

INHALTSVERZEICHNIS

1	PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG	1
2	UNTERSUCHUNGSRAUM	6
2.1	Lage	6
2.2	Klima	7
2.3	Hydrologie	13
2.4	Vegetation	13
2.5	Staat und Bevölkerung	15
3	METHODISCHES VORGEHEN	17
3.1	Untersuchung der Böden	17
3.1.1	Beschreibung von Bodenprofilen	17
3.1.2	Bodenphysikalische und -chemische Laboranalysen	17
3.1.3	Erfassung der Bodenverbreitung	20
3.1.4	Datenerfassung in SOTER	21
3.1.5	Bodenbewertung	21
3.2	Untersuchung zur Bodennutzung	23
3.3	Untersuchungen zur Bodendegradierung	23
3.3.1	Aktueller Bodenabtrag	25
3.3.2	Potentieller Bodenabtrag	30
3.3.3	Aggregatstabilität	31
3.4	Untersuchungen zur Bodenbiologie	33
3.5	Statistische Auswertung	36
4	PEDOLOGIE DER BODENDECKE	37
4.1	Geologische Entwicklung und Petrographie des Untergrundes	37
4.2	Geomorphogenese	40
4.2.1	Rumpfflächenlandschaft und Pedisedimente	40
4.2.2	Bas-Fonds und Kolluvien	45
4.2.3	Inselberge und Inselberg-Pedimente	48
4.3	Pedogene Prozesse	50
4.3.1	Saprolitisierung	50
4.3.2	Humifizierung	51
4.3.3	Andere bodenbildende Prozesse	52
5	KLASSIFIZIERUNG DER BÖDEN	56
5.1	Aufbau und physikochemische Eigenschaften der Böden	56
5.1.1	Böden der Wasserscheiden	56
5.1.2	Böden der Ober- und Mittelhänge	58
5.1.3	Böden der Unterhänge	60
5.1.4	Böden im Randbereich und Zentrum von Bas-Fonds	62
5.1.5	Böden der fluvialen Tiefenlinien	66
5.1.6	Böden am Fuß und in der Umgebung von Inselbergen	66
5.1.7	Böden von Termitenbauten	69
5.1.8	Böden in Awanla und Serou	73
5.2	Klassifizierung der Böden in umfassenden Systemen	73
5.2.1	Übersicht über internationale Klassifikationssysteme	73
5.2.2	Benennung der Böden nach internationalen Klassifikationen	75
5.2.3	Bodenkorrelation in verschiedenen Klassifikationssystemen	78
5.2.4	Anmerkungen zu Klassifikationssystemen	82

5.2.5	Bodensystematik der Nagot	83
5.3	Bodenvariabilität	83
5.4	Bodenverbreitung	87
5.4.1	Übersicht über Bodenkarten der Untersuchungsstandorte	87
5.4.2	Verbreitung von Böden in der Vorstellung der Nagot	92
5.5	Natürliche Fruchtbarkeit und agrarisches Produktionspotential der Böden	92
5.5.1	Ökologische Bewertung des Bodens	93
5.5.2	Bodenbewertung nach Fertility Capability Classification System (FCC)	99
5.5.3	Bodenbewertung nach FAO-Framework for Land Evaluation	101
5.5.4	Bewertung der Bodenfruchtbarkeit nach Einschätzung ortsansässiger Bauern und einheimischer Bodenkundler	102
6	NUTZUNG UND DEGRADIERUNG DER BÖDEN	103
6.1	Bodennutzung	103
6.1.1	Bodenrecht	103
6.1.2	Agrarisches Bodennutzungssystem	104
6.1.3	Agro-pastorales Bodennutzungssystem	114
6.1.4	Intensität der Bodennutzung	115
6.2	Degradierung der Böden	117
6.2.1	Aktueller Bodenabtrag durch Wassererosion	117
6.2.2	Potentieller Bodenabtrag	132
6.2.3	Aggregatstabilität	145
6.2.4	Chemische Verschlechterung	152
6.3	Bodenbiologische Beobachtungen zur Degradierung	155
6.3.1	Abundanz, vertikale Verteilung und Biomasse	155
6.3.2	Biogene Strukturen	160
6.3.3	Ernährungsbiologische Untersuchungen	164
6.4	Folgen der Nutzung und On-site Schäden	171
7	MÖGLICHKEITEN EINER NACHHALTIGEN BODENNUTZUNG	177
7.1	Kulturtechnische Maßnahmen	178
7.2	Bodenbearbeitung	179
7.3	Pflanzenbauliche Empfehlungen	181
7.4	Düngung	186
7.5	Schulung der Bauern	187
8	ZUSAMMENFASSUNG, SUMMARY, RÉSUMÉ	190
9	LITERATURVERZEICHNIS	197
10	ANHANG	218

