatgut

Der Versuch wurde über 4 Monate beobachtet, doch der überwiegende Anteil der Samen keimte bereits im Verlauf der ersten 45 Tage. Die hier untersuchten Keimraten und –schnelligkeiten beziehen sich daher nur auf diesen Zeitraum. Die beschriebenen Beobachtungen umfassen jedoch auch den Zeitraum nach diesen 45 Tagen.

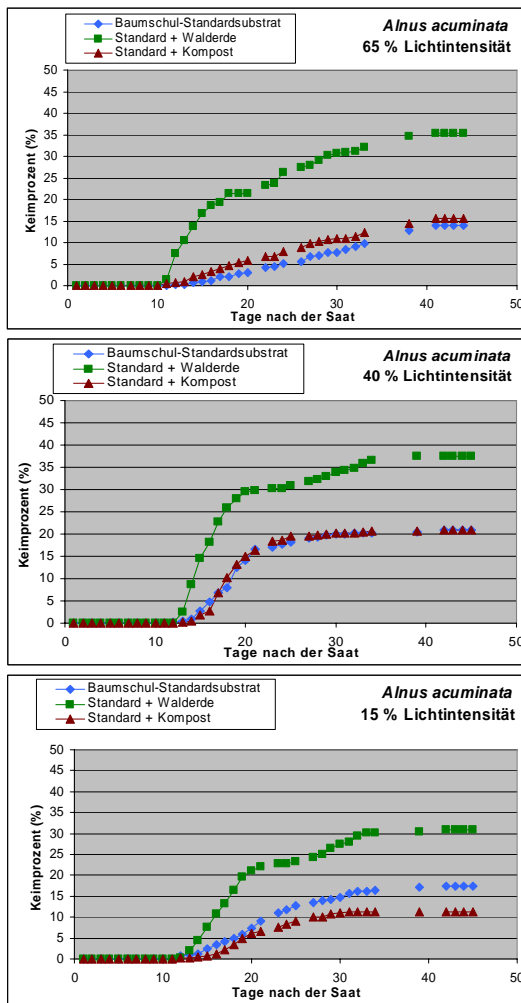


Abbildung 4-35: *Alnus acuminata*: Keimverlauf bei den getesteten Beleuchtungsintensitäten (von oben nach unten: 65%, 40 %, 15%)

Keimverlauf

Die Keimung der in der Baumschule ausgesäten Samen begann am 11. Tag nach der Saat. Bereits ab dem 15. bis 17. Tag nach der Aussaat unterschieden sich die Keimverläufe in den Lichtintensitäten und Substraten (Abbildung 4-35). Die Aussaaten im Walderde-Substrat hatten im Vergleich mit den anderen getesteten Substraten bereits am 20. Tag nach der Aussaat ein im Schnitt über 15% höheres Keimprozent, und konnten diesen Vorsprung im weiteren Keimverlauf weiter vergrößern. Ab dem 35. Tag war die Keimung weitgehend abgeschlossen.

Kumulative Keimprozente

Das Saatgut brachte in allen drei Beleuchtungsintensitäten die höchsten Keimraten im Walderde-Substrat (31% bis 37,5%). Das Keimprozent in den beiden anderen Substraten lag mit 11,2% (Kompost-Substrat, 15 % Beleuchtungsintensität) bis 21% (Baumschul-Standard-Substrat, 40% Beleuchtungsintensität) ca. 10 – 20 % niedriger. In den Varianzanalysen bestätigte sich der signifikante Einfluss des Substrats auf das Keimprozent (Tabelle 4-20). Besonders deutlich wurden die Unterschiede im Kontrastvergleich zwischen dem Walderde-Substrat und den beiden anderen Substraten. Erkennbar war ebenfalls im

Vergleich der Plots (Block*Licht als Fehlerwert) ein signifikanter Unterschied zwischen den Keimraten der Versuchseinheiten bei 40% und 15% Lichtintensität.

Bei der Analyse des Keimverlaufes ergaben sich außer zwischen den beiden Blöcken und den Faktorkombinationen Licht*Substrat in allen getesteten Faktoren und Faktorstufen signifikante Unterschiede (Tabelle 4-20).

		Licht		
		65 %	40 %	15 %
Baumschul-Standard-Substrat	Keim%	14,0 %	21,0 %	17,3 %
	SF	2,338	2,828	2,777
	N	6	6	6
Walderde-Substrat	Keim%	35,3 %	37,5 %	31,0 %
	SF	5,315	5,932	3,183
	N	6	6	6
Kompost - Substrat	Keim%	15,7 %	21,0 %	11,2 %
	SF	4,514	5,151	1,600
	N	6	6	6

Tabelle 4-19: *Alnus acuminata*: Kumulative Keimprozente 45 Tage nach der Aussaat (Keim%= kumulatives Keimprozent am Ende des Beobachtungszeitraumes, SF = Standard-Fehler, N= Anzahl der in die Berechnung eingehenden Versuchswiederholungen)

Alnus acuminata

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(Between Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block	1	0.6293	-
Licht	2	0.0728	-
65% - (40%+15%)	1	0.1729	-
40% - 15 %	1	0.0442	*
65% - 15%	1	0.6684	-
Substrat	2	0.0115	*
BS - (W+C)	1	0.0706	-
W - C	1	0.0074	**
W - (BS+C)	1	0.0040	**
Licht*Substrat	4	0.8892	-

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Keimverlauf
(Within Subject Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Keimverlauf	36	<.0001	***
Keimverlauf *Block	36	0.9930	-
Keimverlauf *Licht	72	<.0001	***
65% - (40%+15%)	36	<.0001	***
40% - 15 %	36	<.0001	***
65% - 15%	36	0.0017	**
Keimverlauf *Substrat	72	<.0001	***
BS - (W+C)	36	<.0001	***
W - C	36	<.0001	***
W - (BS+C)	36	<.0001	***
Keimverlauf *Licht*Substrat	144	1.0000	-

Tabelle 4-20: *Alnus acuminata*: Auswertung der Varianzanalysen: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den einzelnen Faktorstufen, unten: Effekte im Keimverlauf (Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W = Walderde-Substrat, C = Kompost-Substrat, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, Berechnung von Substrat und Licht*Substrat mit Block*Substrat(Licht) als Fehlerwert)

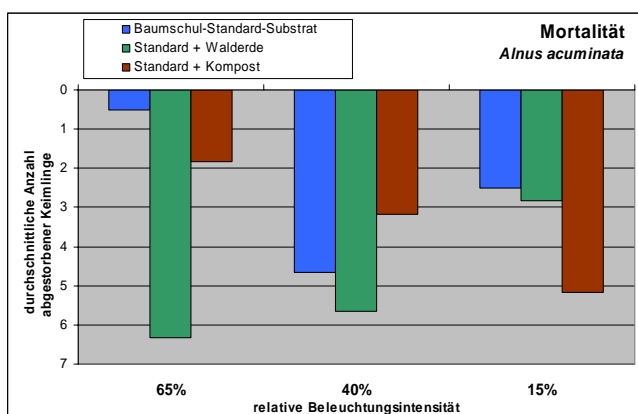


Abbildung 4-36: *Alnus acuminata*: Mortalität am Ende der Beobachtungsperiode von 45 Tagen

Mortalität der Keimlinge

Der Keimversuch mit *Alnus acuminata* wurde ebenfalls beeinflusst durch einen Trauermücken-Befall der Substrate. Die beobachtete Mortalität der Keimlinge kann daher nicht eindeutig einem der untersuchten Faktoren für die Keimung zu geschrieben werden.

Am Ende der Untersuchungsperiode ergaben sich die in Abbildung 4-36 dargestellten Mortalitäten in den Versuchseinheiten der Faktorkombinationen Licht*Substrat. Es ist die durchschnittliche Anzahl der abgestorbenen Keimlinge dargestellt.

Es zeigt sich, dass die höchsten Mortalitäten in den Einheiten mit Walderde und – besonders in der dunkelsten Lichtintensität – im Kompost-Substrat auftraten. Gründe für die höheren Mortalitäten sind vermutlich die höheren Anteile organischer Substanzen im Walderde- und Kompost-Substrat, die auf die Trauermücken eine hohe Attraktivität ausübten. Im Walderde-Substrat wurde zudem ein erhöhter Ausfall der Keimlinge aufgrund der Umfallkrankheit (*damping off*) verzeichnet. Der hierfür verantwortliche Pilz verbreitet sich fleckenartig und verursacht zunächst eine bräunliche Verfärbung der Keimblätter, anschließendes Verfaulen des Sprosses und Umfallen des Keimlings (siehe Abschnitt 5.6.4., S. 144).

Die Keimlinge Alisos im Walderde-Substrat keimten somit zwar zahlreicher, waren jedoch auch anfälliger für Schädlinge und Pathogene und somit einer erhöhten Mortalität ausgesetzt.

Entwicklung der Keimlinge

Die Keimung von *Alnus acuminata* erfolgt epigäisch (vgl. Abbildung 4-38). Aus den Ergebnissen der wöchentlichen Wachstumsmessungen von 10 Keimlingen (Baumschul-Standardsubstrat, 40%

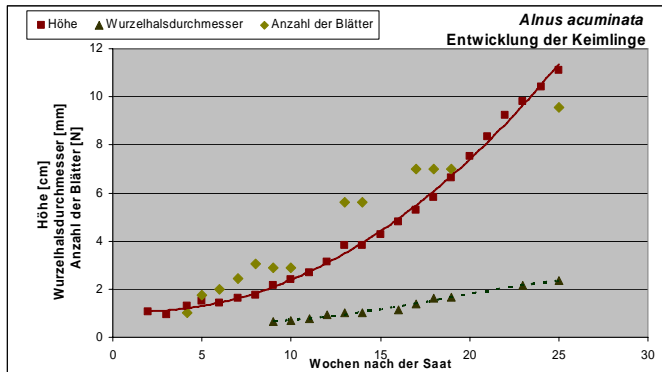


Abbildung 4-37: *Alnus acuminata*: Entwicklung der Keimlinge

Lichtintensität im Gewächshaus) – dargestellt in Abbildung 4-37 – lässt sich erkennen, dass sich das Höhenwachstum konstant entwickelt. Die Pflanzen haben in der 25. Woche nach der Keimung durchschnittlich eine Höhe von 11,1 cm erreicht. Der Zuwachs ist auch gegen Ende der Messreihe konstant, d. h. es deutet sich keine Wuchsdepression an. Auch der Wurzelhalsdurchmesser und die Blattanzahl nehmen kontinuierlich im Versuchsverlauf zu.

Aus den Wachstumsmessungen lassen sich die Regressionen in Tabelle 4-21 berechnen. Als Ausgangszahl standen zu Beginn der Beobachtungsperiode zehn Pflanzen zu Verfügung. Aufgrund der Mortalität der Keimlinge berechneten sich die letzten Mittelwerte 25 Wochen nach der Keimung nur noch aus sieben Einzelmessungen.

	Regression			Bestimmtheitsmaß	
Höhe	h	=	0,4463 *w	- 1,4111	R ² = 0,9326
WHD	WHD	=	0,1097 *w	- 0,4233	R ² = 0,9798

Tabelle 4-21: *Alnus acuminata*: Regressionsformeln für das Wachstum der Keimlinge, gerundet (h = Höhe der Keimlinge (cm) , WHD = Wurzelhalsdurchmesser(mm), w = Wochen nach der Keimung)

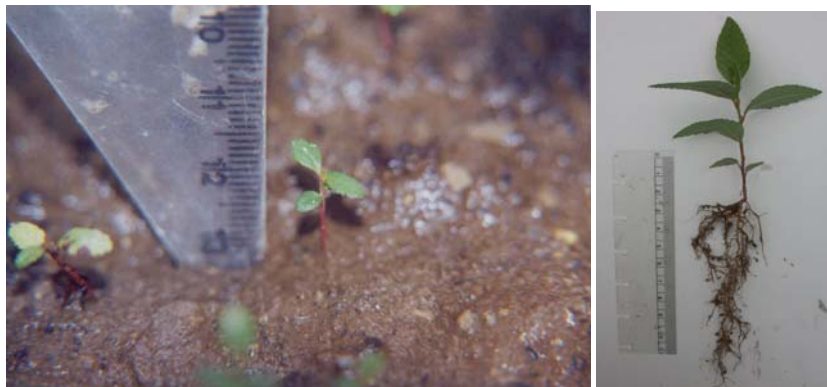


Abbildung 4-38: *Alnus acuminata*, Keimling und Jungpflanze

4.2.3. *Tabebuia chrysantha*

Die Versuchsreihe wurde am 9. Januar 2003 gestartet. Das dabei verwendete Saatgut wurde am 20. Dezember 2002 auf einer ehemaligen Weidefläche in der Nähe der ECSF geerntet. Tabelle 4-22 gibt einen Überblick über das verwendete Saatgut des Versuchs.

<i>Tabebuia chrysantha</i>	
Datum (Ernte)	20. Dezember 2002
Anzahl Erntebäume	1
Datum (Aussaat)	09. Januar 2003
Alter der Samen bei Aussaat	20 Tage
Vorbehandlung	Wässern in der Nacht vor der Aussaat
Versuchseinheiten	Beleuchtung: 65%, 40%, 15 % rel. Beleuchtungsintensität Substrat: Baumschul-Standardsubstrat (BS), BS + Walderde (W), BS + Sand (S)
Anzahl (Versuchseinheiten)	2 Blöcke x 3 (Licht) x 3 (Substrat) x 3 Wdh. = 54
Anzahl (Samen / Einheit)	50
Anzahl (Samen gesamt)	50 x 54 = 2700
Saatort	Gewächshaus, beide Kammern
Aussaatschalen	Styroporschalen

Tabelle 4-22: *Tabebuia chrysantha*: Versuchsbedingungen und Saatgut

Keimverlauf

Die Keimung der Saaten verlief in den getesteten Faktorstufen von Licht und Substrat gleichmäßig (Abbildung 4-39). Der Beginn der Keimung wurde ab dem 9. Tag verzeichnet. Ab dem 30. Tag

kulminierte die Keimung, und es kamen in allen getesteten Varianten nur noch wenige Keimlinge hinzu.

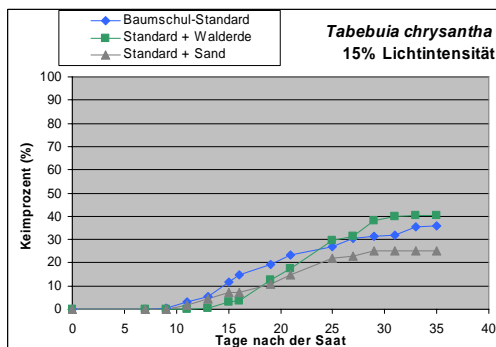
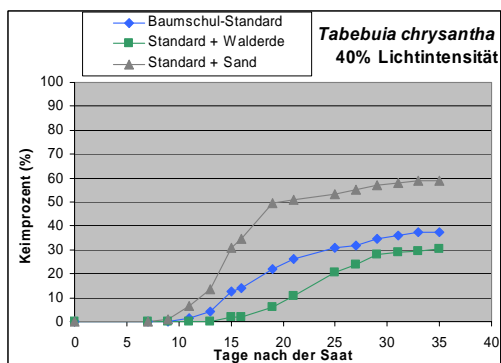
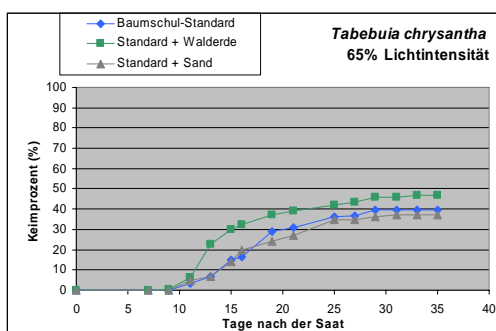


Abbildung 4-39: *Tabebuia chrysantha*, Keimverlauf bei den untersuchten Beleuchtungsintensitäten (oben: 65%, Mitte: 40%, unten: 15%)

Kumulative Keimprozente

Nach einem Beobachtungszeitraum von 35 Tagen ergaben sich die kumulativen Keimprozente gemäß Tabelle 4-23. In fünf der getesteten Faktorkombinationen aus Substrat und Beleuchtung stellte sich ein Keimerfolg zwischen 25% und 47% ein. Abgesehen von dem mit 59% deutlich höchsten Keimergebnis (sandiges Substrat, 40% Beleuchtungsintensität) lässt sich aus den Keimprozenten keine eindeutig präferierte Umgebung hinsichtlich Substrat oder Beleuchtungsintensität erkennen.

Die Überprüfung anhand der Varianzanalysen ergab signifikante Unterschiede im Keimverhalten nach dem Faktor Licht zwischen den Plots (Block*Licht als Fehlerwert). Dieser macht sich allerdings erst im Vergleich zwischen den Faktorstufen 40% und 15% Beleuchtung bemerkbar (Tabelle 4-24). In der Analyse des Keimverlaufs ergeben sich signifikante Unterschiede im Keimverhalten in unterschiedlichen Beleuchtungsintensitäten und Faktorkombinationen Licht*Substrat, es zeigen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede im Keimverhalten in den verschiedenen Substraten alleine. Dies verdeutlicht,

		Licht		
		65 %	40 %	15 %
Substrat				
Baumschul-Standard-Substrat	Keim%	39,5 %	37,2 %	35,7 %
	SF	4,573	6,981	5,451
	N	4	5	6
Walderde-Substrat	Keim%	47,0 %	30,4 %	40,3 %
	SF	9,147	6,794	2,603
	N	4	5	6
Sand-Substrat	Keim%	37,0 %	59,0 %	25,3 %
	SF	21,0	3,416	5,858
	N	2	4	6

Tabelle 4-23: *Tabebuia chrysantha*: Kumulative Keimprozente 35 Tage nach der Aussaat (Keim%= kumulatives Keimprozent am Ende des Beobachtungszeitraumes, SF = Standard-Fehler, N= Anzahl der in die Berechnung eingehenden Versuchswiederholungen)

Tabebuia chrysantha

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(Between Subject Effects)

Varianzquelle	FG	Pr > F	
Block	1	0.2427	-
Licht	2	0.0616	-
40% - 15 %	1	0.0496	*
Substrat	2	0.4943	-
Licht * Substrat	4	0.1066	-
(40% - 15 %) * (BS - (W+S))	1	0.1996	-
(40% - 15 %) * (W - S)	1	0.0330	*

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Keimverlauf
(Within Subject Effects)

Varianzquelle	FG	Pr > F	
Keimverlauf	14	<.0001	***
Keimverlauf * Block	14	0.0765	-
Keimverlauf * Licht	28	<.0001	***
40% - 15%	14	<.0001	***
Keimverlauf * Substrat	28	0.2712	-
Keimverlauf*Licht*Substrat	56	0.0001	***
(40% - 15 %) * (BS - (W+S))	14	0.1963	-
(40% - 15 %) * (W - S)	14	<.0001	***

Tabelle 4-24: *Tabebuia chrysantha*: Auswertung der Varianzanalysen: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den einzelnen Faktorstufen, unten: Effekte im Keimverlauf (Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W = Walderde-Substrat, S = Sand-Substrat, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, Berechnung von Substrat und Licht*Substrat mit Block*Substrat(Licht) als Fehlerwert)

dass die höheren Keimprozente der Aussaaten im Sand-Substrat in 40 % Lichtintensität durch die Kombination der Faktoren Licht*Substrat hervorgerufen sind, nicht jedoch aufgrund einer der beiden Faktoren alleine. Die kumulativen Keimprozente der Saaten in den anderen Faktorkombinationen lagen alle unter 50%.

Mortalität der Keimlinge

Das Absterben der Keimlinge wurde ab dem 28. Tag nach der Keimung festgestellt. Eine quantitative Aussage ist bei *Tabebuia* kaum möglich, da die Mortalität mutmaßlich in der Anfälligkeit des Substrates für Pilz- und Moosbewuchs gesehen wurde.

Die Keimung der Samen ist leicht erkennbar am Austritt der Keimwurzel und der grünlichen Färbung der Keimblätter. In einigen der Versuchseinheiten bildeten sich auf der Substratoberfläche Krusten, die für die Keimwurzel oder für die Keimblätter schwer durchdringbar waren. Der Keimling lebte zwar, hatte jedoch keine Chance, sich zu entwickeln und starb im weiteren

Beobachtungszeitraum ab. Der genaue Zeitpunkt des Absterbens war schwer zu identifizieren. Abbildung 4-40 gibt einen Überblick über die Anzahl der gekeimten und noch lebenden Samen, denen nur noch eine geringe Wahrscheinlichkeit an zukünftiger Entwicklung eingeräumt wurde. Das Diagramm gibt die Situation zwei Monate nach der Aussaat wieder. Vitale und sich entwickelnde Keimlinge sind in der Abbildung nicht berücksichtigt.

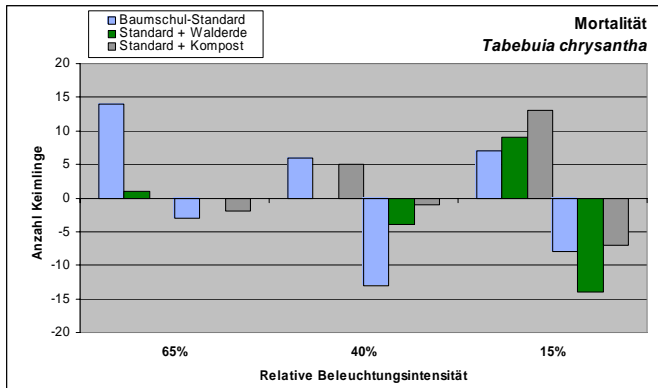


Abbildung 4-40: *Tabebuia chrysantha*: Mortalität der Keimlinge (negative Zahlen) und lebende Keimlinge mit geringer Wahrscheinlichkeit weiterer Entwicklung (positive Zahlen) zwei Monate nach der Saat

Es fällt auf, dass die meisten abgestorbenen oder in zukünftiger Entwicklung gehemmten Keimlinge in der dunkelsten Lichtintensität (15%) auftraten. In allen Lichtintensitäten sind zudem die Keimlinge im Standard-Substrat vergleichsweise zahlreich abgestorben oder haben nur noch geringe Überlebenschancen.

Entwicklung der Keimlinge

Tabebuia chrysantha keimt epigäisch (vgl. Abbildung 4-41). Die Keimlinge, insbesondere das Wurzelsystem, entwickeln sich sehr schnell. Ist das Saatbeet zu flach, hat die Pfahlwurzel keine Möglichkeit zu einer normalen Entwicklung und wächst am Saatbeet- oder Containerrand entlang.



Abbildung 4-41: *Tabebuia chrysantha*: Keimlinge

Aus den Messungen zur Entwicklung der Keimlinge (10 Keimlinge, Standard-Substrat, angezogen in der Schattieranlage) ließ sich das in Abbildung 4-42 beschriebene Wachstum ableiten. Die hier gemessenen Keimlinge wurden direkt in die Foliencontainer gesät und bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes nicht pikiert.

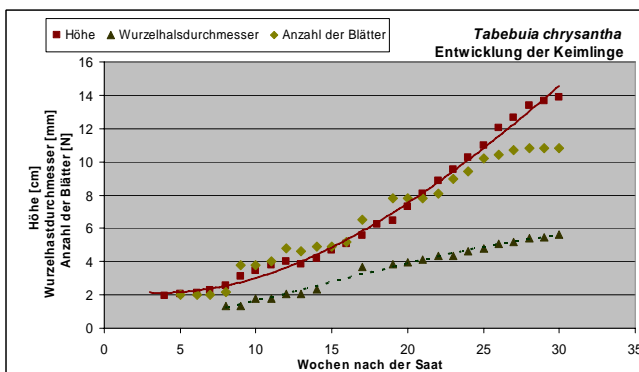


Abbildung 4-42: *Tabebuia chrysantha*: Entwicklung der Keimlinge

Die Höhe der untersuchten Pflanzen betrug 27 Wochen nach der Keimung durchschnittlich etwa 14 cm. Ab der 24. Woche deutete sich unter den Versuchsbedingungen ein Abflachen des Höhenwachstums an.

Beim Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers ließ sich eine kontinuierliche Zunahme auch gegen Ende des Beobachtungszeitraumes erkennen. Er nahm nach der 15. Woche bis zur 27.

Woche gleichmäßig zu und betrug in der 30. Woche nach der Saat knapp 6 mm. Zu Beginn der Entwicklung waren die Schübe der sich paarweise bildenden Blätter in den Mittelwerten deutlich erkennbar, d. h. die gemessenen Pflanzen bildeten zu etwa gleichen Zeitpunkten den neuen Blattquirl. Etwa ab der 25. Woche ließen sich keine Wachstumsschübe mehr erkennen.

Aus den Messungen lassen sich die in Tabelle 4-25 dargestellten Regressionen zum Höhen- und Durchmesserwachstum ableiten. Die Formeln ergeben sich aus den Mittelwerten der jeweiligen Messungen aus einer Grundgesamtheit von zehn Pflanzen.

Regression					Bestimmtheitsmaß	
Höhe	h	=	0,4931	*w	-1,6453	$R^2 = 0,9520$
WHD	WHD	=	0,2060	*w	-0,3387	$R^2 = 0,9841$

Tabelle 4-25: *Tabebuia chrysantha*, Regressionsformeln für das Wachstum der Keimlinge, gerundet (h = Höhe der Keimlinge (cm), WHD = Wurzelhalsdurchmesser (mm), w = Woche nach der Keimung)

4.2.4. *Cinchona officinalis*

Die Versuchsreihe zur Keimung der *Cascarilla* startete am 04. April 2003. Das Saatgut stammte aus dem Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba. (vgl. Tabelle 4-26).

<i>Cinchona officinalis</i>	
Datum (Ernte)	20. Februar 2003
Anzahl Erntebäume	1
Datum (Aussaat)	04. April 2003
Alter der Samen bei Aussaat	43 Tage
Vorbehandlung	Wässern, ca. 12 Stunden vor der Saat
Versuchseinheiten	Beleuchtung: 65%, 40%, 15 % rel. Beleuchtungsintensität Substrat: Baumschul-Standardsubstrat (BS), BS + Walderde (W), BS + Sand (S)
Anzahl (Versuchseinheiten)	3 (Licht) x 3 (Substrat) x 3 Wdh. = 27
Anzahl (Samen / Einheit)	25
Anzahl (Samen gesamt)	25 x 27 = 675
Saatort	Gewächshaus, Kammer 1
Aussaatschalen	Styroporschalen

Tabelle 4-26: *Cinchona officinalis*: Versuchsbedingungen und Saatgut

Keimverlauf

Die Keimung von *Cinchona officinalis* begann ab dem 23. Tag nach der Aussaat. Im Baumschul-Standard-Substrat und bei der hellsten Lichtintensität begann die Keimung erst ab dem 28. Tag. Ab dem 60. Tag nach der Saat kamen in allen Faktorkombinationen Substrat*Beleuchtung nur noch wenige neue Keimlinge hinzu.

Der Keimverlauf war in den Faktorkombinationen einheitlich. Die Versuchsvarianten, die zu Beginn bereits höhere Keimprozent hatten, behielten diesen Vorsprung bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes und kulminierten auf einem höheren Niveau.

Keimprozent

Am Ende des Beobachtungszeitraumes von 75 Tagen stellten sich in Tabelle 4-28 dargestellten Keimprozent ein. Die Keimprozent liegen zwischen 36% und 90,7%.

Cinchona officinalis

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(Between Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Licht	2	0.0264	*
65% - (40%+15%)	1	0.0083	**
40% - 15%	1	0.6979	-
65% - 15%	1	0.0127	*
Substrat	2	0.0328	*
BS - (W + S)	1	0.0123	*
W - S	1	0.4540	-
BS - S	1	0.0121	*
Licht*Substrat		0.3488	-

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Keimverlauf
(Within Subject Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Keimverlauf	22	<.0001	***
Keimverlauf *Licht	44	0.0922	**
65% - (40%+15%)	22	0.0140	*
40% - 15%	22	0.9490	-
65% - 15%	22	0.0211	*
Keimverlauf *Substrat	44	0.0659	***
BS - (W + S)	22	0.0443	*
W - S	22	0.2713	-
BS - S	22	0.0236	*
Keimverlauf *Licht*Substrat		0.5262	-

Tabelle 4-27: *Cinchona officinalis*: Auswertung der Varianzanalysen: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den einzelnen Faktorstufen, unten: Effekte im Keimverlauf

(Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W = Walderde-Substrat, S = Sand-Substrat, F-Werte aus Huynh-Feldt-Adjustierung: epsilon =0.1658)

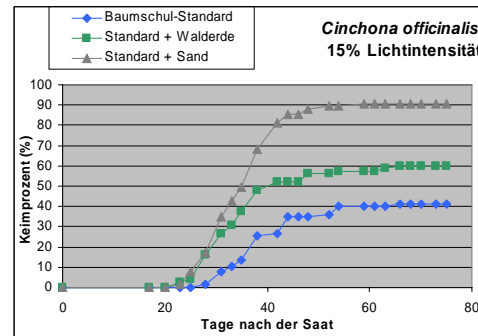
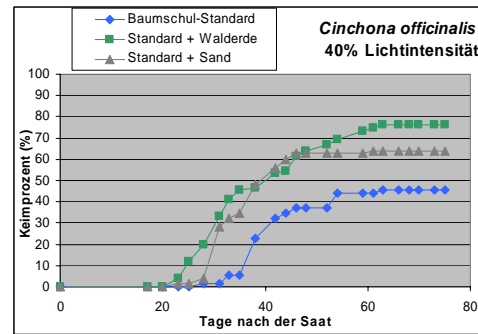
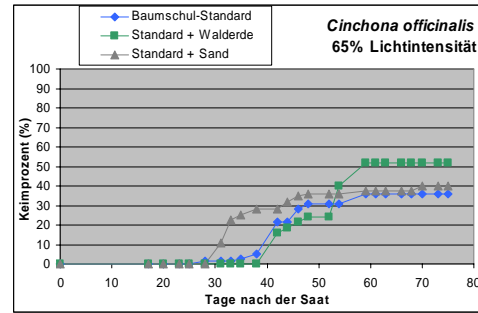


Abbildung 4-43: *Cinchona officinalis*: Keimverlauf in den getesteten Beleuchtungsintensitäten (oben: 65%, Mitte:40%, unten: 40%)

Wie aus den Varianzanalysen ersichtlich, unterschieden sich die mittleren Keimprozentage signifikant sowohl in den untersuchten Lichtintensitäten als auch den untersuchten Substraten. Die Faktorkombinationen Licht*Substrat lassen keine signifikanten Effekte erkennen. Aus den Kontrastierungen wird deutlich, dass sich die Keimprozentage deutlicher unterscheiden, je unterschiedlicher die Beleuchtungsintensitäten der Keimumgebung sind.

		Licht		
		65 %	40 %	15 %
Baumschul-Standard	Keim%	36,0 %	45,3 %	41,3 %
	SF	6,928	21,458	10,914
	N	3	3	3
Standard + Walderde	Keim%	52,0 %	76,0 %	60,0 %
	SF	15,144	4,000	6,928
	N	3	3	3
Standard + Sand	Keim%	40,0 %	64,0 %	90,7 %
	SF	21,166	12,220	2,667
	N	3	3	3

Tabelle 4-28 *Cinchona officinalis*: Kumulative Keimprozentage 75 Tage nach der Aussaat (Keim%= kumulatives Keimprozent am Ende des Beobachtungszeitraumes, SF = Standard-Fehler, N= Anzahl der in die Berechnung eingehenden Versuchswiederholungen)

Bei allen drei untersuchten Beleuchtungsintensitäten erbrachten die Saaten im Baumschul-Standard-Substrat die niedrigsten Keimraten. Die besten Ergebnisse mit knapp 91% wurden im sandigen Substrat bei der niedrigsten Beleuchtungsintensität erzielt. Aus den Keimraten wird weiterhin deutlich, dass mit zunehmender Beleuchtungsintensität die Unterschiede zwischen den Substraten geringer werden. Daraus lässt sich ableiten, dass das volle Keimpotenzial *Cinchona*

officinalis bei einer niedrigeren Beleuchtungsintensität erreicht werden kann, in Kombination mit einer sandigen Substratzusammensetzung.

Mortalität der Keimlinge

Ein erstes Absterben der Keimlinge wurde ab dem 28. Tag nach der Keimung beobachtet. Nach dem 60. Tag trat ein Absterben kontinuierlich und in fast allen Versuchseinheiten auf.

Die Mortalität war in unterschiedlichen Beleuchtungsintensitäten verschieden stark ausgeprägt (Abbildung 4-44). Die meisten Pflanzen starben bei der hellsten Beleuchtungsintensität. Je dunkler die Beleuchtungsstärke, umso geringer war tendenziell die Anzahl an abgestorbenen Keimlingen. Während des Beobachtungszeitraumes herrschten starke Sonneneinstrahlung und hohe Temperaturen vor,

die möglicherweise Grund für das Absterben der Keimlinge waren.

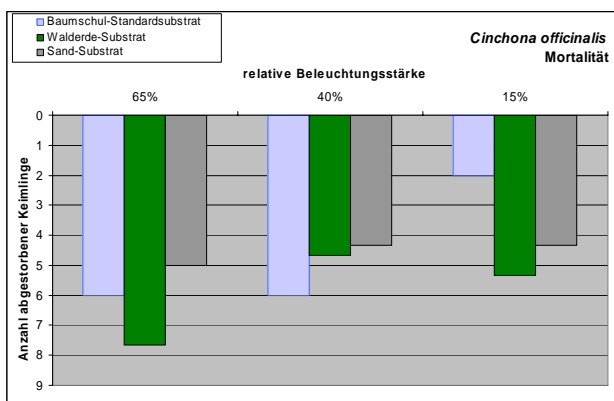


Abbildung 4-44: *Cinchona officinalis*: Mortalität der Keimlinge

Etwa 80% des gesamten kumulativen Keimprozentes wurden bereits zwischen dem 42. und dem 54. Tag nach der Aussaat (je nach Faktorkombination Substrat x Beleuchtung) erreicht. Zudem ließ sich eine Präferenz des bevorzugten abiotischen Umfeldes erkennen: Neben höheren Keimraten bei niedriger Beleuchtungsintensität und sandigem Substrat ergaben sich auch niedrigere Mortalitätsraten in diesen Versuchseinheiten.

Für den Keimversuch mit *Cinchona officinalis* stand nur eine begrenzte Menge an Saatgut zur Verfügung, welches nur für die Aussaat in einer Kammer des Gewächshauses ausreichte. In den Vergleich des Keimverhaltens aller Baumarten nach dem in Kapitel 3.5 beschriebenen Versuchsdesign geht die Baumart daher nicht ein.

Entwicklung der Keimlinge

Cinchona officinalis keimt epigäisch. Die Keimlinge entwickeln sich langsam. Die Wurzeln sind dünn und fragil (Abbildung 4-45). Die Pflanzen sind sehr empfindlich und benötigen eine geschützte Umgebung nach dem Umsetzen aus dem Keimbett in die Container.



Abbildung 4-45: *Cinchona officinalis*: Keimlinge

4.2.5. *Clethra revoluta*

Der Keimversuch mit *Clethra revoluta* wurde am 26. Oktober 2003 gestartet. Das Saatgut stammte aus der Ernteregion San Francisco (Tabelle 4-29).

<i>Clethra revoluta</i>	
Datum (Ernte)	ca. 28. September 2002
Anzahl Erntebäume	1
Datum (Aussaat)	26. Oktober 2002
Alter der Samen bei Aussaat	ca. einen Monat
Vorbereitung	Wässern, einige Stunden vor Aussaat
Versuchseinheiten	Beleuchtung: 65%, 40%, 15 % rel. Beleuchtungsintensität Substrat: Baumschul-Standardsubstrat (BS), BS + Walderde (W), BS + Sand (S)
Anzahl (Versuchseinheiten)	2 (Blöcke) x 3 (Licht) x 3 (Substrat) x 3 Wdh. = 54
Anzahl (Samen / Einheit)	50
Anzahl (Samen gesamt)	50 x 54 = 2700
Saatort	Gewächshaus, beide Kammern
Aussaatschalen	Styroporschalen

Tabelle 4-29: *Clethra revoluta*: Versuchsbedingungen und Saatgut

Keimverlauf

Die Keimung der gesäten Samen begann in Kammer 2 ab dem 32. Tag, in Kammer 1 ab dem 38. Tag nach der Aussaat. Die Keimverläufe in den getesteten Substraten verhielten sich ähnlich, liefen aber ab dem 50. bis 60. Tag nach der Saat auf unterschiedliche Kulminationsmaxima zu. Zwischen den Saaten in den beiden Kammern des Gewächshauses ergaben sich signifikante Unterschiede (Tabelle 4-31, Tabelle 4-32). Die Darstellung der Keimergebnisse erfolgt daher für beide Kammern getrennt (Abbildung 4-46). In Kammer 1 keimten die Samen bis zu 22%, während in Kammer 2 das maximale Keimprozent bei 7% liegt. Weiterhin fällt auf, dass *C. revoluta* in helleren Keimumgebungen tendenziell höhere Keimraten besitzt. Etwa ab dem 80. Tag wurde die Keimung als abgeschlossen betrachtet. Im weiteren Verlauf kamen nur noch wenige weitere Keimlinge hinzu.

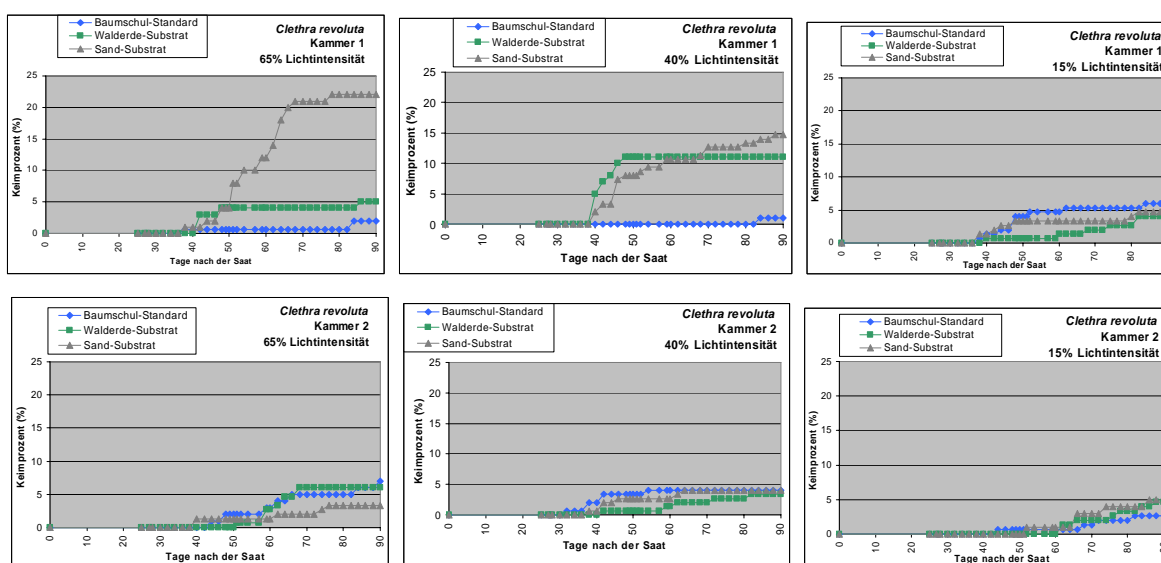


Abbildung 4-46: *Clethra revoluta*, Keimverläufe in den beiden Kammern des Gewächshauses nach den Lichtintensitäten (von links nach rechts: 65%, 40%, 15%)

Kumulative Keimprozente

Substrat \ Licht		Licht		
		65 %	40 %	15 %
Baumschul-Standard-Substrat	Keim%	2,0	1,0	6,0
	SF	1,155	1,000	2,000
	N	3	2	3
Standard + Walderde	Keim%	5,0	11,0	4,0
	SF	1,000	3,000	1,155
	N	2	2	3
Standard + Sand	Keim%	22,0	14,7	4,7
	SF	4,000	4,667	1,764
	N	2	3	3

Substrat \ Licht		Licht		
		65 %	40 %	15 %
Baumschul-Standard-Substrat	Keim%	7,0	4,0	2,7
	SF	1,000	3,055	0,667
	N	2	3	3
Standard + Walderde	Keim%	6,0	3,3	4,7
	SF	0,000	2,404	3,712
	N	3	3	3
Standard + Sand	Keim%	3,3	4,0	5,0
	SF	2,404	2,000	1,000
	N	3	3	2

Tabelle 4-30: *Clethra revoluta*: Kumulative Keimprozente 90 Tage nach der Aussaat (oben: Kammer 1, unten: Kammer 2, Keim%= kumulatives Keimprozent am Ende des Beobachtungszeitraumes, SF = Standard-Fehler, N= Anzahl der in die Berechnung eingehenden Versuchswiederholungen)

Am Ende der Beobachtungsperiode von 90 Tagen ergaben sich die kumulativen Keimprozente in Tabelle 4-30. Es zeigten sich deutliche Unterschiede sowohl in den beiden Kammern des Gewächshauses als auch zwischen den getesteten Substraten. In Kammer 1 des Gewächshauses traten im Sand-Substrat Keimprozent von 22,0% und 14,7% auf (65% und 40% Lichtintensität). In Kammer 2 betrug das maximale Keimprozent nur 7,0 % (Standard-Substrat). In beiden Kammern keimten die Samen tendenziell im Sand-Substrat am besten.

Aus den Varianzanalysen ergab sich ein Einfluss der Lichtintensität in der Keimumgebung auf das Keimverhalten (Tabelle 4-31, Tabelle 4-32). Dieser machte sich jedoch nur in den Plots zwischen den beiden dunkleren Beleuchtungsintensitäten signifikant bemerkbar. Zudem ergeben sich signifikante Unterschiede in den Keimprozenten der beiden Kammern des Gewächshauses.

Im Keimverlauf (within subjects effect, vgl. Tabelle 4-32) ergaben sich sowohl zwischen den Blöcken als auch zwischen allen

Clethra revoluta

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(Between Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block	1	0.0136	*
Licht	2	0.0679	-
65% - (40% + 15%)	1	0.1534	-
40% - 15%	1	0.0427	*
65% - 15%	1	0.0504	-
Substrat	2	0.3977	-
BS - (W + S)	1	0.2465	-
W - S	1	0.5016	-
BS - S	1	0.1922	-
Licht*Substrat	4	0.7817	-

Tabelle 4-31: *Clethra revoluta*: Auswertung der Varianzanalysen: Effekte zwischen den Faktoren und den einzelnen Faktorstufen (Auswertung mit transformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W = Walderde-Substrat, S = Sand-Substrat, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, Berechnung von Substrat und Licht*Substrat mit Block*Substrat(Licht) als Fehlerwert)

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Keimverlauf
(Within Subject Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Keimverlauf	34	<.0001	***
Keimverlauf *Block	34	<.0001	***
Keimverlauf *Licht	68	<.0001	***
65% - (40% + 15%)	34	<.0001	***
40% - 15%	34	<.0001	***
65% - 15%	34	<.0001	***
Keimverlauf *Substrat	68	0.7200	-
BS - (W + S)	34	0.0776	-
W - S	34	0.9997	-
BS - S	34	0.0294	*
Keimverlauf *Licht*Substrat	136	1.000	-

Tabelle 4-32: *Clethra revoluta*: Auswertung der Varianzanalysen: Effekte im Keimverlauf (Auswertung mit transformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W = Walderde-Substrat, S = Sand-Substrat, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, Berechnung von Substrat und Licht*Substrat mit Block*Substrat(Licht) als Fehlerwert)

Lichtintensitäten signifikante Unterschiede im Keimverhalten. Innerhalb der Subplots traten zudem signifikante Unterschiede zwischen den Keimprozenten im Baumschul-Standard-Substrat (tendenziell niedrigere Keimraten) und dem Sand-Substrat (tendenziell höhere Keimraten) auf.

Mortalität der Keimlinge

Die Datenerhebung zur Keimung erwies sich aufgrund des unbekanntem Aussehens der Keimlinge als äußerst schwierig. Hierzu lieferte die Standardsaat auf Filterpapier Anhaltspunkte. Durch die auch trotz der Bodenentseuchung (vgl. S. 15) eingetretene Verunreinigung der Substrate mit Pilzen, Moosen und Unkräutern, konnten Unkräuter mit ähnlichem Aussehen nicht immer sofort als solche erkannt werden. Einige Pflanzen wurden daher möglicherweise falsch identifiziert und als *Clethra*-Keimlinge registriert. Nicht immer konnte eine fälschliche Beschreibung identifiziert und eine nachträgliche Korrektur der Daten vorgenommen werden. Starb der Keimling früh ab, konnte dies einen negativen Einfluss auf die Qualität der Daten haben. Eine quantitative Beschreibung der Mortalität ist daher an dieser Stelle nicht sinnvoll.

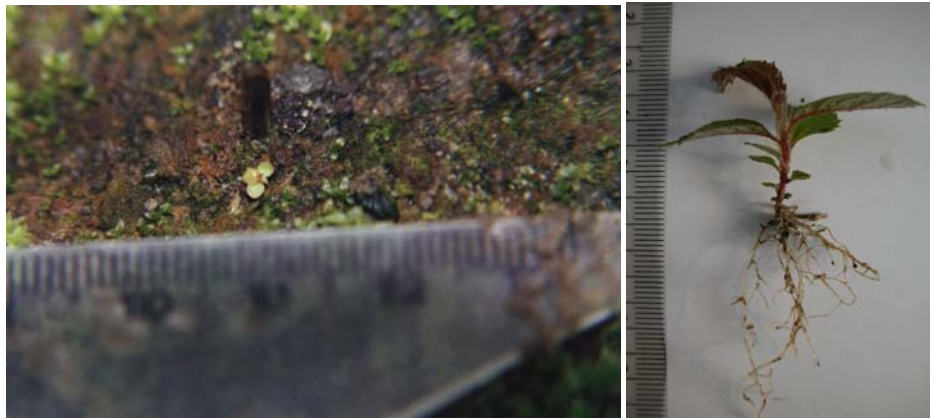


Abbildung 4-47: *Clethra revoluta*: Keimling, Jungpflanze

Entwicklung der Keimlinge

Die Keimung von *Clethra revoluta* erfolgt epigäisch. Die Keimlinge entwickeln sich sehr langsam und sind auch Monate nach der Keimung noch sehr klein (vgl. Abbildung 4-47).

4.2.6. Vergleichende Betrachtung der Baumarten

Die untersuchten Baumarten ergaben deutliche Unterschiede sowohl in den kumulativen Keimprozenten im Gewächshaus und der Standardsaat als auch in den Keimschnelligkeiten. In Abbildung 4-48 sind die kumulativen Keimprozent der untersuchten Baumarten zusammenfassend dargestellt. Die Standardsaaten bestanden aus Samen derselben Saatgut-Probe, die zur gleichen Zeit wie die Saat im Gewächshaus unter standardisierten Bedingungen in Petri-Schalen ausgesät wurden (vgl. 3.5.3 Keimversuch S. 36ff). Die genauen Keimverläufe sind bei der Beschreibung des Saatgutes erläutert (Kapitel 4.1, ab S. 45).

Baumarten	Substrate
1 <i>Cedrela montana</i> (SF), <i>Cedrela montana</i> (V), <i>Alnus acuminata</i> , <i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Clethra revoluta</i>	BS, W
2 <i>Cedrela montana</i> (SF), <i>Cedrela montana</i> (V), <i>Alnus acuminata</i>	BS, W, C
3 <i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Clethra revoluta</i>	BS, W, S

Tabelle 4-33: Tests zum Gesamtvergleich der Baumarten (SF = Herkunft San Francisco, V = Herkunft San Pedro de Vilcabamba, BS = Baumschul-Standard-Substrat, W = Walderde-Substrat, C = Kompost-Substrat, S = Sand-Substrat)

In Abbildung 4-48 deutlich erkennbar sind die bei einigen Baumarten großen Unterschiede zwischen der Standardsaat und den Saaten im Gewächshaus (z.B. *Clethra revoluta*, *Tabebuia chrysantha*, *Alnus acuminata*). Nur von *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco) und *Cinchona officinalis* wurden bei den Gewächshaussaaten höhere Keimprozentage erzielt als in den Petrischalen. Ebenfalls auffällig sind die deutlich voneinander abweichenden Niveaus der kumulativen Keimprozentage. Während *Clethra revoluta* maximale Keimprozentage von ca. 10% erreichte (hier dargestellt als Mittel zwischen den beiden Kammern), konnte *Cinchona officinalis* bis über 90 % keimen. Weiterhin fällt das unterschiedliche Keimverhalten der Arten in den getesteten Keimsubstraten auf. *Alnus acuminata*

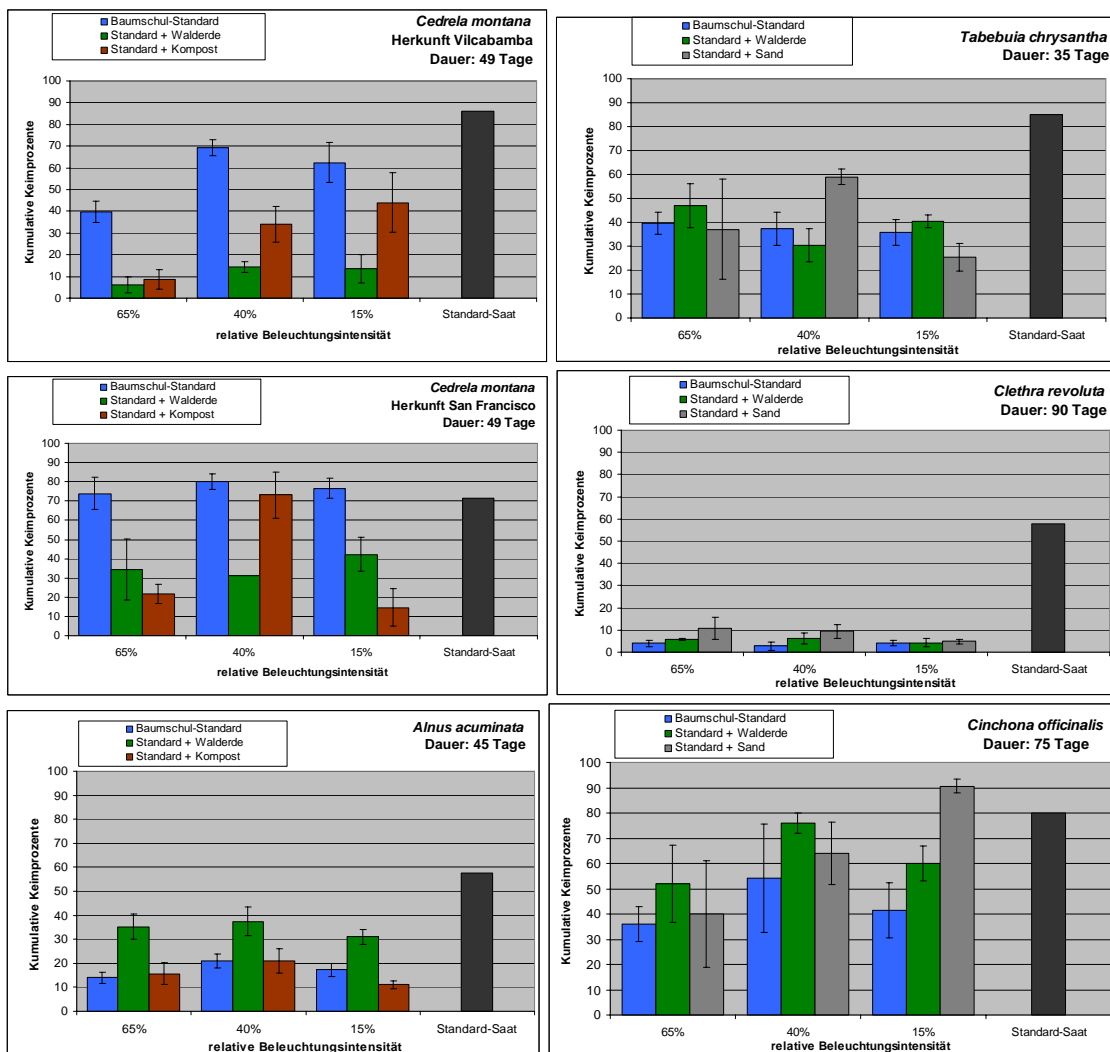


Abbildung 4-48: Kumulative Keimprozentage der getesteten Baumarten nach Substraten und relativen Beleuchtungsintensitäten und mit den Ergebnissen der Standardsaat (Standard-Saaten von *Cedrela montana*: CABRERA & ORDOÑEZ (2004), San Francisco; DIAZ & LOJAN (2004), San Pedro de Vilcabamba)

erreichte bei allen drei Lichtintensitäten im Walderde-Substrat die höchsten Keimraten, während sich dieses Substrat bei *Cedrela montana* als nicht sehr vorteilhaft erwies. Beide Herkünfte von *Cedrela montana* keimten am besten im Standard-Substrat. *Tabebuia chrysantha* und *Cinchona officinalis* wiesen keine für alle getesteten Lichtintensitäten gültige Präferenz der Keimsubstrate auf.

Im Folgenden werden die kumulativen Keimprozente der Baumarten gegeneinander getestet, um die Einflüsse der verschiedenen Faktoren, Faktorstufen und Faktorstufenkombinationen auf die kumulativen Keimprozente varianzanalytisch zu untersuchen. Dabei wurden die Baumarten in die in Tabelle 4-33 beschriebenen Gruppen eingeteilt. Der Grund für die Aufteilung lag im notwendig gewordenen Wechsel eines der getesteten Substrate und somit unterschiedlicher Kombinationen einer der Versuchsfaktoren (vgl. Kapitel 3.5.3: Keimversuch in der Baumschule).

Vergleich (1): Alle Baumarten

Der Vergleich aller Baumarten ergab die in Tabelle 4-34 dargestellten Einflüsse der getesteten Faktoren auf die kumulativen Keimprozente. Wie erwartet, unterscheiden sich die Keimprozente zwischen den Baumarten hoch signifikant voneinander. Alle getesteten Kontrastierungen ergaben ebenfalls signifikante Unterschiede in den Keimprozenten. Die Analyse unterstreicht zudem die große Bedeutung des Keimsubstrats, das als Faktor alleine, aber auch in Kombination mit der Baumart ebenfalls hoch signifikanten Einfluss auf das Keimprozent besitzt. Da hier nur zwei der getesteten Substrate in die Analyse eingehen, fand beim Faktor Substrat keine Kontrastierung statt.

(1) Alle Baumarten

Varianzanalyse, kumulative Keimprozente

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block	1	0.9052	-
Licht	2	0.8720	-
	65% - (40%+15%)	1	0.6439 -
	40%-15%	1	0.9920 -
	65%-15%	1	0.6712 -
Substrat	1	0.0008	***
Licht*Substrat	2	0.5265	-
Baumarten	4	<.0001	***
	(Cedro (SF), Cedro (V), Aliso) – (Guayacan, Almizcle)	1	<.0001 ***
	(Cedro (SF), Cedro (V), Guayacan) – (Aliso, Almizcle)	1	<.0001 ***
	Cedro (SF) – Cedro (V)	1	0.0007 ***
Licht*Baumarten	8	0.4117	-
Substrat*Baumarten	4	<.0001	***
Licht*Substrat*Baumarten	8	0.9837	-

Tabelle 4-34: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen beim Vergleich aller Baumarten (Substrate Baumschul-Standard (BS) und Walderde-Substrat (W)) (Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, Cedro = *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco und Vilcabamba), Aliso = *Alnus acuminata*, Guayacan = *Tabebuia chrysantha*, Almizcle = *Clethra revoluta*)

Nach Abbildung 4-48 mag ein signifikanter Unterschied der kumulativen Keimraten nach den getesteten Baumarten nicht überraschen. Wie bereits beschrieben, ergeben sich deutlich voneinander abweichende Keimniveaus. Auffällig ist hier jedoch der signifikante Unterschied zwischen den Keimraten von *Cedrela montana* unterschiedlicher Herkunft. Die Herkunft San Francisco lieferte hier bessere Keimergebnisse, und es wurden in vier Kombinationen aus Licht*Substrat Keimraten von über 70% erreicht, während bei der Herkunft San Pedro de Vilcabamba nur bei 40% Lichtintensität bei den Saaten im Standard-Substrat knapp 70% Keimrate erreicht wurden.

Auf den großen Einfluss des Keimsubstrates wurde ebenfalls bereits in Abbildung 4-48 verwiesen. Werden nur das Standard-Substrat und das Walderde-Substrat betrachtet, weist nur die Baumart

Cedrela montana (beide Provenienzen) eine Präferenz für das Standard-Substrat auf. *Alnus acuminata*, *Clethra revoluta* und *Cinchona officinalis* keimen besser im Walderde-Substrat. *Tabebuia chrysantha* zeigt keine ausgeprägte Präferenz für eines der beiden Substrate. Diese unterschiedliche Substrat-Präferenz der Baumarten wird statistisch bestätigt durch den signifikanten Einfluss der Faktorkombination Substrat*Baumarten (vgl. Tabelle 4-34).

Vergleich (2): *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba) und *Alnus acuminata*

Im zweiten Vergleich der Keimprozent der Baumarten wurden die beiden Provenienzen von *Cedrela montana* mit *Alnus acuminata* verglichen. Im Keimversuch wurden diese mit den Substraten Baumschul-Standard-Substrat, Walderde-Substrat und Kompost-Substrat getestet. Es ergaben sich die in Tabelle 4-35 beschriebenen Einflüsse der Faktoren und Faktorkombinationen auf die kumulativen Keimprozent.

(2) Baumarten *Cedrela montana* (Herkunft SF und V), *Alnus acuminata*

Varianzanalyse, kumulative Keimprozent

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block	1	0.2921	-
Licht	2	0.3762	-
	65% - (40%+15%)	1	0.2501 -
	40%-15%	1	0.4168 -
	65%-15%	1	0.4650 -
Substrat	1	<.0001	***
	BS - (W+C)	1	<.0001 ***
	W - C	1	0.9667
	BS - C	1	<.0001 ***
Licht*Substrat	4	0.3429	-
Baumarten	2	0.0003	***
	(Cedro (SF), Cedro (V)) - Aliso	1	0.0002 ***
	Cedro (SF) - Cedro (V)	1	0.0079 **
Licht*Baumarten	4	0.0669	-
Substrat*Baumarten	4	<.0001	***
	[BS - (W+C)] * [(Cedro (SF), Cedro (V)) - Aliso]	1	<.0001 ***
	[BS - (W+C)] * [Cedro (SF) - Cedro (V)]	1	0.9619
	[W - C] * [(Cedro (SF), Cedro (V)) - Aliso]	1	0.0037 *
	[W - C] * [Cedro (SF) - Cedro (V)]	1	0.2776
Licht*Substrat*Baumarten	8	0.3976	-

Tabelle 4-35: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen (Kontrastierung), Baumarten *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba) und *Alnus acuminata*, Substrate: Baumschul-Standard-Substrat, Walderde-Substrat, Kompost-Substrat.

(Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, Cedro = *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco und Vilcabamba), Aliso = *Alnus acuminata*, BS = Baumschul-Standard-Substrat, W = Walderde-Substrat, C = Kompost-Substrat)

Wie erwartet, lassen sich signifikante Unterschiede der Keimprozent zwischen den Baumarten, den Substraten und der Kombination aus Baumart*Substrat erkennen. Im Kontrastvergleich der Baumarten/Provenienzen ergeben sich auch zwischen den beiden Provenienzen von *Cedrela montana* signifikante Unterschiede im kumulativen Keimprozent. Hierauf wurde bereits im Vergleich (1) hingewiesen. Die Keimraten von beiden Herkünften von *Cedrela montana* lagen deutlich höher als die Keimraten der Art *Alnus acuminata*. Auch die unterschiedlichen Präferenzen in den Keimsubstraten waren im ersten Baumartenvergleich bereits erkennbar: *Cedrela montana* lieferte die besten Ergebnisse im Baumschul-Standard-Substrat, während *Alnus acuminata* die höchsten Keimraten im Walderde-Substrat erreichte.

