

	Seite
INHALTSVERZEICHNIS	III
Tabellenverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis	IX
1 EINFÜHRUNG UND DANKSAGUNGEN	1
1.1 Einführung	1
1.2 Danksagungen	3
2 DAS BOLIVIANISCHE HOCHLAND	4
2.1 Lage, geographische und orographische Einteilung	4
2.2 Klima	5
2.2.1 Großklimatische Einteilung	5
2.2.2 Winde	5
2.2.3 Niederschläge	7
2.2.4 Temperaturen	10
2.2.5 Auswirkung topographischer Faktoren	12
2.3 Geologie	12
2.4 Orogenese und Klimageschichte	13
2.5 Böden	15
2.6 Vegetationseinheiten	16
3 MATERIAL, METHODEN UND DEFINITIONEN	22
3.1 Feldarbeit	22
3.2 Herbarmaterial	22
3.3 Kulturversuche	22
3.4 Artkonzept	23
3.5 Die Begriffe Baum, Strauch, Wald und Gebüsch	25
4 SYSTEMATIK UND TAXONOMIE VON <i>POLYLEPIS</i>	26
4.1 Bisherige Bearbeitungen der Gattung	26
4.2 Systematische Stellung der Gattung <i>Polylepis</i> innerhalb der Rosaceen	27
4.3 Herkunft der Gattung <i>Polylepis</i>	29
4.4 Morphologische und anatomische Merkmale und ihre Bewertung	30
4.4.1 Habitus	30
4.4.2 Rinde	32
4.4.3 Holzanatomie	33
4.4.4 Verzweigungsmodus	33
4.4.5 Stipelscheiden	33
4.4.6 Blätter und Fiedern	34
4.4.7 Blattanatomie	34
4.4.8 Blüten und Blütenstände	35
4.4.9 Früchte und Samen	36
4.4.10 Haar- und Behaarungstypen	36
4.4.11 Pollen	37
4.4.12 Karyologie	37
4.5 Die bolivianischen <i>Polylepis</i> -Taxa	37

4.51	<i>Polylepis sericea</i> Weddell	37
4.52	<i>Polylepis pepeï</i> Simpson	39
4.53	<i>Polylepis hieronymi</i> Pilger	40
4.54	<i>Polylepis neglecta</i> M.Kessler	42
4.55	[<i>Polylepis australis</i> Bitter]	43
4.56	Die <i>Polylepis berterii</i> -Gruppe	43
4.57	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pavón	45
4.57.1	<i>Polylepis racemosa</i> ssp. <i>triacontandra</i> (Bitter) M.Kessler	47
4.57.2	<i>Polylepis racemosa</i> ssp. <i>lanata</i> (Kuntze) M.Kessler	48
4.57.3	Intermediäre Populationen zwischen den Unterarten <i>triacontandra</i> und <i>lanata</i>	49
4.58	<i>Polylepis berterii</i> Hieronymus	49
4.58.1	<i>Polylepis berterii</i> ssp. <i>berterii</i>	51
4.58.2	<i>Polylepis berterii</i> ssp. <i>subtusalbida</i> (Bitter) M.Kessler	52
4.58.3	<i>Polylepis berterii</i> ssp. <i>incarnum</i> (Bitter) M.Kessler	53
4.59	<i>Polylepis crista-galli</i> Bitter	54
4.510	<i>Polylepis tomentella</i> Weddell	55
4.510.1	<i>Polylepis tomentella</i> ssp. <i>tomentella</i>	57
4.510.2	<i>Polylepis tomentella</i> ssp. <i>incanoides</i> M.Kessler	58
4.510.3	<i>Polylepis tomentella</i> ssp. <i>nana</i> M.Kessler	59
4.511	<i>Polylepis tarapacana</i> Philippi	59
4.6	Hybridisierung	62
5	ÖKOLOGIE VON <i>POLYLEPIS</i> IN BOLIVIEN	66
5.1	Material und Methoden	66
5.2	Ökologische Grundzüge der Verbreitung der bolivianischen <i>Polylepis</i> -Taxa	66
5.21	<i>Polylepis sericea</i>	66
5.22	<i>Polylepis pepeï</i>	68
5.23	<i>Polylepis hieronymi</i>	69
5.24	<i>Polylepis neglecta</i>	70
5.25	<i>Polylepis racemosa</i> ssp. <i>triacontandra</i>	71
5.26	<i>Polylepis racemosa</i> ssp. <i>lanata</i>	72
5.27	Intermediäre Populationen zwischen <i>P. racemosa</i> ssp. <i>triacontandra</i> und <i>lanata</i>	73
5.28	<i>Polylepis berterii</i> ssp. <i>berterii</i>	73
5.29	<i>Polylepis berterii</i> ssp. <i>subtusalbida</i>	74
5.210	<i>Polylepis berterii</i> ssp. <i>incarnum</i>	75
5.211	<i>Polylepis crista-galli</i>	75
5.212	<i>Polylepis tomentella</i> ssp. <i>tomentella</i>	77
5.213	<i>Polylepis tomentella</i> ssp. <i>incanoides</i>	77
5.214	<i>Polylepis tomentella</i> ssp. <i>nana</i>	78
5.215	<i>Polylepis tarapacana</i>	78
5.3	Vergleichende Ökologie der bolivianischen <i>Polylepis</i> -Arten	79
5.31	Höhenverbreitung	79
5.32	Ökologische Einnischung der <i>Polylepis</i> -Arten	82
5.33	<i>Polylepis</i> -Gehölze und andere Vegetationstypen	85
5.4	Phänologie	86
5.41	Laubaustrieb	86
5.42	Blüh- und Fruchtperiodik	87