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Lage des Untersuchungsraumes in Westafrika bzw. Benin und Übersicht über das HVO und das Einzugsgebiet des Aguima	6
Abb. 2: 30jähriges Mittel von Temperatur, Niederschlag und potentieller Evapotranspiration an der Station Parakou (1961 - 1990)	8
Abb. 3: Mittlere Temperatur, Niederschlag und potentielle Evapotranspiration an der Station Doguè (2001, 2002)	11
Abb. 4: Lage der Profile und Bohrpunkte im Aguima-Einzugsgebiet und Umgebung	17
Abb. 5: Lage der Profile und Bohrpunkte in Awanla und Serou	18
Abb. 6: Lage der Versuchsstandorte im Aguima-Einzugsgebiet und Umgebung	24
Abb. 7: Lage der Versuchsstandorte in Awanla und Serou	25
Abb. 8: Vereinfachtes Schema einer Messparzelle	26
Abb. 9: Anordnung von Messnägeln für die Ermittlung des Mikroreliefs	28
Abb. 10: Versuchsaufbau für die Bestimmung der Fraßaktivität mittels Köderstreifen	35
Abb. 11: Schematischer geologischer Schnitt durch das Volta-Becken und die Dahomeyiden	37
Abb. 12: Geologische Übersichtskarte des HVO und angrenzender Gebiete	39
Abb. 13: Morphodynamische Aktivitätsphasen und Bildung der Hangsedimente	41
Abb. 14: Substrate und Bodenarten der Hangsedimente über Saprolit im Aguima-Einzugsgebiet	42
Abb. 15: Gerundetes Krustenfragment aus der Pedimentschutt-Schicht	43
Abb. 16: Schematischer Schnitt durch ein Bas-Fonds und angrenzende Pedimente im Aguima-Einzugsgebiet	47
Abb. 17: Augengneis des Inselbergs Mont Charles de Gaulle	48
Abb. 18: Schematischer Schnitt durch den Inselberg Mont Charles de Gaulle und angrenzende Pedimente	49
Abb. 19: Junges Kolluvium in der Umgebung des Inselbergs Mont Charles de Gaulle	50

Abb. 20: Oberboden in der Savanne des Aguima-Einzugsgebietes	52
Abb. 21: Toncutane im Kolluvium eines Bas-Fonds	53
Abb. 22: Zementierter Pedimentschutt	54
Abb. 23: Aufbau und Eigenschaften der Böden auf den Wasserscheiden	57
Abb. 24: Aufbau und Eigenschaften der Böden am Ober- und Mittelhang 59	
Abb. 25: Aufbau und Eigenschaften der Böden am Unterhang	61
Abb. 26: Aufbau und Eigenschaften der Böden im Randbereich von Bas-Fonds	63
Abb. 27: Aufbau und Eigenschaften des Bodens im Bas-Fonds-Zentrum	64
Abb. 28: Aufbau und Eigenschaften des Bodens in der fluvialen Tiefenlinie	65
Abb. 29: Aufbau und Eigenschaften des Bodens am Fuß des Inselbergs Mont Charles de Gaulle	67
Abb. 30: Aufbau und Eigenschaften des Bodens in der nahen Umgebung des Inselbergs Mont Charles de Gaulle	68
Abb. 31: Aufbau und Eigenschaften des Bodens unter einem Termitenhügel	71
Abb. 32: Legende	72
Abb. 33: Bodenkundliche Übersichtskarte des HVO und angrenzender Gebiete (i.M. 1:900.000)	88
Abb. 34: Bodenkarte des Aguima-Einzugsgebietes (i.M. 1:35.000)	89
Abb. 35: Bodenkarten von Awanla (i.M. 1:8.000) und Serou (i.M. 1:11.000)	90
Abb. 36: Bodensequenz einer repräsentativen Catena im Aguima- Einzugsgebiet	91
Abb. 37: Bodensequenz einer vom Inselberg Mont Charles de Gaulle in die Umgebung verlaufenden Catena	91
Abb. 38: Verbreitung von Böden in der Umgebung von Doguè nach der Vorstellung der Nagot	92
Abb. 39: Anbaukalender der häufig im Aguima-Einzugsgebiet kultivierten Nutzpflanzen	108
Abb. 40: Anbau von Mischkulturen (Yams, Maniok und Reis) im Randbereich von Bas-Fonds, Awanla	109