Der Faktor Licht hat bei den drei hier getesteten Baumarten/Provenienzen keinen Einfluss, weder alleine noch in Wechselwirkung mit den Baumarten oder Substraten.

Vergleich (3): *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta*

Im dritten Gesamt-Vergleich wurden die Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Clethra revoluta* untereinander bzgl. ihrer kumulativen Keimprozent verglichen. Diese beiden Baumarten wurden in drei gleiche Substrate ausgesät: Baumschul-Standard-Substrat, Walderde-Substrat und Sand-Substrat. Die Ergebnisse der Analysen sind in Tabelle 4-36 dargestellt.

Zwischen den Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Clethra revoluta* lassen sich - neben den erwarteten Unterschieden aufgrund des Faktors Baumart – nur geringe Einflüsse der getesteten Versuchsfaktoren auf das kumulative Keimprozent erkennen. Alleine die Kontrastierung zwischen den Faktorstufenkombinationen Licht*Substrat ergab signifikante Unterschiede zwischen den Keimprozenten der geringeren Lichtintensitäten in Verbindung mit einem Vergleich von Standard- bzw. Walderde-Substrat mit Sand-Substrat. Daraus lässt sich ableiten, dass sich die hier untersuchten Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Clethra revoluta* zwar in den Keimprozenten unterscheiden, in der präferierten Keimumgebung und den Wechselwirkungen zwischen den untersuchten Faktoren und Faktorstufen sich jedoch nur geringe Unterschiede ergeben. Dies wird bereits aus Abbildung 4-48 deutlich. Die kumulativen Keimraten der Baumarten unterscheiden sich bis zu 50%. Die jeweils höchsten Keimraten werden jedoch bei beiden Baumarten im Sand-Substrat erreicht.

(3) Baumarten *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta*

Varianzanalyse, kumulative Keimprozent

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block	1	0.0869	-
Licht	2	0.1806	-
	65% - (40%+15%)	1	0.3513 -
	40%-15%	1	0.1130 -
	65%-15%	1	0.1470 -
Substrat	2	0.3871	
	BS - (W+S)	1	0.1903 -
	W - S	1	0.6503 -
	BS - S	1	0.1902 -
Licht*Substrat	4	0.0593	-
	[40%-15%] * [W - S]	1	0.0111 *
	[40%-15%] * [BS - S]	1	0.0117 *
Baumarten	1	<.0001	***
Licht*Baumarten	2	0.7683	-
Substrat*Baumarten	2	0.9380	-
Licht*Substrat*Baumarten	4	0.0965	-

Tabelle 4-36: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen (Kontrastierung), Baumarten *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta*, Substrate Baumschul-Standard, Walderde-Substrat, Sand-Substrat. (Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung von Block und Licht mit Block*Licht als Fehlerwert, BS = Baumschul-Standard-Substrat, W = Walderde-Substrat, S = Sand-Substrat)

4.2.7. Kumulatives Keimprozent im Hinblick auf die Keimschnelligkeit

In Tabelle 4-37 sind zusammenfassend die Signifikanzniveaus der Faktoren und Faktorstufen aus den Analysen zum Keimverhalten dargestellt. Auffällig hinsichtlich des Keimverlaufes ist der für alle Baumarten signifikante Einfluss des Faktors Licht. Dies bedeutet, dass sich die kumulativen Keimprozent bei den Lichtintensitäten zwar nicht immer deutlich unterscheiden (vgl. Abbildung 4-48, S. 79), diese aber zu unterschiedlichen Zeitpunkten während des jeweiligen Beobachtungszeitraums erreicht werden. Für das Nutzbarmachen des vollen Keimpotenzials ist dies weniger bedeutsam, dafür wesentlich interessanter in Bezug auf die Planung der Pflanzenanzucht. Deuten sich keine

signifikanten Unterschiede im Keimprozent der Faktoren oder Faktorkombinationen an, so kann für eine rasche Keimung die Lichtintensität gewählt werden, in der das kumulative Keimprozent am schnellsten erreicht wird.

	<i>Cedrela montana</i> SF	<i>Cedrela montana</i> V	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Clethra revoluta</i>	<i>Cinchona officinalis</i>
Block	-	-	-	-	*	.
Licht	-	-	-	-	-	*
Substrat	-	**	*	-	-	*
Licht*Substrat	-	-	-	-	-	-

	<i>Cedrela montana</i> SF	<i>Cedrela montana</i> V	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Clethra revoluta</i>	<i>Cinchona officinalis</i>
Keimverlauf	***	***	***	***	***	***
Keimverlauf *Block	-	-	-	-	***	.
Keimverlauf *Licht	**	***	***	***	***	**
Keimverlauf *Substrat	***	***	***	-	-	***
Keimverlauf *Licht*Substrat	-	-	-	***	-	-

Tabelle 4-37: Zusammenstellung der Effekte zwischen den untersuchten Faktoren (between subjects effects, oben) und Effekten im Keimverlauf (within subjects effects, unten), aus den Einzel-Auswertungen der Baumarten (SF = Herkunft San Francisco, V = Herkunft San Pedro de Vilcabamba, *Cinchona officinalis*: Aussaat nur in einem Block, und daher keine Berücksichtigung in der zusammenfassenden Auswertung zwischen den Baumarten)

Die Keimschnelligkeit (*velocity of germination*, bzw. *germination energy*) lässt sich nach Angaben in der Literatur verschieden ermitteln (SCHMIDT, 2000, WILLAN, 1985): bspw. kann das Keimprozent herangezogen werden, das in einer Zeitspanne erreicht wird, die kürzer ist als die Versuchszeit. Ebenfalls möglich ist die Angabe als kumulativer Prozentsatz der Samen, die bis zum Tag gekeimt sind, an dem der höchste Wert neu gekeimter Samen erreicht wird. Weiterhin kann als Keimschnelligkeit die Anzahl der Tage dienen, die bis zum Erreichen von 50% der kumulativen Keimung benötigt werden, oder die durchschnittliche Keimgeschwindigkeit über den gesamten Versuchszeitraum, basierend auf täglichen Auszählungen. ROHMEDER (1972) beschreibt eine artspezifische Definition der Keimgeschwindigkeit: bei Fichte wird bspw. das Keimergebnis (in Prozent) des 7. Tages herangezogen, bei Kiefer das des 5. Tages.

Bei den Studien der vorliegenden Arbeit handelte es sich um Basisarbeit für die Erstellung von Keimprotokollen. Um sowohl die zu Versuchsbeginn unbekannt Keimschnelligkeit als auch das bei manchen Arten unbekannt Keimprozent in einen kalkulierbaren Rahmen zu bringen, wurde daher die Zeitspanne gewählt, die die Baumarten bis zum Erreichen von 80% des kumulativen Keimprozentes benötigen. Diese Zeitspanne eignet sich als ökonomischer Indikator für erste Planungen hinsichtlich der Verfügbarkeit an Keimlingen. Die exakte Keimschnelligkeit sollte in weiterführenden Studien behandelt werden. In Abbildung 4-49 sind die Keimschnelligkeiten als Anzahl der Tage von der Saat zum Beginn der Keimung und bis Erreichen von 80% des kumulativen Keimprozentes der untersuchten Baumarten dargestellt. Es lassen sich Hinweise ablesen für die Wahl der Lichtintensität für die schnellste Keimung.

Die Baumarten besitzen in verschiedenen Lichtintensitäten unterschiedliche Keimschnelligkeiten. Die Keimung von *Alnus acuminata* zieht sich in helleren Umgebungen bspw. über einen längeren Zeitraum hin als in dunkleren Lichtintensitäten, während bei *Cinchona officinalis* in der helleren Lichtintensität die Keimung später beginnt, aber schneller voranschreitet. Die Keimung von *Tabebuia chrysantha* beginnt in den getesteten Substratvarianten und Lichtintensitäten etwa zum gleichen Zeitpunkt nach

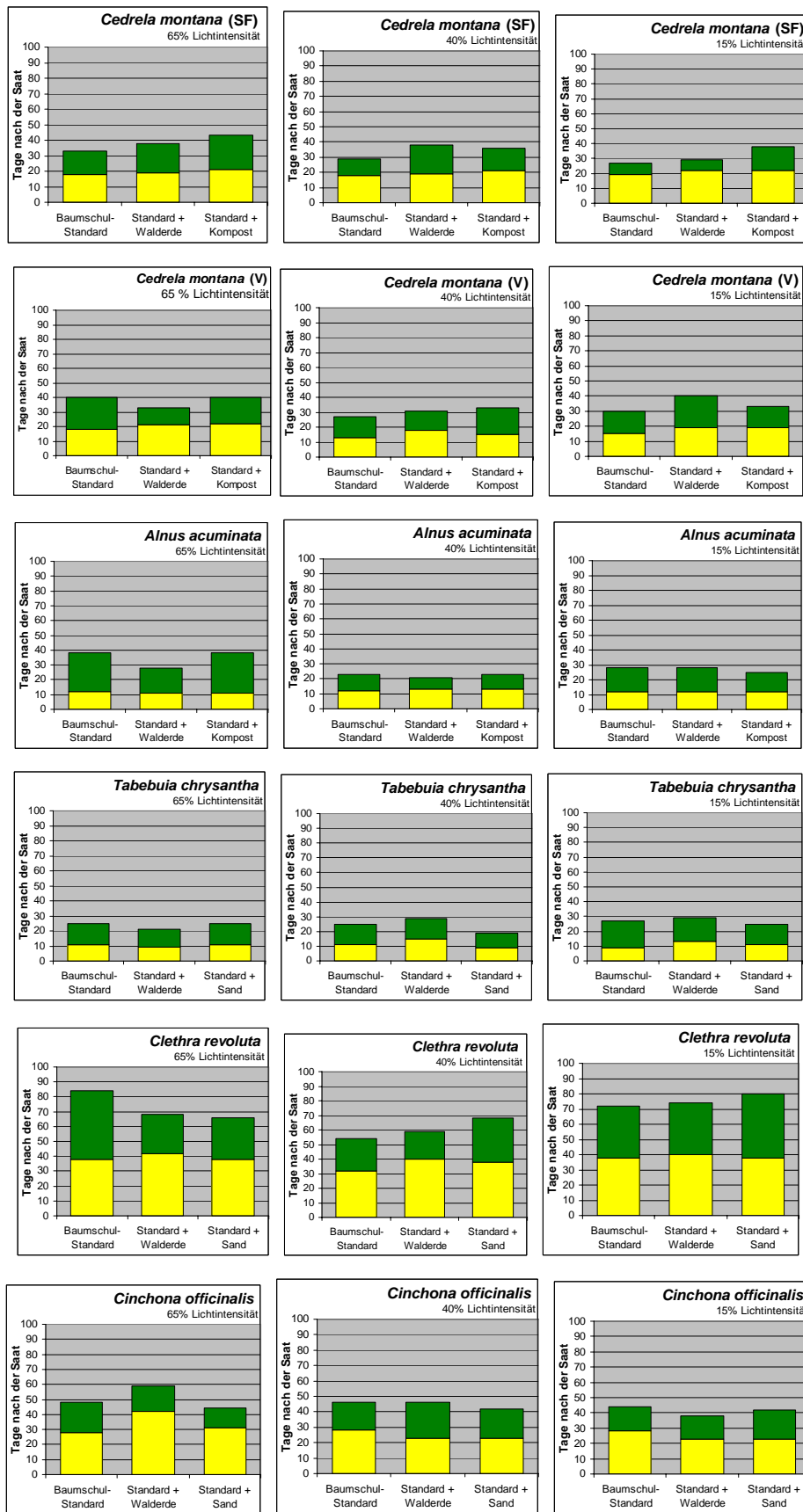


Abbildung 4-49: Keimschnelligkeiten der Baumarten nach den Versuchsfaktoren Substrat und Beleuchtungsintensität (der untere Teil des Balkens gibt die Zeitspanne bis zum Beginn der Keimung an, der obere die Zeitspanne bis Erreichen von 80% der kumulativen Keimprozente)

der Saat, in helleren Umgebungen wird 80% des kumulativen Keimprozentes jedoch schon früher erreicht als in dunkleren Keimumgebungen.

Durch die Kombination der Befunde aus den beiden Indikatoren ‚Keimschnelligkeiten der Saaten‘ und ‚kumulativen Keimraten‘ lassen sich optimale Keimsubstrate leichter erkennen und ableiten. Bei etwa gleichem Keimprozent wird jenes Substrat als vorteilhafter angesehen, in dem 80 % des kumulativen Keimprozentes bereits zu einem früheren Zeitpunkt erreicht werden. Bei einigen der getesteten Baumarten wurden in den Faktorkombinationen Licht*Substrat mit der schnellsten Keimung auch die höchsten Keimraten beobachtet (vgl. Abbildung 4-50, *Cedrela montana*, *Alnus acuminata*, *Tabebuia chrysantha*). Bei diesen Baumarten werden die in Abbildung 4-50 markierten und beschrifteten Keimumgebungen auch als die vorteilhaftesten angesehen. *Clethra revoluta* und *Cinchona officinalis* erreichten die höchsten Keimraten nicht in den Einheiten, die am schnellsten keimen. Die Wahl des optimalen Keimsubstrates bleibt hier somit der Präferenz der Baumschule überlassen, die zwischen hohen Keimraten oder schneller Keimung wählen kann. Im Fall von *Clethra revoluta* erstreckte sich in der vorliegenden Untersuchung der Wartezeitraum für ein etwa 8 % höheres (und damit viereinhalb Mal so großes) Keimprozent über knapp 20 Tage. Bei *Cinchona officinalis* wurde bei etwa 5 Tage länger dauernder Keimung ein bis zu 25 % höheres Keimprozent erzielt.

Die hier erarbeiteten optimalen Kombinationen der Keimumgebungen stellten einen Baustein zur Erarbeitung der Anzuchtprotokolle dar (vgl. Kapitel 5.5, Schlussfolgerungen für die Praxis, S. 138).

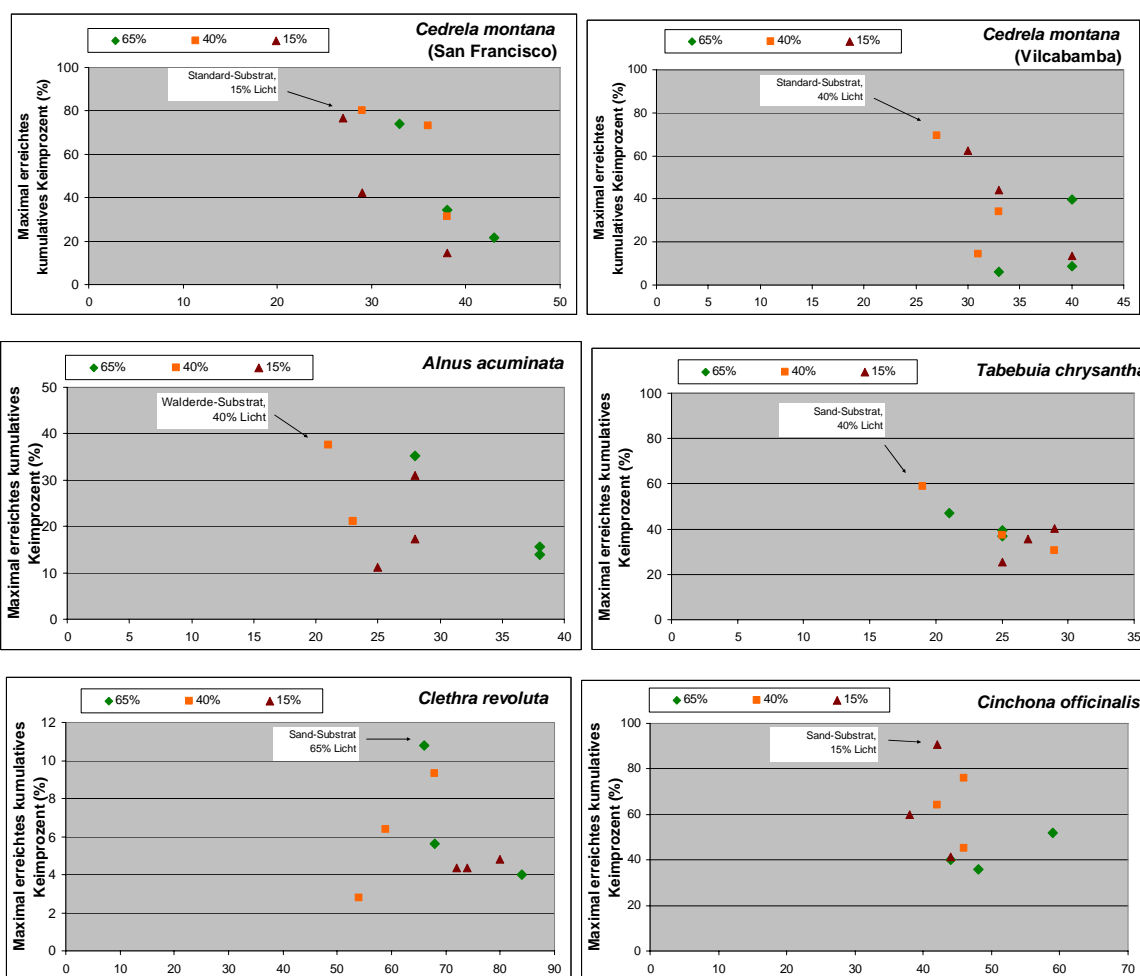


Abbildung 4-50: Anzahl der Tage nach der Saat bis Erreichen von 80 % des kumulativen Keimprozentes (x-Achse) und das maximal erreichte kumulative Keimprozent (y-Achse) der getesteten Baumarten nach den getesteten Lichtintensitäten (keine einheitlichen Skalen)

4.2.8. Keimverhalten und Samenproduktion im Hinblick auf das Tausendkorngewicht

Aus Abbildung 4-48 lassen sich ebenfalls Unterschiede zwischen den Gewächshaussaaten und den Standardsaaten auf Filterpapier erkennen. Werden die maximalen Keimprozent im Gewächshaus mit den Standardsaaten auf Filterpapier verglichen (siehe Tabelle 4-38), ergibt sich nur bei den Saaten von *Cinchona officinalis* und *Cedrela montana* der Herkunft San Francisco ein höheres Keimprozent im Gewächshaus. Bei den anderen getesteten Baumarten liegen die Keimprozent im Gewächshaus teils deutlich niedriger. Es fällt zudem auf, dass sich mit einem größeren Tausendkorngewicht die Keimraten zwischen Gewächshaus-Saaten und der Standardsaat tendenziell annähern. Dies wäre ein Indiz dafür, dass der Aussaatmethode bei kleinen Samen im Gewächshaus besondere Beachtung und Gewissenhaftigkeit zukommen sollte.

Baumart	Maximales Keimprozent (Gewächshaus)	Keimprozent (Standard-Saat)	TKG (g)
<i>Cedrela montana</i> (V)	69,4 %	86 %**	42,5**
<i>Cedrela montana</i> (SF)	80,2 %	71,5 %*	12,35*
<i>Tabebuia chrysantha</i>	59,0 %	85,0 %	9,01
<i>Cinchona officinalis</i>	90,7 %	80,0 %	0,83
<i>Alnus acuminata</i>	37,5 %	57,5 %	0,19
<i>Clethra revoluta</i>	10,8 %	58,0 %	0,05

Tabelle 4-38: Keimprozent, alle Baumarten verglichen mit den Ergebnissen der jeweiligen Standard-Saaten und dem Tausendkorngewicht (TKG) (SF = Herkunft San Francisco, V = Herkunft San Pedro de Vilcabamba), *CABRERA & ORDOÑEZ (2004), ** DIAZ & LOJAN (2004), Tabelle sortiert nach TKG)

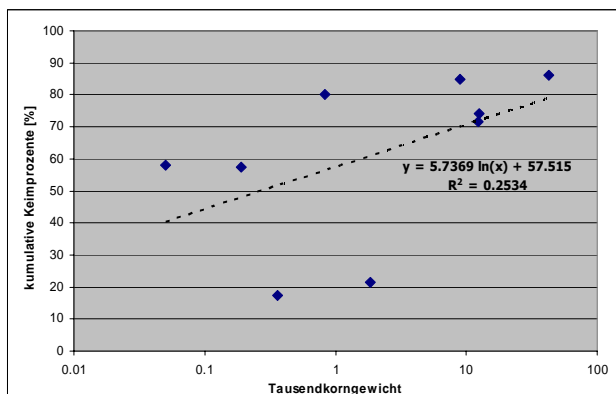
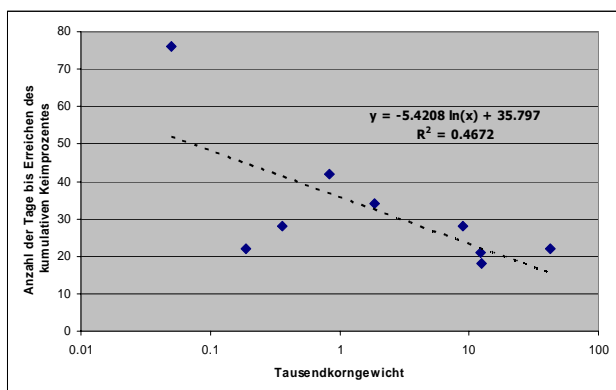


Abbildung 4-51: Keimschnelligkeit (oben) / kumulatives Keimprozent (unten) und Tausendkorngewicht (logarithmierte Darstellung, Baumarten *Cedrela montana* (SF und V), *Alnus acuminata*, *Piptocoma discolor*, *Tabebuia chrysantha*, *Myrica pubescens*, *Cinchona officinalis*, *Clethra revoluta*, *Heliocarpus americanus*)

Nach ROHMEDE (1972) beeinflusst das Tausendkorngewicht (TKG) das Wachstum der Keimlinge in den ersten Lebensjahren und gilt daher als Anhaltspunkt für die zu erwartende Pflanzenausbeute. Kleine Samen besitzen geringere eigene Reserven für die Entwicklung im Keimlingsstadium und sind somit verstärkt auf externe Nährstoffe angewiesen. Tabelle 4-39 gibt einen Überblick über erhobene Kennwerte des Saatgutes und Wachstums-Potenzials der Pflanzen, abgeleitet aus den Untersuchungen zur Keimlingsentwicklung (vgl. Kapitel 3.5.3, Keimversuch).

Nach SCHMIDT (2000) tendieren größere Samen zu schnellerer Keimung und produzieren größere und vitalere Keimlinge als kleinere Samen. Auf Grundlage von Tabelle 4-39 sind das Tausendkorngewicht (TKG) und die Keimschnelligkeit sowie das kumulative Keimprozent und das TKG in Abbildung 4-51 dargestellt. Größere Samen keimen hier tendenziell schneller als kleinere.

Ebenso steigt das kumulative Keimprozent tendenziell mit zunehmendem TKG. Mit den hier untersuchten Arten ergeben sich jedoch keine abgesicherten Zusammenhänge.

Es ergibt sich jedoch ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem TKG, der Verweildauer der Keimlinge im Keimsubstrat sowie der dann erreichten Höhe. Die Regressionsformel hierzu lautet:

$$\text{Höhe [cm]} = 10,0968679 + 0,00148841 \cdot \text{TKG [g]} + 0,14806111 \cdot \text{Alter [Wochen]}; \quad R^2=0,9688$$

In die Berechnung eingehende Baumarten: *Alnus acuminata*, *Tabebuia chrysantha*, *Juglans neotropica*, *Heliocarpus americanus*

Daraus lässt sich ableiten, dass das Samengewicht eine Weisergröße der Ausbeute an Pflanzenmaterial sein kann.

Baumart	Kumulative Keimprozente (%)	Keim-schnelligkeit (Tage)	TKG (g)	Wochen im Keimsubstrat	Höhe (cm)	Geschätzte Höhen (cm) (Regression)
<i>Cedrela montana</i> (SF)	71,5 *	21 *	12,35 *			
<i>Cedrela montana</i> (V)	86,0 **	22 **	42,5 **			
<i>Alnus acuminata</i>	57,5	22	0,19	25	11,15	13,80
<i>Tabebuia chrysantha</i>	85,0	28	9,01	30	13,89	14,55
<i>Piptocoma discolor</i>	17,3	28	0,36			
<i>Myrica pubescens</i>	74,0	18	12,6	28,86	4,08	
<i>Cinchona officinalis</i>	80,0	42	0,83			
<i>Clethra revoluta</i>	58,0	76	0,05			
<i>Juglans neotropica</i>	- **		20152 **	11	41,72	41,72
<i>Heliocarpus americanus</i>	21,33 *	34*	1,86 *	26	17,26	13,95

Tabelle 4-39: Keimprozente und –schnelligkeiten (bis zum Erreichen des vollen kumulativen Keimprozentes) der Standard-Saaten, Tausendkorngewicht des verwendeten Saatgutes sowie der Anzahl der Wochen im Keimsubstrat und der dann erzielten Höhe (Gewächshausbedingungen) (*CABRERA & ORDOÑEZ, 2004; ** DIAZ & LOJAN, 2004). Die geschätzten Höhen geben die Höhen an, die für die Baumarten bei der Berechnung mit der o.g. Formel erzielt würden.

Das Samengewicht lässt weiterhin eine Einteilung in verschiedene Populationsstrategien zu: K-Strategen reproduzieren sich in geringerer Anzahl, sind sehr konkurrenzstark und besiedeln ein festes Habitat, das sie verteidigen, während r-Strategen sich in großer Zahl vermehren, jedoch geringe Samengewichte und vergleichsweise kurze Lebensdauer besitzen sowie auf Schutzmechanismen wie bspw. ätherische Öle verzichten (vgl. WILMANN, 1993).

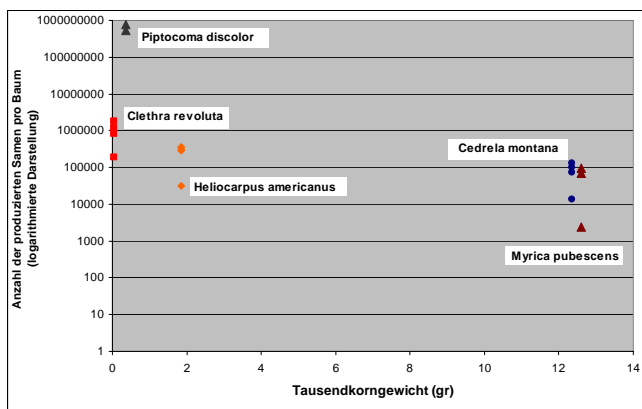


Abbildung 4-52: Tausendkorngewicht und Anzahl der produzierten Samen pro Baum (Herkunftsgebiet San Francisco, Anzahl der Früchte pro Baum approximativ kalkuliert von CABRERA & ORDOÑEZ, 2004)

Von den hier untersuchten Baumarten könnten *Piptocoma discolor*, *Clethra revoluta* und *Heliocarpus americanus* als r-Strategen bezeichnet werden. Diese weisen eine hohe Anzahl an produzierten Samen sowie geringe Samengewichte auf. Abbildung 4-52 gibt einen Überblick über die Anzahl der produzierten Samen pro Baum und des mittleren Tausendkorngewichtes der untersuchten Arten. Dies gibt jedoch noch keinen Aufschluss über die Überlebensfähigkeit der Sämlinge und die zu erwartenden Pflanzenzahlen. Sie erleichtern jedoch Einschätzungen über zu erwartende Saatgutmengen.

Die hier dargestellten Zusammenhänge gelten nicht uneingeschränkt. Untersuchungen zum Einfluss des Samengewichtes auf die Keimung und das Überleben der Pflanzen zielen meist auf

intraspezifische Unterschiede zwischen Provenienzen. Bei den spärlichen Informationen hinsichtlich zu erwartender Keimprozente und Pflanzenzahlen bei neu untersuchten Samensorten lassen sich erste Tendenzen erkennen, aus denen sich Hinweise über zu erntende Saatgutmengen ableiten lassen. Die dargestellten Zusammenhänge sind aus wenigen Baumarten und Messungen abgeleitet. Für eine weitere Untermauerung wären weiterführende Studien angezeigt.

4.2.9. Nebenversuche zur Keimung

In den Keimversuch nach dem in Kapitel 3.5.3 beschriebenen Design wurden im Juni / Juli 2002 ebenfalls die Baumarten *Myrica pubescens* und *Vismia tomentosa* integriert. Bei beiden Arten blieb die Keimung jedoch aus, so dass keine Daten aus der im großen Maßstab angelegten Versuchsreihe erhoben werden konnten. Einige Samen der beiden Arten wurden dennoch nach unterschiedlichen Vorbehandlungen in Petrischalen ausgesät, um erste Informationen über das Keimverhalten zu erlangen. Das daraufhin beobachtete Keimverhalten ist im Folgenden beschrieben.

Myrica pubescens

Für den Nebenversuch mit *Myrica pubescens* wurde älteres, unter Umgebungstemperatur gelagertes Saatgut verwendet (vgl. Tabelle 4-40). Nach der Ernte wurde dieses während einer arbeitsintensiven Zeit in der Baumschule versehentlich in einer verschlossenen Plastiktüte gelagert. Als die Saat stattfinden sollte, hatten sich im feuchten und gering durchlüfteten Milieu in der Plastiktüte auf dem Saatgut Schimmelpilze gebildet. Die Samen wurden auf Filterpapier in Petrischalen ausgesät.

<i>Myrica pubescens</i>	
Herkunft	San Pedro de Vilcabamba
Ernte	Dezember 2002 / Januar 2003
Saatdatum	11. Februar 2003
Alter der Samen bei Saat	1-2 Monate
Anzahl der Wiederholungen	2
Probegröße	25
Vorbehandlung	Lagerung in Plastiktüten

Tabelle 4-40: *Myrica pubescens*: Versuchsbedingungen und Saatgut (Nebenversuch)

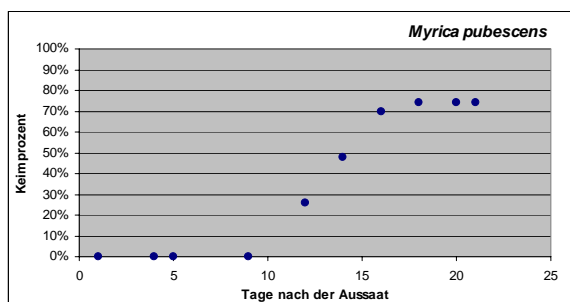


Abbildung 4-53: *Myrica pubescens*: Kumulative Keimprozente (Nebenversuch, Mittelwerte aus 2 Wiederholungen (Wdh), Anzahl Samen pro Wdh: 25)

Die Keimschnelligkeit und die kumulativen Keimprozente sind in Abbildung 4-53 dargestellt. Die ersten gekeimten Samen wurden am 12. Tag nach der Saat registriert. Am 18. Tag nach der Saat war das mittlere Keimprozent von 74% erreicht. Die kumulativen Keimprozente der beiden Versuchswiederholungen wichen mit Werten von 56% und 92% stark voneinander ab.



Abbildung 4-54: *Myrica pubescens*: Keimlinge

Entwicklung der Keimlinge

Obwohl Laurel de cera als Pionierart gilt, wurde in der Baumschule ein langsames Wachstum festgestellt. Nach dem Austritt der Keimwurzel aus dem Samen werden die rundlichen, leicht fleischigen Keimblätter sichtbar (vgl. Abbildung 4-54). Das Wurzelsystem ist in jungem Stadium schon verzweigt. Die Wurzeln sind sehr fragil und leicht glasig.

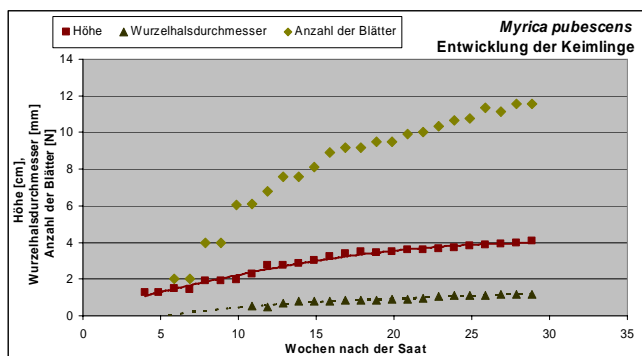


Abbildung 4-55: *Myrica pubescens*: Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers verlief kontinuierlich mit geringen Abweichungen zwischen den Messwerten der Einzelpflanzen. Ab der sechsten Woche traten die neuen Blätter stets paarig hervor, im weiteren Verlauf – etwa ab der 11. Woche – auch einzeln. Aus den Messungen lassen sich die Regressionen in Tabelle 4-41 ableiten. Die Messreihe reichte über 29 Wochen.

Aus den Messungen zum Wachstumsverhalten in der Baumschule lässt sich Abbildung 4-55 ableiten. *Myrica pubescens* besitzt demnach ein kontinuierliches, aber langsames Höhenwachstum. Am Ende des Beobachtungszeitraums wurden eine maximale Höhe von 5,2 cm und ein Minimalhöhenwert von 3,1 cm gemessen. Nach der 20. Beobachtungswoche fiel eine der zehn untersuchten Pflanzen aus. Auch die

Regression					Bestimmtheitsmaß
Höhe	h	=	0,1177 *w	+1,0032	R ² = 0,9305
WHD	WHD	=	0,0355 *w	+0,2002	R ² = 0,9251

Tabelle 4-41: *Myrica pubescens*: Regressionsformeln für das Wachstum der Keimlinge, gerundet (h = Höhe der Keimlinge (cm), WHD = Wurzelhalsdurchmesser (mm), w = Woche nach der Keimung)

Vismia tomentosa

Vismia tomentosa verbreitet sich durch Fledermäuse. Am 28. November 2002 wurden von der AG Matt 32 *Vismia*-Samen im Fledermauskot gefunden. Die Samen wurden auf Filterpapier in zwei Petri-Schalen mit jeweils 16 Samen pro Schale in der Baumschule ausgesät. Der Beginn der Keimung setzte nach 30 Tagen ein und verlief wie in Abbildung 4-56 dargestellt. Nach 78 Tagen (2,5 Monaten) waren alle 32 Samen gekeimt.

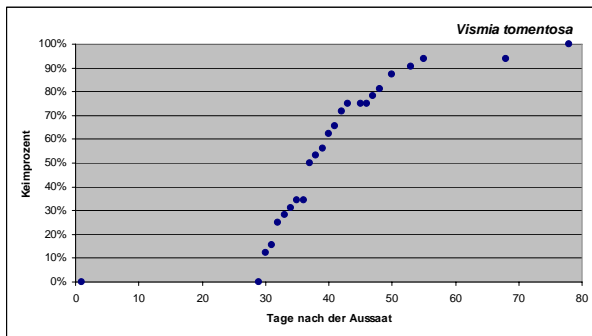


Abbildung 4-56: Keimverlauf der Samen von *Vismia tomentosa* nach Verdauung durch Fledermäuse

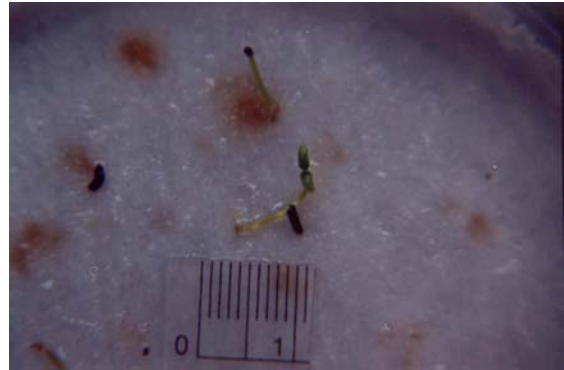


Abbildung 4-57: *Vismia tomentosa*, Keimling

4.3. Anzucht der Pflanzen

Die Versuchsreihe zur Anzucht der Pflanzen wurde nach dem in Abschnitt 3.5.3 beschriebenen Design durchgeführt. Als Ausgangszahl pro Faktorkombination Licht*Substrat wurden 20 Pflanzen angestrebt, d.h. pro Baumart 240 Pflanzen pikiert. Aufgrund der Verfügbarkeit der Keimlinge war dies jedoch nicht immer erreichbar. Die Darstellung des Wachstums der Baumarten erfolgt zunächst nach den absoluten Werten für jede Baumart getrennt. Im darauf folgenden Baumartenvergleich werden alle drei getesteten Faktoren (Beleuchtung, Substrat und Baumarten) verglichen.

4.3.1. *Cedrela montana*

Das Pflanzenmaterial zur Anzucht von *Cedrela montana* entstammte den in der Baumschule durchgeführten Keimversuchen. Mit dem Pikieren der Pflanzen wurde am 4. November 2002 (Herkunft San Pedro de Vilcabamba) bzw. 14. November 2002 (Herkunft San Francisco) begonnen. Die Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt ca. 11-13 Wochen alt und stammten aus Keimumgebungen mit Baumschul-Standard-Substrat aller drei Lichtintensitäten.

Überlebensraten

Am Ende der Beobachtungsperiode von 20 Wochen ergaben sich für die Pflanzen der **Herkunft San Francisco** die in Abbildung 4-58 dargestellten Überlebensprozente.

In allen Lichtintensitäten überlebten die meisten Pflanzen im Baumschul-Standardsubstrat und dem gedüngten Substrat (zwischen 94,7% und 68,2%) die Beobachtungsperiode. Die geringsten Überlebensprozente wurden im Kompost-Substrat erzielt. Die Pflanzen starben in diesem Substrat bereits zu Beginn des Beobachtungszeitraumes sehr zahlreich ab. Schon in der achten Woche nach dem Pikieren lebten nur noch bei der hellsten Lichtintensität über 10 % der Pflanzen.

Bei allen drei Lichtintensitäten zeigte sich die gleiche Rangordnung im Überlebensprozent: im Baumschul-Standard-Substrat und im gedüngten Substrat wurden stets die besten Ergebnisse erzielt, während im Walderde- und besonders im Kompost-Substrat mehr Pflanzen abstarben.

Die pikierten Pflanzen der **Herkunft San Pedro de Vilcabamba** verhielten sich in Bezug auf die Überlebensraten wie in Abbildung 4-59 dargestellt. Hier überlebten im Standard-Substrat und im gedüngten Substrat in allen Beleuchtungsintensitäten fast alle Pflanzen. Auch das Walderde-Substrat brachte – außer in der mittleren Lichtintensität – Überlebensprozente von 85% - 95%. Die Sämlinge, die in das Kompost-Substrat pikiert wurden, zeigten wie bei der Herkunft San Francisco auch hier von Beginn der Beobachtungsperiode an geringe Überlebensraten. Mit Überlebensraten von ca. 40% (hellste Lichtintensität) bzw. ca. 12% und ca. 22,2% (mittlere bis dunkelste Lichtintensität) wurden jedoch bessere Ergebnisse erzielt als bei der Herkunft San Francisco.

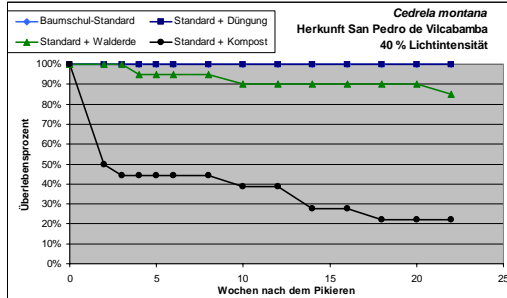
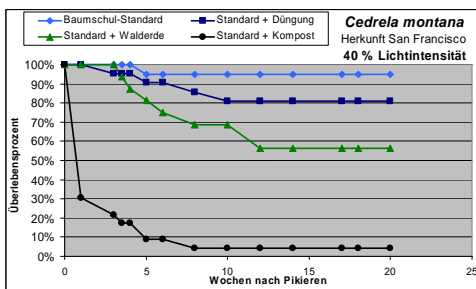
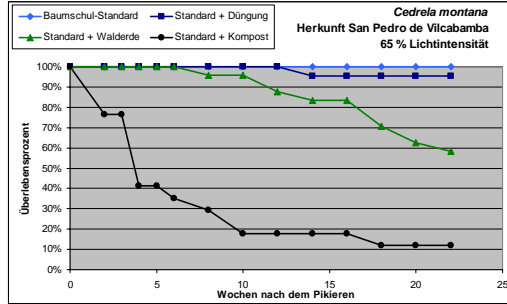
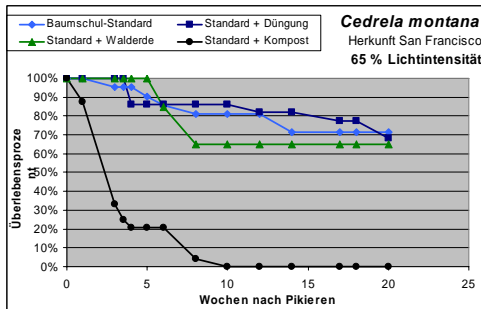
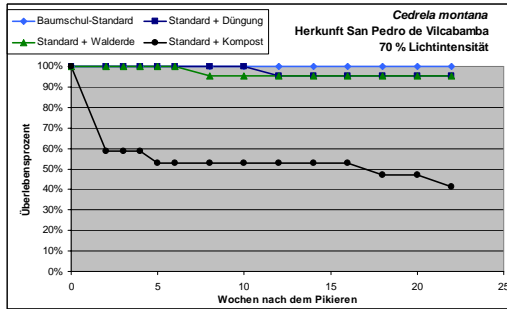
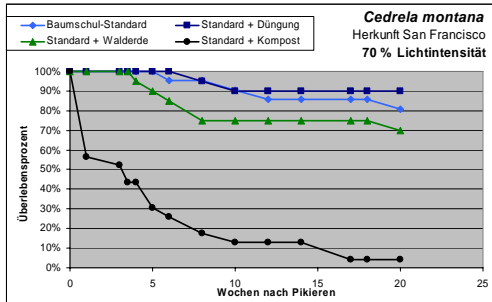


Abbildung 4-58: *Cedrela montana*, Herkunft San Francisco: Überlebensprozente der Pflanzen nach den untersuchten Beleuchtungsintensitäten und Substratvarianten (oben: 70 %, Mitte: 65%, unten: 40%)

Abbildung 4-59: *Cedrela montana*, Herkunft San Pedro de Vilcabamba: Überlebensprozente der Pflanzen nach den untersuchten Beleuchtungsintensitäten und Substratvarianten (oben: 70%, Mitte: 65%, unten: 40%)

Auch bei der Herkunft San Pedro de Vilcabamba galt die gleiche Reihenfolge der Überlebensraten in den Lichtintensitäten: Die höchsten Raten wurden von den Pflanzen im Standard-Substrat und gedüngten Substrat erzielt, während im Substrat mit Walderde und im Kompost-Substrat (außer in der hellsten Lichtintensität) nur eine geringere Pflanzenzahl überlebte.

Aufgrund der unterschiedlichen Mortalität der Pflanzen beider Herkünfte unterschieden sich die Stichprobengrößen in den getesteten Substraten und Lichtintensitäten im Versuchsfortschritt. Bei den folgenden Ergebnisdarstellungen ist dies zu berücksichtigen.

Höhen- und Durchmesserentwicklung

Die untersuchten Pflanzen der **Herkunft San Francisco** zeigten in den getesteten Substraten voneinander abweichende Höhenentwicklungen (vgl. Abbildung 4-60). Über alle Lichtintensitäten hinweg entwickelten sich die höchsten Pflanzen im gedüngten Substrat nach etwa 20 Wochen Beobachtungsdauer mit Höhen von 14,2 cm, 13,4 cm bzw. 13 cm (hellste bis dunkelste Lichtintensität). Das Kompost-Substrat brachte im Vergleich zum Ausgangswert beim Pikieren so gut wie keine Höhenwuchsleistung. Ab etwa der 9. Woche nach dem Pikieren zeigte sich bereits die Hierarchie in der Pflanzenhöhe, die bis zum Ende der Beobachtungsperiode erhalten blieb: Die höchsten Pflanzen waren im gedüngten Substrat und im Standard-Substrat zu finden, während die Pflanzen im Substrat mit Walderde und im Kompost-Substrat geringere Höhenwuchsleistungen

zeigten. Die Unterschiede in der Höhenwuchsleistung zwischen den Lichtintensitäten sind sehr gering (vgl. Abbildung 4-60).

Auch bei der Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers ergaben sich in den absoluten Werten deutlich größere Unterschiede in den getesteten Substratvarianten als in den untersuchten Beleuchtungsintensitäten. Die größten Zuwächse zeigten sich im Standard-Substrat und dem gedüngten Substrat. Das Kompost-Substrat lieferte auch hier das geringste Wachstum.

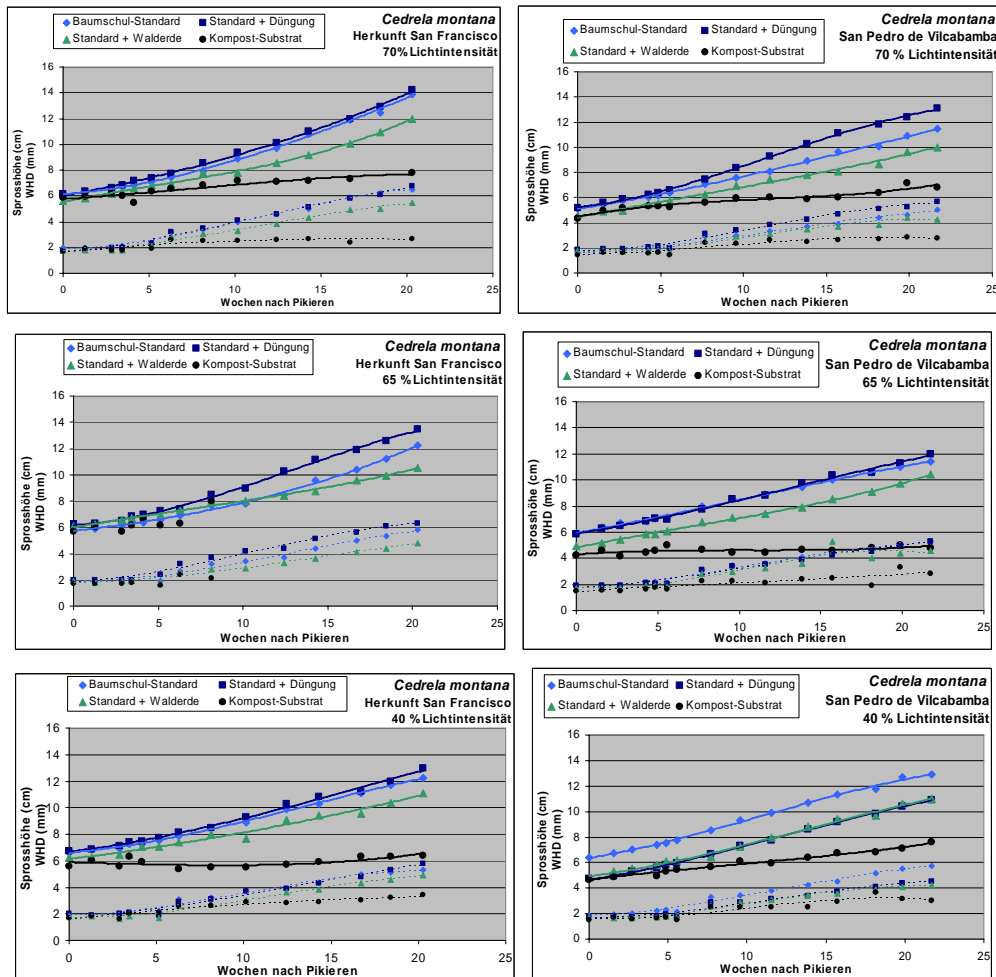


Abbildung 4-60: *Cedrela montana*, Herkunft San Francisco (links) und San Pedro de Vilcabamba (rechts): Höhenentwicklung (durchgezogene Linie) und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers (gestrichelte Linie) in den getesteten Lichtintensitäten (oben: 70%, mitte: 65%, unten: 40%)

Die Pflanzen der **Herkunft San Pedro de Vilcabamba** zeigten im Höhenwachstum ebenfalls deutlichere Unterschiede zwischen den getesteten Substratvarianten als zwischen den Beleuchtungsintensitäten (Abbildung 4-60). Die größten Sprosshöhen am Ende des Beobachtungszeitraumes von 22 Wochen waren in den Versuchseinheiten des Standard-Substrats (11,5 cm, 11,5 cm bzw. 12,9 cm) und des gedüngten Substrats (13,1 cm, 12,0 cm bzw. 10,9 cm) zu finden. Das Kompostsubstrat brachte auch bei der Herkunft San Pedro de Vilcabamba mit Abstand die geringste Leistung im Höhenwachstum. Hier ergaben sich zwischen den Ausgangswerten und der Sprosshöhe nach dem Versuchszeitraum nur maximal 3 cm Höhenwachstum.

Die Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers unterschied sich in den Lichtintensitäten nur in geringem Maße voneinander (Abbildung 4-60). Die Unterschiede zwischen den getesteten Substraten verhielten sich der Entwicklung des Höhenwachstums entsprechend, d.h. auch hier brachten die

Pflanzen im Standard-Substrat und gedüngten Substrat die dicksten Wurzelhalsdurchmesser, während die Pflanzen im Kompost-Substrat nur geringes Wachstum aufwiesen.

Höhe der Pflanzen am Ende des Anzuchtversuchs in Abhängigkeit von der Ausgangshöhe

Die Pflanzen, die für den Anzuchtversuch in die Foliencontainer pikiert wurden, stammten aus unterschiedlichen Lichtintensitäten während des Keimversuchs. In Abbildung 4-61 sind die gemessenen Höhen am Ende des Anzuchtversuchs über der Ausgangshöhe dargestellt. Eine flache Trendlinie bedeutet, dass die Pflanzen unterschiedlicher Ausgangshöhe ähnliche Endhöhen erreichen. Steile Linien deuten einen Trend an, dass sich die Pflanzenhöhen zu Versuchsende deutlicher nach ihrer Ausgangshöhe unterscheiden. In Tabelle 4-42 sind die Trendformeln beschrieben.

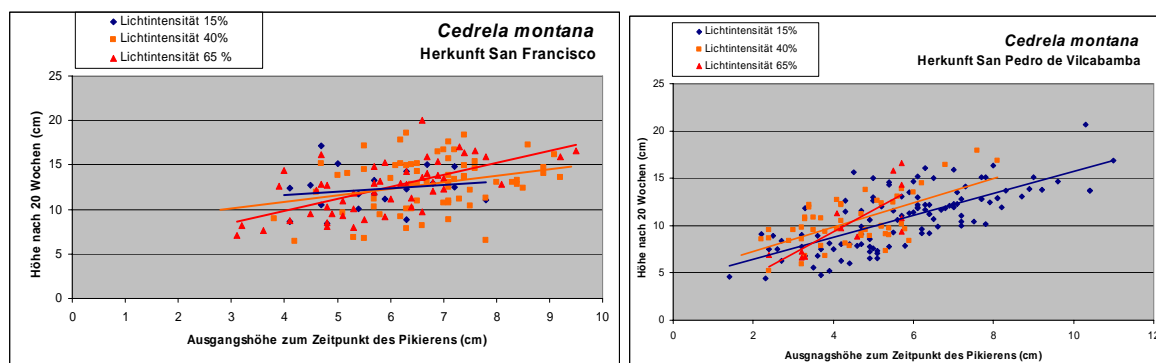


Abbildung 4-61: *Cedrela montana*: Pflanzenhöhen am Ende des Anzuchtversuchs im Vergleich zu den Ausgangshöhen zum Zeitpunkt des Pikierens. Unterschiede nach den Lichtintensitäten der Pflanzen im Keimversuch.

Bei Pflanzen der Herkunft San Francisco aus hellerer Keimumgebung zeigten sich bei größeren Ausgangshöhen auch die größeren Pflanzenhöhen am Ende der Beobachtungsperiode (Abbildung 4-61). Bei den Keimlingen aus dunklerer Keimumgebung hingegen war die Höhe zu Beginn des Versuchs wenig aussagekräftig für Prognosen über die weitere Pflanzenentwicklung. Bei der Herkunft San Pedro de Vilcabamba besaßen die Trendgeraden größere Steigungen, d. h. größere Pflanzen zu Beginn des Versuchs versprachen auch größere Pflanzen am Ende des Versuchs. Dies wird wie auch bei Pflanzen der Herkunft San Francisco besonders deutlich bei den Pflanzen, die aus der hellsten Keimumgebung stammten.

Baumart	Unterscheidungs-Kriterium	Formel	Bestimmtheitsmaß R ²
<i>Cedrela montana</i> (SF)	Keimumgebung 15%	$y = 0,3758 * h_0 + 10,087$	0,0304
<i>Cedrela montana</i> (SF)	Keimumgebung 40%	$y = 0,7346 * h_0 + 7,9087$	0,0826
<i>Cedrela montana</i> (SF)	Keimumgebung 65%	$y = 1,3545 * h_0 + 4,4309$	0,4032
<i>Cedrela montana</i> (V)	Keimumgebung 15%	$y = 1,1587 * h_0 + 4,1538$	0,5162
<i>Cedrela montana</i> (V)	Keimumgebung 40%	$y = 1,2862 * h_0 + 4,6998$	0,4012
<i>Cedrela montana</i> (V)	Keimumgebung 65%	$y = 2,3036 * h_0 + 0,1099$	0,6214
<i>Cedrela montana</i> (SF)	1 Keimling / Saatgefäß	$y = 1,1469 * h_0 + 5,6151$	0,2093
<i>Cedrela montana</i> (SF)	2 Keimlinge / Saatgefäß	$y = 0,9 * h_0 + 6,917$	0,18

Tabelle 4-42: *Cedrela montana*: Trendformeln für die Höhenentwicklung der Pflanzen im Anzuchtversuch nach der Keimumgebung (h_0 = Ausgangshöhe)

Im Keimversuch wurden jeweils zwei Samen in die Saatgefäße (*conos*) gesät. Da nicht alle Samen gekeimt sind, wurde zum Zeitpunkt des Pikierens dokumentiert, wie viele Keimlinge sich in den Einheiten befanden. Abbildung 4-62 stellt die am Ende des Anzuchtversuchs erreichte Höhe über ihrer Ausgangshöhe dar. Unterschieden wird nach der Anzahl der Keimlinge in den Pikiergefäßen.

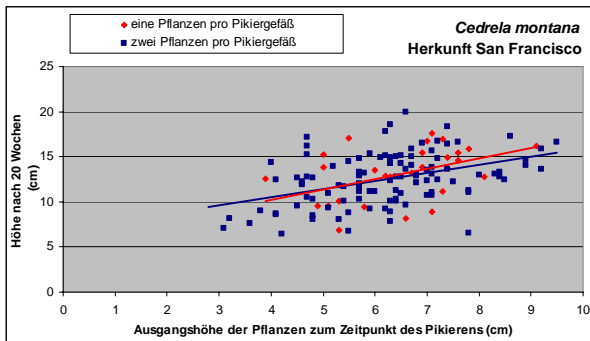


Abbildung 4-62: *Cedrela montana*, Herkunft San Francisco, Pflanzenhöhen am Ende des Anzuchtversuchs im Vergleich zu den Ausgangshöhen zum Zeitpunkt des Pikierens. Unterschiede nach Anzahl der Keimlinge im Pikiergefäß.

Da beide Trendgeraden eine positive Steigung besitzen, zeigt sich, dass sich große Keimlinge auch zu größeren Pflanzen entwickelten. Hierbei entwickelten sich die Pflanzen, die alleine im Pikiergefäß keimten, geringfügig besser, die Unterschiede zwischen den Höhen am Ende des Beobachtungszeitraumes waren jedoch gering. Dies würde bedeuten, dass das räumlich relativ dichte Aussäen wenig Einfluss auf die spätere Höhenentwicklung der Pflanzen besitzt.

Aufgrund der geringen Bestimmtheitsmaße sind die Formeln jedoch sehr unzuverlässig.

4.3.2. *Tabebuia chrysantha*

Das Pflanzenmaterial zur Versuchsreihe mit *Tabebuia chrysantha* stammte aus dem durchgeführten Keimversuch. Die Keimumgebung der pikierten Pflanzen umfasste alle im Keimversuch getesteten Lichtintensitäten sowie die Keimsubstrate Baumschul-Standard-Substrat und Sand-Substrat. Die Keimlinge wurden im Alter von 10 - 12 Wochen pikiert.

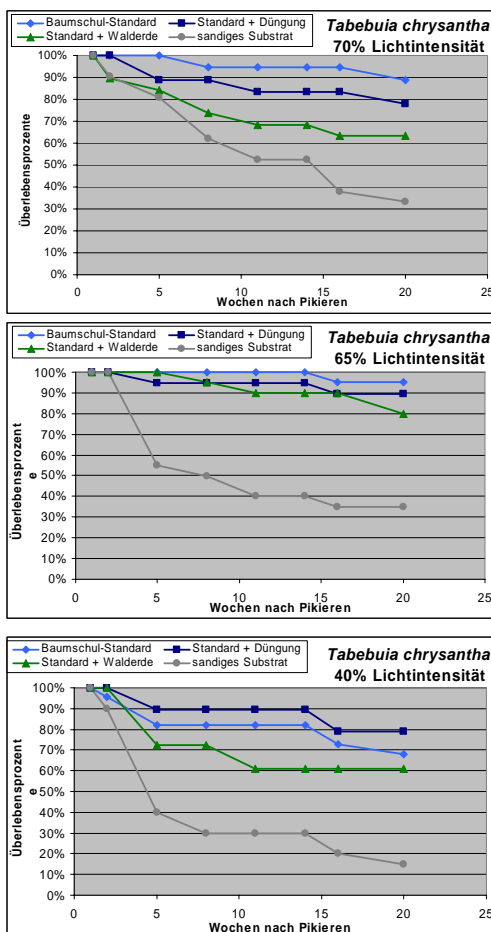


Abbildung 4-63: *Tabebuia chrysantha*: Überlebensprozente in den Substraten, nach den Lichtintensitäten (oben: 70%, Mitte: 65%, unten: 40%)

Überlebensraten

Während des Beobachtungszeitraumes von 20 Wochen wurden in den Substratvarianten und Lichtintensitäten die in Abbildung 4-63 dargestellten Überlebensprozente beobachtet. Die geringsten Überlebensraten ergaben sich im sandigen Substrat, in dem etwa 75% der verschulten Pflanzen ausfiel. Die höchsten Überlebensraten zeigten sich im Baumschul-Standard-Substrat und im gedüngten Substrat. Hier lebten am Ende des Beobachtungszeitraumes noch zwischen 95% (mittlere Lichtintensität) und 68,2% (niedrigste Lichtintensität) der zu Beginn verschulten Pflanzen. Bereits ab der 5. Woche ließen sich deutliche Unterschiede der Mortalitätsraten in den Substraten erkennen. In den helleren Beleuchtungsintensitäten überlebten tendenziell mehr Pflanzen.