6 ÖKOLOGISCHE FAKTOREN UND DIE VERBREITUNG VON <i>POLYLEPIS</i>-BESTÄNDEN UND ANDEREN HOCHANDINEN WÄLDERN	90
6.1 Forschungsstand.....	90
6.2 Vorgehensweise.....	93
6.3 Material und Methoden	94
6.4 Verbreitungsmuster und bevorzugte Standorte von <i>Polylepis</i> in Bolivien	96
6.5 Ursachen für die lokale Verbreitung von <i>Polylepis</i> -Wäldern	98
6.51 Klimatische Faktoren.....	98
6.51.1 Temperatur	98
6.51.2 Humidität	100
6.51.3 Nebelbänke	101
6.51.4 Wind, Stürme.....	101
6.51.5 Natürlicher Brand durch Blitzschlag	101
6.52 Edaphische Faktoren	102
6.52.1 Bodentyp.....	102
6.52.2 Staunässe	102
6.52.3 Versalzung	103
6.53 Biotische Faktoren.....	103
6.53.1 Konkurrenz durch Gräser	103
6.53.2 Mycorrhiza	103
6.53.3 Schädigung durch Fraß von Wildtieren und durch Krankheiten.....	104
6.54 Anthropogene Faktoren	104
6.54.1 Bestandesstruktur von <i>Polylepis</i> -Wäldern unter menschlichem Einfluß	104
6.54.2 Brand.....	110
6.54.3 Beweidung	110
6.54.4 Holzentnahme, Holzkohleproduktion und Rodungen	111
6.55 Schlußfolgerungen	111
6.6 Die natürliche Begrenzung der <i>Polylepis</i> -Vorkommen	112
6.61 Einleitung	112
6.62 Obergrenze.....	113
6.62.1 Kohlenstoffbilanz	113
6.62.2 Exposition	114
6.62.3 Bodentemperatur	115
6.62.4 Fröste	116
6.62.5 Länge der Vegetationsperiode	117
6.62.6 Ultraviolettanteil der Strahlung	117
6.62.7 Schlußbetrachtungen	117
6.63 Kalte Trockengrenze	117
6.64 Warme Trockengrenze.....	118
6.65 Altiplano	118
6.66 Nässegrenze	119
6.67 Verbreitungsmuster innerhalb des zonalen Verbreitungsgebietes von <i>Polylepis</i>	120
6.67.1 Talböden.....	120
6.67.2 Reihenförmiger Wuchs in der Westkordillere	120
6.67.3 Biotische Faktoren.....	120
6.67.31 Konkurrenz durch Gräser	120
6.67.32 Begünstigung durch artgleiche Individuen	121
6.67.33 Schädigung durch parasitische Loranthaceen	121
6.67.34 Mikroorganismen-Befall	122

