

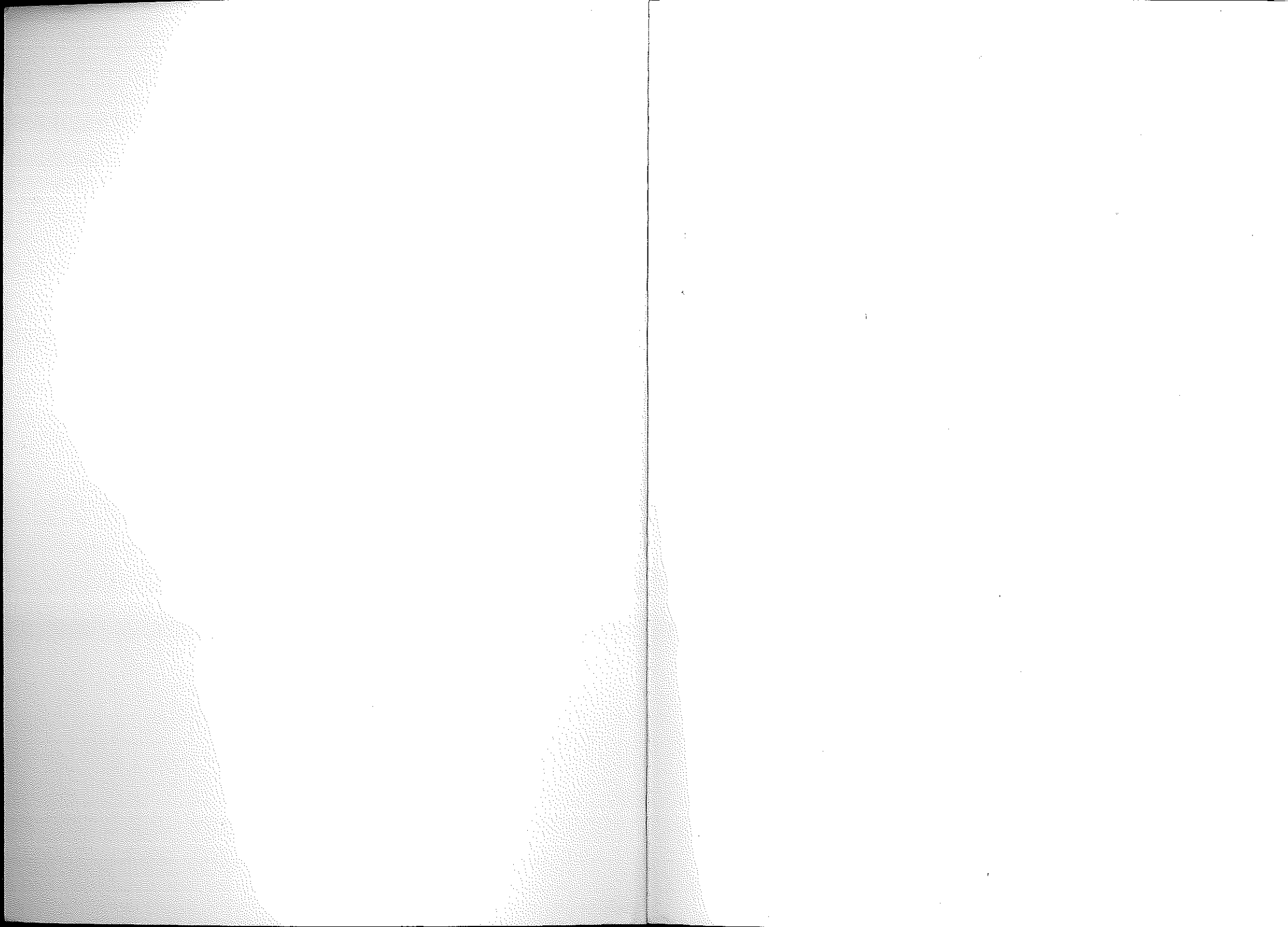


# Bodenfruchtbarkeit und standortgerechte Landwirtschaft

Maßnahmen und Methoden im Tropischen  
Pflanzenbau

Karl M. Müller-Sämman





Schriftenreihe der GTZ, No. 195

---

Bodenfruchtbarkeit  
und standortgerechte  
Landwirtschaft

# Bodenfruchtbarkeit und standortgerechte Landwirtschaft

Eine Studie über  
Maßnahmen und Methoden  
im Tropischen Pflanzenbau

Karl M. Müller-Sämman

Eschborn, 1986

## CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

### **Müller-Sämman, Karl M.:**

Bodenfruchtbarkeit und standortgerechte Landwirtschaft:  
Maßnahmen und Methoden im Tropischen Pflanzenbau/  
Karl M. Müller-Sämman. [Hrsg.: Dt. Ges. für Techn. Zusammenarbeit  
(GTZ) GmbH, Abt. 11. Autoren: Karl M. Müller-Sämman ....]  
Roßdorf: TZ-Verlagsgesellschaft, 1986  
(Schriftenreihe der GTZ; Nr. 195)  
ISBN 3-88085-317-7 (GTZ)

NE: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit  
<Eschborn>; Schriftenreihe der GTZ

Herausgeber:  
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Abt. 11  
Postfach 5180, Dag-Hammarskjöld-Weg 1+2,  
D-6236 Eschborn 1

Autoren  
Karl M. Müller-Sämman  
J. Kotschi und R. Adelhelm; Kapitel 3

Druck  
typo-druck-rossdorf gmbh

Vertrieb  
TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 36, D-6101 Roßdorf 1

ISBN 3-88085-317-7

Alle Rechte vorbehalten

## VORWORT

Über die ökologische Zerstörung in den Tropen und Subtropen werden wir heute bis zum Überdruß mit Zahlen und Fakten gefüttert. Sie lähmen unser Handeln eher, als es zu fördern. Neben detaillierten Analysen von Umweltschäden müssen Ideenreichtum und Phantasie vor allem dazu verwendet werden, positive Antworten und Lösungsmöglichkeiten zu finden.