Höhen- und Durchmesserentwicklung

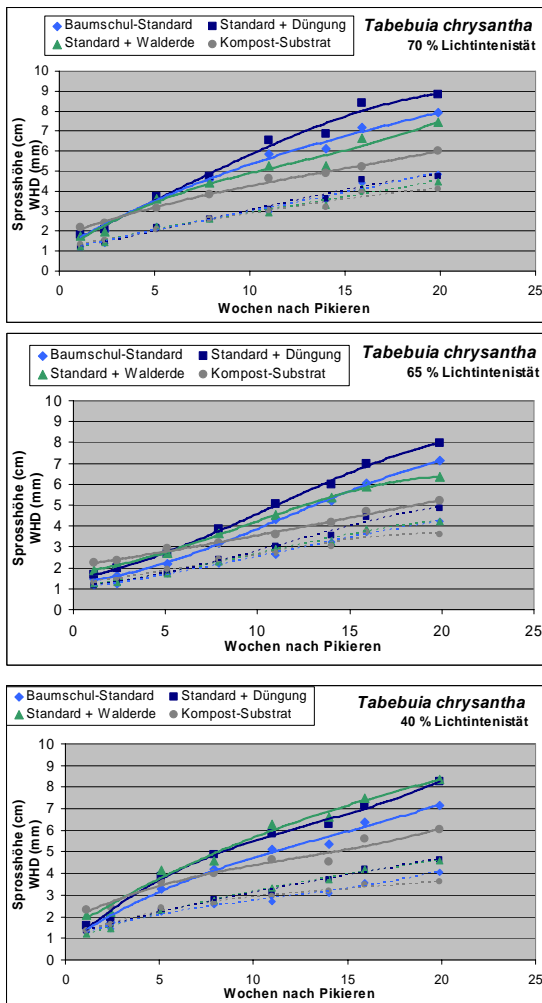


Abbildung 4-64: *Tabebuia chrysantha*: Höhenentwicklung (durchgezogene Linie) und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers (WHD, gestrichelte Linie) in den untersuchten Substraten, nach den Lichtintensitäten (oben: 70%, Mitte: 65%, unten: 40%)

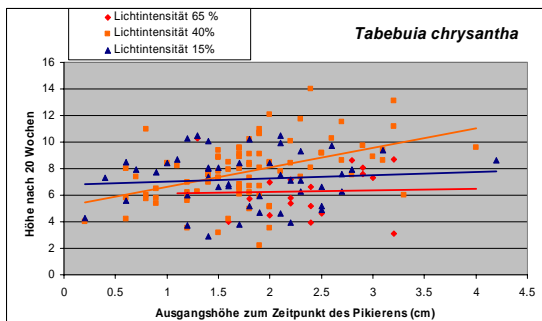


Abbildung 4-65: *Tabebuia chrysantha*: Pflanzenhöhen am Ende des Anzuchtversuchs im Vergleich zu den Ausgangshöhen zum Zeitpunkt des Pikierens. Unterschiede nach Lichtintensität während des Keimversuchs

Aus den Höhenmessungen bei *Tabebuia chrysantha* lassen sich für die getesteten Substratvarianten und Lichtintensitäten die in Abbildung 4-64 beschriebenen Wachstumsverläufe ableiten.

Im gedüngten Substrat zeigten sich mit 8,8 cm, 7,9 cm, bzw. 8,2 cm (höchste bis niedrigste Lichtintensität) die höchsten Pflanzen. Mit 5,2 – 6,0 cm kleinsten Pflanzen befanden sich im sandigen Substrat.

Die Substrat-Rangfolge im Höhenwachstum war - mit Ausnahme der guten Höhenentwicklung der Pflanzen im Substrat mit Walderde in der dunkelsten Lichtintensität - in den Lichtintensitäten gleich. Je dunkler die Lichtintensität, umso geringer gestalteten sich jedoch die Unterschiede in den Pflanzenhöhen.

Die Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers verlief ähnlich der Höhenentwicklung. Die Pflanzen im gedüngten Substrat besaßen auch hier am Ende des Beobachtungszeitraumes die dicksten Durchmesser. Im sandigen Substrat ergaben sich auch hier nach dem gleichen Zeitraum die geringsten Wurzelhalsdurchmesser.

Höhe der Pflanzen am Ende des Anzuchtversuchs in Abhängigkeit von der Ausgangshöhe

Die Pflanzen für den Anzuchtversuch stammten aus dem im Gewächshaus durchgeführten Keimversuch. Es wurden Keimlinge aus allen im Keimversuch getesteten Lichtintensitäten pikiert. Es zeigten sich die in Abbildung 4-65 dargestellten Höhen am Ende des Anzuchtversuchs.

Bei den Keimlingen aus der hellsten und der dunkelsten Beleuchtungsintensität während der Keimung wiesen die Pflanzen nach 20 Wochen Beobachtungsdauer keine deutlichen Unterschiede in den Sprosshöhen auf. Bei den Keimlingen bei 40 % Lichtintensität während der Keimung deutete sich durch die positive Steigung der Trendgeraden an, dass größere Keimlinge sich auch zu größeren Pflanzen am Ende der Anzuchtphase entwickeln konnten. In der Darstellung nicht berücksichtigt ist die

Behandlung während des Anzuchtversuchs. Eine Aussage darüber, ob der Unterschied am Ende des Beobachtungszeitraumes aufgrund der Höhe zu Beginn oder aufgrund der Versuchsvariante während des Anzuchtversuchs zustande kam, ist daher nicht möglich. Die Bestimmtheitsmaße der Formeln in Tabelle 4-43 sind zudem sehr gering und somit ein Zusammenhang recht unzuverlässig.

Baumart	Unterscheidungs-Kriterium	Formel	Bestimmtheitsmaß R ²
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Keimumgebung 15 %	$y = 0,2362 * h_0 + 6,8109$	0,0082
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Keimumgebung 40 %	$y = 1,4694 * h_0 + 5,1708$	0,2101
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Keimumgebung 65 %	$y = 0,1215 * h_0 + 6,0209$	0,0011

Tabelle 4-43: *Tabebuia chrysantha*: Trendformeln für die Höhenentwicklung der Pflanzen im Anzuchtversuch nach der Keimumgebung (h_0 = Ausgangshöhe)

4.3.3. *Piptocoma discolor*

Die Versuchsreihe mit *Piptocoma discolor* wurde am 17. März 2003 gestartet. Das verwendete Pflanzenmaterial wurde Mitte November 2002 im Erntegebiet San Francisco geerntet und am 27. November 2002 im Gewächshaus der Baumschule in Loja ausgesät. Alle Keimlinge wurden in der gleichen Keimumgebung mit Lichtintensität 65 % und Baumschul-Standard-Substrat im Gewächshaus ausgesät. Beim Pikieren waren die Keimlinge ca. drei Monate alt.

Überlebensraten

Nach dem Pikieren in die Foliencontainer und der Aufstellung in den Beeten zeigten sich im Verlauf des Versuchs die in Abbildung 4-67 dargestellten Überlebensprozente.

Bei allen Lichtintensitäten überlebten die meisten Pflanzen im Walderde- und im Standard-Substrat. Bei der höchsten und niedrigsten Lichtintensität überlebten im gedüngten Substrat ebenfalls mindestens 60% der Pflanzen, bei der mittleren Beleuchtungsintensität lebten hier am Ende der Beobachtungsperiode jedoch nur noch ca. ein Drittel der zu Beginn pikierten Pflanzen. Das deutlich schlechteste Ergebnis brachte auch hier das sandige Substrat, in dem weniger als 10 % der pikierten Pflanzen die Beobachtungszeit überlebten.

Der Trend der besten Überlebensraten war bereits um die 10. Woche nach dem Pikieren in die Foliencontainer zu erkennen. Die größte Veränderung ergab sich ab diesem Zeitpunkt nur mehr in den Versuchseinheiten mit dem gedüngten Substrat.

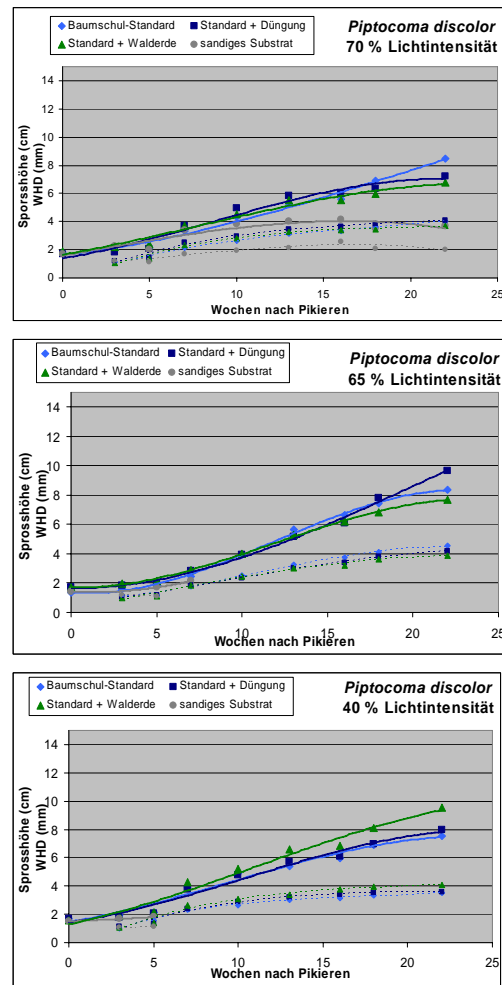
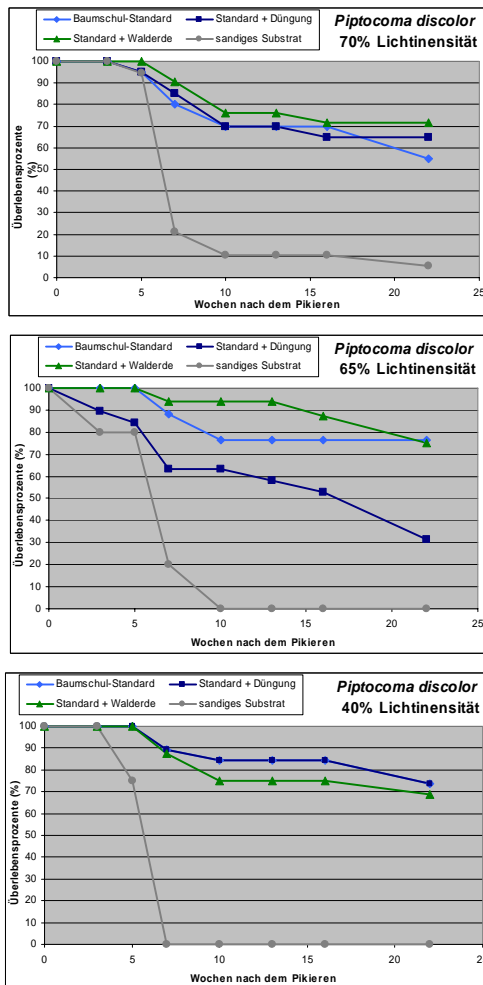
Durch die unterschiedliche Mortalität der Versuchspflanzen ergaben sich im Verlauf der Versuchsdurchführung variable Probegrößen in den Versuchseinheiten. Im weiteren Verlauf der Ergebnisdarstellung ist dies zu berücksichtigen.

Höhen- und Durchmesserentwicklung

Die beobachtete Höhen- und Durchmesserentwicklung der verschulten Keimlinge ist in Abbildung 4-66 dargestellt.

Im Beobachtungszeitraum von 22 Wochen zeigten die Pflanzen im Standard-Substrat und im gedüngten Substrat sowie im Substrat mit Walderde ein ähnliches Höhenwachstum. Die Pflanzen besaßen rund 7 bis 10 cm Höhe am Ende des Versuchszeitraumes. Auch hier zeigten die ins sandige

Substrat pikierten Pflanzen die geringste Höhenentwicklung. Am Ende der Beobachtungsperiode brachten diese mit 3,7 cm Höhe die mit Abstand geringste Höhenentwicklung.



Bei der Entwicklung der Wurzelhalsdurchmesser liessen sich nur geringe Unterschiede in den getesteten Substratvarianten erkennen. Einzig gegen Ende des Beobachtungszeitraumes wichen die Mittelwerte der Pflanzen im sandigen Substrat von den Mittelwerten der anderen Substrate nach unten ab, dies jedoch vermutlich bedingt durch die hohe Mortalitätsrate in diesem Substrat.

4.3.4. *Myrica pubescens*

Die Pflanzen wurden am 8. November 2002 aus dem Keimbeet in Foliencontainer verschult und in den Beeten der Versuchsanlage angezogen. Das Saatgut stammte aus der Herkunftsregion San Francisco. Es wurde am 30. März 2002 geerntet und am 18. Mai 2002 im Gewächshaus im Bereich der hellsten Lichtintensität (65%) ausgesät.

In den ersten Tagen nach dem Umsetzen in die Container traten bei fast allen Pflanzen Welkeerscheinungen und ‚hängende Spitzen‘ auf. Die Pflanzen wurden acht Tage im Gewächshaus belassen bis sie wieder vital wirkten. Erst dann wurden sie in der Schattieranlage in die Anzuchtbeete

aufgestellt. Für den Versuch standen insgesamt 50 Pflanzen zur Verfügung. Aufgrund der geringen Anzahl an Wiederholungen pro getesteter Faktorkombination sind die Ergebnisse nur bedingt aussagekräftig. In die vergleichende Untersuchung der Baumarten geht *Myrica* aufgrund der geringen Pflanzenzahlen nicht ein.

Überlebenszahlen

Die Darstellung der überlebenden Pflanzen in den getesteten Substraten und bei den erwähnten Beleuchtungsintensitäten während des Beobachtungszeitraums (Abbildung 4-69) erfolgt aufgrund der geringen Ausgangspflanzenzahl nicht in Prozentangaben, sondern als Darstellung der lebenden Pflanzen.

Es zeigt sich, dass im Substrat mit Walderde mehr Pflanzen bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes überlebten. Im Baumschul-Standardsubstrat starb bei jeder der getesteten Beleuchtungsintensitäten im Beobachtungszeitraum etwa die Hälfte der Pflanzen ab. Die deutlich geringsten Überlebenszahlen ergaben sich im Kompost-Substrat und im gedüngten Substrat. Keine der in das Kompost-Substrat pikierten Pflanzen lebte länger als 35 Wochen in den Foliencontainern. Aus Abbildung 4-69 geht ebenfalls hervor, dass mehr Pflanzen kurz nach dem Umsetzen in die Foliencontainer starben. Nach den ersten 10 Wochen war die Mortalität deutlich geringer.

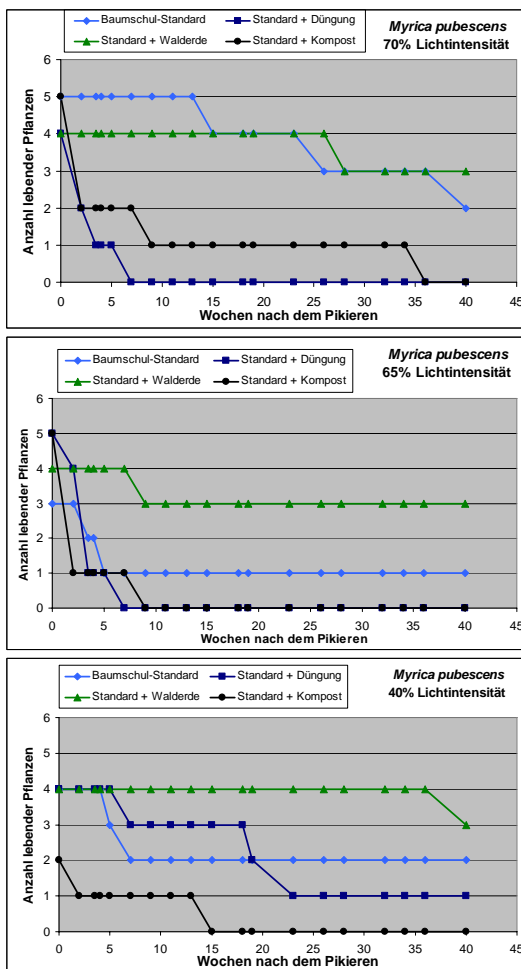


Abbildung 4-69: *Myrica pubescens*: Anzahl lebender Pflanzen in den untersuchten Substraten, nach den Lichtintensitäten (oben: 70%, Mitte: 65%, unten: 40%)

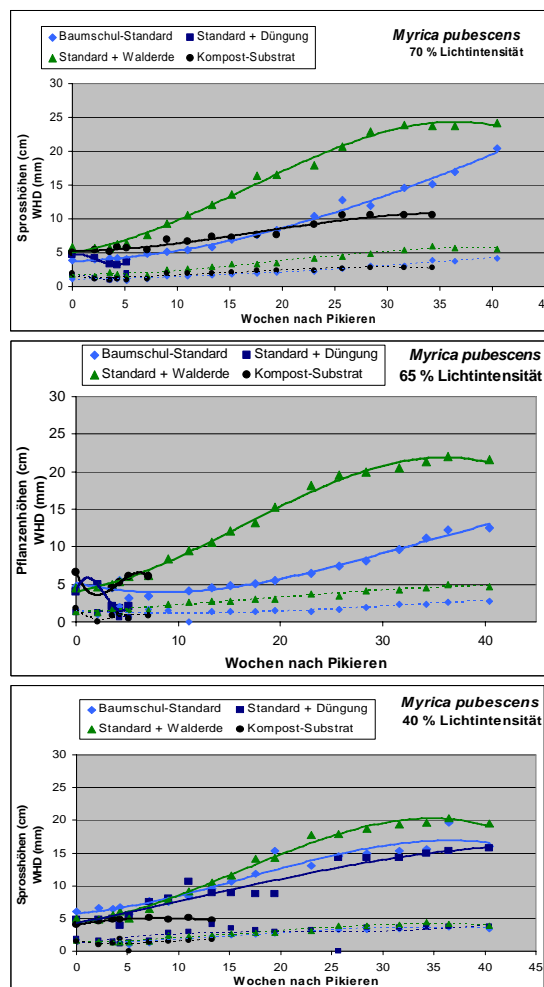


Abbildung 4-68: *Myrica pubescens*: Höhenentwicklung (durchgezogene Linie) und Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers (WHD, gestrichelte Linie) der verschulten Pflanzen in den Substraten, nach den getesteten Lichtintensitäten (oben: 70%, Mitte: 65%, unten: 40%)

Höhen- und Durchmesserentwicklung

Bei den getesteten Substratvarianten und Beleuchtungsintensitäten ergab sich ein Höhenwachstum wie in Abbildung 4-68 dargestellt. Die deutlich beste Höhenentwicklung zeigte sich bei allen drei Lichtintensitäten im Substrat mit Walderde. Nach einem Zeitraum von 36 Wochen nach dem Pikieren erreichten die Pflanzen hier durchschnittlich eine Höhe von 20,3 cm bis 23,7 cm (dunkelste und hellste Lichtintensität). Die Pflanzen in den anderen getesteten Substraten brachten zu diesem Zeitpunkt mit Höhen von 19,6 cm (Standard-Substrat, 40% Lichtintensität) und 12,2 cm (Baumschul-Standard-Substrat, 65% Lichtintensität) niedrigere Werte.

Es deutete sich der Trend an, dass sich in dunkleren Lichtintensitäten die Höhenentwicklung der Pflanzen in den Substraten nicht so stark voneinander unterscheidet wie in den hellen Lichtintensitäten.

Das Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers verlief der Höhenentwicklung entsprechend (Abbildung 4-68). Auch hier entwickeln sich die Pflanzen im Substrat mit Walderde mit 3,9 mm bis 5,5 mm Wurzelhalsdurchmesser über den Beobachtungszeitraum von 40 Wochen deutlich besser als in den anderen Substraten (4,2 mm, 2,8 mm bzw. 3,4 mm im Standard-Substrat und 3,8 mm im gedüngten Substrat).

4.3.5. Vergleichende Betrachtung der Baumarten

In die vergleichende Auswertung der Baumarten und die statistische Absicherung der Werte gehen nur die Baumarten *Cedrela montana* (beide Herkünfte), *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* ein. Aufgrund der hohen Mortalitäten im Kompost-Substrat zu Beginn des Versuchs wurde dieses bei den zu späterem Zeitpunkt pikierten Arten durch ein sandiges Substrat ersetzt. Nicht bei allen Baumarten wurden somit die gleichen Faktorstufen des Versuchsfaktors Substrat getestet, und es konnten nicht alle Baumarten zusammen ausgewertet werden. Die Auswertung des Baumarten-Vergleiches erfolgt daher in den in Tabelle 4-44 beschriebenen Schritten.

Baumarten	Getestete Faktorstufen des Faktors Substrat
(1) <i>Cedrela montana</i> (San Francisco) <i>Cedrela montana</i> (San Pedro de Vilcabamba) <i>Tabebuia chrysantha</i> <i>Piptocoma discolor</i>	Baumschul-Standard-Substrat (BS) Gedüngtes Substrat (Dü) Substrat mit Walderde (W)
(2) <i>Cedrela montana</i> (San Francisco) <i>Cedrela montana</i> (San Pedro de Vilcabamba)	Baumschul-Standard-Substrat (BS) Gedüngtes Substrat (Dü) Substrat mit Walderde (W) Kompost-Substrat (C)
(3) <i>Tabebuia chrysantha</i> <i>Piptocoma discolor</i>	Baumschul-Standard-Substrat (BS) Gedüngtes Substrat (Dü) Substrat mit Walderde (W) Sandiges Substrat (s)

Tabelle 4-44: Anzucht der Pflanzen: Auswerteschritte und getestete Substrate

In der Analyse wurden die Messzeitpunkte der einzelnen Baumarten aneinander angeglichen, damit eine vergleichende Analyse möglich war. Nicht alle Messtage der einzelnen Baumarten gehen somit in die Analyse ein. Um auch die Ausgangsgröße der Pflanzen zu Beginn des Versuches zu berücksichtigen, erfolgt die vergleichende Analyse zum einen nach den absoluten Werten der Höhen

und Wurzelhalsdurchmesser am Ende des Beobachtungszeitraumes zum anderen nach den relativen Wachstumsraten. Diese wurden nach der auf Seite 43 beschriebenen Formel berechnet (Kapitel Material und Methodik).

Überlebensprozente

Die Überlebensprozente der Baumarten sind in Abbildung 4-70 zusammenfassend dargestellt.

Vergleich (1): Alle Baumarten

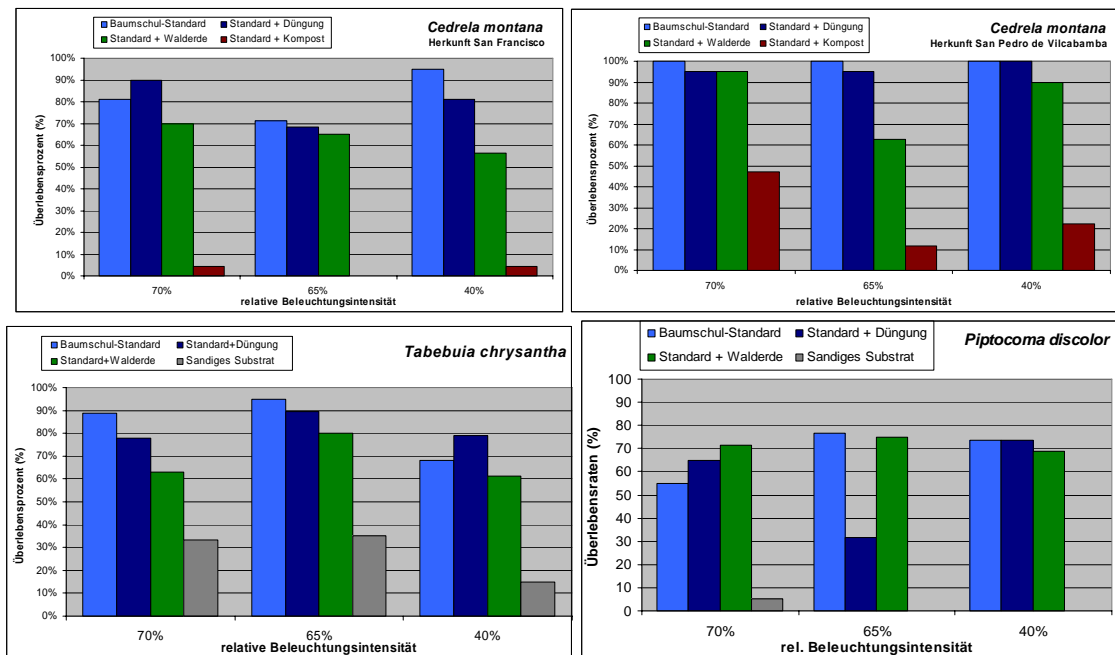


Abbildung 4-70: Überlebensprozente der Baumarten nach den Beleuchtungsintensitäten und Substratvarianten während des Versuchs zur Pflanzenanzucht (nach 20 Wochen Beobachtungszeitraum)

Beim Gesamtvergleich der Baumarten im Baumschul-Standard-Substrat, gedüngten Substrat und dem Substrat mit Walderde ergab sich bei der Analyse der Effekte der Faktoren und Faktorkombinationen (between subjects effect) ebenso wie auch im Versuchsverlauf (within subjects effect) kein signifikanter Einfluss der Beleuchtungsintensität auf die Überlebensraten (Tabelle 4-45). Beim Faktor Substrat zeigten sich nur im Kontrast des Substrates mit Walderde mit dem Standard-Substrat und dem gedüngten Substrat signifikante Unterschiede. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Überlebensraten im Standard-Substrat und dem gedüngten Substrat ist nicht gegeben.

Hinsichtlich des Faktors Baumart zeigte sich ein deutlicher Unterschied zwischen *Cedrela montana* unterschiedlicher Herkunft. Der Kontrastvergleich zwischen *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* (Guayacan – Tunash) wies keine signifikant verschiedenen Überlebensprozente auf, die Analyse über den Versuchsverlauf (within subjects effect) ließ jedoch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Baumarten erkennen. Dies würde bedeuten, dass die Baumarten auf die getesteten Faktoren gleich reagieren, jedoch zeitlich verschieden. Bei den Wechselwirkungen zwischen Substrat und Baumart (Substrat*Baumart) ergaben sich nur bei den Kombinationen signifikante Unterschiede im Überlebensprozent, bei denen das Substrat mit Walderde gegen die beiden anderen getestet wurde und *Piptocoma discolor* (Tunash) gegen andere Arten getestet wurde. Daraus lässt

sich folgern, dass sich das Substrat mit Walderde von den anderen deutlich unterscheidet, wie auch die Überlebensraten von *Piptocoma discolor* von den Überlebensraten der anderen Baumarten signifikant abweichen. Aus Abbildung 4-70 wird bereits deutlich, dass *Piptocoma discolor* tendenziell geringere Überlebensraten besitzt als die anderen Baumarten und auch im Substrat mit Walderde bei fast allen Baumarten weniger Pflanzen überleben als im Standard-Substrat und im gedüngten Substrat.

**(1) Alle Baumarten:
Cedrela montana, (V und SF, Cedro), Tabebuia chrysantha (Guayacan),
Piptocoma discolor (Tunash)**

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(Between Subjects effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block (Licht)	2	0,9146	-
	70% - (65% + 40%)	1	0,7906
	40% - (70% + 65%)	1	0,6972
	70% - 40 %	1	0,7059
Substrat	2	0,0941	-
	BS – (Dü + W)	1	0,0765
	BS – Dü	1	0,3208
	W – (BS + Dü)	1	0,0495
Baumart	3	0,0023	**
	(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) - Tunash	1	0,0309
	Cedro SF – Cedro V	1	0,0013
	(Cedro SF, Cedro V)- Guayacan	1	0,2491
	Guayacan - Tunash	1	0,2368
Substrat*Baumart	6	0,2371	-
	[W – (BS + Dü)] – [(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) – Tunash]	1	0,0128
	[W – (BS + Dü)] – [Guayacan – Tunash]	1	0,0256

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Verlauf des Wachstums
(Within Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F (Huynh-Feldt)	
Versuchsverlauf	7	<,0001	***
Versuchsverlauf *Block (Licht)	14	0,7209	-
	70% - (65% + 40%)	7	0,9180
	40% - (70% + 65%)	7	0,5825
	70% - 40 %	7	0,8704
Versuchsverlauf * Substrat	14	0,0042	**
	BS – (Dü + W)	7	0,0125
	BS – Dü	7	0,7499
	W – (BS + Dü)	7	0,0003
Versuchsverlauf * Baumart	21	<,0001	***
	(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) - Tunash	7	<,0001
	Cedro SF – Cedro V	7	<,0001
	(Cedro SF, Cedro V)- Guayacan	7	0,3092
	Guayacan - Tunash	7	<,0001
Versuchsverlauf * Substrat*Baumart (#)	42	0,1032	
	[W – (BS + Dü)] – [(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) – Tunash]	7	0,0002
	[W – (BS + Dü)] – [Guayacan – Tunash]	7	0,0047

Huynh-Feldt-Epsilon: 0.6066

Tabelle 4-45: **Überlebensraten** der Baumarten: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen, unten: Effekte im Versuchsverlauf; Baumarten *Cedrela montana* (Cedro, Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba) *Tabebuia chrysantha* (Guayacan), *Piptocoma discolor* (Tunash), Substrate: Baumschul-Standard, gedüngtes Substrat, Walderde-Substrat

(Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat und den jeweiligen Kontrastierungen mit Licht(Substrat) als Fehlerwert, Cedro = *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco und Vilcabamba), Guayacan = *Tabebuia chrysantha*, Tunash = *Piptocoma discolor*)

(#) Bei den Kontrastierungen Substrat*Baumart sind nur die Kombinationen der Substrate und Baumartenkontrastierungen erwähnt, die signifikante Unterschiede aufweisen.

Vergleich (2): *Cedrela montana* (Herkunft SF und V)

Wird das Kompost-Substrat in die Auswertung integriert, d.h. der Faktor Substrat um eine Faktorstufe erweitert, kann die Auswertung nur für die beiden Herkünfte von *Cedrela montana* vorgenommen werden. In Tabelle 4-46 sind die Einflüsse und Wechselwirkungen zwischen den Faktoren, Faktorstufen und deren Wechselwirkungen dargestellt.

(2) *Cedrela montana* (SF und V, Cedro)

Varianzanalyse (Repeated Measures)

Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen

(Between Subjects effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block (Licht)	2	0,0690	-
70% - (65% + 40%)	1	0,0317	*
40% - (70% + 65%)	1	0,5753	-
70% - 40 %	1	0,0988	-
Substrat	3	<,0001	***
BS - (Dü + W + C)	1	<,0001	***
C - (BS + Dü + W)	1	<,0001	***
Baumart	1	<,0001	***
Substrat*Baumart	3	0,0311	*

Varianzanalyse (Repeated Measures)

Effekte im Verlauf des Wachstums

(Within Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Versuchsverlauf	7	<,0001	***
Versuchsverlauf *Block (Licht)	14	0,0008	***
70% - (65% + 40%)	7	0,0386	*
40% - (70% + 65%)	7	0,0486	*
70% - 40 %	7	0,3640	-
Versuchsverlauf *Substrat	21	<,0001	***
BS - (Dü + W + C)	7	<,0001	***
C - (BS + Dü + W)	7	<,0001	***
Versuchsverlauf *Baumart	7	<,0001	***
Versuchsverlauf *Substrat*Baumart	21	0,3834	-

Huynh-Feldt-Epsilon: 1.1385

Tabelle 4-46: **Überlebensraten** von *Cedrela montana* (beide Herkünfte): oben: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen (Kontrastierung), unten: Effekte im Versuchsverlauf; Substrate: Baumschul-Standard-Substrat (BS), gedüngtes Substrat (Dü), Substrat mit Walderde (W), Kompost-Substrat (C). (Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat mit Licht(Substrat) als Fehlerwert)

Wie erwartet, zeigten sich signifikante Unterschiede der Überlebensprozente in den Substraten. Auch der Vergleich zwischen den beiden Cedro-Herkünften ergab einen signifikanten Unterschied. Nach Abbildung 4-70 überlebten mehr Pflanzen der Herkunft San Pedro de Vilcabamba die ersten 20 Wochen nach dem Pikieren. Bei der Analyse des Versuchsverlaufes (within subjects effect) lässt sich neben den Unterschieden in den Faktoren Substrat und Baumart zudem ein signifikanter Einfluss der Beleuchtungsintensität auf das Überlebensprozent erkennen. Aus den Kontrastierungen geht jedoch kein klarer Einfluss einer der getesteten Lichtintensitäten hervor. Aus Abbildung 4-58 und Abbildung 4-59 (S. 92) wird aber deutlich, dass sich bei der höchsten und niedrigsten Lichtintensität die Überlebensraten um die 12. bis 15. Woche nach dem Pikieren etwa auf den Wert am Ende der Beobachtungsperiode eingependelt hatten. Bei mittlerer Lichtintensität hingegen traten auch nach der 15. Woche noch große Veränderungen hinsichtlich der Überlebensraten auf.

Vergleich (3): *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor*

Vergleicht man die Überlebensrate der verschulten Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* (Baumschul-Standard-Substrat, gedüngtes Substrat, Substrat mit Walderde und sandiges Substrat) zeigten sich aus der Varianzanalyse ebenfalls signifikante Unterschiede hinsichtlich des Überlebens in den Substraten (Tabelle 4-47). Es ergab sich weiterhin ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Baumarten, jedoch kein Einfluss der Lichtintensität während der Anzuchtphase. Aus Abbildung 4-70 wird dies bereits deutlich: Die Überlebensraten von *Piptocoma discolor* waren tendenziell geringer und die Unterschiede in den Substraten (außer dem sandigen Substrat) nicht so deutlich ausgeprägt wie bei *Tabebuia chrysantha*, ein deutlicher Unterschied zwischen den Lichtintensitäten lässt sich jedoch nicht erkennen.

(3) *Tabebuia chrysantha* (Guayacan) und *Piptocoma discolor* (Tunash)

Varianzanalyse (Repeated Measures)

Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen

(Between Subjects effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Block (Licht)	2	0,5218	-
70% - (65% + 40%)	1	0,8634	-
40% - (70% + 65%)	1	0,3048	-
70% - 40 %	1	0,4808	-
Substrat	3	0,0004	***
BS - (Dü + W+s)	1	0,0058	**
s - (BS + Dü + W)	1	<,0001	***
Baumart	1	0,0398	*
Substrat*Baumart	3	0,0907	-

Varianzanalyse (Repeated Measures)

Effekte im Verlauf des Wachstums

(Within Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Pr>F	
Versuchsverlauf	7	<,0001	***
Versuchsverlauf * Block (Licht)	14	0,2938	-
70% - (65% + 40%)	7	0,5520	-
40% - (70% + 65%)	7	0,1423	-
70% - 40 %	7	0,2752	-
Versuchsverlauf * Substrat	21	<,0001	***
BS - (Dü + W+s)	7	<,0001	***
s - (BS + Dü + W)	7	<,0001	***
Versuchsverlauf * Baumart	7	<,0001	***
Versuchsverlauf * Substrat*Baumart	21	<,0001	***

Huynh-Feldt-Epsilon: 1,2498

Tabelle 4-47: **Überlebensraten** der Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor*: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen, unten: Effekte im Versuchsverlauf; Substrate: Baumschul-Standard-Substrat (BS), gedüngtes Substrat (Dü), Substrat mit Walderde (W), sandiges Substrat (s).

(Auswertung mit untransformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat und die jeweiligen Kontrastierungen mit Licht(Substrat) als Fehlerwert).

Bei der Analyse der Versuchsverläufe (within subjects effect) lassen sich neben den unterschiedlichen Entwicklungen in den verschiedenen Substraten auch Unterschiede zwischen den Baumarten erkennen. Daraus kann gefolgert werden, dass zwar gleiche Reaktionen der Baumarten auf die Faktoren existieren, die Baumarten reagieren jedoch zeitlich unterschiedlich.

Höhen- und Durchmesserentwicklung

Am Ende des Beobachtungszeitraumes wiesen die untersuchten Baumarten die in Abbildung 4-71 dargestellten Höhen und Wurzelhalsdurchmesser auf. Die Auswertung der Wachstumsentwicklung der Baumarten erfolgt wie auch die Analyse der Überlebensraten in den drei in Tabelle 4-44 beschriebenen Schritten.

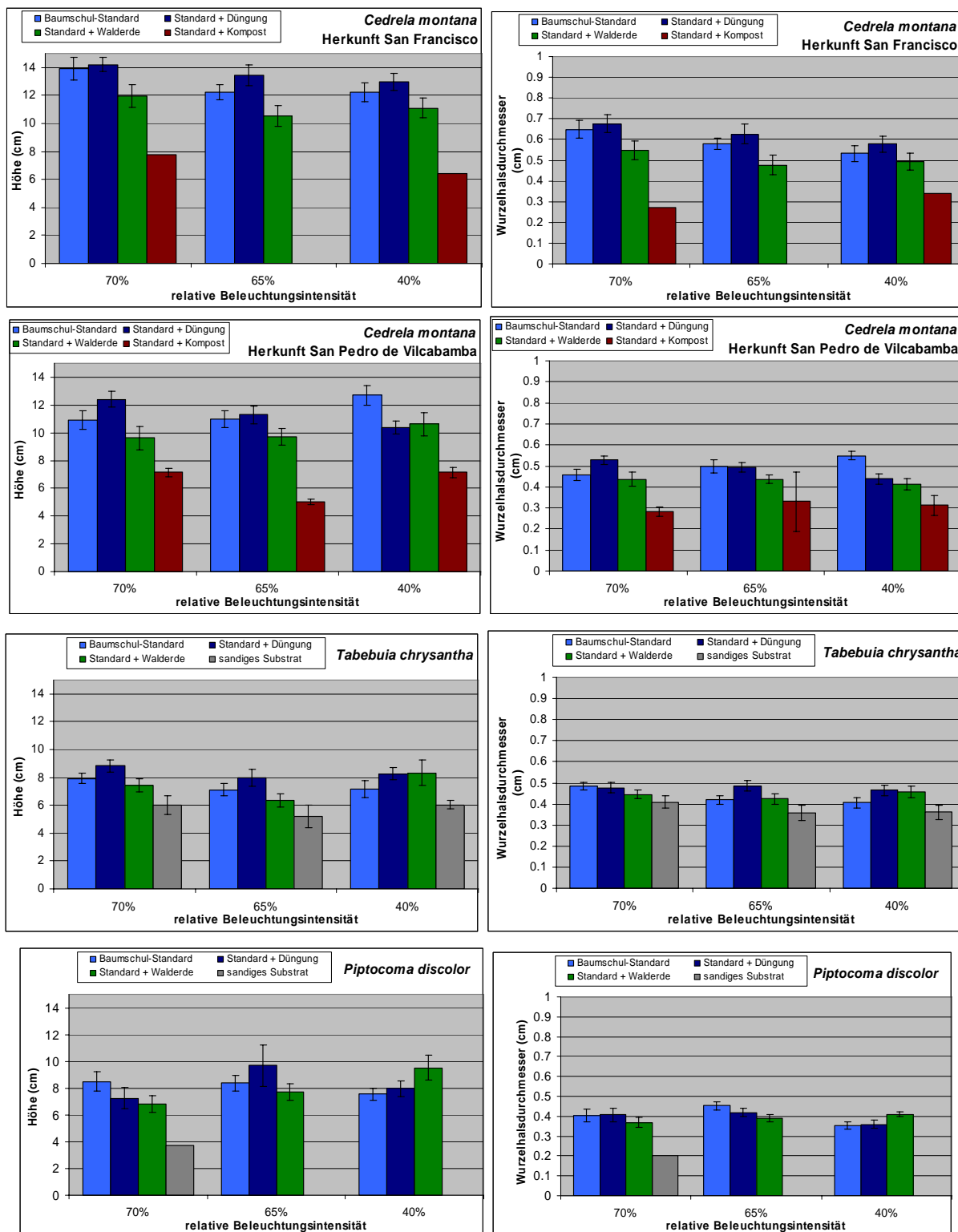


Abbildung 4-71: **Sprosshöhen** (links) und **Wurzelhalsdurchmesser** (rechts) der untersuchten Baumarten nach den relativen Beleuchtungsintensitäten und Substraten 20 Wochen nach dem Pikieren in die Foliencontainer

Vergleich (1): Alle Baumarten

Aus der Auswertung der Baumarten *Cedrela montana*, *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* (Tabelle 4-48) lassen sich keine signifikanten Unterschiede in der Höhenentwicklung aufgrund der Faktoren Licht und Substrat erkennen. Die Baumarten unterschieden sich jedoch signifikant in der

(1) Alle Baumarten:

***Cedrela montana*, (V und SF, Cedro), *Tabebuia chrysantha* (Guayacan), *Piptocoma discolor* (Tunash)**

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(Between Subjects effects)

Varianzquelle	Höhe			Wurzelhalsdurchmesser		
	FG	Pr>F		FG	Pr>F	
Block (Licht)	2	0.3888	-	2	0,2070	-
70% - (65% + 40%)	1	0.9850	-	1	0,1010	-
40% - (70% + 65%)	1	0.2533	-	1	0,5698	-
70% - 40 %	1	0.4898	-	1	0,1884	-
Substrat	2	0.2605	-	2	0,0457	*
BS – (Dü + W)	1	0.8533	-	1	0,6880	-
BS – Dü	1	0.4317	-	1	0,1808	-
W – (BS + Dü)	1	0.1470	-	1	0,0242	*
Baumart	3	<.0001	***	3	<,0001	***
(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) - Tunash	1	<.0001	***	1	<,0001	***
Cedro SF – Cedro V	1	<.0001	***	1	<,0001	***
(Cedro SF, Cedro V)- Guayacan	1	<.0001	***	1	<,0001	***
Guayacan - Tunash	1	0.0807	-	1	<,0001	***
Substrat*Baumart (#)	6	0.0373	*	6	0,0918	-
[BS – (Dü + W)] – [Cedro SF – Cedro V]	1	0.0314	*			
[W – (BS + Dü)] – [(Cedro SF, Cedro V)- Guayacan]				1	0,0403	*
[BS – (Dü + W)] – [(Cedro SF, Cedro V)- Guayacan]	1	0.0389	*	1	0,0428	*

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Verlauf des Wachstums
(Within Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Höhe		FG	Wurzelhalsdurchmesser	
		Pr>F			Pr>F	
(Huynh-Feldt)						
Versuchsverlauf (V)	7	<.0001	***	6	<,0001	***
V*Block (Licht)	14	0.2494	-	12	<,0001	***
70% - (65% + 40%)	7	0.6044	-	6	0,0004	***
40% - (70% + 65%)	7	0.6351	-	6	<,0001	***
70% - 40 %	7	0.9817	-	6	<,0001	***
V*Substrat	14	0.0151	*	12	<,0001	***
BS – (Dü + W)	7	0.9744	-	6	0,4445	-
BS – Dü	7	0.2988	-	6	0,0164	*
W – (BS + Dü)	7	0.0031	**	6	<,0001	***
V*Baumart	21	<.0001	***	12	<,0001	***
(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) - Tunash	7	0.0006	***	6	0,0002	***
Cedro SF – Cedro V	7	0.0008	***	6	<,0001	***
(Cedro SF, Cedro V)- Guayacan	7	<.0001	***	6	<,0001	***
Guayacan - Tunash	7	<.0001	***	6	<,0001	***
V*Substrat*Baumart (#)	42	0.0402	*	24	0,0151	*
[BS – Dü] – [(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) – Tunash]	7	0.0066	**	6	0,0175	*
[BS – Dü] – [Guayacan – Tunash]	7	0.0288	*	6	0,0307	*

Huynh-Feldt-Epsilon: 0.2286 (Höhe)

Huynh-Feldt-Epsilon: 0.3496 (Wurzelhalsdurchmesser)

Tabelle 4-48: **Höhenentwicklung** und Entwicklung des **Wurzelhalsdurchmessers** der Baumarten: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen (Kontrastierung), unten: Effekte im Verlauf des Wachstums; Baumarten *Cedrela montana* (Cedro, Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba) *Tabebuia chrysantha* (Guayacan), *Piptocoma discolor* (Tunash), Substrate: Baumschul-Standard, gedüngtes Substrat, Substrat mit Walderde

(Auswertung mit untransformierten Daten, V= Versuchsverlauf, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat mit Licht(Substrat) als Fehlerwert, Cedro = *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco und Vilcabamba), Guayacan = *Tabebuia chrysantha*, Tunash = *Piptocoma discolor*)

(#) Bei den Kontrastierungen Substrat*Baumart sind nur die Kombinationen der Substrat und Baumartenkontrastierungen erwähnt, die signifikante Unterschiede aufweisen.

Höhenentwicklung voneinander. Die Analyse über den Verlauf des Höhenwachstums ergab ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen allen getesteten Baumarten und den Baumartenkombinationen (Kontrastierungen). Hier lässt sich ein signifikanter Unterschied im Faktor Substrat erkennen. Die Kontrastierungen deuten diesen hauptsächlich durch den Unterschied zwischen dem Pflanzenwachstum im Substrat mit Walderde im Vergleich mit dem Standard-Substrat und dem gedüngten Substrat. Aus Abbildung 4-71 lässt sich erkennen, dass die Pflanzen im Substrat mit Walderde tendenziell geringere Höhen aufwiesen. Eine Düngung schien keinen signifikanten Unterschied in der Höhenentwicklung zu bringen. Unterschiedliche Lichtintensitäten hatten ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf das Höhenwachstum der Baumarten.

Aus dem Vergleich aller getesteten Baumarten (Tabelle 4-48) wird deutlich, dass der Faktor Licht auch auf die Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers keinen signifikanten Einfluss besitzt. Deutliche Unterschiede ergaben sich zwischen den Baumarten und zwischen den getesteten Substraten. Im Kontrastvergleich der Stufen des Faktors Substrat ergaben sich signifikante Unterschiede jedoch auch nur im Vergleich des Substrats mit Walderde mit dem Standard-Substrat und dem gedüngten Substrat. Wie auch in der Höhenentwicklung zeigt Abbildung 4-71, dass die Pflanzen im Substrat mit Walderde bis auf wenige Ausnahmen (*Piptocoma discolor*, *Tabebuia chrysantha*, jeweils dunkelste Lichtintensität) niedrigere Wurzelhalsdurchmesser besitzen als die Pflanzen der anderen beiden hier verglichenen Substrate.

Der Vergleich über die Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers im Versuchsverlauf (within subject effect) zeigt jedoch zwischen allen getesteten Faktoren und Faktorstufen signifikante Unterschiede. Hier wird weiterhin deutlich, dass eine Düngung deutliche Unterschiede in der Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers hervorrufen konnte (siehe Kontrastvergleich BS – Dü in Tabelle 4-48).

Vergleich (2): *Cedrela montana* (Herkunft SF und V)

Die Analyse der unterschiedlichen Effekte der Versuchsfaktoren auf die beiden Herkünfte von *Cedrela montana* ergab signifikante Unterschiede in der Höhenentwicklung der Pflanzen sowohl zwischen den Herkünften als auch in den Anzuchtsubstraten. Ähnlich wie im Vergleich (1) besaß der Faktor Licht hier ebenfalls nur einen geringen Einfluss. Signifikante Unterschiede in den Höhen ergaben sich hier nur im Kontrastvergleich zwischen der hellsten mit den beiden dunkleren Lichtintensitäten.

Nach Tabelle 4-49 ruft die Lichtintensität in der Anzuchtumgebung ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Entwicklung des Wurzelhalsdurchmesser der beiden Provenienzen von *Cedrela montana* hervor. Im Anzuchtversuch war jedoch ein signifikanter Einfluss der Herkunft erkennbar. Wie aus Abbildung 4-71 ersichtlich, hatten sich nach dem Beobachtungszeitraum die Wurzelhalsdurchmesser der Pflanzen der Herkunft San Francisco stärker entwickelt. Wie bei der Höhenentwicklung beeinflusste das Anzuchtsubstrat den Wurzelhalsdurchmesser ebenfalls. Ausschlaggebend war hierfür sicherlich das Kompost-Substrat, das – wie bereits beim Höhenwachstum beschrieben – nur ein sehr geringes Wachstum erlaubte. Ein Einfluss der Lichtintensität der Anzuchtumgebung auf die Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers bestand nicht.

(2) *Cedrela montana* (SF und V)

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen
(Between Subjects effects)

Varianzquelle	FG	Höhe		Wurzelhalsdurchmesser	
		Pr>F		Pr>F	
Block (Licht)	2	0.6567	-	0.6905	-
70% - (65% + 40%)	1	0.7312	-	0.4116	-
40% - (70% + 65%)	1	0.5133	-	0.6978	-
70% - 40 %	1	0.8186	-	0.4719	-
Substrat	3	0.0217	*	0.0085	**
BS – Dü	1	0.7864	-	0.4155	-
(BS + Dü) - W	1	0.0388	*	0.0082	**
Baumart	1	0.0006	***	<.0001	***
Substrat*Baumart	2	0.1636	-	0.2326	-

Varianzanalyse (Repeated Measures)
Effekte im Verlauf des Wachstums
(Within Subjects Effects)

Varianzquelle	FG	Höhe		Wurzelhalsdurchmesser		
		Pr>F (Huynh-Feldt)		FG	Pr>F (Huynh-Feldt)	
Versuchsverlauf (V)	7	<.0001	***	6	<.0001	***
V * Block (Licht)	14	0.1447	-	12	0.0656	-
70% - (65% + 40%)	7	0.0387	*	6	0.0720	-
40% - (70% + 65%)	7	0.9974	-	6	0.1309	-
70% - 40 %	7	0.7237	-	6	0.0868	-
V * Substrat	21	<.0001	***	18	<.0001	***
BS – Dü	7	<.0001	***	6	0.0014	**
(BS + Dü) - W	7	<.0001	***	6	<.0001	***
V * Baumart	7	0.0007	***	6	<.0001	***
V * Substrat*Baumart	14	0.1705	-	12	0.1376	-

Huynh-Feldt-Epsilon: 0.2124 (Höhe)

Huynh-Feldt-Epsilon: 0.2890 (Wurzelhalsdurchmesser)

Tabelle 4-49: **Höhenentwicklung** und Entwicklung des **Wurzelhalsdurchmessers** der beiden Provenienzen von *Cedrela montana*: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen, unten: Effekte im Verlauf des Wachstums; Substrate: Baumschul-Standard (BS), gedüngtes Substrat (Dü), Substrat mit Walderde (W), Kompost-Substrat (C).

(Auswertung mit untransformierten Daten, V = Versuchsverlauf, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat mit Licht(Substrat) als Fehlerwert)

Vergleich (3): *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor*

Aus der Auswertung der Höhenentwicklung der Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* ergaben sich außer in der Kontrastierung der dunkelsten mit den beiden helleren Lichtintensitäten keine signifikanten Unterschiede der Sprosshöhen. Wie im Vergleich (2) verhält sich jedoch auch hier der Wachstumsverlauf in den Substraten deutlich unterschiedlich. Die Pflanzen im sandigen Substrat wiesen stets die geringsten Höhen auf (vgl. Abbildung 4-71). Im Vergleich der Baumarten ergeben sich keine signifikanten Abweichungen, d.h. *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* verhielten sich in ihrer Höhenentwicklung annähernd gleich.

Der Vergleich der beiden Baumarten ließ keine Effekte der getesteten Faktoren Licht, Substrat und Baumarten auf den Wurzelhalsdurchmesser erkennen. Nach der Auswertung des gesamten Versuchsverlaufes (vgl. Tabelle 4-50 unten) besaß hier jedoch die Beleuchtungsintensität eine Bedeutung. Wie erwartet, ergab sich zudem ein signifikanter Unterschied in der Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers zwischen den Pflanzen im sandigen Substrat und den anderen getesteten Substraten.

(3) *Tabebuia chrysantha* (Guayacan) und *Piptocoma discolor* (Tunash)

Varianzanalyse (Repeated Measures)

Effekte zwischen den Faktoren und Faktorstufen

(Between Subjects effects)

Varianzquelle	Höhe			Wurzelhalsdurchmesser		
	FG	Pr>F		FG	Pr>F	
Block (Licht)	2	0,0695	-	2	0,4820	-
70% - (65% + 40%)	1	0,8671	-	1	0,4424	-
40% - (70% + 65%)	1	0,0493	*	1	0,6714	-
70% - 40 %	1	0,2134	-	1	0,8595	-
Substrat	3	0,4491	-	3	0,4926	-
BS – (Dü + W+s)	1	0,7987	-	1	0,5650	-
s – (BS + Dü + W)	1	0,2855	-	1	0,2602	-
Baumart	1	0,0615	-	1	<,0001	***
Substrat*Baumart	3	0,1147	-	3	0,1354	-

Varianzanalyse (Repeated Measures)

Effekte im Verlauf des Wachstums

(Within Subjects Effects)

Varianzquelle	Höhe			Wurzelhalsdurchmesser		
	FG	Pr>F		FG	Pr>F	
			(Huynh-Feldt)			(Huynh-Feldt)
Versuchsverlauf (V)	7	<,0001	***	6	<,0001	***
V * Block (Licht)	14	0,1439	-	12	0,0029	**
70% - (65% + 40%)	7	0,9307	-	6	0,2206	-
40% - (70% + 65%)	7	0,1982	-	6	0,0003	***
70% - 40 %	7	0,9375	-	6	0,0029	**
V * Substrat	21	0,0082	**	18	0,0617	-
BS – (Dü + W+s)	7	0,0005	***	6	0,0124	*
s – (BS + Dü + W)	7	0,0004	***	6	0,0069	**
V * Baumart	7	0,0835	-	6	0,0025	**
V * Substrat*Baumart	21	0,0451	*	18	0,0566	-

Huynh-Feldt-Epsilon: 0.2570 (Höhe)

Huynh-Feldt-Epsilon: 0.5251 (Wurzelhalsdurchmesser)

Tabelle 4-50: **Höhenentwicklung** und Entwicklung des **Wurzelhalsdurchmessers** der Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor*: oben: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen, unten: Effekte im Verlauf des Wachstums; Substrate: Baumschul-Standard (BS), gedüngtes Substrat (Dü), Substrat mit Walderde (W), sandiges Substrat (s).

(Auswertung mit untransformierten Daten, V = Versuchsverlauf, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat und die jeweiligen Kontrastierungen mit Licht(Substrat) als Fehlerwert)

4.3.6. Vergleichende Betrachtung der Wachstumsraten

Die pikierten Pflanzen besaßen zum jeweiligen Startzeitpunkt des Versuchs unterschiedliche Ausgangshöhen und Wurzelhalsdurchmesser. Um diese zu berücksichtigen, wurden die relativen Wachstumsraten nach der Formel auf Seite 43 berechnet. Die Auswertung erfolgte ebenfalls in den drei in Tabelle 4-44 angegebenen Schritten. Tabelle 4-51 gibt die Mess- und Bezugszeiträume für die Berechnung der relativen Wachstumsraten an. In Abbildung 4-72 sind die relativen Höhen- und Durchmesserwachstumsraten der Baumarten dargestellt.

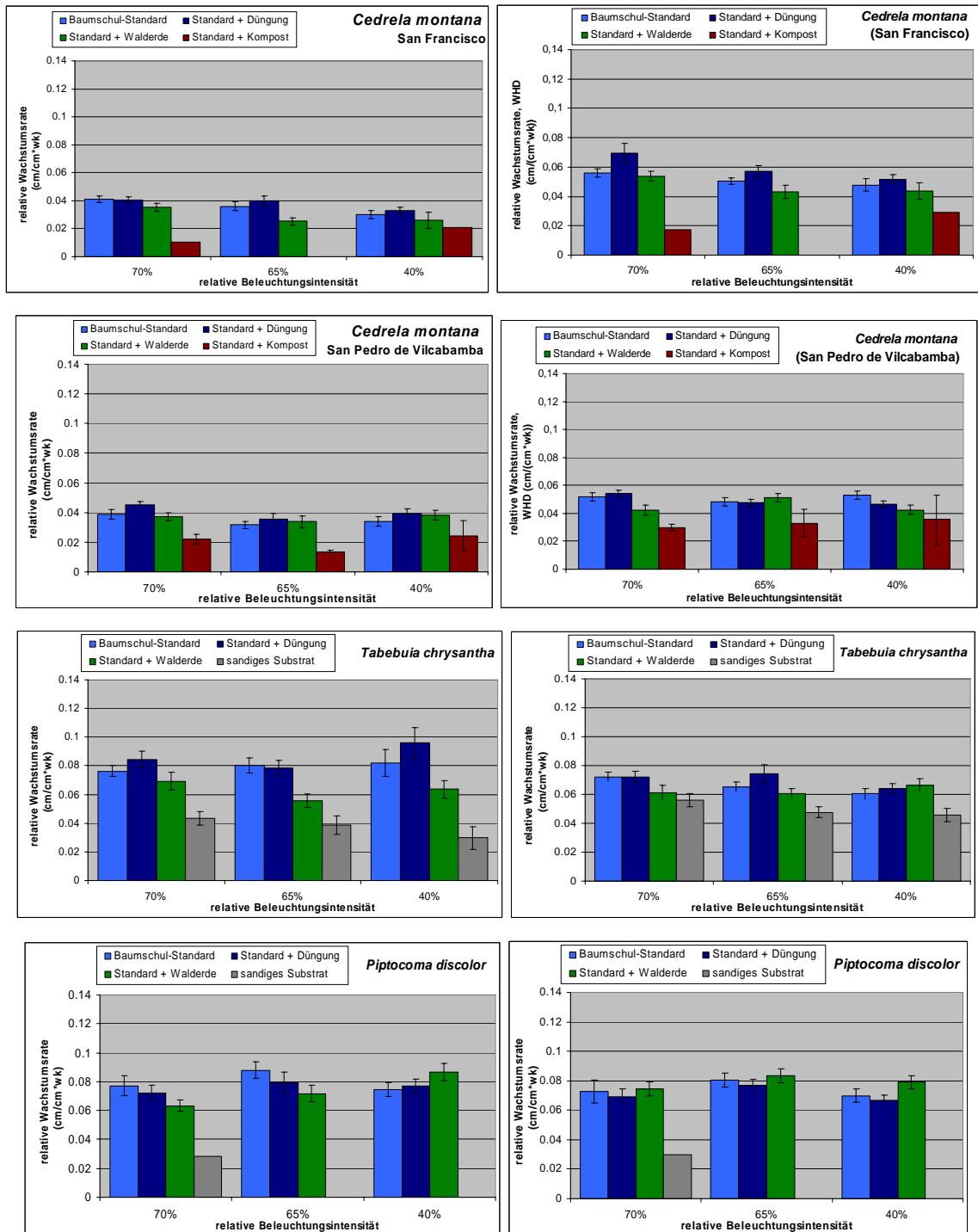


Abbildung 4-72: **Relative Wachstumsraten** der untersuchten Baumarten: relatives Höhenwachstum (links) und relatives Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers (rechts), wk = Woche

Baumart	Beobachtungszeitraum
<i>Cedrela montana</i> (San Francisco)	November – April
<i>Cedrela montana</i> (San Pedro de Vilcabamba)	November – April
<i>Tabebuia chrysantha</i>	März - August
<i>Piptocoma discolor</i>	März - August

Tabelle 4-51: Beobachtungszeiträume der relativen Wachstumsraten der untersuchten Baumarten (Unterschiede aufgrund unterschiedlicher Messzeiträume für die einzelnen Baumarten)

(1) Vergleich aller Baumarten

Aus dem Vergleich der relativen Wachstumsraten aller Baumarten ließen sich keine Einflüsse der Lichtintensität der Anzuchtumgebung oder des Anzuchtsubstrates erkennen. Allein im Kontrastvergleich der Substrate zeigten sich signifikante Unterschiede im relativen Höhenwachstum der Pflanzen im Substrat mit Walderde im Vergleich mit den Pflanzen, die in das Standard-Substrat verschult wurden oder regelmäßig gedüngt wurden. Es ergaben sich jedoch signifikante Unterschiede zwischen den Baumarten. Diese sind hauptsächlich hervorgerufen durch den Vergleich zwischen den Provenienzen von *Cedrela montana* und den anderen beiden getesteten Baumarten (*Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor*). Zwischen den beiden Provenienzen von *Cedrela montana* sowie zwischen *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* waren die Unterschiede im relativen Höhenwachstum nicht signifikant, im Durchmesserwachstum ergaben sich jedoch signifikante Unterschiede (vgl. Kontrastvergleiche Baumarten in Tabelle 4-52). Diese Tendenz ist bereits aus

(1) Alle Baumarten:

***Cedrela montana* (SF und V, Cedro), *Tabebuia chrysantha* (Guayacan), *Piptocoma discolor* (Tunash)**

Varianzanalyse, Einflüsse der Faktoren und Faktorstufen

Varianzquelle	FG	Relatives Höhenwachstum Pr>F		Relatives Wachstum (WHD) Pr>F	
Block (Licht)	2	0,4212	-	0,1357	-
70% - (65% + 40%)	1	0,4000	-	0,1089	-
40% - (70% + 65%)	1	0,6350	-	0,0719	-
70% - 40 %	1	0,8243	-	0,0605	-
Substrat	2	0,0355	*	0,2815	-
BS – (Dü + W)	1	0,2751	-	0,8717	-
BS – Dü	1	0,3696	-	0,4540	-
W – (BS + Dü)	1	0,0155	*	0,1626	-
Baumart	3	<,0001	***	<,0001	***
(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) – Tunash	1	<,0001	***	<,0001	***
Cedro SF – Cedro V	1	0,2030	-	0,0175	*
(Cedro SF, Cedro V)- Guayacan	1	<,0001	***	<,0001	***
Guayacan - Tunash	1	0,9533	-	<,0001	***
Substrat*Baumart (#)	6	0,0010	**	0,0017	**
[BS – Dü] – [(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) – Tunash]	1	0,0430	*	.	.
[BS + Dü] – [Guayacan - Tunash]	1	0,0437	*	.	.
[W – (BS + Dü)] – [(Cedro SF, Cedro V)- Guayacan]	1	0,0001	***	.	.
[BS + Dü] – [Cedro SF - Cedro V]	1	.	.	0,0188	*
[W – (BS + Dü)] – [Guayacan – Tunash]	1	0,0029	**	0,0057	**

Tabelle 4-52: **Relative Wachstumsraten** der Baumarten: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen (Kontrastierung), Höhenwachstum und Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers (WHD); Baumarten *Cedrela montana* (Cedro, Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba) *Tabebuia chrysantha* (Guayacan), *Piptocoma discolor* (Tunash), Substrate: Baumschul-Standard, gedüngtes Substrat, Substrat mit Walderde

(Auswertung mit transformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat mit Licht(Substrat) als Fehlerwert, Cedro = *Cedrela montana* (Herkunft **S**an **F**rancisco und **V**ilcabamba), Guayacan = *Tabebuia chrysantha*, Tunash = *Piptocoma discolor*)

(#) Bei den Kontrastierungen Substrat*Baumart sind nur die Kombinationen der Substrat und Baumartenkontrastierungen erwähnt, die signifikante Unterschiede aufweisen.

