

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Abfallwirtschaft
Prof. Dr.-Ing. habil. W. Bidlingmaier

**Analyse und Optimierung des Betriebsablaufes und Erstellung
eines Betriebshandbuches für die Pilot-Kompostierungsanlage
Stung Mean Chey in Phnom Penh (Kambodscha)**

Diplomarbeit

Betreuer:

Dipl.-Ing. O. Schmidt
Dipl.-Ing. A. Klauß-Vorreiter

Bearbeiter:

Christian Heller

Weimar, November 2002

Abstract

At the end of 2000, a pilot composting plant for the treatment of biodegradable market waste was built at the city landfill site in the capital of Cambodia, Phnom Penh. Thus, the composting start-up phase was launched. The existing pilot plant will be gradually adjusted to an operational phase. In the long run, it will be established as an economically sustainable composting plant and will be integrated into the waste disposal system of Phnom Penh. The following diploma thesis will describe the socio-economical and socio-cultural framework conditions for the operation of a composting plant in Cambodia and will analyse the resulting requirements for its operational management. Herewith, the focus is set on the agricultural situation, in particular, and on the local conditions for the compost utilisation and marketing. Furthermore, the operational requirements and the separate operational stages for the composting pilot plant will be analysed and evaluated according to their problematic potential. On the basis of those results, modification and optimisation approaches for the operational scheme at the plant will be developed and integrated into the practice. A handbook with guidelines will be compiled in order to assure the professional running of the composting plant. It will enable the Cambodian project co-workers to operate the plant independently and to be able to react adequately to problematic situation. At the end, the operational cost of the plant will be calculated and an economical analysis for the operation of a composting plant will be carried out.

Kurzinhalt

In der Hauptstadt Kambodschas, Phnom Penh, wurde zum Jahresende 2000 eine Pilot-Kompostierungsanlage zur Behandlung biogener Marktabfälle auf der städtischen Mülldeponie errichtet und die Anlaufphase der Kompostierung gestartet. Die bestehende Pilot-Anlage soll in die Betriebsphase überführt und längerfristig als eine wirtschaftlich selbständig arbeitende Kompostierungsanlage in das Abfallentsorgungssystem der Stadt Phnom Penh integriert werden. In dieser Arbeit sind die sozioökonomischen und soziokulturellen Rahmenbedingungen für den Betrieb einer Kompostierungsanlage in Kambodscha dargestellt und die hieraus resultierenden Anforderungen an die Betriebsführung herausgearbeitet. Hierbei wird besonders auf die landwirtschaftliche Situation sowie die örtlichen Bedingungen für die Kompostanwendung und Vermarktung eingegangen. Zudem werden die Betriebsvoraussetzungen und die einzelnen Verfahrensstufen der Pilotkompostierungsanlage wissenschaftlich analysiert und hinsichtlich des Problempotentials beurteilt. Anhand dieser Erkenntnisse werden Modifizierungs- und Optimierungsansätze für den Betriebsablauf auf der Pilotanlage entwickelt und in den Praxisbetrieb integriert. Zum fachkundigen Betreiben der Kompostierungsanlage wird ein Betriebshandbuch mit Handlungsanleitungen erstellt, welches die kambodschanischen Projektbetreiber in die Lage versetzt, die Anlage selbständig führen und auf Problemsituationen reagieren zu können. Abschließend werden die Betriebskosten der Pilotanlage kalkuliert und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für den Betrieb einer Kompostierungsanlage in Phnom Penh angestellt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
2. Aufgaben- und Zielstellung	2
3. Projektbeschreibung (Situation im Oktober/November 2001)	3
3.1 Projektvorstellung	3
3.1.1 Projektziele und Beteiligte	3
3.1.2 Vorgeschichte und bisheriger Verlauf	3
3.1.3 Vertragslage	5
3.1.4 Beschreibung der Kompostierungsanlage	5
3.2 Betriebsführung	7
3.2.1 Personal und Ausstattung	7
3.2.2 Verfahrens- und Betriebsablauf	9
3.3 Problemdarstellung und -bewertung	10
3.3.1 Mängel- und Abnutzungserscheinungen der bautechnischen Bereiche ..	10
3.3.2 Eignung bzw. Funktionstüchtigkeit der Arbeitsmittel und -geräte	12
3.3.3 Verfahrenstechnische und betriebswirtschaftliche Mängel	13
4. Rahmenbedingungen für das Kompostierungsprojekt	15
4.1 Einleitung und Übersicht	15
4.2 Klima	17
4.3 Abfallaufkommen, Mengenentwicklung und Zusammensetzung	18
4.4 Verwaltungs- und Kostenstruktur der Abfallentsorgung	20
4.4.1 Verwaltungsstrukturen und Zuständigkeiten	20
4.4.2 Abfallgebühren und Deponierungskosten	22
4.5 Marktanalyse in der Stadt Phnom Penh	24
4.5.1 Gesamtbetrachtung	24
4.5.2 Dumkor Markt	25
4.6 Einfluss soziokultureller und sozioökonomischer Rahmenbedingungen	28
4.6.1 Wirtschaftliche Situation, Lebensstandard und Einkommen	28
4.6.2 Sozialsystem und soziale Absicherung	31
4.6.3 Bildungswesen und Kenntnisstand	32
4.6.4 Ethnische Gruppen, Mentalität und Eigeninitiative	35
4.6.5 Arbeitszeitregelungen	36
4.6.6 Transportkosten und Kraftstoffpreise	37
4.7 Spezifische Standortbedingungen der KOSA	39
4.7.1 Diebstahlgefahr	39
4.7.2 Emissionen und Immissionen	39
4.8 Staatliche Auflagen und Anforderungen bei der Überführung des Pilotprojektes in die Betriebsphase	41
4.8.1 Gründung und Betrieb einer privatwirtschaftlichen Firma	41
4.8.2 Gründung einer Nicht-Regierungs-Organisation (NGO)	43
4.8.3 Handlungsbedarf und projektbezogene Einschätzung	44

4.9	Landwirtschaft und Rahmenbedingungen für die Kompostvermarktung	46
4.9.1	Landwirtschaftliche Grundlagen und Übersicht	46
4.9.2	Organisation und Projekte der Landwirtschaft.....	47
4.9.3	Böden im Raum Phnom Penh.....	51
4.9.4	Art und Einsatz der Düngemittel	52
4.9.5	Vor- und Nachteile der Kompostnutzung in Kambodscha	59
4.9.6	Eigenkompostierung in Kambodscha.....	61
4.10	Zusammenfassung der Rahmenbedingungen.....	61
5.	Erkenntnisse und Optimierung des Betriebsablaufes.....	64
5.1	Vorgehensweise	64
5.2	Betriebsführung.....	65
5.2.1	Nachteilige Standortentwicklung	65
5.2.2	Flächeneinteilung und Materialfluss	66
5.2.3	Datenerhebung und -auswertung	69
5.2.4	Ausstattung der Kompostierungsanlage.....	70
5.2.5	Personalmanagement.....	75
5.2.6	Arbeitsorganisation.....	76
5.2.7	Durchgeführte und geplante Baumaßnahmen.....	77
5.3	Verfahrensstufen.....	81
5.3.1	Anlieferung und Annahme.....	81
5.3.2	Materialaufbereitung	82
5.3.3	Rottephase	84
5.3.4	Kompostaufbereitung	87
5.4	Analytik ausgewählter chemischer und physikalischer Parameter.....	88
5.4.1	Analyseausstattung und Versuchsbedingungen.....	88
5.4.2	Inputmaterial.....	89
5.4.3	Materialanalysen während der Verfahrensstufen der Kompostierung.....	91
5.4.4	Temperaturverlauf im Mietenkern während des Rotteprozesses.....	97
5.4.5	Rotteverluste bei der Kompostierung von Marktabfällen.....	100
5.4.6	Untersuchungen zum Rottegrad während der Kompostierung.....	102
5.4.7	Veränderung des Salzgehaltes im Verlauf des Rotteprozesses	103
5.4.8	Kompost (Endprodukt).....	104
5.5	Betriebsergebnisse und Diskussion	110
5.5.1	Rottedauer	110
5.5.2	Wasserbilanz und –bedarf	111
5.5.3	Massenbilanz der KOSA	114
5.5.4	Durchsatzmenge und Flächennutzung der Pilot-Anlage.....	116
5.5.5	Berechnung der Anlagenkapazität.....	118
5.5.6	Arbeitszeitbedarf für die Arbeitsgänge der Mietenkompostierung.....	123
5.5.7	Erkenntnisse zum Einsatz der Drainagerohre	127
5.6	Erstellung des Betriebshandbuches.....	129

6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	130
6.1 Investitionskosten.....	130
6.2 Betriebskosten	131
6.3 Kostenkalkulationen für den Betrieb einer Kompostierungsanlage.....	132
6.3.1 Pilotanlage.....	132
6.3.2 Ausbaustufen der Kompostierungsanlage	133
6.4 Variantendiskussion.....	134
6.5 Kostenvergleich	136
7. Vermarktung des Kompostes.....	137
7.1 Voraussetzungen für die Kompostvermarktung	137
7.2 Mögliche Einsatzgebiete und Abnehmer von Kompost in Phnom Penh.....	137
7.3 Anlaufphase der Vermarktung.....	139
7.3.1 Werbung.....	139
7.3.2 Verkaufsverpackung	140
7.3.3 Anwendungsempfehlung und Bescheinigung der Kompostinhaltsstoffe	141
7.3.4 Kompostpreis-Regelung	142
8. Projektentwicklung, Forschungsbedarf und Ausblick	144
8.1 Projektentwicklung	144
8.2 Forschungsbedarf.....	144
8.3 Ausblick.....	145
9. Zusammenfassung	146

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Grundriss der Kompostierungsanlage (Stand Oktober 2001).....	6
Abbildung 4.1: Gegenüberstellung von Niederschlag, Verdunstung und Anzahl der Regentage im Jahresverlauf für Phnom Penh.....	17
Abbildung 4.2: Temperatur und Relative Luftfeuchte im Jahresverlauf für Phnom Penh	18
Abbildung 4.3: Beteiligte Behörden und Unternehmen an der Abfallwirtschaft.....	21
Abbildung 4.4: Schema staatliche Organisationsstruktur der Landwirtschaft.....	49
Abbildung 4.5: Jahres-Importmengen von chemischen Düngemitteln, Kambodscha	53
Abbildung 5.1: Schema der Wirkungsbereiche für die Anlagenoptimierung.....	64
Abbildung 5.2: Grundriss der KOSA mit Flächeneinteilung (nach den Straßenbaumaßnahmen)	67
Abbildung 5.3: Zusammensetzung der Stoffströme bei der Störstoffauslese (Marktabfälle)	92
Abbildung 5.4: Trennverhältnisse der einzelnen Absiebmethoden.....	94
Abbildung 5.5: Korngrößenverteilung im Siebrest der 18 mm Absiebung.....	96
Abbildung 5.6: Temperaturverlauf in einer Rottemiete bei optimaler Rotteführung .	98
Abbildung 5.7: Temperaturverlauf in einer Rottemiete bei günstiger Rotteführung .	99
Abbildung 5.8: Temperaturverlauf in einer Rottemiete bei ungünstiger Rotteführung	100
Abbildung 5.9: Ermittelte Rotteverluste bei der Kompostierung von Marktabfällen im Vergleich zur Entwicklung der Schüttdichte in Abhängigkeit von der Rottedauer.....	101
Abbildung 5.10: Rotteverlauf des Rottegrades (RG), ermittelt im Selbsterhitzungsversuch.....	103
Abbildung 5.11: Salzgehalt und Schüttdichte der Frischsubstanz in Bezug zum Rottealter	104
Abbildung 5.12: Korngrößenverteilung in Gew.-% für die verschiedenen Kompostprodukte	106
Abbildung 5.13: Fremdstoff- und Steingehalt in den Kompostprodukten.....	107
Abbildung 5.14: Wassermengen- Bilanz einer Marktabfallmiete	112
Abbildung 5.15: Massebilanz der Marktabfallkompostierung	115
Abbildung 5.16: Verwendete Mietenquerschnitte in der Trocken- und Regenzeit....	117

Abbildung 5.17: Abmessungen der rotteinaktiven Mietenbereiche in der Trockenzeit	118
Abbildung 5.18: Anordnung der Drainagerohre im Mietenkörper, Maße in [cm].....	128
Abbildung 7.1: Anwendungsempfehlung für den Kunden (Englisch/Khmer)	141
Abbildung 7.2: Bescheinigung über die Kompostinhaltsstoffe.....	142

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Investitionskosten der KOSA.....	7
Tabelle 3.2:	Personalkosten (Stand Oktober 2001)	8
Tabelle 4.1:	Übersicht der ermittelten Einflussfaktoren.....	16
Tabelle 4.2:	Abfallzusammensetzung nach Erzeugerquellen in Phnom Penh.....	20
Tabelle 4.3:	Abfallgebühren in Phnom Penh (2002).....	23
Tabelle 4.4:	Marktabfallzusammensetzung in Phnom Penh.....	25
Tabelle 4.5:	Qualitative Bewertung der Märkte in Phnom Penh.....	25
Tabelle 4.6:	Durchschnittliches Haushaltseinkommen.....	29
Tabelle 4.7:	Durchschnittsverdienste ausgewählter Erwerbstätigkeiten in Phnom Penh	30
Tabelle 4.8:	Gesetzliche Feiertage Kambodscha 2002	37
Tabelle 4.9:	Transportpreise in Phnom Penh 2001/2002.....	38
Tabelle 4.10:	Verwendete Chemische Düngemittel in Kambodscha und Phnom Penh	54
Tabelle 4.11:	Eingesetzte organische Düngemittel im Raum Phnom Penh.....	56
Tabelle 5.1:	Neuanschaffungen und Modifizierungen der Ausstattung auf der KOSA	70
Tabelle 5.2:	Technische Daten von Siebmaschine und Generator.....	73
Tabelle 5.3:	Personalkosten (Stand April 2002).....	76
Tabelle 5.4:	Technische Daten der verschiedenen Absiebmethoden.....	88
Tabelle 5.5:	Auswirkungen des Shredderns auf die Materialeigenschaften des Zuckerrohrs	93
Tabelle 5.6:	Zusammensetzung Siebrest.....	95
Tabelle 5.7:	Anzahl an Glasscherben je kg TS in den Kompostprodukten der KOSA	108
Tabelle 5.8:	Versuchsergebnisse zur Pflanzenverträglichkeit des Kompostes..	109
Tabelle 5.9:	Berechnung der maximalen Anlagenkapazität.....	119
Tabelle 5.10:	Volumenreduzierung des Rottegutes und Kapazitätsminderung je Rotteabschnitt	121
Tabelle 5.11:	Berechnung der realistischen Anlagenkapazität.....	121
Tabelle 5.12:	Berechnung des Rottegutvolumens je Durchgang	122
Tabelle 5.13:	Mittlere Zeitbedarfswerte für die Arbeitsgänge der Mietenkompostierung	124

Tabelle 6.1:	Bisherige Investitionskosten der Pilotanlage	130
Tabelle 6.2:	Zukünftige Investitionen auf der Pilotanlage.....	131
Tabelle 6.3:	Anfallende Betriebskosten auf der Pilotanlage (Durchsatz 800 Mg/a)	131
Tabelle 6.4:	Investitionskosten der Varianten.....	133
Tabelle 6.5:	Betriebskosten der Varianten.....	133
Tabelle 6.6:	Investitionskosten der Ausbaustufen.....	134
Tabelle 6.7:	Betriebskosten der Ausbaustufen.....	134
Tabelle 6.8:	Variantendiskussion der Kostenkalkulationen.....	135
Tabelle 7.1:	Kompostpreise.....	143

Literaturverzeichnis

- ANG SOPHA, S. (1999). Design of Municipal Solid Waste Collection System. A Case Study of Phnom Penh, Cambodia. Asian Institute of Technology. School of Environment, Resources and Development, Bangkok, Thailand
- ANNUAL RESEARCH REPORT 2000. Cambodia-IRRI-Australia Projekt. Manila, Philippines
- ARBEITSPROGRAMM PROJEKT KAMBODSCHA 2000. Schmidt, O. ISA GmbH Niederorschel, Deutschland
- BECKER, G. 1998. Auf der sicheren Seite – Der Rottegrad ist ein brauchbares Bewertungskriterium für den Rottezustand von Bioabfallkompost. Müllmagazin 3/1998, Deutschland
- BIDLINGMAIER, W. 1983. Das Wesen der Kompostierung von Siedlungsabfällen. Müll und Abfall Lfg. 6/83, Deutschland
- BIDLINGMAIER, W.; BEEKMANN, J. u.v.a. 1988. Bau und Betrieb von Pflanzenabfall-Kompostierungsanlagen . Arbeitsbericht der ATV/VKS/ANS-Arbeitsgruppe 3.2.1 „Kompostierung“. Deutschland
- BIDLINGMAIER, W. 1999. Steuerungsmöglichkeiten für biologische Verfahren über das Inputmaterial. 6. Münsteraner Abfallwirtschaftstage. Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft und Umweltchemie Fachhochschule Münster. Münster, Deutschland
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST e.V. 1998. Methodenhandbuch zur Analyse von Kompost. Köln, Deutschland
- BUNNA, C. 2002. Mündliche Angaben, Gespräch am 20.02.2002 im Ministry of Commerce. Phnom Penh, Cambodia
- CAMERON, B. 2000. Fertilizer Supply and Quality in Cambodia. Australian Agricultural Assistance Project. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries - Royal Government of Cambodia. Phnom Penh, Cambodia
- CARDI 2002. The Cambodian Agricultural Research and Development Institute Cambodia-IRRI-Australia Projekt. Phnom Penh, Cambodia
- CARDI 2001. Fertilizer used in Cambodia. Cambodia-IRRI-Australia Projekt. Manila, Philippines
- CEDAC 2001a. mündliche Angaben eines Mitarbeiters von CEDAC, Gespräch vom 13.11.2001. Phnom Penh, Cambodia
- CEDAC 2001b. Compost making and use. CEDAC (Tath Sok). Phnom Penh, Cambodia

- CEDAC 2000. Information on CEDAC: April 2000. Centre d'Etude et Developpement Agricole Cambodgien. Phnom Penh, Cambodia
- CHEA, S. 1998 Urban Solid Waste Disposal: A Case Study of the City of Phnom Penh, Cambodia. School of Environment, Resources and Development. Asian Institute of Technology. Bangkok, Thailand
- CNP 1996. Fertilizer Procurement and Distribution in Cambodia: Issues and Options. Center for National Policy, Washington, DC; Sparks Companies Inc.. McLean VA, USA
- DEUTSCH, R. 2001. mündliche Aussagen, Gespräch mit R. Deutsch 24.10.2001 in Phnom Penh, Cambodia
- COINTREAU-LEVINE, S. 1996. Preparation Mission to Cambodia. World Bank Roxbury CT, USA
- DEPARTMENT OF METEOROLOGY 2001. Weather Report in 2000. Phnom Penh, Cambodia
- FAO 2000. Cambodia Socio-Economic Survey. FAO. Phnom Penh, Cambodia
- FAO-CAMBODIA 2001. Information on FAO and Sre Khmer. Phnom Penh, Cambodia
- FAO 2001. Fertilizer supply and used in Cambodia. FAO. Phnom Penh, Cambodia
- FAO 2002. mündliche Angaben aus einem Gespräch mit Yech Polo (FAO) am 02.03.2002. Phnom Penh, Cambodia
- GUTJAHR, D. 1997a. Bericht über die Abfallzusammensetzung und -analyse in der Stadt Phnom Penh. Stadtwerke Erfurt, Stadtwirtschaft GmbH. Stadtverwaltung Phnom Penh. Phnom Penh Cambodia
- GUTJAHR, D. 1997b. Bericht über die Ist-Analyse Recyclingwirtschaft in Phnom Penh. Stadtwerke Erfurt, Stadtwirtschaft GmbH. Stadtverwaltung Phnom Penh. Phnom Penh, Cambodia
- INTERCONSULT INTERNATIONAL AS 2001a. Completion Report Volume III, April 2001. Neighborhood Improvement Program. Municipality of Phnom Penh, Department of Public Works and Transport. Phnom Penh, Cambodia
- INTERCONSULT INTERNATIONAL AS 2001b. Solid Waste Management, Interim Report, June 2001. Neighborhood Improvement Program. Municipality of Phnom Penh, Department of Public Works and Transport. Phnom Penh, Cambodia
- KALINNA, M. 2002. Mündliche Angaben, Gespräch am 15.02.2002 in Phnom Penh Phnom Penh, Cambodia

- KEHRES, B.; GOTTSCHALL, R.; VOGTMANN, H. 1994. Bestimmung und Bewertung der Pflanzenverträglichkeit von Kompost im Pflanzversuch mit Sommergerste. Müll und Abfall 4/94. Deutschland
- KERN, M. 1989. Betriebskosten der Mietenkompostierung. I. Witzenhäuser Abfalltage, Band II, Grundlagen zur Kompostierung von Bioabfällen. Ingenieurgesellschaft Witzenhausen, Büro für Umweltpädagogik in Zusammenarbeit mit der Universität Gh-Kassel. Göttingen, Deutschland
- KOMA, Y.S. 1999. Sustainable Agriculture Country Profiles Cambodia, Changing Acres. Centre d'Etude et de Developpement Agricole Cambodgien (CEDAC) Phnom Penh, Cambodia
- KROGMANN, U. 1993. Möglichkeiten zur Steuerung des Kompostierungsprozesses zur Verfahrensoptimierung, zur Minimierung der Emissionen und zur Verbesserung der Kompostqualität. 3. Münsteraner Abfallwirtschaftstage. Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft und Umweltchemie Fachhochschule Münster. Münster, Deutschland
- LAUX, D. 2001. Konzeptionierung und Errichtung einer Pilotanlage zur Behandlung von organischen Marktabfällen in der Stadt Phnom Penh. Diplomarbeit der Bauhaus-Universität Weimar, Professur Abfallwirtschaft. Weimar, Deutschland
- MACINDOE, R. 1997. Basic Principles of Making and Using Compost. The Australian Embassy in Cambodia. Target Training Consultants. Phnom Penh, Cambodia
- MORI, I. 2000. Solid Waste Management in the City of Phnom Penh. Japan International Cooperation Agency (JICA). Municipality of Phnom Penh. Phnom Penh, Cambodia
- NATIONAL INSTITUTE OF STATISTIC 1994. Occupation study of Phnom Penh and Cambodia. Phnom Penh, Cambodia
- NEUHAUSER, A. 2001. Kambodscha. Reise Know-How Verlag Peter Rump GmbH Bielefeld, Deutschland
- OBERHOLZ, A. 1998. Kompost - Taschenbuch der Abfallwirtschaft. Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V.. Bonn, Deutschland
- OBSTBAUER 2002. mündliche Angaben aus einem Gespräch mit einem Obstbauern in Phnom Penh am 24. 02. 2002. Phnom Penh, Cambodia
- OTTOW, J.C.G.; BIDLINGMAIER, W. 1997. Umweltbiotechnologie. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Deutschland
- PRASAC 2001. Rural Development as a Priority. Rehabilitation and Support Programme for Cambodia's Agricultural Sector. Bangkok, Thailand

- REINHOLD, J. 1995: Optimierung der Kompostierung im Mietenverfahren. Dritte Brandenburger Komposttage. Seminar „Kompostierung im Land Brandenburg“. Gütegemeinschaft Kompost Berlin- Brandenburg. Sachsen-Anhalt e.V, Berlin, Deutschland
- SOKHUN, K. 2001. Mündlicher Vortrag beim Kompostierungsseminar der CDG und des Kompostierungsprojektes Stung Mean Chey am 18.12.2001 in Sihanoukville. Sihanoukville, Cambodia
- SOTHEARY, S. 2002. Mündliche Angaben, Gespräch 18.02.2002 im Ministry of Interior. Phnom Penh, Cambodia
- SPANGENBERG, B.; HUPFER, P.; JEHLE, M.; KRESS, J. 1998. Dezentrale Kompostierung – sinnvolle Variante der Bioabfallverwertung?. Erste Ergebnisse aus dem Pilotbetrieb der Kompostanlage Leibertingen. Müll und Abfall 2/98, Deutschland
- STATISTISCHES BUNDESAMT 2001. Statistisches Jahrbuch 2001 für das Ausland. Fachverlag Metzler/Poeschel. Wiesbaden, Deutschland
- STÄUDEL, J. 2002. Anpassungsbedarf des Transfers deutscher Technologien zur Vergärung und Kompostierung von Bioabfällen an die Rahmenbedingungen in Kambodscha. Studienarbeit der Bauhaus-Universität Weimar, Professur Abfallwirtschaft. Weimar, Deutschland
- STENTIFORD, E.I.; PEREIRA NETO, J.T.; MARA, D.D. 1996. Low cost composting. Research Monograph No. 4. Department of Civil Engineering University of Leeds. Leeds, England
- STRICKLER, C. 2001. Directory of International Development Assistance in Cambodia 2001-2002. Directory of provincial NGO Networks in Cambodia 2001-2002. Cooperations Committee for Cambodia. Phnom Penh, Cambodia
- STRICKLER, C. 2002. Mündliche Angaben, Gespräch am 16.02.2002 im Cooperations Committee for Cambodia. Phnom Penh, Cambodia
- TANDON, H.L.S. 1997. Fertilisers, Organic Manures, Recyclable Wastes and Biofertilisers. Fertiliser Development and Consultation Organisation. New Delhi, India
- WHITE, P.F.; OBERTHÜR, T.; SOVUTHY, P. 2001. The soils used for rice production in Cambodia. Cambodia-IRRI-Australia Projekt. Manila, Philippines
- WIRTSCHAFTSTREFFEN DEUTSCHER UNTERNEHMER 2001. Diskussionsrunde zum 2. Wirtschaftstreffen deutscher Unternehmer in Kambodscha am 24.11.2001 im Hilton Hotel Phnom Penh. Phnom Penh, Cambodia
- ZEITLIN, K. A.; DORN, S. E. 2001. The Nonprofit Board's Guide to Bylaws. National Center For Nonprofit Boards. Washington DC, USA

Begriffe und Abkürzungen

ADB	Asian Development Bank	
CAP	Cleaning Authority of Phnom Penh	Stadtreinigung von Phnom Penh
CARDI	The Cambodian Agricultural Research and Development Institute	halbstaatliche Organisation in der Landwirtschaft
CEDAC	Centre d'Etude et de Développement Agricole Cambodgien	kambodschanische Entwicklungshilfeorganisation
DPWT	Department of Public Works and Transport	Amt für öffentlichen Dienst und Transport
FS	Feuchtsubstanz	
NGO	Non-Gouvernement-Organisation	Nichtregierungsorganisation
NIP	Neighbourhood Improvement Program	Kompostierungsprojekt in einem Stadtteil von Phnom Penh
KOSA	Kompostierungsanlage	
PPWM	Phnom Penh Waste Management	Deponiebetreiber seit 2002
PRASAC II	Support Program for Development Cooperation	EU-Programm für den Landwirtschaftssektor
PSPK	Private Company (<u>P</u> ech, <u>S</u> im, <u>S</u> ambath, <u>K</u> im)	Private Abfallentsorgungsfirma
Riel	1US\$ = 3950 Riel (Stand 01.05.02)	kambodschanische Währung
SWE GmbH	Stadtwerke Erfurt Stadtwirtschaft GmbH	Seit Juli 2002 Betreiber der Pilot-Kompostierungsanlage Stung Mean Chey
TMLNU	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt	Träger des Pilot-Kompostierungsprojektes Stung Mean Chey
TS	Trockensubstanz	
	Waste Picker	Wertstoffsammler auf der Deponie
WHO	World Health Organization	Weltgesundheitsorganisation

Danksagung

Die Arbeit in Kambodscha war auf diese Weise unter den schwierigen ungewohnten Bedingungen nur mit viel Hilfe und großer Unterstützung zahlreicher Menschen möglich. In einem Entwicklungsland an einem Umwelt orientierten Projekt mitwirken zu können, war aus fachlicher und menschlicher Sicht eine sehr wichtige Erfahrung für mich, welche meine Weltanschauung und meine persönliche Einstellung in vielerlei Hinsicht nachhaltig geprägt hat.

Mein besonderer Dank gilt Kim Heng und seiner Familie, die mich herzlich in Kambodscha aufgenommen und mir in freundschaftlicher Art und Weise ihr Land und ihre Kultur nahegebracht haben. Den Projektmitarbeitern Sam Phalla, Soeun Sethu, Soth Vantha und Keo Mara möchte ich für Engagement und die gute Zusammenarbeit im Projekt danken.

Meinem Betreuer Olaf Schmidt danke ich besonders für sein Vertrauen und die gute fachliche Betreuung sowie für seine ehrliche und kritische Beurteilung, die mir bei der Erstellung dieser Diplomarbeit außerordentlich geholfen hat. Meiner Betreuerin Antje Klauß-Vorreiter danke ich für die fachliche Unterstützung und die gute Organisation der universitären Belange.

Detlef Gutjahr sei gedankt für die qualifizierte Praktikumsvorbereitung meines Kambodscha-Aufenthaltes und für seine freundschaftliche Hilfe über das Projekt hinaus. Bei Carmen Schenderlein bedanke ich mich für die hilfreiche fachliche Beratung, die sehr gute Zusammenarbeit und die schöne gemeinsame Zeit in Kambodscha.

Dem Lehrstuhl Abfallwirtschaft der Bauhaus-Universität Weimar, Prof. Dr.-Ing. habil. W. Bidlingmaier, danke ich, mir im Rahmen meiner Diplomarbeit die Mitarbeit an diesem Projekt in Kambodscha ermöglicht zu haben.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meinen Eltern bedanken, die mich immer mit allen Kräften unterstützten und somit mein Studium sowie meine Kambodscha-reise erst möglich machten.

Zu guter Letzt möchte ich mich noch mal bei Olaf Schmidt, Kim Heng und Sam Phalla dafür bedanken, dass sie sich in der Folge meines Verkehrsunfalls so engagiert um sämtliche medizinischen und polizeilichen Angelegenheiten gekümmert haben. Ohne diese Hilfe wäre meine Genesung und die Fortsetzung meines Kambodscha-Aufenthaltes unmöglich gewesen.

1. Einführung

In der Hauptstadt Kambodschas, Phnom Penh, wurde zum Jahresende 2000 in Kooperation vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, der ISA GmbH, der Bauhaus-Universität Weimar und kambodschanischen Partnern eine Pilot-Kompostierungsanlage zur Behandlung biogener Marktabfälle errichtet und die Anlaufphase der Kompostierung gestartet.

Das Pilot-Projekt besitzt eine hohe Signalwirkung für die Abfallwirtschaft Kambodschas. Hierdurch wird eine überaus nützliche und erfolgversprechende Abfallbehandlungsmethode in der Praxis realisiert, welche geeignet ist die großen Emissionsprobleme (Gase, Sickerwasser) infolge der Abfalldeponierung zu verringern und aus pflanzlichen Abfällen einen dringend benötigten Naturdünger herzustellen. Der produzierte Kompost kann in Bereichen der Landwirtschaft, dem Obst- und Gemüseanbau sowie im Zierpflanzenbereich die chemischen Düngemittel mit weitreichenden Vorteilswirkungen ergänzen und somit das ökologische Gleichgewicht stabilisieren. Wie notwendig eine solche Kurskorrektur in Hinblick auf die herrschenden ökologischen und sozialen Probleme Kambodschas ist, soll in dieser Arbeit unter Betrachtung der Rahmenbedingungen erörtert werden.

Die bestehende Anlage wurde für ca. 10 Mg Inputmaterial je Woche ausgelegt und kann stufenweise weiter ausgebaut werden, wobei das Ziel am Ende der Projektlaufzeit eine selbständig wirtschaftlich arbeitende Kompostierungsanlage in Phnom Penh ist. Um dieses Ziel erreichen zu können und damit das Projekt zum Erfolg zu führen, ist es notwendig die besonderen sozioökonomischen und soziokulturellen Rahmenbedingungen für den Betrieb einer Kompostierungsanlage in Kambodscha umfassend zu kennen und hierauf aufbauend die Projektausrichtung in den landestypischen Kontext zu stellen. In diesem Zusammenhang ist das Verständnis für die historisch bedingten Strukturen sowie der politischen und wirtschaftlichen Interessen von großer Bedeutung, da gerade in Entwicklungsländern die Vermischung öffentlicher Belange mit rein persönlichen, menschlichen Interessen besonders offen zu Tage tritt und bei der Entscheidungsfindung in jedem Fall berücksichtigt werden sollte.