Abb. 41: Hacken und Messer für die Bodenbearbeitung und Unkraut- bekämpfung	112
Abb. 42: Oberflächenabfluss und Bodenabtrag von Flächen unterschiedlicher Nutzung im Jahre 2002	118
Abb. 43: Abfluss und Abtrag von unterschiedlich genutzten Ackerflächen in Abhängigkeit von der Bodenbedeckung im Jahre 2002	119
Abb. 44: Monatlicher Oberflächenabfluss und Bodenabtrag von Flächen unterschiedlicher Nutzung und Bedeckung im Jahre 2002	121
Abb. 45: Bodenabtrag von Flächen unterschiedlicher Nutzung und Bedeckung an den Standorten Doguè, Serou und Awanla in den Monaten August - Oktober 2002	124
Abb. 46: Mittlere Erhöhung der Bodenoberfläche zwischen Erddämmen bzw. -hügeln während der Regenzeit 2002	126
Abb. 47: Verlauf der vertikalen Veränderung der Bodenoberfläche zwischen Erdreihen bzw. -hügeln während der Regenzeit 2002	127
Abb. 48: Veränderung der Oberflächenrauigkeit gesamter Dämme, Hügel und des Savannenbodens im Verlauf der Regenzeit 2002	128
Abb. 49: Oberfläche eines Baumwollfeldes mit deutlichen Unterschieden hinsichtlich des Mikroreliefs von Dämmen und Damm-Zwischen- räumen	129
Abb. 50: Beispiel der Querschnittsentwicklung von Erosionsformen auf einem Trampelpfad und einer LKW-Piste während der Regenzeit 2002	131
Abb. 51: Mittlere Erosivität der Niederschläge im Aguima-Einzugsgebiet im Verlauf des Jahres (1997 - 2002)	135
Abb. 52: Zusammenhang zwischen der kinetischen Energie bzw. der max. 30-Minuten-Intensität und der Niederschlagsmenge im Aguima- Einzugsgebiet	136
Abb. 53: Isoerodenkarte des HVO	137
Abb. 54: Perkolationsstabilität von Aggregaten verschiedener Herkunft in der Trocken- und Regenzeit 2002	146
Abb. 55: Stabilität von Aggregaten verschiedener Herkunft in der Trocken- und Regenzeit 2002 (Test nach LE BISSONNAIS 1996)	147
Abb. 56: Dünnschliffe von Aggregaten verschiedener Standorte bzw. Entstehungsart	150

Abb. 57: Nährstoffgehalt erodierter Substrate und des Ap-Horizontes des mit Yams bestellten Versuchsfeldes	153
Abb. 58: Verschiedene Stadien der Termitenhügel	160
Abb. 59: Regenwurmlosung auf der Oberfläche eines Ah-Horizontes unter Savannenvegetation	162
Abb. 60: Profilwand mit frisch von Termiten angelegten Gängen	164
Abb. 61: Fraßaktivität nach 14tägiger Exposition von Köderstreifen im Oberboden von Flächen unterschiedlicher Nutzung am Ende der Trocken- und Regenzeit 2001	165
Abb. 62: Vertikale Verteilung der Fraßaktivität nach 14tägiger Exposition von Köderstreifen im Oberboden von Flächen unterschiedlicher Nutzung am Ende der Trocken- und Regenzeit 2001	167
Abb. 63: Streuwiederfund pro Maschenweite und Entnahmetermin auf unterschiedlich genutzten Flächen im Verlauf der Regenzeit 2001	170
Abb. 64: Korngrößenverteilung von erodierten Substraten und Ap- bzw. Ah-Horizonten der unterschiedlich genutzten Versuchsfelder (Doguè 2002)	173
Abb. 65: Réunion in Awanla mit einem Animateur des Projektes PGTRN/GTZ und den Dorfbewohnern zum Thema Aufteilung der im Dorf anfallenden Tätigkeiten (20.04.2003)	188

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Niederschlagsdaten der Station Doguè	9
Tab. 2: Jährliche Nährstoffdeposition in Nord-Benin	12
Tab. 3: Vegetationsformationen in Zentralbenin	14
Tab. 4: Versuchsstandorte mit Versuchsfeldern im Aguima-Einzugsgebiet und Umgebung und ihre Nutzung	24
Tab. 5: Versuchsstandorte in Awanla und Serou und ihre Nutzung	25
Tab. 6: Nährstoffgehalte der Böden auf den Wasserscheiden	57
Tab. 7: Nährstoffgehalte der Böden am Ober- und Mittelhang	59
Tab. 8: Nährstoffgehalte der Böden am Unterhang	61
Tab. 9: Nährstoffgehalte der Böden im Randbereich von Bas-Fonds	63