Abbildung 4-72 ersichtlich: Die relativen Höhenwachstumsraten der Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* waren deutlich größer als die der beiden Herkünfte von *Cedrela montana*.

(2) Vergleich von *Cedrela montana* (beide Herkünfte)

Im Vergleich der relativen Wachstumsraten der beiden Herkünfte ließ sich allein beim Faktor Substrat ein signifikanter Einfluss auf das Wachstum erkennen (Tabelle 4-53). Aus den Kontrastierungen ließen sich weiterhin diese Unterschiede aufgrund des Kompost-Substrates erklären. Dies ist bereits aus Abbildung 4-72 ersichtlich, nach der die Wachstumsraten im Kompost-Substrat geringer ausfielen als in den anderen getesteten Substraten. Weiterhin hatten weder eine Düngung noch eine Beimischung von Walderde einen signifikanten Einfluss auf das relative Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers wie auch auf das relative Höhenwachstum.

(2) *Cedrela montana* (SF und V)

Varianzanalyse, Einflüsse der Faktoren und Faktorstufen

Varianzquelle		Relatives Höhenwachstum Pr>F	Relatives Wachstum (WHD) Pr>F
Block (Licht)	2	0.1038	-
	70% - (65% + 40%)	0.0527	-
	40% - (70% + 65%)	0.7733	-
	70% - 40 %	0.2642	-
Substrat	3	0.0123	*
	BS - (Dü + W + C)	0.0247	*
	BS - Dü	0.0787	-
	W - (BS + Dü)	0.0754	-
	C - (BS + Dü + W)	0.0058	**
Baumart	1	0.1318	-
Substrat*Baumart	3	0.2323	-

Tabelle 4-53: **Relative Wachstumsraten** der beiden Herkünfte von *Cedrela montana*: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen (Kontrastierung), Höhenwachstum und Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers (WHD); Baumarten *Cedrela montana* (Cedro, Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba) Substrate: Baumschul-Standard-Substrat (BS), gedüngtes Substrat (Dü), Substrat mit Walderde (W), Kompost-Substrat (C) (Auswertung mit transformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat mit Licht(Substrat) als Fehlerwert, Cedro = *Cedrela montana* (Herkunft **S**an **F**rancisco und **V**ilcabamba))

(3) Vergleich der Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor*

Ein Vergleich der beiden Baumarten *Tabebuia chrysantha* und *Piptocoma discolor* ergab ebenfalls keinen signifikanten Einfluss der Lichtintensität in der Anzuchtphase auf das relative Wachstum (Tabelle 4-54). Auch hier hatte nur der Faktor Substrat signifikanten Einfluss, sowohl beim Höhen- als auch beim Durchmesserwachstum. Im Vergleich der beiden Baumarten zeigte sich jedoch neben dem Einfluss des sandigen Substrates auch ein signifikanter Einfluss des Substrates mit Walderde im Vergleich zum Standard-Substrat und zum gedüngten Substrat. Weiterhin bestanden Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Substrat und Baumart, d.h. die beiden hier getesteten Arten wiesen in den getesteten Substraten unterschiedliches Wachstum auf. Aus Abbildung 4-72 ist bspw. ersichtlich, dass *Piptocoma discolor* im Substrat mit Walderde ein mit den anderen Substraten verglichen besseres Wachstum aufweist als *Tabebuia chrysantha*.

(3) *Tabebuia chrysantha* (Guayacan), *Piptocoma discolor* (Tunash)
 Varianzanalyse, Einflüsse der Faktoren und Faktorstufen

Varianzquelle	FG	Relatives Höhenwachstum		Relatives Wachstum (WHD)	
		Pr>F		Pr>F	
Block (Licht)	2	0,9273	-	0,4027	-
70% - (65% + 40%)	1	0,9615	-	0,3730	-
40% - (70% + 65%)	1	0,7414	-	0,1984	-
70% - 40 %	1	0,8220	-	0,2165	-
Substrat	3	0,0125	*	0,0567	-
BS - (Dü + W + s)	1	0,0071	**	0,0271	*
BS - Dü	1	0,8448	-	0,8980	-
W - (BS + Dü)	1	0,0104	*	0,8614	-
s - (BS + Dü + W)	1	0,0110	*	0,0107	*
Baumart	1	0,5150	-	0,9818	-
Substrat*Baumart	3	0,0281	*	0,0044	**

Tabelle 4-54: **Relative Wachstumsraten** der Baumarten: Effekte zwischen den Faktoren und den Faktorstufen (Kontrastierung), Höhenwachstum und Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers (WHD); Baumarten *Tabebuia chrysantha* (Guayacan), *Piptocoma discolor* (Tunash), Substrate: Baumschul-Standard-Substrat (BS), gedüngtes Substrat (Dü), Substrat mit Walderde (W), sandiges Substrat (s) (Auswertung mit transformierten Daten, FG = Freiheitsgrade, Berechnung des Einflusses von Block(Licht) und Substrat mit Licht(Substrat) als Fehlerwert, Guayacan = *Tabebuia chrysantha*, Tunash = *Piptocoma discolor*)

4.3.7. Ableitung der optimalen Anzuchtumgebung für die einzelnen Baumarten

Bereits aus Abbildung 4-71 (S. 105) und Abbildung 4-72 (S. 110) wird deutlich, dass die getesteten Baumarten unterschiedliche Umgebungen bevorzugen. Bei der Entwicklung der optimalen Anzuchtumgebung ist nicht nur die Größe der angezogenen Pflanzen ausschlaggebend, sondern auch das Überlebensprozent. In Abbildung 4-73 ist die Höhe der untersuchten Pflanzen und das entsprechende Überlebensprozent aufgetragen.

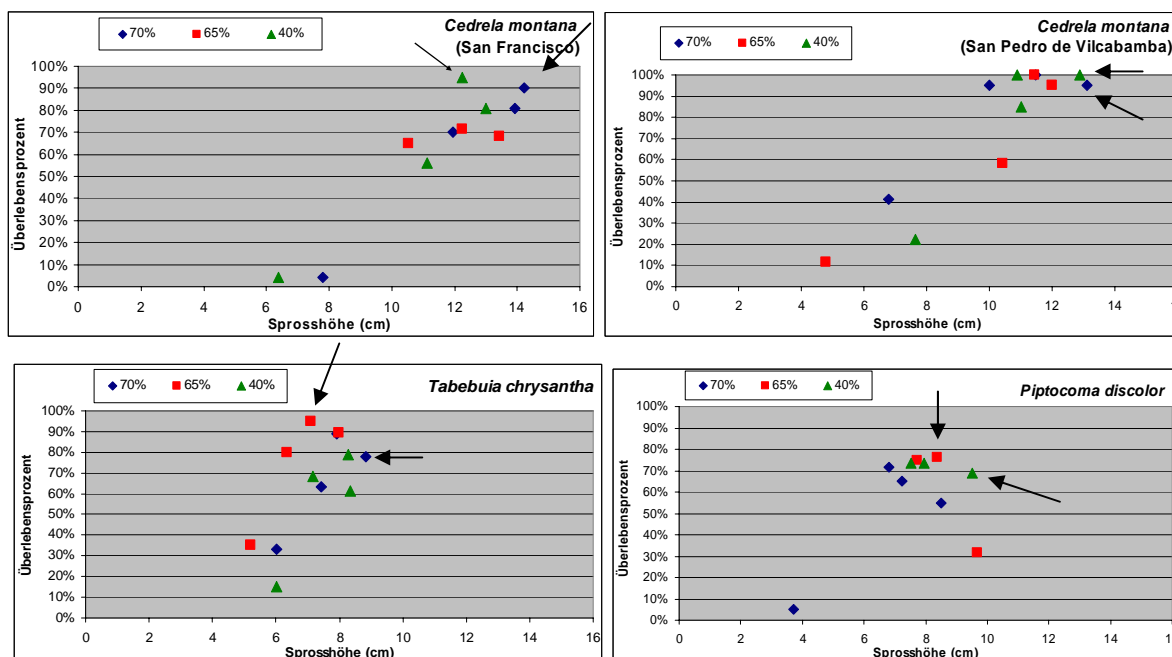


Abbildung 4-73: Sprosshöhe am Ende des Beobachtungszeitraumes und das Überlebensprozent der untersuchten Baumarten nach den Lichtintensitäten

Es zeigt sich, dass einige der untersuchten Arten (*Cedrela montana* und *Piptocoma discolor*) bei unterschiedlichen Höhen um ein maximales Überlebensprozent schwanken. Bei *Cedrela montana* sind dies Überlebensraten von 90 – 100 % bei Höhen von ca. 10 – 14 cm, bei *Piptocoma discolor* überlebten maximal zwischen 70 – 80% der zu Beginn pikierten Pflanzen, die dann Höhen von 6 – 8 cm besitzen.

Als vorteilhafte Anzuchtumgebung ist eine Umgebung zu werten, die hohe Überlebensraten und große Pflanzen verspricht. In Abbildung 4-73 sind die vorteilhaftesten Anzuchtumgebungen mit Pfeilen gekennzeichnet.

Bei ***Cedrela montana*** (beide Herkünfte) zeichnet sich die Tendenz ab, dass die größten Pflanzen auch in den Versuchskombinationen mit den höchsten Überlebensraten auftreten. Günstige Anzuchtumgebungen wären hier beispielsweise die Kombination

- 40% Beleuchtung / Standard-Substrat oder
- 70 % Beleuchtung / gedüngtes Substrat

Für die Art ***Piptocoma discolor*** wären gute Anzuchtumgebungen

- 65% Beleuchtung / Standard-Substrat oder
- 40% Beleuchtung / Substrat mit Walderde.

Tabebuia chrysantha erscheint als Generalist, der – abgesehen von den geringen Höhen und der hohen Mortalität im sandigen Substrat – Überlebensraten von 60 – 95% erreichte mit Höhen von 6 bis 9 cm. Die Wahl der optimalen Anzuchtumgebung ist hier sicherlich von subjektiven Präferenzen hinsichtlich des Anzuchtziels abhängig, doch es empfiehlt sich in jedem Falle eine Beobachtung des Wachstumsverhaltens der Pflanzen über die ersten 20 Wochen nach dem Pikieren hinaus. Auffällig ist jedoch, dass die Pflanzen in der mittleren Beleuchtungsintensität tendenziell hohe Überlebensraten aufweisen, während in der dunkelsten und hellsten Anzuchtumgebung die größeren Pflanzen zu finden sind. Die in Abbildung 4-73 markierten Anzuchtumgebungen sind die Kombinationen aus

- 70 % Beleuchtung / gedüngtes Substrat
- 65 % Beleuchtung / Standard-Substrat

Für die Wahl der optimalen Anzuchtumgebung sind neben den objektiven Kriterien wie Höhe, Überlebensprozent und Wurzelhalsdurchmesser auch die Anwuchssperformance auf der Aufforstungsfläche und das anvisierte Anzuchtziel ausschlaggebend. Die hier vorgenommenen Anzuchtversuche stellen einen ersten Leitfaden zur Verfügung. Für die optimale Anzuchtumgebung bedarf es sicherlich weiterer Studien, die weitere Kriterien und Varianten der Anzuchtumgebung testen (vgl. Kapitel 6.1, weiterer Forschungsbedarf, S. 145).

In der vorliegenden Arbeit wurden nur zerstörungsfreie Verfahren angewandt. In den folgenden Projektphasen könnten sicherlich Untersuchungen zur Biomasseproduktion weitere Bausteine beitragen. In diesem Zusammenhang bieten bereits die Ergebnisse von URGILES (2003) (vgl. KOTTKE, 2004) zur Mykorrhizierung der Pflanzen in Foliencontainern wertvolle Hinweise. Bei der Studie über verschiedene Inokulationsmöglichkeiten ergaben sich die größten Biomassen bei den Pflanzen, die durch Beigabe baumartenspezifischer Erde oder Walderde ins Anzuchtsubstrat inokuliert wurden. In die weitere Erforschung der Anzuchtmethoden der Baumarten sollten derartige Parameter ebenfalls Eingang finden.

4.3.8. Nebenversuche zur Pflanzenanzucht (*Cedrela montana*)

Mit *Cedrela montana* beider Herkünfte wurde in zwei Nebenversuchen das Wachstumsverhalten der Pflanzen aus verschiedenen Keimsubstraten untersucht. Die Pflanzen entstammten aus dem im Gewächshaus durchgeführten Keimversuch, unterschieden sich hinsichtlich des Ausgangsmaterials (Saatgut bzw. Pflanzen) somit nicht von den Pflanzen des regulären Anzuchtversuchs. Die Pflanzen kamen jedoch aus unterschiedlichem Keimsubstrat (vgl. Tabelle 3-9, S. 39). Alle Pflanzen wurden in das Standard-Substrat pikiert.

Im ersten Nebenversuch wurde getestet, ob sich die Pflanzen aus unterschiedlichem Keimsubstrat nach dem Pikieren hinsichtlich Überlebensraten und Wachstumsverhalten unterschieden. Im zweiten Nebenversuch wurde neben Unterschieden aufgrund unterschiedlichem Keimsubstrat (Standard-Substrat vs. Kompost-Substrat) auch ein möglicher Unterschied der Anzuchtumgebung (Innenklima im Gewächshaus vs. Klima in der Schattieranlage ausserhalb des Gewächshauses) getestet.

Überlebensraten und Wachstum von Pflanzen aus verschiedenem Keimsubstrat

Die im ersten Nebenversuch untersuchten Pflanzen stammten aus den beiden Keimsubstraten Baumschul-Standardsubstrat und Walderde-Substrat. In Abbildung 4-74 sind die Pflanzenhöhen und Überlebensprozente nach einem Beobachtungszeitraum von 20 Wochen dargestellt.

Von den verschulten Pflanzen, die aus dem Keimsubstrat mit Walderde stammen, überlebten bei 70% und 40% Beleuchtung während der Anzuchtphase nur knapp 35% der zu Beginn der Versuchsreihe verschulten Pflanzen. Hinsichtlich des Höhenwachstums zeigten sich sowohl in den relativen Wachstumsraten als auch in den absoluten Sprosshöhen nur Unterschiede zwischen den beiden Keimsubstraten bei der hellsten Lichtintensität. Hier sind die Pflanzen aus dem Standard-Substrat 20 Wochen nach dem Verschulen um knapp 3,5 cm größer als die Pflanzen aus dem Walderde-Substrat.

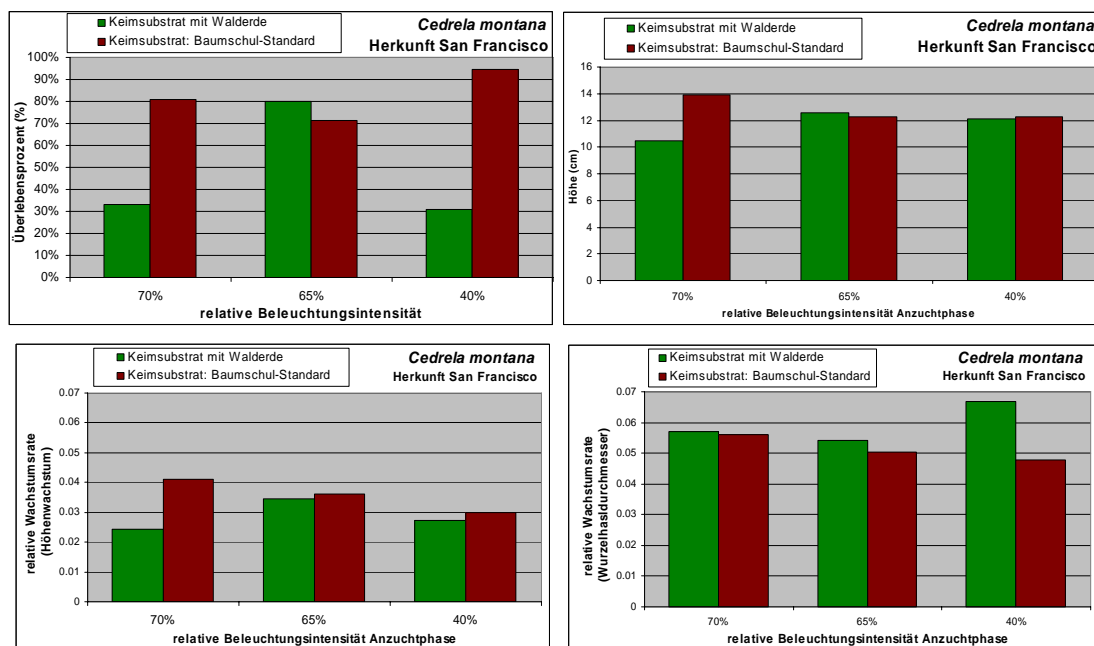


Abbildung 4-74: *Cedrela montana*, (Herkunft San Francisco) alle Pflanzen verschult in Baumschul-Standard-Substrat; oben links: Überlebensprozente, oben rechts: absolute Höhen nach 20 Wochen, unten links: relatives Höhenwachstum, unten rechts: relatives Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers bei den getesteten Beleuchtungsintensitäten während der Anzuchtphase

Varianzquelle	FG	Relatives Höhenwachstum Pr>F	
Licht	2	0.1140	-
Keimsubstrat	1	0.0219	*
Licht * Keimsubstrat	2	0.0480	*

Tabelle 4-55: *Cedrela montana*, Herkunft San Francisco: Einflüsse der Anzuchtmilieus und der Keimunggebung auf das relative Höhenwachstum 20 Wochen nach dem Pikieren (Auswertung mit transformierten Daten)

Beim relativen Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers erreichten die Pflanzen des Walderde-Substrats bei allen Lichtintensitäten die höheren Wachstumsraten. Besonders deutlich ist dies bei der dunkelsten Beleuchtungsintensität.

Die getesteten Lichtintensitäten während der Anzuchtphase sind – wie bereits im regulären Anzuchtversuch - bzgl. des Wachstums von geringerer Bedeutung. Dagegen beeinflusste das

Keimsubstrat das Höhen- als auch das Durchmesserwachstum signifikant.

Daraus kann abgeleitet werden, dass bei den hier untersuchten Pflanzen diejenigen Pflanzen, denen bereits in der Keimphase in Kontakt mit Walderde kamen, ein besseres Wachstum in der Anzuchtphase folgte.

Überlebensraten und Wachstum von Pflanzen in verschiedener Anzuchtumgebung

Ein weiterer Nebenversuch zur Pflanzenanzucht wurde mit *Cedrela montana* der Herkunft San Pedro de Vilcabamba gestartet. Es wurde zum einen das Wachstum in verschiedenen Anzuchtmilieus untersucht, zum anderen das Wachstum in Abhängigkeit verschiedener Keimsubstrate.

Die verwendeten Pflanzen stammten aus dem Keimversuch aus dem Standard- und dem Kompost-Substrat. Sie wurden am 4. November 2002 und den Folgetagen in die Foliencontainer umgesetzt und in den Anzuchtbeeten in der Schattieranlage bzw. im Gewächshaus unter 40 % Lichtintensität angezogen. Im Gewächshaus herrschten Umgebungsbedingungen vor wie in Abbildung 3-6 und Abbildung 3-7 (auf S. 17f) beschrieben.

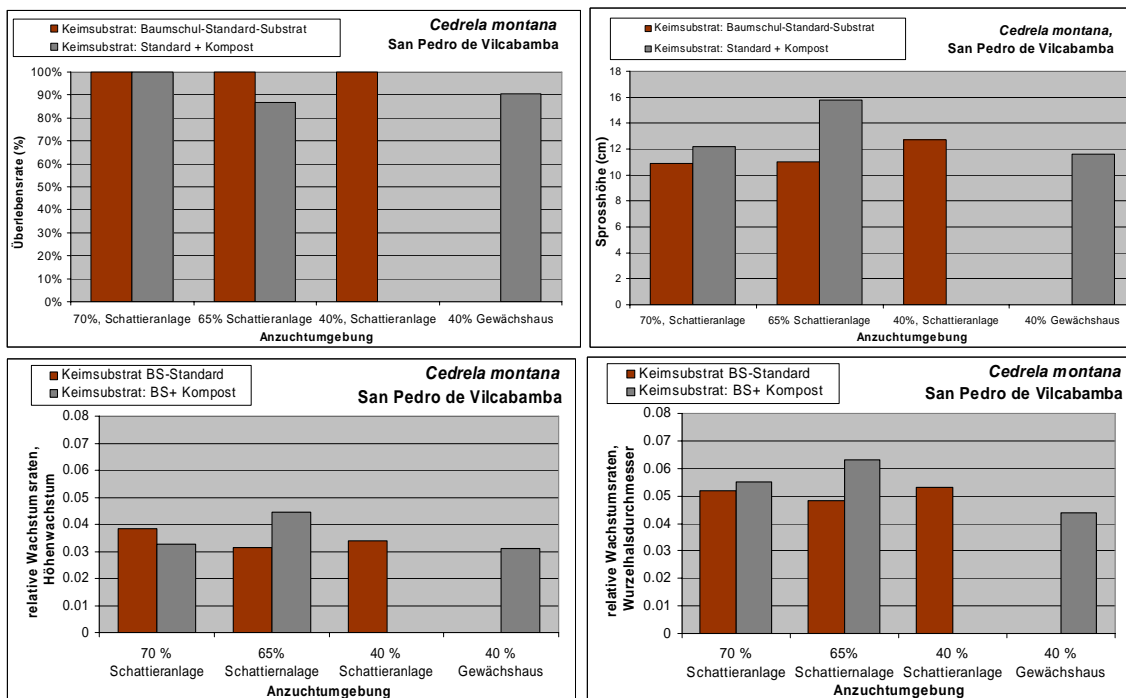


Abbildung 4-75: *Cedrela montana*, Herkunft San Pedro de Vilcabamba, Überlebensprozente (oben links), Sprosshöhen nach 20 Wochen Beobachtungszeitraum, (oben rechts), rel. Höhenwachstum (links unten) und rel. Durchmesserwachstum (unten rechts) in unterschiedlicher Anzuchtumgebung

Nach Abbildung 4-75 ergaben sich im Verlauf der Versuchsdurchführung sehr geringe Ausfallraten. Am Ende der Beobachtungsperiode lebten in den Anzuchtbeeten der Schattieranlage noch fast alle verschulten Pflanzen. Die meisten Ausfälle traten in der Schattieranlage bei mittlerer Beleuchtungsintensität auf.

Im Höhenwachstum brachten die Pflanzen aus dem Keimsubstrat mit Kompost in der Schattieranlage bei 65 % Lichtintensität die deutlich besten Ergebnisse. Diese waren am Ende der Beobachtungsperiode mit durchschnittlich 16 cm Sprosshöhe um etwa 4 cm höher als die Pflanzen in den anderen Anzuchtumgebungen. Pflanzen, die im Kompost-Substrat gekeimt sind, und bei 65% Lichtintensität in der Schattieranlage angezogen wurden, zeigten ebenfalls die größten relativen Wachstumsraten des Wurzelhalsdurchmessers.

Auch in den Anzuchtumgebungen zeigten sich Unterschiede in Überlebensprozent und Wachstum. (Tabelle 4-56). Bei der Lichtintensität von 40% deuteten sich sowohl im Wurzelhalsdurchmesser als auch in der Höhenentwicklung niedrigere Wachstumsraten im Gewächshaus im Vergleich mit den Pflanzen in der Schattieranlage an. Dies würde bedeuten, eine Anzucht unter Glas (bzw. unter Folie) bringt nicht zwingend die höchsten Höhenwachstumserfolge, bzw. die Pflanzen benötigen nicht zwingend eine geschützte Gewächshausumgebung für großes Höhenwachstum während der Anzuchtphase.

Varianzquelle	FG	Relatives Höhenwachstum		Relatives Wachstum (WHD)	
		Pr>F	-	Pr>F	-
Anzuchtumgebung (AU)	3	0.0523	-	0.0052	**
Keimsubstrat	1	0.5664	-	0.4424	-
AU*Keimsubstrat	2	0.0903	-	0.0187	*

Tabelle 4-56: *Cedrela montana*, Herkunft San Pedro de Vilcabamba, Einflüsse der Anzuchtumgebungen und der Keimumgebung auf das relative Höhenwachstum und das relative Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers 20 Wochen nach dem Pikieren (AU = Anzuchtumgebung)

4.3.9. Wurzeluntersuchung an Pflanzen in den Foliencontainern

Kurz vor dem Auspflanzen wurde bei *Cedrela montana* (beide Herkunft), *Heliocarpus americanus* und *Alnus acuminata* die Durchwurzelung in den Foliencontainern dokumentiert und die Höhe und der Wurzelhalsdurchmesser der Pflanzen gemessen. Die Artenauswahl für diese Untersuchung richtete sich nach der Verfügbarkeit von Pflanzen in entsprechender Größe bzw. der Möglichkeit einer baldigen Auspflanzung auf die Aufforstungsflächen. Aufgrund der arbeitsintensiven Zeit in der Projektbaumschule von Herbst 2002 bis Frühjahr 2003 ergaben sich bei einigen Arten sehr lange Verweildauern in Foliencontainern oder Keimbeeten.

Die hier durchgeführten Untersuchungen zielten auf die Dokumentation der Durchwurzelungsintensität in den Foliencontainern nach einem bestimmten Zeitraum. Daraus lassen sich Hinweise ableiten, ob bei den verwendeten Containergrößen und Verweildauern in der Baumschule Optimierungsbedarf besteht. Die rein deskriptiven Untersuchungen fanden im April 2003 in der Projektbaumschule in Loja statt. Die vorangegangene Anzucht der Pflanzen und Behandlung beim Pikieren war artspezifisch verschieden.

***Cedrela montana* (Herkunft San Francisco)**

Von *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco) wurden im April 2003 kurz vor dem Auspflanzen auf die Aufforstungsflächen fünf Pflanzen nach Höhe und Wurzelhalsdurchmesser untersucht und die Wurzelentwicklung in den Containern dokumentiert. Tabelle 4-57 gibt einen Überblick über die Anzucht der untersuchten Pflanzen.

<i>Cedrela montana</i> Herkunft San Francisco	
Ernte	Mai 2002
Saat	Juli / August 2002
Pikieren	Oktober / November 2002
Behandlung während der Anzucht	Schattieranlage, 70% Lichtintensität
Alter bei Wurzeluntersuchung	ca. 7 Monate
Zeitraum nach dem Pikieren	ca. 5 Monate

Tabelle 4-57: *Cedrela montana*, Herkunft San Francisco: Anzuchtinformationen zu den Pflanzen für die Wurzeluntersuchung

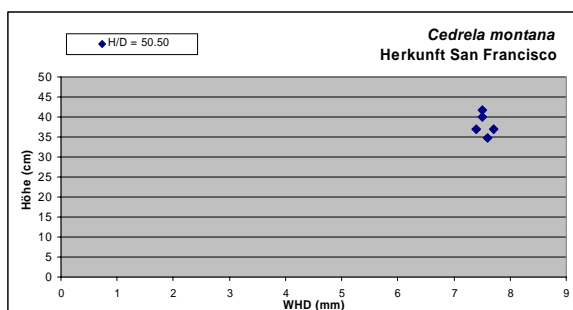


Abbildung 4-76: *Cedrela montana*, Herkunft San Francisco: Pflanzenhöhe über dem Wurzelhalsdurchmesser

Die untersuchten Pflanzen haben sehr ähnliche Höhen und Durchmesser (vgl. Abbildung 4-76). Es ergibt sich ein durchschnittliches H/D-Verhältnis von 50,5 cm/cm.

Die Wurzeln der Pflanzen besitzen eine weißliche bis bräunliche Farbe. Es bildet sich ein herzförmiges Wurzelwerk, d.h. von mehreren stärkeren Hauptwurzeln gehen viele kleine, weiter verzweigte Seitenwurzeln aus.

Nach einem Zeitraum von etwa 5 Monaten in den Foliencontainern (vgl. S. 16, Foliencontainer) haben die Wurzeln das gesamte Substrat gut

durchwurzelt. Bei zwei der untersuchten Pflanzen traten die Wurzeln basal aus den Containern heraus.

Die Containergröße kann damit für einen Anzuchtzeitraum von 5 Monaten als gerade noch ausreichend angesehen werden. Sollen die Pflanzen länger in der Baumschule verbleiben, so ist die Verschulung in größeren Foliencontainern angezeigt.



Abbildung 4-77: *Cedrela montana*, Herkunft San Francisco: Bewurzelungsintensität in den Foliencontainern: links: Größenverhältnis Pflanze/Wurzelballen, Mitte: Durchwurzelungsintensität Wurzelballen, rechts: Wurzelwerk ohne Erde

***Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba)**

Die Messungen zur Entwicklung der Pflanzen wurden an jeweils fünf Pflanzen von zwei verschiedenen Größenklassen durchgeführt. Die Größeneinteilung erfolgte nach der Pflanzenhöhe (Klasse 1: <60 cm, Klasse 2: > 60 cm). Tabelle 4-49 gibt einen Überblick über die Anzucht des untersuchten Pflanzenmaterials.

<i>Cedrela montana</i> Herkunft San Pedro de Vilcabamba	
Ernte	Mai /Juni 2002
Saat	Juli 2002 (19. Juli 2002)
Pikieren	31. Oktober 2002
Behandlung während der Anzucht	Schattieranlage, 70 % Lichtintensität
Alter bei Wurzeluntersuchung	ca. 8 Monate
Zeitraum nach dem Pikieren	ca. 5 Monate

Tabelle 4-58: *Cedrela montana*, Herkunft San Pedro de Vilcabamba: Anzuchtinformationen zu den Pflanzen für die Wurzeluntersuchung

Die Wurzeln von *Cedrela montana* der Herkunft San Pedro de Vilcabamba unterscheiden sich optisch nicht von denen der Herkunft San Francisco.

Fast alle der untersuchten Pflanzen der Provenienz San Pedro de Vilcabamba hatten etwa acht Monate nach dem Pikieren in die Foliencontainer diese intensiv durchwurzelt. Bei einigen Pflanzen traten die Wurzeln auch aus der Unterseite der Container aus oder begannen, am Containerrand entlang zu wachsen und sich zu drehen (vgl. Abbildung 4-78). Wurde die Erde entfernt, war bei einigen der untersuchten Pflanzen erkennbar, dass viele Wurzelteile bereits abgestorben waren. Für die Pflanzenanzucht mit der hier angewendeten Verweildauer der Pflanzen in der Baumschule waren

die verwendeten Foliencontainer zu klein. Bei größerem zur Verfügung stehendem Wurzelraum könnten sich die Wurzeln vermutlich ungestörter entwickeln.



Abbildung 4-78: *Cedrela montana*, Herkunft San Pedro de Vilcabamba: Bewurzelungsintensität in den Foliencontainern: links: Größenverhältnis Pflanze/Wurzelballen, Mitte: Durchwurzelungsintensität des Substrats im Foliencontainer, rechts: Wurzeln ohne Erde.

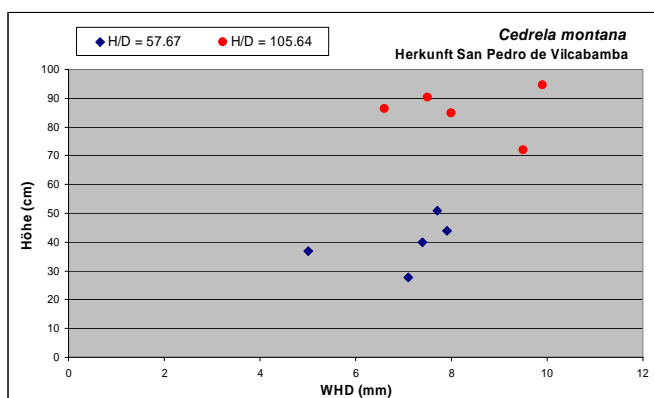


Abbildung 4-79: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): Pflanzenhöhe über dem Wurzelhalsdurchmesser (WHD) der beiden untersuchten Größenklassen.

Heliocarpus americanus

Die Messungen zur Entwicklung der Pflanzen wurden an je fünf Pflanzen aus zwei Größenklassen durchgeführt (Klasse 1: Pflanzenhöhen > 45 cm, Klasse 2: Pflanzenhöhen < 45 cm). Die Größeneinteilung wurde hinsichtlich einer baldigen Auspflanzung bei der anstehenden Aufforstung unternommen: die größeren Pflanzen wurden als bereit für die Aufforstung angesehen, die kleineren Pflanzen wurden erst zu einem späteren Zeitpunkt ausgepflanzt. Tabelle 4-59 gibt einen Überblick über die Anzucht des untersuchten Pflanzenmaterials.

Die Wurzeln von *Heliocarpus americanus* sind dünn, glasig und fragil. Es bildet sich eine Hauptwurzel aus, von der aus sich teilweise waagrecht die Seitenwurzeln entwickeln (Abbildung 4-81).

<i>Heliocarpus americanus</i>	
Ernte	17. August 2002
Saat	19. September 2002
Keimumgebung	Saat in Foliencontainer, Standard-Substrat, 70 % Lichtintensität
Pikieren	ca. Januar / Februar 2003, Wurzelschnitt beim Pikieren
Behandlung während der Anzucht	Schattieranlage, 70% Lichtintensität
Alter bei Wurzeluntersuchung	ca. 7 Monate
Zeitraum nach dem Pikieren	2-3 Monate

Tabelle 4-59: *Heliocarpus americanus*: Anzuchtinformationen zu den Pflanzen für die Wurzeluntersuchung

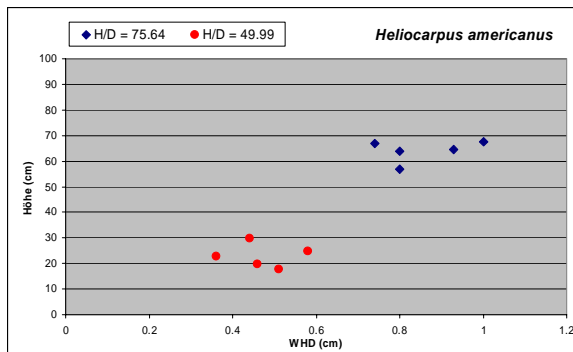


Abbildung 4-80: *Heliocarpus americanus*: Pflanzen beider Größenklassen: Pflanzenhöhe über dem Wurzelhalsdurchmesser (WHD)

Die Durchwurzelung der Container war zum Messzeitpunkt nur bei den größeren Pflanzen sehr intensiv. Die kleineren Pflanzen hatten ebenfalls ein sehr verzweigtes Wurzelsystem, dieses füllte die Foliencontainer jedoch noch nicht vollständig aus (Abbildung 4-81). Die Containergröße kann hier als angepasst angesehen werden, ist keine längere Verweildauer der Pflanzen in der Baumschule angestrebt. Werden für Aufforstungen größere Pflanzen präferiert, sollten größere Foliencontainer gewählt werden.



Abbildung 4-81: *Heliocarpus americanus*: Bewurzelungsintensität in den Foliencontainern. Oben: kleinere Pflanze, unten: größere Pflanze; links: Größenverhältnis Pflanze/Wurzelballen, Mitte: Durchwurzelungsintensität des Substrats im Foliencontainer, rechts: Wurzeln ohne Erde

Alnus acuminata

Im April 2003 wurden 15 Pflanzen der Art *Alnus acuminata* gemessen und Höhe und Wurzelhalsdurchmesser dokumentiert. Das Pflanzenmaterial stammt aus dem in Abschnitt 4.2 (S. 62) beschriebenen Keimversuch. Tabelle 4-60 gibt einen Überblick über die bisherige Anzucht des untersuchten Pflanzenmaterials.

<i>Alnus acuminata</i>	
Ernte	15. Mai 2002
Saat	16. Juni 2002
Keimumgebung	40 % Lichtintensität Walderde-Substrat
Pikierdatum	7. März 2003
Behandlung während der Anzucht	Schattieranlage, 70 % Lichtintensität
Alter bei Wurzeluntersuchung	ca. 9 Monate
Zeitraum nach dem Pikieren	ca. 1 Monat

Tabelle 4-60: *Alnus acuminata*: Anzuchtinformationen zu den Pflanzen für die Wurzeluntersuchung

Die Wurzeln von *Alnus acuminata* entwickeln sich sehr schnell und weit verzweigt. Ebenfalls sehr schnell erkennbar sind die Wurzelknöllchen (vgl. Abbildung 4-84). In Abbildung 4-82 sind die Höhen der untersuchten Pflanzen über den jeweiligen Wurzelhalsdurchmessern dargestellt. Es ergibt sich ein durchschnittliches H/D-Verhältnis der Jungpflanzen von 57,5 (in cm/cm).

Da die Pflanzen erst nach etwa acht Monaten im Gewächshaus in die Container verschult wurden, ist eine Aussage über das Wachstum in diesem Lebensalter nicht möglich. Ersatzweise wurde die Beschreibung ab dem Zeitpunkt des Pikierens vorgenommen. Bereits einen Monat nach dem Pikieren füllten die Wurzeln den Foliencontainer teilweise weitgehend aus. Bereits zu diesem Zeitpunkt

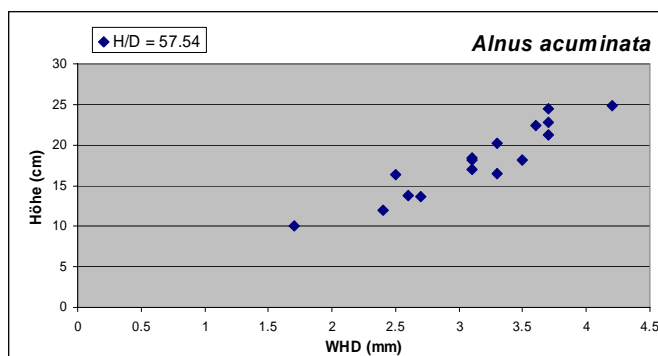


Abbildung 4-82: *Alnus acuminata*: Pflanzenhöhe über dem Wurzelhalsdurchmesser (WHD)

befanden sich viele abgestorbene Wurzeln und Wurzelteile im Substrat (vgl. Abbildung 4-83 rechts, gleiches berichten URGILES & KOTTKE, 2003). Daher wären für eine längere Verweildauer der Pflanzen in der Baumschule sicherlich größere Container sinnvoll. Die Pflanzen wachsen und etablieren sich jedoch auf den Aufforstungsflächen schnell (AGUIRRE, 2004). Unter diesem Aspekt wäre eine lange Verweildauer in der Baumschule nicht zwingend notwendig.



Abbildung 4-83: *Alnus acuminata*: Durchwurzelungsintensität in den Foliencontainern: links: Größenverhältnis Pflanze/Wurzelballen, Mitte: Durchwurzelungsintensität des Wurzelballens, rechts: Wurzeln ohne Erde.



Abbildung 4-84: *Alnus acuminata*: Wurzeln mit Knöllchen

Nach dem Pikieren in die Foliencontainer legten die Pflanzen ein starkes Höhenwachstum an den Tag. Es ist daher sinnvoller, die Höhe der Pflanzen nicht nach ihrem tatsächlichen Alter, sondern vielmehr nach dem Zeitpunkt des Pikierens zu vergleichen. Die hier erreichte Pflanzenhöhe wäre vermutlich bereits bei einem früheren Zeitpunkt des Pikierens auch mit jüngeren Pflanzen zu erreichen.

4.4. Stecklingsvermehrung

Bei Baumarten, die nur selten fruktifizieren, stellt die Stecklingsvermehrung eine probate Methode dar, um an Vermehrungsgut zu gelangen (vgl. SPETHMANN, 1997). Von den im Rahmen des DFG-Projektes in Südecuador untersuchten Baumarten fiel vor allem *Podocarpus* durch fehlende Blüte- und Fruchtbildung auf. Aufgrund der lokal großen Bedeutung der Art wurde entschieden, *Podocarpus oleifolius* versuchsweise mit Hilfe der Stecklingsvermehrung anzuziehen. Ähnliche Studien zur vegetativen Vermehrung von *Podocarpus* in Vilcabamba (ca. eine Stunde südlich von Loja) zeigten gute Bewurzelungserfolge (ANONYMUS, 2003, mündliche Mitteilung). Die bisherigen Versuche innerhalb der DFG-Forschergruppe zur Stecklingsvermehrung der einheimischen Arten im San Francisco-Tal brachten trotz vieler getesteter Anzuchtvarianten noch nicht den gewünschten dauerhaften Bewurzelungserfolg (vgl. BECK, 2004).

Der Versuch zur Stecklingsvermehrung von *Podocarpus oleifolius* wurde im Januar und Februar 2003 begonnen. Als Versuchsvarianten wurden die in Tabelle 3-10 (S. 40) beschriebenen vier Faktoren IBA (Indolbuttersäure) gelöst in Aceton, IBA gelöst in Talkum, das lokal üblicherweise verwendete Mittel Hormonagro, sowie eine Mischung von Hormonagro und Kuhdung untersucht. Das Pflanzenmaterial stammte aus dem Erntegebiet San Francisco und kann wie in Tabelle 4-61 charakterisiert werden.

Sowohl am Ernte- als auch am Stecktag war das Wetter heiß und sonnig und somit für eine Stecklingsernte oder –saat nicht optimal. Im Stationswald der ECSF wurden aus dem Kroneninneren

<i>Podocarpus oleifolius</i>	
Erntedatum	21. Januar 2003
Erntebaum	
	Höhe ca. 7,5 m
	BHD ca. 35 cm
	Höhenlage ca. 2100 m über NN
	Lage im Erntegebiet Transekt 2, Stationsgebiet ECSF
Steckdatum	23. Januar 2003
Durchschnittl. Länge der Stecklinge	ca. 8 cm
Ort der Stecklingsanzucht	Baumschule Loja, Gewächshaus, Kammer 1

Tabelle 4-61: *Podocarpus oleifolius*: Charakteristika des Pflanzenmaterials zur Stecklingsvermehrung

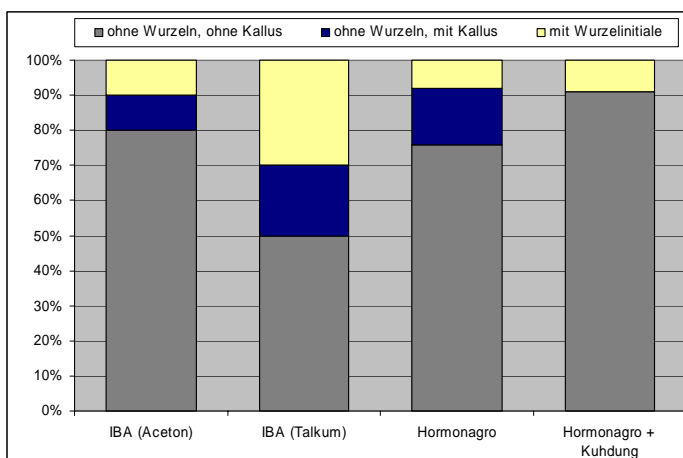


Abbildung 4-85: *Podocarpus oleifolius*, Stecklingsvermehrung: Prozentzahlen der lebenden Stecklinge in den ausgeschiedenen Klassen nach den jeweiligen Behandlungen (ca. 7,5 Monate nach der Absteckung)

größere Zweige geerntet, aus denen in der Baumschule die eigentlichen Stecklinge aus den Enden der Triebe geschnitten wurden.

Die Stecklinge wurden am 9. September 2003 und somit ca. 7,5 Monate nach der Saat auf Bewurzelung und Kallusbildung untersucht. Abbildung 4-85 gibt einen Überblick über den Stand der Bewurzelung zu diesem Zeitpunkt. Es zeigt sich, dass in allen Varianten der überwiegende Anteil der Stecklinge weder Wurzeln noch Kallus gebildet hatte. Die besten Bewurzelungserfolge zeigten sich nach der Behandlung mit

konz. IBA (Indol-Butter-Säure) in Talkum. 20% der Stecklinge hatten bei dieser Behandlung Kallusgewebe gebildet, 30% der Stecklinge bildeten Wurzelinitialen. Die geringsten Erfolge brachte die Behandlung mit der Mischung aus Hormonagro und Kuhdung. Hier blieben 91% der Stecklinge ohne Bewurzelung und Kallusbildung.

Die hier vorgestellten ersten Ergebnisse lassen noch keine definitiven Empfehlungen zu. Der Versuch wurde in kleinem Maßstab und als Pilotversuch angelegt. Weiterführende Experimente sollten besonders hinsichtlich der lokalen Bedeutung der Baumart detaillierte Befunde zum Einfluss verschiedener Faktoren ermöglichen.

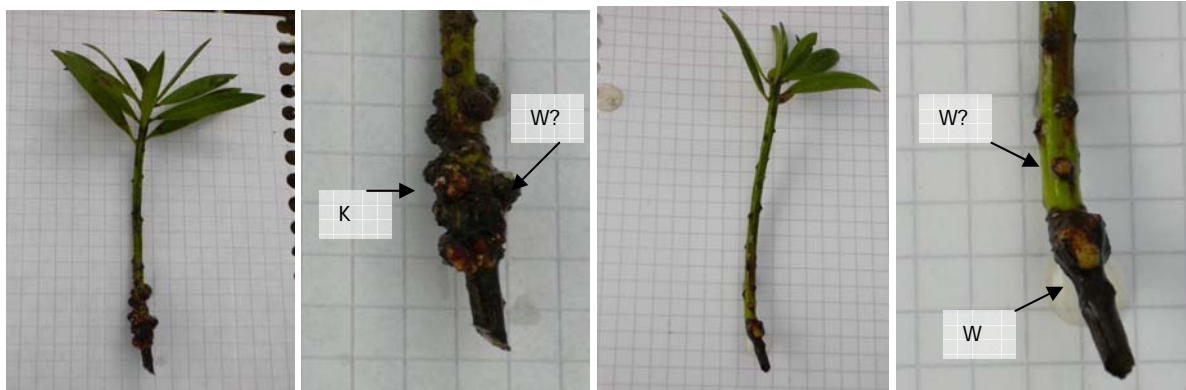


Abbildung 4-86: *Podocarpus oleifolius*, Stecklingsvermehrung: Kallus- und Wurzelbildung der Stecklinge nach ca. 7,5 Monaten Versuchsdauer (Photos: STIMM (2003), W = Wurzelinitiale, K = Kallus)

5. Diskussion

5.1. Diskussion der Methoden und der Durchführung

Zu Beginn der Versuche waren viele Fragen zum Keimverhalten (Keimprozent und Keimschnelligkeit), dem Aussehen und der Überlebensfähigkeit der Keimlinge sowie deren Wachstumsverhalten ungeklärt. Besonders in dieser Ausgangssituation voll ungeklärter Fragen sind Versuchsansätze für ein fundiertes Basiswissen und abgesicherte Erkenntnisse ein großer Vorteil. Eine gute Datengrundlage und ein gutes Konzept, auf dem für weitere Projekt-Planungszwecke aufgebaut werden kann, erleichtern den weiteren Projektfortschritt wesentlich. Hinsichtlich der derzeit geplanten Aufforstungen in der Region Südecuador ist jede verfügbare Datengrundlage eine hilfreiche Unterstützung der Planung. Die Ausarbeitung eines universal einsetzbaren und nach Versuchsfaktoren variablen Konzeptes und Versuchsdesigns kann zudem zum einen nach Faktoren und Faktorstufen ergänzt, zum anderen auch außerhalb der Region eingesetzt werden.

Der Umfang des Versuches in Bezug auf die Anzahl der Wiederholungen oder die Menge des verwendeten Saatgutes sollte dem Versuchsziel angemessen und im Arbeitsaufwand angepasst sein. Soll der Schwerpunkt auf der Pflanzenanzucht und den ungeklärten Fragen liegen, braucht es - um diese Fragen zu beantworten - robuste Versuchsansätze, die unter den Bedingungen in der Baumschule leicht realisierbar sind. Bei unbekannten Arten sind jedoch auch kleinere Pilotversuche mit einer kleineren Menge an Saatgut bereits sehr hilfreich. Viele Beobachtungen während der ersten Projektphase haben dazu geführt, die Methoden der Saat und Anzucht und in besonderem Maße die verwendeten Materialien zu hinterfragen und in weiterem Projektfortschritt zu optimieren. Auch aus den unbeabsichtigten Ereignissen, bspw. dem Schimmelbefall der Samen von *Myrica*, haben sich überraschende Erkenntnisse ergeben. Es ist in jedem Fall von Vorteil bei der Erarbeitung eines Protokolls zur Pflanzenanzucht, auch bei der Vorlage eines guten Konzeptes, in kleinem Maßstab eine Reihe kleinerer Versuchsansätze zu integrieren. Während der ersten Projektphase konnten kleine „Aha-Effekte“ oftmals das entscheidende Puzzleteil einfügen.

Die Pflanzenanzucht für Projekt-Aufforstungszwecke wurde im Wesentlichen durchgeführt auf Basis des derzeitigen Wissens über das Verhalten von Baumarten während der Anzucht generell. Die jetzt nachfolgenden Arbeiten sollten daher in verstärktem Maße der Optimierung der Anzucht und der Anzuchtmaterialien dienen.

Neben den fachlichen Problemen im Verlauf der Forschungsarbeiten und des Anzuchtbetriebs traten auch einige anfangs unbedachte organisatorische Überraschungen auf.

Durch starke Stürme und anhaltend regnerische Witterung im August 2002 gaben die Dachbalken des Gewächshauses nach. Eine Kammer des Gewächshauses fiel aus und musste evakuiert werden. In der intensiven Anzuchtphase in diesem Zeitraum stellte sich die Aufrechterhaltung des Versuchsdesigns der Forschungsarbeiten im Gewächshaus als ein sehr ehrgeiziges Unterfangen heraus. Die Pflanzen der Versuche wurden in die vom Dacheinsturz nicht betroffene Kammer des Gewächshauses umgesiedelt. Erst nachdem das gesamte Gewächshaus wieder vollständig einsatzbereit war, wurde auch die wieder errichtete Kammer mit dem Versuchsdesign bezogen. Trotz der intensiven Bemühungen ist nicht auszuschließen, dass die Datenqualität der Versuche unter den ungünstigen Umgebungsbedingungen gelitten hat.

Weiterhin wurde in der Baumschule in Loja die große Neugier der ecuadorianischen Bevölkerung unterschätzt. Die Wände des Gewächshauses bestanden aus Folien, die nicht vollständig durchsichtig

waren. Die Rolladen-Fenster waren auch oft geschlossen und bei Abwesenheit der dort arbeitenden Personen die Türen ebenfalls abgesperrt. Daher wurde von neugierigen Gästen ab und an die Folie durchschnitten, um sich so Eintritt ins Gewächshaus zu verschaffen. Um die Mehrarbeit und den zusätzlichen Materialbedarf beim Reparieren zu vermeiden, könnte die Neugier der Gäste durch eine stärkere Präsenz des zuständigen Wach-Personals geregelt werden.

Durch die wenigen Aufforstungen mit einheimischen Baumarten in der Region wurde die einsatzbereite und gut laufende Baumschule ein Anziehungspunkt für Interessierte und ebenfalls im Forstbereich Arbeitende. Viele der angezogenen Pflanzen waren als ausgewachsene Bäume bekannt, nicht jedoch im Keimlings- und Jugendstadium. In der Schattieranlage der Baumschule standen die zum Ausbringen bereiten Pflanzen in großer Anzahl. Manchmal mussten daher auch Verluste an Pflanzen durch Diebstahl verzeichnet werden. Bei knappen Kalkulationen bzgl. der benötigten Pflanzenzahlen und bei großem Interessentenkreis könnten daher Engpässe bei der Verfügbarkeit auspflanzbereiter Pflanzen auftreten.

Die meisten der Besucher in der Baumschule kamen jedoch aufgrund echten Interesses für die fachlichen Arbeiten. Die lokale Akzeptanz des Projektes und der Projektarbeiten waren sehr groß. Der Besucherkreis setzte sich aus Leuten zusammen, die ebenfalls im Umweltbereich tätig waren, Mitarbeitern bei lokalen NGOs und Baumschulen, Studenten der *Universidad Nacional de Loja* oder Passanten, die aus Interesse vorbeikamen. Das Projekt-Vorhaben zur Aufforstung mit einheimischen Baumarten wurde lokal als hochaktuell und von großer Bedeutung eingestuft. Durch die derzeitigen Planungen für das MEGAPROYECTO wird diese vermutlich noch zunehmen und dadurch auch der Interessentenkreis für die Baumschule und die Baumschularbeiten. Die errichtete Projektbaumschule könnte daher als Präsentationsobjekt dienen, bei dem neben den rein wissenschaftlichen Fragestellungen zur Vermehrungs- und Wachstumsbiologie ebenfalls Anzuchtverfahren im Rahmen der Massenproduktion erprobt und vermittelt werden.

5.2. Keimung

Im Folgenden werden die im Keimversuch gewonnenen Ergebnisse diskutiert. Die anschließenden Hinweise für die Praxis geben eine Zusammenfassung der favorisierten Keimumgebungen sowie mögliche Einflussfaktoren, denen bei zukünftigen Studien Beachtung geschenkt werden sollte.

5.2.1. Unterschied zwischen den Standard- und Gewächshaus-Saaten

Bei fast allen Baumarten war das kumulative Keimprozent in der Baumschule geringer als in den Standardsaaten (vgl. Abbildung 4-48, S. 79)

Dies deutet darauf hin, dass die Arten im Gewächshaus nicht ihr volles Keimpotenzial erreichten. Nach ROHMEDER (1972) wird in der Praxis oft beanstandet, dass die standardisierten, idealen Bedingungen von Keimtests in der praktischen Pflanzenanzucht im Gewächshaus nur selten eingehalten werden können. Die erhobenen Daten hätten daher nur geringe Aussagekraft über die tatsächlich zu erwartende Anzahl an Pflanzen. Für die Praxis verwertbare Angaben bietet daher eher die Triebkraftprüfung, bei der das Saatgut nach der Keimung eine Sandschicht (standardisiertes Material) durchbrechen muss (ROHMEDER, 1972). In weiteren Schritten zur Optimierung der Pflanzenanzucht der hier untersuchten Aufforstungsarten ist ein Einbezug dieser Tests sinnvoll.

Die größten Unterschiede zwischen den Keimraten der Standard- mit den Gewächshaus-Saaten ergaben sich bei den Baumarten mit kleinen Samen. Eine unvoreilhaftige Saatmethode könnte daher

ausschlaggebend für die Differenzen sein. Die Standardsaaten im vorliegenden Versuch wurden zeitgleich mit den Saaten der Keimversuche ausgesät. Ein Verlust der Keimkraft bei den Saaten im Gewächshaus kann daher ausgeschlossen werden. Eine mögliche Ursache für die großen Differenzen zwischen den Keimergebnissen könnte die Saattiefe in der Baumschule sein. Wird die Saat mit einer dünnen Substratschicht bedeckt, bietet diese Schutz vor Austrocknung oder Auswaschen des Samens (SCHMIDT, 2000). *Clethra revoluta* besitzt jedoch sehr kleine Samen, die schon bei geringer Bedeckung mit Substrat zu tief ‚begraben‘ werden können. Auch könnten durch die intensive Ausbreitung von Pilzen und Moosen (vgl. 5.6.4) in den Versuchseinheiten gekeimte Samen an ihrem Durchbrechen der Substratoberfläche gehindert werden. Gekeimte Samen treten somit nicht in Erscheinung und werden als Ausbleiben der Keimung dokumentiert.

Für weitere Untersuchungen hinsichtlich der möglichen Ausnutzung des gesamten Keimpotenzials könnten in Anlehnung an die Standard-Bedingungen der ISTA besonders geschützte Umgebungen verwendet werden. Speziell bei Arten mit kleinen Samen wären für ein erhöhtes Keimprozent auch unbedeckte Saaten auf löslichem Filterpapier über dem Substrat und in geschützter Umgebung möglich. Das Filterpapier löst sich mit der Zeit auf, und das darunter liegende Substrat bietet den Wurzeln der neu gekeimten Keimlinge Verankerungsmöglichkeiten.

5.2.2. Keimprozent der einzelnen Baumarten

Bei fast allen getesteten Baumarten schwankten die kumulativen Keimprozent der einzelnen Faktorkombinationen zwischen artspezifischen Bereichen. Innerhalb dieser Bereiche befanden sich auch die Keimergebnisse von CUEVA (2003), CABRERA & ORDOÑEZ (2004), DIAZ & LOJAN (2004) und MERKL (2000), den ebenfalls zu Fragen des Keimverhaltens arbeitenden Mitgliedern der DFG-Forschergruppe.

Bei ***Cedrela montana*** (Herkunft San Francisco) erreichten CABRERA & ORDOÑEZ (2004) in Saaten von Samen ohne Lagerung durchschnittlich ein Keimprozent von 73% (erreicht nach ca. 60 Tagen), weisen aber auf den Verlust der Keimkraft mit zunehmender Lagerdauer hin. MERKL (2000) beschreibt bei Saaten derselben Herkunft nach 12 Tagen ein Keimprozent von 90 % (Saat auf Filterpapier). Eine Keimung in Dunkelheit erbrachte bei MERKL (2000) keine Unterschiede in der Keimrate, jedoch einen zeitlichen Vorsprung von einem Tag beim Erreichen des kumulativen Keimprozentes. Aus den Untersuchungen von DIAZ & LOJAN (2004) mit *Cedrela montana* der Herkunft San Pedro de Vilcabamba resultierte ein kumulatives Keimprozent von 53,1%. Die Saaten von CABRERA & ORDOÑEZ (2004) und DIAZ & LOJAN (2004) wurden ebenfalls im Standard-Substrat der Baumschule durchgeführt und sind somit mit den Ergebnissen der in der vorliegenden Studie durchgeführten Untersuchungen vergleichbar, in denen - je nach relativer Beleuchtungsintensität - kumulative Keimprozent von 40%, 69 % und 62% (hellste bis dunkelste Lichtintensität) erreicht wurden.