Seit mehr als 10 Jahren bemühen wir uns in der GTZ um eine ökologisch orientierte oder - wie wir es nennen - standortgerechte Landwirtschaft. Auch die hier vorgelegte Arbeit dient diesem Ziel. Ihr liegt die Idee zugrunde, bekannte und neue Methoden zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit für die verschiedenen Zonen der Tropen und Subtropen in einer Darstellung allgemein zugänglich zu machen.

Das Ergebnis ist eine Zusammenstellung - nicht nur von neuen Forschungsergebnissen sondern auch alten, zum Teil in Vergessenheit geratenen Erkenntnissen. Wenn damit die Diskussion über Bodenfruchtbarkeit, ihre Erhaltung und Vermehrung in den Tropen und Subtropen neu belebt und auf eine breitere Wissensbasis gestellt wird, haben wir unser Ziel erreicht.

Unser stiller Wunsch ist es aber, mit der vorliegenden Arbeit den Kreis von Praktikern und Wissenschaftlern zu vergrößern, die bereit sind, für eine Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit in der Dritten Welt einzutreten und nach neuen Lösungen für Verbesserungen zu suchen, statt sich in "Klageanalysen" zu erschöpfen.

Dr. Klaus J. Lampe  
Leiter der Hauptabteilung 1  
Landwirtschaft, Gesundheit  
und ländliche Entwicklung

Eschborn, den 8. August 1986

INHALTSVERZEICHNIS

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) für die Überlassung des Themas bedanken. Bei den Mitarbeitern des Fachbereichs 113, Herrn Dr. R. Adelhelm, Herrn Dr. U. Hoesle und Herrn Dr. J. Kotschi, bedanke ich mich für die stets gute, partnerschaftliche Zusammenarbeit und den regen Gedankenaustausch bei den Arbeiten an der Studie und auch darüber hinaus.

Für Kritik, Anregungen und Verbesserungsvorschläge nach der Durchsicht von Teilen des ersten Entwurfs der Arbeit möchte ich mich bei Herrn J. Haas aus Trier; Herrn Dr. J. Henninger (z. Zt. Bogotá); Herrn Prof. Dr. W. Moll, Universität Gießen; Herrn Dr. H. Schön und Herrn R. Preißler (GTZ); Herrn B. Neugebauer, Kirchzarten; Herrn K. Schleich, Gießen; Herrn R. von Schaafhausen, Sao Paulo; Herrn K. Ganzert, München; Herrn Dr. E. Sieverding vom CIAT und Herrn Dr. F. Makeschin, Universität München sehr herzlich bedanken.

Herr K. Maßem aus Schillingen und Frau H. Leese aus Alfter bei Bonn haben durch die Anfertigung mehrerer Zeichnungen bzw. durch die sorgfältige Gestaltung zahlreicher grafischer Darstellungen einen Beitrag zum äußeren Erscheinungsbild der Studie geleistet.

Bei Frau D. Schmidt aus Gießen-Rödgen bedanke ich mich für das Tippen der Druckvorlage und bei Frau D. Keil für das geduldige Schreiben des Literaturverzeichnisses.

Schließlich gilt mein Dank all denen, die mir auf sonst irgend eine Weise bei der Anfertigung der Studie behilflich waren. An dieser Stelle ist vor allem meine Frau Ulrike zu nennen, welche viele Teile der Arbeit in mehr als einer Fassung gehört, gelesen und getippt hat und die das Werden der Studie mit sehr viel Geduld und Verständnis mitgetragen hat.

	Seite
Verzeichnis der Abbildungen	13
Verzeichnis der Tabellen	19
<b>1. Einleitung</b>	<b>27</b>
<b>2. Die ökologischen Bedingungen der Tropen</b>	<b>31</b>
<b>2.1. Klima</b>	<b>31</b>
2.1.1. Klimatische Klassifikation	31
2.1.2. Klassifikation nach KÖPPEN und reformiertes Köppensystem	48
2.1.3. Die Zonierung nach WALTER	53
2.1.4. Klassifikation nach HOLDRIDGE	58
2.1.5. Die tropischen Gebirgsklimate	60
2.1.6. Entwurf einer GTZ-internen klimatischen Zonierung und Vergleich verschiedener Klassifizierungssysteme	65
<b>2.2. Vegetation</b>	<b>71</b>
2.2.1. Immerfeuchter Tropischer Tieflandregenwald	71
2.2.2. Der halbimmergrüne Regenwald	80
2.2.3. Feuchtsavanne (Sommerregengebiete)	83
2.2.4. Trockensavanne (klimatische Savanne)	88
2.2.5. Halbwüsten und Wüsten	95
<b>2.3. Böden</b>	<b>97</b>
2.3.1. Prozesse der Bodenbildung und -dynamik in den Tropen	97
2.3.1.1. Tieflandböden	97
2.3.1.2. Gebirgsböden	105
2.3.2. Einige Besonderheiten fruchtbarkeitsbestimmender Merkmale tropischer Böden	107
2.3.3. Die organische Substanz (Humus) in tropischen Böden	116
2.3.3.1. Die besondere Bedeutung der organischen Substanz	116
2.3.3.2. Bemerkungen zur Humusdynamik	120
2.3.4. Wichtige tropische Böden und ihre Systematik	129
2.3.4.1. Latosole	130