Zudem ist der Betriebsablauf und das Verfahrenskonzept der Kompostierungsanlage bestmöglich an den vorherrschenden Bedingungen und den daraus resultierenden Betriebsanforderungen auszurichten, um somit Betriebsstörungen bzw. -ausfälle zu vermeiden, eine hohe Kompostqualität sicherzustellen und eine rationelle Arbeitsweise auf der Kompostierungsanlage zu bewirken. Potentielle Problemfaktoren und auftretende Betriebsschwierigkeiten müssen analysiert und entsprechende Lösungsstrategien erarbeitet werden. Nur durch ein optimales Zusammenwirken (Aufgabenverteilung, Zuständigkeiten usw.) der am Projekt beteiligten Personen ist es möglich, die Kompostierungsanlage in beabsichtigter Weise erfolgreich zu betreiben. Eine funktionierende Kompostvermarktung stellt ein entscheidendes Kriterium für den Erfolg oder Misserfolg dieses Projektes dar. In der vorliegenden Arbeit wird vom Autor anhand von wissenschaftlichen Erkenntnissen, persönlichen Erfahrungen und recherchiertem Datenmaterial detailliert auf die angeführten Einflussbereiche des Kompostierungsprojektes eingegangen.

2. Aufgaben- und Zielstellung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll der Betrieb der bestehenden Pilotanlage optimiert und ein Betriebshandbuch einschließlich Risiko-Betrachtung erstellt werden. Hierzu wird der Betrieb der Anlage wissenschaftlich überwacht und das Inputmaterial sowie der Kompost auf ausgewählte chemische und physikalische Parameter untersucht. Das Inputmaterial, der Verlauf des Rotteprozesses und die Kompostqualität sind zu bewerten.

Das Betriebshandbuch einschließlich Risikobetrachtung ist inhaltlich so zu erarbeiten, dass die kambodschanischen Betreiber der Anlage künftig in die Lage versetzt werden, die Anlage selbständig zu betreiben. Anleitungen für den Betrieb der Anlage unter besonderen Rahmenbedingungen wie z.B. Starkregen sollen im Handbuch enthalten sein.

Für die Optimierung des Betriebsablaufes soll neben den abfallwirtschaftlichen Untersuchungen der Einfluss der besonderen sozioökonomischen und soziokulturellen Rahmenbedingungen vor Ort auf den Betrieb der Anlage untersucht werden. Hierbei sind vor allem die Rahmenbedingungen, die einen Einfluss auf die Anwendung des Kompostes in der Landwirtschaft haben, aufzuzeigen und zu bewerten. In diesem Zusammenhang wird die Vermarktungssituation für den produzierten Kompost recherchiert und beurteilt.

Abschließend wird eine Kostenschätzung für den Betrieb der Kompostierungsanlage in Phnom Penh erarbeitet. Hierbei werden die aktuelle Situation und eine mögliche Anlagenerweiterung gegenübergestellt.

3. Projektbeschreibung (Situation im Oktober/November 2001)

3.1 Projektvorstellung

3.1.1 Projektziele und Beteiligte

Ziel des Vorhabens ist es, in der Hauptstadt des Königreiches Kambodscha, Phnom Penh eine vollfunktionsfähige Anlage zur Kompostierung von biogenen Marktabfällen aufzubauen und längerfristig wirtschaftlich zu betreiben. Am Ende der Projektlaufzeit sollen die anfallenden Betriebskosten durch den Anlagenbetrieb erwirtschaftet und hierdurch die Anschubfinanzierung abgelöst werden.

Zudem ist in der Projektarbeit die auf die Herstellung und den Einsatz von Kompost ausgerichtete Information und Schulung der Bevölkerung Kambodschas vorgesehen. Durch die Zusammenarbeit mit Organisationen, Behörden etc. soll die Akzeptanz von Kompostdünger in der Bevölkerung gesteigert und die Kompostierung in Kambodscha weiter verbreitet werden. Das Pilotprojekt besitzt eine hohe Signalwirkung für die Abfallwirtschaft Kambodschas.

Das Projekt wird vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (TMLNU) finanziert und stellt zum gegenwärtigen Zeitpunkt das einzige Entwicklungshilfeprojekt des Freistaates Thüringen dar.

Olaf Schmidt, Geschäftsführer der ISA GmbH, wurde vom TMLNU als Projektleiter eingesetzt und ist für die Durchführung des Projektes zuständig.

Von Prof. Dr.-Ing. habil. W. Bidlingmaier, Professur Abfallwirtschaft der Bauhaus-Universität Weimar erfolgt die wissenschaftliche Begleitung des Projektes in Form von Studentenbeteiligungen.

Die Stadtwirtschaft Erfurt (Detlef Gutjahr) und die Gemes GmbH Saalfeld (Carmen Schenderlein) unterstützen das Projekt mit fachlicher Kompetenz und aktivem persönlichem Einsatz.

Die praktische Ausführung des Projektes wird im wesentlichen von den kambodschanischen Projektbetreibern (Soth Vantha, Sam Phalla, Seun Sethou) und den Sortierkräften (So-Khan, So-Kem, Thöm) auf der KOSA bewältigt.

3.1.2 Vorgeschichte und bisheriger Verlauf

Bereits seit 1994 bestehen zwischen dem Freistaat Thüringen und dem Königreich Kambodscha Kontakte im Bereich der Abfallwirtschaft. Unter anderem wurde von 1996 bis 1998 in Zusammenarbeit vom TMLNU und dem Umweltministerium Kambodschas ein Fortbildungsprogramm für kambodschanische Experten in den Fachgebieten Abfallwirtschaftsmanagement, Deponiebau, Deponiemanagement und Recyclingtechnologien in Thüringen und Phnom Penh durchgeführt. Nach Abschluss des Programms signalisierte der kambodschanische Umweltminister Dr. Mok Mareth mit einem Schreiben an das TMLNU, dass weiterhin großes Interesse an einer Zusammenarbeit besteht und die Errichtung einer Behandlungsanlage für biologische Abfälle in Phnom Penh politisch unterstützt werden kann.

Schon im Frühjahr 1997 hatte Detlef Gutjahr (Stadtwerke Erfurt, Stadtwirtschaft GmbH) in Zusammenhang mit seiner Expertentätigkeit im Abfallwirtschaftssektor Phnom Penhs eine Kompostierungsanlage zur Behandlung der organischen Abfälle empfohlen und die Vorplanungen für eine großtechnische Kompostierungsanlage in Phnom Penh ausgeführt. Zur selben Zeit wurde mit deutscher Unterstützung auf der Deponie Stung Mean Chey bereits eine Kompostierungsanlage errichtet und vom deutschen Unternehmer P. Berkholz zwei Monate lang betrieben. Erhebliche Probleme bei der Abfallgebührenerhebung führten schnell zu Finanzierungsschwierigkeiten und die politischen Unruhen am 5./6. Juli 1997 ("Coup d`Etat") schließlich zur endgültigen Aufgabe des Projektes.

Auf der Grundlage dieser Kenntnisse und Erfahrungen liefen die Projektvorbereitungen im TMLNU auf die Errichtung einer Pilot-Kompostierungsanlage mit geringem Investitionsaufwand auf dem Gelände der Deponie Stung Mean Chey hinaus. Das Projekt erhielt vom Freistaat Thüringen die verbindliche Zusage einer Förderung für drei Jahre (2000-2002) mit ca. 15.000 € jährlich und ging infolgedessen in die Phase der praktischen Umsetzung über. Olaf Schmidt, Geschäftsführer der ISA GmbH, wurde vom TMLNU mit der Durchführung des Projektes und der Verwaltung der Fördergelder beauftragt.

Im Oktober 2000 reiste eine Thüringer Delegation in persona von Olaf Schmidt, Detlef Gutjahr und Mathias Gessner (TMLNU) nach Phnom Penh, um mit Exzellenz Chea Sophara (Gouverneur von Phnom Penh) über die Kooperationsbedingungen zu verhandeln. Die Verhandlungen führten zu einem Vertrag, der am 27.10.2000 vom Vize-Gouverneur Trac Thai Sieng unterzeichnet wurde und die im Kapitel 3.1.2 aufgeführten Vereinbarungen rechtlich fixierte. In der Folge wurde auf der Basis dieses Vertrags von den kambodschanischen Projektpartnern und den beiden Studenten der Bauhaus-Universität Weimar (BUW) Daniel Laux und Jürgen Stäudel der Standort für die KOSA ausgewählt und mit dem Bau der Anlage begonnen. Anfang Januar 2001 waren die Bautätigkeiten auf der KOSA größtenteils abgeschlossen und die Anlaufphase der Kompostierung begann mit der Annahme der ersten Fuhre Markt-Abfall am 09.01.2001.

Die Anlaufphase wurde von den Studenten der BUW in Zusammenarbeit mit den kambodschanischen Projektbetreibern bis Mitte April 2001 fachlich fundiert begleitet und tatkräftig unterstützt. Von Mitte April bis Anfang Oktober 2001 war die kambodschanische Projektleitung bei der praktischen Betriebsführung der KOSA auf sich allein gestellt und wurde von Olaf Schmidt und Detlef Gutjahr von Deutschland aus betreut. Am 3. Oktober 2001 reisten der Projektleiter Olaf Schmidt sowie Carmen Schenderlein (Gemes GmbH Saalfeld) und der Autor (Bauhaus-Universität Weimar) nach Phnom Penh, um die Voraussetzungen für die Überführung des Pilotprojektes in die Betriebsphase zu schaffen. Hierbei standen die Optimierung des Betriebsablaufes der KOSA und die Entwicklung eines Vermarktungskonzeptes für den produzierten Kompost im Mittelpunkt der Zielsetzungen.

3.1.3 Vertragslage

Der Vertrag über die Errichtung und den Betrieb einer Pilotkompostierungsanlage zur Behandlung organischer Abfälle zwischen der Stadtverwaltung von Phnom Penh (Trac Thai Sieng) und der ISA GmbH (Olaf Schmidt) sowie dem TMLNU (Mathias Gessner) vom 27.10.2000 beinhaltet folgende Vereinbarungen:

- Der ISA GmbH wird unentgeltlich für zwei Jahre eine Fläche von 2000 m² auf der Deponie Stung Mean Chey zur Verfügung gestellt.
- Die private Abfallentsorgungsfirma PSBK ist verpflichtet die angeforderten Markt- abfälle für die Kompostierung kostenfrei auf der KOSA anzuliefern.
- Die ISA GmbH arbeitet mit der Stadtverwaltung von Phnom Penh, den Abteilungen Öffentliche Aufgaben und Transport, Umweltschutz, Stadtplanung und Bau, dem Bürgermeister des Bezirkes Khan Mean Chey, der Entsorgungsfirma PSBK und der Stadtreinigung von Phnom Penh zusammen.

Die Thüringer Delegation versprach dem Vize-Gouverneur von Phnom Penh bei der Vertragsunterzeichnung, mit den ersten Einnahmen der KOSA durch den Kompost- verkauf Schulmaterial für die Kinder der an die Deponie angrenzenden Schule zu kaufen. Trac Thai Sieng ist sehr an einer Verbesserung der Lernsituation dieser Kin- der interessiert und soll auch auf diese Weise dauerhaft als einflussreiche Persön- lichkeit für die erforderliche politische Unterstützung des Kompostierungsprojekts gewonnen werden.

Das Versprechen wurde am 08.10.2001 von den Projektverantwortlichen Olaf Schmidt und Soth Vantha in Verbindung mit einem Vorgespräch zur Vertragsverlä- ngerung bei Trac Thai Sieng eingelöst, auch wenn bis zu diesem Zeitpunkt noch kein Kompost der KOSA verkauft werden konnte. Die Kosten für den Erwerb des Schul- materials wurden von der ISA GmbH übernommen. Im Gespräch gab Trac Thai Sieng die mündliche Zusage den Vertrag vom 27.10.2000 um weitere zwei Jahre zu verlängern und war offensichtlich mit der bisherigen Projektentwicklung zufrieden. Zudem wurde dem Kompostierungsprojekt der steuerfreie Kompostverkauf bis zu einer Gesamteinnahme von 2000 US\$ gestattet (siehe Kap. 4.8.3).

3.1.4 Beschreibung der Kompostierungsanlage

Der Standort der Kompostierungsanlage befindet sich im Eingangsbereich der De- ponie Stung Mean Chey im Süden von Phnom Penh etwa 5 km vom Stadtzentrum entfernt (siehe Anhang D 1: Stadtkarte Phnom Penh). Die Zufahrtstraße vom Sam- dach Monireth Boulevard zur Deponie bzw. zur KOSA ist 600 m lang und unbefes- tigt, was in der Regenzeit zu einer starken Verschlammung und zeitweise zur Un- passierbarkeit der Straße führt. Hierdurch wird die angestrebte regelmäßige Anliefe- rung der Markt- abfälle auf die KOSA während der Regenzeit erheblich beeinträchtigt und kann sich mitunter um mehr als eine Woche verzögern. Die Bedingungen für die Standortwahl auf dem Deponiegelände und die Bauausführung der KOSA sind sehr detailliert in der Arbeit von Daniel Laux (2001) dargestellt, so dass im folgenden nur auf die für weitere Betrachtungen bedeutsamen Punkte eingegangen wird.

Bislang wurden von den vertraglich zugesicherten 2000 m² für die KOSA nur eine Fläche von 1000 m² hergerichtet und für die Kompostierung genutzt, da die entsprechenden finanziellen Mittel für den Bau und Betrieb einer größeren Anlage nicht zur Verfügung standen. Die Fläche der KOSA befindet sich direkt auf dem Abfallkörper der Deponie und wurde mit einem Bulldozer planiert. Anschließend wurde bindiger Boden aufgetragen und verdichtet, so dass etwa eine 60 - 70 cm mächtige Schicht bindiger Boden auf dem Abfallkörper vorliegt. Der Einfahrtbereich der KOSA wurde zudem mit Sand und Steinen befestigt, um dem Gewicht der anliefernden Sammelfahrzeuge besser widerstehen zu können. Das Gelände der KOSA wurde mit einer geringen Längs- und Querneigung (jeweils ca. 2 %) ausgebildet um zu erreichen, dass während der Regenzeit das Niederschlagswasser in die Sickergräben der Deponie abfließt. In Abbildung 3.1 sind der Grundriss der KOSA und das umliegende Deponiegelände dargestellt.

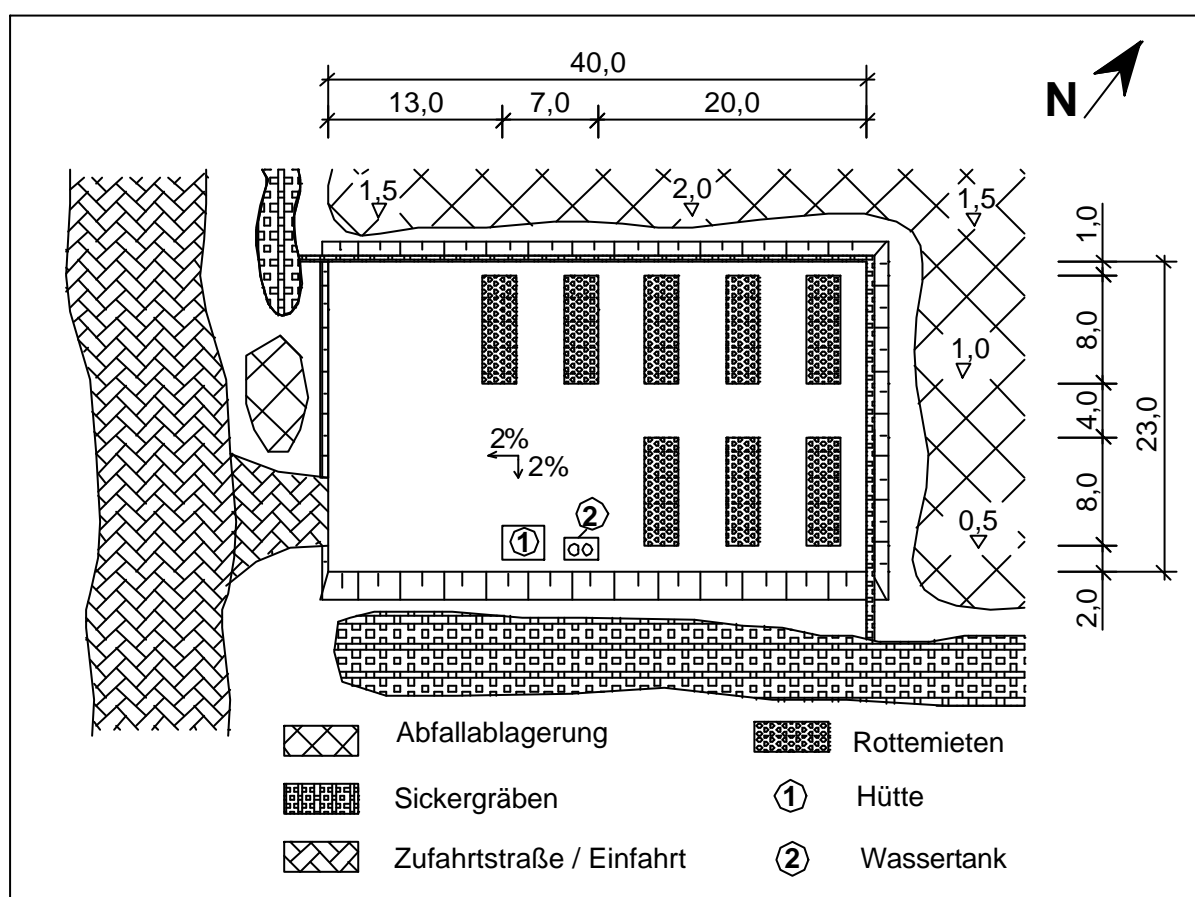


Abbildung 3.1: Grundriss der Kompostierungsanlage (Stand Oktober 2001)

In Abbildung 3.1 ist zu erkennen, dass an zwei Seiten der KOSA das Höhenniveau des abgelagerten Abfalls deutlich über dem Niveau der Platzoberfläche liegt. Durch das Ausheben von Sickergräben an diesen Seiten sollte das Eindringen von Hang- und Sickerwasser auf die Fläche der KOSA verhindert werden. Die Sickergräben der KOSA wurden beim Bau mit einer Tiefe und einer Breite von einem Meter ausgebil-

det und münden in die wesentlich größeren Sickergräben der Deponie. Zum Aufbewahren der Arbeitsgeräte und als Unterkunft für den wachhabenden Sortierer wurde eine Hütte auf der Anlage errichtet. Die Hütte wird von einem Sortierer bewohnt, welcher während der Mittagspause und in der Nacht die KOSA vor Diebstählen und ungewünschten Abfallablagerungen schützt. Für die erforderliche Rottegutbewässerung während der Trockenzeit muss Wasser auf der KOSA verfügbar sein, hierfür wurde ein Wassertank mit einem Fassungsvermögen von 3 m³ erstellt.

Die Investitionskosten für die Errichtung der KOSA im Nov./Dez. 2000 sind in Tabelle 3.1 aufgelistet. Die genauere Aufschlüsselung der einzelnen Positionen kann in der Arbeit von D. Laux (2001) eingesehen werden.

Tabelle 3.1: Investitionskosten der KOSA

Beschreibung	Kosten [US\$]
Fläche (planieren, Auftrag bindiger Boden, verdichten)	2400,0
Einfahrt (Steine, Sand)	448,0
Sickergräben (75 m Grabenaushub)	150,0
Hütte (Grundriss 3x3 m)	62,0
Wassertank (2 Behälter, Volumen 3 m ³)	134,0
Sonstiges (Arbeitsgeräte, Schild, Aufstellsiebe)	145,0
Personalgehälter (während der Bauphase)	700,0
Gesamtinvestitionssumme	4.039,0

[Laux 2001]

Die beschriebene Kompostierungsanlage bei den vorliegenden Standortbedingungen mit ca. 4000 US\$ Investitionssumme fertig zu stellen (siehe Kap. 6.1), ist selbst unter kambodschanischen Preisverhältnissen, als vortreffliche Planungs- und Ausführungsleistung der beteiligten Personen zu bewerten. Hiermit wurden die Projektvorgaben, eine an die kambodschanischen Verhältnisse angepasste Anlage mit geringem Investitionsaufwand zu errichten, mustergültig in die Praxis umgesetzt.

Allerdings bedingten die sehr begrenzten finanziellen Möglichkeiten beim Bau der KOSA, dass die Anlagenkomponenten teilweise nicht in optimaler Weise ausgeführt werden konnten. Im Laufe des Anlagenbetriebs erwiesen sich einige Baumaßnahmen als sehr abnutzungsanfällig und nicht dauerhaft funktionsfähig, so dass Nacharbeiten und Korrekturmaßnahmen erforderlich sind, um einen geregelten Betriebsablauf gewährleisten zu können (siehe Kap. 3.3.1 und 5.2.5).

3.2 Betriebsführung

3.2.1 Personal und Ausstattung

Die Personalsituation (Personen, Gehälter) im Pilot-Kompostierungsprojekt ist seit dem Beginn der Praxisphase im November 2001 im wesentlichen unverändert.

Die KOSA wird auf kambodschanischer Seite vom Projektleiter Soth Vantha mit Unterstützung von Sam Phalla und Soeun Sethu und auf deutscher Seite von Olaf Schmidt (ISA GmbH) betrieben. Für die praktischen Arbeitstätigkeiten auf der KOSA

(Abfallannahme, Mietenaufsetzen, -umsetzen, -bewässern, Absieben etc.) wurden drei Sortierkräfte (So-Khan, Chor, Thöm) eingestellt. Im Laufe des Anlagenbetriebs fiel der Sortierer Chor durch häufiges Fehlen, geringe Arbeitsmotivation und unzureichende Arbeitsleistung negativ auf. Nach mehrmaligen nichts bewirkenden Ermahnungen vom Projektleiter Soth Vantha wurde Chor im Mai 2001 entlassen und durch den Sortierer So-Kem ersetzt (siehe Bild 7, Anhang E).

Die jeweiligen projektbezogenen Kenntnisse und der Ausbildungsstand des Anlagenpersonals sowie eine kurze Eignungsbewertung hinsichtlich der auszuführenden Arbeitstätigkeiten können im Kapitel 4.6.3 dieser Arbeit eingesehen werden.

Alle weiteren bisher am Projekt beteiligten Personen und ihre jeweiligen Wirkungsbereiche sind in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 aufgeführt.

In der Tabelle 3.2 sind die anfallenden Personalkosten beim Betrieb der Pilot-KOSA angegeben. Ein Vergleich der gezahlten Gehälter im Kompostierungsprojekt mit dem allgemeinen Lohnniveau in Phnom Penh ist im Kapitel 4.6.1 aufgezeigt.

Tabelle 3.2: Personalkosten (Stand Oktober 2001)

Personal	Kosten [US\$/mo.]	Kosten [US\$/a]
Soth Vantha (Projektleiter)	200,0	2.400,0
Sam Phalla (Sachgebietsleiter Vermarktung und Technik)	75,0	900,0
Soeun Sethu (Sachgebietsleiter Kompostierungsprozess)	75,0	900,0
So-Khan (Sortierer)	50,0	600,0
So Kem (Sortierer)	50,0	600,0
Thöm (Sortierer)	50,0	600,0
Gesamtpersonalkosten	500,0	6.000,0

[Laux 2001]

Aus der Tabelle 3.2 wird ersichtlich, dass die Gehälter für das Leitungspersonal gegenwärtig 70 % der Gesamtpersonalkosten im Kompostierungsprojekt ausmachen, wobei das Gehalt für den Projektleiter mit 40 % der Gesamtkosten den mit Abstand größten Kostenfaktor darstellt. Die Personalgehälter sind der bedeutendste Posten bei den anfallenden Betriebskosten auf der KOSA (siehe Kap. 6.2) und haben einen Anteil von über 40 % an den jährlich verfügbaren finanziellen Mitteln des Projektes (15.000 €/a Fördersumme vom TMLNU).

Die Ausstattung der KOSA umfasst verschiedene Arbeitsgeräte und Arbeitsmittel sowie den Arbeitsschutz für die Sortierkräfte. Zum Umsetzen der Mieten stehen mehrere Mistgabeln, ein Rechen und eine Hacke zur Verfügung. Für das Absieben des Kompostes sind zwei Aufstellsiebe mit den Maschenweite 2 und 8 mm vorhanden. Des Weiteren dienen ein Handwagen und Bambuskörbe zum Materialtransport auf der KOSA. Die Temperaturüberwachung in den Rottemieten erfolgt mit 4 Quecksilberthermometern (Schaftlänge 2 m) und einem Thermometer mit Thermosonde (Schaftlänge 23,5 cm). Zum Zerkleinern des Inputmaterials wurde ein Shredder für die KOSA gekauft (1.400 US\$), allerdings konnte der Shredder aufgrund funktionel-

ler Mängel bisher nicht eingesetzt werden (siehe Kap. 3.4.3). Die Sortierkräfte sind arbeitsschutztechnisch mit Gummistiefeln, Arbeitshandschuhen und Staubmaske ausgestattet.

3.2.2 Verfahrens- und Betriebsablauf

Auf der Pilot-Kompostierungsanlage Stung Mean Chey wird als Abfallbehandlungsmethode die offene Mietenkompostierung mit manuellem Umsetzen angewendet. Die Anlage wurde bei der Planung und Errichtung auf ca. 10 Mg Inputmaterial je Woche ausgelegt, wobei bislang ausschließlich Marktabfälle verwertet werden. Der Marktabfall wird vom Markt Dumkor bezogen und besteht zu etwa 95 Gew.% aus organischem Material. Eine Analyse der angenommenen Marktabfälle und die Beschreibung der einzelnen Verfahrensstufen sowie der Prozessablauf und die Steuerung der Kompostierung werden ausführlich im Kapitel 5 dieser Arbeit behandelt. Im Folgenden soll lediglich kurz auf die vorherrschende Situation im Oktober 2001 eingegangen werden, um das Verfahren vorzustellen und hierbei den Handlungsbedarf hinsichtlich der vorgesehenen und angestellten Optimierungen zu verdeutlichen.

Aus den nach Bedarf angenommenen Marktabfällen werden die Störstoffe weitestgehend ausgelesen und anschließend das Rottegut zu Trapezmieten aufgesetzt. Weitere Aufbereitungsschritte wie Materialzerkleinerung, Homogenisierung und der Eintrag von zurückgeführtem Siebrest finden nicht statt. Auch die Registrierung der Abfallannahme (Datum, Menge, Qualität u.s.w.) wird nicht praktiziert, obwohl dies durch die deutsche Projektleitung angewiesen wurde. Die Temperatur in den Trapezmieten wird etwa 3-mal wöchentlich gemessen und nach Unter- bzw. Überschreiten der Temperaturgrenzen 50 und 70 °C wird die betreffende Miete umgesetzt. Die ermittelten Temperaturen und das Datum des Umsetzungsvorgangs sowie sonstige Beobachtungen und Tätigkeiten an den Mieten werden in keiner Weise schriftlich erfasst, sondern dienen lediglich der augenblicklichen Entscheidungsfindung.

Die Hauptrottephase gilt als abgeschlossen, wenn nach dem Umsetzen des Rottegutes die Mientemperatur in der gesamten Miete nicht über 50°C steigt. Im Anschluss an die Hauptrotte wird das Material zur Nachrotte aufgesetzt und bis zur Kompostaufbereitung gelagert. Bei der Aufbereitung erfolgt die Klassierung des Kompostes mittels der Aufstellsiebe in drei Fraktionen, 2 mm, 8 mm und Siebrest. Der Siebrest wird zu einer separaten Miete aufgesetzt und zu einem später Zeitpunkt nochmals abgesiebt. Eine Verpackung des Kompostproduktes in Tüten oder Säcke war bisher nicht vorgesehen, da die Kompostvermarktung und der Verkauf noch nicht in Angriff genommen wurden. Bislang wurden lediglich geringe Mengen des Kompostes zu Versuchszwecken in loser Form abgegeben.

Die Vorgehensweise bei der Rottegutbewässerung konnte in diesem Zeitraum nicht beobachtet werden, da aufgrund der starken Niederschlagsereignisse während dieser Jahreszeit eine Bewässerung nicht erforderlich war. Im Gegenteil: das Rottegut wies einen viel zu hohen Wassergehalt für die Mietenkompostierung auf, da während der Regenzeit keinerlei Schutzmaßnahmen ergriffen wurden um das Eindringen von Niederschlags- und Sickerwasser in die Mieten zu verhindern. Aufgrund des ex-

trem hohen Wassergehalts (75 - 90 %) im Material kam der Rottevorgang in fast allen Mieten zum Erliegen und konnte auch durch mehrmaliges Umsetzen vorerst nicht wieder aktiviert werden. Von der deutschen Projektleitung wurde wiederholt auf diese Problematik hingewiesen und versucht über die kambodschanischen Mitarbeiter eine Mietenabdeckung mittels Bananenblättern zu erwirken. Leider wurde dieser Vorschlag erst nach dem Eintreffen von Olaf Schmidt, Carmen Schenderlein und des Autors in Kambodscha und damit viel zu spät in die Tat umgesetzt.

3.3 Problemdarstellung und -bewertung

Im Folgenden werden die Mängel und Schwierigkeiten für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb auf der Pilot-KOSA Stung Mean Chey, welche sich aus dem Anlagenzustand im Oktober 2001 ergaben, dargelegt und hierbei die Notwendigkeit des Handlungsbedarfes bewertet.

3.3.1 Mängel- und Abnutzungserscheinungen der bautechnischen Bereiche

Sickerwassergräben

Die zwei Sickergräben der KOSA, welche an den Seiten der Abfallerhebungen (vgl. Abb. 3.1) beim Bau der KOSA mit einer Tiefe und Breite von jeweils einem Meter ausgehoben wurden, konnten im Oktober 2001 kaum noch wahrgenommen und genutzt werden. Die Gräben waren durch Abfall- und Schlammablagerungen weitestgehend aufgefüllt und hatten höchstens noch eine Tiefe und Breite von 20 bis 30 cm. Als Ursache sind die ungemein starken Windverwehungen (z.B. Plastiktüten) im ganzen Deponiebereich und die Abspülvorgänge bei den anliegenden Abfallablagerungen infolge sehr starker Regenfälle zu nennen. Weiterhin ist die mangelnde Standsicherheit der Gräben von entscheidendem Einfluss auf die Haltbarkeit der Baumaßnahme. Da der Untergrund und die Grabenwände aus kaum verdichteten, sehr inhomogenen Material bestehen, treten erhebliche und unregelmäßige Setzungserscheinungen auf. Zudem üben die Masse und das Sickerwasser der anliegenden Abfallerhebungen (bis zu 2 m Höhe) einen großen Seitendruck auf die Grabenaußenwände aus, was Grabeneinbrüche und die allmähliche Verlagerung der Außenwände zur Folge hatte.

Als Resultat dieser nachteiligen Entwicklung wurde das anfallende Sicker- und Hangwasser während der Regenzeit nur noch in sehr geringem Maße in die Depo-niesickergräben abgeführt und drang sowohl von der Seite als auch durch den Boden auf die Fläche der KOSA ein. Der Wasserspiegel in den Sickergräben befand sich auf demselben Höhenniveau wie die Platzoberfläche der KOSA. Der gesamte Platz verschlammte und sehr viele Pfützen entstanden (siehe Bild 19, Anhang E). In der Folge wurde das Rottegut vollständig durchnässt und der Kompostierungsprozess kam größtenteils zum Erliegen. Um auf der KOSA auch in der Regenzeit kompostieren zu können, ist es in jedem Fall notwendig die Sickergräben zu erneuern und auszubauen. Da sich die ausgeführte Grabenvariante als nicht dauerhaft funktionsstüchtig erwiesen hat, sollte eine veränderte Ausbildung der Sickergräben in Betracht gezogen werden (siehe Kap. 5.2.5).