Beim Vergleich der kumulativen Keimprozent zwischen den beiden Provenienzen (Vergleich (2), Tabelle 4-35, S. 81) ließen sich signifikante Unterschiede in den Keimprozenten erkennen. Die beiden Provenienzen verhielten sich jedoch in den getesteten Substraten gleich (keine signifikanten Unterschiede in den Kontrastierungen Substrat*Baumart).

Aus den hier durchgeführten Studien geht hervor, dass die Wahl eines geeigneten Substrates zum möglichst optimalen Ausnutzen des vollen Keimprozentes beitragen kann. Hier bietet sich Forschungspotenzial für weitere Studien. LOJAN IDROBO (2003) erwähnt für die Baumart *Cedrela montana* bspw. ein Keimprozent von knapp 100% in einer Substratmischung aus Schwarzerde (*tierra negra*), Sand und Humus im Verhältnis 3:1:1.

DIAZ & LOJAN (2004) beschreiben für die Baumart *Alnus acuminata* der Herkunft San Pedro de Vilcabamba bei Saaten kurz nach der Saatguternte ein durchschnittliches Keimprozent von 38,8 %. CATIE (1997) erwähnt im Saatgut- und Anzuchtprotokoll Keimraten zwischen 30 % und 55 %, je nach Herkunft und Behandlung. Als vorteilhaftes Substrat wird bei CATIE (1997) eine Mischung aus Sand und gut zersetztem organischen Material beschrieben. Aus den Versuchen der vorliegenden Arbeit konnte diese Beobachtung nicht voll bestätigt werden. Im Keimversuch wurden zwei Substrate mit gut zersetztem organischen Material getestet: das Kompost- und das Walderde-Substrat. Die Saaten im Kompost-Substrat ergaben mit 11,2% bis 21,0% eher geringe Keimprozent, während die Aussaaten im Walderde-Substrat durchgehend die höchsten Keimraten erbrachten. Ein Keimprozent von ca. 40% beschreibt ROMERO (1996) bei Saatgut aus der gleichen Ernteregion wie das Saatgut der hier vorliegenden Untersuchung. Diese Ergebnisse liegen zwischen den Keimprozenten des Gewächshausversuchs und der Standardsaat der vorliegenden Arbeit. Da sich aus den Varianzanalysen signifikante Einflüsse der Keimsubstrate ergeben, lässt dies die Vermutung zu, dass sich in ‚den natürlichen Verhältnissen angepassten‘ Substraten höhere Keimergebnisse erzielen lassen. Nach ROMERO (1996) besitzt der Boden eines *Allisals* in der Nähe der Stadt Loja einen pH-Wert von 4,4. Das Substrat mit der Beimischung von Walderde ergab den niedrigsten pH-Wert der getesteten Substrate (vgl. Tabelle 3-1, S. 12) und könnte mitverantwortlich für die vergleichsweise intensive Keimung sein. Ebenfalls ein Erklärungsansatz wäre die Möglichkeit zur Keimung in mykorrhiziertem Substrat.

Für die Baumart *Tabebuia chrysantha* wird im Anzuchtprotokoll von CATIE (1997) 25 Tage nach der Aussaat ein Keimprozent von 60 – 80% beschrieben. Es wird zudem auf die Verwendung eines Keimsubstrates mit sterilisiertem Sand hingewiesen. Dies deckt sich mit dem in der vorliegenden Untersuchung höchsten beobachteten Keimprozent von knapp 60% in Sand-Substrat (40% Beleuchtung). Die Keimergebnisse im Sand-Substrat ergaben bei den anderen getesteten Lichtintensitäten jedoch die schlechtesten Keimraten. Unterstützt durch die Ergebnisse der Varianzanalyse, in der die Kombination aus Licht*Substrat einen signifikanten Einfluss auf die Keimprozent besitzt, weist dies *Tabebuia chrysantha* als einen Generalisten aus, bei dem sich die bevorzugte Keimumgebung nur in gering höherem Keimprozent bemerkbar macht. Durch die Erfahrungen im Versuchsverlauf, besonders in Bezug auf die Saatbeethygiene und Mortalität der Keimlinge, wäre ein möglicher weiterer Erklärungsansatz die Variationen in den chemischen und physikalischen Eigenschaften im Bereich der Substratzusammensetzung. Diese Frage kann sicherlich durch den erfolgten Wechsel der Substrate in der Baumschule in Loja beantwortet werden.

CABRERA & ORDOÑEZ (2004) erzielten bei der Aussaat von *Clethra revoluta* (Herkunft San Francisco) im Gewächshaus kumulative Keimprozent von max. 11 %. Die Saat von MERKL (2000) auf Filterpapier erbrachte nach 5 Wochen ein Keimprozent von 54 %. Eine Keimung fand hier nur in heller Umgebung statt, während die Samen, die in dunkler Umgebung ausgesät waren, nicht keimten. Die Keimergebnisse der vorliegenden Studie im Gewächshaus lagen deutlich niedriger als in den Standard-Saaten (vgl. Abbildung 4-48, S. 79). Die Ergebnisse der Standardsaaten sind mit den Ergebnissen von MERKL (2000) vergleichbar. Es wird daher vermutet, dass trotz der nur sehr dünnen Abdeckung der Aussaaten mit dem Keimsubstrat die Saattiefe zu groß war und somit eine Keimung der Samen nicht möglich oder nicht bemerkbar war.

Der in den Varianzanalysen erkennbare signifikante Einfluss des Blockes (Kammer des Gewächshauses) auf das Keimverhalten ist nicht plausibel erklärbar. Auch hier wird als Grund für voneinander abweichende Keimraten das Artefakt vermutet, das sich durch die Saattiefe ergab.

Bei ihren Untersuchungen zum Keimverhalten von *Cinchona officinalis* beobachteten DIAZ & LOJAN (2004) ein Keimprozent von 11,3% in den Gewächshausversuchen bei frisch geerntetem Saatgut. Unter Laborbedingungen wurden von DIAZ & LOJAN (2004) Keimprozente von durchschnittlich 27,2% erreicht. Die Versuche von DIAZ & LOJAN (2004) im Gewächshaus wurden im Standard-Substrat durchgeführt, welches ebenfalls bei den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit in allen getesteten Beleuchtungsintensitäten die geringsten Keimerfolge ergab (vgl. Tabelle 4-28, S. 74). Die Unterschiede zwischen den Standardsaaten und den Gewächshaus-Saaten von DIAZ & LOJAN (2004) besitzen etwa die gleichen Relationen wie die Unterschiede zwischen den Standard- und Gewächshausssaaten der vorliegenden Studie (Standardsaat: 80% (eigene Untersuchungen) vs. 40,9% (DIAZ & LOJAN, 2004); Gewächshaus-Saat: 36 - 45% vs. 11,3% (DIAZ & LOJAN, 2004)). Ein möglicher Grund für diese Unterschiede könnte im Saatgut zu finden sein.

Möglich wären bspw. ein unreifer Embryo und eine fehlende Nachreifephase bei optisch reifem Saatgut. Die Früchte wurden in geschlossenem Zustand geerntet und ausgelegt, damit sie sich unter Sonneneinstrahlung öffneten. In dem Zeitraum zwischen Ernte und Saat (März 2003) lag jedoch selten die dafür erforderliche sonnige Wetterlage vor, so dass die Samen über einen unerwartet langen Zeitraum ausgelegt werden mussten, bis eine ausreichende Menge an Saatgut für die Untersuchung vorhanden war. Erst 6 – 7 Wochen nach der Ernte konnte die Saat stattfinden. Bei *Cinchona officinalis* könnten daher vertiefende Untersuchungen zum genauen Reifezeitpunkt des Saatgutes – unabhängig vom optischen Erscheinungsbild – einen weiteren Baustein zum Erreichen des maximalen Keimprozentos liefern.

Nicht bestätigt werden konnte die Aussage von LOJAN IDROBO (2003), nach der für die erste Phase der Keimung von *Cinchona officinalis* Licht von Vorteil ist. Zwar sind die mittleren Keimprozente bei den getesteten Lichtintensitäten ähnlich, innerhalb der gleichen Lichtintensität zeigten sich jedoch in dunkerer Umgebung größere Unterschiede in den Keimraten in den Substraten. Mit einer gezielten Kombination aus Substrat*Licht kann schon mit den hier getesteten Faktorstufen ein deutlich über dem Mittelwert liegendes Keimprozent genutzt werden.

5.2.3. Hinweise für die Praxis

Tausendkorngewicht

In der vorliegenden Studie wurde ein Zusammenhang festgestellt zwischen dem Wachstum von Keimlingen und Sämlingen, ihrem Alter und dem Tausendkorngewicht (vgl. Kapitel 4.2.8, S.86). Die Ergebnisse liegen damit in Einklang mit SCHMIDT (2000), wonach große Samen einen physiologischen Vorteil des keimenden Samens bieten. Große Samen bieten eine bessere Nährstoffversorgung und damit die Möglichkeit für schnelle und kraftvolle Keimung und Keimlingswachstum.

SCHMIDT (1961) weist auf den Zusammenhang zwischen Höhen- bzw. Gewichtsentwicklung der forstlichen Jungpflanzen einerseits und der herkunftsbedingten Wachstumsgeschwindigkeit, der Vegetationsdauer wie auch der Größe des Samenkorns andererseits hin. Aus den Studien von MOLES & WESTOBY (2004) geht hervor, dass Baumarten mit größeren Samenmassen einen Vorteil unter erschwerten Bedingungen (bspw. Schatten oder Trockenheit) besitzen, den kleinsamige Arten wiederum durch oftmals eine umfangreichere Samenproduktion ausgleichen können. Nach Studien von DALLING & HUBBEL (2002) in Panama eignet sich die Samenmasse, um Aussagen über Samenabundanz und Keimung zu prognostizieren. Für Prognosen über zu erwartende Pflanzenzahlen könnte das Tausendkorngewicht daher ein erstes Indiz bieten. Aus den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit zeigten sich hier jedoch keine abgesicherten Zusammenhänge.

Keimumgebung

In der vorliegenden Studie wurden aus den untersuchten Faktoren Einflüsse auf das Keimverhalten sowie das kumulative Keimprozent erkannt. So präferierten die Baumarten unterschiedliche Substrate und erreichten ihr kumulatives Keimprozent auch nach unterschiedlichen Zeiträumen. Tabelle 5-1 gibt einen Überblick über die favorisierten Substrate und Lichtintensitäten mit den jeweiligen Keimergebnissen. Die Ergebnisse stellen einen Baustein zur Erarbeitung der Anzuchtprotokolle und des Organisationskalenders in der Baumschule (vgl. Abbildung 5-4, S. 139) dar.

Baumart	Favorisiertes Substrat	Favorisierte Beleuchtung	Keim-schnelligkeit(#) (Gewächshaus)	Höchstes Keimprozent	
				Gewächshaus	Filterpapier
<i>Cedrela montana</i> (SF)	Standard-Substrat	mittel - dunkel	27 - 43	80,2 %	71,5 % *
<i>Cedrela montana</i> (V)	Standard-Substrat	mittel - dunkel	27 - 40	69,4 %	86 % **
<i>Alnus acuminata</i>	Walderde-Substrat	mittel - dunkel	21 - 38	37,5 %	57,5 %
<i>Tabebuia chrysantha</i>	(Sand-Substrat)	hell - mittel	19 - 29	59,0 %	85,0 %
<i>Clethra revoluta</i>	Sand-Substrat	mittel	54 - 84	10,8 %	58,0 %
<i>Cinchona officinalis</i>	Sand-Substrat	mittel - dunkel	38 - 59	90,7 %	80,0 %

Tabelle 5-1: Zusammenstellung der präferierten Keimumgebung der untersuchten Baumarten (SF = Herkunft San Francisco, V = Herkunft Vilcabamba, Beleuchtung: hier: getestete Beleuchtungsintensitäten: hell: 65%, mittel: 40%, dunkel: 15%) #die Keimschnelligkeit gibt die Anzahl der Tag von der Saat bis Erreichen von 80% des kumulativen Keimprozentes an, angegeben sind die Minimal- und Maximal-Werte aus den Versuchskombinationen. *Tabebuia chrysantha* erscheint als Generalist. Als favorisiertes Substrat ist daher das angegeben, welches die höchsten Keimprozente in der vorliegenden Untersuchung brachte, es ist daher in Klammern angegeben *CABRERA & ORDOÑEZ (2004), **DIAZ & LOJAN (2004)

Die Ausbeute an Sämlingen ist jedoch nicht alleine abhängig vom maximalen Keimprozent, sondern ebenfalls von der Überlebensfähigkeit der Keimlinge im Saatbeet. Aufgrund der Vermutung, dass während der ersten Anzuchtphase die Mortalität nicht allein auf biologische Gründe zurückzuführen ist, sondern oftmals auf infrastrukturellen und saatbeet-hygienischen Gründen basiert, ist eine Auswertung und Diskussion der Mortalität im Keimlingsversuch an dieser Stelle nicht sinnvoll. CUEVA (vgl. BECK, 2004) stellte in Keimversuchen mit Saatgut von neun in der Region heimischen Baumarten einen positiven Effekt durch Beimischung von Walderde fest.

5.3. Anzucht der Pflanzen

5.3.1. Einfluss der Anzuchtmaterialien

Eine der zentralen Fragen in der Pflanzenanzucht ist die Auswahl eines geeigneten Substrates. Abbildung 5-1 gibt einen Überblick über Versorgung mit Nährelementen empfohlener Anzuchtsubstrate in Baumschulen.

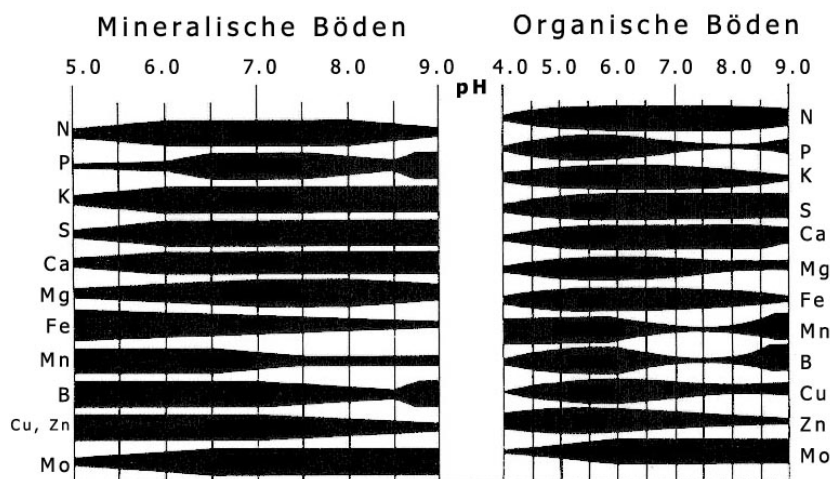


Abbildung 5-1: Nährstoffversorgung in Anzuchtsubstraten

(verändert, Quelle: USDA, THE CONTAINER TREE NURSERY MANUAL, VOL. 2, 1990, nach KUHNS, 1985: relative Verfügbarkeit der verschiedenen Nährstoffe: je breiter der Balken, umso reicher ist der Nährstoff verfügbar, Verfügbarkeit verschieden in mineralischen und organischen Substraten. Maximale Verfügbarkeit in mineralischen Böden bei pH 6,5, in organischen Böden bei pH 5,5)

Nach VAN DEN DRIESSE (1984) wird zur bestmöglichen Versorgung der Pflanzen mit den im Substrat vorhandenen Nährstoffen ein pH-Wert von 6 bis 7 empfohlen. Ist der pH-Wert zu hoch, kann es zu schlechter Verfügbarkeit von Phosphor kommen (SOETHE, 2004). Die in der ersten Projektphase in Loja verwendeten Substrattypen liegen mit pH-Werten von 7,1 bis 9,2 zum Teil deutlich über den für eine Anzucht empfohlenen Werten (vgl. Tabelle 5-2). Zudem weicht die Nährstoffversorgung mit Natrium, Magnesium, Calcium, und Kalium sowohl von den natürlichen Werten (ABIY, 2004) als auch von den empfohlenen Werten stark ab. Das Standard-Substrat der ersten Anzuchtphase sowie die Substratmischungen können somit nicht als optimale Substrate gelten. In weiterem Projektverlauf wurden sie durch Substratmischungen ersetzt, die den empfohlenen Zusammensetzungen deutlich besser entsprechen (GÜNTER, 2004; WEBER, STIMM & MOSANDL, 2004). Der größte Teil der Pflanzen für die Aufforstung wurde jedoch in den Substraten der ersten Projektphase angezogen.

Die unvorteilhafte Substratzusammensetzung könnte ein Grund für die hohen Ausfallraten der Pflanzen im Kompost- Substrat (pH-Wert 9,2) und im sandigen Substrat (pH-Wert 8,6) sein. Weiterhin deuteten sich bei einigen der in der Versuchsbaumschule angezogenen Arten im Standard-Substrat bei längerer Verweildauer in der Baumschule Phosphor-Mangelsymptome an (vgl. Abbildung 5-2, STIMM, 2003).



Abbildung 5-2: Vermutete Phosphor-Mangelsymptome bei einer der Baumschulpflanzen (*Juglans neotropica*)

Zwar kann mit Hilfe von Mykorrhiza auch bei Böden mit geringer Phosphor-Versorgung durch Mobilisation aus schwerlöslichen Phosphaten dieser Mangel behoben werden (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998), für eine Pflanzenanzucht unter Baumschulbedingungen sollte jedoch ein Standard-Substrat zur Verfügung stehen, das für die optimale Versorgung der Keimlinge mit den benötigten Nährstoffen keine weiteren Vorsorge-Maßnahmen erforderlich macht.

Substrat		pH	zitronensäure lösl. P (mg/100g)	Na (µeq/g)	N%	Mg (µeq/g)	Ca (µeq/g)	K (µeq/g)	KAKe (µeq/g)
Baumschul-Standard-Substrat	BS	7,8	109,8	30,64	0,246	69,55	376,67	122,08	600,2
Walderde-Substrat	W	7,1	84,1	42,52	0,273	76,57	361,63	146,02	628,3
Kompost-Substrat	C	9,2	209,0	81,73	0,428	111,79	472,28	255,10	922,3
Sand-Substrat	S	8,0	39,9	11,34	0,095	30,16	189,66	52,20	284,3
Sandiges Substrat	s	8,6	84,1	23,14	0,142	53,28	269,88	92,13	439,1
Empfohlene Werte¹⁰		4,8-	100-150	k. A.	0,2-	7-20	30-80	2,0-3,0	100-200
(FOREST NURSERY MANUAL)		5,5	(ppm)		0,25				(CEC)

Tabelle 5-2: Verwendete und empfohlene Substrate, empfohlene Werte aus VAN DEN DRIESSCHE (1984), in: DURYEA & LANDIS (1984), analytische Werte für Baumschul-Böden (Douglasien)

5.3.2. Wachstum der Baumarten im Jugendstadium

Das hier beschriebene Wachstumsverhalten der Baumarten bezieht sich auf die Baumschulanzucht unter den vorgegebenen Versuchsbedingungen. Nur von einigen der untersuchten Arten existieren Vergleichsstudien zum Wachstum der Jungpflanzen.

Trotz der großen Bedeutung der Baumart *Cedrela montana* als stark nachgefragte lokale Nutzholzart gibt es wenig vergleichbare Untersuchungen zum Anzuchtverhalten. CATIE (1997) beschreibt generelle Empfehlungen für die Anzucht der Art *Cedrela odorata* wie etwa den Zeitpunkt des Pikierens mit dem Erscheinen der Primärblätter oder die Verweildauer der Pflanzen in der Baumschule über einen Zeitraum von drei bis vier Monaten. Kenndaten über konkrete Wachstumsentwicklungen werden hier jedoch nicht gegeben. Eine Messreihe zum Höhenwachstum von *Cedrela montana* im Untersuchungsgebiet hat bei der Herkunft San Francisco etwa 30 Wochen nach der Keimung eine Höhe von knapp 14 cm ergeben (CUEVA, 2004). Die gemessenen Pflanzen waren nicht in Container verschult und wurden bereits um die 4. Woche nach der Keimung mit einer Höhe von knapp 6 cm ausgepflanzt. Die Messreihe unterschied sich von der Anzucht in der Baumschule neben dem Anzuchtmedium (Auspflanzung vs. Containeranzucht in der Baumschule) auch im Zeitpunkt des Umsetzens (Auspflanzung 4,5 Wochen nach der Keimung vs. etwa 10 Wochen nach der Keimung pikieren in der Baumschule). Das Wachstum der Pflanzen in der Baumschule ergab nach einem vergleichbaren Zeitraum von etwa 30 Wochen eine ähnliche Wachstumsleistung wie die von CUEVA (2004) gemessenen Pflanzen im Freilandversuch.

Hinsichtlich der Pflanzenanzucht brachte das Substrat mit Walderde bei *Cedrela montana* keinen deutlichen Vorteil. Zum einen ergaben sich vergleichsweise geringe Keimprozent, zum anderen wiesen die Pflanzen aus dieser Keimunggebung auch während der Anzuchtphase geringere Wuchsleistungen auf. Besonders deutlich wurde dies in der hellsten Lichtintensität während der Anzucht in der Schattieranlage. Der Grund für den Test eines Substrates mit Walderde lag in der möglichen frühen Inokulation der Pflanzen mit Mykorrhiza. Nach KOTTKE (2003) waren die Pflanzen, die ohne Inokulation in die Baumschulcontainer verschult wurden, bereits fünf bis sechs Monate nach dem Umsetzen gut mykorrhiziert. Eine aktive Mykorrhizierung wie im vorliegenden Anzuchtversuch (als Inokulation mit Walderde) erscheint für die Baumschulanzucht nicht zwingend. Aus den Nebenversuchen geht hervor, dass Pflanzen, die in der Keimphase bereits mit Walderde versorgt wurden, besseres Wachstum aufwiesen.

¹⁰ Empfohlene Werte umgerechnet, im Original: meq/100g. Kursiv dargestellte Werte nicht uneingeschränkt direkt vergleichbar, da vermutl. unterschiedliche Analysemethoden.

Nicht von entscheidendem Vorteil erwies sich eine Anzucht der Pflanzen im Gewächshaus. Im Vergleich mit den Pflanzen in der Schattieranlage erreichten die Pflanzen im Gewächshaus hinsichtlich des Höhen- und Durchmesserwachstums wie auch hinsichtlich der Überlebensraten geringere Werte (s. Nebenversuch, Abbildung 4-75, S.116). Dies würde bedeuten, dass den Pflanzen auch ohne den Aufbau von großen baulichen Einrichtungen eine gute Wachstums Umgebung geboten werden kann.

Ebenfalls auffällig aus dem Nebenversuch war die Tatsache, dass die Pflanzen im Kompost-Substrat vergleichsweise gute Keimergebnisse brachten und diese Pflanzen auch während der Anzuchtphase mit den Pflanzen aus anderen Keimsubstraten konkurrieren konnten (vgl. Nebenversuch, Abbildung 4-75, S.116). Die Pflanzen aus dem Standard-Keimsubstrat, die in das Kompost-Substrat pikiert wurden, starben jedoch zu großen Teilen ab (vgl. Abbildung 4-59, S. 92). Ein möglicher Pflanzschock ohne vorherige Adaptation könnte hierfür ausschlaggebend sein. Hinsichtlich der Tatsache, dass die aufzuforstenden Flächen einen höheren pH-Wert besitzen als die Böden des Naturwaldes, wäre auch der Aspekt eines Adaptionsproblems bei der Wahl eines Anzuchtsubstrates mit einem niedrigeren pH-Wert zu berücksichtigen.

Aus den Nebenversuchen deutete sich der Trend an, dass die Substratzusammensetzung in der Keim Umgebung bereits wichtig ist. Da diese Studien nur im Rahmen von Nebenversuchen durchgeführt wurden, wären abgesicherte Erkenntnisse sicherlich sehr hilfreich, die optimalen Substrate in der Keim- und Anzuchtphase zu verbinden.

Durch die Untersuchungen der Wurzeln in Verbindung mit der Pflanzengröße und dem Wurzelhalsdurchmessers zeigte sich, dass bei der verwendeten Containergröße nach 5 Monaten das Substrat gut durchwurzelt war und die Wurzelspitzen aus dem Container traten. Die Pflanzen besaßen zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich eine Höhe von 40 - 90 cm (vgl. Abbildung 4-77 und Abbildung 4-78, S. 119f). Stellt sich nun die erste Priorität in der Vermeidung von Wurzeldeformationen, sollten die Pflanzen mit dieser Höhe bereits ausgepflanzt oder die Containergröße an das bevorzugte Sortiment angepasst werden.

Die getesteten Substrate wichen alle mehr oder weniger von den empfohlenen und natürlichen Verhältnissen ab. Eine Optimierung der Substrate in der Baumschule könnte u. U. bessere Wachstumsergebnisse liefern. Die Pflanzen hätten möglicherweise bei gleicher Verweildauer in der Baumschule und gleicher Durchwurzelungsintensität der Foliencontainer größere Höhen- und Durchmesserwerte und damit eine bessere Ausgangsposition auf der Aufforstungsfläche. Andererseits widerspräche eine zu kleine Wurzelmasse in Relation zu größeren Sprosshöhen einem ausgewogenen Verhältnis zwischen oberirdischer und unterirdischer Masse. Wichtig für die Entwicklung eines Anzuchtprotokolls sind in jedem Fall die Festlegung des genauen Ziels der Pflanzenanzucht und die Wahl der geeigneten Weisergröße hierfür.

Obwohl *Tabebuia chrysantha* ebenfalls eine stark nachgefragte lokale Nutzholzart ist, fehlen auch hier bisher konkrete Anzuchtprotokolle. CATIE (1997) empfiehlt das Pikieren in die Foliencontainer bei einer Höhe der Keimlinge von ca. 5 cm. Zur groben Planung für die Baumschularbeit wird die Verweildauer in der Baumschule mit etwa sechs Monaten angegeben, jedoch ohne Angabe der Größe der Pflanzen zu diesem Zeitpunkt. Aus den im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Anzuchtversuchen geht hervor, dass sich das Wurzelsystem von *Tabebuia chrysantha* sehr schnell entwickelt. Bei einer unvorteilhaften Wahl der Saatbeettiefe kann es schnell zu Wurzelverformungen kommen, die auch im weiteren Verlauf der Anzucht nicht vollständig behoben werden können. Zudem kann sich das Umsetzen von Keimlingen, deren Wurzelsystem schon gut entwickelt ist, schwierig und verlustreich gestalten. Die angezogenen Keimlinge hatten bereits im Alter von 2,5 Monaten mit einer

Höhe von 1 bis 2 cm gut ausgebildete Wurzeln. Ein späterer Zeitpunkt des Umsetzens in Foliencontainer wurde nicht als sinnvoll angesehen.

Aufgrund des schnellen Wachstums der Keimlinge und unvorteilhaften Entwicklungen bei einer Verzögerung des Pikierzeitpunktes, ließe sich durch eine Saat direkt in die Foliencontainer sehr viel Zeit und Arbeitsaufwand ersparen. Aus dem Keimversuch ergaben sich mit einer Keimrate von knapp 60% die besten Ergebnisse im Sand-Substrat bei 40% Beleuchtungsintensität (eine Schattenmatte, Gewächshaus). Bei den Höhenmessungen einer Saat direkt in die Container ergab sich nach 30 Wochen eine durchschnittliche Höhe von knapp 14 cm (vgl. Abbildung 4-42, S. 72). Dieses Ergebnis liegt unter den Ergebnissen von CUEVA (2004), der das Höhenwachstum bei direkt ins Anzuchtmedium gesäten Pflanzen untersuchte und Pflanzenhöhen von knapp 15 cm etwa 25 Wochen nach der Saat dokumentierte. Bei einer geeigneten Kombination von Substrat und Beleuchtung lässt sich bei der Anzucht vermutlich auch eine Zeit- und Arbeitersparnis durch Kombination von Keim- und Anzuchtsubstrat erreichen.

Aufgrund der geringen Probeumfänge im Anzuchtversuch bei der Baumart *Myrica pubescens* sind der Aussagekraft der Ergebnisse und der Interpretation sicherlich Grenzen gesetzt. Es lassen sich jedoch einige Tendenzen erkennen, die für die weitere Optimierung der Anzucht – speziell unter dem Aspekt der Bedeutung von *Myrica* für die lokalen Aufforstungen – relevant sein können.

Studien zur Anzucht von *Myrica pubescens* in der Baumschule sind bisher nur spärlich bekannt. Ein Grund hierfür mag sicherlich in der Tatsache liegen, dass die Bedeutung der Baumart weniger in der Verwendung der Pflanze im Rahmen von Aufforstungen und Holznutzung, sondern vielmehr in der Ernte der Früchte und Extraktion des Wachses gesehen wird. Als schneller Flächenbesiedler mit hohen Keimraten und guter Wachstumsentwicklung wie auch als Stickstofffixierer lassen sich mit der Ausbringung von *Myrica pubescens* jedoch mehrere Vorteile verbinden. Ein zugkräftiges Argument für eine verstärkte Einbringung der Art in Aufforstungen wäre sicherlich ein probates Anzuchtverfahren.

Aus den hier durchgeführten Versuchen läßt sich für die Anzucht von *Myrica pubescens* in der Baumschule eine Verweildauer von 14 bis 15 Monaten (ab dem Zeitpunkt der Saat) veranschlagen. Hierbei verblieben die Pflanzen knapp 6 Monate im Keimsubstrat, waren allerdings zum Zeitpunkt des Pikierens schon relativ groß. Vermutlich aufgrund des späten Pikierens und folgenden Pflanzschocks traten in der ersten Woche nach dem Umsetzen Welkeerscheinungen („hängende Triebspitzen“) auf. Ein früheres Pikieren oder die Saat direkt in die Foliencontainer könnte diese Entwicklungen eventuell vermeiden und die Anzuchtdauer verkürzen. Die Anzuchtphase in der Schattieranlage betrug 35 Wochen. Das durchschnittliche Höhenwachstum der Pflanzen im Substrat mit Walderde scheint zu diesem Zeitpunkt zu kulminieren. Eine längere Verweildauer der Pflanzen in den Containern dieser Größe ist nicht zu empfehlen.

Die Wachstumsraten bei der Anzucht von *Piptocoma discolor* in der Baumschule liegen im Vergleich mit den anderen untersuchten Baumarten über dem Durchschnitt. Die höchsten Wachstumsraten (im Höhenwachstum) wurden in der vorliegenden Untersuchung bei einer Lichtintensität von 65% im Standard-Substrat gemessen. Die Mortalität war wie auch bei den anderen getesteten Baumarten im sandigen Substrat am höchsten, in dem am Ende des Beobachtungszeitraumes bereits fast alle pikierten Pflanzen abgestorben waren.

Im Freiland in der Nähe der *Estación Científica San Francisco* wurden brusthohe Pflanzen der Art *Piptocoma discolor* auf einer zwei Jahre alten Waldbrandfläche angetroffen (STIMM, 2004). Da Brandflächen gemeinhin höhere pH-Werte aufweisen, könnte dies als Indiz gewertet werden, dass *Piptocoma discolor* höhere pH-Werte verträgt. Während des Versuches wurde bei einigen

überschüssigen, nicht in die Auswertung integrierter Pflanzen starkes Höhenwachstum bei Behandlungen festgestellt, die mehrere der hier untersuchten Varianten beinhalteten (bspw. in das Substrat mit Walderde pikierete Pflanzen, die im Versuchsverlauf gedüngt wurden). Weitere Folgeversuche zur Entwicklung des optimalen Substrates sind daher unerlässlich.

Aus Untersuchungen von DAVIDSON et al. (2002) zum Einfluss verschiedener Beleuchtungsintensitäten auf Wachstumsraten von *Piptocoma discolor* (*Pollalesta discolor*) ließ sich ableiten, dass die Art eine helle Umgebung bevorzugt. Aus den Ergebnissen der Varianzanalyse geht jedoch hervor, dass in der vorliegenden Untersuchung die Lichtintensität während der Anzuchtphase keinen signifikanten Einfluss auf die relativen Wachstumsraten besitzt.

5.3.3. Verwendete Kriterien zur Qualitätsbeurteilung von Pflanzen

Die Qualitätsbeurteilung von Pflanzen kann generell nach verschiedenen Kriterien vorgenommen werden. Sprossdurchmesser und Pflanzenhöhe zu messen bedeutet zwar weniger Aufwand, ist jedoch auch mit einigen Unsicherheiten behaftet. So kann bspw. die Höhenentwicklung von Pflanzen nur mit der Angabe der Herkunft als Kriterium zur Qualitätsbeurteilung dienen. Denn sowohl die Samenherkunft als auch die Umwelt beeinflussen die Höhenentwicklung (SCHMIDT, 1961). Die Sprosslänge kann jedoch auch von Bedeutung bei Prognosen für den Pflanzenerfolg sein. Ähnliches gilt für den Wurzelhalsdurchmesser, der zwar ebenfalls leicht und zerstörungsfrei zu ermitteln ist, bei kleinen Pflanzen jedoch manchmal nur ungenaue Angaben liefert (SCHMIDT, 1961).

Auch die Wurzelentwicklung spielt für die Pflanzenqualität und den späteren Anwuchserfolg eine entscheidende Rolle. In den Wurzeluntersuchungen in den Foliencontainern wurden Defizite hinsichtlich der Anzuchtmaterialien (Containergrößen) oder der Verweildauer der Pflanzen in der Baumschule erkannt (vgl. Kapitel 4.3.9, S. 118). In zukünftigen Anzuchtversuchen sollte das Wurzelwachstum zur Qualitätsbeurteilung einbezogen werden. In weiteren Projektphasen könnten neben den zerstörungsfreien Kriterien ebenfalls das nach einer bestimmten Zeit erreichte Pflanzengewicht, das Spross-Wurzel-Verhältnis oder die Wurzellänge und das -gewicht zur Entwicklung von Bewertungsmaßstäben heranbezogen werden.

5.4. Alternativen zu traditionellen Keim- und Anzuchtverfahren

Nicht für alle Arten bietet sich die traditionelle als die beste Möglichkeit der Pflanzenanzucht an. Bei den Baumarten mit hohen Keimprozenten wie *Tabebuia chrysantha*, *Cedrela montana* oder *Cinchona officinalis* sind sicherlich keine ausgefeilten Methoden mehr nötig, um das Keimprozent und so die Keimlingsausbeute noch deutlich zu erhöhen. Bei den Arten bei denen sich keine und nur geringe Keimung einstellte, wurde jedoch nach alternativen Methoden gesucht, die Keimung zu verbessern bzw. die Keimruhe zu brechen. Die an dieser Stelle beschriebenen Beobachtungen zeigen Möglichkeiten auf, welche Behandlungen zielführend sein könnten, bedürfen jedoch noch einer experimentellen Absicherung.

5.4.1. *Vismia tomentosa*

Vismia tomentosa zeigte im Zeitraum Juni / Juli 2002 eine intensive Fruktifikation. Der Keimversuch wurde daher in großem Maßstab nach dem in Abschnitt 3.5.3 (Keimversuch) beschriebenen Design angelegt. Die Keimung blieb jedoch aus. Die ebenfalls zum Keimverhalten dieser Baumart arbeitenden Teilprojekte der DFG-Forschergruppe verzeichneten in diesem Zeitraum ebenfalls keine Keimung

(CABRERA & ORDOÑEZ, 2004, CUEVA 2003, mündliche Mitteilung). Die Versuche CUEVAS im vorhergehenden Jahr erbrachten jedoch mit optisch gleich aussehenden Samen ein Keimprozent von 100% (CUEVA, 2003).

Vismia tomentosa verbreitet sich durch Fledermäuse. Von der AG MATT wurden Ende November 2002 *Vismia*-Samen im Fledermauskot gefunden. Die Saatversuche der vorliegenden Studie wurden in der Baumschule auf Filterpapier durchgeführt und brachten nach 87 Tagen nach der Saat ein Keimprozent von 100% (siehe Abschnitt 4.2.9, S. 88). Auch die Versuche von MERKL (2000) erbrachten bei Samen nach der Verdauung durch Fledermäuse bei der Saat im Dunklen nach 36 Tagen ein Keimprozent von 98 % bzw. bei der Saat in heller Umgebung nach 26 Tagen ein Keimprozent von 91%. Im gleichen Zeitraum gesammelte Samen erreichten ohne Passage durch Fledermäuse eine Keimrate von 74% (57 Tage Beobachtungsdauer, vgl. MERKL, 2000). Die hierbei verwendeten Samen stammten aus bereits fast verrotteten Früchten, die vom Boden aufgesammelt wurden.

Generell müssen für die Keimung bestimmte, meist artspezifische, äußere und innere Faktoren gegeben sein, um die Keimung einzuleiten. In beiden Versuchen unterschieden sich die Samen, die das volle Keimprozent realisierten, optisch nicht von den Samen, die nicht keimten. Der Grund für das Ausbleiben der Keimung ist daher vermutlich im Inneren des Samens zu finden. Die Zeitpunkte der Samenernte unterschieden sich um etwa vier Monate. Möglich wäre daher, dass sich der Same trotz optisch ausgereifter Frucht noch nicht vollständig entwickelt hat. Ein eventuell notwendiges Nachreifen des Samens bzw. Embryos aber auch der Frucht kann optisch unbemerkt bleiben. Das Aussenden bestimmter Duftstoffe der reifen Früchte lockt Fledermäuse als Samenausbreiter jedoch nur zu den vollständig ausgereiften Früchten und Samen (MATT, 2003).

Eine bessere Kenntnis der Keimungsbiologie von *Vismia tomentosa* kann viel Arbeit und Zeitaufwand sparen und die Möglichkeit bieten, eine Baumarten, die ein sehr hohes Keimpotenzial besitzt, erfolgreich in die Anzucht und Aufforstung zu integrieren.

5.4.2. *Myrica pubescens*

Die Baumart *Myrica pubescens* wurde im Juni 2002 ebenfalls in den Keimversuch nach dem in Kapitel 3.5.3 beschriebenen Design integriert. Es blieb jedoch die Keimung aus und der Versuch wurde aufgegeben. Das Keimverhalten von *Myrica pubescens* unter Gewächshausbedingungen wurde – unter anderen Fragestellungen - innerhalb der Forschergruppe von anderen Teilprojektgruppen untersucht. Bei Versuchen von CABRERA & ORDOÑEZ (2004) wurden bei der Herkunft San Francisco maximale Keimprozent von etwa 11% erreicht. DIAZ & LOJAN (2004) beobachteten im gleichen Zeitraum mit Saatgut der Herkunft San Pedro de Vilcabamba Keimprozent von 14,5%.

Während einer in der Baumschule arbeitsintensiven Zeit wurde Saatgut der Herkunft San Pedro de Vilcabamba gesammelt und versehentlich in einer luftdicht verschlossenen Plastiktüte in der Baumschule gelagert. Zum Zeitpunkt der beabsichtigten Aussaat hatten sich aufgrund des feuchten und luftungestörten Milieus bereits Schimmelpilze gebildet. Die Samen wurden dennoch auf Filterpapier ausgesät und Keimprozent von bis zu 90% erreicht (vgl. Abbildung 4-53, S. 88). Auch bei Saaten des gleichen Saatgutes etwa einen Monat später war das Keimprozent deutlich höher als in den vorangegangenen Studien.



Abbildung 5-3: *Myrica pubescens*. Keimung der Samen mit Schimmelbefall

der Natur helfen hierbei oft Mikroorganismen, indem sie die Samenschale abbauen oder durchlässiger machen (AMBERGER, 1996, KRÜSSMANN, 1997, 1981). Der Befall durch Schimmelpilze könnte die Samenschale angreifen und auf diese Weise ausschlaggebend für das Brechen der Keimruhe bzw. Durchbrechen der Samenschale und somit dem höheren Keimprozent sein.

5.5. Schlussfolgerungen für die Praxis

Zu Beginn des Aufforstungsprojektes waren bei vielen der angezogenen Arten nur wenige Informationen zur Reproduktionsphänologie und zum Keim- und Anzuchtverhalten vorhanden. Aus den in der ersten Projektphase gewonnenen Erkenntnissen lassen sich nun erste Empfehlungen geben, wie sich eine erfolgreiche Anzucht der Baumarten gestalten lässt.

Zusätzlich konnten für die Anzucht der untersuchten Baumarten Organisationskalender für die Baumschularbeiten erstellt werden. Diese sind beim derzeitigen Wissensstand über die Anzucht zweifellos noch ausbaufähig. Sicherlich gibt es Möglichkeiten, die Anzucht der Baumarten und somit die Verweildauer der Pflanzen in der Baumschule zu verkürzen oder zu optimieren.

In jedem Fall zu berücksichtigen ist die Tatsache, dass das in Abbildung 5-4 für die Baumschule beispielhaft vorgestellte Organisationsschema über die anfallenden Arbeiten über den Jahresverlauf nur exemplarisch für die Region Loja gelten kann. Bereits wenig von Loja entfernt, können sich die Baumarten in Bezug auf Blüte und Fruktifikation sehr von den hier beobachteten Reproduktionszyklen unterscheiden. Deutlich wird dies bereits bei den Arten *Clethra revoluta* und *Alnus acuminata*, die sich trotz der geographischen Nähe und vergleichbaren Klimate bereits zwischen San Francisco, Loja und San Pedro de Vilcabamba hinsichtlich ihrer Phänologie deutlich unterscheiden (vgl. GÜNTER et al., 2004; DIAZ & LOJAN, 2004; CABRERA & ORDOÑEZ, 2004; ROMERO, 1996).

Für einige Arten der Erntegebiete San Francisco und San Pedro de Vilcabamba konnten ebenfalls erste Saatgutbeschreibungen und Anzuchtprotokolle erstellt werden (in Anlehnung an BURKART, 2000). Diese können als Basis für weitere Ergänzungen und weiteren Ausbau in nachfolgenden Projektphasen dienen. Die Angaben zum Wachstumsverhalten im Jugendstadium gelten nur unter Baumschulbedingungen in den verwendeten Substratvarianten. Bei der Verwendung anderer Substrate, Direktsaat oder nach der Aufforstung auf der Aufforstungsfläche können sich die Arten u. U. deutlich vom beschriebenen Verhalten unterscheiden.

Ein Beispiel für ein Saat- und Anzuchtprotokoll ist auf den folgenden Seiten dargestellt. Weitere Beschreibungen zu anderen untersuchten Arten befinden sich im Anhang.

Einer der möglichen Gründe einer ausbleibenden Keimung kann eine Impermeabilität der Samenschale sein. Sie entsteht oft aufgrund zu starker Entwässerung, aus der dann eine Hartschicht resultieren kann, durch die nur noch wenig Stoffaustausch stattfindet. Mittels chemischer und mechanischer Behandlung kann die Hartschaligkeit gebrochen oder abgebaut werden. Geläufige Methoden dabei sind Behandlungen mit heißem Wasser, Schwefelsäure, Alkohol, Wasserstoffperoxyd oder Anritzen und Aufräuen der Samen. In

	Jahr 1										Jahr 2										Jahr 3			
	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März
Guayacan <i>Tabebuia chrysantha</i>								(X)	X	•	+	(#)	◇	◇	◇	◇	□	□	□	8				
Cedro <i>Cedrela montana</i>	X	X	•	+	+	#	◇	◇	◇	◇	◇	□	□	8										
Laurel de cera <i>Myrica pubescens</i>										X	X	+	+	#	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	□	8?
Nogal <i>Juglans neotropica</i>	(X)	X	X	•	+	◇	◇	◇	□	□	8													
Tunash <i>Piptocoma discolor</i>							X	X	•	+	+	+	#	◇	◇	◇	◇	□	□	8				

Legende:

Erntezeitraum	X
Saat	•
Keimungsphase (Saatbeet)	+
Pikieren	#
Wachstumsphase	◇
Abhärtungsphase	□
Auspflanzen	∞

Abbildung 5-4: Organisationskalender in einer Baumschule in der Nähe von Loja (beispielhaft, in Anlehnung an LANDIS et al., 1998)

Cinchona officinalis***Cascarilla*****Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba****Samenernte**

Erntezeitraum	ganzjährig
Erntemethode	am stehenden Baum, Ernte der noch geschlossenen Früchte
Nachreifung	Früchte bis zur Öffnung trocknen lassen Nachreifephase (?)

**Samenlagerung**

Verpackung	Plastiktüte, Glas
Lagerfähigkeit	Verlust der Keimkraft schon nach 3 Monaten *
Wassergehalt	14,3 % *
Lagertemperatur	k. A.

**Samenausbeute**

Korn pro kg Früchte	k. A.
Korn pro kg Samen	ca. 1 200 000-1 300 000 *
Tausendkorngewicht	0,783 g (*) - 0,825 g
Keimprozent (auf Papier)	ca. 80% (nach ca. 40 Tagen)
Keimprozent (Baumschule)	50 – 70 % (teilweise bis zu 90 %) (nach ca. 60 Tagen)
Sämlinge pro kg Samen	ca. 600 000

**Anzucht**

Vorbehandlung	Wässern ca. 12 Std. vor der Saat (dient zur Quellung der Samen und der optischen Unterscheidung von lebenden und Hohlkörnern)
Aussaatzzeitraum	ganzjährig (jedoch möglichst bald nach der Ernte)
Keimumgebung	schattig, sandiges Substrat
Schutzvorkehrung	Windschutz, da Samen sehr klein sind
Krankheiten	k. A.
Verschulalter	ca. 25-30 Wochen
Wachstum Anzuchtphase	langsam, 2,2 cm in 2 Monaten *
Auspflanzzeitraum	k. A.
Kulturhinweise	Pflanzen sehr empfindlich kurz nach dem Pikieren, geschützte Umgebung in den ersten Wochen ratsam (Gewächshaus)



* DIAZ & LOJAN (2004)

5.6. Erfahrungen im Verlauf des Anzuchtbetriebs

Im Folgenden werden einige Erfahrungen mitgeteilt, die im Versuchsbetrieb gemacht wurden. Diese waren überraschend und sollten bei zukünftigen praxisorientierten Anzuchtverfahren berücksichtigt bzw. die unangenehmen Überraschungen vermieden werden.

5.6.1. Schädlinge

Relativ rasch nach Beginn des Anzuchtbetriebs machten sich im Gewächshaus erste ungebetene Gäste bemerkbar.

Erhebliche Ausfälle verursachte eine moskito-ähnliche Art der Gattung *Bradysia* (Fam. SCIARIDAE), die unter dem Namen Trauermücken (englische Bezeichnung: *Fungus Gnats*) in Gärtnerkreisen bekannt und in der Literatur beschrieben ist (vgl. MINESOTA DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2004, LINDQUIST, 2004, CANADIAN FOREST SERVICE, 2004).

Das adulte Tier besitzt eine Größe von etwa 2,5 mm, kann aber durch die schnelle Ausbildung großer Populationen im Gewächshaus relativ rasch einen intensiven Befall verursachen. Ein Schädling für die Pflanzen ist die Trauermücke jedoch nicht im adulten, sondern im Larven-Stadium im Anzuchtsubstrat. Als Nahrung bevorzugen die Larven Wurzelhaare und kleine Wurzelteile. Es können aber auch bei starkem Befall die Wurzeln fast vollständig konsumiert werden, und nur das Leitbündelgewebe bleibt zurück. Daraufhin zeigen die Pflanzen zunächst Welkerscheinungen, verbunden mit einem deutlichen Verlust an Lebenskraft (CANADIAN FOREST SERVICE, 2004).

Gut entwickelte Keimlinge in einem fortgeschrittenen Stadium des Pflanzenwachstums werden in dieser Intensität nicht mehr befallen (CANADIAN FOREST SERVICE, 2004). Die Beobachtungen in der Versuchsbaumschule in Loja bestätigen dies. Hier wurde der Grund dafür im bereits gut entwickelten und verzweigten Wurzelsystem gesehen, welches den Larven ein ausgiebiges Nahrungsangebot bot, dem Keimling aber einen beträchtlichen Teil an Wurzelmasse beließ.

Der normale Entwicklungszyklus der Trauermücke dauert etwa 3 Wochen. Die Eier werden auf das feuchte Substrat gelegt und nach etwa 6 Tagen schlüpft die Larve. Die Larven sind halbdurchsichtig mit schwarzem Kopf und haben eine Größe von etwa 5 mm. Sie bevorzugen nährstoffreiche Substrate. Aufgrund des steigenden Nährstoffangebots für die Larven in Keimsubstraten mit erhöhtem Kompostanteil und erhöhter Feuchte weisen große Populationen zumeist auf einen Optimierungsbedarf hinsichtlich der Keimsubstrate hin. Sie können aber auch auf den Befall von Pathogenen wie *Botrytis* und *Fusarium* hinweisen (CANADIAN FOREST SERVICE, 2004).

Die beste Möglichkeit, einen Befall von Trauermücken zu vermeiden, ist eine gute Drainage der Saatbeete und Hygiene im Gewächshaus. Gilt es, den zu großen Populationen zu begegnen, haben sich gelbe klebrige Fallen bewährt (CANADIAN FOREST SERVICE, 2004). Eine lokal übliche Maßnahme ist auch die Impfung des Keimsubstrats mit dem Mittel *Cabaryl*. Dieses tötet die Larven im Substrat, während die Pflanzen und besonders die Wurzelteile nicht angegriffen werden. Zu Beginn der Epidemie in der Baumschule in Loja konnte auf diese Weise das Überleben vieler der benötigten Pflanzen gesichert werden. Im weiteren Verlauf der Anzucht wurden im Gewächshaus kleine gelbe, mit Wasser gefüllte und einer Brise Waschmittelpulver versehene Schalen aufgestellt. Die gelbe Farbe zog die Mücken an. Durch das Waschmittel wurde die Oberflächenspannung des Wassers verringert, so dass die Wasserschalen als Mückenfallen dienten.



Abbildung 5-5: *Cedrela montana*, Trauermücken-Larven im Keimsubstrat

Cedrela montana und *Alnus acuminata* waren unter den ersten Baumarten, die in der Keimversuchsreihe getestet wurden. Durch den Trauermücken-Befall fiel ein großer Teil der angezogenen Cedro- und Aliso- Pflanzen aus. Deutlich geringer war der Befall im Gewächshaus nach einem Austausch des Keimsubstrates mit Kompost durch ein Substrat mit höherem Sandanteil in den nachgelagerten Versuchen mit weiteren Baumarten (*Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta*, *Cinchona officinalis*). Dieses Substrat bot den Schädlingen ein geringeres Nährstoffangebot und könnte ein Grund für den Rückgang der Trauermücken-Population sein.

5.6.2. Bewässerung

Der Beginn der Versuche fiel in die Zeit der Eichung und Anpassung der automatischen Bewässerung. Einige der Versuchseinheiten standen in Bereichen, in denen zu dieser Zeit unterschiedliche Intensitäten der Bewässerung vorherrschten. In einzelnen Versuchseinheiten erfolgte nur eine mäßige Keimung, und es ist zu vermuten, dass bei gleichmäßiger Bewässerung höhere Keimraten hätten erreicht werden können. Solche Versuchseinheiten wurden verworfen, in weiterem Verlauf die Aufstellung der Keimschalen optimiert und somit die gleichmäßige und regelmäßige Bewässerung der Versuchseinheiten gewährleistet.

5.6.3. Anzuchtmaterialien und Vorgehensweisen

Ein großer Anteil der Mortalität der Keimlinge während des Keimversuchs ist sicherlich auf eine gewisse Affinität der Substrate für pathogene Pilze und auf die Besiedelung mit Moosen zurückzuführen. Auf einigen Substratoberflächen breiteten sich trotz der durchgeführten Bodenentseuchung Pilze und Moose aus, die ein Durchdringen der Substratoberfläche der neu gekeimten Pflanzen unmöglich machten (vgl. Abbildung 5-6). Besonders deutlich wurde dies bei der Baumart *Tabebuia chrysantha*. Aufgrund der Größe der Samen war eine Keimung durch die deutlich grüne Farbe der Keimblätter erkennbar, auch wenn sie sich noch in der Samenschale befanden und nur die Keimwurzel heraustrat. Hatte das Keimsubstrat einen pilzlichen Überzug, so stellte dieser für den frisch gekeimten Samen bzw. die Keimwurzel ein Hindernis beim Eindringen in das Keimsubstrat dar und der frisch gekeimte Same starb schließlich ab.

Andererseits schien eine Bedeckung des Keimsubstrates mit Moos einen Schutz für die Keimlinge von *Clethra revoluta* darzustellen, die sich in einer deutlich geringeren Mortalität äußerte. Die optisch beste Saatbeethygiene wurde in den Versuchseinheiten mit sandreichem Substrat erzielt.



Abbildung 5-6: Anzuchtsubstrate mit extremen Pilzbefall und Moosbewuchs (für neu gekeimte Samen ein Hindernis zum Durchdringen der Substratoberfläche)

Eine Bodenentseuchung ist bei Keimversuchen mit unbekanntem Baumarten unerlässlich. Gerade in der Anfangsphase der Keimung, in der das genaue Aussehen der Keimlinge nicht bekannt war, bestand die Gefahr, Unkräuter in den Keimschalen als Keimlinge zu identifizieren. Dies erforderte vereinzelt Korrekturen des Datenmaterials. Besonders bei den sehr kleinen Samen von *Clethra revoluta* brachte die erste Phase der Keimung Unsicherheiten über die tatsächlichen Keimprozentage. Sehr hilfreich war in diesem Stadium die Saat auf Filterpapier, die einen Zeitrahmen zum Beginn der Keimung als auch die Möglichkeit des direkten optischen Vergleichs der Keimlinge lieferte. Vor diesem Hintergrund und mit einer vergleichenden morphologischen Dokumentation des Aussehens der Keimlinge von *Clethra revoluta* ist eine erneute Untersuchung dieser Baumart angezeigt, um die letzten Unsicherheiten hinsichtlich der Keimraten zu beseitigen.

Für die Erzeugung qualitätshochwertiger, vitaler Pflanzen ist die Wahl der Containergröße von entscheidender Bedeutung. Viele der hier beschriebenen Baumarten haben möglicherweise ein größeres Wachstumspotential, gelangen aber mit dem zur Verfügung stehenden Substratvolumen und den darin enthaltenen Nährstoffen schnell an die Grenzen ihrer Möglichkeiten. Ein kleiner Wurzelraum ist nicht nur ein wachstumsbegrenzender Faktor während der Anzucht, er stellt auch – je nach dem Wurzelwachstum der Baumart – ein Risiko für die Stabilität der Pflanzen auf der Aufforstungsfläche dar. Ist Wurzelwuchs einmal aufgetreten, so kann er auch nach dem Auspflanzen ins Feld von der Pflanze lange Jahre beibehalten werden. Dies kann sich im weiteren Verlauf auf die Stabilität der Bestände auswirken. Wie aus den Untersuchungen zum Wurzelwachstum ersichtlich (vgl. Kapitel 4.3.9, S.118), waren bei einigen Arten nach der Verweildauer im Gewächshaus die Foliencontainer bereits sehr intensiv durchwurzelt.

Myrica pubescens und *Cinchona officinalis* zeigten nach dem Pikieren in die Foliencontainer zunächst Welksymptome. Bei diesen Arten war es von Vorteil, die pikierten Pflanzen zunächst in geschützter Umgebung – bspw. dem Gewächshaus – zu belassen, bis sie sich an die veränderten Bedingungen angepasst haben. Ihre Möglichkeiten, sich im Freiland und in der Schattieranlage zu behaupten, erschienen dann besser.

5.6.4. Pathogene Pilze

Wie oben beschrieben, breiteten sich während der ersten Anzuchtphase neben Moosen auch Pilze auf manchen Keimsubstraten aus. Möglichkeiten, dies zu vermeiden, sind neben Variationen im Mikroklima (bspw. leichter Luftzug, Verringerung der Luftfeuchte) auch Optimierungen der Anzuchtsubstrate (hinsichtlich pH-Wert oder Substrattextur). Derartige Maßnahmen sind sicherlich chemischen Bekämpfungsmöglichkeiten vorzuziehen. U. a. ANDERON & SUTHERLAND (O.J.), DURYEA & LANDIS (1984), KELLEY & OAK (O. J.) und RUSSELL (O. J.) geben Hinweise für optimales Management bzw. Zusammensetzung von Anzuchtsubstraten.

Für hohe Ausfallraten speziell bei der Anzucht von *Alnus acuminata* verantwortlich war die sog. **Umfallkrankheit** (*damping off*). Diese kann durch Bodenpilze (bspw. *Phythium*, *Phytophthora* oder *Fusarium*) verursacht werden und bei unverholzten Keimlingen im Saatbeet besonders in kühlfeuchter Umgebung oft größeren Schaden verursachen (KRÜSSMANN, 1981). Die Keimlinge haben eine bräunlich nekrotische Verfärbung der Wurzelhäuse, fallen um und sterben ab. Der Befall im Saat- oder Anzuchtbeet trat flächenweise auf.

Inadäquates Anzuchtmanagement kann den Befall begünstigen. Hierzu zählen bspw. eine unzureichende Drainage, ein zu hoher pH-Wert der Substrate, oder zu niedrige Bodentemperaturen zum Zeitpunkt der Keimung (RUSSELL, O.J.). Um eine Ausbreitung des einmal aufgetretenen Befalls zu verhindern, empfiehlt sich eine großzügige Entfernung befallener Bereiche.

6. Ausblick

Die vorliegende Arbeit liefert erste Erfahrungen und Ergebnisse der Anzucht mit einheimischen Baumarten des tropischen Bergregenwaldes Südecuadors. Um die Fragen nach der optimalen Anzucht zu beantworten, braucht es sicherlich eine längere Beobachtung der Anzuchtphase der Baumarten in Baumschulen. Die hier vorgestellten Protokolle und Organisationskalender bieten jedoch eine ausbau- und ergänzungsfähige Basis.

Die Wahl der geeigneten Anzucht orientiert sich am biologischen Erfolg, am Arbeitsaufwand und der Planung und Organisation in der Baumschule. Um eine gute Anzuchtplanung zu gewährleisten, bietet eine Erstellung von Erntekalendern für die ausgewählten Baumarten den ersten Schritt. Die Saatgutverfügbarkeit und die voraussichtlich zu erwartenden Mengen an Keimlingen könnten dann besser geplant werden. Für das Untersuchungsgebiet ergeben sich erste Möglichkeiten dazu aus den Phänologie-Studien der untersuchten Baumarten, die das Reproduktionsgeschehen in der Region erfassen. Ein längerer Beobachtungszeitraum ist besonders hinsichtlich der Identifikation mehrjähriger Blüte- und Fruktifikations-Zyklen oder Mastjahren hilfreich.

Wichtig für die Anzucht ist in jedem Falle das Anzuchtziel. Das optimale Anzuchtverfahren kann sich je nach Definition einer bestimmten Zielgröße der Pflanzen oder einer bestimmten Wurzelmasse unterschiedlich gestalten. Die geplante Lebensdauer der Aufforstung oder das Ziel der Aufforstung könnten ebenfalls die Behandlung der Pflanzen schon in der Baumschule beeinflussen.

Bei einigen der untersuchten Arten waren zu Beginn kaum Informationen über die Reproduktionsbiologie weder in Zahlen (Keimprozenten oder Wachstumsgeschwindigkeiten) noch im Aussehen der Keimlinge im Jugendstadium bekannt. Viele Fragen konnten im ersten Projektjahr zwar geklärt werden, doch auch mit dem derzeitigen Wissensstand und mit den Dokumentationen zu Keimung und Anzucht ist die optimale Anzucht weiterhin ergänzungsfähig. Aus den Untersuchungen

lassen sich Aussagen ableiten, wie sich das Saatgut und Pflanzenmaterial der Herkunft X (gegebenenfalls unter der Vorbehandlung Y) in der Keim- und Anzuchtumgebung Z verhalten und welche der getesteten Behandlungen sich als die vorteilhafteste erwiesen hat. Weiterhin können nach der ersten Projektphase einige Empfehlungen gegeben werden, welche Behandlungen erfolgsversprechend und welche Behandlungen besser zu vermeiden sind, um größeren Ausfällen und Mehrarbeit vor zu beugen.