	Seite	
2.3.4.2.	Die Klassifikation von Böden nach dem FAO-System	131
2.3.4.3.	Die Klassifikation nach der US-Soil Taxonomy	142
2.3.4.4.	Die Klassifikation nach dem französischen System	145
2.3.4.5.	Vergleichende Darstellung einiger Bodentypen nach den verschiedenen Systemen	148
2.3.4.6.	Anhang: Einige, häufig gebrauchte, alte Bodenbezeichnungen und ihre Entsprechungen in der FAO-Systematik	150
<b>3.</b>	<b>Zur Konzeption Standortgerechter Landwirtschaft - Definition und Methode</b>	<b>151</b>
3.1.	Zur Definition	151
3.2.	Generelle methodische Gesichtspunkte	155
3.3.	Entwurf eines Rahmens für die Projektarbeit	159
<b>4.</b>	<b>Maßnahmen zum Erhalt und zur Förderung der Standort- und Bodenfruchtbarkeit</b>	<b>167</b>
<b>4.1.</b>	<b>Kompostierung</b>	<b>167</b>
4.1.1.	Einleitung	167
4.1.2.	Prinzipien der Kompostierung	170
4.1.3.	Praxis und Verfahren der Kompostierung	183
4.1.4.	Anwendung von Kompost	191
4.1.5.	Sozioökonomische Gesichtspunkte	192
4.1.6.	Kompostierung und Kompostanwendung in zonaler Sicht	197
<b>4.2.</b>	<b>Stallmist</b>	<b>203</b>
4.2.1.	Einleitung	203
4.2.2.	Dungmengen und deren Zusammensetzung	205
4.2.3.	Die Herstellung und Handhabung von Stallmist	211
4.2.3.1.	Ausgangssituation	211
4.2.3.2.	Einstreumittel und Eigenschaften von Einstreu	212
4.2.3.3.	Frischmist	216
4.2.3.4.	Die Lagerung und Stapelung von Misten	216
4.2.3.5.	Der gewöhnliche Stapelmist	219
4.2.3.6.	Verfahren der Heißvergärung	220
4.2.3.7.	(Rund-)Hügelmethode	221
4.2.3.8.	Grubenmethode	222
4.2.3.9.	Erdmiste	225

	Seite	
4.2.3.10.	Tiefstallmist	226
4.2.3.11.	Zugaben zu Stallmist	228
<b>4.2.4.</b>	<b>Stallmistmengen und Nährstoffgehalte</b>	<b>231</b>
<b>4.2.5.</b>	<b>Ausbringung von Stallmist und Höhe der Gaben</b>	<b>235</b>
<b>4.2.6.</b>	<b>Wirkungen der Stallmistanwendung</b>	<b>238</b>
4.2.6.1.	Erfahrungen und Ergebnisse aus gemäßigten Klimaregionen	238
4.2.6.2.	Wirkung auf den Humushaushalt	240
4.2.6.3.	Wirkung auf andere Bodeneigenschaften	241
4.2.6.4.	Nährstoff und Ertragswirkung	244
4.2.6.5.	Nachwirkungen	247
4.2.6.6.	Komplexwirkung mit mineralischen Düngern	247
<b>4.2.7.</b>	<b>Sozioökonomische Gesichtspunkte</b>	<b>249</b>
<b>4.2.8.</b>	<b>Zonale Gesichtspunkte</b>	<b>257</b>
<b>4.3.</b>	<b>Die Anwendung von Mulch</b>	<b>259</b>
4.3.1.	Definition	259
4.3.2.	Prinzipielles zur Mulchwirtschaft	260
4.3.2.1.	Materialien	260
4.3.2.2.	Mindestauflagenmengen	263
4.3.2.3.	Zeitpunkt der Anwendung	266
4.3.2.4.	Anwendung und Ausbringung	267
4.3.2.5.	Möglichkeiten zur Mulcherzeugung	272
<b>4.3.3.</b>	<b>Wirkungen von Mulch</b>	<b>280</b>
4.3.3.1.	Erosionsschutz	280
4.3.3.2.	Bodenstruktur	285
4.3.3.3.	Wasserhaushalt	288
4.3.3.4.	Bodentemperatur	295
4.3.3.5.	Durchwurzelung	299
4.3.3.6.	Bodenchemische Eigenschaften	302
4.3.3.7.	Bodenleben	310
4.3.3.8.	Unkrautkontrolle	315
4.3.3.9.	Wirkung auf Krankheiten und Schädlinge	318
4.3.3.10.	Wirkungen auf den Ertrag	324