Platzbefestigung

Der bindige Boden, welcher auf die Fläche der KOSA aufgebracht und verdichtet wurde, erweist sich als ungeeignet, die anfallenden Wassermengen (Niederschlags-, Sicker- und Hangwasser) während der Regenzeit in die Sickergräben der Deponie abzuleiten. Die ausgebildete Längs- und Querneigung des Platzes (jeweils ca. 2 %) reicht hierfür als Maßnahme bei weitem nicht aus, da der bindige Boden ein sehr hohes Wasserhaltevermögen aufweist und das anfallende Wasser aufnimmt anstatt abzuführen. Zudem bewirken die starken Kapillarkräfte im bindigen Boden (geringe Korngröße des Materials), dass das unterhalb der Platzoberfläche anstehende Wasser im Bodenmaterial aufsteigt und auf diesem Wege ins Rottegut gelangt.

Auch nach dem Ende der Regenzeit und starker Sonneneinstrahlung dauerte es etwa 3 Wochen bis die Platzoberfläche soweit abgetrocknet war, dass keine Feuchtigkeit über den Boden in den zum Trocknen ausgebreiteten Kompost eindrang. Die zu starke Vernässung des Rottegutes und des Kompostes über den Boden der Anlage stellt ein gravierendes Problem für den Anlagenbetrieb während und unmittelbar nach der Regenzeit dar. In Verbindung mit der notwendigen Erneuerung der Sickergräben sollten auch die Eigenschaften der Platzoberfläche hinsichtlich der Wasserableitung und des Wasseraufstiegs im Material verbessert werden.

Einfahrt

Der Einfahrtbereich der KOSA, welcher beim Bau der Anlage durch Steine und Sand besonders befestigt wurde, konnte dennoch während der Regenzeit zeitweise von den Sammelfahrzeugen nicht befahren werden. Diesbezügliche Versuche hatten tiefe Spurrillen (20 - 30 cm) und eine starke Verschlammung im Einfahrtbereich der KOSA zur Folge. Um derartige Beschädigungen der Einfahrt zu vermeiden, musste auf die Abfallanlieferung während niederschlagsreicher Zeiten verzichtet werden. Aufgrund der weichen nachgiebigen Basis (alter Abfallkörper) wanderten die aufgetragenen Steine im Laufe der Einfahrtnutzung immer tiefer in den Untergrund, wodurch sich die Tragwirkung und Widerstandsfähigkeit der Einfahrtoberfläche deutlich verringerten. Ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb setzt eine ganzjährige kontinuierliche Abfallannahme voraus, weshalb der Einfahrtbereich so hergerichtet werden muss, dass auch während der Regenzeit die Sammelfahrzeuge jederzeit den Anlieferungsbereich auf der KOSA erreichen können (siehe Kap. 5.2.5).

Abdeckung und Überdachung

Neben den notwendigen bautechnischen Modifizierungen (Sickergräben, Platzbefestigung), welche den Wassereintrag von „unten“ in die Rottemieten verringern sollen, ist die Abdeckung der Mieten bei starken Niederschlagsereignissen z.B. mit Plastikplanen unbedingt erforderlich. Hierbei könnte auch die Teilüberdachung der Rottefläche eine sehr sinnvolle Alternative darstellen. Zudem sollte die Errichtung eines überdachten Kompostlagers in Erwägung gezogen werden, um das verkaufsfertige Kompostprodukt vor qualitätsmindernden Auswaschungsvorgängen infolge eindringender Wassermassen zu schützen.

3.3.2 Eignung bzw. Funktionstüchtigkeit der Arbeitsmittel und -geräte

Aufstellsieb

Das Aufstellsieb mit der Maschenweite 2x2 mm zeigte sich für die Absiebung des Fertigkompostes als völlig ungeeignet, da die Kompostausbeute beim Siebprozess in einem sehr schlechten Masseverhältnis (im Mittel 20:80) zum Siebrest stand. Hierdurch ist der ohnehin sehr zeitaufwendige und rückstandsreiche Siebvorgang in einem nicht vertretbaren Maße unwirtschaftlich (vgl. Bild 13, Anhang E). Zudem wird in keinem potentiellen Kompostanwendungsbereich ein derart feiner Kompost der Korngröße 2-3 mm benötigt, so dass der Sinn einer solch aufwendigen Absiebung in keiner Weise gegeben ist. Um den sehr hohen Arbeitsaufwand bei der Kompostabsiebung verringern und somit wirtschaftlicher Arbeiten zu können, bietet sich der Einsatz einer kostengünstigen Siebmaschine auf der KOSA an (siehe Kap. 5.2.4).

Handwagen

Der Handwagen auf der KOSA hat ein Fassungsvermögen von 385 l (l/b/h= 143/68/40 [cm]) und ein Leergewicht von ca. 70 kg. Aufgrund dieser Größe sind für den Materialtransport auf der KOSA in der Regel mindestens zwei Sortierkräfte erforderlich und die Handhabung des Handwagens sehr anstrengend. Das zeitsparende Entleeren durch Umkippen des Handwagens ist eine äußerst kraftaufwendige Tätigkeit, welche schnell zur Ermüdung der Arbeitskräfte führt. Infolgedessen ist der Gebrauch des Handwagens nur bei großen Transportentfernungen (> 10 m) auf der KOSA zweckmäßig und die Anschaffung eines handlicheren, kleineren Transportmittels (z.B. Schubkarre) für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb durchaus vorteilhaft.

Shredder

Um die Rottebedingungen auf der KOSA zu verbessern, war die Anschaffung eines Shredders zur teilweisen Zerkleinerung des Inputmaterials seit längerem vorgesehen und wurde im Mai 2001 verwirklicht (siehe Bild 10, Anhang E). Da in Kambodscha im Handel kein geeigneter Shredder (Leistung, Größe, Preis) zu bekommen war, wurde ein privater Maschinenbauer in Phnom Penh mit der Anfertigung eines an die Projektanforderungen angepassten Shredders beauftragt. Als Muster für den Bauplan des Shredders diente der Shredder, der im Kompostierungsprojekt von NIP (Neighbourhood Improvement Program) eingesetzt wird und vom selben Maschinenbauer hergestellt wurde.

Da NIP nach viermonatigem Einsatz schon große Probleme mit dem Shreddermotor hatte, wurde für den Shredder der KOSA ein gebrauchter Dieselmotor einer anderen Herstellerfirma verwendet. Allerdings wies dieser Motor eine höhere Drehzahl aber eine geringere Leistung als der Shreddermotor von NIP auf. In Verbindung mit kleineren Konstruktionsmängeln (zu kleine Auswurföffnung, zu geringer Abstand zwischen Schermesser und Gehäuse) führten die veränderten Motoreigenschaften dazu, dass die Schermesser schon bei kleinen Materialmengen bzw. bei feuchtem Material umgehend blockieren und der Shreddermotor „absäuft“. Demzufolge kann der Shredder ohne konstruktive Veränderungen nicht zur Abfallzerkleinerung auf der KOSA eingesetzt werden. Der Shredder ist ein Prototyp für dessen Einsatzgebiet in

Kambodscha kaum Betriebserfahrungen vorlagen und somit bei der Konstruktion keine speziellen Kenntnisse hinsichtlich bestehender Problembereiche berücksichtigt werden konnten. Das nachträgliche, den Anforderungen angepasste, Veränderungen erforderlich werden, war von vornherein zu erwarten und ist bei Prototypen keinesfalls ungewöhnlich. Im Kapitel 5.2.4 dieser Arbeit werden die Shreddereigenschaften und die damit verbunden technischen Schwierigkeiten sowie die vorgenommenen Modifizierungen eingehend erläutert.

3.3.3 Verfahrenstechnische und betriebswirtschaftliche Mängel

Datenerfassung und -auswertung

Die nicht praktizierte Datenerfassung auf der KOSA stellt ein entscheidendes Hindernis für die Optimierung des Betriebsablaufes, der Steuerung des Rotteprozesses und jeglicher zukünftiger Anlagenplanungen dar. Denn ohne zuverlässiges Datenmaterial können weder die bestehenden Mängel konkret und fundiert ermittelt, noch Kalkulationen und Vergleichsbetrachtungen verschiedener Varianten angestellt werden. Im Oktober 2001 waren keine gesicherten Erkenntnisse über die wesentlichen Betriebsparameter, wie Durchsatzleistung, Rottedauer, Rotteverlust und Rotteverlauf etc. verfügbar, es existierten lediglich grobe kaum fundierte Abschätzungen, die als Basis für weitergehende Betrachtungen in keiner Weise ausreichten. Hierdurch fallen die erwarteten praktischen Erkenntnisse aus den bisherigen zehn Monaten Anlagenbetrieb wesentlich geringer aus, als dies bei verwirklichter Datenerfassung möglich gewesen wäre. Ein weiteres Problem ergibt sich aus der mangelnden Gewissenhaftigkeit bei der Datenerhebung, wodurch die ermittelten Daten oftmals nicht ausreichend repräsentativ sind und zu fehlerhaften Handlungsweisen führen können.

Ein Beispiel hierfür, ist die alleinige Bestimmung der Mietentemperatur mit dem Thermosondenthermometer. Das Thermosondenthermometer kommt überwiegend aus Bequemlichkeit zum Einsatz, weil die Temperatur hiermit innerhalb von 4 Minuten bestimmt werden kann und nicht wie beim Quecksilberthermometer 2 Stunden Wartezeit erforderlich sind. Der entscheidende Nachteil resultiert aus der sehr kurzen Schaftlänge (23,5 cm) des Thermosondenthermometer, wodurch in der Regel die ausschlaggebende Temperatur im Mietenkern deutlich geringer als beim Quecksilberthermometer (Schaftlänge 2 m) angezeigt wird. Die Folge hiervon ist ein stark erhöhter Arbeitsaufwand durch das verfrühte und zu häufige Umsetzen der Rottegutmieten.

Die sorgfältige Datenerhebung und –erfassung auf der KOSA ist unbedingt erforderlich, um einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb und eine gute Prozesssteuerung erreichen sowie gemäß der Projektziele möglichst weitreichende fundierte Erkenntnisse aus dem Pilotbetrieb der Anlage gewinnen zu können (siehe Kap. 5.2.3).

Platzeinteilung, -auslastung und Rottegutführung

Bei der Betrachtung der KOSA im Oktober 2001 war keine systematische Platzeinteilung (Anlieferbereich, Vor-, Haupt- und Nachrottefläche, Aufbereitungsbereich etc.) und keine geordnete Rottegutführung mehr festzustellen (siehe Abb. 3.1). Die vorgesehene und in der Anlaufphase des Projektes praktizierte Platzaufteilung und Materialführung (vgl. Laux, 2001) wurde demnach vom kambodschanischen Lei-

tungspersonal nicht konsequent verfolgt und im Laufe des Anlagenbetriebs zunehmend vernachlässigt. Außerdem wurde die Fläche der KOSA bei weitem nicht effizient ausgelastet (ungenutzte Bereiche, zu große Abstände zwischen den Mieten etc.), so dass die realisierte Durchsatzleistung der Anlage erheblich geringer ausfällt als dies die Platzmöglichkeiten hergeben würden. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass aufgrund des mangelhaften Einfahrtbereichs während der Regenzeit nur gelegentlich Abfälle auf der KOSA angenommen werden konnten (siehe Kap. 3.3.1).

Die Mieten unterschiedlicher Rottealter lagen hinsichtlich des Prozessablaufs durcheinander, da freie Rotteplätze des öfteren mit frischem Inputmaterial belegt wurden anstatt die „älteren“ Mieten entsprechend nachzurücken. Dies führt dazu, dass beim durch den Rotteverlust bedingten Zusammenlegen der Mieten, Rottegut stark verschiedener Rottealter miteinander vermengt und somit in der Miete sehr heterogene Verhältnisse geschaffen werden. Hierdurch wird die Prozesssteuerung erheblich erschwert und die mittlere Rottedauer wesentlich verlängert.

Eine geordnete rationelle Rottegutführung, eine funktionelle Platzeinteilung und eine effiziente Platzauslastung sind Grundvoraussetzungen für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb, da nur so die Materialtransportwege auf der Anlage weitestgehend gering gehalten, die Rottebedingungen gut gesteuert und eine möglichst große Durchsatzleistung erreicht werden können (siehe Kap. 5.2.2).

Personalfragen

Die derzeitigen Personalverhältnisse (Beschäftigte, Gehälter, Zuständigkeiten) im Kompostierungsprojekt (siehe Kap. 3.1.4) basieren auf den auszuführenden Arbeitstätigkeiten beim praktischen Projektbeginn im Okt./Nov. 2000 und wurden seither nicht modifiziert. Da sich das Projekt im Laufe der Zeit weiterentwickelt hat und sich folglich die Tätigkeitsschwerpunkte sowie die Intensitäten der anfallenden Arbeitsaufwendungen verschoben haben, sollten die bestehenden Personalverhältnisse überprüft und an die momentane Projektsituation angepasst werden.

Hierbei können gegenwärtige Problemstellungen und positive sowie negative Erfahrungen aus dem bisherigen Anlagenbetrieb vorteilhaft genutzt werden, um eine optimale Personalsituation für die Betriebsanforderungen auf der Pilot-Anlage zu schaffen. Diese Maßnahme ist für die Entwicklung des Kompostierungsprojektes von ausschlaggebender Bedeutung, da zum einen der Erfolg des Projektes maßgeblich von der Leistungsfähigkeit, der Motivation und der Zusammenarbeit der kambodschanischen Projektmitarbeiter abhängt und zum anderen die Personalkosten den mit Abstand größten Betriebskostenfaktor der KOSA darstellen. Somit werden sowohl die Art und Weise der praktischen Durchführung als auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen des Projektes entscheidend von den personellen Verhältnissen beeinflusst. Die angestellten Veränderungen im Personalmanagement des Kompostierungsprojektes sind im Kap. 5.2.6 dieser Arbeit aufgeführt und hinreichend begründet

.

4. Rahmenbedingungen für das Kompostierungsprojekt

4.1 Einleitung und Übersicht

Kambodscha zählt nach einem fast 30 Jahre dauernden Bürgerkrieg zu einem der ärmsten Länder der Welt und hat mit enormen strukturellen Problemen zu kämpfen. Um ein Projekt in Kambodscha nachhaltig erfolgreich betreiben zu können, ist es unbedingt erforderlich die besonderen sozioökonomischen und soziokulturellen Rahmenbedingungen zu ermitteln und die Projektausrichtung an die landestypischen Verhältnisse anzupassen. Hierbei ist das Verständnis für die historisch bedingten Strukturen sowie der politischen und wirtschaftlichen Interessen von großer Bedeutung, da gerade in Entwicklungsländern die Vermischung öffentlicher Belange mit rein persönlichen, menschlichen Interessen besonders offen zu Tage tritt und eine entscheidende Ursache für die herrschenden Verhältnisse darstellt.

Die sozioökonomischen und soziokulturellen Randbedingungen für den Betrieb einer Kompostierungsanlage in Kambodscha lassen sich zwar in den meisten Fällen beschreiben, jedoch kaum in ihrer Wirkung gegeneinander abgrenzen. Da es sich hierbei mehrheitlich um gesellschaftliche Faktoren und Entwicklungen in Politik, Gesetzgebung, Wirtschaft etc. handelt, verhalten sich die Einflüsse untereinander in mehreren Richtungen dynamisch und können nicht isoliert, sondern müssen im Kontext betrachtet werden.

Auf Grundlage der sechsmonatigen Tätigkeit des Autors im Kompostierungsprojekt und den dabei gesammelten Erfahrungen sowie den daraus resultierenden Problemstellungen, wurden die in Tabelle 4.1 aufgeführten Einflussfaktoren auf den Anlagenbetrieb ermittelt und den einzelnen Wirkungsbereichen zugeordnet. Da sich die Kompostvermarktung als wesentliches Kriterium für den Erfolg oder Misserfolg eines nachhaltigen Kompostierungsprojektes herausstellte und die Verbreitung der Kompostierung in Kambodscha neben dem eigentlichen Anlagenbetrieb das Primärziel des Thüringer Projektes darstellt, wurde die landwirtschaftliche Situation in Kambodscha und besonders die gegenwärtige Düngemittelanwendung genauer untersucht und ausführlich beschrieben. In diesem Zusammenhang sind auch die Erfahrungen und Erkenntnisse bezüglich der Eigenkompostierung in Kambodscha von großem Interesse für die zukünftige Projektarbeit.

Weitere Schwerpunkte der durchgeführten Untersuchungen lagen auf dem Gebiet des Personalmanagements und bei der Findung einer neuen Gesellschaftsform für das Projekt, da in diesen Bereichen aus Sicht des Autors ein großes Optimierungspotential bzw. akuter Handlungsbedarf besteht.

Die abfallwirtschaftlichen Voraussetzungen in Phnom Penh bilden den Anlass und die Grundlage für das Kompostierungsprojekt. Die weitere Projektentwicklung und die wichtigsten Anlagenparameter werden hiervon maßgeblich bestimmt. Bislang wurden nahezu alle verwerteten Abfälle auf der Pilot-KOSA vom Markt Dumkor bezogen, weshalb die dortigen Verhältnisse detaillierter analysiert wurden.

Tabelle 4.1: Übersicht der ermittelten Einflussfaktoren

<u>Rottebedingungen</u>	<u>Abfallwirtschaftliche Voraussetzungen</u>	<u>Personalmanagement</u>	<u>Kompostvermarktung & -verbreitung</u>
- Klima	- Abfallaufkommen & Zusammensetzung	- Lebensstandard & Einkommen	- Transportkosten
- Abfallzusammensetzung (Dumkor Markt)	- Verwaltungs- & Kostenstruktur der Abfallentsorgung	- Sozialsystem & soziale Absicherung	- landwirtschaftliche Grundlagen
<u>Standortfaktoren</u>	- Abfallgebühren & Deponierungskosten	- Bildungswesen & Kenntnisstand	- Organisation & Projekte der Ldw.
- Diebstahlgefahr	- Marktanalyse in Phnom Penh	- Mentalität & Eigeninitiative	- Böden im Raum Phnom Penh
- Emissionen & Immissionen		- Arbeitszeitregelungen	- Art & Einsatz der Düngemittel
<u>Gesellschaftsformanforderungen</u>			- Eigenkompostierung & Akzeptanz von Kompostdünger
- private Firma			
- NGO			

Im folgenden Kapitel werden die einzelnen Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen aus der Tabelle 4.1 zunächst im allgemeinen beschrieben, wobei vorrangig auf die Bedingungen in Phnom Penh und der näheren Umgebung eingegangen wird, da diese in erster Linie von Bedeutung für den Anlagenbetrieb sind. Anschließend werden die daraus resultierenden, speziellen Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb der KOSA dargestellt und beurteilt.

Die vorgenommenen Bewertungen sind aus dem Hintergrund der zeitlichen Einordnung zu verstehen. Zum einen beziehen sich die Ausführungen auf konkrete, momentan vorherrschende landesspezifische Verhältnisse (politisch-wirtschaftlich-sozial) und den gegenwärtigen Zustand des Kompostierungsprojektes und sind somit Momentaufnahmen. Zum anderen gehen in die Betrachtungen sehr stark die subjektiven Eindrücke und Erfahrungen ein, die der Autor während seiner sechsmonatigen Tätigkeit im Projekt gesammelt hat. Eine Person, die einen kürzeren oder längeren Zeitraum in Kambodscha mit dem Projekt befasst gewesen wäre, hätte einen anderen Erfahrungsschatz und würde möglicherweise die Informationen anders interpretieren. Somit ist eine zeitliche Abhängigkeit in der Dateninterpretation vorhanden.

Im Grunde genommen, lassen sich nahezu alle auftretenden und im folgenden charakterisierten Schwierigkeiten bei der Durchführung des Kompostierungsprojektes auf zwei wesentliche Umstände zurückführen:

- Die äußerst schlechte wirtschaftliche Situation des Landes und der Bevölkerung
- sowie eine auf allen Ebenen vorhandene und ausufernde Korruption.

Dieser Zusammenhang ist gegenwärtig für Kambodscha symptomatisch und sollte zum besseren Verständnis der vor Ort herrschenden Verhältnisse stets berücksichtigt werden. Die Probleme, welche aus den besonderen klimatischen Bedingungen zur Regenzeit resultieren, wurden hierbei vernachlässigt, da diese vom Projekt intern gelöst werden können und nicht in Wechselwirkung mit anderen Einflüssen stehen.

4.2 Klima

In Kambodscha herrscht ein tropisches, feuchtes Klima, welches vom Südwest- und Nordost-Monsun bestimmt wird. Während der Regenzeit zwischen Mai und Oktober bringt der Südwest-Monsun dem Land große Niederschlagsmengen und starke Winde. Die Trockenzeit, während der es nur sehr selten regnet, dauert von November bis April. Der Beginn der Regenzeit, die Niederschlagsmengen und die Regenintensität können partiell von Jahr zu Jahr erheblich variieren.

In Abbildung 4.1 sind die Niederschlags- und Verdunstungsmengen sowie die Anzahl der monatlichen Regentage in Phnom Penh dargestellt. Einer mittleren, jährlichen Niederschlagsmenge von ca. 1.400 mm steht eine mittlere Verdunstungsmenge von etwa 1.650 mm im Jahr gegenüber. Allerdings variiert die monatliche Verdunstungsmenge lediglich zwischen 90 und 200 mm, dagegen die mittlere Niederschlagsmenge von 0 bis 300 mm im Monat. Der regenreichste Monat in Kambodscha ist der September. Die Anzahl der jährlichen Regentage liegt in Phnom Penh etwa bei 114 Tagen und schwankt im Jahresverlauf erheblich zwischen 1 und 19 Tagen im Monat. Während der Trockenzeit sind auch Monate ohne Regen keine Seltenheit.

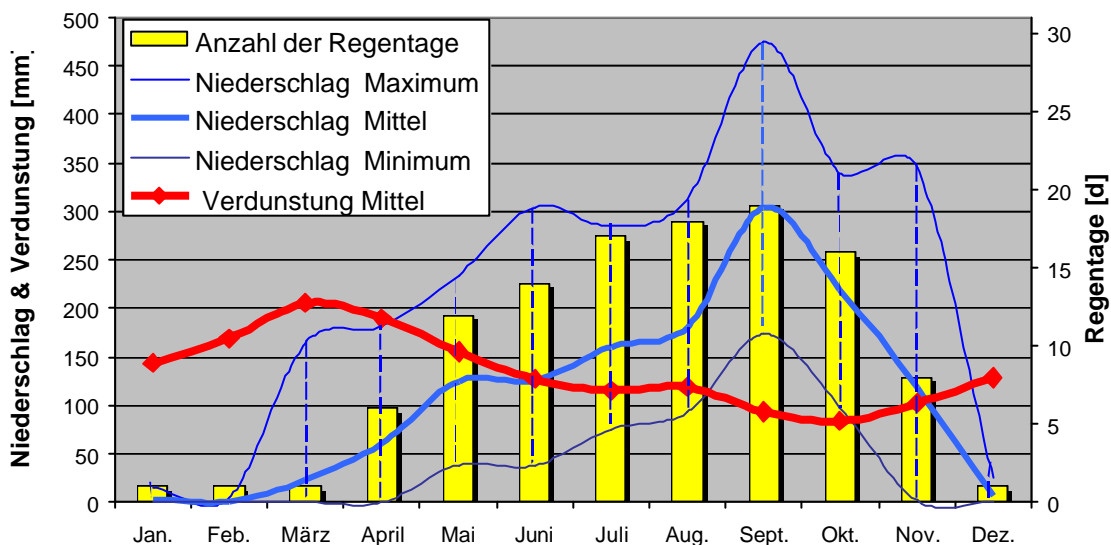


Abbildung 4.1: Gegenüberstellung von Niederschlag, Verdunstung und Anzahl der Regentage im Jahresverlauf für Phnom Penh
[Department of Meteorology (2001)]

Der Temperaturverlauf für Phnom Penh ist über das Jahr hinweg relativ konstant, wobei die Höchsttemperaturen zwischen 30 und 34 °C sowie die Tiefsttemperaturen zwischen 21 und 25 °C schwanken (vgl. Abb. 4.2). Die Temperaturextremwerte in Phnom Penh liegen bei 16 und 42°C. Dagegen unterliegt die relative Luftfeuchte im Jahresgang größeren Schwankungen. Die höchste Luftfeuchtigkeit mit bis zu 92% herrscht in den Monaten Juli bis Dezember, wobei im August ein zwischenzeitliches Absinken der Luftfeuchte zu bemerken ist. Während der Monate Januar bis Juni beträgt die Luftfeuchtigkeit in Phnom Penh zwischen 68 und 85 %.

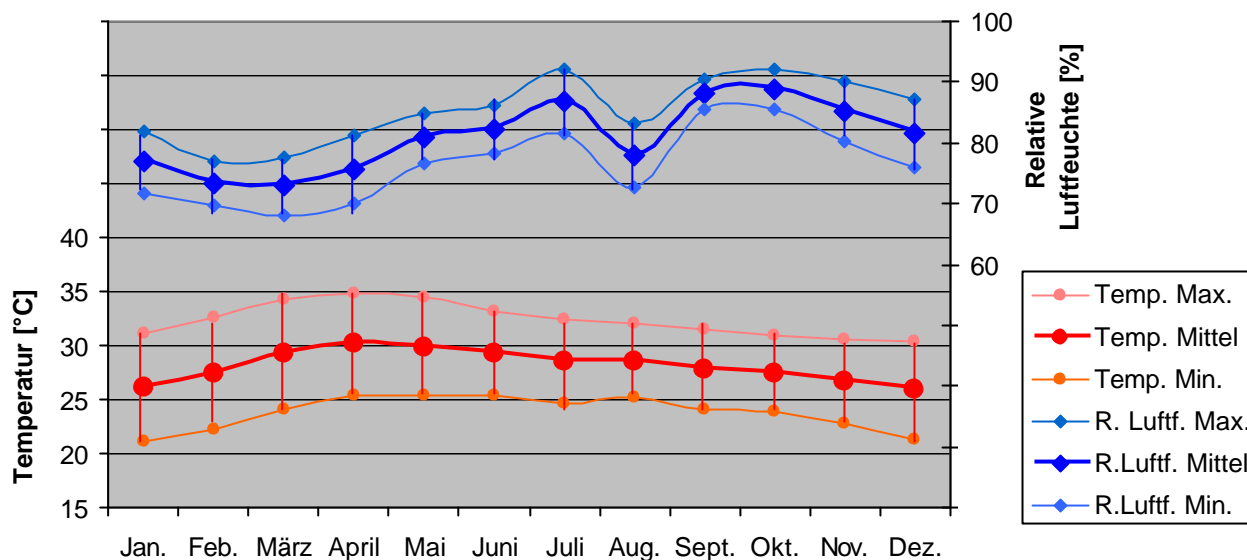


Abbildung 4.2: Temperatur und Relative Luftfeuchte im Jahresverlauf für Phnom Penh
[Department of Meteorology (2001)]

Die Zahlenwerte der graphisch dargestellten meteorologischen Daten für Phnom Penh können im Anhang D 2 dieser Diplomarbeit eingesehen werden.

Eignung der klimatischen Bedingungen für den Kompostierungsprozess

Die hohen, verhältnismäßig konstanten Temperaturen in Phnom Penh wirken sich positiv auf die Intensität der Stoffabbau- und Umsetzungsprozesse bei der Kompostierung aus, weshalb die Rottedauer verkürzt werden kann. Auch die teilweise sehr hohe relative Luftfeuchte ist prinzipiell als günstige Voraussetzung für die offene Mietenkompostierung zu werten. Infolgedessen reduziert sich das Wasseraufnahmebestreben der Umgebungsluft, wodurch wiederum der Wasserverlust im Material geringer ausfällt.

Hiergegen ist die Verteilung der Niederschlagsereignisse im Jahresverlauf als ungünstig und problematisch einzuschätzen, denn es existieren ausschließlich die Extremzustände Regen- und Trockenzeit, die jeweils entgegengesetzte Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Kompostierungsvorgänge erforderlich machen. In der Regenzeit, besonders zur Zeit der Niederschlagsspitzen kann ein kontinuierlicher Kompostierungsprozess nur durch sehr aufwendige Arbeitstätigkeiten (z.B. Abdecken der Mieten) oder bauliche Maßnahmen (z.B. Überdachung der Rottefläche) ermöglicht werden (siehe Kap. 5.2.5)

4.3 Abfallaufkommen, Mengenentwicklung und Zusammensetzung

Abfallaufkommen und Mengenentwicklung

Das tatsächliche Abfallaufkommen und die Abfallmengenentwicklung in Phnom Penh lassen sich gegenwärtig nur sehr schwer einschätzen, da die Datendichte nur sehr unzureichend ist. Die in der Literatur angegebenen Abfallmengen und Mengen-

prognosen sind nur als grobe Abschätzung zu bewerten und erheblich von den jeweils zugrundegelegten Basisdaten abhängig.

In dem Bericht über die Abfallzusammensetzung und -analyse berechnete Gutjahr (1997a) eine Hausabfallmenge von 0,52 kg/Person/d und eine Gesamtabfallmenge von 0,74 kg/Person/d. Mori (2000) veranschlagt in seiner Abfallstudie eine Hausabfallmenge von 0,5 kg/Person/d, sowie eine Siedlungsabfallmenge von 0,6 bis 0,7 kg/Person/d. Nach den angeführten Literaturdaten und einer veranschlagten Einwohnerzahl von ca. 1,1 Millionen liegt die täglich erzeugte Gesamtabfallmenge in Phnom Penh zwischen 750 und 800 Mg/d.

Der prozentuale Erfassungsgrad aller erzeugten Abfälle und damit die zu deponierende Abfallmenge wird in der Literatur unterschiedlich eingeschätzt. Die angegebenen Erfassungsgrade schwanken zwischen 65 und 80%. Angesichts der sich stapelnden Müllberge in den Armenvierteln von Phnom Penh erscheint eine Erfassungsquote von 80 % gegenwärtig weniger realistisch als die von Gutjahr (1997b) zugrundegelegten 70 %. Damit ergibt sich für Phnom Penh eine täglich zu deponierende Abfallmenge von 525 bis 560 Mg/d.

Eine von CAP (Cleaning Authority of Phnom Penh) im April 2001 auf der Deponie durchgeführte Zählung der anliefernden Müllfahrzeuge ergab, dass täglich zwischen 150 und 170 LKW -Ladungen die städtische Deponie erreichen und ca. 1.200 bis 1.400 m³ Abfall abladen. Die Abfalldichte in den Sammelfahrzeugen wird von CAP und PSBK mit 0,4 bis 0,5 Mg/m³ angegeben. Folglich beläuft sich die tägliche Abfallmenge auf 540 bis 630 Mg/d [Interconsult (2001a)]. Dieses Ergebnis liegt geringfügig über den von Mori (2000) und Gutjahr (1997a) kalkulierten Abfallmengen.

Die Abfallmengenprognose von Ang Sopha (1999) prognostiziert für das Jahr 2020 ein tägliches Müllaufkommen von 1.500 Mg, was annähernd einer Verdopplung des heutigen Abfallaufkommens entspricht. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Ang Sopha seine Prognose mit einer stark ansteigenden Einwohnerzahl in Phnom Penh begründet. Die Beobachtungen, dass die Abfallmengen in den letzten Jahren nicht wesentlich gestiegen sind und die Zuwachsrate rückläufig zu sein scheint, lassen vermuten, dass das Müllaufkommen im Jahr 2020 etwas geringer ausfallen wird, als von Ang Sopha angenommen.

Abfallzusammensetzung

Gutjahr (1997a) unterteilte in seiner Analyse den Abfall nach separat entsorgten Erzeugerquellen und ermittelte deren prozentuale Anteile am Gesamtaufkommen wie folgt:

- Hausabfälle	67 Vol.-%
- Marktabfälle	25 Vol.-%
- Industrie- und Gewerbeabfälle	6 Vol.-%
- Hotel- und Restaurantabfälle	2 Vol.-%

In Tabelle 4.2 ist die, von Gutjahr (1997a) bestimmte prozentuale Verteilung der Wert- und Reststoffe, für die Fraktionen Markt-, Haus- und Restaurantabfälle dargestellt. Die Industrie- und Gewerbeabfälle konnten nicht genauer analysiert werden, da es an repräsentativen Proben fehlte.