6.1. Weiterer Forschungsbedarf

Nach den Erfahrungen in der ersten Projektphase haben sich bereits einige neue Ansätze zu weiterem Forschungsbedarf ergeben.

Einer der wichtigsten Aspekte der Anzucht, dem in der ersten Phase leider noch zu wenig Beachtung erwiesen wurde, ist die **Wahl des Anzuchtsubstrates**. Die Gewinnung war zwar sicherlich günstiger als bei einem Ankauf oder einer externen Anlieferung, doch die verwendete Substratmischung der Aufforstungspflanzen erwies sich im Nachhinein als eher suboptimal. Hier besteht in jedem Fall Optimierungsbedarf. Aus Beobachtungen haben sich bereits Hinweise ergeben, dass sich die Jungpflanzen in anderen Substrattypen sehr unterschiedlich verhalten können. Das Wachstum *Piptocoma discolors* beispielsweise gestaltet sich sehr unterschiedlich, wenn es sich statt in der Baumschule auf kürzlich abgebrannten Flächen vollziehen kann. Im Freiland legten die Jungpflanzen ein wesentlich schnelleres Wachstum an den Tag (AGUIRRE, 2004, STIMM, 2003). Eine eingehende Untersuchung derartiger Fragestellungen kann zur Beantwortung gerade lokal sehr aktueller und brisanter Fragen beitragen. Ebenfalls interessant könnte der Ansatz sein, die Anzuchtsubstrate statt nach dem hier erfolgten Ansatz der chemischen Charakteristika auch nach ihrer physikalischen Beschaffenheit zu klassifizieren und zu testen.

In das Versuchsdesign zur Pflanzenanzucht können weiterhin andere Faktoren eingebunden werden. Interessante Ansatzpunkte bieten hierbei sicherlich **unterschiedliche Bewässerungsmengen** während der Keimung- und Anzuchtphase oder erweiternde Studien zur **Lagerfähigkeit** und **Vorbehandlung** der geernteten Samen.

Bei der Anzucht in der Baumschule könnte sich auch die Frage nach unterschiedlichem Wachstumsverhalten der Pflanzen in unterschiedlichen **Größen der Foliencontainer** stellen. Nachdem bei einigen der hier untersuchten Arten bereits bei der ‚normalen‘ Verweildauer in der Baumschule die Wurzeln basal aus den Containern traten, kann eine geeignete Wahl der Containergröße Mehrarbeit durch Umsetzung vermeiden oder die Qualität der Pflanzen - hinsichtlich der Vermeidung von Wurzeldrehwuchs - deutlich verbessern. Auch eine direkte Saat der Samen in die Container spart gerade in arbeitsintensiven Zeiten in der Baumschule erheblich Zeit. Bei einigen der untersuchten Arten zeigte sich aus Nebenversuchen ein gutes Potenzial, Keim- und Anzuchtphase der Pflanzen zu verbinden (bspw. *Tabebuia chrysantha*, *Myrica pubescens*). Weiterführende Studien hierzu könnten besonders hinsichtlich Aufforstungen in großem Maßstab und engem Zeitplan wertvolle Bausteine liefern.

Für die Entwicklung eines optimalen Anzuchtprotokolls wären ebenfalls Hinweise zu unterschiedlichen **Zeitpunkten des Pikierens** der Keimlinge aus dem Saatbeet in die Foliencontainer interessant. Läßt sich der geeignete Zeitpunkt ermitteln, der eine möglichst große Ausbeute an Pflanzen - verbunden mit guten Wachstumsentwicklungen - bringt, können die Organisation und der Arbeitsablauf ebenfalls wesentlich optimiert werden.

Hinsichtlich der Organisation in der Baumschule liefern **Erntekalender** und erkannte Zusammenhänge zwischen Witterung, Charakteristik der geographischen Region und Reproduktionsphänologie der Arten eine Möglichkeit zur vollen Ausnutzung der Saatgutverfügbarkeit. Werden bspw. Mastjahre erwartet, lässt sich durch Intensivierung der Ernte bei geeigneten Lagerungsmöglichkeiten eine kontinuierliche Produktion gewährleisten. Auch bietet sich bei bekanntem Reproduktionsverhalten der Baumarten die Möglichkeit, durch die geeignete Wahl der Baumarten in der Baumschule ein über den Jahresverlauf gleichmäßiges Arbeitspensum zu erzielen. Hier bietet eine Ausweitung des untersuchten Baumartenspektrums der potenziellen Aufforstungsarten sicherlich noch weitere Ansätze.

Die **Saatgutbeschreibung** der Baumarten kann durch die Erstellung von weiteren Protokollen ebenfalls optimiert werden. Werden besonders die Erntemengen sowohl in Samen als auch in Früchten und das dann verfügbare Saatgut sowie Kalkulationen über die zu erwartende Menge an Sämlingen dokumentiert, lassen sich die Planungen vereinfachen. Sorgfältig ausgewählte Mutterbäume bzw. die Anlage eines Mutterquartiers erleichtern ebenfalls die Verfügbarkeit an Saatgut und Pflanzenmaterial.

Aus den Keim- und Anzuchtversuchen haben sich nicht nur hinsichtlich der Gewinnung von Pflanzenmaterial überraschende Erkenntnisse aufgetan, sondern auch auf den Einfluss von externen, **ökosystemaren Faktoren** wie die Verbreitungsart der Samen oder die Bedeutung von Nachreife und Brechung der Dormanz (*Vismia tomentosa*, *Cinchona officinalis* und *Myrica pubescens*). Weitere Untersuchungen zur Integration der externen Faktoren auch hinsichtlich der Nutzung von allelopatischen Effekten und Symbiosen (Mykorrhizierung) können bei der Pflanzenanzucht sehr hilfreiche Dienste leisten. Die Einbettung des Projektes in die DFG-Forscherguppe bietet hierzu hervorragende Möglichkeiten.

6.2. Relevanz für das Gebiet Südecuador

Hinsichtlich der derzeit geplanten Aufforstungsvorhaben im Süden Ecuadors ist die Kenntnis geeigneter Anzuchtmethoden nativer Pflanzen hochaktuell geworden. Das sog. MEGAPROYECTO stellt eine Aufforstung mit nativen Baumarten von ca. 300 000 ha in den Provinzen Loja und El Oro in Aussicht. Das Baumartenspektrum des MEGAPROYECTO deckt sich teilweise mit den Baumarten, die im Rahmen der vorliegenden Studie untersucht wurden. Für die geplante Aufforstung kann daher bereits eine gute Basis zur Verfügung gestellt werden. Um der Aktualität der Projekte Rechnung zu tragen, sollten die Anzuchtversuche auch noch auf weitere einheimische Baumarten ausgeweitet werden.

Für das Gelingen der Aufforstung und der Bereitstellung der Pflanzen ist jedoch nicht nur das Pflanzenmaterial von Bedeutung. Auch ein guter Arbeitsablauf und vor allem die lokale Akzeptanz sind wesentliche Bausteine zum Projekterfolg. In diesem Zusammenhang sehr wichtig ist daher gutes Personal. Eine Ausbildung bzw. Schulung der Arbeitskräfte vor Ort ist ein enormer Vorteil, da diese mit den oft nur lokal vorkommenden Arten aufgewachsen sind und vielfach das Vorwissen mitbringen, das den ‚Eingereisten‘ fehlt. Zudem ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Wissen im Land erhalten, ausgebaut und weitergetragen wird, wesentlich größer. Die dementsprechenden Ausbildungen zu fördern und zu unterstützen bietet dabei ein großes Potenzial für die Zukunft. Einen Großteil der Aufgabe übernehmen hierbei die lokalen Universitäten, die als guten Anreiz die Vergabe von Titeln bieten. Lokale NGOs sind ebenfalls besonders im Bereich der Umweltbildung, Informationsverbreitung und Jugendpädagogik sehr engagiert. Sie fördern die Akzeptanz der Aufforstungsprojekte in der Bevölkerung, ohne die jegliche Bemühungen auf unfruchtbaren Boden fielen.

7. Zusammenfassung

Südecuador weist die höchste Entwaldungsrate Südamerikas auf. Hauptgrund hierfür ist die Umwandlung von Wald in Weideflächen. Nach der Waldrodung können die Flächen aufgrund Verunkrautung und rasch abnehmendem Weideertrag nur kurzzeitig als Weideland genutzt werden. Dies veranlasst die Landbesitzer, die Flächen aus der Nutzung zu nehmen und neue Flächen zu roden. Die aufgegebenen Weideflächen sind an den steilen Hängen der Andenostabdachung stark erosionsgefährdet. Eine Wiederaufforstung könnte das Gefährdungspotenzial reduzieren und gleichzeitig neue Nutzungsmöglichkeiten eröffnen.

In der Nähe der Stadt Loja in Südecuador werden von der DFG-Forschergruppe 402 „Funktionalität in einem tropischen Bergregenwald Südecuadors: Diversität, dynamische Prozesse und Nutzungspotentiale unter ökosystemaren Gesichtspunkten“ ein intaktes Waldökosystem und Bewirtschaftungsformen des Bergregenwaldes untersucht, um ableitende Empfehlungen zur nachhaltigen Bewirtschaftung wissenschaftlich zu stützen. Seit dem Jahr 2001 befaßt sich das Projekt „Aufgelassene Weiden und die Möglichkeiten ihrer Aufforstung im Gebiet des tropischen Bergregenwaldes Südecuadors“ am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung (TU München) mit der Möglichkeit, die aufgelassenen Weideflächen durch Aufforstung wieder in die Nutzung einzubeziehen. Neben den in Ecuador für Aufforstungen üblicherweise verwendeten Baumarten der Gattungen *Pinus* und *Eucalyptus* sollten auch einheimische Baumarten integriert werden. Einheimische Baumarten sind derzeit in den ecuadorianischen Baumschulen nur wenig im Angebot. Dies liegt zum einen an der mangelnden Nachfrage, zum anderen aber auch an dem fehlenden Wissen über die Vermehrung. Weder Reproduktionsphänologie und Saatgutgewinnung noch Keimverlauf und Anzucht sind bekannt.

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war es, das Saatgut ausgewählter Baumarten hinsichtlich Verfügbarkeit und Aussehen zu dokumentieren sowie unter dem Aspekt der Massenvermehrung praxisgerechte Verfahren zur Anzucht der nativen Baumarten zu entwickeln. Mit der Kenntnis der optimalen Keim- und Anzuchtbedingungen können sowohl die Organisation und zeitliche Planung in Baumschulen im Hinblick auf weitere Aufforstungsmaßnahmen in der Region erleichtert als auch die nachhaltige Bewirtschaftung der noch vorhandenen Naturwaldreste unterstützt werden.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Anzucht von einheimischen Arten Südecuadors und testet Keim- und Anzuchtverhalten ausgewählter Baumarten. Kriterien wie die Wertschätzung auf dem lokalen Holzmarkt, ökosystemare Aspekte, lokales Interesse sowie die Verfügbarkeit von Samenmaterial während der Projektphase der vorliegenden Studie lagen der Auswahl zugrunde und mündeten in die Wahl von *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco und San Pedro de Vilcabamba), *Alnus acuminata*, *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta*, *Cinchona officinalis*, *Piptocoma discolor* und *Myrica pubescens* für die Keim- und Anzuchtversuche.

Die Versuche wurden in der zu Beginn aufgebauten Projektbaumschule in der Stadt Loja durchgeführt, in der ein Gewächshaus für die Keimversuche errichtet wurde, sowie eine Schattieranlage für Anzuchtversuche. Zeitgleich mit der Aussaat im Gewächshaus wurde eine Probe des gleichen Saatgutes auf Filterpapier als Standardsaat ausgesät. Als methodisches Konzept lag dem Keim- und dem Anzuchtversuch ein Split-Plot-Design zugrunde, anhand dessen das Keimprozent sowie das Wachstumsverhalten in der Schattieranlage in Abhängigkeit von Beleuchtung, Substrat und der Baumart getestet wurden. Das Saatgut für die Versuche stammte aus den beiden Erntegebieten San Francisco und San Pedro de Vilcabamba, die beide in ca. 2000 m über NN auf der Andenostkordillere östlich bzw. südlich der Stadt Loja liegen.

Aus den **Keimversuchen** ergab sich keine für alle Arten gleichermaßen vorteilhafte Keimumgebung. Die höchsten Keimraten erreichten *Cinchona officinalis* (90,7%), *Cedrela montana* (ca. 80% Herkunft San Francisco, 69,4% Herkunft San Pedro de Vilcabamba) und *Tabebuia chrysantha* (59%), während *Alnus acuminata* und *Clethra revoluta* mit 37,5% und 10,8% geringere Keimerfolge aufwiesen. Die maximalen Keimraten wurden in jeweils unterschiedlichen Keimumgebungen (unterschiedliche Kombinationen von Beleuchtung und Substrat) erzielt, wobei das Substrat einen größeren Einfluss als die Beleuchtungsintensität besaß. *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta* und *Cinchona officinalis* erreichten die höchsten Keimraten im Sand-Substrat, während die beiden Herkünfte von *Cedrela montana* diese im Standard-Substrat und *Alnus acuminata* im Walderde-Substrat zeigten. Das Kompost-Substrat brachte zwar keine durchgehend schlechten Keimergebnisse, wurde jedoch aufgrund der Saatbeethygiene (bevorzugter Befall dieses Substrats durch Trauermücken) nicht als vorteilhaft angesehen. Besonders bei den kleinsamigen Arten (z. B. *Clethra revoluta*, *Alnus acuminata*) blieben die maximalen Keimraten im Gewächshaus deutlich unter den in Schalen erzielten Keimergebnissen. Bei diesen Arten sollten nachfolgende Studien Untersuchungen zur Triebkraft beinhalten. Die Beleuchtungsintensität der Keimumgebung beeinflusste alle Baumarten hinsichtlich der Keimschnelligkeit. Die meisten Baumarten zeigten schnelle Keimverläufe bei mittlerer (*Clethra revoluta*, *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Tabebuia chrysantha*) und dunklerer Keimumgebung (beide Herkünfte von *Cedrela montana*, *Cinchona officinalis*). Allein bei *Tabebuia chrysantha* ging die Keimung auch in der helleren Umgebung schnell vonstatten.

Das Ziel der Anzucht hinsichtlich Keimdauer und Verweildauer der Pflanzen in der Baumschule für die Anzucht stellt die Baumschule selbst. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Kombinationen aus Versuchsvarianten mit hohem Keimprozent gestellt, die in möglichst kurzer Zeit erreicht wurden.

Aus den **Anzuchtversuchen**, durchgeführt mit den Baumarten *Cedrela montana* (beide Herkünfte), *Tabebuia chrysantha*, *Piptocoma discolor* und *Myrica pubescens* resultierte ebenfalls keine für alle Baumarten gleichermaßen bevorzugte Anzuchtumgebung. Sowohl in Überlebensraten als auch in Höhen- und Durchmesserentwicklung zeigten die Pflanzen zwischen den getesteten Baumarten größere Unterschiede als zwischen den getesteten Versuchsfaktoren Substrat und Beleuchtung. Die meisten Pflanzen überlebten bei *Cedrela montana* der Herkunft San Pedro de Vilcabamba (100%) und San Francisco (ca. 95%) sowie *Tabebuia chrysantha* (95%). Von den verschulten Pflanzen von *Piptocoma discolor* überlebten maximal ca. 76% die ersten 20 Wochen nach dem Pikieren in die Foliencontainer. Unterschieden nach den Substraten überlebten tendenziell die meisten Pflanzen im Standard-Substrat und im gedüngten Substrat, während im Substrat mit Walderde – mit Ausnahme von *Piptocoma discolor* – meist 10% bis 20% weniger überlebten. Mit Abstand die geringsten Überlebensraten ergaben sich im Kompost-Substrat und im sandigen Substrat. Der Grund hierfür wird in der unvorteilhaften chemischen Zusammensetzung vermutet: Der pH-Wert der beiden Substrattypen lag in einem für Pflanzenanzuchten deutlich zu hohen Bereich.

Die beste Höhen- und Durchmesserentwicklung wie auch die jeweilig besten relativen Wachstumsraten zeigten sich bei den Baumarten *Cedrela montana* (beide Herkünfte) und *Tabebuia chrysantha* mit wenigen Ausnahmen im Standard- und im gedüngten Substrat.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde eine solide Basis für die Anzucht einheimischer Baumarten geschaffen. Es wurden erste Anzuchtprotokolle und Organisationskalender für Baumschulen besonders unter dem Aspekt der Massenproduktion erstellt. Eine Ergänzung und Optimierung ist dennoch sicherlich möglich und hinsichtlich der derzeitigen forstwirtschaftlichen Pläne in der Region von besonderer aktueller Bedeutung.

8. Summary

Ecuador's deforestation rate is one of the highest worldwide. One of the main reasons for this is the change of land use from forest into pasture. After clearing, the sites are not used as pasture for a long time caused by a rapid establishment of bracken fern and an output loss. Land owners prefer abandoning the site and clear new forests to recompensate the land. The abandoned pastures bear a high risk of erosion on the steep slopes of the Andes. A reforestation might be a possibility to reduce the risk of erosion as well as to establish alternative land use options.

Near the city of Loja in South Ecuador the research group „Functionality in a Tropical Mountain Rainforest: Diversity, Dynamic Processes and Utilization Potentials under Ecosystem Perspectives“ (funded by the German Research Foundation) investigates in an intact forest ecosystem as well as in present forest management systems basic recommendations for sustainable use on a scientific basis. Since 2001 the project „Abandoned pastures and options for their afforestation in the tropical mountainous rain forests region in South Ecuador“, located at the Chair of Silviculture and Forest Planning (TU München), investigates about possibilities to return the abandoned pasture land in the land use again. Apart from the tree species usually applied in reforestations (Pine, Eucalyptus) the project also integrates native tree species. Native tree species are currently not available in local nurseries. This is caused by missing demand but also by the lack of knowledge about their propagation. Neither reproduction phenology and seeds nor germination rate and methods for an appropriate propagation are known.

The study's aim was to document the seed resources of selected native tree species in disponibility and physical aspect as well as to develop applicable techniques and methods to propagate the trees. A profound knowledge of the species' optimal germination and growing environment facilitates the nurseries' organisation and timing regarding future reforestations in the region as well as the management of existing natural forest.

This study deals with propagation of tree species native in the region and tests germination and growth performance. The species selection for the trials was based on criteria like their evaluation at the local timber market, ecosystem aspects, local interest as well as the availability of seeds in the projects first phase. Finally, the species *Cedrela montana* (provenance San Francisco and San Pedro de Vilcabamba), *Alnus acuminata*, *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta*, *Cinchona officinalis*, *Piptocoma discolor* and *Myrica pubescens* were chosen for germination and propagation trials.

The trials were conducted in the project's nursery. A greenhouse was built up for the germination experiments, while the propagation experiments were conducted in the seedbeds outdoors. Simultaneously to the greenhouse experiments seeds from the same seed sample were sown on paper. Split-plot designs were used as methodology aiming to identify the influence of relative brightness in the germination/propagation environment, growing media and different native tree species on germination and the seedling's growth performance. Seeds originated from the two provenances San Francisco and San Pedro de Vilcabamba, both situated in about 2000m a.s.l. at the eastern cordillera of the Andes respectively east and south of the city of Loja.

The germination experiements showed that the species favoured different germination environments. If maximum germination rates are compared, the best results were obtained by *Cinchona officinalis* (90,7%), *Cedrela montana* (80,2% in San Francisco, 69,4% in San Pedro de Vilcabamba) and *Tabebuia chrysantha* (59%) while *Alnus acuminata* and *Clethra revoluta* only showed 37,5% and 10,8% respectively. These maximum germination rates were reached in different environments as

combinations of relative brightness and germination media. Here, the growing media had the most prominent influence. *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta* and *Cinchona officinalis* reached highest germination rates in the growing media with sand, *Cedrela montana* (both provenances) in the standard growing media and *Alnus acuminata* germinated best in a germination media with forest soil. The substrate with compost additions didn't permanently exhibit bad germination results, but with consideration of the higher attraction of pathogens in this type of substrate (i. e. larvae of *Fungus Gnats*), this growing media is not recommended for further propagation. Especially species with small seeds (*Clethra revoluta*, *Alnus acuminata*) showed differences between germination results in the greenhouse compared with the sowing on paper. Here, profound studies concerning germination energy may help to answer this difference.

The germination environment's light intensity influenced all tested tree species concerning the germination velocity. Most of the species had fast germination in a medium relative brightness (*Clethra revoluta*, *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Tabebuia chrysantha*) and in dark relative brightness (both provenances of *Cedrela montana*, *Cinchona officinalis*). *Tabebuia chrysantha* also germinated fast in bright light intensity.

The final choice of the optimal environment depends on the objective of the nursery conducting the species' propagation. This study presents a variety of different environments with high germination rates and fast germination performance to choose from.

The plant's growing trials, conducted with the species *Cedrela montana* (both provenances), *Tabebuia chrysantha*, *Piptocoma discolor* and *Myrica pubescens*, also did not provide an optimal growing environment unique for all species. The survival rates as well as plant's height and basal diameter performance showed higher difference between tested species than between tested growing media and light intensity in the growing environment.

Concerning the survival rates, best results were achieved by *Cedrela montana*, origin San Pedro de Vilcabamba (100%) and origin San Francisco (ca. 95%), as well as *Tabebuia chrysantha* (95%). Seedlings of *Piptocoma discolor* only survived maximum ca. 76% the first 20 weeks after transplanting in containers. Distinguished by growing media, tendentially most of the plants survived in the standard growing media and in the fertilized substrate while in the growing media with forest soil – with exception of *Piptocoma discolor* – only 10 – 20% less survived. By far the lowest survival rates were reached in the growing media with compost and in the growing media with sand. The reason for this was supposed in their unfavourable chemical composition which was responsible for a pH-value perspicuously too high for plant propagation.

Best results in plant's height growth and in basal diameter as well as the relative growth rates were reached (with only few exceptions) in the standard and fertilized growing media.

The study provides a good basis for propagation of native tree species. First propagation protocols and organisation schemes were developed especially under the aspect of mass propagation. A completion and an optimisation are certainly possible and – regarding the present large scale reforestation plans for Southern Ecuador – of actual interest.

9. Resumen

En el Ecuador la tasa de deforestación es la más alta de América del Sur. En el sur del Ecuador una de las razones es el cambio del uso del terreno de bosque a pastos. Después del desmonte no se usa los terrenos boscosos por mucho tiempo por causa de la introducción intensiva del helecho (*Pteridium arachnoideum*) y por que el rendimiento disminuye. Los dueños dejan los terrenos fuera de uso y talan otros bosques. Los terrenos que están en barbecho no solo representan un peligro de erosión muy alto en pendientes fuertes, sino también no se aprovecha de un gran potencial de posibilidades de usos alternativos.

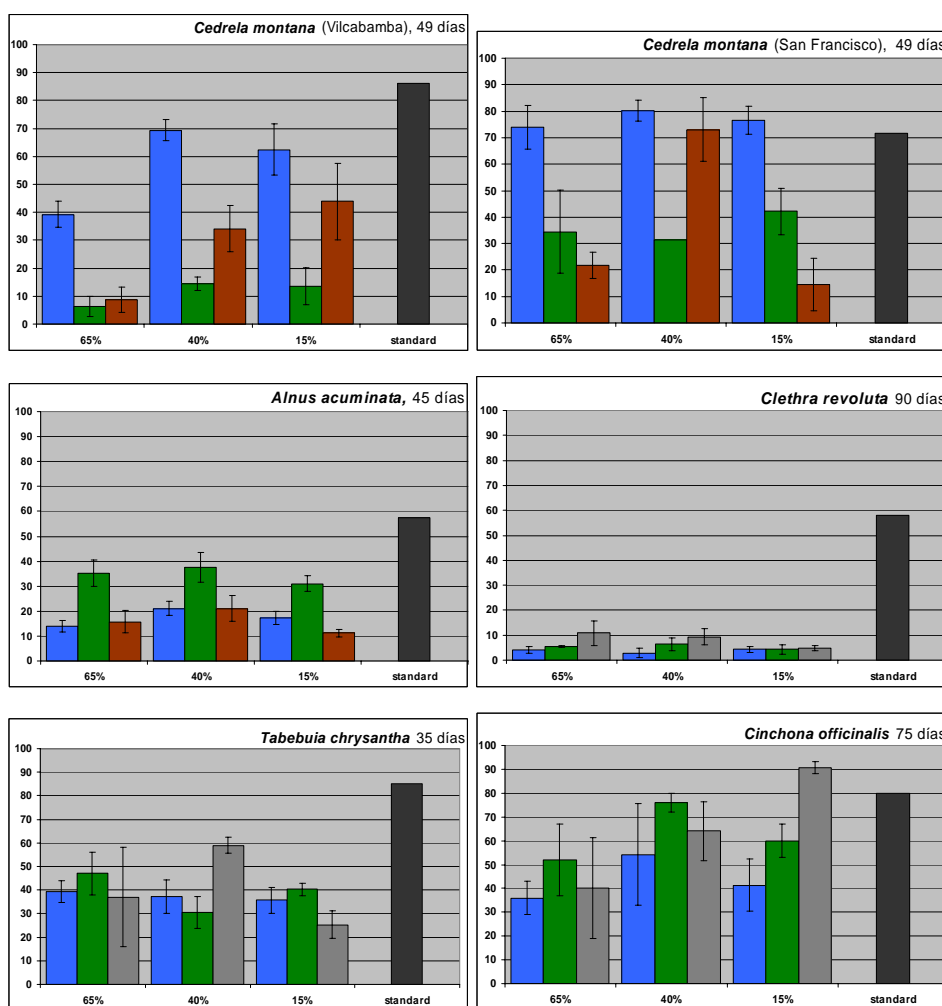
Cerca de la ciudad de Loja en el Sur del Ecuador el grupo de investigación „Funcionalidad de un bosque tropical lluvioso montañoso del sur de Ecuador: El ecosistema con su biodiversidad, sus procesos dinámicos y el uso potencial del mismo“ trabaja en un bosque prístino y también sobre métodos del uso del bosque para encontrar recomendaciones para su uso sustentable con una base científica. Desde el año 2001 el proyecto “Pastos abandonados y su potencial de reforestación”, ejecutando por el Instituto de Silvicultura y Planificación forestal, ha venido trabajando sobre las posibilidades de integrar, mediante la reforestación, estos terrenos a un nuevo en sistemas de producción. Aparte de especies de *Pinus* y *Eucalyptus*, que son las más usadas en reforestaciones en la región, también se usa especies forestales nativas y autóctonas. Debido a la falta de uso de estas especies para la reforestación hasta la fecha, así como al poco interés y en especial por parte de los viveros, ha llevado a que los conocimientos sobre el manejo al nivel de vivero, su fenología y el tratamiento de las semillas sean casi nulos.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue de realizar un inventario de las semillas forestales de las especies nativas seleccionadas en su aspecto físico y su disponibilidad, así como el desarrollo de métodos aplicables de producción de plantas bajo el aspecto de producción en gran escala. Con el conocimiento de las condiciones ambientales óptimas para la germinación y el crecimiento se facilita la organización y planificación en los viveros para realizar futuras reforestaciones. También se puede facilitar y apoyar el manejo de los bosques naturales mediante la regeneración natural.

El presente trabajo trata sobre la producción de especies forestales nativas al nivel de vivero. Las especies de investigación fueron seleccionadas en base a criterios tales como valor de la madera al mercado local, aspectos del ecosistema (como fijación de nitrógeno, colonización rápido del terreno o método de distribución), el interés local de la especie y la existencia de cantidades de semillas durante la fase de investigación de campo. Las especies seleccionadas fueron *Cedrela montana* (procedencias San Francisco y San Pedro de Vilcabamba), *Alnus acuminata*, *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta*, *Cinchona officinalis*, *Piptocoma discolor* y *Myrica pubescens*.

Los ensayos fueron realizados en la ciudad de Loja en el vivero forestal, cual fue construido inicialmente al terreno de la *Universidad Nacional de Loja* para el proyecto de reforestación. Los ensayos de germinación fueron realizados en el invernadero, los ensayos de crecimiento de plantas fueron realizados en las platabandas en el umbráculo. Al mismo tiempo de las siembras en invernadero, una parte de las semillas de la misma prueba fue sembrada en cajas petri. Las semillas utilizadas provenían de las dos áreas de recolección “San Francisco” y “San Pedro de Vilcabamba”, ambas situadas en la cordillera occidental en altitudes de 2000 m s. n. m., la primera está ubicada al este y la segunda al sur de la ciudad de Loja. El diseño de investigación representaba un *split-plot-design* en el cual se investigada la influencia de los factores luz, sustrato y diferentes especies nativas respecto a su porcentaje de germinación y al crecimiento de las plantas repicadas.

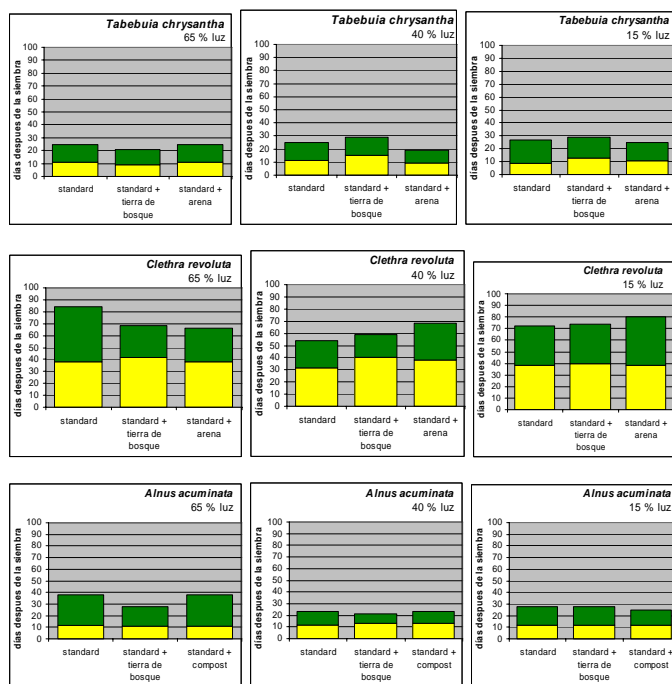
De los **ensayos de germinación** se deduce que no todas las especies prefieren el mismo ambiente abiótico. Las especies alcanzan su germinación máxima en diferentes sustratos e intensidades de luz. *Tabebuia chrysantha*, *Clethra revoluta* y *Cinchona officinalis* germinaron mejor en el sustrato con arena, las dos procedencias de *Cedrela montana* prefirieron el sustrato estandar, y *Alnus acuminata* prefería el sustrato con tierra de bosque (ver Cuadro 1). El sustrato con humus no trajo resultados continuos bajos, sin embargo, para evitar el riesgo de infección de las platabandas (infección con larvas de *Fungus Gnats*, familia de SCIARIDAE) no se recomienda este tipo de sustrato para futuras siembras en invernaderos.



Cuadro 1: Tasas de germinación acumulativas de las especies investigadas (eje -x: intensidad relativa de luz, eje-y: porcentaje de germinación acumulativo, los colores de las columnas representan los diferentes sustratos: azul: standard, verde: standard con tierra de bosque, marrón: standard con humus, gris: standard con arena, negro: siembra de semillas de la misma prueba en cajas petri, siembras estándar de *Cedrela montana*: CABRERA & ORDOÑEZ (2004), San Francisco; DIAZ & LOJAN (2004), San Pedro de Vilcabamba).

La intensidad de luz no tuvo influencia sobre la tasa de germinación, pero si sobre la velocidad de la misma (ver cuadro 2). La germinación de las especies seleccionadas empezó entre el día 9 (*Tabebuia chrysantha*) y 42 (*Clethra revoluta*, *Cinchona officinalis*) después de la siembra. La mayor parte de las especies investigadas se desarrollaron más rápido en ambientes medios (*Clethra revoluta*, *Tabebuia chrysantha*, *Alnus acuminata*, las dos procedencias de *Cedrela montana*) y oscuros (*Cedrela montana*, *Cinchona officinalis*). *Tabebuia chrysantha* también germinó rápido en ambientes claros.

La definición del ambiente óptimo para la germinación depende del objetivo impuesto por el vivero mismo. En el presente estudio se proponen como alternativas las combinaciones de variaciones del ambiente de germinación (intensidad de luz y de sustrato) que dan como resultado una tasa de germinación muy alta obtenida en poco tiempo.



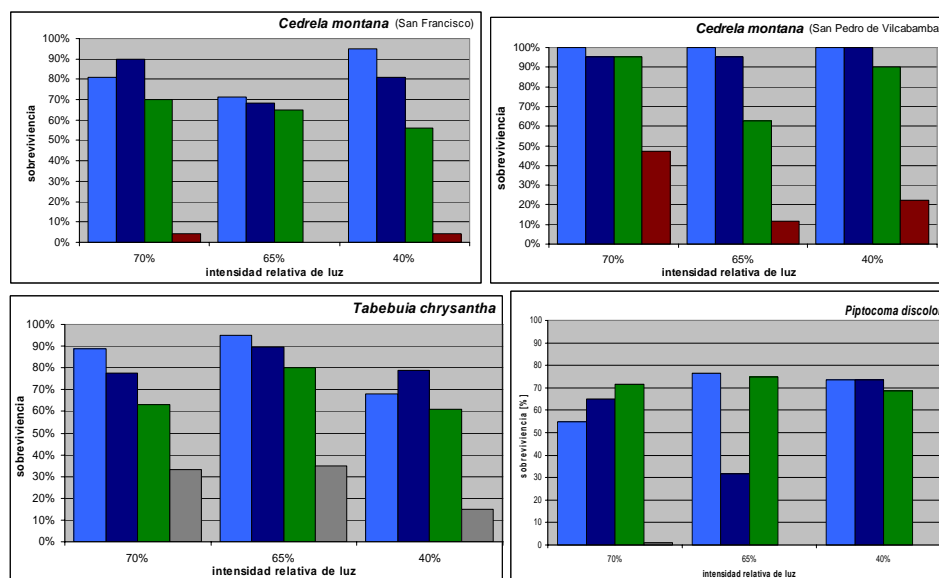
Cuadro 2: Velocidad de germinación de las especies *Tabebuia chrysantha* (arriba), *Clethra revoluta* (mitad), y *Alnus acuminata* (abajo) en las diferentes intensidades de luz (de izquierda a derecha: 65 % (claro), 40 %, 15% (oscuro)). La parte amarilla de la columna representa el número de días desde la siembra hasta que empieza la germinación, la parte verde representa el número de días desde el comienzo de la germinación hasta que se cumpla el 80% de la tasa de germinación final.

Comparando los resultados de la germinación de las mismas semillas en el invernadero y cajas petri, hay una diferencia en el porcentaje de germinación, que es más obvio en las especies con pequeñas semillas (p. e. *Clethra revoluta*, *Alnus acuminata*, *Cinchona officinalis*, ver Cuadro 1). Esto significa que el potencial de germinación

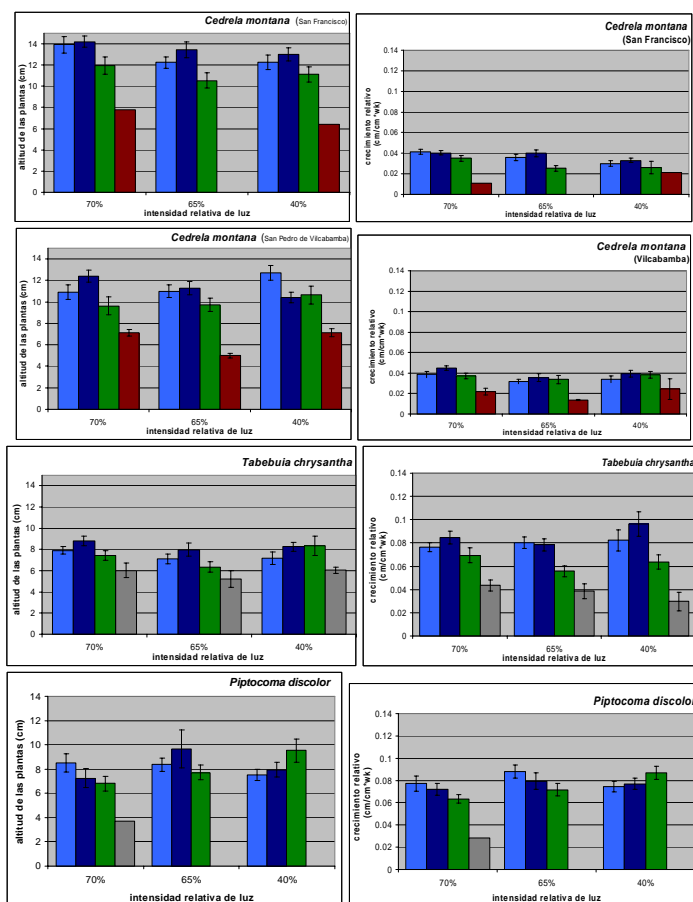
no fue logrado completamente. En futuros ensayos el método de siembra podría ser investigado más intensiva (p. e. en la profundidad de la siembra). Además en las especies *Alnus acuminata*, *Tabebuia chrysantha*, *Juglans neotropica* y *Heliocarpus americanus* se evidenció una relación positiva entre el peso de las semillas, la altura de la planta recién germinada y su edad.

De los **ensayos de crecimiento**, realizados con las especies *Cedrela montana* (ambos procedencias), *Tabebuia chrysantha*, *Piptocoma discolor* y *Myrica pubescens*, tampoco resultaba un ambiente preferido común. Tanto para las tasas de sobrevivencia como el crecimiento de las plantas en altura y diámetro basal, resultaban mayores las diferencias entre las especies, que las entre los factores sustrato e intensidad de la luz.

La sobrevivencia más alta fue notada por las especies *Cedrela montana* (San Pedro de Vilcabamba: 100%, San Francisco: 95%) y *Tabebuia chrysantha* (96%). Solo el 76% o menos de las plantas de *Piptocoma discolor* sobrevivieron las primeras 20 semanas después del repique (ver Cuadro 3). Diferenciado por los sustratos, la mayor parte de las plantas sobrevivió en el sustrato estandar y el sustrato fertilizado. En el sustrato con tierra de bosque sobrevivieron – con excepción de *Piptocoma discolor* – en la mayoría de los casos de 10% a 20% menos de las plantas. En el sustrato con humus y el sustrato arenoso la mayor parte de plantas repicadas murieron. La causa de la muerte se supone a la composición química desventajosa, que causó un valor de pH mucho más alto que el recomendable.



Cuadro 3: Sobrevivencia de las plantas repicadas en diferentes intensidades de luz en las especies *Cedrela montana*, *Tabebuia chrysantha*, y *Piptocoma discolor*. Los colores de las columnas representan los diferentes sustratos: azul claro = sustrato estandar, azul oscuro = sustrato fertilizado, verde = sustrato con tierra de bosque, marrón = sustrato con compost, gris = sustrato con arena.



Cuadro 4: Crecimiento de las plantas repicadas: columna izquierda: altura de las plantas 20 semanas después del repique; columna derecha: tasas de crecimiento relativo en altura. Los colores de las columnas representan los diferentes sustratos: azul claro = sustrato estandar, azul oscuro = sustrato fertilizado, verde = sustrato con tierra de bosque, marrón = sustrato con compost, gris = sustrato con arena.

Respecto al crecimiento en altura y diámetro basal, así como las tasas de crecimiento relativo, los crecimientos más altos resultaron para las especies *Cedrela montana* (ambos procedencias) y *Tabebuia chrysantha* con pocas excepciones en los sustratos estandar y el sustrato fertilizado (ver Cuadro 4).

Las plantas de *Cedrela montana* alcanzaron mayor altura que *Tabebuia chrysantha* y *Piptocoma discolor* a la fecha del repique. Durante la fase de crecimiento en las fundas *Tabebuia chrysantha* y *Piptocoma discolor* presentaron tasas de crecimiento relativo distintivamente más altas que ambas procedencias de *Cedrela montana* (ver Cuadro 4).

En dos ensayos pequeños con *Cedrela montana* aparte de la propagación en gran escala, resultaba que el sustrato durante la fase de germinación puede tener más influencia en el desarrollo de la planta que el sustrato en la fase de

crecimiento en las fundas. Un ensayo comparando el crecimiento de plantas dentro y fuera del invernadero no mostraba diferencias. Esto significaría que también se podría realizar buenos resultados en la fase de crecimiento en el umbráculo sin infraestructura de un invernadero.

En el presente estudio se desarrolló una base para la propagación de especies forestales nativas. Se desarrollaron protocolos de propagación y calendarios de organización en viveros especialmente bajo el aspecto de propagación en gran escala. Sin duda, un complemento y mejoramiento es posible y tiene actualidad sobre todo para los actuales planes de reforestación en el sur del Ecuador.

10. Literatur

- ABIY, M. (2004): Mündliche Mitteilung.
- ACOSTA-SOLIS, M. (1961): Los bosques del Ecuador y sus productos. Editorial Ecuador, Quito, Ecuador.
- AG MAKESCHIN (2004): mündliche Mitteilung: Analysen der untersuchten Substrate.
- AG RICHTER (2003): Übersichtskarte Südecuador mit Untersuchungsgebiet und den Ernteregionen San Francisco und San Pedro de Vilcabamba. © Richter, Forschergruppe 402 der DFG, www.bergregenwald.de/
- AGUIRRE, N. (2003, 2004): mündliche Mitteilung.
- AMBERGER, A. (1996): Pflanzenernährung: Ökologische und physiologische Grundlagen, Dynamik und Stoffwechsel der Nährelemente. 4. neubearbeitete Auflage, Stuttgart (Hohenheim), Ulmer, 1996.
- AMMER, CH., BRANG, P. KNOKE, T. & WAGNER, S. (2004): Methoden zur waldbaulichen Untersuchung von Jungwüchsen. Forstarchiv, **75**, S. 83 – 110.
- ANDERSON, R. L. & SUTHERLAND, J. R. (O. J.): Soil-Pest Relationships. o. A.
- ANONYMUS (2003): (Mitarbeiter in der Baumschule im *Parque Recreación* in Vilcabamba), mündliche Mitteilung.
- AUSWÄRTIGES AMT (2003): Länderinformation des Auswärtigen Amtes, Ecuador. <http://www.auswaertiges-amt.de>, 29. Juni 2003.
- BECK, E. & MÜLLER-HOHENSTEIN, K. (2001): Analysis of undisturbed and disturbed tropical mountain forest ecosystems in Southern Ecuador. Die Erde, **132**, S. 1 – 8.
- BECK, E. (2004): Fortsetzungsantrag 2005 – 2007. Teilantrag (C1), DFG-Forschergruppe FOR 402. unveröffentlicht.
- BENDIX, J. & LAUER, W. (1992): Die Niederschlagszeiten in Ecuador und ihre klimadynamische Interpretation. Erdkunde, Band 46.
- BERJAK, P. & PAMMETER, N. W. (2002): Orthodox and Recalcitrant Seeds. In: VOZZO, J. A. (2002): Tropical Tree Seed Manual. USDA For. Serv., Handbook No. 721, Ch. 4.
- BEWLEY J. D. & BLACK, M. (1994): Seeds, Physiology of Development and Germination. Second Edition, Plenum Press, New York and London.
- BMZ (2003): Liste der Entwicklungsländer und –gebiete sowie Übergangsländer und –gebiete 2003. BMZ-Referat 304, Stat-01a / 14.11.2003.
- BORTZ, J. (1993): Statistik für Sozialwissenschaftler. Vierte vollst. überarb. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- BRUMMITT, N. & LUGHADHA, E. N. (2003): Biodiversity: Where's Hot and Where's Not. Conservation Biology, **17**, 5, 1442-1448.
- BURKART, A. (2000): Kulturblätter. Angaben zur Samenernte, Klengung, Samenlagerung, Samenausbeute und Anzucht von Baum- und Straucharten, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.

- BUSSMANN, R. W. (1999): mündliche Mitteilung.
- CABRERA, M. & ORDOÑEZ, E. (2004): Fenología, almacenamiento de semillas y propagación a nivel de vivero de diez especies forestales nativas del sur del Ecuador. Tesis previa a la obtención del título de ingeniero forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- CANADIAN FOREST SERVICE (2004): Pacific Forestry Centre: Diseases and Insects in B. C. Forest Seedling Nurseries: Fungus Gnats. http://www.pfc.forestry.ca/diseases/nursery/pests/fungusgn_e.html, 30.01.2004.
- CATIE (1997): Nota técnica sobre manejo de semillas forestales No. 18, *Alnus acuminata* spp. Argutta (Schlecht.) Farlow. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE (1997): Nota técnica sobre manejo de semillas forestales No. 23, *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nichol.. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE (1997): Nota técnica sobre manejo de semillas forestales No. 24, *Cedrela odorata*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE (1999): Nota técnica sobre manejo de semillas forestales No. 82, *Juglans neotropica* Diels.. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE (1999): Nota técnica sobre manejo de semillas forestales No. 86, *Cedrela fissilis* Vellozo. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE (1999): Nota técnica sobre manejo de semillas forestales No. 98, *Podocarpus oleifolius* Don. In Lamb. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CRESPO, A. (2001): Bases para manejo del Tunash *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski en el sector Sabanilla - Zamora Chinchipe. Tesis, Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Biología del Medio ambiente, Cuenca, Ecuador.
- CUEVA, E. (2003, 2004): mündliche Mitteilung.
- DALLING, J. W. & HUBBELL, S.P. (2002): Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. *Journal of Ecology*, **90**, 557-568.
- DAVIDSON, R., GAGNON, D., MAUFFETTE, Y. & HERNANDEZ, H. (1998): Early survival, growth and foliar nutrients in native Ecuadorian trees planted on degraded volcanic soil. *Forest Ecology and Management*, **105** 1-3, 1-19.
- DAVIDSON, R., MAUFFETTE, Y. & GAGNON, D. (2002): Light requirement of seedlings: A method for selecting tropical trees for plantation forestry. *Basic and Applied Ecology*, **3** (3), 209 – 220.
- DIAZ, M. & LOJAN, M. (2004): Fenología y propagación en vivero de especies forestales nativas del bosque protector "El bosque". Tesis previa a la obtención del título de ingeniero forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- DSE (2003): Landeskundliche Informationsseite der DSE, Ecuador; <http://www.dse.de/za/lis/ecuador/homepage.htm>. 7. September, 2003.
- DURYEA, M. L. & LANDIS, TH. D. (eds.) (1984): *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Boston, Lancaster.
- DURYEA, M. L. (1984): Nursery Cultural Practices: Impacts on seedling quality. In: DURYEA, M. L. & LANDIS, TH. D. (1984): *Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings*, Ch. 15.

- ECOPAR (HRSG.) (1993): Arboles nativos de la Provincia de Loja. Loja, Ecuador.
- ECOPAR (2001): Sistemas forestales integrales para la sierra del Ecuador. Proyecto de Investigaciones en Ecosistemas Tropicales, Quito, Ecuador.
- ECSF (2003): Karte von Ecuador. Stationsrechner der ECSF (*Estacion Cientifica San Francisco*), März 2003, Loja / Zamora-Chinchiipe, Ecuador. Quelle: ANONYMUS
- ECUADORLINE (2003): Steckbrief Ecuador, Landeskunde. <http://www.ecuadorline.de>, 6. September 2003.
- EL KATEB (2004): Programm „HP-Spaltanlage Ecuador“. Programm zur Auswertung der Daten mit der Statistiksoftware SAS.
- EL KATEB, H. (2004): mündliche Mitteilung.
- FAO (2003): Länderinformation Ecuador, 25.5.03, 11.8.03.
- FAO (2003): Länderinformation Forestry Ecuador. Daten zur Waldfläche Ecuadors nach Clirsen, 1992: Mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo a escala 1:500.000. <http://www.fao.org/forestry/countryinformation>. v 24. Mai 2003, 11. August 2003.
- FAO (2004): Länderinformation, <http://www.fao.org>. 29.6.2004.
- FENNER, M. (1985): Seed Ecology. Chapman and Hall, London, New York.
- FOURNIER, L. A. (2002): *Alnus acuminata* Kunth H. B. K. In: J. A. VOZZO (EDS.): Tropical Tree Seed Manual, Agriculture Handbook 721, USDA For. Serv.
- FUNDACIÓN NATURA (O. J.): Plantas nativas para reforestacion en el Ecuador. o. A.
- GUERRERO C., C. & LOPEZ R., F. (1993): Arboles Nativos de la Provinzia de Loja. Loja, Ecuador.
- GÜNTER S., STIMM, B. & WEBER, M. (2004): Silvicultural contributions towards sustainable management and conservation of forest genetic resources in Southern Ecuador. *Lyonia* **6** (1), S. 75 - 91.
- GÜNTER, S. & MOSANDL, R. (2003): Nachhaltige Naturwaldbewirtschaftung in Bergregenwäldern Südecuadors, Eine Option zur Erhaltung von Biodiversität ? In: MOSANDL, R., EL KATEB, H., STIMM, B. (HRSG.) (2003): Waldbau – weltweit, Beiträge zur internationalen Waldbauforschung. Forstliche Forschungsberichte, Nr. 192 / 2003, München.
- GÜNTER, S. (2004): Mündliche Mitteilung.
- GÜNTER, S., STIMM, B., DIAZ, M., LOJAN, M., CABRERA, M. ORDOÑEZ, E. (2004): mündliche Mitteilung, Reproduktionsphänologie in den Ernteregionen San Pedro de Vilcabamba und San Francisco.
- HAGGAR, J. P., BRISCOE, C. B. & BUTTERFIELD, R. P. (1998): Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management*, **106**, 195 – 203.
- HARTIG, K. & BECK, E. (2003): The bracken fern (*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon) dilemma in the Andes of Southern Ecuador. *Ecotropica*, **9**, 1-2, 3-13.
- HESS, D. (1999): Pflanzenphysiologie. 10. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- HOFSTEDE, R., LIPS, J. & WIBOLD, J. (1998): Geografía, Ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador, Revision de Literatura. Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador.

- ISTA (2000): Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut, Vorschriften 1999. Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung, Zürich, Schweiz, 2000.
- JANSEN, H., BACHTHALER, E., FÖLSTER, E. & SCHARPF, H.-C. (1998): Gärtnerischer Pflanzenbau. Verlag UTB für Wissenschaft, Stuttgart Hohenheim.
- KELLEY, W.D. & OAK, S.W. (o.J.): Damping off, Conifer and Hardwood Diseases. USDA Forest Service, <http://www.rngr.net/nurseries/Publication/FNP>, o. A.
- KONNERT, M. (2001): Mündliche Mitteilung.
- KOTTKE, I. (2003): Mündliche Mitteilung.
- KOTTKE, I. (2004): Fortsetzungsantrag 2005 – 2007. DFG Forschergruppe FOR 402, unveröffentlicht.
- KRÜSSMANN, G. (1981, 1997): Die Baumschule. Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen, 5. und 6. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- LAMPRECHT, H. (1986): Waldbau in den Tropen, die tropischen Waldökosysteme und ihre Baumarten – Möglichkeiten und Methoden zu ihrer nachhaltigen Nutzung. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- LANDIS, TH. D., TINUS R. W. & BARNETT, J. P. (1998): Seedling Propagation, Table 1: Crop production Schedules for four typical stock types with different outplanting seasons. Forest Nursery Notes, USDA For. Serv., July 1998, 7.
- LARCHER, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen, Leben, Leistung und Stressbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt. 5. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- LAUER, W. & ERLEBACH, W. (1987): Die tropischen Anden. Geoökologische Raumgliederung und ihre Bedeutung für den Menschen. Geographische Rundschau, **39**, 2, 86- 95.
- LAVENDER, D. P. (1984): Plant physiology and nursery environment: Interactions affecting seedling growth. In: DURYEY, M. L. & LANDIS, TH. D. (1984): Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings, Ch. 14.
- LEISCHNER, B. & BUSSMANN, R. (2001): Uso de recursos maderables y mercado de madera en las provincias Loja y Zamora-Chinchipe, Ecuador. In: BUSSMANN, R. W. & LANGE, S. (Eds.) Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía – Reuniendo a Científicos, ONGs y Comunidades Locales. Volumen de resúmenes, I. Congreso de Biodiversidad, Cusco, 24.-28.09.01, p96. München, INKA Conservacion de Biodiversidad en los Andes y la Amazonia.
- LEISCHNER, B. (2000): Holznutzung und Holzmarkt in den Provinzen Loja und Zamora-Chinchipe, Süd-Ecuador. Diplomarbeit, Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München-Weihenstephan, unveröffentlicht.
- LEISCHNER, B., STIMM, B. & WEBER, M. (2004): Aufforstung mit einheimischen Baumarten – Schaffung von Nutzungsalternativen und Erhalt der Vielfalt am Beispiel Südecuadors. Treffpunkt Biologische Vielfalt IV, Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt, Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg, 71 - 76.
- LEY FORESTAL (o.J.): Ley Forestal (Forstgesetz Ecuador), Capitulo IV.

- LINDQUIST, R. (2004): Shore Flies and Fungus Gnats, OSU/OARDC Entomology Department, Ohio Floriculture online, <http://floriculture.osu.edu/archive/dec96/gnats>
- LOJAN IDROBO, L. (2003): El verdor de los Andes Ecuatorianos, realidades y promesas. Proyecto Apoyo al Desarrollo Forestal Comunal en los Andes del Ecuador, administrado por la FAO. Ecuador.
- LOJAN, L. (1992): El verdor de los Andes, arboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino. Quito, Ecuador.
- LONGMAN, K. A. (1998): Growing good tropical trees for planning. Tropical Trees: Propagation and Planting Manuals, Volume 3, Commonwealth Science Council, Britain.
- MACVEAN DE, A. L. & PÖLL, E. (2002): Ethnobotany. In: J. A. VOZZO (EDS.): Tropical Tree Seed Manual. USDA For. Serv., Agric. Handb. 721.
- MARIN V., A. M. (1994): Caracterización de habitats naturales y posibilidades de reproducción de las Podocarpaceae andinas de Colombia. Investigación forestal, Informe de investigación No. 165, Ponencia presentada al Simposio Nacional "Diversidad Biológica. Conservación y Manejo de ecosistemas de Montaña en Colombia". Universidad de los Andes, Bogotá, 6. Junio 1994.
- MARÍN VELEZ, A. (1998): Ecología y silvicultura de las Podocarpaceas andinas de Colombia. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Smurfit Cartón de Colombia, Kolumbien.
- MATT, F. (2003): mündliche Mitteilung.
- MERKL, N. (2000): Propagation of native tree species of South Ecuador. Diplomarbeit an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Fakultät für Biologie, unveröffentlicht.
- MINNESOTA DEPARTMENT OF AGRICULTURE (2004): *Fungus Gnats*, Agricultural Resources Management and Development Division, <http://www.mda.state.mn.us/biocon/plantscape/fungusgnats.htm>, 30.01.2004
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2000): Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable del Ecuador.
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN (2005): W3 TROPICOS, <http://www.mobot.org>, 28.01.05, 13.03.06
- MOLES, A. T. & WESTOBY, M. (2004): Seedling survival and Seed size: a synthesis of literature. Journal of Ecology, **92**, 372 – 383.
- NIETO V. M. & RODRIGUEZ, J. (2002): *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. In: Tropical Tree Seed Manual, J. A. VOZZO (EDS.), USDA For. Serv., Agric. Handb. 721.
- ORDOÑEZ, L. G., AGUIRRE, N. M. & HOFSTEDE, R. (2001): Sitios de recolección de semillas forestales andinas del Ecuador. Proyecto de Investigaciones en Ecosistemas Tropicales ECOPAR, Quito, Ecuador.
- PANCEL, L. (HRSG.) (1993): Tropical Forestry Handbook. Vol. 1, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- RICHTER, M. (2004): mündliche Mitteilung, Klimadaten der Erntegebiete.
- RITCHIE, G. A. (1984): Assessing Seedling Quality, In: DURYEY, M. L. & LANDIS, TH. D. (1984): Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings, Ch. 23.
- ROHMEDER, E. (1972): Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

- ROLLENBECK, R. (2004): mündliche Mitteilung. Klimadiagramme der Ernteregeonen San Francisco und San Pedro de Vilcabamba, Projekt PREDICT.
- ROMERO, M. A. (1996): El Aliso (*Alnus acuminata*). Proyecto Desarrollo Forestal Campesino en los Andes de Ecuador (DFC), Quito, Ecuador.
- ROSE, R. & HAASE, D. (1995): The target seedling concept: Implementing a program, In: LANDIS, T. D. & CREGG, B. techn. coords. National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Association, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-365. Portland, OR, Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 124-130. <http://www.fcnanet.org/proceedings/1995/rose.pdf>
- ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW (2002): Electronic Plant Information Center, Published on the internet, <http://www.kew.org/epic/> 11. August 2004, 13.03.06.
- RUSSELL, K. (O. J.): Damping off, Major Diseases. o. A.
- SAUER, W. (1971): Geologie von Ecuador. Bornträger, Berlin.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde, 14. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHIRM, S. A. (1999): Globalisierung – eine Chance für Entwicklungsländer? In: Informationen zur politischen Bildung, Heft 263: Globalisierung, Bundeszentrale für politische Bildung, Berlin.
- SCHMIDT, H. (1961): Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen, Die Entwicklung von Forstpflanzen in Abhängigkeit von Erbgut und die Möglichkeit einer Gütebeurteilung. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München.
- SCHMIDT, L. (2000): Guide to handling of tropical and subtropical forests seed. DANIDA Forest Seed Center, Humlebaek, Dänemark.
- SCHÜTT, P., SCHUCK, H. J. & STIMM, B. (1992): Lexikon der Forstbotanik, Morphologie, Pathologie, Ökologie und Systematik wichtiger Baum- und Straucharten. ecomed Verlagsgesellschaft mbh, Landsberg/Lech.
- SIERRA, R. (1999): Propuesta Preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN / GEF – BIRF y EcoCiencia, Quito, Ecuador.
- SOETHE, N. (2004): mündliche Mitteilung.
- SPETHMANN, W. (1997): Generative Gehölzvermehrung. In: KRÜSSMANN (1997): Die Baumschule, Parey Buchverlag Berlin, Kapitel 8.2.
- STIMM B. (2003, 2004, 2001): Mündliche Mitteilung.
- STOYAN, R. (1999): Karte des Untersuchungsgebietes San Francisco, Estación Científica San Francisco. © Stoyan.
- UNL (UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA) (2004): Loja y su Provincia, Datos importantes, <http://www.unl.edu.ec/loja/> , 2004.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA (2004): Mapa base del bosque protector el bosque, In: DIAZ & LOJAN (2004): Fenología y propagación en vivero de especies forestales nativas del bosque protector “El bosque”, Tesis previa a la obtención del título de ingeniero forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

- URGILES, N. & KOTTKE, I. (2003): Mündliche Mitteilung, Informationen zur Wurzelentwicklung von *Alnus acuminata* in Containern.
- URGILES, N. (2003): Evaluación del Potencial de Micorrizas en la propagación de tres especies nativas forestales. Thesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Loja, Área agropecuaria y de recursos naturales renovables, Carrera de Ingeniería agronómica, Loja, Ecuador (unveröffentlicht).
- USDA (1990): The Container Tree Nursery Manual. Vol. 2, Containers and growing media, USDA For. Serv. Agric. Handb. 674.
- VAN DEN DRIESSCHE, R. (1984): Soil fertility in Forest Nurseries, In: DURYEA, M. L. & LANDIS, TH. D. (1984): Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings, Ch. 7.
- VOZZO, J.A. (2002) (Eds.): Tropical Tree Seed Manual. USDA For. Serv., Agric. Handb. 721.
- WALDMANN, P. (2000): Entwicklungsprobleme in der Landwirtschaft. Informationen zur politischen Bildung, Lateinamerika I, Heft 226, (überarbeitete Neuauflage), Bundeszentrale für politische Bildung, Berlin
- WEBER, M., STIMM, B. & MOSANDL, R. (2004): Fortsetzungsantrag, DFG-Forschergruppe FOR 402, Teilantrag C3, unveröffentlicht.
- WHITE, T. L. (1984): Designing Nursery Experiments. In: DURYEA, M. L. & LANDIS, T. (1984): Forest Nursery Manual, Production of Bareroot seedlings, Martinus Nijhoff / Dr W Junk Publishers, The Hague, Boston, Lancaster, Chapter 28.
- WILLAN, R. L. (1985): A guide to forest seed handling, with special reference to the tropics. FAO Forestry Paper 20 / 2, Rome.
- WILMANN, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie, Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. 5. neu bearbeitete Auflage, UTB für Wissenschaft, Quelle & Meyer Heidelberg, Wiesbaden.
- WORLD BANK (2003): Country Classification, Country Groups, <http://www.worldbank.org/data/countryclass/classgroups.htm> 05. September 2003.
- WORLD BANK (2003): Ecuador Data Profile, <http://devdata.worldbank.org/external/CCProfile...> 05. September 2003
- WORLD BANK (2003): World Bank Indicators database, World Bank, July 2003.