	Seite
4.3.4. <b>Ökonomie</b>	330
4.3.5. <b>Zonale Gesichtspunkte</b>	338
4.4. <b>Gründung</b>	343
4.4.1. <b>Einleitung und Definition</b>	343
4.4.1.1. Einleitung	343
4.4.1.2. Definition	344
4.4.2. <b>Allgemeine Prinzipien</b>	345
4.4.2.1. Pflanzenwahl	345
4.4.2.2. Pflanzendichte	346
4.4.2.3. Ansaat, Inokulation und Pflege	349
4.4.2.4. Einarbeitung	351
4.4.3. <b>Verfahren und Formen der Gründung</b>	353
4.4.3.1. Zwischenfruchtgründung	354
4.4.3.2. Saisonale Gründung	354
4.4.3.3. Synchroner Gründung	358
4.4.3.4. Gründung mit Azolla	365
4.4.3.5. Mehrsaisonale Intensivbuschbrachen	373
4.4.3.6. Grünblattdüngung	377
4.4.3.7. Wurzel- und Stoppelgründung	380
4.4.4. <b>Wirkungen von Gründung</b>	383
4.4.4.1. Nährstoff- und Humushaushalt	383
4.4.4.2. Bodenstruktur	390
4.4.4.3. Phytosanitäre Wirkungen	394
4.4.5. <b>Ökonomisch-betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte</b>	397
4.4.6. <b>Zonale Gesichtspunkte</b>	401
4.5. <b>Vegetationsgestaltung</b>	405
4.5.1. <b>Einleitende Betrachtung</b>	405
4.5.2. <b>Zum Wesen von Ökosystemen</b>	407
4.5.2.1. Die Regulation von Ökosystemen	407
4.5.2.2. Stabilität und Diversität	410
4.5.2.3. Produktivität	416

	Seite
4.5.3. <b>Gestaltung naturnaher Agroökosysteme</b>	419
4.5.3.1. Konzeption	419
4.5.3.2. Mischkulturen	423
4.5.3.3. Wirkung von Mischkulturen auf Krankheiten und Schädlinge	428
4.5.3.4. Agroforstwirtschaft	434
4.5.3.5. Interaktionen zwischen Vegetationsgestaltung und Boden- oder Standortfruchtbarkeit	444
4.5.3.6. Ansätze und Beispiele naturnaher Vegetationsgestaltung	455
4.6. <b>Förderung und Nutzung natürlicher Symbionten</b>	469
4.6.1. Allgemeines	469
4.6.2. Die vesikulär-arbuskuläre Mykorrhiza	470
4.6.2.1. Eigenschaften und Bedeutung	470
4.6.2.2. Beeinflussung durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen	476
4.6.2.3. Inokulation mit selektierten, effizienten Mykorrhizastämmen	481
4.6.3. Biologische Stickstoffbindung	487
4.6.3.1. Allgemeine Gesichtspunkte	487
4.6.3.2. Nutzung der Leguminosen/Rhizobium-Symbiose und deren Beeinflussung durch ackerbauliche Maßnahmen	490
4.6.3.3. Weitere Formen biologischer Stickstoffbindung	508
<b>Literaturnachweis</b>	515



VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abb.		Seite
2.1.a	Diagramm des idealen Verlaufs der Jahreszeiten in innertropischen Regionen	32
2.1.b	Niederschlagsverteilung über Sri Lanka	33
2.1.c	Klimadiagramme nach WALTER	37
2.1.d	Mittlere Wasserbilanz von Ouagadougou	39
2.1.e	Meridionalprofil der Globalstrahlung und ihrer Komponenten	46
2.1.f	Schema der Reaktion von Versuchspartzen auf die Aggressivität der Niederschläge je nach Klima, Boden und Vegetation	47
2.1.g	Diagramm zur Bestimmung der A-Klimate nach KÖPPEN	49
2.1.h	Interaktionen zwischen Boden, Klima und Vegetation	53
2.1.i	HOLDRIDGEs Klassifikation	59
2.1.j	Vegetationsprofil des Kilimandscharo	61
2.1.k	Höhenabstufung in den Tropen nach LAUER	63
2.1.l	Niederschlagssummen verschiedener Gebirgsabdachungen	64
2.1.m	Gliederung der tropischen Vegetationsgürtel nach LAUER	68
2.1.n	Nomogramm zur Bestimmung der Aridität	66
	Übersicht	
2.1.1	Abgrenzung tropischer Tieflandklimate nach KÖPPEN	50
2.1.2	Klimatische Zonierung der Tropen und vergleichende Darstellung von Klassifizierungssystemen	69
	Abb.	
2.2.a	Verteilung der Wurzeln in einem Regenwald	72
2.2.b	Ansicht eines Regenwaldes in Borneo	75
2.2.c	Beziehungen zwischen Vegetation und Niederschlagshöhe	82
2.2.d	Ansicht eines trockenen Passatwaldes	84
2.2.e	Darstellung des Übergangs vom Grasland zum Trockenwald	90

Abb.		Seite
2.3.a	Verwitterung und Umbildung von primären und sekundären Mineralen	99
2.3.b	Bodenartendiagramm	104
2.3.c	Abfolge von Böden an einem Vulkan	107
2.3.d	Austauschkapazität der organischen Substanz in Abhängigkeit vom pH	109
2.3.e	Spezifische Adsorption von Phosphat an Eisen- und Aluminiumoxide	113
2.3.f	Variable Ladungsverhältnisse eines Oxisols mit und ohne organische Substanz	115
2.3.g	Dynamik des Humusabbaus nach Inkulturnahme eines Bodens	124
2.3.h	Zusammenhang zwischen dem relativen Humusgehalt von Böden und der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Humusergänzung	126
2.3.i	Ladungsverhältnisse eines Andosols	136
3.a	Entwurf einer Gesamtdarstellung zur Konzeption Standortgerechter Landwirtschaft	165
4.1.a	Einfacher Komposthaufen	167
4.1.b	Von den Rückständen zum Kompost (Kompostierungsprozeß)	171
4.1.c	Temperatur- und pH-Veränderungen in einem Komposthaufen	180
4.1.d	Tragbahnen zum Transport von Abfällen	183
4.1.e	Aufbau eines Indore-Haufenkompostes	185
4.1.f	Kleinkompostanlage an einem Hang	190
4.1.g	Einfache Haufenkompostanlage aus Hohlblocksteinen	191
4.2.a	Kot- und Urinproduktion von Milchkühen und die Verteilung der Nährstoffe auf Kot und Urin	210
4.2.b	Trockenmasseverluste in gestapelten Stallmisten in Abhängigkeit von Rottedauer, Einstreumenge und Art der Lagerung	215