Tabelle 4.2: Abfallzusammensetzung nach Erzeugerquellen in Phnom Penh

	Wertstoff- und Abfallart	Einheit	Marktabfall	Hausabfall	Restaurantabfall
1	pflanzlicher Anteil	Gew.-%	78,7	87	73,7
2	Speisereste	Gew.-%	11,4	in 1 enth.	12,5
3	Plastikflaschen	Gew.-%	0,2	0,6	2,1
4	Mischkunststoffe	Gew.-%	5,3	1,7	2,7
5	Styropor	Gew.-%	0,2	0,1	0,8
6	Papier	Gew.-%	0,5	2,4	2,2
7	Pappe	Gew.-%	0	0,5	0,3
8	Alu-Dosen	Gew.-%	0	0,1	0,4
9	Fe-Dosen	Gew.-%	0,4	1,7	0,7
10	Fe-NE-Metalle	Gew.-%	0,2	0,5	0,3
11	Glas	Gew.-%	0,2	0,7	1,4
12	Holz	Gew.-%	0,5	1,3	0,1
13	Textilien	Gew.-%	0,3	0,7	0,7
14	Gummiabfälle	Gew.-%	0,1	0,6	0,4
15	Sonderabfall	Gew.-%	0	0,1	0,3
16	Restabfall	Gew.-%	2	2	1,4
Abfalldichte		kg/m³	515	590	468
monatliche Gesamtmenge		m³	7.500	20.000	650
monatliche Gesamtmenge		Mg	3.860	11.800	300

[Gutjahr (1997a)]

Kompostierungsprojekt

Ausreichend gesicherte mengenspezifische Kalkulationen für eine Kompostierungsanlage sind durchführbar, wenn auch die zur Verfügung stehenden Daten nur annähernd repräsentative Auswertungen zulassen.

Die Abfallzusammensetzung in Phnom Penh ist von einem sehr großen Potential an organischen, kompostierfähigen Abfällen gekennzeichnet. Hierbei sind pflanzliche Abfälle, Speisereste, unbehandelte Holzreststoffe und Papier zu unterscheiden. Vor allem bei den Marktabfällen kann ein sehr großer Anteil der pflanzlichen Abfälle leicht und mit verhältnismäßig wenig Aufwand erfasst und durch Kompostierung verwertet werden. Die Speiseabfälle sind überwiegend in Plastiktüten verpackt und nur sehr aufwendig zu separieren.

Allein durch eine umfassende Verwertung der pflanzlichen Marktabfälle könnte die Deponie um mehr als 3.000 Mg im Monat bzw. um ca. 20 % entlastet und knapper Deponieraum in beträchtlichen Größenordnungen eingespart werden. Die großen hygienischen Probleme sowie unkontrollierte Emissionen der Deponie würden hierdurch wesentlich verringert und somit ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der gesamten Deponiesituation geleistet.

4.4 Verwaltungs- und Kostenstruktur der Abfallentsorgung

4.4.1 Verwaltungsstrukturen und Zuständigkeiten

Die in Abbildung 4.3 aufgezeigten Behörden und Unternehmen sind gegenwärtig an der Abfallwirtschaft in Phnom Penh beteiligt (die jeweiligen Adressen und Ansprechpartner können im Anhang F eingesehen werden):

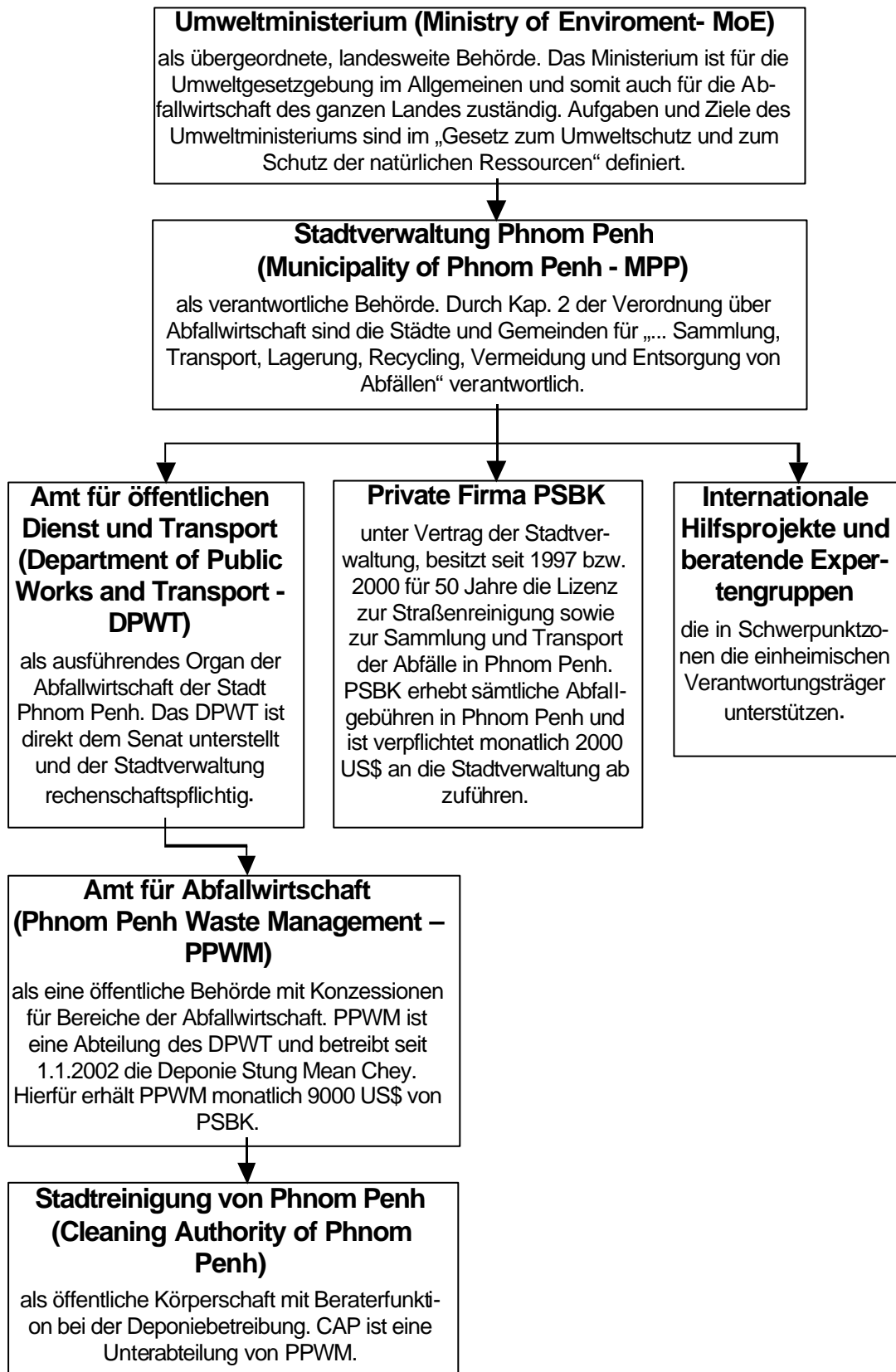


Abbildung 4.3: Beteiligte Behörden und Unternehmen an der Abfallwirtschaft
[Mori (2000), aktualisiert, Stand April 2002]

Die Verwaltungsstruktur und die Zuständigkeiten in der Abfallwirtschaft von Phnom Penh ändern sich seit 1994 nahezu jährlich. Bestehende Verträge mit Unternehmen wurden gekündigt oder modifiziert, Behördenstrukturen umgestaltet sowie neue Ämter und Abteilungen ins Leben gerufen. Die Gründe hierfür sind vielschichtig und reichen von politischen Veränderungen über finanzielle Belange bis hin zu Unzulänglichkeiten bei der Ausführung der zugewiesenen Arbeiten. In den Arbeiten von D. Laux (2001) und J. Stäudel (2002) wurde die Entwicklung der Abfallwirtschaft von 1994 bis 2001 schon ausführlich dargestellt, so dass an dieser Stelle nur auf die aktuellste Neuerung eingegangen wird.

Mit Beginn des Jahres 2002 wurde die Genehmigung zum Betreiben der Deponie Stung Mean Chey von CAP (Cleaning Authority of Phnom Penh) auf die neu gegründete Abteilung PPWM (Phnom Penh Waste Management) übertragen. PPWM ist eine ausgelagerte Abteilung des Department of Public Works and Transport (DPWT) und beinhaltet u.a. die Unterabteilungen CAP und WAP (Waste Water Pumping). Von offizieller Seite (DPWT) wurde diese neuerliche Reform mit einer nun günstigeren Verwaltungsstruktur begründet, wobei inoffiziellen Meinungen zufolge auch gewaltige finanzielle Probleme von CAP eine gewichtige Rolle gespielt haben.

Nach wie vor ist das Umweltministerium mit der abfallwirtschaftlichen Situation in Phnom Penh berechtigterweise unzufrieden. Besonders die beträchtlichen unkontrollierten Emissionen der Deponie Stung Mean Chey sind in großem Maße besorgniserregend, da diese ein erhebliches Gefährdungspotential für die Gesundheit der Bevölkerung Phnom Penhs darstellen. Aus diesem Grund sind wohl auch in der Zukunft, unabhängig bestehender Verträge, einige wesentliche Veränderungen in der Abfallwirtschaft Phnom Penhs zu erwarten. Diese Vermutung wird durch inoffizielle Angaben eines Mitarbeiters im Umweltministerium bekräftigt.

Demnach verhandelt das Umweltministerium seit einiger Zeit mit einem kanadischen Abfallwirtschaftsunternehmen über die Konzession und die Neuregelung der gesamten Abfallwirtschaft der Stadt Phnom Penh. Die Verhandlungen betreffen sowohl die Sammlung, den Transport und die Gebührenerhebung als auch die Deponierung der Abfälle. In diesem Zusammenhang ist auch der nötige und angestrebte Deponieneubau in der Nähe der „Killing Fields“ von großem Interesse beider Verhandlungspartner. Die Planungen des kanadischen Unternehmens sollen zudem die Inbetriebnahme einer großen Kompostierungsanlage auf dem neuen Deponiegelände beinhalten.

Kompostierungsprojekt

Aus den instabilen Verhältnissen bei den Zuständigkeiten in der Abfallwirtschaft Phnom Penhs resultiert, dass für das Kompostierungsprojekt immer neue Verhandlungspartner in Frage kommen und somit langfristige gesicherte Regelungen kaum zu erreichen sind.

4.4.2 Abfallgebühren und Deponierungskosten

In Tabelle 4.3 sind die gegenwärtig geltenden Abfallgebühren in Phnom Penh einzeln aufgeschlüsselt. Die Höhe der Abfallgebühren wird gemeinsam von PSBK und

der Stadtverwaltung festgelegt. Die Gebührenerhebung erfolgt monatlich von Haus zu Haus durch Kassierer von PSBK. Einzige Ausnahme hierbei bilden die Marktstände, welche täglich abkassiert werden. Aktuell sind etwa 65 bis 70 % der Abfallerzeuger in Phnom Penh an das Gebührensystem von PSBK angeschlossen. [Interconsult (2001b)]

Tabelle 4.3: Abfallgebühren in Phnom Penh (2002)

Einrichtung	Abfallgebühr [US\$/Monat]	Einrichtung	Abfallgebühr [US\$/Monat]
Marktstände	0,75-2,25 (100-300 Riel/d)	Restaurant und Guesthouse	20,0
Markt, großer Behälter	200,0	Mittelklasse Restau- rants und Hotel	50,0
Markt, kleiner und mobiler Behälter	100,0	Oberklasse Hotel mit Restaurant	100 - 200
Apartment, Erdgeschoss	1,0	Internationales Hotel mit Restaurant	200 - 500
Apartment, Obergeschoss	0,8	Nightclub	50,0
Haus, Kambodschaner	5,0	Krankenhaus	50,0
Apartment Ausländer	10,0	Privatschule	30,0
Haus, Ausländer	20,0	Bank	100,0
Haus, Botschaftspersonal	50,0	Firma und Büro	20,0
Supermarkt	50,0	Fabrik	100,0
Supermarkt mit Parkplatz	100,0	Tankstelle	50,0
Läden, kleine Restaurants, Straßencafés	5,0		

[Interconsult (2001b)]

Einige private Unternehmen sind nicht in das Sammelsystem von PSBK integriert und bringen ihre Abfälle selbständig zur Deponie. Um illegale, nicht bezahlte Anlieferungen auf das Deponiegelände zu verhindern, wurde die Einfahrt zur Deponie von PSBK durch eine Stahlkette und ein Pförtnerhäuschen gesichert. Das Pförtnerhäuschen ist ganztägig mit PSBK-Angestellten besetzt, welche die Gebührenkassierung bei privaten Anlieferungen vornehmen und die Müllfahrzeuge von PSBK passieren lassen. Für derartige Anlieferungen existiert gegenwärtig keine einheitliche Gebührenordnung, die jeweils zu zahlende Abfallgebühr orientiert sich an der Menge und der Art des angelieferten Abfalls. Die Gebührenhöhe wird von den PSBK-Angestellten individuell festgelegt und richtet sich auch nach dem Verhandlungsgeschick des Anlieferers. Bei der Anlieferung von 2 m³ Schlachthofabfall sind beispielsweise ca. 5 US\$ an Gebühren zu entrichten.

Für die Deponierung des angelieferten Abfalls werden von PSBK monatlich 8.000 US\$ an PPWM gezahlt, hinzu kommen noch 1.000 US\$ für den aus Absetzgruben der Haushalte gelieferten Fäkalschlamm. PPWM hat ausschließlich die angegebenen 9.000 US\$ zum Betreiben der Deponie Stung Mean Chey zur Verfügung, was angesichts einer Größe von über 8 ha und einer täglich zu deponierenden Menge von 540 bis 600 Mg keinesfalls für einen geordneten Einbau des Abfalls ausreichend sein kann. Die problematische Situation auf der Deponie Stung Mean Chey wurde schon in den Arbeiten von Daniel Laux (2001) und Jürgen Stäudel (2002) sehr de-

tailliert geschildert, so dass in der vorliegenden Diplomarbeit nicht näher darauf eingegangen und auf die angegebenen Arbeiten verwiesen werden soll.

Weitere finanzielle Daten, wie monatliche Gesamteinnahmen durch die Gebührenerhebung, Betriebskosten, Gewinne u.s.w. konnten vom Autor nicht in Erfahrung gebracht werden, da sich die Geschäftsleitung von PSBK wenig kooperativ und auskunftsbereit zeigte.

Inoffizielle Informationen und Andeutungen, sowie die allgemein gängige Praxis in Kambodscha lassen vermuten, dass auch in der Müllbranche der Korruption eine nicht unerhebliche Bedeutung zukommt und verschiedene einflussreiche, staatliche Entscheidungsträger sowie natürlich die PSBK-Firmenleitung von den herrschenden Verhältnissen bei der Einnahmenaufteilung in großem Maße profitieren.

Kompostierungsprojekt

Für das Pilot-Kompostierungsprojekt hat dies zur Folge, dass mit der Forderung nach Beteiligung an den Gebühreneinnahmen möglicherweise die Existenz des ganzen Projektes gefährdet wird, da die zuständigen Entscheidungsträger in erster Linie ihre persönlichen Interessen verteidigen werden.

Persönliche Vorteile einzelner Entscheidungsträger werden in Kambodscha häufig ohne Rücksichtnahme über das Wohl der Allgemeinheit gestellt. Hierdurch wurden in der Vergangenheit schon viele sinnvolle Projekte verhindert. Außerdem ist bei den Entscheidungsträgern in Kambodscha die grundlegende Einstellung weit verbreitet, dass ausländische Projekte zu den erbrachten Hilfsleistungen auch die gesamten finanziellen Mittel, welche zur Durchführung der Hilfsprojekte erforderlich sind, einbringen sollten und somit der Geldfluss ausschließlich in eine Richtung zu erfolgen hat.

Die Beteiligung des Kompostierungsprojektes an den erhobenen Abfallgebühren in Phnom Penh ist für das angestrebte Projektziel, einen langfristigen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb zu erreichen, überaus hilfreich und sollte deshalb konsequent verfolgt werden. Da das Fortbestehen der Kompostierungsanlage auch in erheblichem Maße von der politischen Unterstützung abhängig ist, sollte bei diesbezüglichen Bemühungen behutsam und bedacht vorgegangen werden, damit hieraus keine Nachteile für das Projekt entstehen.

4.5 Marktanalyse in der Stadt Phnom Penh

4.5.1 Gesamtbetrachtung

In Phnom Penh gibt es 30 Märkte, von denen monatlich annähernd 7.500 m³ Markt-
abfall mit einer durchschnittlichen Dichte von 0,52 Mg/m³, entsorgt werden. Es erfolgt im Allgemeinen eine regelmäßige und vollständige Entsorgung aller legalen Märkte. Die Tabelle 4.4 zeigt die Ergebnisse der Markt-
abfallanalyse von Gutjahr (1997b), wobei die Märkte Central- und Kandal-Markt separat aufgeführt sind.

Tabelle 4.4: Marktabfallzusammensetzung in Phnom Penh

Wertstoff- und Abfallart	Central Markt [Gew.-%]	Kandal Markt [Gew.-%]	Ø Märkte in P.P. [Gew.-%]	Marktabfälle Gesamt [Mg/Monat]
pflanzliche Abfälle	80,4	77,0	78,7	3.040
Speisereste	9,1	13,7	11,4	440
Mischkunststoffe	6,0	4,6	5,3	205
Restabfälle	4,5	4,7	4,6	178
Gesamtmenge [Gutjahr (1997b)]	100	100	100	3.863

Bei der Begehung einiger Märkte in Phnom Penh konnte der Autor feststellen, dass die volumenbezogenen Störstoffgehalte der einzelnen Marktabfälle merklich differieren, wovon wiederum der erforderliche Sortieraufwand auf der KOSA wesentlich abhängig ist. In Tabelle 4.5 sind verschiedene Märkte bzw. Marktabfälle hinsichtlich ihrer Eignung zur Kompostierung auf Grundlage der Marktbegehung durch den Autor qualitativ bewertet. Die Lage der Märkte kann anhand der Stadtkarte von Phnom Penh im Anhang D1 dieser Arbeit nachvollzogen werden.

Tabelle 4.5: Qualitative Bewertung der Märkte in Phnom Penh

Name	Lage [Nähe zu]	Eignung des Abfalls zur Kompostierung
Dumkor Markt	Samdach Monireth BLD	sehr hoch
Central Markt	Monyvong BLD	mittel
Tuol Tompong Markt	Mao Tse Toung BLD	gering
Chba Ampao Markt	Monyvong Bridge	sehr hoch
Kandal Markt	Samdach Sothearos BLD	gering
Beng Kengkong Markt	Mao Tse Toung BLD	hoch
Olympic Markt	Samdach Preah Sihanouk BLD	mittel
Depot Markt	Jawaharlal Nerhu BLD	gering
Samaki Markt	Mao Tse Toung BLD	mittel
Orussey Markt	Charles de Gaulle BLD	gering
Chas Markt	Preah Sisovath BLD	hoch
Bayon Markt	Monyvong BLD	mittel

Kompostierungsprojekt

Bei einer Vergrößerung der KOSA und steigenden Durchsätzen ist auf einen geringen Störstoffgehalt der Abfälle zu achten. In diesem Zusammenhang bieten sich in erster Linie die Marktabfälle vom Chba Ampao Markt an. Der Chba Ampao Markt liegt direkt am Bassac Fluß und ist der Hauptumschlagsplatz für alle Nahrungsmittel, die von den Provinzen auf dem Wasserweg nach Phnom Penh eingeführt werden.

4.5.2 Dumkor Markt

Der Dumkor Markt befindet sich an der Kreuzung Samdach Monireth Boulevard und Mao Tse Toung Boulevard direkt hinter einer Bus-Station. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird jeglicher Marktabfallinput der Pilot-Kompostierungsanlage vom Markt Dumkor bezogen. Die Transportentfernung zwischen Dumkor Markt und KOSA ist mit ca. 2,5 km sehr gering. Der Dumkor Markt ist einer der beiden Hauptumschlags-

plätze für Obst, Gemüse, Zuckerrohr und Kokosnüsse im Großraum Phnom Penh. Schon in den frühen Morgenstunden kommen die, über den Landweg transportierten Waren aus den Provinzen Kambodschas direkt vor dem Markt an. Anschließend werden von hier aus die anderen Märkte der Stadt und zahlreiche Einzelhändler beliefert.

Der Markt Dumkor ist in einen Außen- und Innenbereich gegliedert und findet täglich statt. Die Gesamtgröße des Marktes beträgt 9.986 m² und teilt sich wie folgt auf: Markthalle 4.586 m² sowie äußerer Marktbereich 5.400 m². Auf dem Dumkor Markt befinden sich gegenwärtig etwa 825 Marktstände. Der Innenbereich des Marktes unterscheidet sich bezüglich der angebotenen Waren und der baulichen Gegebenheiten erheblich vom Außenbereich, in welchem etwa 90 % der Marktstände mit Lebensmitteln handeln.

Abfallwirtschaftliche Betrachtungen

Die Marktabfälle des Dumkor Marktes wurden für den Input der Pilot-Kompostierungsanlage ausgewählt, weil bei diesen Abfällen der Störstoffgehalt für den Kompostierungsprozess im Vergleich zu den Abfällen der meisten anderen Märkte gering ist (vgl. Tab.4.3). Die täglich anfallende Abfallmenge liegt zwischen 35 und 50 m³. Daraus ergibt sich eine Gesamtabfallmenge von etwa 300 m³ in der Woche bzw. 15.500 m³ im Jahr.

Für die Zwischenlagerung der eingesammelten Marktabfälle bis zum Abtransport zur Deponie steht nur eine einzige Sammelstelle im Außenbereich des Marktes zur Verfügung (siehe Bild 3, Anhang E). Diese Sammelstelle besteht aus einer dreiseitigen Betonummantelung mit Betonboden und hat ein Fassungsvermögen von 72 m³ (l/b/h : 6/4/3 [m]). Die Abfuhr der Marktabfälle erfolgt in der Regel dreimal täglich, mit großen, geschlossenen Müllfahrzeugen (max. Fassungsvermögen 20 m³, siehe Bild 2 Anhang E) und wird von der Marktverwaltung dokumentiert. Die Abfallsammlung, -entsorgung und die Gebührenerhebung auf dem Markt liegt in der alleinigen Verantwortung von PSBK.

Die Zusammensetzung der Marktabfälle ist herkunfts- (Außen- oder Innenbereich) und saisonbedingt (Trocken- oder Regenzeit) sehr verschieden. Als Hauptbestandteile lassen sich Zuckerrohr, Zuckerrohrblätter, Kokosnüsse und -fasern, Bananenblätter und -stängel, Ananasgrün, Melonen, Salat, Mais, Bambuskörbe sowie Plastiktüten und -säcke ausmachen. Besonders der Zuckerrohranteil ist starken saisonalen Schwankungen unterlegen. In der Trockenzeit liegt dieser nicht selten bei bis zu 25 Vol.-%, dagegen in der Regenzeit durchschnittlich nur etwa bei 5 Vol.-%.

Die Abfälle des Außenbereiches machen etwa 75 Vol.-% der gesamten Abfallmenge aus, wobei der organische Anteil dieser Abfälle ca. 90 bis 95 Vol.-% beträgt. Dagegen liegt der organische Anteil bei den Abfällen aus dem Innenbereich des Marktes nur zwischen 65 und 75 Vol.-%. In den Marktabfällen befinden sich so gut wie keine Aluminium-Getränkedosen, da diese, aufgrund ihres verhältnismäßig hohen Wertstoffwertes (3 Dosen = 100 Riel), von Waste Pickern und Kindern schon auf dem Markt aus den Abfällen ausgelesen werden.

Die anfallenden Abfälle werden von den Standbetreibern auf einen Weg zwischen den Marktständen (Außenbereich) bzw. in Behältnisse an den Eingängen (Innenbereich) geworfen. Von dort wird der Abfall durch Angestellte von PSBK manuell in Handwägen geladen und zur zentralen Sammelstelle befördert. Für diese Tätigkeit stehen 6 Arbeitskräfte und 6 Handwägen (Fassungsvermögen 0,4 m³) zur Verfügung, welche das gesamte Marktgelände etwa dreimal täglich begehen. Die Beladung der Müllfahrzeuge wird mittels Radlader (Schaufelgröße 0,35 m³, siehe Bild 3 Anhang E) bewerkstelligt und dauert je Fahrzeug ca. 40 - 60 Minuten.

Jeden Morgen werden, durch zwei Angestellte von PSBK, die täglichen Abfallgebühren direkt an den einzelnen Marktständen einkassiert. Die Höhe der Gebühr liegt zwischen 100 und 200 Riel pro Tag und richtet sich nach Größe sowie Art des Verkaufsstandes bzw. nach der zu erwartenden Abfallmenge. So muss beispielsweise ein Gemüse- oder Obststand mehr bezahlen als ein Marktstand, an welchem Haushaltswaren oder Textilien verkauft werden. Die erhobenen Abfallgebühren auf dem Markt Dumkor betragen insgesamt etwa 120.000 Riel (30 US\$) am Tag, 900 US\$ im Monat bzw. 10.800 US\$ jährlich.

Zukunftsperspektiven

Seit Mitte 2000 wird an einem modernen, großen Marktgebäude auf dem angrenzenden Gelände des Dumkor Marktes gebaut. Nach Informationen der Marktverwaltung soll 2003/2004 dieser Markt eröffnet und zeitgleich das jetzige Marktgelände geschlossen werden. Für das Kompostierungsprojekt und im speziellen die Inputqualität der Abfälle bietet der Marktneubau die große Chance, durch Verhandlungen mit der Marktleitung und PSBK eine separate Erfassung der organischen Bestandteile des Marktabfalls zu erreichen. In diesem Zusammenhang sollte auf eine Unterteilung der Sammelstelle (Marktleitung) und auf eine getrennte Einsammlung der Abfälle (PSBK) hingewirkt werden.

Kompostierungsprojekt

Um nachteiligen Einflüsse auf die Inputqualität der KOSA zu verringern bzw. gänzlich zu beheben, wurden von der Arbeitsgruppe bislang folgende Überlegungen und Unternehmungen angestellt.

Der Erste praktisch getestete Lösungsansatz der Arbeitsgruppe bestand darin, einen positiven Einfluss auf die Beladung der jeweiligen, für die Anlieferung auf der KOSA vorgesehenen Sammelfahrzeuge zu nehmen. Hierfür wurde ein Arbeiter der KOSA an der Sammelstelle des Dumkor Marktes positioniert. Dieser wurde angewiesen, darauf zu achten, dass beim nächsten Sammelfahrzeug weitestgehend störstofffreies organisches Material aufgeladen wird. Anschließend begleitete dieser Arbeiter das Sammelfahrzeug zur KOSA und lies die Marktabfälle dort abkippen. Das Resultat dieser Maßnahme war zufriedenstellend. Hierdurch konnte die Inputqualität der KOSA merklich gesteigert werden. Allerdings war der personelle Aufwand mit 3 bis 4 Arbeitsstunden je Ladung verhältnismäßig hoch, so dass diese Vorgehensweise nur bei freien Personalkapazitäten auf der KOSA zur Anwendung kommen kann. Unter den gegenwärtigen Arbeitskraftverhältnissen kann auf diese Weise keine kontinuierliche Inputverbesserung bewirkt werden.

Bei einem Termin mit der Marktleitung im Januar 2002 trug die Arbeitsgruppe ihr Anliegen einer separaten Erfassung der Marktabfälle des Innen- und Außenbereichs vor. Die Marktverwaltung zeigte sich jedoch nicht zuständig für die Abfallsammlung auf dem Markt und verwies die Arbeitsgruppe an PSBK. Zudem gab es keine positive Resonanz für die Errichtung einer zweiten Sammelstelle in unmittelbarer Nähe der bestehenden, aufgrund der ohnehin strapazierten Platzverhältnisse. Infolge des größeren Platzbedarfes für den Radlader (u.a. Bereitstellung von Fahrwege) und des deutlich erhöhten Arbeitsaufwandes für die Abfallsammler macht eine zweite Sammelstelle in größerer Entfernung zur derzeitigen Sammelstelle wenig Sinn. Auch die Unterteilung der Sammelstelle in zwei Parzellen scheitert an der Bereitstellung des dafür benötigten, zusätzlichen Rangierbereiches für den Radlader.

Gespräche mit PSBK über die Machbarkeit einer getrennten Einsammlung der Marktabfälle stehen zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch aus, sollten aber bald stattfinden. Grundsätzlich dürften einer getrennten Einsammlung keine unlösbaren logistischen Probleme im Wege stehen, da die Sammlung der Marktabfälle manuell und in relativ kleinen, handlichen Behältnissen (Handwagen) erfolgt. Es wäre z.B. vorstellbar, dass jeweils zwei Arbeitskräfte mit je einem Handwagen zusammen eine Sammeltour begehen und hierbei die Abfälle durch Aufteilung auf zwei Handwagen in Kompostierungsinput und Rest separieren.

Prinzipiell wirken sämtlichen angedachten Lösungsansätzen die nicht vorhandene Bereitschaft von PSBK und der Marktverwaltung zur Zusammenarbeit mit dem Kompostierungsprojekt entgegen. Nach Meinung des Autors lässt sich hier nur mit finanziellen Anreizen oder durch große politische Unterstützung eine Verbesserung der gegenwärtigen Situation erreichen.

4.6 Einfluss soziokultureller und sozioökonomischer Rahmenbedingungen

4.6.1 Wirtschaftliche Situation, Lebensstandard und Einkommen

Kambodscha zählt zu den ärmsten Ländern der Erde. Die primäre Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser, Nahrungsmitteln und ausreichender medizinischer Betreuung stellt in weiten Teilen des Landes ein großes Problem dar.

Das Bruttosozialprodukt liegt bei 280 US\$/Kopf und Jahr und damit nicht nur deutlich unter dem Durchschnitt in Südostasien (990 US\$/Kopf und Jahr), sondern auch der Niedrig-Einkommensländer (410 US\$/Kopf und Jahr). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in Kambodscha lediglich 23,5 % der Gesamtbevölkerung in der Stadt leben, dagegen in Südostasien durchschnittlich 34 % und in den Niedrig-Einkommensländern im Durchschnitt 31 %. [Stat. Bundesamt (2001)]

Obwohl in Phnom Penh lediglich 10 % der Einwohner Kambodschas leben, wird die Wirtschaft des Landes weitestgehend von der Hauptstadt bestimmt. Der überwiegende Teil der wichtigen Industriezweige des Landes ist hier angesiedelt, vor allem die Textilfabriken, die Baubranche, das Handwerk und die Lebensmittelindustrie. Die ansässigen Wirtschaftssektoren sind breit gefächert, wobei das Dienstleistungsgewerbe dominiert. Im Gegensatz hierzu wird auf dem Land von der Mehrheit der Bevölkerung fast ausschließlich Landwirtschaft betrieben. In Phnom Penh wird ein

maßgeblicher Prozentsatz des Bruttosozialproduktes erwirtschaftet. Wie Tabelle 4.6 zeigt, unterscheidet sich die durchschnittliche Einkommenssituation in Phnom Penh erheblich von der im übrigen Land. Allerdings sind auch die mittleren Lebenshaltungskosten wesentlich höher, da der Lebensstandard in Phnom Penh merklich über dem Landesdurchschnitt liegt,

Tabelle 4.6: Durchschnittliches Haushaltseinkommen

Gebiet	Haushaltsgröße [Personen]	Einkommen [US\$/Monat]		Ausgaben [US\$/Monat]	
		Haushalt	Person	Haushalt	Person
Phnom Penh	5,7	298,7	52,4	263,96	46,31
Land [Mori (2000)]	5,2	105,72	20,33	94,82	18,23

In Phnom Penh können im wesentlichen folgende Erwerbsformen und Beschäftigungsverhältnisse mit zum Teil stark voneinander abweichenden Arbeitsbedingungen und Einkommenssituationen unterschieden werden:

- Selbständige und Tagelöhner
- Staatsangestellte
- Angestellte in einem privaten Unternehmen
- Angestellte bei einem NGO

Nach einer Studie des National Institute of Statistic (1994) sind in Phnom Penh ca. 55 % der arbeitenden Bevölkerung selbständig tätig. Dieser ungewöhnlich hohe Anteil hat im wesentlichen zwei Ursachen. Zum einen ist es in Phnom Penh gängige Praxis, dass Unternehmer z.B. im Baugewerbe einen Großteil der Arbeiter nur tageweise je nach Auftragslage und ohne Arbeitsvertrag beschäftigen und entlohnen. Dies bringt für den Unternehmer unbestreitbar große Vorteile, hat aber für den Tagelöhner äußerst unsichere Einkommensverhältnisse zur Folge. Zum anderen ziehen es viele Kambodschaner vor, eigenverantwortlich und ohne Vorgesetzten, d.h. ohne ständige Kontrollen und Vorschriften tätig zu sein. Hier sind besonders die zahlreichen Mopedtaxifahrer und Marktverkäufer hervorzuheben.