11. Index

Anzuchtprotokoll	131, 134, 140, 145
Anzuchtumgebung	34, 39, 113, 114, 116, 145, 148
Anzuchtziel	114
Ausgangshöhe der Pflanzen	94, 96, 110
Baumschule	12, 36, 85, 88, 89, 122, 126, 127, 131, 133, 139, 141, 144, 145
Containergröße	16, 121, 134, 135, 136, 143, 145
Definition	
Anzuchtziel	3, 144
Beleuchtungsintensität	16
Blüte und Fruktifikation	35
Keimschnelligkeit	83
Keimung	36
Pflanzenhöhe	38
Substrate	12, 17
Wurzelhalsdurchmesser	38
DFG-Forschergruppe	1, 12, 124, 128, 137, 146, 147
Entwicklung der Keimlinge	38, 62
Foliencontainer	<i>Siehe</i> Containergröße
Fungus Gnats	<i>Siehe</i> Trauermücken
IBA	40, 124
Keimkraft	48, 128
Keimpotenzial	38, 74, 82, 127, 128, 137
Keimschnelligkeit	4, 48, 62, 78, 82, 83, 84, 86, 131, 148
Keimtest	127
Keimung	
epigäisch	46, 48, 69, 72, 75, 78
hypogäisch	61
kleinsamige Arten	130, 148
Kriterien für die Artenauswahl	18
Mykorrhiza	21, 132, 133
Organisationskalender	131, 138, 139
pH-Wert	129, 132, 134, 135, 144
Qualitätsbeurteilung	3
relative Wachstumsrate	44
Split-Plot-Design	36
Standardsaat	38, 45, 48, 50, 51, 56, 57, 78, 79, 86, 128, 129
Stickstoffixierung	18, 21, 23, 135
Substrathygiene	15, 78
Tausendkorngewicht	35, 46, 48, 49, 51, 53, 54, 55, 58, 59, 86, 87, 130
Trauermücken	37, 65, 68, 141, 142
Triebkraft	127
Überlebensrate	91, 95, 97, 101, 114, 115, 131, 134
Umfallkrankheit	68, 144
Welkeerscheinungen	135, 143
Wurzeln in den Foliencontainern	123

12. Anhang

12.1.	Saatgut.....	165
12.1.1.	Herkunft des Saatgutes.....	165
12.1.2.	Saat unter standardisierten Bedingungen.....	166
12.2.	Keimung.....	166
12.2.1.	Standardsaat.....	166
12.2.2.	Keimversuch (Gewächshaus).....	170
12.3.	Anzucht.....	177
12.4.	Entwicklung der Keimlinge.....	190
12.5.	Keimverhalten und Samenproduktion im Hinblick auf das Tausendkorngewicht.....	193
12.5.1.	Tausendkorngewicht (TKG).....	193
12.5.2.	Anzahl produzierter Samen pro Baum.....	194
12.6.	Varianzanalysen.....	195
12.6.1.	Keimung.....	195
12.6.2.	Anzucht.....	199
12.7.	Anzuchtprotokolle.....	204

12.1. Saatgut

12.1.1. Herkunft des Saatgutes

	<i>Cedrela montana</i>	<i>Cedrela montana</i>	<i>Cedrela montana</i>
Region			
Erntegebiet	San Francisco	San Francisco	San Pedro de Vilcabamba
Höhenlage über NN	1960 m	-	ca. 2100 m
Erntebaum			
Höhe	ca. 18 m	ca. 14 m	8,5 m
BHD	22,6 cm	23,2	24,5 cm
Stammform	geradschaftig	geradschaftig	geradschaftig
Hangneigung	70 %		37%
Soz. Stellung	dominant	dominant	-
Gesundheitszustand	gesund	gesund	gesund

<i>Alnus acuminata</i>					
Region					
Erntegebiet	Loja, Via Zamora				
Höhenlage NN	-				
Hangneigung	Relativ eben				
	Erntebäume	1	2	3	4
Höhe		ca.10 m	ca. 6 m	ca. 10 m	ca. 10 m
BHD		ca. 15 cm	ca. 10 cm	ca.15 cm	ca. 15 cm
Stammform		gerad- schaftig	klein, verzweigt	buschartig, verzweigt	buschartig, verzweigt
Gesundheitszustand		gesund	gesund	gesund	gesund

	<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Clethra revoluta</i> (SF #2)
Region		
Erntegebiet	San Francisco, Weidefläche über der ECSF	San Francisco
Höhenlage NN	ca. 1800 m	1975 m
Hangneigung	-	20 %
Erntebaum		
Höhe	-	ca. 7 m
BHD	-	17,1 cm
Stammform	-	geradschaftig
Soz. Stellung	-	dominant
Gesundheitszustand	-	gesund

	<i>Cinchona officinalis</i>	<i>Myrica pubescens</i>	<i>Podocarpus oleifolius</i>
Region			
Erntegebiet	San Pedro de Vilcabamba	San Pedro de Vilcabamba	San Francisco
Höhenlage NN	x	x	ca. 2110 m über NN
Hangneigung	x	x	x
Erntebaum			
Höhe	ca. 7 m		7,5 m
BHD	7 – 8 cm		35 cm
Stammform	Gerade, verzweigt		x
Gesundheitszustand	gesund		Grün, gesund

Anhang 12-1: Erntebäume für die Saat- und Stecklingsversuche

12.1.2. Saat unter standardisierten Bedingungen

	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Clethra revoluta</i>
Herkunft	Loja, Via Zamora	Loja, Via Zamora	San Francisco
Erntedatum	15. Mai 2002	15. Mai 2002	ca. 28. September 2002
Saatdatum	29. Mai 2002	17. Juni 2002	29. Oktober 2002
Alter der Samen bei Saat	14 Tage	33 Tage	ca. 1 Monat
Anzahl der Wiederholungen	4	2	4
Probegröße	50	50	25
Vorbehandlung	keine	keine	Wässern, einige Stunden vor der Saat

	<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Piptocoma discolor</i>	<i>Cinchona officinalis</i>
Herkunft	Weidefläche, oberhalb der ECSF	San Francisco	Bosque protector „El Bosque“, San Pedro de Vilcabamba
Erntedatum	20. Dezember 2002	08. November 2002	20. März 2003
Saatdatum	7. Januar 2003	05. Dezember 2002	14. Februar 2003
Alter der Samen bei Saat	18 Tage	27 Tage	25 Tage
Anzahl der Wiederholungen	2	3	4
Probegröße	20	25	25
Vorbehandlung	keine	Wässern, 14 Tage vor Aussaat	Wässern, einige Stunden vor der Saat

Anhang 12-2: Standardsaaten

12.2. Keimung

12.2.1. Standard Saat

Myrica pubescens

Tag nach der Saat	Mittelwert Keimung	Standard-abweichung	Varianz	Standard-Fehler
1	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
9	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
12	26,0%	0,0849	0,0072	0,0600
14	48,0%	0,1697	0,0288	0,1200
16	70,0%	0,3111	0,0968	0,2200
18	74,0%	0,2546	0,0648	0,1800
20	74,0%	0,2546	0,0648	0,1800
21	74,0%	0,2546	0,0648	0,1800

Tabelle 12-1: *Myrica pubescens*: Saat unter standardisierten Bedingungen, Nebenversuch

Tabebuia chrysantha

Tag nach der Saat	Mittelwert Keimung	Standard-abweichung	Varianz	Standard-Fehler
1	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
6	17,5%	0,0354	0,0013	0,0250
7	52,5%	0,0354	0,0012	0,0250
8	65,0%	0,0707	0,0050	0,0500
10	65,0%	0,0707	0,0050	0,0500
13	72,5%	0,0354	0,0012	0,0250
16	77,5%	0,1061	0,0113	0,0750
28	85,0%	0,0000	0,0000	0,0000
31	85,0%	0,0000	0,0000	0,0000

Tabelle 12-2: *Tabebuia chrysantha*: Saat unter standardisierten Bedingungen

Clethra revoluta

Tag nach der Saat	Mittelwert Keimung	Standard-abweichung	Varianz
0	0%	0,000	0,000
12	0%	0,000	0,000
13	2%	0,023	0,001
14	5%	0,038	0,001
15	17%	0,076	0,006
16	18%	0,069	0,005
17	22%	0,069	0,005
18	25%	0,105	0,011
19	27%	0,089	0,008
20	27%	0,089	0,008
21	31%	0,124	0,015
22	31%	0,124	0,015
23	32%	0,142	0,020
24	34%	0,151	0,023
25	36%	0,135	0,018
27	36%	0,135	0,018
34	38%	0,133	0,018
36	38%	0,133	0,018
37	38%	0,133	0,018
38	38%	0,133	0,018
40	40%	0,142	0,020
41	40%	0,142	0,020
43	42%	0,124	0,015
45	42%	0,124	0,015
46	42%	0,124	0,015
48	42%	0,137	0,019
49	42%	0,137	0,019
50	43%	0,132	0,017
56	47%	0,165	0,027
59	47%	0,165	0,027
61	50%	0,180	0,033
63	52%	0,163	0,027
65	52%	0,163	0,027
67	53%	0,147	0,022
68	55%	0,183	0,033
71	56%	0,170	0,029
76	58%	0,165	0,027
79	58%	0,165	0,027
82	58%	0,165	0,027

Tabelle 12-3: *Clethra revoluta*: Saat unter standardisierten Bedingungen***Alnus acuminata***

Tag nach der Saat	Mittelwert Keimung	Standard-abweichung	Varianz	Standard-Fehler
1	0,0%	0,000	0,000	0,000
7	46,0%	0,043	0,002	0,022
9	50,0%	0,054	0,003	0,027
10	52,5%	0,066	0,004	0,033
13	54,0%	0,075	0,006	0,037
16	55,0%	0,093	0,009	0,047
19	56,0%	0,082	0,007	0,041
23	57,0%	0,101	0,010	0,051
26	57,0%	0,104	0,011	0,052
29	57,5%	0,104	0,011	0,052
33	57,5%	0,104	0,011	0,052

Tabelle 12-4: *Alnus acuminata*: Saat unter standardisierten Bedingungen, Alter des Saatgutes bei Saat: 14 Tage

Tag nach der Saat	Mittelwert Keimung	Standard-abweichung	Varianz	Standard-Fehler
1	0,0%	0,000	0,000	0,000
4	0,0%	0,000	0,000	0,000
7	40,0%	0,028	0,001	0,020
10	44,0%	0,057	0,003	0,040
14	51,0%	0,071	0,005	0,050
22	53,0%	0,042	0,002	0,030

Tabelle 12-5: *Alnus acuminata*: Saat unter standardisierten Bedingungen, Alter des Saatgutes bei Saat: 33 Tage

Piptocoma discolor

Tag nach der Saat	Mittelwert Keimung	Standard-abweichung	Varianz	Standard-Fehler
1	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
7	4,0%	0,0400	0,0016	0,0231
8	6,7%	0,0231	0,0005	0,0133
9	9,3%	0,0611	0,0037	0,0353
10	9,3%	0,0611	0,0037	0,0353
11	9,3%	0,0611	0,0037	0,0353
12	12,0%	0,0693	0,0048	0,0400
13	13,3%	0,0611	0,0037	0,0353
14	14,7%	0,0462	0,0021	0,0267
15	14,7%	0,0462	0,0021	0,0267
16	14,7%	0,0462	0,0021	0,0267
17	14,7%	0,0462	0,0021	0,0267
18	14,7%	0,0462	0,0021	0,0267
19	14,7%	0,0462	0,0021	0,0267
20	16,0%	0,0693	0,0048	0,0400
21	16,0%	0,0693	0,0048	0,0400
22	16,0%	0,0693	0,0048	0,0400
23	16,0%	0,0693	0,0048	0,0400
24	16,0%	0,0693	0,0048	0,0400
25	16,0%	0,0693	0,0048	0,0400
26	16,0%	0,0693	0,0048	0,0400
27	16,0%	0,0693	0,0048	0,0400
28	17,3%	0,0611	0,0037	0,0353
29	17,3%	0,0611	0,0037	0,0353
30	17,3%	0,0611	0,0037	0,0353
34	17,3%	0,0611	0,0037	0,0353
40	17,3%	0,0611	0,0037	0,0353
46	17,3%	0,0611	0,0037	0,0353
61	18,7%	0,0833	0,0069	0,0481

Tabelle 12-6: *Piptocoma discolor*: Saat unter standardisierten Bedingungen, Vorbehandlung: Wässern 14 Tage vor der Saat***Vismia tomentosa***

Tag nach der Saat	Mittelwert Keimung	Standard-abweichung	Varianz	Standard-Fehler
1	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
29	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
30	12,5%	0,0884	0,0078	0,0625
31	15,6%	0,0442	0,0020	0,0313
32	25,0%	0,0000	0,0000	0,0000
33	28,1%	0,0442	0,0020	0,0313
34	31,3%	0,0000	0,0000	0,0000
35	34,4%	0,0442	0,0020	0,0313
36	34,4%	0,0442	0,0020	0,0313
37	50,0%	0,1768	0,0313	0,1250
38	53,1%	0,2210	0,0488	0,1563
39	56,3%	0,1768	0,0313	0,1250
40	62,5%	0,0884	0,0078	0,0625
41	65,6%	0,0442	0,0020	0,0313
42	71,9%	0,0442	0,0020	0,0313
43	75,0%	0,0000	0,0000	0,0000
45	75,0%	0,0000	0,0000	0,0000
46	75,0%	0,0000	0,0000	0,0000
47	78,1%	0,0442	0,0020	0,0313
48	81,3%	0,0884	0,0078	0,0625
50	87,5%	0,0000	0,0000	0,0000
53	90,6%	0,0442	0,0020	0,0313
55	93,8%	0,0884	0,0078	0,0625
68	93,8%	0,0884	0,0078	0,0625
78	100,0%	0,0000	0,0000	0,0000

Tabelle 12-7: *Vismia tomentosa*: Saat unter standardisierten Bedingungen, Nebenversuch

Cinchona officinalis

Tag nach der Saat	Mittelwert Keimung	Standard-abweichung	Varianz	Standard-Fehler
0	0,0%	0,0000	0,0000	0,0000
13	3,0%	0,0600	0,0036	0,0300
14	10,0%	0,0766	0,0059	0,0383
16	19,0%	0,1829	0,0335	0,0915
18	33,0%	0,1943	0,0377	0,0971
21	55,0%	0,2364	0,0559	0,1182
22	58,0%	0,2623	0,0688	0,1311
23	62,0%	0,2561	0,0656	0,1281
25	67,0%	0,2075	0,0431	0,1038
28	71,0%	0,1829	0,0335	0,0915
29	73,0%	0,1740	0,0303	0,0870
30	73,0%	0,1740	0,0303	0,0870
32	75,0%	0,1887	0,0356	0,0943
35	77,0%	0,1829	0,0335	0,0915
36	79,0%	0,1800	0,0324	0,0900
38	79,0%	0,1800	0,0324	0,0900
39	79,0%	0,1800	0,0324	0,0900
42	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816
44	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816
46	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816
49	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816
51	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816
53	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816
56	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816
58	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816
60	80,0%	0,1633	0,0267	0,0816

Tabelle 12-8: *Cinchona officinalis*: Saat unter standardisierten Bedingungen

Alnus acuminata

Beleuchtungs- intensität Substrat	65%			40%			15%		
	BS	W	C	BS	W	C	BS	W	C
Anzahl (Wdh)	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Tage nach der Saat									
1- 6	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
7	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
8	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
9	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
10	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
11	0,00 0,000	1,33 1,333	0,50 0,500	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
12	0,17 0,167	7,33 2,777	0,67 0,494	0,17 0,167	0,00 0,000	0,00 0,000	0,67 0,211	0,33 0,211	0,17 0,167
13	0,33 0,211	10,50 3,566	1,00 0,683	0,50 0,224	2,50 0,957	0,17 0,167	1,00 0,258	2,00 0,856	0,33 0,333
14	0,67 0,211	13,83 4,393	2,00 0,894	0,83 0,401	8,67 2,917	0,50 0,224	1,17 0,307	4,33 1,333	0,50 0,500
15	0,83 0,307	16,67 5,044	2,67 1,229	2,67 0,882	14,50 4,193	1,83 0,601	2,33 0,882	7,67 1,667	0,67 0,494
16	1,17 0,477	18,67 5,402	3,17 1,376	4,83 1,701	18,17 4,643	2,83 0,749	3,33 1,202	10,83 2,182	1,17 0,654
17	2,00 0,931	19,33 5,812	4,00 1,949	6,83 2,469	22,83 5,108	6,83 1,851	4,17 1,400	13,33 1,820	2,17 0,749
18	2,17 0,980	21,33 6,086	4,67 2,060	8,00 2,864	25,83 5,570	10,33 2,836	4,83 1,579	16,50 2,029	3,50 0,764
19	2,83 1,400	21,33 6,086	5,33 2,499	12,50 2,729	28,00 5,955	13,17 3,600	6,00 1,713	19,50 2,668	5,00 0,775
20	3,00 1,366	21,33 6,086	5,83 2,810	14,00 2,620	29,50 6,147	15,00 4,099	7,33 1,647	21,17 3,070	6,17 0,749
21				16,50 2,778	29,83 6,269	16,33 4,177	9,17 1,778	22,00 2,989	6,67 0,955
22	4,17 1,905	23,33 5,812	6,67 3,303						
23	4,33 1,961	23,67 5,835	6,83 3,240	17,00 2,683	30,17 6,395	18,33 4,462	11,00 2,160	22,83 3,103	7,67 1,606
24	5,17 2,040	26,33 6,195	8,00 4,099	17,83 2,358	30,17 6,395	18,67 4,566	11,67 2,376	22,83 3,103	8,33 1,542
25				18,17 2,574	30,83 6,509	19,50 4,931	12,67 2,629	23,17 3,208	9,00 1,438
26	5,67 2,108	27,33 6,168	8,83 4,191						
27	6,67 2,525	28,00 6,006	9,67 4,387	19,17 2,949	31,83 6,789	19,50 4,931	13,50 2,643	24,17 3,260	10,00 1,342
28	7,00 2,683	29,00 6,077	10,17 4,672	19,33 2,996	32,17 6,819	19,83 5,003	14,00 2,875	25,00 2,887	10,00 1,342
29	7,67 2,789	30,17 6,013	10,67 4,631	19,67 2,951	33,00 6,817	20,00 5,066	14,33 2,963	26,50 3,074	10,67 1,498
30	7,67 2,789	30,67 5,863	10,83 4,643	20,00 2,852	33,83 6,509	20,17 5,062	14,67 3,029	27,33 2,704	11,00 1,528
31	8,33 2,578	30,83 5,930	11,00 4,640	20,00 2,852	34,33 6,606	20,33 5,129	15,67 2,753	27,83 2,926	11,17 1,600
32	9,17 2,651	31,17 5,700	11,50 4,731	20,17 2,971	34,67 6,672	20,33 5,129	16,17 2,786	29,33 3,221	11,17 1,600
33	9,67 2,642	32,00 5,348	12,33 4,688	20,17 2,971	36,00 6,733	20,50 4,998	16,17 2,786	30,17 3,301	11,17 1,600
34				20,17 2,971	36,50 6,677	20,67 5,084	16,33 2,906	30,17 3,301	11,17 1,600
38	12,83 2,522	34,67 5,264	14,33 4,863						
39				20,50 2,872	37,50 5,932	20,67 5,084	17,17 2,892	30,50 3,284	11,17 1,600
41	14,00 2,338	35,33 5,315	15,67 4,514						
42	14,00 2,338	35,33 5,315	15,67 4,514	21,00 2,828	37,50 5,932	21,00 5,151	17,33 2,777	31,00 3,183	11,17 1,600
43	14,00 2,338	35,33 5,315	15,67 4,514	21,00 2,828	37,50 5,932	21,00 5,151	17,33 2,777	31,00 3,183	11,17 1,600
44	14,00 2,338	35,33 5,315	15,67 4,514	21,00 2,828	37,50 5,932	21,00 5,151	17,33 2,777	31,00 3,183	11,17 1,600
45				21,00 2,828	37,50 5,932	21,00 5,151	17,33 2,777	31,00 3,183	11,17 1,600

Tabelle 12-11: Kumulative Keimprozent, *Alnus acuminata* (unten: Standardfehler, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W= Walderde-Substrat, C= Kompost-Substrat).

Tabebuia chrysantha

Beleuchtungs-intensität	65%			40%			15%		
Substrat	BS	W	S	BS	W	S	BS	W	S
Anzahl (Wdh)	4	4	2	5	5	4	6	6	6
Tage nach der Saat									
0	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000
7	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000
9	0,0% 0,0000	0,5% 0,0050	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000	1,0% 0,0058	0,3% 0,0033	0,0% 0,0000	0,0% 0,0000
11	3,5% 0,0096	6,5% 0,0359	5,0% 0,0500	1,2% 0,0120	0,0% 0,0000	6,5% 0,0275	3,3% 0,0133	0,0% 0,0000	2,0% 0,0126
13	7,0% 0,0191	22,5% 0,0640	7,0% 0,0700	4,0% 0,0126	0,0% 0,0000	13,5% 0,0377	5,3% 0,0176	0,3% 0,0033	4,3% 0,0356
15	15,0% 0,0191	30,0% 0,0935	14,0% 0,1400	12,4% 0,0349	2,0% 0,0155	31,0% 0,0451	11,7% 0,0080	3,3% 0,0198	7,3% 0,0617
16	16,5% 0,0222	32,5% 0,0896	20,0% 0,2000	14,0% 0,0420	2,0% 0,0155	34,5% 0,0457	14,7% 0,0251	3,7% 0,0209	7,3% 0,0617
19	29,0% 0,0311	37,0% 0,0915	24,0% 0,2000	22,0% 0,0443	6,0% 0,0268	49,5% 0,0613	19,3% 0,0402	12,7% 0,0337	10,7% 0,0553
21	31,0% 0,0311	39,0% 0,0968	27,0% 0,1900	26,4% 0,0581	10,8% 0,0314	51,0% 0,0557	23,3% 0,0446	17,3% 0,0300	15,0% 0,0595
25	36,0% 0,0408	42,0% 0,0990	35,0% 0,2100	30,8% 0,0422	20,4% 0,0496	53,5% 0,0350	27,0% 0,0402	29,7% 0,0363	22,0% 0,0649
27	36,5% 0,0359	43,5% 0,1014	35,0% 0,2100	32,0% 0,0443	23,6% 0,0618	55,0% 0,0342	30,7% 0,0481	31,3% 0,0368	23,0% 0,0630
29	39,5% 0,0457	46,0% 0,0949	36,0% 0,2200	34,8% 0,0372	28,0% 0,0834	57,0% 0,0443	31,3% 0,0489	38,3% 0,0280	25,3% 0,0586
31	39,5% 0,0457	46,0% 0,0949	37,0% 0,2100	36,0% 0,0420	28,8% 0,0796	58,0% 0,0432	31,7% 0,0483	40,0% 0,0258	25,3% 0,0586
33	39,5% 0,0457	47,0% 0,0915	37,0% 0,2100	37,2% 0,0393	29,6% 0,0736	59,0% 0,0342	35,3% 0,0570	40,3% 0,0260	25,3% 0,0586
35	39,5% 0,0457	47,0% 0,0915	37,0% 0,2100	37,2% 0,0698	30,4% 0,0679	59,0% 0,0342	35,7% 0,0545	40,3% 0,0260	25,3% 0,0586

Tabelle 12-12: Kumulative Keimprozent, *Tabebuia chrysantha*, (unten: Standardfehler, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W= Walderde-Substrat, S= Sand-Substrat).

Clethra revoluta, Kammer 1:

Lichtintensität Substrat Anzahl (Wdh.)	65 %			40 %			15 %		
	BS	W	S	BS	W	S	BS	W	S
Tage nach der Saat	3	2	2	2	2	3	3	3	3
0, 25	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000
27	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000
28	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000
30	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000
32	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000
34	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000
36	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000
38	0,7 0,667	0,0 0,000	1,0 1,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,0 0,000	0,7 0,667	0,0 0,000	1,3 0,667
40	0,7 0,667	0,0 0,000	1,0 1,000	0,0 0,000	5,0 1,000	2,0 2,000	1,3 1,333	0,7 0,667	1,3 0,667
42	0,7 0,667	3,0 3,000	1,0 1,000	0,0 0,000	7,0 3,000	3,3 2,404	1,3 1,333	0,7 0,667	2,0 0,000
44	0,7 0,667	3,0 3,000	2,0 2,000	0,0 0,000	8,0 4,000	3,3 2,404	2,0 1,155	0,7 0,667	2,7 0,667
46	0,7 0,667	3,0 3,000	2,0 2,000	0,0 0,000	10,0 4,000	7,3 1,764	2,0 1,155	0,7 0,667	2,7 0,667
48	0,7 0,667	4,0 2,000	4,0 0,000	0,0 0,000	11,0 3,000	8,0 2,309	4,0 2,309	0,7 0,667	3,3 0,667
49	0,7 0,667	4,0 2,000	4,0 0,000	0,0 0,000	11,0 3,000	8,0 2,309	4,0 2,309	0,7 0,667	3,3 0,667
50	0,7 0,667	4,0 2,000	4,0 0,000	0,0 0,000	11,0 3,000	8,0 2,309	4,0 2,309	0,7 0,667	3,3 0,667
51	0,7 0,667	4,0 2,000	8,0 2,000	0,0 0,000	11,0 3,000	8,0 2,309	4,0 2,309	0,7 0,667	3,3 0,667
52	0,7 0,667	4,0 2,000	8,0 2,000	0,0 0,000	11,0 3,000	8,7 2,906	4,7 2,404	0,7 0,667	3,3 0,667
54	0,7 0,667	4,0 2,000	10,0 0,000	0,0 0,000	11,0 3,000	9,3 3,528	4,7 2,404	0,7 0,667	3,3 0,667
57	0,7 0,667	4,0 2,000	10,0 0,000	0,0 0,000	11,0 3,000	9,3 3,528	4,7 2,404	0,7 0,667	3,3 0,667
59	0,7 0,667	4,0 2,000	12,0 0,000	0,0 0,000	11,0 3,000	10,7 4,807	4,7 2,404	0,7 0,667	3,3 0,667
60	0,7 0,667	4,0 2,000	12,0 0,000	0,0 0,000	11,0 3,000	10,7 4,807	4,7 2,404	1,3 0,667	3,3 0,667
62	0,7 0,667	4,0 2,000	14,0 2,000	0,0 0,000	11,0 3,000	10,7 4,807	5,3 2,667	1,3 0,667	3,3 0,667
64	0,7 0,667	4,0 2,000	18,0 0,000	0,0 0,000	11,0 3,000	10,7 4,807	5,3 2,667	1,3 0,667	3,3 0,667
66	0,7 0,667	4,0 2,000	20,0 2,000	0,0 0,000	11,0 3,000	10,7 4,807	5,3 2,667	1,3 0,667	3,3 0,667
68	0,7 0,667	4,0 2,000	21,0 3,000	0,0 0,000	11,0 3,000	11,3 4,667	5,3 2,667	2,0 0,000	3,3 0,667
70	0,7 0,667	4,0 2,000	21,0 3,000	0,0 0,000	11,0 3,000	12,7 5,925	5,3 2,667	2,0 0,000	3,3 0,667
72	0,7 0,667	4,0 2,000	21,0 3,000	0,0 0,000	11,0 3,000	12,7 5,925	5,3 2,667	2,0 0,000	3,3 0,667
74	0,7 0,667	4,0 2,000	21,0 3,000	0,0 0,000	11,0 3,000	12,7 5,925	5,3 2,667	2,7 0,667	3,3 0,667
76	0,7 0,667	4,0 2,000	21,0 3,000	0,0 0,000	11,0 3,000	12,7 5,925	5,3 2,667	2,7 0,667	3,3 0,667
78	0,7 0,667	4,0 2,000	22,0 4,000	0,0 0,000	11,0 3,000	12,7 5,925	5,3 2,667	2,7 0,667	3,3 0,667
80	0,7 0,667	4,0 2,000	22,0 4,000	0,0 0,000	11,0 3,000	13,3 5,457	5,3 2,667	2,7 0,667	4,0 1,155
82	0,7 0,667	4,0 2,000	22,0 4,000	0,0 0,000	11,0 3,000	13,3 5,457	5,3 2,667	4,0 1,155	4,7 1,764
84	2,0 1,155	4,0 2,000	22,0 4,000	1,0 1,000	11,0 3,000	14,0 5,033	6,0 2,000	4,0 1,155	4,7 1,764
86	2,0 1,155	5,0 1,000	22,0 4,000	1,0 1,000	11,0 3,000	14,0 5,033	6,0 2,000	4,0 1,155	4,7 1,764
88	2,0 1,155	5,0 1,000	22,0 4,000	1,0 1,000	11,0 3,000	14,7 4,667	6,0 2,000	4,0 1,155	4,7 1,764
90	2,0 1,155	5,0 1,000	22,0 4,000	1,0 1,000	11,0 3,000	14,7 4,667	6,0 2,000	4,0 1,155	4,7 1,764

Tabelle 12-13: Kumulative Keimprozent, *Clethra revoluta*, Kammer 1 (unten: Standardfehler, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W= Walderde-Substrat, S= Sand-Substrat.

Clethra revoluta, Kammer 2:

Lichtintensität Substrat Anzahl (Wdh.)	65 %			40 %			15 %		
	BS	W	S	BS	W	S	BS	W	S
Tage nach der Saat	2	3	3	3	3	3	3	3	2
0, 25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	1,3	2,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
42	0,0	0,0	1,3	3,3	0,7	2,0	0,0	0,0	0,0
44	1,0	0,0	1,3	3,3	0,7	2,0	0,7	0,0	0,0
46	1,0	0,0	1,3	3,3	0,7	2,7	0,7	0,0	0,0
48	2,0	0,0	1,3	3,3	0,7	2,7	0,7	0,0	0,0
49	2,0	0,0	1,3	3,3	0,7	2,7	0,7	0,0	0,0
50	2,0	0,0	1,3	3,3	0,7	2,7	0,7	0,0	0,0
51	2,0	0,7	1,3	3,3	0,7	2,7	0,7	0,0	0,0
52	2,0	0,7	1,3	3,3	0,7	2,7	0,7	0,0	1,0
54	2,0	0,7	1,3	4,0	0,7	2,7	0,7	0,0	1,0
57	2,0	0,7	1,3	4,0	0,7	2,7	0,7	0,0	1,0
59	3,0	2,7	1,3	4,0	1,3	2,7	0,7	0,0	1,0
60	3,0	2,7	1,3	4,0	1,3	2,7	0,7	0,0	1,0
62	4,0	3,3	2,0	4,0	2,0	3,3	0,7	1,3	1,0
64	4,0	4,7	2,0	4,0	2,0	4,0	0,7	1,3	1,0
66	5,0	4,7	2,0	4,0	2,0	4,0	0,7	2,0	3,0
68	5,0	6,0	2,0	4,0	2,0	4,0	1,3	2,0	3,0
70	5,0	6,0	2,0	4,0	2,0	4,0	1,3	2,0	3,0
72	5,0	6,0	2,0	4,0	2,7	4,0	2,0	2,0	3,0
74	5,0	6,0	2,7	4,0	2,7	4,0	2,0	2,0	4,0
76	5,0	6,0	3,3	4,0	2,7	4,0	2,0	2,7	4,0
78	5,0	6,0	3,3	4,0	2,7	4,0	2,0	3,3	4,0
80	5,0	6,0	3,3	4,0	2,7	4,0	2,0	3,3	4,0
82	5,0	6,0	3,3	4,0	3,3	4,0	2,7	3,3	4,0
84	6,0	6,0	3,3	4,0	3,3	4,0	2,7	4,0	4,0
86	6,0	6,0	3,3	4,0	3,3	4,0	2,7	4,0	5,0
88	6,0	6,0	3,3	4,0	3,3	4,0	2,7	4,7	5,0
90	7,0	6,0	3,3	4,0	3,3	4,0	2,7	4,7	5,0

Tabelle 12-14: Kumulative Keimprozent, *Clethra revoluta*, Kammer 2, (unten: Stadardfehler, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W= Walderde-Substrat, S= Sand-Substrat).

Cinchona officinalis

Beleuchtungs- intensität Substrat Anzahl (Wdh)	65%			40%			15%		
	BS 3	W 3	S 3	BS 3	W 3	S 3	BS 3	W 3	S 3
Tage nach der Saat									
0	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
17	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
20	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000
23	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	4,00 2,309	1,33 1,333	0,00 0,000	2,67 1,333	1,33 1,333
25	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	0,00 0,000	12,00 6,928	1,33 1,333	0,00 0,000	4,00 2,309	8,00 8,000
28	1,33 1,333	0,00 0,000	0,00 0,000	1,33 1,333	20,00 10,583	4,00 2,309	1,33 1,333	16,00 10,066	17,33 17,333
31	1,33 1,333	0,00 0,000	10,67 7,055	1,33 1,333	33,33 17,023	28,00 16,166	8,00 4,619	26,67 17,023	34,67 18,809
33	1,33 1,333	0,00 0,000	22,67 15,377	5,33 5,333	41,33 20,699	32,00 16,653	10,67 7,055	30,67 15,377	42,67 21,458
35	2,67 2,667	0,00 0,000	25,33 15,026	5,33 5,333	45,33 23,132	34,67 17,938	13,33 9,615	37,33 14,111	49,33 17,938
38	5,33 5,333	0,00 0,000	28,00 16,166	22,67 10,414	46,67 21,828	48,00 23,438	25,33 9,333	48,00 8,327	68,00 17,436
42	21,33 4,807	16,00 6,110	28,00 16,166	32,00 14,422	53,33 15,377	56,00 18,475	26,67 8,743	52,00 6,928	81,33 9,333
44	21,33 4,807	18,67 5,812	32,00 18,475	34,67 16,384	54,67 16,384	60,00 15,144	34,67 9,333	52,00 6,928	85,33 5,812
46	28,00 4,619	21,33 4,807	34,67 18,667	37,33 17,638	61,33 11,624	62,67 13,132	34,67 9,333	52,00 6,928	85,33 5,812
48	30,67 3,528	24,00 4,000	36,00 19,732	37,33 17,638	64,00 9,238	62,67 13,132	34,67 9,333	56,00 6,928	88,00 4,000
52	30,67 3,528	24,00 4,000	36,00 19,732	37,33 17,638	66,67 7,055	62,67 13,132	36,00 10,066	56,00 6,928	89,33 3,528
54	30,67 3,528	40,00 8,000	36,00 19,732	44,00 20,526	69,33 5,333	62,67 13,132	40,00 12,220	57,33 8,110	89,33 3,528
59	36,00 6,928	52,00 15,144	37,33 20,827	44,00 20,526	73,33 4,807	62,67 13,132	40,00 12,220	57,33 8,110	90,67 2,667
61	36,00 6,928	52,00 15,144	37,33 20,827	44,00 20,526	74,67 3,528	64,00 12,220	40,00 12,220	57,33 8,110	90,67 2,667
63	36,00 6,928	52,00 15,144	37,33 20,827	45,33 21,458	76,00 4,000	64,00 12,220	40,00 12,220	58,67 8,110	90,67 2,667
66	36,00 6,928	52,00 15,144	37,33 20,827	45,33 21,458	76,00 4,000	64,00 12,220	41,33 10,914	60,00 6,928	90,67 2,667
68	36,00 6,928	52,00 15,144	37,33 20,827	45,33 21,458	76,00 4,000	64,00 12,220	41,33 10,914	60,00 6,928	90,67 2,667
70	36,00 6,928	52,00 15,144	40,00 21,166	45,33 21,458	76,00 4,000	64,00 12,220	41,33 10,914	60,00 6,928	90,67 2,667
73	36,00 6,928	52,00 15,144	40,00 21,166	45,33 21,458	76,00 4,000	64,00 12,220	41,33 10,914	60,00 6,928	90,67 2,667
75	36,00 6,928	52,00 15,144	40,00 21,166	45,33 21,458	76,00 4,000	64,00 12,220	41,33 10,914	60,00 6,928	90,67 2,667

Tabelle 12-15: Kumulative Keimprozentage, *Cinchona officinalis*, (unten: Standardfehler, BS = Baumschul-Standardsubstrat, W= Walderde-Substrat, S= Sand-Substrat).

Licht	Substrat	Wochen nach Pikieren													
		0	1	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	17	18	20
70%	BS	0,2	0,2	0,2	0,21	0,2	0,23	0,32	0,34	0,4	0,46	0,5	0,59	0,62	0,65
		0,011	0,013	0,01	0,012	0,013	0,019	0,017	0,022	0,027	0,028	0,033	0,035	0,042	0,043
70%	Dü	0,17	0,18	0,2	0,2	0,2	0,23	0,32	0,35	0,41	0,46	0,51	0,58	0,61	0,68
		0,012	0,011	0,012	0,011	0,011	0,015	0,015	0,02	0,017	0,022	0,026	0,033	0,032	0,043
70%	W	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,21	0,29	0,31	0,33	0,38	0,43	0,49	0,5	0,55
		0,011	0,011	0,011	0,011	0,01	0,012	0,013	0,016	0,022	0,024	0,029	0,033	0,04	0,046
70%	C	0,17	0,19	0,18	0,18	0,13	0,19	0,26	0,25	0,25	0,26	0,27	0,24		0,27
		0,007	0,007	0,008	0,009	0,015	0,009	0,016	0,023	0,025	0,03	0,028			
65%	BS	0,2	0,19	0,2	0,2	0,19	0,19	0,27	0,32	0,34	0,37	0,44	0,5	0,53	0,58
		0,008	0,006	0,008	0,01	0,012	0,011	0,015	0,015	0,021	0,023	0,017	0,019	0,025	0,026
65%	Dü	0,2	0,2	0,2	0,2	0,22	0,24	0,32	0,37	0,42	0,44	0,51	0,56	0,61	0,63
		0,009	0,012	0,01	0,011	0,011	0,012	0,019	0,022	0,027	0,027	0,031	0,038	0,044	0,047
65%	W	0,19	0,18	0,19	0,19	0,17	0,17	0,26	0,28	0,29	0,33	0,36	0,41	0,44	0,48
		0,007	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,011	0,019	0,02	0,024	0,031	0,038	0,044	0,048
65%	C	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,16	0,24	0,21						
		0,007	0,008	0,01	0,013	0,018	0,011	0,016							
40%	BS	0,2	0,19	0,19	0,2	0,19	0,22	0,31	0,32	0,37	0,39	0,44	0,5	0,51	0,53
		0,012	0,012	0,012	0,014	0,014	0,012	0,018	0,02	0,026	0,027	0,029	0,037	0,044	0,039
40%	Dü	0,2	0,19	0,2	0,21	0,19	0,19	0,29	0,31	0,37	0,39	0,43	0,48	0,53	0,58
		0,008	0,009	0,008	0,008	0,012	0,016	0,019	0,018	0,022	0,022	0,028	0,032	0,039	0,04
40%	W	0,18	0,18	0,16	0,18	0,17	0,17	0,26	0,27	0,3	0,36	0,38	0,43	0,46	0,49
		0,007	0,011	0,009	0,008	0,008	0,008	0,015	0,015	0,022	0,018	0,024	0,031	0,033	0,04
40%	C	0,17	0,18	0,16	0,2	0,18	0,21	0,26	0,26	0,29	0,28	0,29	0,3	0,32	0,34
		0,011	0,015	0,02	0,005	0,013		0							

Tabelle 12-18: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): **Wurzelhalsdurchmesser** (cm, unten: Standardfehler) an den jeweiligen Messtagen

Licht	Substrat	Wochen nach Pikieren													
		0	1	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	17	18	20
70 %	BS	21	21	20	21	21	17	18	19	18	18	18	17	17	17
70 %	Dü	20	20	20	20	18	14	20	16	18	18	17	17	17	18
70 %	W	20	20	19	20	18	13	17	14	14	15	15	15	14	14
70 %	C	23	12	10	8	9	6	5	4	4	3	3	1	0	1
65 %	BS	21	21	20	20	20	19	18	16	17	17	15	15	14	15
65 %	Dü	22	16	21	21	18	18	16	17	15	17	18	16	15	15
65 %	W	20	20	19	20	18	19	17	12	13	13	13	12	13	13
65 %	C	23	19	6	6	4	4	5	1	0	0	0	0	0	0
40 %	BS	19	18	19	18	17	18	18	17	15	18	18	17	15	18
40 %	Dü	21	20	19	19	18	14	19	17	17	16	16	16	16	17
40 %	W	15	16	14	14	13	12	12	11	9	9	9	8	9	9
40 %	C	23	7	5	4	3	0	2	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 12-19: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): **Anzahl nichtfehlender Werte**, die an den jeweiligen Messtagen in die Berechnung eingehen

Myrica pubescens

Licht	Substrat	Wochen nach Pikieren																	
		0	2	3,5	4	5	7	9	11	13	15	18	19	23	26	28	32	34	36
70 %	BS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2
70 %	Dü	4	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70 %	W	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
70 %	s	5	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
65 %	BS	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
65 %	Dü	5	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65 %	W	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
65 %	s	5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40 %	BS	4	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
40 %	Dü	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
40 %	W	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
40 %	s	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 12-30: *Myrica pubescens*: **Anzahl der lebenden Pflanzen** an den jeweiligen Messtagen

Licht	Substrat	Wochen nach Pikieren																		
		0	2	3,5	4	5	7	9	11	13	15	18	19	23	26	28	32	34	36	40
70%	BS	3,9 0,519	4,03 0,541	4,1 0,407	4,12 0,404	3,98 0,272	4,82 0,524	5,12 0,484	5,35 0,811	5,84 0,829	6,93 1,008	7,63 1,213	8,35 1,756	10,37 2,99	12,83 2,87	11,9 4	14,6 2,871	15,13 3,227	16,9 3,592	20,45 1,55
70%	Dü	4,68 0,72	4,1 0,3	3,3	3,2	3,6														
70%	W	5,8 1,086	5,75 1,09	5,63 1,357	6,2 0,88	6,45 1,004	7,63 0,851	9,38 1,119	10,63 1,349	12,05 1,362	13,65 1,778	16,35 1,975	16,55 2,128	17,95 6,25	20,75 2,39	22,9 3,881	23,83 3,941	23,77 3,922	23,77 4,3	24,2 4,063
70%	C	5,05 0,357	5,45 0,55	5,15 1,15	5,8 1,1	5,7 1	5,35 0,85	7	6,7	7,3	7,2	7,7	7,6	9,1	10,6	10,6	10,6	10,6		
65%	BS	4,67 1,04	4,93 0,928	4,6 1,3	5,5	3,1	3,5		4,1	4,5	4,8	5,1	5,5	6,4	7,4	8,1	9,7	11,2	12,2	12,5
65%	Dü	3,98 1,275	5 1,124	2	1,8	2														
65%	W	4,5 1,073	4,7 1,474	5 0,873	5,38 0,931	6,07 0,96	6,13 1,403	8,37 2,167	9,5 1,767	10,57 1,737	12,1 1,266	13,17 0,956	15,23 1,157	18,13 0,917	19,5 1,815	19,97 3,483	20,5 3,559	21,33 3,474	21,97 3,635	21,57 3,656
65%	C	6,64 1,257		4,5	5,2	6,1	6													
40%	BS	6,1 1,745	6,6 1,515	6,5 1,45	6,73 1,344	5,63 0,933	7,7	7,5	8,4	9,55	10,6	11,9	15,3	13,1	14,55	14,95	15,4	15,6	19,6	16
40%	Dü	4,85 1,446	4,88 1,24	5,03 1,497	3,93 0,865	5,5 1,358	7,5 1,701	8,03 1,475	10,6	8,9	8,93	8,7	8,7		14,2	14,2	14,2	14,9	15,3	15,7
40%	W	4,98 0,382	4,8 0,351	5,57 0,384	6 0,654	5	6,5	7,78	9,18	10,55	11,55	14,17	14,2	17,8	17,93	18,7	19,35	19,58	20,38	19,57
40%	C	4 0,3	4,6	4,8	4,8		5,1	4,9	5,1	4,7										

Tabelle 12-31: *Myrica pubescens*: **Pflanzenhöhen** (cm, unten: Standardfehler) an den jeweiligen Messterminen (Mittelwerte)

Licht	Substrat	Wochen nach Pikieren																		
		0	2	3,5	4	5	7	9	11	13	15	18	19	23	26	28	32	34	36	40
70%	BS	0,11 0,009	0,12 0,021	0,1 0,022	0,11 0,021	0,09 0,027	0,11 0,034	0,15 0,006	0,15 0,007	0,17 0,017	0,18 0,01	0,19 0,013	0,21 0,01	0,22 0,021	0,26 0,02	0,3 0,041	0,3 0,045	0,39 0,055	0,37 0,038	0,42 0,035
70%	Dü	0,16 0,031	0,12	0,1	0,12	0,19														
70%	W	0,18 0,017	0,15 0,029	0,21 0	0,18 0,02	0,15 0,03	0,17 0,031	0,25 0,024	0,27 0,019	0,29 0,029	0,33 0,031	0,33 0,03	0,35 0,028	0,41 0,031	0,44 0,019	0,49 0,023	0,54 0,013	0,6 0	0,57 0,031	0,55 0,012
70%	C	0,19 0,021	0,11 0,025	0,1 0,02	0,11 0,015	0,1 0,065	0,11	0,2	0,2	0,2	0,21	0,23	0,24	0,24	0,27	0,28	0,28	0,28		
65%	BS	0,16 0,02	0,1 0,015	0,1 0,005	0,2	0,07	0,17	0,15		0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,16	0,19	0,23	0,23	0,26	0,28
65%	Dü	0,12 0,02	0,12 0,022	0,17	0,05	0,05														
65%	W	0,14 0,018	0,13 0,025	0,16 0,02	0,14 0,025	0,16 0,033	0,15 0,023	0,24 0,059	0,26 0,06	0,27 0,053	0,28 0,052	0,3 0,042	0,3 0,044	0,37 0,017	0,35 0,02	0,41 0,055	0,43 0,049	0,45 0,058	0,49 0,043	0,47 0,042
65%	C	0,18 0,02		0,08	0,11	0,04	0,08													
40%	BS	0,17 0,033	0,14 0,035	0,14 0,023	0,14 0,025	0,09 0,021	0,12 0,02	0,22	0,2	0,23	0,24	0,25	0,27	0,31	0,32	0,32	0,34	0,42	0,36	0,34
40%	Dü	0,19 0,042	0,16 0,046	0,15 0,05	0,11 0,047	0,13 0,046	0,16 0,032	0,28 0,037	0,29 0,037	0,41	0,35	0,32	0,3	0,32		0,36	0,36	0,36	0,37	0,38
40%	W	0,16 0,027	0,15 0,027	0,14 0,025	0,14 0,025	0,13	0,15	0,24	0,23	0,24	0,27	0,28	0,28	0,31	0,39	0,39	0,41	0,44	0,42	0,39
40%	C	0,15 0,05	0,09	0,12	0,19		0,14	0,15	0,16	0,17										

Tabelle 12-32: *Myrica pubescens*: **Wurzelhalsdurchmesser**(cm, unten: Standardfehler) an den jeweiligen Messterminen (Mittelwerte)

Nebenversuche:

(1a) Keimung im Walderde-Substrat, Pflanzen pikiert in das Baumschul-Standard-Substrat:

Licht	Keim-substrat	Wochen nach Pikieren												
		0	2	3	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
70%	W	100,0%	86,7%	86,7%	93,3%	93,3%	73,3%	60,0%	60,0%	46,7%	33,3%	33,3%	33,3%	33,3%
65%	W	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	86,7%	80,0%	86,7%	86,7%	86,7%	86,7%	80,0%
40%	W	100,0%	100,0%	92,3%	100,0%	100,0%	84,6%	61,5%	61,5%	53,8%	53,8%	46,2%	30,8%	30,8%

Tabelle 12-34: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): **Überlebensraten** der Pflanzen aus dem Keimsubstrat mit Walderde (Mittelwerte)

Licht	Keim-substrat	Wochen nach Pikieren												
		0	2	3	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
70%	W	5,54 0,324	5,98 0,356	6,12 0,330	6,54 0,317	6,66 0,316	6,93 0,393	7,23 0,308	7,37 0,356	7,54 0,428	8,48 0,549	8,76 0,533	9,42 0,465	10,48 0,461
65%	W	5,43 0,358	5,71 0,360	5,94 0,373	6,43 0,371	6,55 0,364	6,71 0,387	7,08 0,489	7,57 0,427	7,87 0,448	8,73 0,445	9,60 0,455	10,56 0,538	12,54 0,812
40%	W	5,46 0,290	5,88 0,308	6,43 0,336	6,60 0,326	6,70 0,320	6,99 0,407	7,39 0,537	7,75 0,638	8,24 0,716	8,51 0,827	9,38 1,171	11,55 1,145	12,10 1,139

Tabelle 12-35: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): **Pflanzenhöhen** (cm, unten: Standardfehler) (Keimsubstrat mit Walderde, Mittelwerte)

Licht	Keim-substrat	Wochen nach Pikieren												
		0	2	3	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
70%	W	0,19 0,008	0,19 0,008	0,19 0,012	0,18 0,013	0,18 0,014	0,27 0,017	0,28 0,019	0,29 0,020	0,34 0,028	0,40 0,022	0,45 0,022	0,5 0,024	0,57 0,042
65%	W	0,18 0,009	0,18 0,011	0,18 0,010	0,21 0,012	0,18 0,011	0,29 0,017	0,28 0,019	0,31 0,020	0,39 0,027	0,42 0,026	0,13 0,565	0,5 0,033	0,54 0,034
40%	W	0,18 0,009	0,19 0,010	0,21 0,014	0,21 0,015	0,20 0,020	0,28 0,028	0,30 0,047	0,34 0,056	0,43 0,079	0,43 0,087	0,49 0,107	0,63 0,146	0,67 0,108

Tabelle 12-36: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): **Wurzelhalsdurchmesser** (cm, unten: Standardfehler) (Keimsubstrat mit Walderde, Mittelwerte)

(1b) Keimung im Baumschul-Standard-Substrat, pikiert in das Baumschul-Standard-Substrat:

Licht	Keim-substrat	Wochen nach Pikieren													
		0	1	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	17	18	20
70%	BS	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	95,24%	95,24%	90,48%	85,71%	85,71%	85,71%	85,71%	80,95%
65%	BS	100,00%	100,00%	95,24%	95,24%	95,24%	90,48%	85,71%	80,95%	80,95%	80,95%	71,43%	71,43%	71,43%	71,43%
40%	BS	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	94,74%	94,74%	94,74%	94,74%	94,74%	94,74%	94,74%	94,74%	94,74%

Tabelle 12-37: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): **Überlebensraten** der Pflanzen aus dem Standard-Keimsubstrat (Mittelwerte)

Licht	Keim-substrat	Wochen nach Pikieren													
		0	1	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	17	18	20
70%	BS	6,14	6,34	6,52	6,7	6,87	7,09	7,44	7,96	8,92	9,71	10,8	11,9	12,5	13,9
		0.23254	0.22205	0.24747	0.23089	0.23848	0.30043	0.30057	0.32671	0.36938	0.47478	0.56687	0.67324	0.64946	0.78562
65%	BS	5,77	5,9	6,13	6,37	6,37	6,59	6,88	7,64	7,77	8,46	9,57	10,4	11,2	12,2
		0.2167	0.2228	0.23134	0.22364	0.23	0.24036	0.26584	0.26011	0.30903	0.38078	0.30914	0.3479	0.43151	0.54996
40%	BS	6,59	6,86	6,92	7,23	7,28	7,52	7,88	8,46	8,9	9,91	10,3	11,1	11,7	12,3
		0.35051	0.37645	0.35628	0.36083	0.40462	0.3232	0.33554	0.34895	0.38098	0.52008	0.56921	0.64359	0.75571	0.67258

Tabelle 12-38: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): **Pflanzenhöhen (cm)** (Standard-Keimsubstrat, Mittelwerte)

Licht	Keim-substrat	Wochen nach Pikieren													
		0	1	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	17	18	20
70%	BS	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20	0,23	0,32	0,34	0,40	0,46	0,50	0,59	0,62	0,65
		0,011	0,013	0,01	0,012	0,013	0,019	0,017	0,022	0,027	0,028	0,033	0,035	0,042	0,043
65%	BS	0,20	0,19	0,20	0,20	0,19	0,19	0,27	0,32	0,34	0,37	0,44	0,50	0,53	0,58
		0,008	0,006	0,008	0,01	0,012	0,011	0,015	0,015	0,021	0,023	0,017	0,019	0,025	0,026
40%	BS	0,20	0,19	0,19	0,21	0,19	0,22	0,31	0,32	0,37	0,39	0,44	0,50	0,51	0,53
		0,012	0,012	0,012	0,014	0,014	0,012	0,018	0,02	0,026	0,027	0,029	0,037	0,044	0,039

Tabelle 12-39: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): **Wurzelhalsdurchmesser (cm)** (Standard-Keimsubstrat, Mittelwerte)

Anzuchtumgebung		Keimsubstrat Standard			Keimsubstrat Walderde		
		Anzahl gemessener Pflanzen	Relatives Höhenwachstum	Relatives Wachstum (WHD)	Anzahl gemessener Pflanzen	Relatives Höhenwachstum	Relatives Wachstum (WHD)
70 % Schattieranlage	rgr	17	0,041	0,056	5	0,024	0,057
	SF						
65% Schattieranlage	rgr	15	0,036	0,050	13	0,034	0,054
	SF						
40 % Schattieranlage	rgr	18	0,030	0,048	4	0,027	0,067
	SF						

Tabelle 12-40: *Cedrela montana* (Herkunft San Francisco): Relative Wachstumsraten der Pflanzen nach 20 Wochen Beobachtungsdauer (rgr= Relative Wachstumsrate, „relative growth rate“, SF = Standard-Fehler, WHD = Wurzelhalsdurchmesser)

(2a) Keimung im Kompost-Substrat, Pikiert in das Baumschul-Standard-Substrat:

Licht	Anzucht- milieu	Keim- substrat	Wochen nach Pikieren									
			0	4	7	8	10	12	14	17	19	20
70%	SA	C	100,0%	100,0%	100,0 %	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
65%	SA	C	100,0%	100,0%		93,3%	93,3%	93,3%	93,3%	93,3%	86,7%	86,7%
40%	GH	C	100,0%	100,0%		100,0%	100,0%			97,6%	95,2%	92,9%

Tabelle 12-41: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): **Überlebensraten** der Pflanzen aus dem Keimsubstrat mit Kompost (Mittelwerte, SA = Schattieranlage, GH = Gewächshaus)

Licht	Anzucht- milieu	Keim- substrat	Wochen nach Pikieren									
			0	4	7	8	10	12	14	17	19	20
70%	SA	C	6,37	7,07	7,81	7,87	8,13	8,75	9,21	10,09	10,78	12,20
			0,418	0,477	0,516	0,507	0,548	0,552	0,593	0,627	0,652	0,761
65%	SA	C	6,53	7,61		9,19	9,92	11,09	11,86	13,33	14,29	15,78
			0,429	0,496		0,472	0,443	0,490	0,553	0,625	0,586	0,611
40%	GH	C	6,31	7,31	7,93	8,31	8,70		9,87	10,39	10,80	11,60

Tabelle 12-42: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): **Pflanzenhöhen** (cm, unten: Standardfehler) (Keimsubstrat mit Kompost, Mittelwerte, SA = Schattieranlage, GH = Gewächshaus)

Licht	Anzucht- milieu	Keim- substrat	Wochen nach Pikieren									
			0	4	7	8	10	12	14	17	19	20
70%	SA	C	0,17	0,18	0,28	0,29	0,30	0,35	0,38	0,44	0,48	0,53
			0,006	0,012	0,013	0,013	0,013	0,014	0,015	0,019	0,021	0,029
65%	SA	C	0,16	0,18		0,33	0,35	0,42	0,46	0,53	0,56	0,60
			0,010	0,012		0,016	0,015	0,023	0,033	0,023	0,034	0,041
40%	GH	C	0,18	0,20	0,28	0,30	0,34		0,37	0,39	0,40	0,42

Tabelle 12-43: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): **Wurzelhalsdurchmesser** (cm, unten: Standardfehler) (Keimsubstrat mit Kompost, Mittelwerte, SA = Schattieranlage, GH = Gewächshaus)

(2b) Keimung im Baumschul-Standard-Substrat, pikiert in das Baumschul-Standard-Substrat:

Licht	Anzucht- milieu	Keim- substrat	Wochen nach Pikieren													
			0	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
70%	SA	BS	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
65%	SA	BS	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
40%	SA	BS	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 12-44: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): **Überlebensraten** (Standard-Keimsubstrat, Mittelwerte, SA = Schattieranlage, GH = Gewächshaus)

Licht	Anzucht- milieu	Keim- substrat	Wochen nach Pikieren													
			0	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
70%	SA	BS	5,09	5,46	5,78	6,04	6,17	6,35	7,11	7,57	8,09	8,93	9,61	10,02	10,91	11,49
			0,44728	0,48911	0,47847	0,48362	0,44946	0,45881	0,47689	0,48894	0,50502	0,53765	0,59758	0,63548	0,68392	0,6633
65%	SA	BS	5,94	6,34	6,67	6,86	7,07	7,15	7,94	8,52	8,85	9,46	10,01	10,54	11,00	11,45
			0,38421	0,40722	0,43431	0,39317	0,41421	0,43079	0,48224	0,53717	0,51432	0,50928	0,5511	0,59197	0,61287	0,66646
40%	SA	BS	6,39	6,73	7,05	7,39	7,50	7,78	8,57	9,35	9,87	10,68	11,35	11,75	12,69	12,88
			0,52084	0,5244	0,53368	0,54022	0,53547	0,5674	0,60016	0,59914	0,61771	0,61975	0,6208	0,64402	0,68258	0,65235

Tabelle 12-45: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): **Pflanzenhöhen (cm)** der Pflanzen aus dem Standard-Keimsubstrat (Mittelwerte, SA = Schattieranlage, GH = Gewächshaus)

Licht	Anzucht- milieu	Keim- substrat	Wochen nach Pikieren													
			0	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
70%	SA	BS	0,163	0,172	0,180	0,185	0,190	0,185	0,291	0,295	0,330	0,369	0,392	0,438	0,457	0,502
			0,01	0,01	0,01	0,01	0,009	0,01	0,012	0,015	0,014	0,017	0,019	0,026	0,027	0,028
65%	SA	BS	0,189	0,189	0,189	0,208	0,219	0,212	0,311	0,343	0,360	0,411	0,432	0,464	0,497	0,526
			0,01	0,009	0,011	0,01	0,01	0,011	0,015	0,018	0,018	0,018	0,022	0,026	0,03	0,03
40%	SA	BS	0,190	0,197	0,200	0,221	0,229	0,217	0,332	0,342	0,377	0,422	0,454	0,515	0,549	0,576
			0,007	0,005	0,004	0,01	0,009	0,011	0,011	0,012	0,012	0,014	0,013	0,019	0,019	0,021