Abb.		Seite
4.2.c	Schicht- und abschnittsweise beschickter, gewöhnlicher Misthaufen	218
4.2.d	Mistlagerung nach der indischen Hügelmethode	222
4.2.e	Mistlagerung nach der Grubenmethode	223
4.2.f	Tiefstall im tropischen Hochland von Ruanda	229
4.2.g	Erträge von Vigna-Bohnen in Abhängigkeit von Stallmist- und Phosphatdüngung auf einem sauren Boden	245
4.2.h	Ertragswirksamkeit gleicher Nährstoffmengen via mineralische Düngung alleine bzw. in Kombination mit Stallmist	248
4.2.i	Wirtschaftlichkeit der Stalldunganwendung dargestellt am Beispiel der Ertragssteigerung, die notwendig ist, um den Arbeitsaufwand für die Trockendungausbringung zu rechtfertigen	255
4.3.a	Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe im Verlauf von 24 Std. unter Grasmulch mit 4,5; 9,0 und 13,5 cm Mulchauflage	263
4.3.b	Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe im Verlauf von 24 Stunden unter verschiedenen Mulchmaterialien	264
4.3.c	Zeitliche Abfolge der Kulturen im Mulchanbausystem von FUKUOKA	268
4.3.d	Wirkung verschiedener Raten von N-Düngung bzw. Leucaenamulch und verschiedenen Mulchausbringungsverfahren auf den Maisertrag auf einem sandigen Usthorthent in Nigeria	271
4.3.e	Beziehung zwischen der Niederschlagsintensität und dem Oberflächenabfluß (mit und ohne Mulch) auf einem Hang mit 2 % Gefälle.	284
4.3.f	Bodenfeuchtigkeit in Gewichtsprozenten unter Grasmulch (10 cm) und ohne Mulch nach 6 Trockentagen auf einem Ultisol	289
4.3.g	Bodenfeuchtigkeit unter verschiedenen Mulchmaterialien verschiedener Auflagenhöhe	290
4.3.h	Wirkung verschiedener Kulturmaßnahmen auf den Wasserhaushalt eines cambic Arenosol in Bambey/Senegal	293

Abb.		Seite
4.3.i	Die Bodentemperatur unter verschiedenen Mulchmaterialien mit unterschiedlicher Auflagenhöhe; in 2, 5 und 10 cm Bodentiefe gemessen	297
4.3.j	Einfluß der Bodentemperatur auf das Wachstum, Sproßgewicht und die Wurzellänge von Sojasämlingen	301
4.3.k	Einfluß von Mulchmaßnahmen auf die Versickerungsdauer von Wasser in einer Obstpflanzung im Nordiran	312
4.3.l	Effekt von Reisspelzenmulch auf das Frischgewicht von Bohnen und die Stickstoffbindung durch Rhizobien	314
4.3.m	Auswirkungen der Methoden der Pflanzbeerbereitung und des Mulchens auf den Knollenertrag von Yam	327
4.4.a	Auswirkungen der Pflanzdichte auf Trockenmasse- und Kornertrag bei Mais	347
4.4.b	Schema der Gründungsformen	353
4.4.c	Wirkung von Untersaat mit Zottelwicke auf den Ertrag von 3 verschiedenen Maissorten	362
4.4.d	Wasserfarn <i>Azolla pinnata</i> und blau-grüne Alge <i>Anabaena azollae</i>	365
4.4.e	Die Anwendung von <i>Azolla</i> in Wasserreis (Verfahren mit engen Doppelreihen)	370
4.4.f	Gründungsverfahren mit mehrsaisonaler Intensivbrache	374
4.4.g	Wirkung von verschiedenen Gründungssteilen auf den Maisertrag bei <i>Trifolium incarnatum</i> und <i>Lupinus</i> sp.	381
4.4.h	Einfluß der Gründung auf die Zahl von Actinomyceten und Antagonisten gegen <i>Ophiobolus graminis</i> im Feldversuch	395
4.4.i	Mögliche durchschnittliche Ertragsentwicklung in einem Rotationssystem mit Gründung und ohne Gründung bei langfristiger Betrachtungsweise	399
4.5.a	Kybernetisches Modell eines rückgekoppelten Regelkreises	408
4.5.b	Regelkreise in einem stark vereinfachten Gesamtsystem Tropischer Regenwald	409