In Tabelle 4.7 sind die Durchschnittsverdienste häufig auftretender Erwerbstätigkeiten angegeben. Angestellte mit festem Arbeitsvertrag werden für gewöhnlich gleichbleibend monatlich entlohnt, dagegen ist das Einkommen Selbständiger stark vom täglichen Wettbewerbsgeschick abhängig. Um die verschiedenen Löhne (Tages- bzw. Monatslöhne) besser miteinander vergleichen zu können, wurden diese auf die gleiche Bezugsgröße (Annahme: 30 Arbeitstage im Monat) umgerechnet.

Tabelle 4.7: Durchschnittsverdienste ausgewählter Erwerbstätigkeiten in Phnom Penh

Erwerbstätigkeit	Durchschnittsverdienst	
	US\$/Tag	US\$/Monat
Textilindustrie (Angestellte)	1,5 - 1,7	45 - 50
Baugewerbe (Tagelöhner)	2 - 2,5	60 - 75
Staatsangestellte (z.B. Verwaltung, Polizei, Lehrer)	0,7 - 1	20 - 30
Mopedtaxifahrer	2 - 3	60 - 90
Marktverkäufer	2 - 5	60 - 150
Waste Picker	1 - 2	30 - 60
NGO-Angestellte	3,4 - ?	100 - ?

In der Regel zählen Angestellte bei einem NGO zu den Besserverdienenden in Phnom Penh, weshalb die angebotenen Arbeitsstellen stark umworben sind. Im Gegensatz dazu bekommen gewöhnliche Staatsangestellte ein sehr geringes Gehalt, was normalerweise nicht zum Bestreiten der Lebenshaltungskosten ausreicht. Dieser Umstand ist ein wesentlicher Grund für das beträchtliche Ausmaß der Korruption in Kambodscha.

Kompostierungsprojekt

Durch das Betreiben der Pilotkompostierungsanlage Stung Mean Chey wurden bisher 3 gesicherte Vollzeit- und 3 Teilzeitarbeitsplätze geschaffen, was angesichts der kritischen Arbeitsmarktsituation in Phnom Penh als positiver Nebeneffekt des Projektes zu bewerten ist.

Im Vergleich, mit den in Tabelle 4.7 angegebenen Durchschnittsverdiensten, erscheinen die Gehälter auf der Pilot-Kompostierungsanlage, sowohl für die Sortierkräfte (50 US\$/Monat) als auch für das Leitungspersonal (75 bzw. 200 US\$/Monat), dem allgemeinen Lohnniveau in Phnom Penh durchaus angemessen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Sortierkräfte der KOSA hauptberuflich 6 Tage in der Woche tätig sind und die Leitungskräfte lediglich nebenberuflich 1 bis 3 Stunden täglich für das Pilotprojekt arbeiten. Zudem erfolgen alle Gehaltszahlungen im Kompostierungsprojekt regelmäßig in konstanter Höhe und sind nicht unmittelbar leistungsabhängig, so dass von diesem Einkommen eine gewisse wirtschaftliche Absicherung ausgeht.

Obwohl die durchschnittlichen Verdienste, eines Großteils der Erwerbstätigen in Phnom Penh, unter den offerierten Gehältern auf der Pilot-Kompostierungsanlage liegen und offensichtlich bei weitem nicht alle arbeitsfähigen Männer über ein gesichertes Einkommen verfügen, gab es, nach Aussage vom Projektleiter Soth Vantha, überraschenderweise erhebliche Schwierigkeiten arbeitswillige Sortierkräfte für die KOSA zu finden. Soth Vantha führt dies auf den Arbeitsort (gemiedenes soziales Randgebiet, Müll, stark verunreinigte Luft), die Arbeitsbedingungen (geregelt Arbeitszeiten, schwere körperliche Tätigkeiten) und auf die Art des Arbeitsverhältnisses (Vorgesetzter/Beschäftigter) zurück.

Allerdings ist das vermeintlich mangelnde Interesse der Erwerbstätigen, an einer Anstellung auf der KOSA, möglicherweise auch auf eine erschwerte und unzureichend intensive Personalsuche der Projektleitung zurückzuführen. Die Arbeitskraft-

suche in Phnom Penh für unbequeme Niedriglohn-Tätigkeiten ist umständlich und aufwendig. Da es keine Arbeitsämter und Jobvermittlungsagenturen gibt, können geeignete Arbeitskräfte praktisch nur durch persönliche Kontaktaufnahmen, Empfehlungen und "Mund zu Mund" Werbung ausfindig gemacht werden. Hierbei ist es hinderlich, dass die gutsituierten Projektleiter der KOSA kaum Kontakte zu Menschen der unteren sozialen Schichten, welche vornehmlich für die Sortiertätigkeit in Frage kommen dürften, pflegen und sich nur ungern in diesem sozialen Umfeld bewegen.

Nach Meinung des Autors sind in Phnom Penh, auch bei den gegenwärtigen Gehaltsbedingungen auf der KOSA, ein hinreichend großes Arbeitskraftpotential und ausreichend Interessenden für die Sortiertätigkeit vorhanden. Bevor bei eventuellem zukünftigem Personalbedarf auf der KOSA mit höheren Gehaltsangeboten reagiert wird, sollten die Anwerbungsbemühungen der Projektleitung entsprechend forciert und alle sich bietenden Möglichkeiten ausgeschöpft werden.

4.6.2 Sozialsystem und soziale Absicherung

In Kambodscha bestehen für die Bevölkerung von Seiten des Staates nicht die geringsten sozialen Absicherungen. Der Staat vernachlässigt die soziale Verantwortung für das Volk bedauerlicherweise in jeglicher Hinsicht, was besonders die Bedürftigsten wie z.B. Kranke, Behinderte und Waisenkinder am härtesten trifft. Die Folgen dieser Politik zeigen sich u.a. auch im Straßenbild Phnom Penhs, wo die zahlreichen Bettler (Kranke, Kriegsversehrten, Mütter mit Kleinkindern u.s.w.) nicht zu übersehen sind.

Sehr viele NGOs sind im sozialen Bereich tätig und versuchen die Lebenssituation der sozial schwächsten Schichten zu verbessern, was aber angesichts der Vielzahl von Härtefällen nur teilweise und unzureichend bewältigt werden kann. Private Versicherungen werden zwar seit etwa 3 Jahren in Kambodscha angeboten, aber von der Bevölkerung bisher so gut wie gar nicht wahrgenommen. Zum einen fehlen die Kenntnisse und Erfahrungen hinsichtlich des Nutzens von Versicherungen gänzlich und zum anderen könnten die geforderten Versicherungsbeiträge ohnehin nur von einem sehr geringen Teil der Bevölkerung aufgebracht werden.

Die unzureichende und teure medizinische Betreuung stellt für nahezu die gesamte Bevölkerung Kambodschas ein existentielles Problem dar. Selbst von vielen bessergestellten Familien können die Behandlungskosten bei einer ernsthafteren Erkrankung eines Familienmitglieds nicht bezahlt werden.

Für 9600 Einwohner steht statistisch in Kambodscha ein ausgebildeter Arzt zur Verfügung (Deutschland: 1 Arzt / 333 Einwohner). Die mittlere Lebenserwartung liegt gegenwärtig bei 54 Jahren (Südostasien: 69 Jahre, Niedrig-Einkommens-Länder: 60 Jahre) und die Kindersterblichkeitsrate bei 10,2 % (Südostasien: 3,5 %, Niedrig-Einkommens-Länder: 7,7 %). Allerdings ist über die letzten 20 Jahre eine stetige und deutliche Verbesserung der Zustände feststellbar, was für die Zukunft berechtigten Anlass zur Hoffnung gibt. [Statistisches Bundesamt (2001)]

Kompostierungsprojekt

Der Betrieb der Kompostierungsanlage wird von den dargelegten Verhältnissen dahingehend beeinflusst, dass von den Sortierkräften bei krankheitsbedingtem Fernbleiben von der Arbeit keine ärztlich beglaubigte Krankschreibung verlangt werden kann, da dies die finanziellen Mittel der Sortierer übersteigen würde. In diesem Zusammenhang besitzt der Betriebsleiter der KOSA eine große Verantwortung und muss mit viel Feingefühl, aber auch mit Autorität situationsabhängig sozialverträgliche Entscheidungen treffen. Einerseits sollte der Betriebsleiter das Simulieren von arbeitsverhindernden Erkrankungen unterbinden und andererseits die Sortierer bei tatsächlichen Erkrankungen nicht zur Arbeitstätigkeit zwingen.

Infolge der finanziell bedingten, einseitigen und teilweise unzureichenden Ernährung haben die Sortierer der KOSA ein geschwächtes Immunsystem und sind deshalb krankheitsanfällig, was durch die zahllosen Krankheitserreger im Abfall noch zusätzlich verstärkt wird. Bei der schweren körperlichen Arbeit unter diesen extremen Klimaverhältnissen ist eine angemessene Gesundheitsphase unbedingt erforderlich, damit sich die Leistungsfähigkeit der Sortierkräfte nicht dauerhaft verringert und keine bleibende Gesundheitsschädigung riskiert wird. Aufgrund dessen ist ein Lohnabzug bei krankheitsbedingtem Fehlen kaum zweckdienlich und unsozial, da die Sortierer auch bei einer Erkrankung zur Arbeit kommen würden, aber nur in sehr geringem Maße leistungsfähig wären.

Diesbezüglich stellt sich für ein deutsches Entwicklungshilfeprojekt die grundlegende Frage, ob bei der Personalführung im Projekt die kambodschanischen, äußerst unsozialen Standards in gleicher Weise praktiziert werden, oder durch verbesserte soziale Rahmenbedingungen für die Angestellten eine Vorbildfunktion in Kambodscha übernommen werden kann. Sicherlich sind deutsche Sozialmaßstäbe in Kambodscha nicht anwendbar und deplaziert, aber ein deutsches Entwicklungshilfeprojekt sollte nach Meinung des Autors den Anspruch haben in jeder Hinsicht humanverträglich zu wirken und im Rahmen der Projektmöglichkeiten versuchen verstärkt soziale Aspekte zu berücksichtigen.

In diesem Zusammenhang sollte von den Projektverantwortlichen des weiteren überdacht werden, wie zu Verfahren ist, wenn ein Angestellter (Sortierer, Leitungspersonal) bei der Arbeitstätigkeit auf der KOSA verunglückt und einen größeren Schaden davon trägt. Die Gefahrenquellen (Shredder, Siebmaschine, Müllfahrzeuge) hierfür sind vorhanden und können durch keine Betriebsvorschrift vollständig eliminiert werden, so dass sich jederzeit ein Unfall ereignen könnte und eine zügige Regelung der Verantwortlichkeiten unumgänglich ist.

4.6.3 Bildungswesen und Kenntnisstand

Die Bildung ist ein weiteres großes Problem Kambodschas und der geringe Wissensstand der Mehrheit der Bevölkerung in vielen Wirkungsbereichen offenkundig. Infolge des langen Krieges hat ein Großteil der Erwachsenen in Kambodscha keine oder nur eine sehr geringfügige Schulbildung erhalten, wodurch die Analphabetenquote in der Bevölkerung älter als 15 Jahre bei sehr hohen 61 % liegt. Mittlerweile hat sich das Schulsystem deutlich verbessert und die Schulbesuchsquote bei Jun-

gen und Mädchen liegt sogar über dem Durchschnitt der Niedrig Einkommensländer und in etwa auf dem selben Niveau wie im wesentlich höher entwickelten Thailand. [Stat. Bundesamt (2001)]

Trotz der guten Fortschritte im Bildungswesen, die nicht zuletzt durch die große Unterstützung ausländischer Organisationen erreicht wurden, fehlt es an Schulen, Unterrichtsmaterial und an finanzieller Motivation für die Lehrer, da der Etat für das Bildungswesen lediglich 1,5 % im Staatshaushalt Kambodschas ausmacht. Das in der Verfassung verankerte Recht, jedem Staatsbürger eine kostenlose, neunjährige Schulbildung zu garantieren, ist noch reines Wunschdenken. Insbesondere Mädchen können aufgrund der schlechten sozialen Verhältnisse ihrer Familien oft nicht länger als 6 Jahre die Schule besuchen. [Neuhauser (2001)]

Die Unterbezahlung der Lehrer hat auch im Schulsystem dazu geführt, dass nicht die Leistung des Schülers über die Aufnahme auf eine weiterführende Schule entscheidet, sondern die Höhe des Bestechungsgeldes den Ausschlag gibt. In den letzten Jahren gewinnen Privatschulen und Privatunterricht, besonders für die Fremdsprache Englisch, zunehmend an Bedeutung, da hier die Lehre, infolge der höheren finanziellen Motivation der Lehrer, wesentlich qualitativer ist. Leider steht dieser Bildungsweg, wie auch ein Studium an einer der 8 Universitäten Phnom Penhs, in der Regel nur den privilegierten Kindern mit finanzkräftigen Eltern offen.

Im Gegensatz zu einem Großteil der Erwachsenen ist die Jugend in Kambodscha äußerst bestrebt sich weiterzubilden und neuen Einflüssen sowie Reforminitiativen gegenüber sehr aufgeschlossen. Allerdings droht der 1990 durch die Öffnung des Landes ausgelöste Bildungsenthusiasmus wieder zu versiegen, da die Schüler merken, dass sie trotz einer langen Ausbildung kaum eine Chance auf einen halbwegs gut-bezahlten Arbeitsplatz haben. [Neuhauser (2001)]

Die wenigen hochqualifizierten Personen in Kambodscha, welche zum Teil im Ausland studiert haben, arbeiten nur sehr selten in einflussreichen Positionen, da die staatlichen Arbeitsstellen mehrheitlich nicht nach Qualifikation, sondern über Beziehungen und Korruption besetzt werden. Hierdurch sind oftmals gerade die Verantwortungs- und Entscheidungsträger nicht ausreichend kompetent, um hilfreiche Lösungsansätze für die vorhandenen Probleme zu entwickeln und in die Praxis umzusetzen.

Kompostierungsprojekt

Sortierer

Von den drei Sortierern, die derzeit auf der KOSA beschäftigt werden, hat nur der Jüngste (Thöm) 6 Jahre lang eine Schule besucht. Thöm kann ausreichend Lesen und Schreiben, dagegen sind So-Khan und So-Kem Analphabeten. Die Sortierer haben keine Ausbildung bezüglich ihrer jetzigen Tätigkeit erhalten, wurden aber vom Leitungspersonal in den Aufgabenbereich auf der KOSA eingewiesen. Hierbei zeigten sich alle drei Sortierer lernwillig und befähigt die Arbeitstätigkeiten der Kompostierung zu verstehen und praktisch umzusetzen. Allerdings können zukünftig, hinsichtlich der selbständigen Arbeitserleichterung und -optimierung sowie beim Prioritätenverständnis der anliegenden Arbeiten, durch verständliche Erklärungen noch

erhebliche Verbesserungen erreicht werden. Auf diesen Wirkungsbereich sollte das Leitungspersonal deutlich größeren Wert legen als bisher.

Die beiden jüngeren Sortierer (Thöm, So-Khan) haben eine bessere Auffassungsgabe und reagieren flexibler auf veränderte Anweisungen als So-Kem. Deshalb kommen diese beiden Sortierer, nach Einschätzung der Arbeitsgruppe, vorrangig für eventuelle Bildungsmaßnahmen in Frage, wobei Thöm schon am Kompostierungsseminar des Pilotprojektes in Kooperation mit der CDG teilgenommen hat.

Hervorzuheben ist, dass So-Khan ein gutes Mechanikverständnis besitzt und deshalb bevorzugt direkt an den Maschinen auf der KOSA arbeitet. Zudem kann So-Khan kleinere Reparaturen an den Maschinen selbst durchführen und nach vorheriger Einweisung möglicherweise auch die Wartung der Maschinen übernehmen. Da Thöm als einziger der Sortierer Lesen und Schreiben kann, wurde er von der Arbeitsgruppe mit zur Datenerhebung auf der KOSA herangezogen. Dies funktioniert teilweise schon zufriedenstellend, wobei es bislang jedoch an der erforderlichen Gewissenhaftigkeit mangelt.

Prinzipiell sind die drei Sortierer aufgrund ihrer Fähigkeiten gut für die Arbeitstätigkeit auf der KOSA geeignet und sollten möglichst auch weiterhin beschäftigt werden, da die Sortierer inzwischen über umfangreiche praktische Erfahrungen und die grundlegenden Kenntnisse bezüglich der auszuführenden Arbeitsgänge verfügen.

Leitungspersonal

In starkem Kontrast zu den Sortierkräften haben alle bisher in der Leitungsebene des Kompostierungsprojektes beschäftigten Personen eine hochqualifizierte Bildung im Ausland erhalten. Soth Vantha, Sam Phalla und Keo Mara absolvierten ein Studium in Deutschland (DDR/BRD) sowie Soeun Sethou in Russland (UdSSR).

Soeun Sethou und Sam Phalla nahmen an mehreren Fortbildungskursen zum Thema Kompostierung in Deutschland teil und verfügen über das erforderliche Wissen zum Kompostierungsprozess. Zudem ist Soeun Sethou im Umweltministerium in Phnom Penh beschäftigt, wodurch eine ständige Verbindung zu den staatlichen Entscheidungsträgern besteht. Sam Phalla ist als Reiseorganisator tätig und besitzt sehr viele nützliche Kontakte in die unterschiedlichsten Lebensbereiche.

Keo Mara arbeitete von 1996 - 1997 als Deponieleiter und Leiter des Bereiches Recycling beim Entsorgungsunternehmen ENV unter dem deutschen Unternehmer Peter Berkholz und hat somit beträchtliche Erfahrungen in der Abfallwirtschaft Phnom Penhs aufzuweisen.

Soth Vantha ist seit mehreren Jahren als selbständiger Bauingenieur in Phnom Penh tätig und besitzt umfangreiche praktische Baustellenerfahrungen sowie weitreichende theoretische Bauingenieurkenntnisse.

Das Zusammenwirken der aufgeführten Personen in der Leitungsebene des Kompostierungsprojektes stellt sicher, dass die notwendigen Fachkompetenzen und erforderlichen Wirkungsmöglichkeiten zum Betreiben einer Kompostierungsanlage in Kambodscha in jeglicher Hinsicht gegeben sind. Die detaillierte Aufgabenverteilung und jeweiligen Zuständigkeitsbereiche innerhalb der Leitungsebene sind im Betriebshandbuch der Kompostierungsanlage (Anhang C) geregelt.

4.6.4 Ethnische Gruppen, Mentalität und Eigeninitiative

Etwa 90 % der Bevölkerung Kambodschas gehören dem Volksstamm der Khmer an. Minderheiten im Land sind die geschäftstüchtigen Chinesen und Vietnamesen sowie die eigenständige Volksgruppe der Cham. Ein sehr wichtiger Faktor für das Verstehen der kambodschanischen Mentalität und deren Eigenheiten ist der Buddhismus, dem in nahezu allen Lebensbereichen eine ungemein große Bedeutung zukommt und an den annähernd 90 % der gesamten Bevölkerung glauben.

Die Khmer sind im allgemeinen sehr höflich und tolerant. Ungeachtet der schwierigen Lebensumstände vermitteln die meisten Kambodschaner einen glücklichen und zufriedenen Eindruck, wodurch jedoch die Motivation und Eigeninitiative zur Verbesserung der persönlichen Lebensbedingungen anscheinend gehemmt wird.

Vielen alltäglichen Problemen wird mit einem sehr eigentümlichen Lächeln - dem sogenannten Sourire Khmer - begegnet, welches allerdings nie zuverlässig gedeutet werden kann und gelegentlich auch zum Verbergen der wahren Empfindungen dient. Beim direkten Kontakt mit Ausländern sind die Kambodschaner sehr zurückhaltend und es ist überaus schwierig die tatsächliche Meinung eines Kambodschaners in Erfahrung zu bringen. Hierdurch werden sachdienliche Diskussionen und eine effektive Zusammenarbeit teilweise stark beeinträchtigt.

Impulsive Gefühlsäußerungen sind nicht üblich und würden gleichermaßen wie offene Kritik und direkte Konfrontation zu einem Verlust an Ansehen führen. "Das Gesicht zu wahren" ist für alle Kambodschaner von großer Wichtigkeit, weshalb persönliche Probleme gewöhnlich nicht direkt angesprochen, sondern über Dritte an die betreffende Person herangetragen werden. Diese Verhaltensweise ist für Europäer gewöhnungsbedürftig, aber unbedingt zu beachten und zu respektieren, wenn dauerhafte Unstimmigkeiten vermieden und auftretende Differenzen beigelegt werden sollen.

Die Kambodschaner strahlen in nahezu allen Lebenslagen eine bemerkenswerte Ruhe und Gelassenheit aus. Stress oder Hektik sind im kambodschanischen Alltag außerordentlich selten wahrzunehmen und wirken wie ein Fremdkörper in einer durchweg gemächlichen Gesellschaft. Viele Kambodschaner haben ein sehr eigentümliches Zeitempfinden, wodurch Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit in keiner Weise an deutschen Maßstäben gemessen werden können. Auch aus diesem Grund nehmen so gut wie alle Unternehmungen und Handlungen in Kambodscha unverhältnismäßig viel Zeit in Anspruch und erfordern ein großes Maß an Beharrlichkeit, um das gewünschte Ergebnis zu erreichen.

Historisch bedingt ist bei den Khmer ein stark ausgeprägtes Hierarchiebewusstsein vorhanden, welches den alltäglichen Umgang untereinander, sowie Politik und Geschäftsverhalten entscheidend beeinflusst. Für die Praxis ergibt sich hieraus der große Nachteil, dass hierarchisch Untergebene in der Regel ausschließlich nach konkreten Anweisungen handeln und eigenes Mitdenken sowie Verbesserungsvorschläge von diesen leider kaum zu erwarten bzw. von den meisten Vorgesetzten auch nicht erwünscht sind.

Gewöhnlich besitzen die Khmer, u.a. aufgrund ihrer Mentalität, keine ausgeprägten Führungs- bzw. Leitungsqualitäten und nur einen begrenzten Geschäftssinn, was durch die Tatsache bekräftigt wird, dass über 90 % der größeren privatwirtschaftlichen Unternehmen in Kambodscha von den wesentlich geschäftstüchtigeren Chinesen geleitet werden [Kalinna (2002)]. Hierbei ist von Bedeutung, dass das Leistungsprinzip bei den Khmer nicht gerade beliebt ist und das notwendige Durchsetzen in einer privaten Firma von vielen kambodschanischen Leitungskräften nur bedingt bewältigt werden kann.

Kompostierungsprojekt

Die sehr spezielle Mentalität der Kambodschaner hat zwangsläufig einen entscheidenden Einfluss auf die Art und Weise der Teamarbeit im Kompostierungsprojekt. Dies betrifft sehr stark das Arbeitsverhältnis zwischen Leitungspersonal und Sortierkräften sowie ganz besonders die Zusammenarbeit der kambodschanischen Projektbetreiber mit den deutschen Verantwortungsträgern und Mitwirkenden (z.B. Studenten) im Kompostierungsprojekt. Grundsätzlich können die oben dargelegten Verhaltensweisen und Umgangsbedingungen in gleicher Weise auch auf die Arbeitstätigkeit im Projekt und der Pilot-KOSA übertragen werden.

4.6.5 Arbeitszeitregelungen

Regelarbeitszeiten

In Kambodscha gibt es zwar ein Arbeitsrecht in dem u.a. auch gesetzliche Arbeitszeitregelungen zu finden sind, aber in der Praxis hat dieses Gesetz kaum eine Bedeutung. Die Arbeitszeiten werden zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer individuell vereinbart, wobei besonders in der Privatwirtschaft der Arbeitnehmer lediglich in Ausnahmefällen ein Mitbestimmungsrecht geltend machen kann.

Die verbindlichen Regelarbeitszeiten in den einzelnen Beschäftigungsverhältnissen unterscheiden sich deutlich voneinander, da auch die jeweiligen Gehälter und Leistungsanforderungen stark voneinander abweichen. Für Staatsangestellte ist gewöhnlich die fünf-Tage-Woche mit 40 Arbeitsstunden pro Woche vertraglich festgelegt. Allerdings liegen die tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden je nach Arbeitsstelle oft weit darunter, weil viele der Staatsangestellten aufgrund des unzureichenden Verdienstes einer zweiten Erwerbstätigkeit nachgehen müssen.

In privaten Firmen ist zumeist die sechs-Tage-Woche mit 48 Arbeitsstunden Standard, aber auch die sieben-Tage-Woche keine Seltenheit. Hierbei kommt es häufiger vor, dass die Angestellten aufgrund eines leistungsabhängigen Lohnes freiwillig sieben Tage in der Woche arbeiten, um ihren geringen Verdienst etwas zu steigern. Ähnlich verhält es sich auch bei den zahlreichen Selbständigen und Tagelöhnern, die meist auf einen arbeitsfreien Tag in der Woche verzichten. NGOs orientieren sich häufig an den staatlichen Arbeitszeitregelungen, nur sind hier die vertraglich festgelegten Arbeitszeiten viel stärker bindend und werden genauer kontrolliert.

Feiertage

In Kambodscha gibt es insgesamt 23 gesetzliche Feiertage im Jahr (siehe Tab. 4.8). An diesen Feiertagen haben alle Staatsangestellten arbeitsfrei. Für private Firmen und NGOs sind diese Feiertage nicht verbindlich einzuhalten, werden aber teilweise in die Arbeitsverträge übernommen. Grundsätzlich entscheidet der Arbeitgeber über die Feiertagsregelung in seiner Firma selbst. Eine Arbeitseinschränkung besteht an den Feiertagen nicht, so dass Selbständige (Marktverkäufer etc.) und Tagelöhner oft auch an diesen Tagen ihrer normalen Arbeitstätigkeit nachgehen.

Tabelle 4.8: Gesetzliche Feiertage Kambodscha 2002

01.01	Neujahr	24.09	Tag der Verfassungsgründung
07.01	Tag der Befreiung vom Pol Pot Regime	05.-07.10	Pchum Ben (Buddhistischer Feiertag)
08.03	Internationaler Frauentag	23.10	Tag des Friedensabkommens von Paris 1993
14.-16.04	Khmer Neujahr		
30.04	Ploughing Ceremonie (Buddhistischer Feiertag)	30.10-01.11	Geburtstag König
01.05	Internationaler Gewerkschaftstag	09.11	Unabhängigkeitstag
01.06	Internationaler Kindertag	18.-20.11	Wasserfest
18.06	Geburtstag Königin	10.12	Tag der Menschenrechte

Urlaubsregelung

Ähnlich wie bei den Regelarbeitszeiten und den Feiertagen, gibt es auch für die Anzahl der jährlichen Urlaubstage in Kambodscha keine einheitlichen Regelungen. Staatsangestellte haben gewöhnlich Anspruch auf 15 Tage Urlaub im Jahr. In Addition mit den Feiertagen kommen Staatsangestellte jährlich auf 48 freie Wochentage. Bei den NGOs und Firmen ist die Anzahl der jährlichen Urlaubstage abhängig von der jeweiligen Feiertagsregelung. Im Allgemeinen liegt die Anzahl der freien Tage (Urlaubs- + Feiertage) pro Jahr etwa in der selben Größenordnung wie bei den Staatsangestellten.

Kompostierungsprojekt

Die allgemein gängige Praxis in Kambodscha bezüglich der Arbeitszeitregelungen bedeutet für das Kompostierungsprojekt, dass bei der Festlegung der Arbeitszeiten auf der KOSA keine gesetzlichen Bestimmungen beachtet werden müssen. Sowohl die Regelarbeitszeiten als auch die jährliche Anzahl der Urlaubs- und Feiertage können eigenverantwortlich projektintern vereinbart werden. Um den landestypischen Kontext zu wahren und dennoch sozialverträgliche Regelungen zu treffen, sollte sich die Projektleitung vorzugsweise an den Festlegungen ähnlich ausgerichteter NGOs orientieren, da diese als Vergleichsmaßstab am besten geeignet scheinen.

4.6.6 Transportkosten und Kraftstoffpreise

Die Transportpreise sind abhängig von der Transportmenge (Fahrzeugtyp) und -entfernung sowie von der Straßenqualität der Transportstrecke und dem gewählten Transportunternehmen (siehe Tab. 4.9). Auch die logistische Wahl der Transportstrecke kann einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Höhe der

Transportkosten haben, da es in Phnom Penh üblich ist, dass die Polizei an der Strasse eine Art Wegezoll auf alle beladenen Transportfahrzeuge erhebt. Im Einzelnen beträgt dieser Wegezoll je nach Fahrzeugtyp lediglich 500 bis 2.000 Riel, allerdings kann besonders beim Befahren der Hauptverkehrsstrassen des öfteren eine solche Abgabe fällig werden. Das Verlangen solch eines Wegezolls entbehrt jeglicher gesetzlicher Grundlage, wird aber dennoch bezahlt, da der gewöhnliche Kambodschaner bei einem Konflikt mit der Polizei meistens den kürzeren ziehen würde.

Tabelle 4.9: Transportpreise in Phnom Penh 2001/2002

Fahrzeug	Menge [m ³]	Grundpreis*		Entfernungszuschlag* je 10 km in [US\$]	Zuschlag für schlechte Straßen* je 10 km in [US\$]
		[US\$]	[US\$/ m ³]**		
Moped mit Anhänger	bis 1,0	3,0 - 4,0	3,0 - 4,0	1,0 - 2,0	0 - 2,0
Transporter	bis 2,5	8,0 - 10,0	3,2 - 4,0	4,0 - 5,0	2,0 - 4,0
LKW	bis 5,0	20 - 25	4,0 - 5,0	8,0 - 10,0	2,5 - 5,0
LKW (groß)	bis 8,0	25 - 30	3,1 - 3,8	14,0 - 16,0	4,0 - 6,0

*Transportpreise inklusive Fahrer

** bei Vollbeladung

Aus den in Tab. 4.9 angegebenen Transportpreisen wird deutlich, dass die Transportkosten im Vergleich zu sonstigen Auftragsleistungen in Kambodscha verhältnismäßig hoch sind und einen wesentlichen Betriebskostenfaktor darstellen können. Hieraus folgt, dass in der Regel die anfallenden Lieferkosten auf den Warenverkaufspreis aufgeschlagen werden müssen, wodurch wiederum lediglich Verbraucher im Einzugsgebiet von Phnom Penh (bis max. 50 km Lieferentfernung) als potentielle Kunden der KOSA in Frage kommen können. Zudem bestimmen die Transportpreise entscheidend die Höhe der Betriebskostenaufwendungen für das zur Mietenbewässerung benötigte Wasser auf der KOSA (siehe Kap. 5.5.2).

Kraftstoffpreise in Phnom Penh (März 2002)

- Normal Benzin: 0,48 – 0,52 US\$
- Super Benzin: 0,54 – 0,56 US\$
- Diesel: 0,36 – 0,38 US\$

Kompostierungsprojekt

Kleinere Kompost-Mengen (bis 300 kg) können mit dem Privat-PKW des Sachgebietsleiters für Vermarktung, zu den oben angegebenen Kraftstoffpreisen und damit wesentlich kostengünstiger, ausgefahren werden. Im Hinblick auf die angestrebte Weiterführung und Erweiterung der KOSA stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob sich die Anschaffung eines projekteigenen Lieferfahrzeuges positiv auf den Verbraucherendpreis des Kompostes auswirken würde (siehe hierzu Kap. 6).