Tabelle 12-46: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): **Wurzelhalsdurchmesser (cm)** (Standard-Keimsubstrat, Mittelwerte, SA = Schattieranlage, GH = Gewächshaus)

Anzuchtumgebung		Keimsubstrat Standard			Keimsubstrat Kompost		
		Anzahl gemessener Pflanzen	Relatives Höhen- wachstum	Relatives Wachstum (WHD)	Anzahl gemessener Pflanzen	Relatives Höhen- wachstum	Relatives Wachstum (WHD)
70 % Schattieranlage	rgr		0,039	0,052		0,033	0,055
	SF	19	0,003	0,003	15	0,002	0,003
65% Schattieranlage	rgr		0,032	0,048		0,045	0,063
	SF	19	0,002	0,003	13	0,005	0,005
40 % Schattieranlage	rgr		0,034	0,053	-	-	-
	SF	18	0,003	0,003	-	-	-
40 % Gewächshaus	rgr		-	-		0,031	0,044
	SF	-	-	-	37	-	-

Tabelle 12-47: *Cedrela montana* (Herkunft San Pedro de Vilcabamba): **Relative Wachstumsraten** der Pflanzen nach 20 Wochen Beobachtungsdauer (rgr= Relative Wachstumsrate, „relative growth rate“, SF = Standard-Fehler, WHD = Wurzelhalsdurchmesser)

12.4. Entwicklung der Keimlinge

Myrica pubescens

Höhe

Regressionsstatistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,965
Bestimmtheitsmaß	0,931
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,928
Standardfehler	0,251
Beobachtungen	26

	Freiheitsgrade (df)	Quadratsummen (SS)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	F krit
Regression	1	20,22	20,22	321,5	2E-15
Residue	24	1,509	0,063		
Gesamt	25	21,73			

	Koeffizienten	Standardfehler	t-Statistik	P-Wert	Untere 95%	Obere 95%	Untere 95,0%	Obere 95,0%
Schnittpunkt	1,003	0,118	8,491	1E-08	0,759	1,247	0,759	1,247
Höhe	0,118	0,007	17,93	2E-15	0,104	0,131	0,104	0,131

Tabelle 12-48: Kennwerte zur Berechnung der Regression zur Höhenentwicklung von *Myrica pubescens*

Wurzelhalsdurchmesser (WHD)

Regressionsstatistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,962
Bestimmtheitsmaß	0,925
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,921
Standardfehler	0,058
Beobachtungen	19

	Freiheitsgrade (df)	Quadratsummen (SS)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	F krit
Regression	1	0,717	0,717	209,9	5E-11
Residue	17	0,058	0,003		
Gesamt	18	0,775			

	Koeffizienten	Standardfehler	t-Statistik	P-Wert	Untere 95%	Obere 95%	Untere 95,0%	Obere 95,0%
Schnittpunkt	0,2	0,05	3,971	1E-03	0,094	0,307	0,094	0,307
WHD	0,035	0,002	14,49	5E-11	0,03	0,041	0,03	0,041

Tabelle 12-49: Kennwerte zur Berechnung der Regression zur Entwicklung des WHD (Wurzelhalsdurchmessers) von *Myrica pubescens*

Alnus acuminata**Höhe**

Regressionsstatistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,9657216
Bestimmtheitsmaß	0,9326182
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,9295554
Standardfehler	0,866324
Beobachtungen	24

	Freiheitsgrade (df)	Quadratsummen (SS)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	F krit
Regression	1	228,53088	228,53088	304,49781	2,257E-14
Residue	22	16,511381	0,7505173		
Gesamt	23	245,04226			

	Koeffizienten	Standardfehler	t-Statistik	P-Wert	Untere 95%	Obere 95%	Untere 95,0%	Obere 95,0%
Schnittpunkt	-1,411066	0,388068	-3,636132	0,0014587	-2,215871	-0,606262	-2,215871	-0,606262
Höhe	0,4463062	0,0255765	17,449866	2,257E-14	0,3932638	0,4993487	0,3932638	0,4993487

Tabelle 12-50: Kennwerte zur Berechnung der Regression zur Höhenentwicklung von *Alnus acuminata***Wurzelhalsdurchmesser (WHD)**

Regressionsstatistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,99
Bestimmtheitsmaß	0,98
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,978
Standardfehler	0,084
Beobachtungen	12

	Freiheitsgrade (df)	Quadratsummen (SS)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	F krit
Regression	1	3,38236	3,38236	484,582	8,4E-10
Residue	10	0,0698	0,00698		
Gesamt	11	3,45216			

	Koeffizienten	Standardfehler	t-Statistik	P-Wert	Untere 95%	Obere 95%	Untere 95,0%	Obere 95,0%
Schnittpunkt	-0,4233	0,08134	-5,2048	0,0004	-0,6046	-0,2421	-0,6046	-0,2421
WHD	0,10973	0,00498	22,0132	8,4E-10	0,09862	0,12084	0,09862	0,12084

Tabelle 12-51: Kennwerte zur Berechnung der Regression zur Entwicklung des WHD (Wurzelhalsdurchmessers) von *Alnus acuminata*

Tabebuia chrysantha**Höhe****Regressionsstatistik**

Multipler Korrelationskoeffizient	0,97568
Bestimmtheitsmaß	0,95195
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,95003
Standardfehler	0,89588
Beobachtungen	27

	Freiheits- grade (df)	Quadrat- summen (SS)	Mittlere Quadrat- summe (MS)	Prüfgröße (F)	F krit
Regression	1	397,546	397,546	495,318	5,4E-18
Residue	25	20,0652	0,80261		
Gesamt	26	417,611			

	Koeffizienten	Standardfehler	t-Statistik	P-Wert	Untere 95%	Obere 95%	Untere 95,0%	Obere 95,0%
Schnittpunkt	-1,6453	0,41436	-3,9708	0,00053	-2,4987	-0,7919	-2,4987	-0,7919
Höhe	0,49312	0,02216	22,2557	5,4E-18	0,44749	0,53875	0,44749	0,53875

Tabelle 12-52: Kennwerte zur Berechnung der Regression zur Höhenentwicklung von *Tabebuia chrysantha***Wurzelhalsdurchmesser (WHD)****Regressionsstatistik**

Multipler Korrelationskoeffizient	0,992
Bestimmtheitsmaß	0,98407
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,98318
Standardfehler	0,19374
Beobachtungen	20

	Freiheits- grade (df)	Quadrat- summen (SS)	Mittlere Quadrat- summe (MS)	Prüfgröße (F)	F krit
Regression	1	41,7239	41,7239	1111,6	1,2E-17
Residue	18	0,67563	0,03753		
Gesamt	19	42,3995			

	Koeffizienten	Standardfehler	t-Statistik	P-Wert	Untere 95%	Obere 95%	Untere 95,0%	Obere 95,0%
Schnittpunkt	-0,3387	0,12748	-2,657	0,01605	-0,6065	-0,0709	-0,6065	-0,0709
WHD	0,20604	0,00618	33,3407	1,2E-17	0,19306	0,21903	0,19306	0,21903

Tabelle 12-53: Kennwerte zur Berechnung der Regression zur Entwicklung des WHD (Wurzelhalsdurchmessers) von *Tabebuia chrysantha*

12.5. Keimverhalten und Samenproduktion im Hinblick auf das Tausendkorngewicht

12.5.1. Tausendkorngewicht (TKG)

Baumart	Wiegedatum	Anzahl gewogener Samen	TKG	Anzahl Samen / 1gr ca.
<i>Clethra revoluta</i>	7. April 2003	800	0.0511250	19 500
<i>Cinchona officinalis</i>	7. April 2003	268	0.8252381	1 200
<i>Alnus acuminata</i>	7. April 2003	900	0.187	5 300
<i>Myrica pubescens*</i>	7. April 2003	500	12.5508000	79.68
<i>Piptocoma discolor</i>		278	0.3559060	2 800
<i>Prumnopitys montana</i>	7. April 2003	125	323.64 (gewässert)	3
<i>Prumnopitys montana</i>	7. April 2003	8	61.313 (trocken)	16

Tabelle 12-54: Kennwerte zur Berechnung des TKG (Tausendkorngewichtes)

TKG, Wochen im Saatbeet & Pflanzenhöhe

Regressionsstatistik

Bestimmtheitsmaß	0.96883444
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0.90650333

	Freiheitsgrade (df)	Quadratsummen (SS)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	F krit
Regression	2	572.465381	286.23269	15.5433525	0.17653769
Residue	1	18.4151193	18.4151193		
Gesamt	3	590.8805			

	Koeffizienten	Standardfehler	t-Statistik	P-Wert
Schnittpunkt	10.0968679	31.0246605	0.32544653	0.79969668
TKG (g)	0.00148841	0.00094206	1.57995743	0.35923204
Wochen	0.14806111	1.14528357	0.12927899	0.9181524

Tabelle 12-55: Kennwerte zur Regression zwischen dem Zusammenhang zwischen der Pflanzenhöhe, dem Alter der Keimlinge im Saatbeet und dem TKG (Tausendkorngewicht, in g). Eingehende Baumarten: *Alnus acuminata*, *Juglans neotropica*, *Tabebuia chrysantha*, *Heliocarpus americanus*

12.5.2. Anzahl produzierter Samen pro Baum

Baumart	Samen- produktion pro Baum (in gr) *	Gewicht (gr) *	Anzahl Früchte für Gewichts- bestimmung)*	Anzahl Samen / Frucht * (gerundet)	TKG (gr)	Anzahl Samen / Baum
<i>Heliocarpus americanus</i>	58.32	0.036	10	19.35	1.86	ca. 31 000
<i>Heliocarpus americanus</i>	664.224	0.037	10	19.89	1.86	ca. 357 000
<i>Heliocarpus americanus</i>	678.024	0.0365	10	19.62	1.86	ca. 364 000
<i>Heliocarpus americanus</i>	528.255	0.035	10	18.82	1.86	ca. 284 000
<i>Heliocarpus americanus</i>	570.9824	0.032	10	17.20	1.86	ca. 307 000
<i>Clethra revoluta</i>	0	0	0	0	0.05	0
<i>Clethra revoluta</i>	91.3248	0.302	10	6040	0.05	ca. 1 826 000
<i>Clethra revoluta</i>	9.5592	0.02845	10	569	0.05	ca. 191 000
<i>Clethra revoluta</i>	40.8552	0.02935	10	587	0.05	ca. 817 000
<i>Clethra revoluta</i>	60.694725	0.0267	10	534	0.05	ca. 1 214 000
<i>Piptocoma discolor</i>	0	0.0035	10	9.72	0.36	0
<i>Piptocoma discolor</i>	0	0.004	10	11.11	0.36	0
<i>Piptocoma discolor</i>	0	0.0045	10	12.5	0.36	0
<i>Piptocoma discolor</i>	191541.35	0.0044	10	12.22	0.36	ca. 532 059 000
<i>Piptocoma discolor</i>	281315.981	0.0046	10	12.78	0.36	ca. 781 433 000
<i>Cedrela montana</i>	923.712	2.83	10	229.15	12.35	ca. 75 000
<i>Cedrela montana</i>	0	2.64	10	213.77	12.35	0
<i>Cedrela montana</i>	1658.88	2.56	10	207.29	12.35	ca. 134 000
<i>Cedrela montana</i>	1227.52	2.74	10	221.86	12.35	ca. 99 000
<i>Cedrela montana</i>	170.136	2.78	10	225.10	12.35	ca. 14 000
<i>Myrica pubescens</i>	70000				12.60	ca. 70 000
<i>Myrica pubescens</i>	93600				12.60	ca. 94 000
<i>Myrica pubescens</i>	0				12.60	0
<i>Myrica pubescens</i>	0				12.60	0
<i>Myrica pubescens</i>	2450				12.60	2 450

Tabelle 12-56: Anzahl produzierter Samen pro Baum im Zusammenhang mit dem Tausendkorngewicht (* Daten approximativ kalkuliert von CABRERA & ORDOÑEZ (2004), Berechnung über die Anzahl von Früchten in Zweigen 2., 3., 4. und 5. Ordnung. Berechnung der Anzahl Samen / Baum: (Samenproduktion (in gr) *1000) / TKG

12.6. Varianzanalysen

12.6.1. Keimung

Cedrela montana (San Francisco)

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Block	1	3084,007414	3084,007414	1,64	0,3284	-
Licht	2	5435,4664992	2717,733246	1,45	0,4084	-
Substrat	2	113592,3617	56796,1808	10,82	0,0846	-
Licht*Substrat	4	17563,5781	43,90,8945	0,84	0,6082	-

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Keimverlauf	42	399496,9067	9511,8311	145,99	<,0001	***
Keimverlauf *Block	42	2451,324026	58,364858	1,01	0,4802	-
Keimverlauf *Licht	84	9246,584832	110,078391	1,90	0,0019	**
Keimverlauf *Substrat	84	94695,04744	1127,32199	10,05	<,0001	***
Keimverlauf *Licht*Substrat	168	23169,64099	137,91453	1,23	0,1455	-

Untransformierte Daten

Cedrela montana (San Pedro de Vilcabamba)

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Block	1	86,3016398	86,3016398	0,54	0,5381	-
Licht	2	780,2268498	390,1134249	2,45	0,2897	-
65 % - 15 %	1	423,3588429	423,3588429	2,66	0,2444	-
Substrat	2	2116,315996	1058,157998	26,35	0,0022	**
W - C	2	216,2944894	216,2944894	5,39	0,0680	-
Licht*Substrat	4	114,854564	28,713641	0,71	0,6164	-

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Keimverlauf	42	7341,952046	174,808382	125,26	<,0001	***
Keimverlauf *Block	42	58,5599345	1,3942842	0,52	0,9893	-
Keimverlauf *Licht	84	500,5188017	5,9585572	2,23	0,0002	***
65 % - 15 %	42	291,4863880	6,9401521	2,59	0,0001	***
Keimverlauf *Substrat	84	1363,990535	16,237983	14,10	<,0001	***
W - C	42	195,5747929	1,6565427	4,04	<,0001	***
Keimverlauf *Licht*Substrat	168	112,144858	0,667529	0,58	0,9999	-

Transformierte Daten (sqrt (x))

Alnus acuminata

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Block	1	88,288288	88,288288	0,32	0,6293	-
Licht	2	7060,912913	3530,456456	12,74	0,0728	-
65% - (40% - 15%)	1	1200,22523	1200,22523	4,33	0,1729	-
40% - 15%	1	5860,68769	5860,68769	21,15	0,0442	*
65 % - 15 %	1	68,47147	68,47147	0,25	0,6684	-
Substrat	2	47487,13814	23743,56907	10,28	0,0115	*
BS - (W + C)	1	11130,02027	11130,02027	4,82	0,0706	-
W - C	1	36357,11787	36357,11787	15,73	0,0074	**
W - (BS + C)	2	47471,35360	47471,35360	20,54	0,0040	**
Licht*Substrat	4	2465,02102	616,25526	0,27	0,8892	-

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Keimverlauf	36	165657,1712	4601,5881	199,87	<,0001	***
Keimverlauf *Block	36	209,489489	5,819152	0,47	0,9930	-
Keimverlauf *Licht	72	7046,087087	97,862321	7,87	<,0001	***
65% - (40% - 15%)	36	3228,441441	89,678929	7,21	<,0001	***
40% - 15%	36	3817,645646	106,045712	8,52	<,0001	***
65 % - 15 %	36	1008,972973	28,027027	2,25	0,0017	**
Keimverlauf *Substrat	72	25127,86186	348,99808	8,49	<,0001	***
BS - (W + C)	36	5758,95195	159,97089	3,89	<,0001	***
W - C	36	19368,90991	538,02528	13,09	<,0001	***
W - (BS + C)	36	24999,61862	694,43385	16,90	<,0001	***
Keimverlauf *Licht*Substrat	144	1754,64565	12,18504	0,30	1,0000	-

Untransformierte Daten

Tabebuia chrysantha

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Block	1	500,280561	500,280561	2,69	0,2427	-
Licht	2	5663,521755	2831,760878	15,22	0,0616	-
40% - 15%	1	3470,45926	3470,45926	18,66	0,0496	*
Substrat	2	2562,83559	1281,41780	0,81	0,4943	-
Licht*Substrat	4	21326,60386	5331,65097	3,39	0,1066	-
(40% - 15%) - (BS - (W + S))	1	3437,20784	3437,20784	2,18	0,1996	-
(40% - 15%) - (W - S)	1	13428,80936	13428,80936	8,53	0,0330	*

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Keimverlauf	14	109109,3405	7793,5243	174,92	<,0001	***
Keimverlauf *Block	14	426,797595	30,485543	1,87	0,0765	-
Keimverlauf *Licht	28	2611,5877529	93,270983	5,73	<,0001	***
40% - 15%	14	1502,232099	107,302293	6,60	<,0001	***
Keimverlauf *Substrat	28	2084,899087	74,460682	1,19	0,2712	-
Licht*Substrat	56	8986,492365	160,473078	2,57	0,0001	***
(40% - 15%) - (BS - (W + S))	14	1187,864052	84,847432	1,36	0,1963	-
(40% - 15%) - (W - S)	14	5860,383626	418,598830	6,71	<,0001	***

Untransformierte Daten

Clethra revoluta

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Block	1	59,07732852	59,07732852	71,86	0,0136	*
Licht	2	22,56834863	11,28417432	13,73	0,0679	-
65% - (40% + 15%)	1	4,15992049	4,15992049	5,06	0,1534	-
40% - 15%	1	18,04132938	18,04132938	21,95	0,0427	*
65% - 15%	1	15,07835391	15,07835391	18,34	0,0504	-
Substrat	2	66,73782160	33,36891080	1,08	0,3977	-
BS - (W + S)	1	50,94668165	50,94668165	1,65	0,2465	-
W - S	1	15,79113995	15,79113995	0,51	0,5016	-
BS - S	1	66,72158329	66,72158329	2,16	0,1922	-
Licht*Substrat	4	53,46786654	13,36696663	0,43	0,7817	-

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Keimverlauf	34	519,0011714	15,2647403	84,29	<,0001	***
Keimverlauf*Block	34	28,69152245	0,84386831	9,08	<,0001	***
Keimverlauf *Licht	68	25,60914287	0,37660504	4,05	<,0001	***
65% - (40% + 15%)	34	10,80276805	0,31772847	3,42	<,0001	***
40% - 15%	34	14,91421071	0,43865326	4,72	<,0001	***
65% - 15%	34	9,49650764	0,27930905	3,01	<,0001	***
Keimverlauf *Substrat	68	30,32108182	0,44589826	0,88	0,7200	-
BS - (W + S)	34	24,17014619	0,71088665	1,41	0,0776	-
W - S	34	6,15093563	0,1809987	0,36	0,9997	-
BS - S	34	27,04004093	0,79529532	1,58	0,0294	*
Keimverlauf *Licht*Substrat	136	25,38197346	0,18663216	0,37	1,0000	-

Transformierte Daten (log (x+1))

Cinchona officinalis

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Licht	2	50056,2448	25028,1224	4,48	0,0264	*
65% - (40% + 15%)	1	49186,67955	49186,67955	8,80	0,0083	**
40% - 15%	1	869,56522	869,56522	0,16	0,6979	-
65 % - 15 %	1	42771,16908	42771,16908	7,65	0,0127	*
Substrat	4	46461,8873	23230,9436	4,16	0,0328	*
BS - (W + S)	1	43189,19163	43189,19163	7,73	0,0123	*
W - S	1	32,72,69565	32,72,69565	0,59	0,4540	-
BS - S	1	43506,12560	43506,12560	7,79	0,0121	*
Licht*Substrat	1	26597,3591	6649,3398	1,19	0,3488	-

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Keimverlauf	22	281658,5894	12802,6632	83,51	<,0001	***
Keimverlauf *Licht	44	12385,2367	281,4827	1,84	0,0922	-
65% - (40% + 15%)	22	11852,13527	538,73342	3,51	0,0140	*
40% - 15%	22	533,10145	24,23188	0,16	0,9490	-
65 % - 15 %	22	10830,60870	492,30040	3,21	0,0211	*
Keimverlauf *Substrat	22	13480,0386	306,3645	2,00	0,0659	-
BS - (W + S)	44	9007,84541	409,44752	2,67	0,0443	*
W - S	22	4472,19324	203,28151	1,33	0,2713	-
BS - S	22	10564,09662	480,18621	3,13	0,0236	*
Keimverlauf *Licht*Substrat	88	12660,7150	143,8718	0,94	0,5262	-

Untransformierte Daten

Vergleich (1):**Alle Baumarten, kumulative Keimprozent**

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Block	1	7,8876119	7,8876119	0,02	0,9052	-
Licht	2	127,6328839	63,8164419	0,15	0,8720	-
65% - (40% + 15%)	1	126,28522	126,28522	0,29	0,6439	-
40% - 15%	1	0,05584	0,05584	0,00	0,9920	-
65 % - 15 %	1	105,41966	105,41966	0,24	0,6712	-
Substrat	1	4574,51834	4574,51834	14,87	0,0008	***
Licht*Substrat	2	405,46617	202,73308	0,66	0,5265	-
Baumarten	4	31852,47509	7963,11877	25,88	<,0001	***
(Cedro SF, Cedro V, Aliso) - (Guayacan, Almizcle)	1	10912,64827	10912,64827	35,47	<,0001	***
(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) - (Aliso, Almizcle)	1	22686,70056	22686,70056	73,74	<,0001	***
Cedro SF - Cedro V	1	4616,26385	4616,26385	15,00	0,0007	***
Licht*Baumarten	8	2649,39945	331,17493	1,08	0,4117	-
Substrat*Baumarten	4	22222,57740	5555,64435	18,06	<,0001	***
Licht*Substrat*Baumarten	8	542,54823	67,81853	0,22	0,9837	-

Untransformierte Daten

Vergleich (2):***Cedrela montana* (San Francisco und San Pedro de Vilcabamba), kumulative Keimprozent**

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Block	1	1740,684260	1740,684260	2,01	0,2921	-
Licht	2	2873,031153	1436,515576	1,66	0,3762	-
65% - (40% + 15%)	1	2226,12233	2226,12233	2,57	0,2501	-
40% - 15%	1	892,87133	892,87133	1,03	0,4168	-
65 % - 15 %	1	694,75718	694,75718	0,80	0,4650	-
Substrat	1	13227,80482	6613,90241	17,65	<,0001	***
BS - (W+C)	1	13073,88055	13073,88055	34,89	<,0001	***
W - C	1	0,66845	0,66845	0,00	0,9667	-
BS - C	1	10594,81910	10594,81910	28,28	<,0001	***
Licht*Substrat	4	1799,37328	449,84332	1,20	0,3429	-
Baumarten	2	9403,17956	4701,58978	12,55	0,0003	***
(Cedro SF, Cedro V) - Aliso	1	8155,00192	8155,00192	21,76	0,0002	***
Cedro SF - Cedro V	1	3302,98282	3302,98282	8,82	0,0079	**
Licht*Baumarten	4	3937,06769	984,26692	2,63	0,0669	-
Substrat*Baumarten	4	21092,43795	5273,10949	14,07	<,0001	***
[BS - (W+C)] * [(Cedro SF, Cedro V) - Aliso]	1	14815,78281	14815,78281	39,54	<,0001	***
[BS - (W+C)] * [Cedro SF, Cedro V]	1	0,87695	0,87695	0,00	0,9619	-
[W-C] * [(Cedro SF, Cedro V) - Aliso]	1	4111,88412	4111,88412	10,97	0,0037	**
[W-C] * [Cedro SF, Cedro V]	1	468,20688	468,20688	1,25	0,2776	-
Licht*Substrat*Baumarten	8	3337,13242	417,14155	1,11	0,3976	-

Untransformierte Daten

Vergleich (3):***Tabebuia chrysantha, Clethra revoluta*, kumulative Keimprozent**

Varianzquelle	FG	Typ III SS Contrast SS	Mean Square	F-Wert	Pr > F	
Block	1	425,0362980	425,0362980	10,03	0,0869	-
Licht	2	384,5191026	192,2595513	4,54	0,1806	-
65% - (40% + 15%)	1	61,56258	61,56258	1,45	0,3513	-
40% - 15%	1	312,66554	312,66554	7,38	0,1130	-
65 % - 15 %	1	226,31501	226,31501	5,34	0,1470	-
Substrat	2	315,07954	157,53977	1,02	0,3871	-
BS - (W+S)	1	293,57052	293,57052	1,89	0,1903	-
W - S	1	33,25416	33,25416	0,21	0,6503	-
BS - S	1	293,73369	293,73369	1,90	0,1902	-
Licht*Substrat	4	1816,97204	454,24301	2,93	0,0593	-
[40% - 15 %] - [W-S]	1	1325,33926	1325,33926	8,55	0,0111	*
[40% - 15 %] - [BS-S]	1	1299,67115	1299,67115	8,39	0,0117	*
Baumarten	1	20343,55790	20343,55790	131,27	<,0001	***
Licht*Baumarten	2	83,27096	41,63548	0,27	0,7683	-
Substrat*Baumarten	2	19,92307	9,96153	0,06	0,9380	-
Licht*Substrat*Baumarten	4	1506,24476	376,56119	2,43	0,0965	-

Untransformierte Daten

12.6.2. Anzucht

Vergleich (1):

Cedrela montana (SF und V), *Tabebuia chrysantha*, *Piptocoma discolor*

a) Überlebensprozente

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	49,370400	24,685200	0,09	0,9146	-
70% - (65% + 40%)	1	21,805053	21,805053	0,08	0,7906	-
40% - (70% + 65%)	1	47,357275	47,357275	0,18	0,6972	-
70% - 40%	1	44,477128	44,477128	0,16	0,7059	-
Substrat	2	2446,071892	1223,035946	4,52	0,0941	-
BS - (Dü + W)	1	1523,799433	1523,799433	5,63	0,0765	-
BS - Dü	1	346,763567	346,763567	1,28	0,3208	-
W - (BS + Dü)	1	2099,308325	2099,308325	7,76	0,0495	*
Baumart	3	7543,026345	2514,342115	7,15	0,0023	**
(CedroSF , Cedro V, Guayacan) - Tunash	1	1928,079795	1928,079795	5,48	0,0309	*
Cedro SF - Cedro V	1	5115,809464	5115,809464	14,54	0,0013	**
(Cedro SF - Cedro V) - Guayacan	1	499,137086	499,137086	1,42	0,2491	-
Guayacan - Tunash	1	526,862618	526,862618	1,50	0,2368	-
Substrat * Baumart	6	3146,664342	524,444057	1,49	0,2371	-
[W - (BS + Dü)] - [(CedroSF , Cedro V, Guayacan) - Tunash]	1	2685,379557	2685,379557	7,63	0,0128	*
[W - (BS + Dü)] - [Guayacan - Tunash]	1	2081,948066	2081,948066	5,92	0,0256	*

b) Höhe

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	83.8239718	41.9119859	1,21	0,3888	-
70% - (65% + 40%)	1	0.0138318	0.0138318	0,00	0,9850	-
40% - (70% + 65%)	1	61,6974046	61,6974046	1,78	0,2533	-
70% - 40%	1	20.0309420	20.0309420	0,58	0,4898	-
Substrat	2	133.1690881	66.5845441	1,92	0,2605	-
BS - (Dü + W)	1	1.3498332	1.3498332	0,04	0,8533	-
BS - Dü	1	26.4832871	26.4832871	0,76	0,4317	-
W - (BS + Dü)	1	111.9248996	111.9248996	3,22	0,1470	-
Baumart	3	12879.23220	4293.07740	203,31	<,0001	***
(CedroSF , Cedro V, Guayacan) - Tunash	1	4605.484315	4605.484315	218,11	<,0001	***
Cedro SF - Cedro V	1	349.937529	349.937529	16,57	<,0001	***
(Cedro SF - Cedro V) - Guayacan	1	8121.170478	8121.170478	348,60	<,0001	***
Guayacan - Tunash	1	64.723653	64.723653	3,07	0,0807	-
Substrat * Baumart	6	285.76167	47.62694	2,26	0,0373	*
[BS - (Dü + W)] - [Cedro SF, Cedro V]	1	98.4213062	98.4213062	4,66	0,0314	*
[BS - (Dü + W)] - [(Cedro SF, Cedro V) - Guayacan]	1	90.6610405	90.6610405	4,29	0,0389	*

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F H - F	
Versuchsverlauf (V)	7	13528,71556	1932,67365	2381,47	<,0001	
V Block (Licht)	14	46.1532970	3.29665998	1,33	0,2494	
70% - (65% + 40%)	7	13.59816870	1.94259553	0,79	0,6044	
40% - (70% + 65%)	7	12.912533	1.84464762	0,75	0,6351	
70% - 40%	7	3.53889554	0.50555651	0,20	0,9817	
V*Substrat	14	90.03393552	6.43099539	2,60	0,0151	
BS - (Dü + W)	7	3.98240680	0.56891526	0,23	0,9744	
BS - Dü	7	22.02206675	3.146000954	1,27	0,2988	
W - (BS + Dü)	7	71.42811746	10.20401678	4,13	0,0031	
V*Baumart	21	167.01759	7.95322	9,80	<,0001	
(CedroSF , Cedro V, Guayacan) - Tunash	7	49.17788925	7.02541275	8,66	0,0006	
Cedro SF - Cedro V	7	47.07617754	6.72516822	8,29	0,0008	
(Cedro SF - Cedro V) - Guayacan	7	74.27121529	10.61017361	13,07	<,0001	
Guayacan - Tunash	7	77.54042040	11.07720291	13,65	<,0001	
V*Substrat * Baumart	42	66.01366	1.57175	1,94	0,0402	
[BS - Dü] - [(Cedro SF, Cedro V, Guayacan) - Tunash]	7	32.41195142	4.63027877	5,71	0,0066	
[BS - Dü] - [Guayacan - Tunash]	7	22.24075289	3.17725041	3,92	0,0288	

Huyhnh-Feldt:0,2286

c) Wurzelhalsdurchmesser

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	0,1315129715	0,0657564858	2,40	0,2070	-
70% - (65% + 40%)	1	0,12369482	0,12369482	4,51	0,1010	-
40% - (70% + 65%)	1	0,01049370	0,01049370	0,38	0,5698	-
70% - 40%	1	0,06885668	0,06885668	2,51	0,1884	-
Substrat	2	0,4034967651	0,2017483825	7,35	0,0457	*
BS - (Dü + W)	1	0,00512085	0,00512085	0,19	0,6880	-
BS - Dü	1	0,07189082	0,07189082	2,62	0,1808	-
W - (BS + Dü)	1	0,34218549	0,34218549	12,47	0,0242	*
Baumart	2	4,04252215	1,34750738	42,36	<,0001	***
(CedroSF , Cedro V, Guayacan) - Tunash	1	2,31896231	2,31896231	72,90	<,0001	***
Cedro SF - Cedro V	1	0,83246071	0,83246071	26,17	<,0001	***
(Cedro SF - Cedro V) - Guayacan	1	1,18462396	1,18462396	37,24	<,0001	***
Guayacan - Tunash	1	0,51249097	0,51249097	16,11	<,0001	***
Substrat * Baumart	4	0,34939537	0,05823256	1,83	0,0918	-

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F H - F	
Versuchsverlauf (V)	6	32,00644334	5,33440722	2505,61	<,0001	***
V Block (Licht)	12	0,12234531	0,010019544	7,69	<,0001	***
70% - (65% + 40%)	6	0,05108815	0,00851469	6,43	0,0004	***
40% - (70% + 65%)	6	0,10756950	0,01792825	13,53	<,0001	***
70% - 40%	6	0,09669102	0,01611517	12,16	<,0001	***
V*Substrat	12	0,11849010	0,00987418	7,45	<,0001	***
BS - (Dü + W)	6	0,00799885	0,00133314	1,01	0,4445	-
BS - Dü	6	0,02623310	0,00437218	3,30	0,0164	*
W - (BS + Dü)	6	0,09504650	0,01584108	11,95	<,0001	***
V*Baumart	12	0,70877679	0,03937649	18,50	<,0001	***
(CedroSF , Cedro V, Guayacan) - Tunash	6	0,10977856	0,01829643	8,59	0,0002	***
Cedro SF - Cedro V	6	0,38609149	0,06434858	30,22	<,0001	***
(Cedro SF - Cedro V) - Guayacan	6	0,25266831	0,04211139	19,78	<,0001	***
Guayacan - Tunash	6	0,13031038	0,02171840	10,20	<,0001	***
V*Substrat * Baumart	24	0,15850283	0,00440286	2,07	0,0151	*

Huynh-Feldt: 0,3496

d) Relative Wachstumsraten

Höhe

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	0,00084423	0,00042211	1,08	0,4212	-
70% - (65% + 40%)	1	0,00034544	0,00034544	0,89	0,4000	-
40% - (70% + 65%)	1	0,00010266	0,00010266	0,26	0,6350	-
70% - 40%	1	0,00002192	0,00002192	0,06	0,8243	-
Substrat	2	0,00672711	0,00336355	8,62	0,0355	*
BS - (Dü + W)	1	0,00062288	0,00062288	1,60	0,2751	-
BS - Dü	1	0,00039820	0,00039820	1,02	0,3696	-
W - (BS + Dü)	1	0,00638942	0,00638942	16,37	0,0155	*
Baumart	2	0,18860735	0,06286912	226,07	<,0001	***
(CedroSF , Cedro V, Guayacan) - Tunash	1	0,05413805	0,05413805	194,68	<,0001	***
Cedro SF - Cedro V	1	0,00045181	0,00045181	1,62	0,2030	-
(Cedro SF - Cedro V) - Guayacan	1	0,13027420	0,1327420	468,46	<,0001	***
Guayacan - Tunash	1	0,00000095	0,00000095	0,00	0,9533	-
Substrat * Baumart	4	0,00636435	0,00106073	3,81	0,0010	**

Wurzelhalsdurchmesser

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	0,00198977	0,00099489	3,43	0,1357	-
70% - (65% + 40%)	1	0,00122668	0,00122668	4,23	0,1089	-
40% - (70% + 65%)	1	0,00171522	0,00171522	5,91	0,0719	*
70% - 40%	1	0,00195090	0,00195090	6,72	0,0605	-
Substrat	2	0,00102695	0,00051347	1,77	0,2815	-
BS - (Dü + W)	1	0,00000859	0,00000859	0,03	0,8717	-
BS - Dü	1	0,00019912	0,00019912	0,69	0,4540	-
W - (BS + Dü)	1	0,00084748	0,00084748	2,92	0,1626	-
Baumart	3	0,04555231	0,01518410	75,62	<,0001	***
(CedroSF , Cedro V, Guayacan) - Tunash	1	0,02347188	0,02347188	116,89	<,0001	***
Cedro SF - Cedro V	1	0,00114095	0,00114095	5,68	0,0175	*
(Cedro SF - Cedro V) - Guayacan	1	0,01841891	0,01841891	91,73	<,0001	***
Guayacan - Tunash	1	0,00322422	0,00322422	16,06	<,0001	***
Substrat * Baumart	6	0,00434009	0,00072335	3,60	0,0017	**

Vergleich (2): *Cedrela montana* (Herkunft SF & V)

a) Überlebensraten

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	1943,7699	971,8850	4,32	0,0690	-
70% - (65% + 40%)	1	1750,7402	1750,7402	7,77	0,0317	*
40% - (70% + 65%)	1	79,0106	79,0106	0,35	0,5753	-
70% - 40%	1	857,8658	857,8658	3,81	0,0988	-
Substrat	3	117555,1667	39185,0556	174,00	<,0001	***
BS - (Dü + W + C)	1	20435,7152	20435,7152	90,74	<,0001	***
C - (BS + Dü + W)	1	114972,8836	114972,8836	510,53	<,0001	***
Baumart	1	10973,4394	10973,4394	94,18	<,0001	***
Substrat * Baumart	3	1735,0123	578,3374	4,96	0,0311	*

b) Höhe

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	30,7376828	15,3688414	0,45	0,6567	-
70% - (65% + 40%)	1	4,4106751	4,4106751	0,13	0,7312	-
40% - (70% + 65%)	1	16,4307607	16,4307607	0,48	0,5133	-
70% - 40%	1	1,9551314	1,9551314	0,06	0,8186	-
Substrat	3	718,2127414	239,4042471	7,03	0,0217	*
BS - Dü	1	2,7348926	2,7348926	0,08	0,7846	-
W - (BS + Dü)	1	236,3461319	236,3461319	6,94	0,0388	*
Baumart	1	335,005063	335,005063	11,99	0,0006	***
Substrat * Baumart	2	101,960165	50,980083	1,82	0,1636	-

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	H - F
Versuchsverlauf (V)	7	3113,728964	444,818423	582,55	<,0001	***
V Block (Licht)	14	18,8050814	1,3432201	1,52	0,1447	-
70% - (65% + 40%)	7	14,64912282	2,09273183	2,37	0,0387	*
40% - (70% + 65%)	7	0,675249	0,09667893	0,11	0,9974	-
70% - 40%	7	3,92412792	0,56058970	0,64	0,7237	-
V*Substrat	21	212,1922166	10,1043913	11,46	<,0001	***
BS - Dü	7	38,73027826	5,53289689	6,27	<,0001	***
W - (BS + Dü)	7	65,74464948	9,39209278	10,65	<,0001	***
V*Baumart	7	48,098953	6,871279	9,00	0,0007	***
V*Substrat * Baumart	14	18,005430	1,286102	1,68	0,1705	-

Huynh-Feldt: 0,2124

c) Wurzelhalsdurchmesser

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	0,032032885	0,016016442	0,39	0,6905	-
70% - (65% + 40%)	1	0,03162283	0,03162283	0,78	0,4116	-
40% - (70% + 65%)	1	0,00674795	0,00674795	0,17	0,6978	-
70% - 40%	1	0,02393144	0,02393144	0,59	0,4719	-
Substrat	3	1,273350904	0,424450301	10,45	0,0085	**
BS - Dü	1	0,03106930	0,03106930	0,78	0,4155	-
W - (BS + Dü)	1	0,61011357	0,61011357	15,02	0,0082	**
Baumart	1	0,76793661	0,76793661	18,55	<,0001	***
Substrat * Baumart	2	0,12154737	0,06077368	1,47	0,2326	-

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F H - F	
Versuchsverlauf (V)	6	9,80787651	1,63464593	688,13	<,0001	***
V Block (Licht)	12	0,03032661	0,00252722	1,92	0,0656	-
70% - (65% + 40%)	6	0,01695866	0,00282644	2,14	0,0720	-
40% - (70% + 65%)	6	0,01409074	0,00234846	1,78	0,1309	-
70% - 40%	6	0,01606473	0,00267745	2,03	0,0868	-
V*Substrat	18	0,32044698	0,01780261	13,5	<,0001	***
BS - Dü	6	0,03661323	0,00610220	4,63	0,0014	**
W - (BS + Dü)	6	0,14271591	0,02378598	18,03	<,0001	***
V*Baumart	6	0,38099683	0,063499947	26,73	<,0001	***
V*Substrat * Baumart	12	0,05132047	0,00427671	1,80	0,1376	-

Huynh-Feldt: 0,2890

d) relative Wachstumsraten

Höhe

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	0,00749217	0,00374608	3,38	0,1038	-
70% - (65% + 40%)	1	0,00642245	0,00642245	5,08	0,0527	-
40% - (70% + 65%)	1	0,00010057	0,00010057	0,09	0,7733	-
70% - 40%	1	0,00167878	0,00167878	1,52	0,2642	-
Substrat	3	0,02985341	0,00995114	8,99	0,0123	*
BS - (Dü + W + C)	1	0,00982324	0,00982324	8,87	0,0247	*
BS - Dü	1	0,00495956	0,00495956	4,48	0,0787	-
W - (BS + Dü)	1	0,0051090	0,0051090	4,61	0,0754	-
C - (BS + Dü + W)	1	0,01936875	0,01936875	17,50	0,0058	**
Baumart	1	0,00237088	0,00237088	2,28	0,1318	-
Substrat * Baumart	3	0,00447313	0,00149104	1,44	0,2323	-

Wurzelhalsdurchmesser

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	1,13603802	0,56801901	3,36	0,1049	-
70% - (65% + 40%)	1	0,93563493	0,93563493	5,54	0,0568	-
40% - (70% + 65%)	1	0,02958599	0,02958599	0,18	0,6902	-
70% - 40%	1	0,21238885	0,21238885	1,26	0,3051	-
Substrat	3	4,53568897	1,51189632	8,95	0,0124	*
BS - (Dü + W + C)	1	1,74416993	1,74416993	10,32	0,0183	*
BS - Dü	1	0,57827343	0,57827343	3,42	0,1138	-
W - (BS + Dü)	1	0,67338837	0,67338837	3,98	0,0929	-
C - (BS + Dü + W)	1	3,22178957	3,22178957	19,06	0,0047	*
Baumart	1	0,36484791	0,36484791	2,84	0,0931	-
Substrat * Baumart	3	0,64898869	0,21632956	1,68	0,1709	-

Vergleich (3): *Tabebuia chrysantha*, *Piptocoma discolor*

a) Überlebensprozente:

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	844,2352	422,11626	0,73	0,5218	-
70% - (65% + 40%)	1	18,74617	18,74617	0,03	0,8634	-
40% - (70% + 65%)	1	731,53260	731,53260	1,26	0,3048	-
70% - 40%	1	328,16251	328,16251	0,56	0,4808	-
Substrat	3	56170,21161	18723,40387	32,22	0,0004	***
BS - (Dü + W + s)	1	10145,53861	10145,53861	17,46	0,0058	**
S - (BS + Dü + W)	1	55609,09561	55609,09561	95,69	<,0001	***
Baumart	1	2633,98561	2633,98561	6,02	0,0398	*
Substrat * Baumart	2	4035,89552	1345,29851	3,07	0,0907	-

b) Höhe

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	68,18306429	34,09153214	4,30	0,0695	-
70% - (65% + 40%)	1	0,24213960	0,24213960	0,03	0,8671	-
40% - (70% + 65%)	1	47,89190900	47,89190900	6,04	0,0493	*
70% - 40%	1	15,37184678	15,37184678	1,94	0,2134	-
Substrat	3	24,16537335	8,05512445	1,02	0,4491	-
BS - (Dü + W + s)	1	0,56418900	0,56418900	0,07	0,7987	-
S - (BS + Dü + W)	1	10,90781546	10,90781546	1,37	0,2855	-
Baumart	1	41,582665	41,582665	3,54	0,0615	-
Substrat * Baumart	3	70,697739	23,563913	2,00	0,1147	-

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F H - F	
Versuchsverlauf (V)	7	1057,617884	151,088269	186,45	<,0001	***
V Block (Licht)	14	26,69973659	1,90712404	1,53	0,1439	-
70% - (65% + 40%)	7	2,97678846	0,42525549	0,34	0,9307	-
40% - (70% + 65%)	7	13,01304735	1,85900676	1,49	0,1982	-
70% - 40%	7	2,85933186	0,40847598	0,33	0,9375	-
V*Substrat	21	62,60811348	2,98133874	2,39	0,0082	**
BS - (Dü + W + s)	7	41,54474671	5,93496382	4,75	0,0005	***
S - (BS + Dü + W)	7	42,94977629	6,13568233	4,91	0,0004	***
V*Baumart	7	14,600897	2,085842	2,57	0,0835	-
V*Substrat * Baumart	14	38,140974	1,816237	2,24	0,0451	*

Huynh-Feldt: 0,2570

c) Wurzelhalsdurchmesser

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	0,039478451	0,0174739225	0,83	0,4820	-
70% - (65% + 40%)	1	0,01429578	0,01429578	0,68	0,4424	-
40% - (70% + 65%)	1	0,00420326	0,00420326	0,20	0,6714	-
70% - 40%	1	0,00072149	0,00072149	0,03	0,8595	-
Substrat	3	0,0573179332	0,0191059777	0,90	0,4926	-
BS - (Dü + W + s)	1	0,00783735	0,00783735	0,37	0,5650	-
s - (BS + Dü + W)	1	0,03267580	0,03267580	1,55	0,2602	-
Baumart	1	0,29432776	0,29432776	16,10	<,0001	***
Substrat * Baumart	2	0,10273112	0,03424371	1,87	0,1354	-

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F H - F	
Versuchsverlauf (V)	6	2,43385774	0,40564296	235,82	<,0001	***
V Block (Licht)	12	0,09359710	0,00779976	3,28	0,0029	**
70% - (65% + 40%)	6	0,02081044	0,00346841	1,46	0,2206	-
40% - (70% + 65%)	6	0,08322463	0,01387077	5,83	0,0003	***
70% - 40%	6	0,05909055	0,00984843	4,14	0,0029	**
V*Substrat	18	0,07806834	0,00433713	1,82	0,0617	-
BS - (Dü + W + s)	6	0,04592773	0,00765462	3,22	0,0124	*
s - (BS + Dü + W)	6	0,05119743	0,00853290	3,58	0,0069	**
V*Baumart	6	0,04851026	0,00808504	4,70	0,0025	**
V*Substrat * Baumart	18	0,05664807	0,00314712	1,83	0,0566	-

Huynh-Feldt: 0,5251

d) relative Wachstumsraten

Höhe

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	0,00007154	0,00003577	0,08	0,9273	-
70% - (65% + 40%)	1	0,00000118	0,00000118	0,00	0,9615	-
40% - (70% + 65%)	1	0,00005595	0,00005595	0,12	0,7414	-
70% - 40%	1	0,00002587	0,00002587	0,06	0,8220	-
Substrat	3	0,01252953	0,00417651	8,92	0,0125	*
BS - (Dü + W + s)	1	0,00748054	0,00748054	15,98	0,0071	**
s - (BS + Dü + W)	1	0,00615654	0,00615654	13,15	0,0110	*
Baumart	1	0,00018049	0,00018049	0,43	0,5150	-
Substrat * Baumart	2	0,00392431	0,00130810	3,08	0,0281	*

Wurzelhalsdurchmesser

Varianzquelle	FG	Type III SS Contrast SS	Mean Square	F Wert	Pr > F	
Block (Licht)	2	0,00051341	0,00025671	1,06	0,4027	-
70% - (65% + 40%)	1	0,00022375	0,00022375	0,93	0,3730	-
40% - (70% + 65%)	1	0,00050502	0,00050502	2,09	0,1984	-
70% - 40%	1	0,00046090	0,00046090	1,91	0,2165	-
Substrat	3	0,00323572	0,00107857	4,46	0,0567	
BS - (Dü + W + s)	1	0,00203921	0,00203921	8,44	0,0271	*
s - (BS + Dü + W)	1	0,00322442	0,00322442	13,35	0,0107	*
Baumart	1	0,00000011	0,00000011	0,00	0,9818	-
Substrat * Baumart	3	0,00280277	0,00093426	4,49	0,0044	**

12.7. Anzuchtprotokolle

Tabebuia chrysantha**Samenernte**

Erntezeitraum	Dezember
Erntemethode	am stehenden Baum, Ernte der noch geschlossenen Früchte
Nachreifung	Früchte bis zur Öffnung trocknen lassen

Samenlagerung

Verpackung	Plastiktüte, Glas (trockene Samen)
Lagerfähigkeit	max. 3 Monate **
Wassergehalt	k. A.
Lagertemperatur	k. A.

Samenausbeute

Kornzahl pro kg Früchte	k. A.
Kornzahl pro kg Samen	ca. 111 000
Tausendkorngewicht	ca. 9 g
Keimprozent (auf Papier)	bis 85 % (nach ca. 30 Tagen)
Keimprozent (Baumschule)	knapp 60% (nach ca. 30 Tagen)
Sämlinge pro kg Samen	ca. 66 600

Anzucht

Vorbehandlung	Wässern ca. 12 Std. vor der Saat (dient zur Quellung der Samen und der optischen Unterscheidung von lebenden und Hohlkörnern)
Aussaatzeitraum	Dezember - Januar
Schutzvorkehrung	k. A.
Krankheiten	k. A.
Verschulalter	(ca. 8 Wochen)
Wachstum Anzuchtphase	schnell, Höhe nach 4 Mon. ca. 10 cm
Auspflanzzeitraum	k. A.
Kulturhinweise	Während der Anzucht lichtbedürftig (Gute Entwicklung bei Aussat direkt in die Foliencontainer, Ersparnis von Zeit- und Arbeitsaufwand)

** CUEVA (2003)

Guayacan**Erntegebiet San Francisco**

Cinchona officinalis***Cascarilla*****Erntegebiet San Pedro de Vilcabamba****Samenernte**

Erntezeitraum	ganzjährig
Erntemethode	am stehenden Baum, Ernte der noch geschlossenen Früchte
Nachreifung	Früchte bis zur Öffnung trocknen lassen (Nachreifephase ?)

**Samenlagerung**

Verpackung	Plastiktüte, Glas
Lagerfähigkeit	Verlust der Keimkraft schon nach 3 Monaten *
Wassergehalt	14,3% *
Lagertemperatur	k. A.

**Samenausbeute**

Kornzahl pro kg Früchte	k. A.
Kornzahl pro kg Samen	ca. 1 200 000-1 300 000
Tausendkorngewicht	0,783 g (*) - 0,825 g
Keimprozent (auf Papier)	ca. 80% (nach ca. 40 Tagen)
Keimprozent (Baumschule)	ca. 50 – 70 % (teilweise bis zu 90 %) (nach ca. 60 Tagen)
Sämlinge pro kg Samen	ca. 600 000

**Anzucht**

Vorbehandlung	Wässern ca. 12 Std. vor der Saat (dient zur Quellung der Samen und der optischen Unterscheidung von lebenden Samen und Hohlkörnern)
Aussaatzeitraum	ganzjährig (jedoch möglichst bald nach der Ernte)
Keimumgebung	schattig, sandiges Substrat
Schutzvorkehrung	Windschutz, da Samen sehr klein
Krankheiten	k. A.
Verschulalter	ca. 25-30 Wochen
Wachstum Anzuchtphase	langsam, 2,2 cm in 2 Monaten *
Auspflanzzeitraum	k. A.
Kulturhinweise	Pflanzen sehr empfindlich kurz nach dem Pikieren, geschützte Umgebung in den ersten Wochen ratsam: Gewächshaus



* DIAZ & LOJAN (2004)

Cedrela montana***Cedro*****Erntegebiet San Francisco****Samenernte**

Erntezeitraum:	Mai – Juli
Erntemethode	am stehenden Baum, Ernte der noch geschlossenen Früchte
Nachreifung	Früchte bis zur Öffnung trocknen lassen

Samenlagerung

Verpackung	Plastiktüte, Glas
Lagerfähigkeit	Verlust der Keimkraft schon nach 3 Monaten ***
Wassergehalt	12,1 % ***
Lagertemperatur	k. A.

**Samenausbeute**

Kornzahl pro kg Früchte	k. A.
Kornzahl pro kg Samen	ca. 81 600***
Tausendkorngewicht	12,35 g ***
Keimprozent (auf Papier)	bis 93% *** (nach ca. 20 Tagen)
Keimprozent (Baumschule)	70-80 % (nach 36 Tagen)
Sämlinge pro kg Samen	ca. 57 120

**Anzucht**

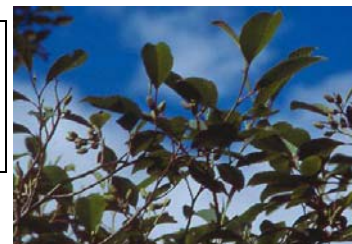
Vorbehandlung	Wässern ca. 12 Std. vor der Saat (dient zur Quellung der Samen und der optischen Unterscheidung von lebenden Samen und Hohlkörnern)
Aussaatzeitraum	Juni - Juli
Keimumgebung	Standard-Substrat
Schutzvorkehrung	keine
Krankheiten	k. A.
Verschulalter	ca. 10-11 Wochen
Wachstum Anzuchtphase	mittel, Pflanzhöhe 12 - 14 cm nach 20 Wochen
Anzuchtumgebung	lichtbedürftig, jedoch während der Anzuchtphase keine volle Sonne
Auspflanzzeitpunkt	April - Juli



*** CABRERA & ORDOÑEZ (2004)

Alnus acuminata***Aliso*****Erntegebiet Loja****Samenernte**

Erntezeitraum:	Mai - Juni
Erntemethode	am stehenden Baum, Ernte der noch geschlossenen Früchte
Nachreifung	Früchte bis zur Öffnung trocknen lassen

**Samenlagerung**

Verpackung	Plastiktüte, Glas
Lagerfähigkeit	Verlust der Keimkraft schon nach 3 Monaten *
Wassergehalt	14,08% *
Lagertemperatur	-

**Samenausbeute**

Kornzahl pro kg Früchte	k. A.
Kornzahl pro kg Samen	ca. 3 400 000
Tausendkorngewicht	0,296 g (*) - 0,187 g
Keimprozent (auf Papier)	knapp 60 % (nach ca. 30 Tagen)
Keimprozent (Baumschule)	ca. 35 % (nach ca. 40 Tagen)
Sämlinge pro kg Samen	ca. 1 190 000

**Anzucht**

Vorbehandlung	Wässern ca. 12 Std. vor der Saat (dient zur Quellung der Samen und der optischen Unterscheidung von lebenden Samen und Hohlkörnern)
Aussaatzzeitraum	max. 1 Monat nach der Ernte
Keimumgebung	Substrat mit Walderde
Schutzvorkehrung	k. A.
Krankheiten	im Keimbeet Umfallkrankheit häufig beobachtet
Verschulalter	ca. 3 Monate*
Überlebensrate Pikerien:	38% *
Wachstum Anzuchtphase	ca. 2,5 cm in 2 Monaten *
Auspflanzzeitpunkt	k. A.



* DIAZ & LOJAN (2004)

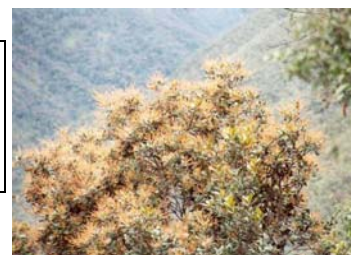
Clethra revoluta

Almizcle

Erntegebiet San Francisco

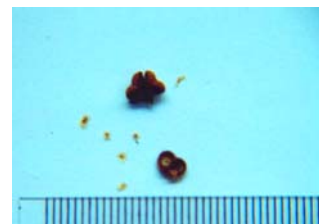
Samenernte

Erntezeitraum:	August - September
Erntemethode	am stehenden Baum, Ernte der noch geschlossenen Früchte
Nachreifung	Früchte bis zur Öffnung trocknen lassen



Samenlagerung

Verpackung	Plastiktüte, Glas
Lagerfähigkeit	rascher Verlust der Keimkraft ***
Wassergehalt	6,53 % ***
Lagertemperatur	-



Samenausbeute

Kornzahl pro kg Früchte	k. A.
Kornzahl pro kg Samen	ca. 19 600 000
Tausendkorngewicht	0,051 g
Keimprozent (Papier)	knapp 60% (nach ca. 70 Tagen)
Keimprozent (Baumschule)	ca. 10% (nach ca. 80 Tagen)
Sämlinge pro kg Samen	ca. 1 960 000



Anzucht

Vorbehandlung	Wässern ca. 12 Std. vor der Saat (dient zur Quellung der Samen und der optischen Unterscheidung von lebenden Samen und Hohlkörnern)
Aussaatzeitraum	möglichst bald nach der Ernte
Keimumgebung	hell, sandiges Substrat
Schutzvorkehrung	Windschutz, da Samen sehr klein
Krankheiten	k. A.
Verschulalter	ca. 20 Wochen *
Wachstum Anzuchtphase	ca. 3 cm in 2 Monaten *
Auspflanzzeitpunkt	k. A.
Kulturhinweise	Keimlinge sehr klein. Keimsubstrat sollte frei von Unkrautsamen sein, damit keine Konkurrenz für die Keimlinge besteht, oder Keimlinge falsch identifiziert werden. Samen können bei der Saat leicht ‚begraben‘ werden. Besonderes geschützte Keimumgebung erforderlich



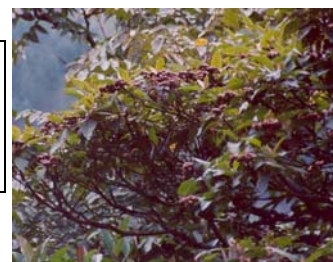
* DIAZ & LOJAN (2004), *** CABRERA & ORDOÑEZ (2004)

Piptocoma discolor

***Tunash*
Erntegebiet San Francisco**

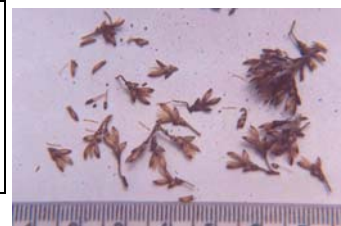
Samenernte

Erntezeitraum:	Oktober -Januar
Erntemethode	am stehenden Baum, Ernte kurz vor Fruchtreife
Nachreifung	



Samenlagerung

Verpackung	Plastiktüte, Glas
Lagerfähigkeit	Verlust der Keimkraft schon nach 3 Monaten ***
Wassergehalt	14,32% ***
Lagertemperatur	-



Samenausbeute

Kornzahl pro kg Samen	ca. 2 800 000
Tausendkorngewicht	ca. 0,356 g
Keimprozent	19 – 23 % (***)
Sämlinge pro kg Samen	ca. 560 000



Anzucht

Vorbehandlung	Wässern ca. 2 Tage vor der Saat
Aussaatzeitpunkt	möglichst bald nach der Ernte
Keimumgebung	k. A.
Schutzvorkehrung	Windschutz, da Samen sehr klein
Krankheiten	k. A.
Verschulalter	ca. 14 Wochen
Überlebensprozent Anzucht	55 – 75 % (Standard-Substrat)
Wachstum Anzuchtphase	schnell, bis zu 14 cm Größe ca. nach 20 Wochen
Auspflanzzeitraum	k. A.



*** CABRERA & ORDOÑEZ (2004)

Myrica pubescens

Laurel de cera

Erntegebiet San Francisco / San Pedro de Vilcabamba

Samenernte

Erntezeitraum:	Januar - März
Erntemethode	am stehenden Baum, Abstreifen der reifen Früchte von den Zweigen
Nachreifung	Nachreife in geschlossenen Plastiktüten schien das Keimprozent zu erhöhen



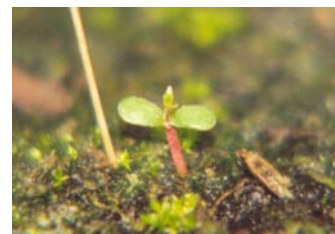
Samenlagerung

Verpackung	Plastiktüte, Glas
Lagerfähigkeit	Verlust der Keimkraft nach 6 Monaten *
Wassergehalt	15,17% * - 33,2 % ***
Lagertemperatur	-



Samenausbeute

Kornzahl pro kg Früchte	k. A.
Kornzahl pro kg Samen	ca. 13 000- 290 000
Tausendkorngewicht	3,45 g(*), 73,35 g (***), 12,6 g
Keimprozent	bis zu 70%
Sämlinge pro kg Samen	ca. 9 000 - 200 000



Anzucht

Vorbehandlung	Extraktion der Wachsschicht, wässern ca. 12 Std. vor der Saat
Aussaatzeitraum	März - Juni
Keimumgebung	k. A.
Schutzvorkehrung	keine
Krankheiten	k. A.
Verschulalter	ca. 15-20 Wochen
Anzuchtumgebung	Substrat mit Walderde
Wachstum Anzuchtphase	ca. 15-20 cm nach 9-10 Monaten
Auspflanzzeitraum	ca. 10 Monate nach Pikieren
Kulturhinweise	Pflanzen sehr empfindlich nach dem Umsetzen in die Foliencontainer, geschützte Umgebung ratsam (Gewächshaus)



* DIAZ & LOJAN (2004), *** CABRERA & ORDOÑEZ (2004)