Abb.		Seite
4.5.c	Zusammensetzung eines Ökosystems und das Beziehungsfeld der Grundelemente zueinander	416
4.5.d	Produktion und Veratmung in natürlichen Ökosystemen	417
4.5.e	Modell der Produktivität von Ökosystemen mit dem Anteil, der vom Menschen genutzt werden kann	418
4.5.f	Ausschnitt aus einer gemischten Vegetation	420
4.5.g	Stufen und Elemente zur Entwicklung naturnaher Agrarvegetationsformen	422
4.5.h	Relative Gesamterträge (RYT oder LER) von <i>Panicum maximum</i> und <i>Glycine javanica</i> in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen	427
4.5.i	Der Baum als multifunktionale Komponente landwirtschaftlicher Anbausysteme	437
4.5.k	Intensive Durchwurzelung des Bodens durch Mischanbau	449
4.5.l	Naturnahe Vegetationsgestaltung in Regenwaldgebieten	456
4.5.m	Der "künstliche Regenwaldanbau" der Mayas	457
4.5.n	Schematischer Aufbau eines javanesischen Hausgartens ("Home-Gardens")	459
4.5.o	Schematische Darstellung des Grundaufbaus von Produktionssystemen in Tabasco/Mexiko	461
4.5.p	Naturnahe Vegetationsgestaltung in Feuchtsavannen-gebieten	462
4.5.q	"Alley-Cropping" oder "Gassen-Mischanbau" mit <i>Leucaena leucocephala</i> in Doppelreihen	464
4.5.r	Naturnahe Vegetationsgestaltung in Trockensavannen-gebieten	465
4.6.a	P-Aufnahme von <i>E.odoratum</i> mit und ohne Mykorrhiza	471
4.6.b	Wirkung von Herbiziden auf Sporenproduktion von <i>G.manihotis</i>	479
4.6.c	Wirkung der Beimpfung von Bohnen mit <i>G.manihotis</i>	482
4.6.d	Flußdiagramm zur Selektion effizienter Mykorrhizastämme für die Feldinokulation	485

Abb.		Seite
4.6.e	Wirkungen der Lagertemperatur auf das Überleben von <i>Rhizobium meliloti</i>	500
4.6.f	Saisonaler Verlauf der N <sub>2</sub> -(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )-Reduktion von 4 Sorten von <i>Phaseolus vulgaris</i>	504

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tab.		Seite
2.1.1	Niederschläge und potentielle Evapotranspiration an tropischen Standorten	34
2.1.2	Abweichung der Niederschläge vom Jahresmittel in zonaler Sicht	40
2.1.3	Mittlere Sonnenstrahlung auf mehreren Standorten	44
2.1.4	Potentielle Produktivität in verschiedenen Breitengraden	45
2.2.1	Nährstoffe und Nährstoffumsatz im Regenwald	76
2.2.2	Nährstoffe in einem halb-laubabwerfenden Regenwald	81
2.2.3	Nährstoffe und -mobilisierung in Feuchtsavannewäldern	86
2.3.1	Austauschkapazität wichtiger Austauscher der Böden	99
2.3.2	Die wichtigsten Erstarrungsgesteine und das Vorkommen wichtiger Primärminerale	102
2.3.3	Sorptionsverhältnis bei einigen Böden tropischer und subtropischer Klimate	110
2.3.4	Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen einiger Bodenvariablen und der organischen Substanz	117
2.3.5	Die wichtigsten Prozesse, die Einfluß nehmen auf den Humusgehalt im Boden	121
2.3.6	Abbauraten der organischen Substanz unter Brache und unter Kultur	123
2.3.7	Humusgehalt von tropischen Böden (Ackerkrume) in zonaler Sicht	124
2.3.8	Wiederherstellung der Gehalte an organischer Masse unter natürlicher Brache	127
2.3.9	Entwicklung wichtiger Bodeneigenschaften nach der Inkulturnahme eines Waldbodens	128
2.3.10	Ungefähre Entsprechungen einiger Böden der FAO-Systematik in der US-Taxonomie und dem französischen Klassifizierungssystem	148

Tab.		Seite
4.1.1	Zusammensetzung von Kompostierungsmaterialien	174
4.1.2	Das Überleben von Krankheitserregern bei der Kompostierung von Fäkalien	188
4.1.3	Zusammensetzung verschiedener Komposte aus organischen Abfällen	193
4.1.4	Mineralische Dünger und Kompost im Vergleich	194
4.2.1	Kot- und Urinproduktion verschiedener landwirtschaftlicher Nutztiere	207
4.2.2	Zusammensetzung des frischen Kotes mehrerer Tierarten	208
4.2.3	Zusammensetzung des Urins einiger Tierarten	209
4.2.4	Wasserabsorptionskapazität von Einstreumitteln	213
4.2.5	Auswirkungen verschiedener Lagerungsarten von Kuhmistfladen auf die N-, P- und K-Gehalte	224
4.2.6	Die Wirkung von Stallmistphosphat als Dünger, in Abhängigkeit von der P-Konzentration im Mist	230
4.2.7	Auswirkungen von Phosphatzugaben auf den prozentualen N-Gehalt von Stapelmist nach 3monatiger Lagerung (KWAKYE, 1980)	231
4.2.8	Nährstoffgehalte verschiedener Miste unterschiedlicher Herkunft	233
4.2.9	Der Einfluß der Stapelhöhe und Lagerungsdauer auf das C/N-Verhältnis, die Feuchte und die Menge an löslichem Stickstoff in Mistfladenstapelmist im Sudan	234
4.2.10	Mittlere Mikro-Nährstoffgehalte von Stallmistdünger (ppm in Trockenmasse)	234
4.2.11	Relative Erträge von Futterrüben nach Stallmistgaben in Abhängigkeit von der Lagerdauer auf dem Feld	236
4.2.12	Veränderungen der Humusgehalte in der Ackerkrume in Abhängigkeit von der Düngung	239
4.2.13	Wirkung 15jähriger Stallmistgaben auf einem Ackerboden in Samaru/Nigeria	241
4.2.14	Wirkung von Misten und mineralischer N-Düngung auf den Maisertrag	243
4.2.15	Wuchsleistung von <i>Atriplex numularia</i> bei verschiedener Bodenbehandlung	244