Tab. 10:	Nährstoffgehalte des Bodens im Bas-Fonds-Zentrum	64
Tab. 11:	Nährstoffgehalte des Bodens in der fluvialen Tiefenlinie	65
Tab. 12:	Nährstoffgehalte des Bodens am Fuß des Inselbergs Mont Charles de Gaulle	67
Tab. 13:	Nährstoffgehalte des Bodens in der nahen Umgebung des Inselbergs Mont Charles de Gaulle	68
Tab. 14:	Nährstoffgehalte des Bodens unter einem Termitenhügel	71
Tab. 15:	Bezeichnung der häufig im Aguima-Einzugsgebiet vorkommenden Horizonte nach verschiedenen Nomenklaturen	78
Tab. 16:	Kategorien verschiedener Klassifikationssysteme	80
Tab. 17:	Variabilität der Substratmächtigkeiten in der extensiv genutzten Savanne des Aguima-Einzugsgebietes	84
Tab. 18:	Variabilität der Horizont-Mächtigkeiten von Böden in der extensiv genutzten Savanne des Aguima-Einzugsgebietes	85
Tab. 19:	BS und KAK_{pot} von Bt-Horizonten lessivierter Böden	86
Tab. 20:	Bewertung der Böden einer Catena in der extensiv genutzten Savanne	94
Tab. 21:	Bewertung chemischer Parameter (pH (H ₂ O), C _{org} , N _t , P ₂ O ₅) von Oberböden in der Savanne	96
Tab. 22:	Bewertung chemischer Parameter (austauschbare Kationen, KAK_{pot} , BS) von Oberböden in der Savanne	98
Tab. 23:	Bewertung der Böden nach FCC (SANCHEZ et al. 1982)	100
Tab. 24:	Bewertung der Böden nach der <i>FAO-Framework for Land Evaluation</i> (FAO 1976, 1981)	101
Tab. 25:	Ausmaß der Erosion und Akkumulation ausgewählter Wegabschnitte im Jahre 2002	130
Tab. 26:	Veränderung von Erosionsstufen während der Regenzeit 2002	132
Tab. 27:	Erosivität der Niederschläge in Doguè von 1997 - 2002	134
Tab. 28:	Erodibilität der Böden im Aguima-Einzugsgebiet im Jahre 2002	139
Tab. 29:	Erodibilität von Ackerflächen mit unterschiedlichen Kulturen im Jahre 2002	140

Tab. 30:	LS-Faktoren von Ackerflächen mit unterschiedlichen Kulturen im Jahre 2002	140
Tab. 31:	R-Faktoranteil und Relativer Bodenabtrag für die Berechnung von C-Faktor-anteilen verschiedener Kulturen (2001, 2002)	142
Tab. 32:	P-Faktor von Ackerflächen mit unterschiedlichen Kulturen im Jahre 2002	143
Tab. 33:	Potentieller Bodenabtrag von Ackerflächen mit unterschiedlichen Kulturen im Jahre 2002	144
Tab. 34:	Korrelation zwischen der Perkulations- bzw. Aggregatstabilität und verschiedenen Bodenparametern	149
Tab. 35:	Vergleich bodenchemischer Parameter von Ah- bzw. Ap-Horizonten von Standorten unterschiedlicher Nutzungsdauer	154
Tab. 36:	Abundanz von Lumbriciden im Oberboden von Flächen unterschiedlicher Nutzung (September 2002)	157
Tab. 37:	Biomasse (von Lumbriciden verschiedener Bodentiefen in unterschiedlich genutzten Flächen (September 2002)	157
Tab. 38:	Termitenhügel im Aguima-Einzugsgebiet (2002)	159
Tab. 39:	Alter, Dichte und Zustand von Termitenhügeln verschiedener Kategorien auf den Pedimenten des Aguima-Einzugsgebietes (2002)	159
Tab. 40:	Anzahl der Lumbriciden-Losung auf der Oberfläche von Ah- und Ap-Horizonten von Flächen unterschiedlicher Nutzung (September 2002)	161
Tab. 41:	Anzahl der Bioporen auf der Oberfläche von Ah- und Ap-Horizonten von Flächen unterschiedlicher Nutzung (September 2002)	163
Tab. 42:	Korrelation zwischen Abundanz von Lumbriciden, Fraßaktivität und Streuabbaurate und verschiedenen Bodenparametern	169
Tab. 43:	Korngrößenverteilung im Ah-Horizont von Savannenböden und Ap-Horizont von Ackerflächen im Aguima-Einzugsgebiet	174
Tab. 44:	Mächtigkeit des Decksediments in der Savanne und auf Ackerflächen im Aguima-Einzugsgebiet	175