Das gesamte Areal der Deponie Stung Mean Chey und somit auch der Standort der Pilot-Kompostierungsanlage ist bisher nicht an das öffentliche Stromversorgungsnetz der Stadt Phnom Penh angeschlossen. Ob und wann der Stromanschluss reali-

siert wird kann gegenwärtig nicht beurteilt werden, so dass auf der KOSA bis auf weiteres ausschließlich kraftstoffbetriebene Aggregate eingesetzt werden können. Aufgrund der unterschiedlichen Kraftstoffpreise kommen vorzugsweise Dieselmotoren hierfür in Frage. Bislang werden ein Generator und ein Shredder, beide mit Diesel betrieben, auf der KOSA eingesetzt. Der Kraftstoffverbrauch der genutzten Maschinen und somit die Kraftstoffpreise haben auch in dieser Beziehung einen direkten Einfluss auf die Betriebskosten der KOSA (siehe Kap. 6.2).

4.7 Spezifische Standortbedingungen der KOSA

4.7.1 Diebstahlgefahr

Der Stadtteil Stung Mean Chey und besonders die unmittelbare Umgebung der Deponie haben bei der Bevölkerung Phnom Penhs einen sehr schlechten Ruf hinsichtlich der Kriminalitätsrate und der Diebstahlshäufigkeit. Deshalb wird dieses Gebiet bei Dunkelheit vom Großteil der Stadtbevölkerung strikt gemieden und von Mopedtaxifahren nur äußerst ungern angefahren. Im wesentlichen kann die Einstellung der Bevölkerung wohl auf die weltweit sehr verbreitete Auffassung zurückgeführt werden, dass in den sozial und wirtschaftlich am schlechtesten gestellten Regionen auch die meisten Kriminellen leben. Inwieweit dies im Stadtteil Stung Mean Chey der Realität entspricht und die Vorurteile gerechtfertigt sind bzw. sich die Verhältnisse in Stung Mean Chey von anderen Stadtteilen unterscheiden, kann vom Autor nur unzureichend eingeschätzt werden.

Kompostierungsprojekt

Der Autor machte während seiner halbjährigen Tätigkeit auf der KOSA diesbezüglich, persönlich keine schlechten Erfahrungen und fühlte sich auch in den frühen Abendstunden in Stung Mean Chey nicht von Kriminellen bedroht. Allerdings berichtete der Sortierer, welcher für die Bewachung der KOSA zuständig ist, dass in der Nacht schon mehrfach Personen auf dem Gelände der KOSA waren und offensichtlich versuchten u.a. den Motor der Siebmaschine zu entwenden. Infolge der Anschaffung wertvoller Maschinenteknik auf der KOSA, ist der Diebstahlanreiz und die Risikobereitschaft potentieller Diebe deutlich angestiegen. Aufgrund dessen werden zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen der KOSA erforderlich, um die Aufrechterhaltung des normalen Anlagenbetriebes zu gewährleisten und möglichen Verbrechensdelikten vorbeugen zu können.

4.7.2 Emissionen und Immissionen

Der Standort der KOSA auf dem Deponiegelände ist hinsichtlich möglicher Immissionsbeeinträchtigungen der Nachbarschaft als sehr günstig zu bewerten. Sämtliche Emissionspfade, welche von der KOSA ausgehen könnten, sind im Verhältnis zu den beträchtlichen Emissionen, die dauerhaft auf der Deponie entstehen, vernachlässigbar. Allerdings hängt die Akzeptanz der Kompostierungsanlage in der Bevölkerung sehr stark von ihren Außenwirkungen ab und hierbei kommt der direkt angrenzenden Schule eine übergeordnete Bedeutung zu.

Nach welchen grundlegenden Kriterien die staatlichen Umweltbehörden in Kambodscha die Gewichtigkeit emissionsbedingter Beeinträchtigungen der Umwelt bewerten und die daraus folgenden Handlungsweisen festlegen, ist für Außenstehende schwer nachvollziehbar. Der Autor konnte auch nach mehreren Anläufen im Umweltministerium keine geltenden Emissions- und Immissionsschutzbestimmungen für Kambodscha in Erfahrung bringen. Ob gegenwärtig in Kambodscha diesbezüglich gesetzlich festgelegte Grenzwertnormen mit unterschiedlichen Geltungsbereichen als Entscheidungs- und Handlungsgrundlage dienen oder vielmehr situationsabhängige Einzelfallbewertungen erfolgen, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

Bei einer genaueren Betrachtung der gegenwärtig herrschenden Umweltzustände in Kambodscha drängt sich die Vermutung auf, dass die Umweltbehörden stark voneinander abweichende Maßstäbe bei der Beurteilung von emissionsbedingten Beeinträchtigungen der Umwelt anlegen. Einerseits werden offensichtliche gravierende Umweltvergehen und Emissionspfade mit einem erheblichen Gefährdungspotential für die Bevölkerung von den Behörden scheinbar nicht zur Kenntnis genommen oder zumindest nicht sanktioniert. Andererseits muss sich beispielsweise das Kompostierungsprojekt von NIP, aufgrund von störenden Geruchsemissionen, mit erheblichen Schwierigkeiten und Auflagen der Umweltbehörden auseinandersetzen. Die Kompostierungsanlage von NIP befindet sich in mitten von Wohngebäuden und grenzt zudem unmittelbar an eine Schule, welche vornehmlich den Grund für die aufgetretenen Komplikationen darstellt.

Anscheinend wird dem Schutz des Schulbetriebes von den Behörden, hinsichtlich den Unterricht beeinträchtigender Immissionen, ein hoher Stellenwert beigemessen. Dies sollte bei der Betriebsführung der Pilot-Kompostierungsanlage, in anbetracht der dort angrenzenden Schule, entscheidend berücksichtigt und diesbezügliche Komplikationen mit staatlichen Behörden in jedem Fall vermieden werden. Allerdings sind die Geruchsbelästigungen die von der Boxenkompostierungsanlage von NIP ausgehen, aufgrund der eigenwilligen Methoden des Boxenbaus bzw. der mangelnden Sauerstoffversorgung, viel höher als dies bei der offenen Mietenkompostierung im Pilotprojekt der Fall ist.

Kompostierungsprojekt

Durch geeignete Betriebsanordnungen und Verfahrensabläufe sollte sichergestellt werden, dass der Unterricht in der angrenzenden Schule von Emissionen der KOSA nicht störend beeinflusst wird. In diesem Zusammenhang sollten insbesondere störende Geruchs- und andauernde Lärmbelästigungen vermieden werden. Da die diesbezüglichen Toleranzgrenzen der Bevölkerung in Kambodscha und besonders der Anwohner der Deponie wesentlich höher liegen, als z.B. in Deutschland, beeinträchtigen diese Forderungen den normalen Betriebsablauf der KOSA kaum und sind im wesentlichen durch sorgfältige Handlungsweise und der konsequenten Einhaltung der Betriebsanweisungen zu erfüllen (siehe Betriebshandbuch, Anhang C).

Die sehr geringen Mengen Sickerwasser, welche auf der KOSA anfallen, müssen nicht weiter betrachtet werden, da dieses Sickerwasser zusammen mit dem Sickerwasser des Deponiekörpers in offenen Gräben abfließt und dabei mengenmäßig

sowie hinsichtlich des Gefährdungspotentials nicht relevant ist. Auch die geringfügigen, sporadisch auftretenden Staubemissionen der KOSA können, aufgrund der beträchtlichen vorherrschenden Luftverschmutzung durch Deponiebrände und den stetigen Fahrzeugverkehr auf der unbefestigten Deponiestrasse, grundsätzlich vernachlässigt werden. Von den Sickerwasser- und Staubemissionen der KOSA wird der Schulunterricht in keiner Weise beeinflusst bzw. gehen keine nachteiligen Außenwirkungen aus, so dass diesbezüglich kein akuter Handlungsbedarf besteht.

4.8 Staatliche Auflagen und Anforderungen bei der Überführung des Pilotprojektes in die Betriebsphase

4.8.1 Gründung und Betrieb einer privatwirtschaftlichen Firma

Die Angaben in diesem Kapitel wurden vom Autor durch zahlreiche Gespräche mit Personen aus der Privatwirtschaft und dem Ministry of Commerce (Chhourn Bunna) zusammengetragen. Besonders hilfreich in diesem Zusammenhang waren die detaillierten Informationen von Marco Kalinna (COSMOS Trading & Services) sowie die Diskussion beim 2. Wirtschaftstreffen Deutscher Unternehmer in Kambodscha, das von der Deutschen Botschaft ausgerichtet wurde.

Der Antrag zur Gründung einer privatwirtschaftlichen Firma im Königreich Kambodscha ist beim Ministry of Commerce zu stellen. Dabei sind ca. 20 - 25 Formulare in 5-facher Ausführung auszufüllen und zu unterschreiben. Die Formular-Vordrucke sind allerdings ausschließlich in Khmer verfasst, was für Ausländer, welche die Khmer -Schriftsprache nicht beherrschen, eine gewisse Schwierigkeit darstellen kann. Auch unabhängig hiervon, empfiehlt es sich für Ausländer bei einer Firmengründung in Kambodscha in jedem Falle mit mindestens einem einheimischen Kambodschaner oder einer lokal ansässigen Beraterfirma eng zusammen zu arbeiten, da diese evtl. auftretende Komplikationen im praktischen Umgang mit den Behörden wesentlich einfacher bereinigen können.

Es gibt einige in Phnom Penh registrierte Beraterfirmen, die bei einer Firmengründung behilflich sein können. Die Marktführer in dieser Branche sind gegenwärtig KPMG und Ernst & Young. Die Leistungen der Beraterfirmen umfassen den Vollservice bei der Firmengründung, wodurch sich der Arbeits- und Zeitaufwand für den Firmengründer minimiert. Allerdings erhöhen sich, bei Inanspruchnahme einer solchen Beraterfirma, die Kosten für eine Firmengründung doch erheblich [Kalinna (2002); Bunna (2002)].

Vorraussetzungen:

- der Geschäftsführer der Firma (bei mehreren mindestens einer) muss mit Hauptwohnsitz in Kambodscha gemeldet sein
- die Firma hat einen eigenen, von keiner anderen Firma gebrauchten Firmennamen, einen Firmensitz und ein Firmenkonto anzugeben
- auf das Firmenkonto sind vor dem Antragsverfahren 5.000 US\$, als einmalige Einlage einzuzahlen (ähnlich einer GmbH in Deutschland), der Einzahlungsbeleg ist dem Ministerium vorzulegen (nach der Firmenregistrierung kann die Einlage allerdings ohne Probleme wieder abgehoben werden) [Kalinna (2002)].

Anfallende Kosten bei der Firmengründung

Wird die Firmengründung über eine Beraterfirma durchgeführt, betragen die Gesamtkosten hierfür ca. 3.000 US\$ (inkl. aller Kostenpositionen). Ohne die Arbeitsleistung einer Beraterfirma in Anspruch zu nehmen werden folgende Kosten fällig:

1) Eintragung der Firma ins Firmenregister	1.000,- US\$
2) VAT (Value Added Tax)-Nummer (Mehrwertsteuer-Registrierung)	150,- US\$
3) Patent-Tax (Gewerbeerlaubnis)	400,- US\$
4) Übersetzung aller Formulare ins Englische	80,- US\$
5) Offizieller Firmenstempel	<u>30,- US\$</u>
Summe:	1.660,- US\$

[Kalinna (2002); Bunna (2002)].

Registrierung

Die Registrierung einer Firma geht in Kambodscha überraschenderweise verhältnismäßig schnell vonstatten. Nach der korrekten Antragstellung und dem Einreichen aller notwendigen Dokumente, Belege bzw. Unterlagen, ist die Firma im Regelfall nach 2 bis 3 Wochen registriert und im Firmenregister der Handelskammer eingetragen. Das neu gegründete Unternehmen bekommt vom Ministry of Commerce einen offiziellen Firmenstempel ausgehändigt.

Außerdem werden dem Unternehmen durch das Ministry of Commerce drei Lizenzurkunden (Firmenregistrierung, Gewerbeerlaubnis, Mehrwertsteuerregistrierung) verliehen, die gut sichtbar im Hauptgebäude der Firma aufzuhängen sind.

Bei der Registrierung ist das Unternehmen zumindest formell in Anteile zu splitten und unter den Geschäftsführern aufzuteilen. Die gängige Praxis (gesetzliche Mindestanforderung) für kleine bis mittlere Unternehmen mit zwei Geschäftsführern ist eine Splittung in 2.000 Anteile zu je 1.000 Riel (formeller Firmenwert etwa 500 US\$), von denen jeder Geschäftsführer 1.000 Anteile hält [Kalinna (2002); Bunna (2002)].

Folgekosten und Auflagen für eine Firma von staatlicher Seite

- 1) Patent-Tax (jährlich) 400,- US\$
- 2) Umsatz- oder Gewinnsteuer (jährlich)
 - Umsatzsteuer 1%
 - Gewinnsteuer 20-30% (hängt von der Höhe des erzielten Gewinns ab)
Der Unternehmer kann selber wählen, ob er Umsatz- oder Gewinnsteuer bezahlen möchte.
- 3) VAT (Mehrwertsteuer) 10%, landwirtschaftliche Produkte 5%
 - Jeglicher In- und Output der Firma ist VAT pflichtig.
- 4) Salary-Tax (jährliche Gehaltssteuer für jeden Angestellten) ab 90 US\$
 - (richtet sich nach dem Gehalt der Angestellten)
- 5) Steuererklärung am Jahresende, wenn Fremdleistung ca. 300 US\$
 - Die Firma Netprofit bietet an, die etwa 25 Seiten umfassende Steuererklärung für den genannten Preis auszuführen.

- Das Unternehmen kann die Steuererklärung auch selbst anfertigen, doch sind die Vorschriften und die Gesetzeslage sehr kompliziert, so dass daraus leicht ein Nachteil für das Unternehmen resultieren könnte.

6) Die Buchführung des Unternehmens ist monatlich beim Ministry of Commerce vorzulegen.

[Kalinna (2002); Bunna (2002)]

Probleme ausländischer Unternehmen in Kambodscha mit der VAT

Viele ausländische Unternehmer sehen einen erheblichen Wettbewerbsnachteil für ihr Unternehmen in Kambodscha darin, dass eine große Anzahl einheimischer Unternehmen nicht VAT registriert ist und folglich auch keine VAT an das Königreich Kambodscha abführen muss. Daraus resultiert, dass einheimische, nicht VAT registrierte Unternehmen ihre Produkte um 10% günstiger auf dem Markt anbieten können als ausländische Firmen, für die eine VAT-Registrierung nicht zu umgehen ist. Sobald eine Firma VAT registriert ist, wird sie vom VAT-Department diesbezüglich auch überwacht und regelmäßig kontrolliert.

[Wirtschaftstreffen deutscher Unternehmer (2001)].

4.8.2 Gründung einer Nicht-Regierungs-Organisation (NGO)

Dieses Kapitel wurde größtenteils auf Grundlage von Gesprächen mit Ms. C. Strickler (Cooperations Committee for Cambodia) und Yem Sotheary (Ministry of Interior) erarbeitet.

In Kambodscha sind zwei Arten von Non Government Organizations (NGO) anzutreffen, die Internationalen- und die Nationalen NGOs. Die wesentlichsten Unterschiede dieser beiden Organisationstypen bestehen in der Organisationsstruktur, den Gründungsvoraussetzungen und –formalitäten sowie nicht selten im zur Verfügung stehendem Budget. Sowohl die nationalen als auch die internationalen NGOs sind in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens aktiv und haben einen nicht profitablen Charakter. Diese Organisationen arbeiten nicht gewinnorientiert, evtl. erzielte Überschüsse müssen wieder nach dem Kreislaufprinzip in die internen Förderprogramme zurückfließen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind in Kambodscha 514 Internationale- und 3.523 Nationale NGOs registriert.

Internationale NGO (INGO)

Die Grundvoraussetzung für die Gründung bzw. Registrierung eines INGOs in Kambodscha ist die Arbeit einer nicht staatlichen Dachorganisation im Ausland. Eine solche international tätige Organisation kann sich problemlos auch in Kambodscha registrieren lassen und nahezu ohne staatlich Auflagen sofort mit Hilfs- bzw. Förderprogrammen oder ähnlichem beginnen. INGOs haben sich beim Ministry of Foreign Affairs anzumelden und werden bei den jeweiligen Ministerien registriert, in deren Zuständigkeit die geplanten Programmschwerpunkte bzw. Haupttätigkeitsbereiche fallen. In der Regel arbeiten INGOs viel stärker mit den kambodschanischen Ministerien zusammen als Nationale NGOs, wobei für INGOs die Möglichkeit besteht, auch die nationale Leitungsebene ausschließlich mit Ausländern zu besetzen [Strickler (2002); Sotheary (2002)].

Nationale NGO (NNGO)

Die zuständige Behörde für die Registrierung eines NNGOs in Kambodscha ist das Ministry of Interior. Hier ist zum vollständig ausgefüllten Zulassungsantrag ein detailliertes Organisationskonzept einzureichen. Dieses Konzept sollte mindestens 5 Seiten umfassen und in etwa folgenden Inhalt haben:

- a) Allgemeines
 - Name der Organisation
 - Adresse (postalisch, Telefon, FAX, e-mail)
 - Logo
- b) kurze Beschreibung der Organisation und ihrer Ziele
 - Gründungsjahr
 - Ziele und Zielgruppen
 - Finanzierungsmodell
 - Anbindung an andere Organisationen bzw. Behörden
 - evtl. Tätigkeitsbericht der letzten Jahre
- c) Organisationsstruktur
 - Vorstand
 - Personal bzw. Angestellte
 - Mitgliedschaft
 - Buchhaltung und Abrechnung

Die Registrierung eines NNGOs in Kambodscha ist offiziell kostenfrei und dauert gewöhnlich 1 bis 3 Monate. Allerdings sollten für eine zügige Registrierung etwa 100 US\$ Bearbeitungsgebühr (Bestechungsgeld) einkalkuliert werden [Strickler (2002); Sotheary (2002)].

Staatliche Anforderungen an ein NNGO

Zumindest formell müssen drei oder mehr Kambodschaner in der Leitungsebene des NNGOs beschäftigt sein. Außerdem verlangt das Ministry of Interior jährlich einen Tätigkeits- und Finanzbericht vom Vorstand. Ein Mindest-Finanzvolumen o.ä. wird vom Ministerium nicht vorgeschrieben. Auch die VAT-Registrierung für NNGOs ist gegenwärtig nicht gefordert, wodurch in der Praxis keine VAT- Zahlungspflicht für NNGOs besteht. Allein die jährliche Gehaltssteuer (Salary-TAX) für jeden Angestellten muss vom NNGO an den Staat abgeführt werden. Die Höhe der Steuer ist gehaltsabhängig und liegt etwa bei 3% des Jahresgehaltes [Strickler (2002); Sotheary (2002)].

4.8.3 Handlungsbedarf und projektbezogene Einschätzung

Während der halbjährigen Tätigkeit des Autors im Pilot-Kompostierungsprojekt Stung Mean Chey in Phnom Penh wurde die dringliche Notwendigkeit der Überführung des Projektes in eine neue Gesellschaftsform wiederholt offensichtlich. Bei nahezu jeglicher projektbezogener Kontaktaufnahme war zu bemerken, dass sich die kambodschanischen Behörden, Organisationen, Firmen und Privatpersonen nichts unter der gegenwärtigen Bezeichnung " Pilot-Kompostierungsprojekt Stung Mean Chey" vorstellen konnten und ein Förderprojekt als Gesellschaftsform nicht kannten. Aufgrund dessen wurde vorerst meist mit Skepsis auf unsere Anliegen reagiert und

das Pilot-Projekt nicht in jeder Hinsicht als vollwertiger Verhandlungspartner akzeptiert. Zudem ist für einen langfristigen, rechtlich gesicherten Betrieb der Kompostierungsanlage eine juristisch definierte und anerkannte Gesellschaftsform für das Projekt unumgänglich.

Mit der Überführung des Projektes in die Betriebsphase und der daraus resultierenden, zunehmenden Kompostvermarktung wird der Handlungsbedarf, bezüglich der Umstrukturierung immer dringlicher. Einerseits können sich aus dem Kompostverkauf steuerrechtliche Konsequenzen ergeben und andererseits verspricht eine anerkannte Gesellschaftsform wesentlich bessere Vermarktungschancen.

Beim Verhandlungsgespräch im März 2002 zwischen Trac Thai Sieng (Vize-Gouverneur von Phnom Penh), Olaf Schmidt (ISA GmbH) und den drei kambodschanischen Führungskräften wurde für das Pilotprojekt eine mündliche Zusage erwirkt, welche den steuerfreien Kompostverkauf bis zu einem Gesamtumsatz von 2.000 US\$ gestattet. Nichtsdestotrotz sollte die Überführung des Kompostierungsprojektes in eine neue Gesellschaftsform hohe Priorität besitzen und sobald es die finanziellen Möglichkeiten des Projektes zulassen realisiert werden. Im folgenden werden die einzelnen vorgestellten Varianten kurz projektbezogen bewertet:

Privatwirtschaftliche Firma

Das Betreiben einer privaten Kompostierungsfirma in Kambodscha ist unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen für die Geschäftsinhaber als problematisch und risikoreich einzuschätzen. Zwar sind die Gründungsformalitäten und Betriebsanforderungen von staatlicher Seite aus eindeutig reglementiert und annehmbar, jedoch lassen sich die zukünftigen Verhaltensweisen der einflussbesitzenden Behörden, Unternehmen und Organisationen (z.B. PPWM, PSBK, NGOs,) beim Umgang mit einer Kompostierungsfirma kaum prognostizieren.

Eine Firma ist eine privatwirtschaftliche, gewinnorientierte Gesellschaftsform und wird von Außenstehenden als solche behandelt. Aufgrund dessen könnten für eine Kompostierungsfirma in Kambodscha möglicherweise erhebliche zusätzliche Kosten entstehen, da die vorhandenen, unentgeltlichen Unterstützungen und Hilfeleistungen von Behörden und Organisationen gegebenenfalls eingestellt bzw. kostenintensiv werden. In diesem Zusammenhang würden wahrscheinlich, u.a. die kostenfreie Nutzung der Anlagenfläche, die unentgeltliche Anlieferung der Marktabfälle und die gebührenfreie Zusammenarbeit mit verschiedenen NGOs, zur Diskussion stehen.

In Verbindung mit den jährlich anfallenden Firmenkosten (z.B. Tax, Steuern) und der bestehenden VAT-Pflicht, scheint gegenwärtig die Existenzfähigkeit einer Kompostierungsfirma, ohne einen gesicherten Kompostabsatzmarkt, zumindest fraglich. Eine Firmengründung sollte daher sehr sorgfältig überdacht und vorher unbedingt eine langfristige Einnahme-Kosten-Kalkulation erstellt werden.

Nationales NGO

Nach Meinung des Autors, stellt die Gründung eines nationalen NGOs für das Pilot-Kompostierungsprojekt momentan die beste Alternative dar. Einerseits bliebe der Entwicklungshilfestatus des Projektes vollständig erhalten und würde weiter gefestigt

sowie erheblich mehr akzeptiert, wodurch eine Zusammenarbeit mit Hilfsorganisationen erleichtert und weiterhin mit der Unterstützung von staatlichen Behörden gerechnet werden könnte. Zudem wären hierdurch die Vermarktungschancen für den Kompost im Privatkundenbereich erheblich höher einzuschätzen, da NGOs über eine hohe Akzeptanz und relativ viel Vertrauen in der Bevölkerung verfügen.

Andererseits können die Gründungsformalitäten ohne großen Aufwand bewältigt und die Anforderungen an ein NGO problemlos erfüllt werden. Die bisherige Kostenstruktur bliebe nahezu unverändert, wobei besonders die nicht geforderten VAT-Abgaben von großer Bedeutung für den Kompostverkaufspreis sind.

Außerdem würde die NGO-Gründung die aussichtsreiche Möglichkeit eröffnen, zusätzliche Fördermittel für das Kompostierungsprojekt, bei ausländischen Regierungen und Regierungsbündnissen bzw. Förderprogrammen, zu beantragen und bewilligt zu bekommen.

Sollte sich eine beabsichtigte NGO-Gründung ungewollt verzögern, könnte als Übergangslösung eine Eingetragene Vereinigung (Association) gegründet werden. Der Status einer Association ist ähnlich dem eines NGOs, allerdings sind die Befugnisse nicht so weitreichend und die Akzeptanz in der Bevölkerung geringer. Dafür sind die Gründungsformalitäten unbürokratischer und die Zulassung erfolgt unverzüglich am selben Tag.

Internationales NGO

Aufgrund der fehlenden Anbindung an eine international tätige, nicht staatliche Dachorganisation kommt es für das Pilot-Kompostierungsprojekt Stung Mean Chey gegenwärtig nicht in Frage, ein internationales NGO in Kambodscha zu gründen. Die grundlegende Gründungsvoraussetzung hierfür kann vom Kompostierungsprojekt nicht erfüllt werden.

4.9 Landwirtschaft und Rahmenbedingungen für die Kompostvermarktung

4.9.1 Landwirtschaftliche Grundlagen und Übersicht

In Kambodscha ist die Landwirtschaft mit einem Anteil von ca. 50 % am Bruttoinlandsprodukt der wichtigste Wirtschaftssektor. Mehr als 80 % aller Erwerbstätigen arbeiten in diesem Bereich. Das Grundnahrungsmittel Reis hat einen Anteil von ca. 90 % an der gesamten Nahrungsmittelproduktion.

Nach Koma (1999) wurden 1998 in Kambodscha 2,20 Millionen Hektar Land bewirtschaftet, wovon 2,17 Millionen Hektar für den Reisanbau sowie 29.000 Hektar für den Getreide- und Gemüseanbau genutzt wurden. Die Reisanbauflächen lassen sich in Nassreis- (1,76 Mill. ha), Schwimmreis- (90.000 ha) und Trockenreisgebiete (317.000 ha) unterteilen. Aufgrund der meist mangelhaften und oftmals gar nicht vorhandenen Bewässerungssysteme ist auf nahezu allen Anbauflächen Kambodschas nur eine Reisernte jährlich möglich.

Die traditionellen Reisanbautechniken sind sehr stark den klimatischen Verhältnissen unterworfen und deshalb extrem anfällig für wetterbedingte Unregelmäßigkeiten. In den letzten Jahren wurden die Reisbauern besonders durch die gewaltigen Über-

schwemmungen der großen Flüsse, lange Dürreperioden in der Trockenzeit und das 3 bis 4 wochenlange Ausbleiben von Niederschlagsereignissen während der Regenzeit vor unlösbare Probleme gestellt. White (2001) schätzte, dass deswegen in den vergangenen drei Jahren etwa 12 bis 15 % der Reisanbauflächen gar nicht oder nur unzureichend bewirtschaftet werden konnten. Zudem ist ein stetiger Rückgang der natürlichen Bodenfruchtbarkeit in weiten Teilen des Landes unverkennbar. Dies alles hatte zur Folge, dass der mittlere Reisertrag von ehemals 2,4 Mg/ha (1960) allmählich auf derzeitige 2,0 Mg/ha gesunken ist. Im Vergleich hierzu erzielen die Nachbarländer wesentlich höhere Erträge {Indonesien (4,6 Mg/ha), Vietnam (4,1 Mg/ha) und Malaysia (3,4 Mg/ha)}. [White (2001)]

Die ökonomische Entwicklung der ländlichen Gebiete hängt entscheidend von einer höheren Reisproduktion und einer nachhaltigen Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität ab. Cointreau-Levine (1996) gab für 1995 die durchschnittlichen Einkünfte aus dem Reisanbau in Kambodscha mit 270 US\$/ha an. Ansteigende Reisimportmengen, vor allem aus Vietnam, verursachten ein Absinken der Reisankaufpreise auf gegenwärtig äußerst niedrige 300 Riel/kg, womit auch die durchschnittlichen Einnahmen der Bauern momentan lediglich bei 150 bis 160 US\$/ha liegen dürften. Nach Aussagen von CEDAC (2001a) benötigen die Reisbauern zur Existenzsicherung ihrer Familien jedoch mindestens einen Erlös von 400 Riel/kg Reis, wodurch die sehr schwierige Situation der Reisbauern verdeutlicht wird.

Dagegen sind die mittleren Einnahmen aus dem Gemüseanbau, die Cointreau-Levine (1996) auf ca. 9.000 US\$/ha kalkulierte, als bemerkenswert hoch einzuschätzen. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass ein einträglicher Gemüseanbau wesentlich fruchtbarere Böden als der Reisanbau und vor allem einen kontinuierlichen Absatzmarkt erfordert.

Den größten Absatzmarkt für frisches Gemüse in Kambodscha stellt die Hauptstadt Phnom Penh dar. Im Süd- und Nordosten der Stadt, im Überschwemmungsgebiet der großen Flüsse Mekong, Bassac und Tonle Sap, befindet sich auch das Hauptgemüseanbauggebiet Kambodschas. Hier ist der nährstoffreichste Boden im Großraum Phnom Penh zu finden und die geringe Entfernung zu den Märkten der Stadt von entscheidendem Vorteil, da so die Produkte frisch die Märkte erreichen und die Transportkosten im Vergleich zu den weiter entfernt lebenden Bauern wesentlich geringer ausfallen. Hauptsächlich werden Blattgemüse (z.B. Grünkohl), Bohnenarten, Tomaten und verschiedene Gurkenarten (z.B. Wachsgurke) angebaut. Die Reisanbaugebiete Phnom Penhs befinden sich im Norden, Westen und Süden der Stadt entlang der Nationalstrassen 2,3 und 4, spielen aber im gesamt kambodschanischen Maßstab nur eine untergeordnete Rolle.

4.9.2 Organisation und Projekte der Landwirtschaft

Die Suche nach Möglichkeiten, den produzierten Kompost in Großversuchen zu testen und einen dauerhaften Absatzmarkt zu erschließen, war von Beginn an ein integraler Bestandteil des Pilotprojektes Kompostierungsanlage Stung Mean Chey. In diesem Zusammenhang wurden von den beiden Weimarer Studenten D. Laux und J. Stäudel während ihrer Arbeit in Phnom Penh von Oktober 2000 bis April 2001

schon einige Kontakte zu verschiedene Organisationen hergestellt. Da sich das Pilotprojekt während dieser Zeit erst in der Aufbau- bzw. Anlaufphase befand und noch keine nennenswerten Mengen Fertigkompost zur Verfügung standen, konnten die beiden Studenten ausschließlich Vorgespräche führen und noch nicht mit einer praktischen Zusammenarbeit beginnen.

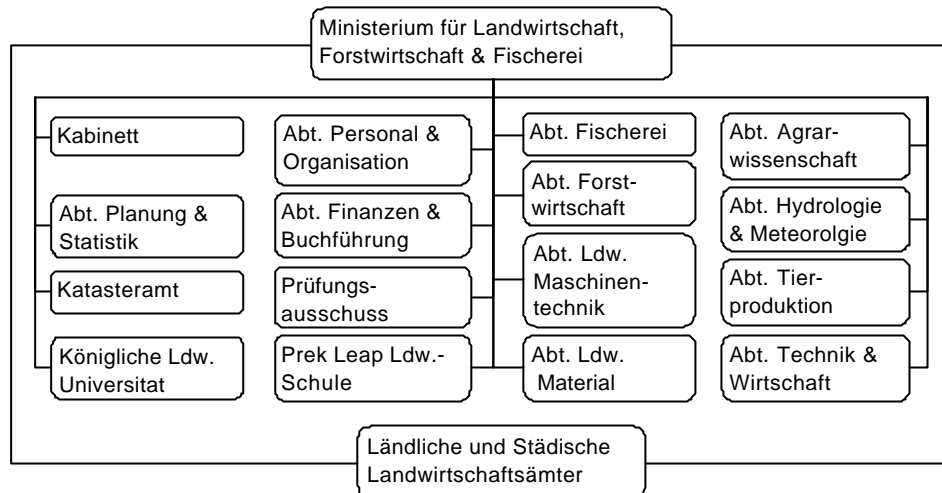
Da andere Aufgabenbereiche im Vordergrund der Aktivitäten standen, wurde die Kontaktpflege in der Folgezeit von den kambodschanischen Führungskräften etwas vernachlässigt, so dass bis zum Oktober 2001 keine Fortschritte in diesem Arbeitsbereich erzielt wurden. Im Gegenteil, einige der bereits kontaktierten Organisationen zeigten sich bei der neuerlichen Kontaktaufnahme durch Carmen Schenderlein und den Autor im Oktober 2001 enttäuscht über den unvermittelten Abbruch der Beziehungen und reagierten vorerst skeptisch auf unsere Anliegen. Dies ist als Versäumnis der kambodschanischen Projektleitung zu werten und sollte in Zukunft bei der Ausrichtung der Projektstätigkeiten wesentlich mehr Beachtung finden.