Tab.		Seite
4.2.16	Maiserträge in Abhängigkeit von mineralischer Düngung nach vorhergegangener Behandlung des Bodens mit unterschiedlichen Stallmistmengen	249
4.2.17	Arbeitszeitbedarf (AK-Tage) der Dungaushbringung auf 1 ha Ackerfläche in Abhängigkeit von Technik und Feldentfernung (5 t TS/ha)	253
4.2.18	Dünger- und Gasproduktion durch eine Tonne naturfeuchten Kuhdung	257
4.3.1	Entwurf einer Tabelle zur Ermittlung der Beziehungen von Mulchmenge und -auflagenhöhe	266
4.3.2	Eigenschaften des Oberbodens nach 8jährigem Daueranbau und nach Brache auf einem gerodeten Standort	273
4.3.3	Nährstoff- und Mulch-Trockenmasseerträge von Leucaenahecken im Streifenanbau mit Mais und Auswirkungen auf den Maisertrag	278
4.3.4	Effekt verschiedener Mulchraten auf den Oberflächenabfluß und den Bodenverlust auf einem Paleustalf	280
4.3.5	Erosion in Abhängigkeit von der Hangneigung (%) und der Art des Gebrauchs der Ernterückstände	283
4.3.6	Einfluß des Mulchens auf die Lagerungsdichte und den Eindringungswiderstand auf einem Alfisol	286
4.3.7	Wirkungen der Bodenbehandlung auf die maximale Bodentemperatur in 5 cm Tiefe, 2 Wochen nach der Aussaat	298
4.3.8	Wurzelentwicklung bei Mais unter verschiedenen Strohmulchaufgaben, ermittelt 40 Tage nach der Aussaat	301
4.3.9	Auswirkungen der Rückstandshandhabung auf den C-Gehalt und die Kationenaustauschkapazität eines Standortes in Nigeria	303
4.3.10	Nährstoffentzüge durch die Ernte bei einigen Feldfrüchten in kleinbäuerlichen Betrieben	306
4.3.11	Nährstoffgehalte in den Ernterückständen einiger Pflanzen in Prozent der gesamten oberirdischen Pflanzenmasse	306
4.3.12	Mittlere Nährstoffgehalte einiger Ernterückstände in Prozent der Trockenmasse	307

Tab.		Seite
4.3.13	Nährstoffbilanzierung auf 2 Teestandorten in Ruanda	308
4.3.14	Auswirkungen von Mulch auf die Regenwurmmaktivität in einem Maisfeld	311
4.3.15	Auswirkungen des Mulchens auf die Unkrautkontrolle in Mais	315
4.3.16	Wirkung des Mulchens mit Reisstroh auf den Ertrag von Kuhbohnen und das Unkrautwachstum	316
4.3.17	Trockenmasse von Unkräutern in Mais und Kuhbohnen im "Alley-cropping" mit <i>Leucaena</i> und in offenen Beständen	318
4.3.18	Kaffee-Erträge in Reaktion auf Grasmulch	325
4.3.19	Auswirkungen des Mulchens und der Einarbeitung von Gründüngung	328
4.3.20	Wirkung von Mulch (Blatt und Stengel) mit <i>Chromolaena odorata</i> und mineralischer Düngung auf Kochbananen	329
4.3.21	Reaktion von Knoblauchsorten ( <i>Allium sativum</i> L.) auf Mulch und N-Düngung	330
4.3.22	Ertrag marktfähiger Tomaten in Abhängigkeit von Mulch und Anbindung an Stöcke	332
4.3.23	Wirtschaftlichkeit der Maisproduktion zur Korn- und Mulcherzeugung	333
4.3.24	Wirtschaftlichkeit und Effekte von Strohmulch auf die organische Substanz, den Korn- und Strohertrag und die biologische Stickstoffbindung in Wasserreis (IR 20)	334
4.3.25	Arbeitsaufwand für verschiedene Verfahren des Kaffeeanbaus	337
4.4.1	Zersetzung von Roggenpflanzen in verschiedenen Wachstumsstadien	352
4.4.2	Maiserträge in Abhängigkeit vom Reifegrad der vorausgehenden Gründüngung	355
4.4.3	Vergleich von kontinuierlichem Maisanbau und Maisanbau im Wechsel mit Gründüngung	356
4.4.4	Durchschnittliche Maiserträge in verschiedenen Fruchtfolgesystemen im Vergleich mit alternierendem Anbau von Gründüngung und Mais	357