6.67.35	Schädigung durch Insekten	122
6.67.36	Schädigung durch Vögel.....	122
6.67.37	Schädigung durch Säugetiere.....	122
6.68	Schlußbetrachtungen	123
6.7	Gestalt und Verlauf der natürlichen hochandinen Waldgrenze.....	125
6.8	Der Übergang von <i>Polylepis</i> -Wäldern zu anderen Waldtypen.....	130
6.81	Forschungsstand.....	130
6.82	Beispiele von Übergangszonen zwischen Bergmischwäldern und <i>Polylepis</i> -Beständen	131
6.83	Diskussion	134
6.9	Ersatzgesellschaften degradierter <i>Polylepis</i> -Wälder.....	135
6.10	Die gegenwärtig und potentiell von <i>Polylepis</i> -Wäldern bedeckte Fläche	136

7 GESCHICHTE DER WALDZERSTÖRUNG IN DEN BOLIVIANISCHEN HOCHANDEN 144

7.1	Einleitung.....	144
7.2	Palynologische Untersuchungen	144
7.21	Probleme bei der Interpretation	144
7.22	Interpretation der vorliegenden Pollendiagramme	147
7.3	Archäologische und historische Quellen	150
7.31	Grundlagen	150
7.32	Die Jäger- und Sammler-Phase (12 000 - 7 500 aBP).....	151
7.33	Die frühe Ackerbau-Phase (7 500 - 3 000 aBP)	152
7.34	Die präkolumbischen Früh- und Hochkulturen (3 000 aBP - 1533 n.Chr.)	153
7.35	Die Kolonialzeit (1533 - 1825 n.Chr.).....	154
7.36	Seit der Unabhängigkeit von Spanien (1825 n.Chr.) bis heute.....	155

8 PHYLOGENIE UND EVOLUTION VON *POLYLEPIS*..... 156

8.1	Grundlagen und Forschungsstand	156
8.11	Phylogenie von <i>Polylepis</i>	156
8.12	Ökologische Anpassungen	157
8.13	Pleistozäne Klimaschwankungen und EESAs	157
8.2	Vorgehensweise, Material und Methoden	165
8.3	Ergebnisse und Diskussion	168
8.31	Phylogenie von <i>Polylepis</i>	168
8.32	Ökologische Anpassungen bei der Evolution von <i>Polylepis</i>	170
8.33	EESAs in den zentralen Hochanden im Verlauf des Pleistozäns	176
8.33.1	Verbreitungsmuster von <i>Polylepis</i> und postulierte EESAs	176
8.33.2	Vergleich mit anderen Pflanzengruppen	182
8.33.3	Ausbreitungsmöglichkeiten und -wege in den Zentralanden.....	190
8.33.4	Die Nordanden.....	194
8.4	Schlußfolgerungen.....	195

9 ZUSAMMENFASSUNGEN 198

9.1	Zusammenfassung.....	198
9.2	Summary	200
9.3	Resumen	202

10 LITERATUR..... 205

11 ANHÄNGE	231
1 Untersuchte Lokalitäten	231
2 Bestandesstruktur und menschlicher Einfluß in den untersuchten <i>Polylepis</i> -Beständen	235
3 Liste aller bekannten <i>Polylepis</i> -Fundorte in Bolivien	237
4 Untersuchte Herbarbelege	259
5 Datenmatrix zur Erstellung des Phylogramms von <i>Polylepis</i>	267
6 Taxonomie und Verbreitung der nicht in Bolivien vertretenen <i>Polylepis</i> -Arten	269
7 Familienzugehörigkeit der im Text erwähnten Pflanzengattungen	275
12 PHOTOTAFELN	277