Der Erfolg des Kompostierungsprojektes ist erheblich vom Einsatz des produzierten Kompostes in der Landwirtschaft abhängig und hierbei sind die Beziehungen zu den landwirtschaftlichen Organisationen und Behörden von entscheidender Bedeutung. Aufgrund dessen stellte die weitere Kontaktsuche und die Intensivierung der bestehenden Beziehungen im landwirtschaftlichen Bereich einen wichtigen Arbeitsschwerpunkt der Projektgruppe um Carmen Schenderlein dar. Es wurden gleichermaßen, Beziehungen mit staatlichen Behörden und nichtstaatlichen Hilfsorganisationen angestrebt.

Im Landwirtschaftsressort Kambodschas arbeiten die staatlichen Landwirtschaftsämter sehr eng mit unterschiedlich ausgerichteten Hilfsorganisationen und -projekten zusammen, wobei der Staat oftmals nur die Verwaltungsstruktur stellt und die nötigen finanziellen Mittel sowie die erforderlichen fachlichen Kenntnisse meistens von den Organisationen eingebracht werden. Da auch das Pilot-Kompostierungsprojekt gegenwärtig nur über ein sehr begrenztes Budget verfügt, ist eine größer angelegte und weitreichendere Zusammenarbeit mit staatlichen Behörden für gewöhnlich allein in Kombination mit Hilfsorganisationen möglich.

In Abbildung 4.4 ist die staatliche Organisationsstruktur der Landwirtschaft mit sämtlichen einflussnehmenden Behörden dargestellt. In Hinblick auf eine anvisierte Zusammenarbeit zwischen Kompostierungsprojekt und Staatsapparat, nimmt die königliche Universität für Landwirtschaft (RUA) eine bedeutende Stellung ein.

Die RUA verfügt offensichtlich über die Möglichkeiten, das nötige Interesse und die erforderliche fachliche Kompetenz, einen wissenschaftlichen Anwendungsversuch des Kompostes gut betreuen zu können (siehe Bild 24, Anhang E).



Ldw. – Landwirtschaft, Abt. - Abteilung

Abbildung 4.4: Schema staatliche Organisationsstruktur der Landwirtschaft
[Koma (1999)]

Die Nichtstaatlichen-Organisationen und Hilfsprojekte nehmen eine äußerst wichtige Funktion in der Landwirtschaft Kambodschas ein und sind mittlerweile für sehr viele Bauern überlebensnotwendig geworden. Bei ihren Recherchen nahm die Arbeitsgruppe mit zahlreichen landwirtschaftlichen Organisationen im Großraum Phnom Penh Kontakt auf, allerdings schienen nur wenige ernsthaft an einer Zusammenarbeit mit dem Pilotkompostierungs-Projekt interessiert. Im Folgenden sind die landwirtschaftlichen Projekte zu denen die erfolgversprechendsten Beziehungen aufgebaut werden konnten vorgestellt und deren Wirkungsbereiche sowie Zielstellungen kurz erläutert.

CARDI (The Cambodian Agricultural Research and Development Institute)

CARDI wurde 1998 in Kooperation von IRRI (International Rice Research Institute), AusAID (Australian Agency for International Development) und dem MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries) gegründet, finanziert und aufgebaut. Seit dem fungiert das Institut halb autonom, das heißt zu 50 % als Einrichtung des MAFF und zu 50 % als Privatunternehmen mit mehreren Beteiligungsinhabern. Die Grundphilosophie von CARDI basiert auf der Verbesserung des Lebensstandards aller Kambodschaner, wobei besonders die Bauern, der ganze Landwirtschaftssektor, Ausbildung und der Technologietransfer im Mittelpunkt der Bemühungen stehen.

Gegenwärtig nimmt CARDI eine überaus bedeutende Stellung im Landwirtschaftsressort Kambodschas ein, da das Institut das wichtigste Bindeglied zwischen staatlichen Behörden und den oben erwähnten Organisationen darstellt sowie über eine enorme Ausstattung, umfangreiche Kenntnisse und das nötige Know-how verfügt. CARDI besitzt unzählige Kontakte in nahezu alle Bereiche der Landwirtschaft und hat eine starke Öffentlichkeitswirkung, da sich viele Bauern, Staatsangestellte und NGO-Mitarbeiter über die Ergebnisse von CARDI informieren. Zudem verfügt das Institut nach bisherigen Erkenntnissen über das einzige Labor in Kambodscha, das

in der Lage ist, chemisch/physikalische Kompostanalysen und Anwendungsversuche auf einem hohen wissenschaftlichem Niveau durchzuführen. [CARDI (2001)]

FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations)

Die FAO ist eine große, internationale Nichtregierungsorganisation der Vereinten Nationen, mit Hauptsitz in Rom. Die Organisation hat sich die weltweite Bekämpfung von Unterernährung und Hunger zur Hauptaufgabe gestellt und ist infolgedessen im Nahrungsmittel- und Landwirtschaftssektor tätig. In Kambodscha arbeitet die FAO sehr eng mit der nationalen NGO "Srer Khmer" zusammen und versucht mit vielseitig angelegten Projekten die Situation der ärmsten Bevölkerungsschichten zu verbessern.

Auf dem Gebiet der Landwirtschaft liegen die Arbeitsschwerpunkte der FAO in Kambodscha bei verschiedenartigen Bildungsprogrammen, lokale Schulungen (den sogenannten "Farmer Field Schools"), fachlicher Anbaubetreuung sowie bei der Bildung und Förderung von Zweckgemeinschaften unter den Bauern. Nach Aussagen eines FAO-Mitarbeiters ist die effektive und sinnvolle Verwendung von Düngemitteln zur Ertragssteigerung ein wesentlicher Bestandteil der Programme, wobei auch der Einsatz und die Erprobung von organischen Düngemitteln von großem Interesse sind. [FAO-Cambodia (2001)]

CEDAC (Centre d'Etude et Développement Agricole Cambodgien)

Ist eine gemeinnützige, kambodschanische Nichtregierungsorganisation, die 1997 gegründet wurde. CEDAC hat zum Ziel landwirtschaftliche Familienbetriebe in ländlichen Gemeinden nachhaltig zu entwickeln und ihre Produktivität zu steigern. Hierbei stehen die aktive Beratung der Bauern, Trainingskurse, Informationsverbreitung sowie der Ausbau des nationalen Netzwerks "Entwicklung der Landwirtschaft, Umwelt und Gesellschaft" im Vordergrund der Programme. In diesem Zusammenhang nimmt der richtige Einsatz von chemischen und organischen Düngemitteln sowie Pestiziden im Reis- und Gemüseanbau eine bedeutende Stellung ein.

Nach eigenen Angaben hat CEDAC bereits diverse Erfahrungen mit der Herstellung und Anwendung von Kompost gemacht. Nach Einschätzung von CEDAC spielen kleine Bauernhöfe und ländliche Organisationen eine entscheidende Rolle bei der sozioökonomischen Entwicklung und der Bewahrung der natürlichen Ressourcen. [CEDAC (2000)]

PRASAC II (Support Programme for the Agricultural Sector in Cambodia)

Ist ein landwirtschaftliches Projekt der Europäischen Union und begann 1995 als PRASAC I, mit einem Aufbauprogramm für sechs Provinzen rund um Phnom Penh. Mit dem Start von PRASAC II am 1.3.1999 wurde von einem Nothilfeprogramm zu einem nachhaltigen Entwicklungsprogramm übergegangen. Im Mittelpunkt der Arbeit von PRASAC II stehen die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion, die Beschaffung von Krediten, die Ausbildung der lokalen Regierungsbeamten, Trainingskurse für die Bauern und die Verbesserung der häuslichen Wasserversorgung. Zudem soll der Einsatz von Dünger in der Landwirtschaft weiter untersucht, getestet und darauf aufbauend optimiert werden.

Im Zeitraum vom 01.01.1995 bis 31.12.2003 hat PRASAC einen Etat von 79 Millionen Euro zur Verfügung und ist damit das größte Projekt der Europäischen Union in Kambodscha sowie das größte Projekt im landwirtschaftlichen Sektor überhaupt. PRASAC konnte im Verlaufe der Betätigung schon über 150.000 Familien helfen und unterstützen, wodurch PRASAC über äußerst zahlreiche Kontakte im ländlich Bereich verfügt. [PRASAC (2001)]

4.9.3 Böden im Raum Phnom Penh

Die Qualität der vorkommenden Böden ist das entscheidende Kriterium für die Höhe der Anbauerträge und somit für die erzielten Einnahmen und den Lebensstandard der Bauern. In diesem Zusammenhang spielen die natürliche Bodenfruchtbarkeit und der pflanzenverfügbare Nährstoffgehalt des Bodens eine maßgebliche Rolle. Die Durchschnittserträge für den gesamten Reisanbau Kambodschas liegen lediglich bei 2 Mg/ha (vgl. S. 46), allerdings werden auf den fruchtbaren Böden mittlere Erträge von über 3 Mg/ha und auf den ertragreichsten Schwemmböden des Landes partiell sogar bis zu 7 Mg/ha erzielt.

Nach CARDI sind etwa 80 % der auftretenden Böden im Flachland Kambodschas nicht genügend fruchtbar für einen wirtschaftlichen Reisanbau, wobei ca. 50 % der gesamten Anbauflächen des Landes aus nährstoffarmen Sandböden bestehen. Bei diesen nährstoffarmen Sandböden liegt zudem der pH-Wert nicht selten im für die Reispflanze ungünstigen sauren bis sehr sauren Bereich. [CARDI (2001)]

Nahezu sämtliche in Kambodscha vorkommenden Bodentypen weisen einen Mangel an organischer Substanz auf, was in erster Linie aus den klimatisch bedingten sehr intensiven biologischen Um- und Abbauprozessen im Boden resultiert. Aufgrund der niedrigen oder gänzlich fehlenden organischen Anteile ist das Nährstoffspeicher- bzw. Rückhaltevermögen der Böden in Kambodscha äußerst gering, weshalb die Nährstoffe von Starkregenereignissen in beträchtlichem Maße ausgewaschen werden.

White (2001) unterschied in Kambodscha 10 verschiedene Bodentypen, wovon im Großraum Phnom Penh im wesentlichen zwei anzutreffen sind. Der „Kein Svay Boden“ und der „Prey Khmer Boden“ unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Entstehung, Vorkommen und Nutzungseignung erheblich voneinander.

Kein Svay Boden

Ist ein nährstoffreicher Schwemmboden, der durch die Überschwemmungen der großen Flüsse und den daraus resultierenden Ablagerungen entsteht. Kein Svay Boden kommt im Großraum Phnom Penh im Einzugsgebiet der Flüsse Mekong, Tonle Sap und Bassac vor und hat rund um Phnom Penh (Radius 50 km) in etwa einen Anteil von 20 % an der Gesamtanbaufläche. Nach White ist dieser Boden relativ leicht zu bearbeiten und weist ein hohes Potential für die landwirtschaftliche Produktion auf.

In erster Linie wird Kein Svay Boden im Raum Phnom Penh für den Anbau von Obst und Gemüse genutzt und vor allem im Süden der Stadt auch für den Reisanbau verwendet. Die Mächtigkeit der nährstoffreichen Bodenschicht variiert stark zwischen

bis zu 3 Metern im Uferbereich der Flüsse und 20 Zentimetern in größerer Entfernung. Die Farbe wird von White mit hellbraun bis braun, die Beschaffenheit mit lehmig bis sandig und die Konsistenz mit krümelig bis fest angegeben. Der pH-Wert liegt im leicht sauren bis neutralen Bereich, was für die Reiskultur als sehr günstig eingeschätzt wird. Von White bzw. CARDI wird für den Reisanbau auf Kein Svay Boden eine Düngemittelmenge von 26 - 48 kg N und 12 - 20 kg P₂O₅ je Hektar und Jahr empfohlen. [White (2001)]

Prey Khmer Boden

Der Prey Khmer Boden entstand vor langer Zeit aus sandigem Schwemmland und Kolloidmaterial, das von den Flüssen transportiert und in der Ebene abgelagert wurde. Im Laufe der Zeit verdichtet sich das Material der unteren Bodenschichten sehr stark. In den oberen Bodenschichten, die direkt oder indirekt den extremen Witterungsverhältnissen ausgesetzt sind, insbesondere den äußerst starken Niederschlagsereignissen, wurden die ehemals vorhandenen Nährstoffe nahezu gänzlich ausgewaschen.

Der Prey Khmer Boden ist ein nährstoffarmer Sandboden, auf dem nur schlechte Erträge erzielt werden können und der aufgrund der fehlenden organischen Bestandteile nicht in der Lage ist, eingebrachte Nährstoffe längere Zeit zu speichern. Dieser Bodentyp nimmt mit ca. 65 % aller Anbaugebiete im Großraum Phnom Penh die größte Fläche ein und ist vor allem im Norden und Osten der Stadt, abseits der mächtigen Flüsse anzutreffen. Der Prey Khmer Boden wird fast ausschließlich zum Reisanbau genutzt.

Die oberflächliche Bodenschicht hat eine Mächtigkeit von 30 bis 60 cm und die Beschaffenheit wird von White als durchweg sandig charakterisiert, wogegen die Konsistenz von locker bis stark erhärtet weit variiert. Der pH-Wert liegt bei 3,5 bis 5 im sauren Bereich, was für den Reisanbau weniger gut geeignet ist.

White empfiehlt beim Reisanbau eine Düngemittelmenge von 53 - 86 kg N, 12 - 18 kg P₂O₅, 0 - 20 kg K₂O sowie 0 - 10 kg S je Hektar und Jahr. CARDI gibt das optimale Düngemittel-Nährstoffverhältnis für Prey Khmer Boden mit 50/23/30 (N/P₂O₅/K₂O) an. [White (2001)]

Im Anhang D 3 dieser Diplomarbeit sind drei verschiedene Bodenanalysen aus dem Raum Phnom Penh aufgeführt. Diese Analysen wurden von der Arbeitsgruppe anlässlich von Pflanzversuchen in Auftrag gegeben und in Deutschland durchgeführt.

4.9.4 Art und Einsatz der Düngemittel

Die Düngemittel werden nach ihrer Herkunft in chemische und organische Düngemittel eingeteilt. Chemische Düngemittel basieren auf mineralischen Nährstoffen aller Art und werden im folgenden auch als Kunstdünger bezeichnet. Organische Düngemittel sind tierischer (z.B. Urin und Kot) oder pflanzlicher (z.B. Kompost) Herkunft und werden für gewöhnlich aus Abfallprodukten gewonnen.

Im Reisanbau Kambodschas wurden in den letzten Jahren fast ausschließlich chemische Düngemittel verwendet. Die organischen Düngemittel wurden von der über-

wiegenden Mehrheit der Bauern weitestgehend vernachlässigt. Im Gemüse-, Obst- und Getreideanbau sowie im Zierpflanzen- und Gartenbau, die aber nur einen kleinen Teil der gesamten landwirtschaftlichen Aktivitäten ausmachen (siehe Kap.4.71), werden seit längerem verschiedene organische Düngemittel, meist in Kombination mit chemischem Dünger, nutzbringend eingesetzt.

Im folgenden Kapitel werden die chemischen- und organischen Düngemittel, die gegenwärtig in Kambodscha von Bedeutung sind hinsichtlich der wesentlichen Einsatzparameter grundlegend analysiert und anschließend die wichtigsten Erkenntnisse vergleichend zusammengefasst.

Chemische Düngemittel

Nach CNP (1996) wurden 1995 im Reisanbau Kambodschas, auf einer bewirtschafteten Fläche von 2,085 Mill. Hektar, etwa 90.450 Mg chemische Düngemittel eingesetzt. Für den Gemüse- und Getreideanbau gab CNP eine jährliche Verbrauchsmenge von 3.450 Mg Kunstdünger auf einer Anbaufläche von 23.000 Hektar an. Aktuellere, gesamt kambodschanische Düngemittelleinsatzdaten stehen nicht zur Verfügung, wobei alle sonstigen Informationen auf eine derzeitig deutlich höhere Verbrauchsmenge hinweisen. Der Großteil der verwendeten chemischen Düngemittel wird nach wie vor aus dem Ausland importiert und ihre Anwendung stellt einen entscheidenden Betriebskostenfaktor in der Landwirtschaft Kambodschas dar.

In Abbildung 4.5 sind die kambodschanischen Jahresimportmengen an chemischen Düngemitteln ab 1990 angegeben. Die Tendenz des jährlich ansteigenden Düngemittelimports seit 1992 ist deutlich erkennbar, wobei besonderes der erstaunliche Mengenanstieg zwischen den Jahren 1994 und 1995 beachtenswert ist.

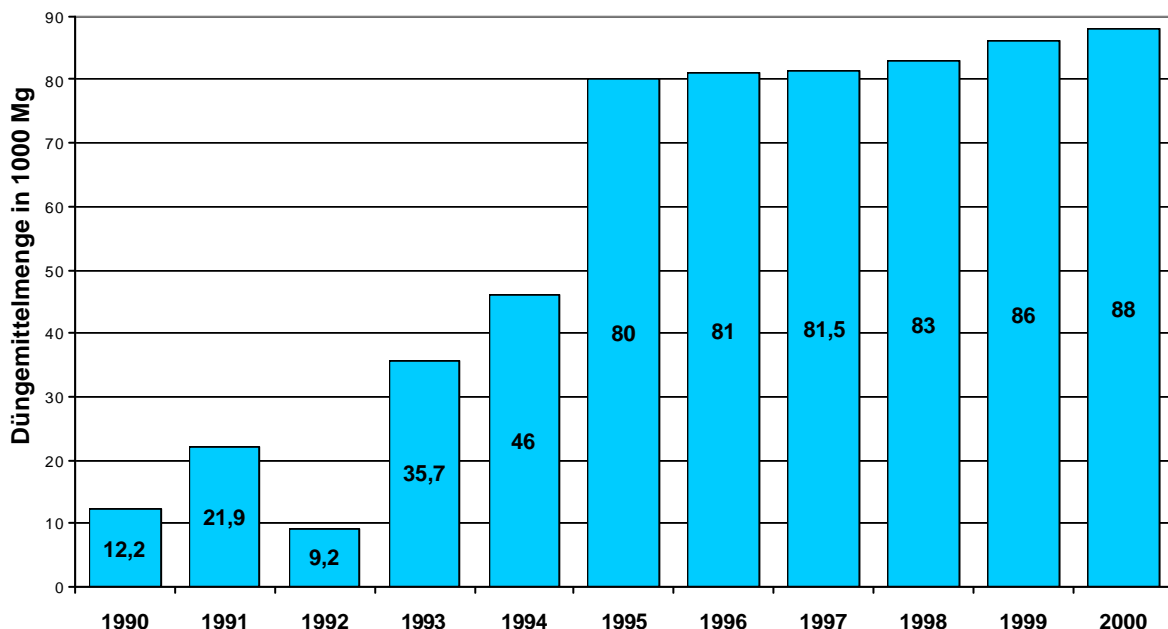


Abbildung 4.5: Jahres-Importmengen von chemischen Düngemitteln, Kambodscha [FAO (2001)]

Hinsichtlich der Intensität des Düngemiteleinsatzes bzw. der verwendeten Düngemittelmengen je Hektar und Jahr unterscheiden sich die einzelnen Angaben und Aussagen teilweise erheblich voneinander. Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei größtenteils um praktische Erfahrungen handelt und jeweils verschiedene Anbauflächen betrachtet werden.

CNP (1996) berechnete für gesamt Kambodscha einen jährlichen durchschnittlichen Kunstdüngereinsatz von äußerst geringen 35 kg/ha im Nassreis- und 100 kg/ha im Trockenreisanbau sowie 150 kg/ha im Gemüse- und Getreideanbau.

CARDI (2001) gibt für die Region Phnom Penh im Nassreisanbau eine jährliche Einsatzmenge an chemischen Düngemitteln von etwa 100 bis 200 kg/ha an.

Ein Mitarbeiter von CEDAG (2001a) schätzte aufgrund seiner umfangreichen praktischen Erfahrung im Großraum Phnom Penh die verwendeten chemischen Düngemittelmengen im Nassreisanbau auf ca. 150 bis 300 kg/(ha x a).

Scheinbar sind die Bauern im Großraum Phnom Penh ökonomisch etwas besser gestellt und setzen beim Nassreisanbau im Mittel mehr chemischen Dünger ein als dies im Landesdurchschnitt gebräuchlich ist, was aber auch auf eine mindere Bodenqualität in dieser Region zurückgeführt werden könnte. Nach Bewertung sämtlicher verfügbarer Informationen hält der Autor für den Nassreisanbau im Großraum Phnom Penh gegenwärtig eine durchschnittliche Düngemiteleinsatzmenge von 150 bis 250 kg/(ha x a) für einen realistischen Kalkulationsbereich.

Die Tabelle 4.4 gibt einen detaillierten Überblick über einen Großteil der chemischen Düngemitteltypen, die momentan in Kambodscha eingesetzt werden. Im Großraum Phnom Penh verwenden die Bauern vorwiegend die Sorten DAP, Urea und 16:20:0 aus Thailand für den Reisanbau, sowie 15.15.15 beim Gemüseanbau. Dagegen ist in den ländlichen Provinzen Kambodschas der Einsatz von 16.16.8.13 im Reisanbau sehr weit verbreitet [FAO (2001)].

Tabelle 4.10: Verwendete Chemische Düngemittel in Kambodscha und Phnom Penh

Bezeichnung	Nährstoff- zusammensetzung* [N/P ₂ O ₅ /K ₂ O/SO ₄]	Herkunftsland	Verkaufspreis [US\$/50kg]	Preis [US\$/Mg]
Urea	46/0/0/0	Russland	11,8	236
		Thailand	12,3	246
		Deutschland	11,6	232
DAP	18/46/0/0	USA	15,5	310
		Thailand	15,0	300
		Jordanien	14,4	288
15.15.15	15/15/15/0	Thailand	18,0	360
16.20.0	16/20/0/0	Kambodscha	9,0	180
		Japan	12,5	250
		Thailand	14,0	280
16.16.8.13	16/16/8/13	Korea	13,0	260
		Philippinen	12,0	240

*in Gewichtsprozent

- die **fett** gedruckten, werden hauptsächlich im Raum Phnom Penh eingesetzt

[Cameron (2000)]

Nach Erfahrungen von CEDAC (2001) setzen alle chemischen Düngemitteltypen die enthaltenen Nährstoffe sehr schnell frei, wodurch die Düngemittelwirkung zeitlich äußerst begrenzt ist. Einzig bei der Sorte 15.15.15 konnte eine etwas länger anhaltende Düngewirkung beobachtet werden.

Der Dünger aus Thailand ist vergleichsweise teuer, genießt aber bei den Bauern einen sehr guten Ruf hinsichtlich Qualität, Aussehen sowie Richtigkeit der Abpackungsmenge und wird deswegen von vielen Bauern bevorzugt benutzt [FAO (2002)]. Cameron (2000) stellte in seiner Düngemittelanalyse keine wesentlichen Qualitätsunterschiede zwischen den einzelnen Herkunftsländern fest und beurteilte die teilweise erheblichen Preisunterschiede als ungerechtfertigt.

Werden die dargestellten Erkenntnisse einer Betriebskostenrechnung bezüglich des Düngemittelverbrauchs zugrundegelegt, ergeben sich für den Reisanbau in der Region Phnom Penh gegenwärtig mittlere Düngemittelaufwendungen von etwa 40 bis 70 US\$ je Hektar und Jahr.

In starkem Kontrast zu den stetig steigenden Düngemittelverbrauchsmengen steht die Erkenntnis, dass die mittleren Reisanbauerträge in Kambodscha während der letzten Jahre beständig rückläufig sind (vgl. Kap. 4.9.1). Zudem äußerte sich ein Mitarbeiter der FAO (2002) dahingehend, dass auch durch den verstärkten und intensiveren Einsatz verschiedener chemischer Düngemittel keine bemerkbare Steigerung der Reiserträge mehr erzielt werden konnte. Des Weiteren machte ein Obstbauer in der Nähe Phnom Penhs die praktische Erfahrung, dass sich durch den ausschließlichen Einsatz chemischer Düngemittel, die Ertragsdauer bei Orangenbäumen von ehemals 7 - 10 Jahren auf 3 - 4 Jahre verkürzt hat, wobei auch das Geschmacksaroma der Orangen nachgelassen haben soll [Obstbauer (2002)].

Aus den angeführten Fakten kann abgeleitet werden, dass wenn der Boden keinen Nährstoffkomplex sondern nur Einzelnährstoffe zugeführt bekommt, dann wirkt sich das mitunter negativ auf das Pflanzenwachstum aus.

Es ist offensichtlich, dass nach neuen Wegen bei der Düngemittelanwendung gesucht werden muss, um die problematische Situation der Bauern in Kambodschas nachhaltig verbessern zu können. Hierbei kann der verstärkte Einsatz von organischen Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln (wie z.B. Kompost) auch im Reisanbau einen äußerst wichtigen Beitrag leisten, was verschiedene Versuchsergebnisse eindeutig belegen (siehe S. 58ff).

Organische Düngemittel

Der überwiegende Teil der organischen Dünge- und Bodenverbesserungsmittel, die momentan in Kambodscha zum Einsatz kommen, wird nicht explizit für diesen Zweck produziert, sondern fällt als Abfall- bzw. Nebenprodukt bei der landwirtschaftlichen Produktion an. Hierbei sind im wesentlichen Tierkot und Reisabfälle (Reisshalen, Reisstroh) zu unterscheiden. Einzig die Eigenkompostierung einiger Gemüsebauern, das Kompostprojekt von NIP und das Pilot-Kompostierungsprojekt Stung Mean Chey können im Raum Phnom Penh momentan als eine Art organische Düngemittelherstellung bezeichnet werden.

Obst- und Gemüseanbau

In Tabelle 4.11 sind die verwendeten organischen Düngemittelsorten in der Region Phnom Penh und deren durchschnittliche Verkaufspreise aufgelistet. Als Hauptabnehmer sind die zahlreichen Pflanzenmärkte am Rande der Stadt sowie die lokal ansässigen Obst- und Gemüsebauern auszumachen.

Bei einer Kostenkalkulation ist zu beachten, dass der angegebene Kuhmist und die Uferbereichsorganik hohe Wassergehalte aufweisen, sich die anderen Preise dagegen auf einen sehr niedrigen Wassergehalt bzw. auf die Trockensubstanz beziehen. Einige wenige Gemüsebauern setzten zudem kompostähnliches Material aus der Eigenkompostierung von produktionsbedingt anfallenden Grünabfällen ein, dieses Produkt wird allerdings nicht vermarktet, sondern auf dem eigenen Feld verwendet. Der Kompost von NIP wird bis jetzt ausschließlich im Zierpflanzen- und Gartenbau eingesetzt und lediglich in Kleinmengen an finanzkräftige Abnehmer (z.B. Engl. Bot-schaft) vertrieben [Deutsch (2001)].

Tabelle 4.11: Eingesetzte organische Düngemittel im Raum Phnom Penh

Bezeichnung	Verkaufspreis	Preis [US\$/Mg]
Kuhmist	2000 Riel/40l Sack (25 kg)	20,5
Gemisch aus verrottetem Grünabfall und Tierkot	2000 Riel/17,5l Sack (10 kg)	51,3
Reisstroh	200 Riel/40l Sack (10 kg)	5,1
Uferbereichsorganik	1000 Riel/40l Sack (20 kg)	12,8
Fledermauskot	3000 Riel/kg	769,2
Kompost (NIP) 6 mm	700 Riel/kg	179,5
Kompost (NIP) 20 mm	350 Riel/kg	89,8

Das als Uferbereichsorganik bezeichnete Gemisch aus Wurzeln, Stroh und Pflanzenbestandteilen wird nach Überschwemmungen an den Ufern der großen Flüsse zusammengetragen und direkt an Pflanzenmärkte verkauft. Dieses Material weist etwa einen Rottegrad von 1 bis 2 auf und ist demnach mit Frischkompost zu vergleichen.

Fledermauskot ist in der Umgebung Phnom Penhs überaus begehrt und deshalb auch sehr teuer. Bevorzugt wird Fledermauskot im Obst- und Gartenbau eingesetzt. Die Nährstoffkonzentration ist enorm hoch, so dass nur sehr geringe Mengen bei der Anwendung erforderlich sind.

Einige Bauern benutzen eine Mischung aus Reisstroh und Grünabfällen, die direkt in die obere Bodenschicht eingearbeitet wird. Allerdings ist die Düngewirkung dieser Maßnahme als sehr gering einzuschätzen und lediglich zur Strukturverbesserung des Bodens geeignet.

Cointreau-Levine (1996) gibt den Preis von Kuhmist im Raum Phnom Penh mit 48 US\$/Mg an, was bei einem geringen Wassergehalt in etwa dem Preis der Tabelle 4.11 entsprechen würde. Weiterhin nennt sie drei Beschränkungen für die Bereitstellung von Tierkot: Menge, Qualität und Kosten. Nach Einschätzung von Cointreau-Levine ist Tiermist in der Umgebung Phnom Penhs nicht ausreichend vor-

handen, die Qualität ausgezeichnet und die Kosten verhältnismäßig hoch (verglichen mit lediglich 5 - 12 US\$/Mg in Vietnam).

Die Gesamtverbrauchsmengen von organischen Düngemitteln in Kambodscha und Phnom Penh lassen sich gegenwärtig aufgrund unzureichender Datenerhebungen und regional stark abweichender Düngemiteleinsetzungsmengen, nicht realistisch abschätzen oder hochrechnen [CARDI (2001)].

Eine Erhebung von CARDI (2001) ergab für den Raum Phnom Penh im Gemüseanbau mittlere flächenspezifische Einsatzmengen von ca. 27 bis 32 MgFS/(ha x a) und nach Cointreau-Levine (1996) verwenden die Gemüsebauern in Phnom Penh durchschnittlich etwa 20 bis 30 MgFS/(ha x a) organischen Dünger, wobei dieser hauptsächlich aus Tiermist sowie pflanzlichen Abfällen besteht.

Obwohl die mittlere Einkommenssituation der Obst- und Gemüsebauern im Großraum Phnom Penh vergleichsweise gut ist, verfügen bei weitem nicht alle Bauern über ausreichende Einnahmen, um die benötigten organischen Düngemittelmengen aufbringen zu können. Zudem sind das Wissen und die Bereitschaft zur Eigenkompostierung nur selten vorhanden, so dass weiterhin ein großer Teil der anfallenden Grünabfälle im Anschluss an die Trocknung nutzlos verbrannt wird. Somit könnte auch im Obst- und Gemüseanbau mit Information, Aufklärung und Schulung ein positiver Beitrag zur Verbesserung der Lebensverhältnisse vieler Bauern geleistet werden.

Bei der praktischen Anwendung des durch die Eigenkompostierung der Bauern hergestellten Kompostes im Obst- und Gemüseanbau können drei grundlegende Einsatzmethoden unterschieden werden. Der Kompost wird entweder :

- vor dem Säen bzw. Pflanzen, 20 bis 40 cm tief in den Boden eingearbeitet oder
- während des Wachstumsprozesses zwischen die Pflanzen gestreut oder
- in Wasser gelöst und als Flüssigdünger zwischen die Pflanzen gegossen.