Tab.		Seite
4.4.5	Einfluß von Stickstoff, Unkrautbrache und Fruchtfolgen auf den Ertrag von Mais	357
4.4.6	Einfluß von Leguminosenuntersaaten auf den Maisertrag	359
4.4.7	Einfluß von ungedüngten Leguminosenuntersaaten in Mais auf den Ertrag der Nachfrucht Mais	360
4.4.8	Auswirkungen verschiedener Maisanbauverfahren auf den Kornertrag	360
4.4.9	Auswirkungen 14 verschiedener Untersaaten zu Mais auf den Maisertrag, die Futtererträge und die Bodenbedeckung auf einem Standort in Bolivien	361
4.4.10	Auswirkungen des Zeitpunkts und der Häufigkeit der Azolla-Einarbeitung auf die Erträge von Reis und Azolla	369
4.4.11	Azolla-Erträge bei Kultivierung von Azolla zur Grünmasse- und N-Gewinnung	372
4.4.12	Chemische Zusammensetzung von <i>Azolla pinnata</i>	372
4.4.13	Wirkungen mineralischer und organischer Düngung auf den Maisertrag zweier Standorte in Ruanda	376
4.4.14	Gründüngungsversuche zu Reis in Kambodscha	379
4.4.15	Wirkung verschiedener Pflanzenteile von <i>Crotalaria juncea</i> auf den Zuckerrohrertrag	383
4.4.16	N-Fixierung durch einige Körner-, Futter- und Gründüngungsleguminosen (in kg/ha und Jahr)	382
4.4.17	N-Fixierung von Leguminosen unter optimalem und suboptimalem Nährstoffangebot	384
4.4.18	Gesamtverfügbare $\text{NH}_4$ und $\text{NO}_3$ -Stickstoff des Bodens unter Mischung mit organischer Masse während der Inkubation unter aeroben Bedingungen	384
4.4.19	Gesamtverfügbare $\text{NH}_4$ und $\text{NO}_3$ -Stickstoff des Bodens unter Mischung mit organischer Masse während der Inkubation unter anaeroben Bedingungen	385
4.4.20	C-Gehalt von Böden im Dauerdüngungsversuch von PUSA (Indien)	387
4.4.21	Entwicklung analytischer Bodencharakteristika in einem langjährigen Fruchtfolgeversuch mit 30-50 % Leguminosenbrache (1960-1970) und ohne Leguminosen (1971-76)	387

Tab.		Seite
4.4.22	Infiltrationsraten auf 2 Ackerböden unter verschiedenen Kulturen in Paraná/Brasilien	392
4.4.23	Wirkungen von ein- bis sechsmaligem Leguminosenanbau auf die Bildung wasserstabiler Bodenaggregate und die Infiltration	392
4.4.24	Arbeitsanfall bei Anwendung von saisonaler <i>Mucuna</i> -Gründüngung und bei zwei-saisonaler Intensivgründüngungsbuschbrache in Kleinbetrieben Ruandas	400
4.5.1	Einige Eigenschaften zweier Ökosystemtypen	412
4.5.2	Einfluß der Pflanzanordnung von Sorghum auf dessen Kornertrag	427
4.5.3	Wirkungen der Mischkultur von Tagetes und Sesam auf den Nematodenbefall bei Auberginen	432
4.5.4	Auswirkung verschiedener Mischkulturen auf den Anteil kranker Kartoffelpflanzen	433
4.5.5	Ertrag agroforstlicher Produktionssysteme unter Kokospalmen	435
4.5.6	Streuproduktion in agroforstlichen Systemen	439
4.5.7	Schutzfunktionen der forstlichen Komponente: Gegensätzliche Auswirkungen des Baumbestandes auf die Weidewirtschaft	441
4.5.8	Funktionen forstlicher Komponenten in sylvo-pastoralen Systemen	442
4.5.9	Speicherung bzw. Immobilisierung von Nährstoffen in verschiedenen Vegetationsformen	445
4.5.10	Nährstoffgehalte in den oberen 30 cm Boden auf verschiedenen Standorten Westafrikas	445
4.5.11	Nährstofffestlegung durch einen natürlichen Bracheaufwuchs in verschiedenen Altersstufen	446
4.5.12	Auswirkungen der Vegetationsform auf Durchwurzelung, Bodenbedeckung und Blattflächenindex	450
4.6.1	Liste wichtiger tropischer Kulturpflanzen, bei denen Mykorrhizainfektion mit positiver Wirkung nachgewiesen wurde	473

Tab.		Seite
4.6.2	Wirkung des M-Pilzes <i>G. fasciculatum</i> auf die Minderung von Umpflanzverlusten von Avocadosämlingen	475
4.6.3	Wirkungen von Feldinokulationen mit Mykorrhiza	483
4.6.4	Korrelation zwischen bodenchemischen und biologischen Eigenschaften und dem Ertragszuwachs durch Feldinokulation bei Maniok	484
4.6.5	Effekt der Beimpfung mit <i>Glomus fasciculatum</i> auf das Wachstum von Avocadosämlingen	486
4.6.6	Wirkung der Calciumkonzentration auf die Knöllchenbildung von bodenbürtigem Klee	495
4.6.7	Wirkung von Kalkung auf das Überleben von Rhizobien in einem sauren, lehmigen Sand	497
4.6.8	Stickstoff-Fixierung von 8 Sorten von <i>P.vulgaris</i> mit verschiedenem Wuchshabitus	503
4.6.9	Vorkommen von <i>R.trifolii</i> in der Rhizosphäre verschiedener Leguminosen	506
4.6.10	Der Einfluß von Sorte, Standort und Rhizobiumstamm auf den Erfolg einer Inokulation	507
4.6.11	Ordnungen, Familien und Gattungen frei lebender stickstoffbindender Bakterien	508
4.6.12	Wirkungen der Beimpfung mit <i>Azospirillum</i> sp. auf den Kornertrag (g/m <sup>2</sup> ) von Amaranthus-Arten bei verschiedener N-Düngung	512