Die Erfahrungen verschiedener Bauern haben gezeigt, dass das konzentrierte Einarbeiten sehr großer Kompostmengen in den Boden bei vielen Obst- und Gemüsesorten ein schnelles Verfaulen der Pflanzenwurzeln verursachen kann. Zudem bemerkten die Bauern bei der Verwendung von Kompost-Flüssigdünger, dass zu große Anwendungsmengen und zu hohe Konzentrationen eine unmittelbare Schädigung der Pflanze hervorrufen (Überdüngungseffekt). [FAO (2001)]

Die Flüssigdüngermethode und das Einstreuen des Kompostes sind hinsichtlich einer angestrebten optimalen Kompostwirkung als nachteilig einzuschätzen, da hierbei wesentliche Vorteile des Komposteinsatzes (z.B. Verbesserung der Bodenstruktur, Pflanzenbedarfs gerechte Freisetzung der Nährstoffe) nicht zur Geltung kommen.

Im Obst- und Gemüseanbau Phnom Penhs ist gegenwärtig das größte Potential für den Absatz von hochwertigem Kompost zu sehen, da der Bedarf an organischen Düngemitteln bei weitem nicht gedeckt werden kann und dieser Landwirtschaftsbereich über die vergleichsweise günstigsten mittleren Einkommensverhältnisse verfügt. Allerdings sollten die Kosten für den Kompost unter 45 US\$/Mg liegen, um in Konkurrenz mit dem Kuhmist bestehen zu können. Denn die Kenntnis, dass Qualitätskompost ein wesentlich hochwertigeres Düngemittel als Kuhmist darstellt, ist

derzeitig bei den Bauern in Kambodscha kaum vorhanden und der Wissenstransfer sehr beschwerlich.

Reisanbau

Die zunehmend größer werdenden Probleme der Reisbauern in Kambodscha und die Erkenntnisse über die Folgeerscheinungen aus dem alleinigen Einsatz chemischer Düngemittel, bewirkten das Einsetzen eines Umdenkprozess bei vielen landwirtschaftlichen Hilfsorganisationen. Seit dem werden von diesen Organisationen auch Reisanbauversuche mit organischen Düngemitteln durchgeführt und viele Projekte zur Förderung der Eigenkompostierung gestartet. Die Ansätze und ersten Resultate sind viel versprechend, dennoch ist dies erst der Beginn eines möglichen Umschwungs und zukünftig noch sehr viel Entwicklungsarbeit notwendig.

Nach Forschungsarbeiten von CARDI wirkt sich im Reisanbau sowohl die Anwendung von Gründünger als auch von Kompost sehr positiv auf die Höhe der erzielten Ernteerträge aus.

Umfangreiche Pflanzversuche mit verschiedenen Gründüngerarten (nicht bzw. geringfügig verrottetes org. Material) haben gezeigt, dass sich die Hülsenfrucht "*Sesbania rostrata*" am besten für die meisten kambodschanischen Reisfelder eignet, aber auch andere Spezies durchaus beachtenswert sind. CARDI empfiehlt den dauerhaften Gebrauch von Gründünger besonders für die Bodenarten Prey Khmer, Prateah Lang, Bakan und Orung zur beständigen Steigerung der Fruchtbarkeit, des organischen Substanzgehalts sowie der Stickstoffspeicherkapazität in den Böden. Die Anwendung von Gründünger sollte möglichst nicht in der Reisaufzucht (Samenbeet) erfolgen und die Reispflanzen während des gesamten Wachstumsprozesses sorgfältig auf Wurzelschädigungen durch Fäulnisvorgänge überwacht werden. [Annual Research Report (2000)]

Die Fäulniserscheinungen in den Pflanzenwurzeln werden durch die hohen Stickstoffgaben verursacht, denn hierdurch wächst die Pflanze schneller und bildet mehr Substanz aus. Gleichzeitig fehlen aber die erforderlichen Nährstoffe zur Festigung der Struktur, weshalb das Pflanzengewebe weicher und empfindlicher ist. Aufgrund dessen darf Stickstoff und andere wachstumstreibende Nährstoffe nicht in zu hohen Gaben auf die Felder aufgebracht werden. Wichtig sind auch mineralische Nährstoffe, welche die Festigung der Gewebestruktur fördern.

Ein Kompost aus Hausabfällen, Pflanzenmaterial und Tierkot kann nach CARDI gleichfalls auf dem Hauptfeld und in der Reisaufzucht nutzbringend eingesetzt werden. Auf dem Hauptfeld wird die kombinierte Anwendung mit chemischen Düngemitteln empfohlen. Hierbei sollte der Kompost spätestens eine Woche und die chemischen Düngemittel unmittelbar vor dem Umpflanzen des Reises in den Boden des Hauptfeldes eingebracht und dort vereinigt werden. Als besonders geeignete Einsatzgebiete werden dieselben Bodentypen und Wirkungsanforderungen wie bei der Gründügnernutzung genannt.

Um mit dem Kompostgebrauch nützliche Effekte erwirken zu können, muss nach CARDI mindestens eine Kompostmenge von 3 bis 5 MgFS/(ha x a) (Feuchtgewicht) zum Einsatz kommen, wobei für die alleinige Kompostdüngung etwa 15 bis 20 MgFS/(ha x a) empfohlen werden. Unmittelbar vor dem Umpflanzen des Reises

sollten bei Prey Khmer - und Prateah Lang Böden hohe Kompostkonzentrationen von über 30 MgFS/(ha x a) vermieden werden, da dies Wachstumshemmnisse bei den Reispflanzen bedingen kann. [Annual Research Report (2000)]

Zur Unterstützung der Samenentwicklung ermittelte CARDI für die Reisaufzuchtflächen eine optimale Düngemittelkonstellation und -menge von etwa 35 kg Kuhmist oder 30 kg Kompost (Feuchtmengen) als organische Düngemittel in Kombination mit einer chemischen Düngemittelmenge von ca. 0,5 kg N und 0,5 kg P₂O₅ je 100 m² und Jahr. [Annual Research Report (2000)]

Aufgrund praktischer Erfahrungen aus der Betreuung einiger Reisbauern die Kompost herstellen und anwenden, gibt CEDAC die gegenwärtigen mittleren Einsatzmengen von Kompost aus der Eigenkompostierung im Nassreisanbau Kambodschas mit 5 bis 10 MgFS/(ha x a) an. Allerdings werden diese Kompostmengen von CEDAC hinsichtlich des Nährstoffbedarfes als zu gering befunden und bei alleiniger Kompostdüngung etwa 30 MgFS/(ha x a) empfohlen. Ein Versuchsprogramm von CEDAC zum Komposteinsatz bei der Reisaufzucht im Samenbeet hatte zum Ergebnis, dass die besten Resultate bei einer sehr hohen Kompostmenge von 87 MgFS/(ha x a) erreicht werden. [CEDAC (2001b)]

Im Nassreisanbau wird von sämtlichen Experten ausschließlich eine Anwendungsmethode von Kompost als sinnvoll und zweckmäßig erachtet. Hiernach sollte der Kompost mindestens eine Woche vor dem Umpflanzen der Reispflanzen und dem Überstauen des Feldes flächendeckend etwa 30 - 60 cm tief in den Boden des Reisfeldes eingearbeitet werden. Ein späteres Nachdüngen, beispielsweise durch das Einstreuen des Kompostes oder die Anwendung von gelöstem Kompost ist lediglich in der nichtüberstauten Phase des Reisfeldes vorstellbar. Im überstauten Zustand wird der eingebrachte Kompost aufgrund von Wasserströmungen sehr ungleichmäßig verteilt und teilweise ausgeschwemmt, da die meisten Kompostbestandteile lange auf dem Wasser schwimmen und sich erst sehr spät absenken.

Wird auf der Basis der dargelegten Sachlage eine Kostenabschätzung durchgeführt, ist offensichtlich, dass sich gegenwärtig kein Reisbauer den Erwerb der notwendigen Kompostmenge leisten kann. Ein kambodschanischer Reisbauer wendet im Durchschnitt ca. 40 bis 70 US\$/ha für chemische Düngemittel auf (vgl. S. 54) und sollte als Alternative zumindest etwa 10 MgFS Kompost je Hektar einsetzen. Somit könnte ein Reisbauer lediglich 4 bis 7 US\$ für eine Tonne Kompost ausgeben.

Es dürfte unter den aktuellen Bedingungen in Kambodscha kaum machbar sein, Qualitätskompost zu diesem Abgabepreis wirtschaftlich zu produzieren (siehe Kap. 6). Um die Vorteile aus der Kompostanwendung für die Reisbauern dennoch nutzbar zu gestalten, besteht gegenwärtig nur die Möglichkeit die Kenntnisse und Erfahrungen bezüglich der Eigenkompostierung mit großer Überzeugungskraft an die Bauern weiterzugeben.

4.9.5 Vor- und Nachteile der Kompostnutzung in Kambodscha

Im Folgenden sind die Wirkungsbereiche und die verschiedenen Anwendungserfahrungen aus dem Komposteinsatz in Kambodscha im Vergleich zur Verwendung chemischer Düngemittel zusammengestellt.

Vorteile der Kompostnutzung

- Verbesserung der Bodenstruktur / Erhöhung des organischen Substanzgehaltes und Steigerung des Luftporengehaltes im Boden
Feste Lehm- und bindige Sandböden werden aufgelockert und verlieren ihre kompakte, nahezu undurchdringliche Struktur. Viele äußerst wichtige kleinste und größere Hohlräume im Boden entstehen. Wasser sowie Sauerstoff können ungehindert weit in den Boden eindringen und sind dort genauso wie die Nährstoffe gleichmäßig verteilt. Hierdurch werden die Wachstumsbedingungen für die Pflanzenwurzeln im gesamten oberflächlichen Bodenraum entscheidend verbessert.
- Verbesserung der Lebensbedingungen für Mikroorganismen
Deutliche Zunahme der Mikroorganismen-Anzahl, die eine sehr wichtige Funktion bei der Erhaltung eines gesunden Bodengleichgewichts einnehmen. Der Kompost stellt u.a. die Nahrung für die Mikroorganismen (z.B. Erdwürmer) dar.
- Erhöhung der Wasserhaltekapazität des Bodens
Kompost absorbiert und fixiert das Wasser hervorragend, wodurch das Wasser viel länger im Boden und für die Pflanzen nutzbar bleibt.
- Vergrößerung des Nährstoffspeichervermögens des Bodens
Die Nährstoffe bleiben über einen wesentlich längeren Zeitraum im Boden erhalten und somit für die Pflanzen verfügbar.
- Kontinuierliche Düngewirkung
Die Nährstoffe werden langsam und pflanzen-bedarfgerecht freigesetzt, wodurch Überdüngungserscheinungen vermieden werden.
- Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit
Kompost enthält Huminsäure, welche Bodenminerale aufschließt und für die Pflanzen leichter zugänglich macht.
- pH-Puffer
Der pH-Wert im Boden bleibt konstant im neutralen Bereich.
- Erleichterung der Bodenbearbeitung
Der Boden verfestigt sich bei weitem nicht so stark und kann von den Bauern viel leichter manuell bearbeitet werden.
- Eigenherstellung möglich
Die benötigten Düngemittel können vom Bauern selbst durch Eigenkompostierung mit sehr geringem finanziellen Aufwand produziert werden.
- Abfallreduzierung und Verbesserung der hygienischen Verhältnisse
Alle anfallenden organischen Abfälle können durch die Kompostierung vollständig entsorgt und einem neuen Verwendungszweck zugeführt werden. Hierdurch wird die Gesamtabfallmenge um etwa 80 - 90 % reduziert und das Gefährdungspotential der Abfälle wesentlich verringert. Wilde Ablagerungen organischer Abfälle stellen einen optimalen Nährboden für Krankheitserreger und Ungeziefer dar. Dies kann durch die Kompostierung vermieden und somit eine deutliche Verbesserung der hygienischen Verhältnisse erreicht werden.
- Steigerung der Ertragszeit
Mehrjährige Obstbäume bringen über einen deutlich längeren Zeitraum gleichbleibend hohe Erträge. [Obstbauer (2002)]
- Verbesserung des Geschmacksaromas
Viele Obst- und Gemüsesorten schmecken intensiver und charakteristischer. [Obstbauer (2002)]

Nachteile der Kompostnutzung

- viel größere Mengen erforderlich
Die Nährstoffkonzentration ist wesentlich geringer als bei chemischen Düngemitteln, weswegen zur Deckung des Nährstoffbedarfs deutlich größere Düngemittelmengen zum Einsatz kommen müssen. (z.B. im Reisanbau: näherungsweise 15 MgFS/ha Kompost oder 200 kg/ha Kunstdünger)
- Erhöhter Arbeitsaufwand beim Düngen
Für eine optimale Wirkungsweise sollte Kompost in den Boden eingearbeitet werden, zudem sind deutlich größere Düngemittelmengen zu bewältigen. Beides steigert den Arbeitsaufwand für den Bauern beim Düngen erheblich.
- Düngemittelerwerb teurer
Wird der Kompost nicht durch Eigenkompostierung hergestellt, sondern käuflich erworben, erhöhen sich bei der gegenwärtigen Marktsituation in Kambodscha aufgrund der mehr benötigten Mengen die Düngemittelkosten je Hektar maßgeblich.

4.9.6 Eigenkompostierung in Kambodscha

Wie schon mehrfach erwähnt, ist die Eigenkompostierung der Bauern ein entscheidender Schlüsselfaktor zur Verbesserung der gesamten landwirtschaftlichen Situation Kambodschas und ein Schwerpunktbereich in der Tätigkeit vieler landwirtschaftlicher Hilfsorganisationen. Hierbei liegen die größten Realisierungshindernisse weniger bei der praktischen Umsetzung der Kompostierung, als vielmehr bei der Überzeugung und an der Bereitwilligkeit der Bauern.

Im Anhang B dieser Diplomarbeit werden anhand eines CEDAC-Vorzeigeprojektes im Dorf Domrakrei (Provinz Kompong Thom) zur Eigenkompostierung im ländlichen Bereich die Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Verwirklichung sowie die praktische Ausführung der Eigenkompostierung in Kambodscha behandelt. Außerdem werden aussichtsreiche Lösungsansätze zur Verbreitung der Eigenkompostierung in Kambodscha vorgestellt.

4.10 Zusammenfassung der Rahmenbedingungen

Abschließend zum umfangreichen Kapitel: Rahmenbedingungen für das Kompostierungsprojekt, werden die wichtigsten Erkenntnisse und Bedingungen aus den durchgeführten Betrachtungen zusammenfassend in Kurzform dargestellt und bewertet.

Einschätzungen

- Die dringende Notwendigkeit einer Veränderung der gegenwärtigen Abfallbeseitigungssituation in Phnom Penh ist besonders in Anbetracht des von der Deponie Stung Mean Chey ausgehenden Gefährdungspotentials für die Bevölkerung offensichtlich und steht außer Frage.
- Aufgrund eines organischen Anteils von durchschnittlich 73 Gew.-% am Gesamtabfallaufkommen und der hohen Schadwirkung von organischen Abfällen bei der Deponierung, ist für eine möglichst wirkungsvolle Problemreduzierung die Behandlung dieser Abfallfraktion am zweckmäßigsten.
- Die gewählte Behandlungsmethode der offenen Mietenkompostierung mit geringem technischen Einsatz ist unter den derzeitigen wirtschaftlichen und sozialen Vor-

raussetzungen in Kambodscha, als das am Besten geeignete Verfahren zur Behandlung der anfallenden organischen Abfälle Phnom Penhs zu bewerten. Da hierfür die Investitions- und Betriebskosten vergleichsweise gering ausfallen sowie die Prozesssteuerung und -unterhaltung verhältnismäßig unkompliziert zu beherrschen sind.

- Der Landwirtschaftssektor im Großraum Phnom Penh weist ein großes Potential für den Einsatz des produzierten Kompostes auf, da die Kompostdüngung bei den regional vorkommenden Böden äußerst umfangreiche Vorteilswirkungen im Vergleich zur Anwendung chemischer Düngemittel besitzt.
- Dennoch ist die Kompostvermarktung bislang schwierig und ein gesicherter Absatzmarkt für den produzierten Kompost schwer zu realisieren. Hierfür sind gleichfalls die äußerst schlechte finanzielle Situation der Bauern und das unzureichende Wissen, um den großen Nutzen der Kompostanwendung, verantwortlich.
- Die angestrebte Beteiligung des Kompostierungsprojektes an den erhobenen Abfallgebühren in Phnom Penh ist aufgrund eingeschränkter politischer Unterstützung gegenwärtig schwer durchzusetzen.

Somit kann bis zum jetzigen Projektstand bilanziert werden, dass das Kompostierungsprojekt in Phnom Penh durchaus sehr sinnvoll ist und einen überaus wichtigen Beitrag zur Verbesserung der abfallwirtschaftlichen Verhältnisse und der landwirtschaftlichen Situation leisten kann. Das Projektziel, eine wirtschaftlich eigenständig arbeitende Kompostierungsanlage in Phnom Penh aufzubauen, ist aber noch nicht erreicht, deshalb sind weiterhin unbedingt Fördergelder vom TMLNU für die Weiterentwicklung des Projektes erforderlich.

Maßgaben

- Die Gesellschaftsform des Kompostierungsprojektes sollte sobald es die finanziellen Möglichkeiten erlauben in eine nationale NGO umgewandelt werden, um so die Akzeptanz und den Wirkungsradius des Projektes zu erhöhen.
- Während der Trockenzeit herrschen gute klimatische Bedingungen für den Kompostierungsprozess bei der offenen Mietenkompostierung. Dagegen sind während der Regenzeit unbedingt Schutzmaßnahmen erforderlich, welche das Eindringen von großen Wassermengen in die Rottemieten verhindern.
- Die Abfälle des Dumkor Marktes sind bezüglich der Störstoffanteile, im Vergleich zu den Abfällen der anderen Märkte Phnom Penhs, überdurchschnittlich gut für den Kompostierungsprozess geeignet. Dennoch könnte, durch die Modifizierung der Abfallsammlung und -verladung auf dem Markt, der Arbeitsaufwand für die Störstoffauslese erheblich verringert und die Kompostqualität (u.a. Glasscherben) der KOSA bedeutend gesteigert werden. Die Durchsetzung derartiger Veränderungen auf dem Dumkor Markt ist aufgrund der mangelnden Bereitschaft der Verantwortungsträger sehr schwierig zu realisieren. Trotzdem sollte die Projektleitung der KOSA künftig die Bemühungen verstärken und alle sich bietenden Möglichkeiten ausschöpfen um dieses Ziel zu erreichen.

- Im Bereich des betrieblichen Personalmanagements (Arbeitszeiten, Löhne, Sozialleistungen u.s.w.) sind in der kambodschanischen Praxis keinerlei gesetzliche Bestimmungen verbindlich einzuhalten. Die entsprechenden Regelungen können individuell und betriebsintern vereinbart werden, wobei ein ausländisches Projekt aufgrund der Vorbildwirkung auf sozial- und humanverträgliche Festlegungen hinwirken sollte.
- Die Sortierkräfte der KOSA sind aufgrund ihrer Fähigkeiten gut geeignet für die anfallenden Arbeitstätigkeiten bei der Mietenkompostierung. Allerdings kann die Arbeitsqualität und -quantität der Sortierer noch erheblich gesteigert werden, wenn das Leitungspersonal in Zukunft die anstehenden Arbeiten häufiger und verständlicher erklärt sowie deren Ausführung intensiver begleitet.
- In Hinblick auf eine positive Außenwirkung der KOSA sollten die Geruchs- und Lärmemissionen der Anlage durch geeignete Verfahrensmethoden auf ein verträgliches Maß reduziert werden. Eine Beeinträchtigung des Schulunterrichts in der benachbarten Schule ist in jedem Fall zu vermeiden.
- Mit dem Einsatz der Maschinenteknik auf der KOSA steigt der Anreiz für potentielle Diebe, weshalb die Anlagenbewachung durch zusätzliche Sicherungsmaßnahmen unterstützt werden sollte.
- Die Akzeptanz von Kompost und die Bereitschaft zur Eigenkompostierung sind gegenwärtig bei den Bauern in Kambodscha noch sehr gering. Allerdings sind im Wirken verschiedener NGOs einige viel versprechende Ansätze zur Verbreitung der Kompostierung in Kambodscha zu erkennen. Die Zusammenarbeit zwischen Pilot-Kompostierungsprojekt und diesen NGOs sollte weiter intensiviert und aufbauend auf deren Erfahrungen praktische Schulungen sowie Vorbildprojekte initiiert werden.

5. Erkenntnisse und Optimierung des Betriebsablaufes

5.1 Vorgehensweise

Die wichtigste Voraussetzung, um zweckmäßige und nachhaltig wirkungsvolle Optimierungen des Anlagenbetriebs realisieren zu können, ist die sorgfältige Analyse der herrschenden Verhältnisse. In diesem Zusammenhang sind sowohl die äußeren Rahmenbedingungen vor Ort (siehe Kap. 4) und die projektinternen Gegebenheiten als auch die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel von entscheidender Bedeutung für die praktische Realisierbarkeit der Maßnahmen.

Auf der Grundlage der festgestellten Mängel auf der KOSA (siehe Kap. 3.3) wurde vom Autor versucht geeignete Lösungsvarianten zu entwickeln und nach Absprache mit dem Projektleiter Olaf Schmidt in die Praxis umzusetzen. Hierbei waren sämtliche unternommenen Anstrengungen auf die Projektziele, die Anlage längerfristig wirtschaftlich zu betreiben und möglichst umfangreiche Erkenntnisse aus dem Pilotbetrieb zu gewinnen, ausgerichtet. Somit standen Maßnahmen zur Steigerung der Durchsatzmenge bei Senkung der spezifischen Betriebskosten (US\$/Mg) und die wissenschaftliche Überwachung des Anlagenbetriebs im Vordergrund. In der Abbildung 5.1 sind die wichtigsten Wirkungsbereiche für die Optimierung des Betriebsablaufes auf der Pilot-Kompostierungsanlage Stung Mean Chey schematisch dargestellt.

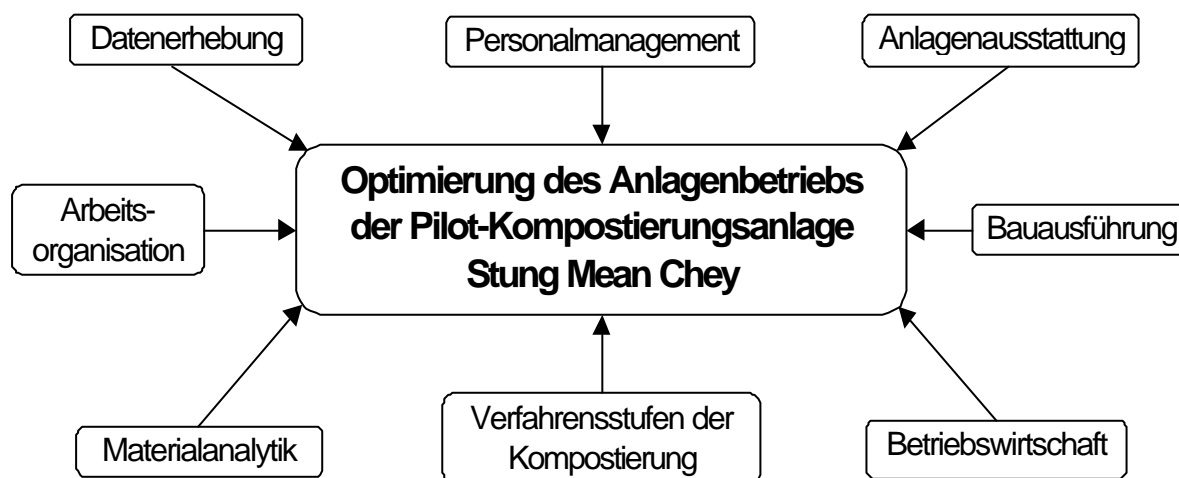


Abbildung 5.1: Schema der Wirkungsbereiche für die Anlagenoptimierung

Bei der praktischen Verwirklichung der Durchsatzmengensteigerung auf der KOSA zeigte sich, dass bei den gegenwärtigen Verhältnissen zumindest während der Trockenzeit nicht die Flächenkapazität der Anlage sondern die Leistungsfähigkeit der drei Sortierkräfte den begrenzenden Faktor darstellt. Die Arbeitsgänge der weitestgehend manuellen Mietenkompostierung nehmen sehr viel Arbeitszeit in Anspruch (z.B. Störstoffauslese, Umsetzen), so dass von drei Sortierkräften nur eine begrenzte Materialmenge in Hinblick auf die Schaffung optimaler Rottebedingungen (Wassergehalt, Sauerstoff etc.) verarbeitet werden kann.

Da aus finanziellen Gründen keine weiteren Sortierkräfte eingestellt werden konnten, entschied sich die Arbeitsgruppe (kambodschanische Leitungskräfte, der Autor und C. Schenderlein) nach eingehender Beratung für die Betriebsweise der bestmöglichen Flächenauslastung (max. Materialinput) mit Einschränkungen bei den Rottebedingungen. Denn etwas schlechtere Rottebedingungen verlängern zwar den Rotteprozess und senken damit die Anlagenkapazität, aber dies ist nur von Bedeutung wenn die Anlage schon vollständig ausgelastet wird. Um die Kompostierungsanlage in Zukunft optimal Betreiben bzw. Auslasten zu können, ist die Einstellung von weiteren Sortierkräften oder der Einsatz von Maschinenteknik zum Mietenumsetzen erforderlich.

5.2 Betriebsführung

5.2.1 Nachteilige Standortentwicklung

Im November 2001 wurde die Projektleitung des Kompostierungsprojekts unvermittelt mit der Ausführung von Vermessungsarbeiten durch Interconsult International AS auf dem angrenzenden Deponiegelände und der Fläche der KOSA konfrontiert. Nach Anfrage der Projektleitung bei Interconsult und PPWM stellte sich heraus, dass die Errichtung mehrerer Sickergruben zur Abwasserschlammbehandlung in unmittelbarer Nähe zur Kompostierungsanlage geplant ist und im Januar 2002 mit der Bauausführung begonnen wird. Zudem wurde die Projektleitung davon in Kenntnis gesetzt, dass die benötigte Zufahrtstraße zu den Sickergruben über die befestigte Fläche der KOSA führen soll und die Planungen hierfür bereits abgeschlossen sind.

Weder PPWM noch Interconsult International AS hielten es für notwendig, das von den Bauvorhaben unmittelbar betroffene und mit einem rechtskräftigen Nutzungsvertrag (siehe Kap. 3.1.3) ausgestattete Kompostierungsprojekt in die Bauplanungen einzubeziehen oder zumindest vorab zu informieren. Der stetige Kontakt und die Kooperationsvereinbarung, welche im Oktober 2000 zwischen dem Kompostierungsprojekt und Interconsult International AS in kollegialer Art und Weise geschlossen wurde, machen diese Vorgehensweise umso unverständlicher. Hierbei wird deutlich, dass Verträge und Vereinbarungen in der kambodschanischen Praxis kaum Sicherheiten bieten und jederzeit hinfällig sein können, wenn sich die Interessen des Vertragspartners ändern.

Weiterhin zeigte sich, dass das Kompostierungsprojekt bislang von den Behörden und Organisationen nicht als gleichberechtigter Partner in der Abfallentsorgung Phnom Penhs akzeptiert und offensichtlich ein baldiges Projektende vermutet wird. Als Reaktion auf die dargelegten Entwicklungen, sollten die Beziehungen zu Interconsult von der Projektleitung bezüglich der zu vermeidenden Konkurrenzsituation beim Kompostverkauf an die privaten Hausalte in Phnom Penh überdacht werden (siehe Kap. 7.2).

Der Projektleitung war es nicht möglich nach Kenntnisnahme noch Einfluss auf die geplanten Baumaßnahmen zu nehmen, so dass im Januar 2002 von PPWM wie beschrieben mit der Bauausführung begonnen wurde. Durch die errichtete Zufahrtstraße zu den Sickergruben wurde die befestigte Fläche der KOSA von ca. 1.000 m²

auf etwa 830 m² dezimiert und somit die potentielle Anlagenkapazität erheblich verringert. Zudem wird beim gegenwärtigen Bauzustand voraussichtlich ein Teil der bestehenden Anlagenfläche (z.B. der Einfahrtbereich) während der Regenzeit durch abfließendes Oberflächenwasser von der Zufahrtsstraße sehr stark in Mitleidenschaft gezogen. Weiterhin ist vom Betrieb der Sickergruben, aufgrund ihrer Lage (Fließrichtung des Sickerwassers) und der erheblich gesteigerten Wassermengen, eine deutliche Verschärfung der Sickerwasserproblematik (siehe Kap. 3.3) auf der KOSA zu erwarten.

Zusätzlich zu den Baumaßnahmen von PPWM wurde im Februar 2002 von der Stadtverwaltung Phnom Penh zwischen der KOSA und der angrenzenden Schule (siehe Abb. 5.1) eine Erschließungsstraße für ein nahe gelegenes Wohngebiet errichtet. Bei der Herstellung dieser Straße wurde der für die Entwässerung der KOSA äußerst wichtige, große Sickergraben der Deponie größtenteils zugeschüttet und bislang nicht wieder erneuert.

Die ohnehin beträchtlichen Schwierigkeiten (siehe Kap.3.3), die Platzfläche der KOSA während der Regenzeit vor eindringendem Wasser zu schützen bzw. anfallendes Wasser von der Platzoberfläche abzuführen, nehmen durch die ausgeführten Straßenbaumaßnahmen noch weiter zu. Infolgedessen müssen die angedachten Umbaumaßnahmen der KOSA auf die neue Situation angepasst und erweitert werden (siehe Kap. 5.2.5).

5.2.2 Flächeneinteilung und Materialfluss

Flächeneinteilung

Der veränderte Grundriss der KOSA nach den Straßenbaumaßnahmen von CAP ist in der Abbildung 5.1 dargestellt. Zur besseren Verdeutlichung der veränderten Situation kann der abgebildete Grundriss mit der Abbildung 3.1 (Ausgangszustand) verglichen werden. Die befestigte Anlagenfläche wurde hinsichtlich der Verfahrensstufen bei der Kompostierung in sechs verschiedene Funktionsbereiche eingeteilt (siehe Abb. 5.1).

Der Einfahrtbereich wird als Rangierfläche für die Sammelfahrzeuge bei der Abfallanlieferung, als Lagerfläche für das verkaufsfertige Kompostprodukt und als Abstellfläche für die Arbeitsgeräte genutzt. Zudem befindet sich im Einfahrtbereich die Hütte (siehe Kap. 5.2.3), die als Unterkunft für den wachhabenden Sortierer und als Aufenthaltsort für die Sortierkräfte während der Pausenzeiten dient. Aufgrund der ungünstigen Geometrie des Einfahrtbereichs infolge der Straßenbaumaßnahmen nimmt dieser Bereich der KOSA eine große Fläche ein, die leider nicht effektiv ausgenutzt werden kann.

Die Vorrottefläche steht für die Marktabfallanlieferung und -aufbereitung sowie für die Vorrottephase beim Kompostierungsprozess (1½ - 2½ Wochen) zur Verfügung. Auch der Wassertank (3 m³) zur Rottegutbewässerung befindet sich auf dem als Vorrottefläche gekennzeichnetem Bereich der KOSA. Den größten Teil der Anlage nimmt die Hauptrottefläche ein. Hier findet der eigentliche Rotteprozess statt. Das Rottegut bleibt zwischen 7 und 14 Wochen auf der Hauptrottefläche und erreicht dort

den Rottegrad IV bis V. Für den Reifeprozess des Kompostes dient die Nachrottefläche, wo der Kompost zwischen 3 und 7 Wochen verweilt. Die Fläche, die mit „Konfektionierung und Lagerung“ ausgewiesen ist, wird zum Absieben und Verpacken des Kompostes sowie als temporäres Kompostlager genutzt. Der Bereich zwischen den Rotteflächen steht als Transportweg für den produzierten Kompost und die Anlieferung der Schlachthofabfälle sowie zeitweilig als Arbeitsfläche zur Verfügung. Unter anderem aus arbeitstechnischen Gründen kann der Randbereich der befestigten Fläche auf einer Breite von 0,5 Metern in der Regel nicht genutzt werden.

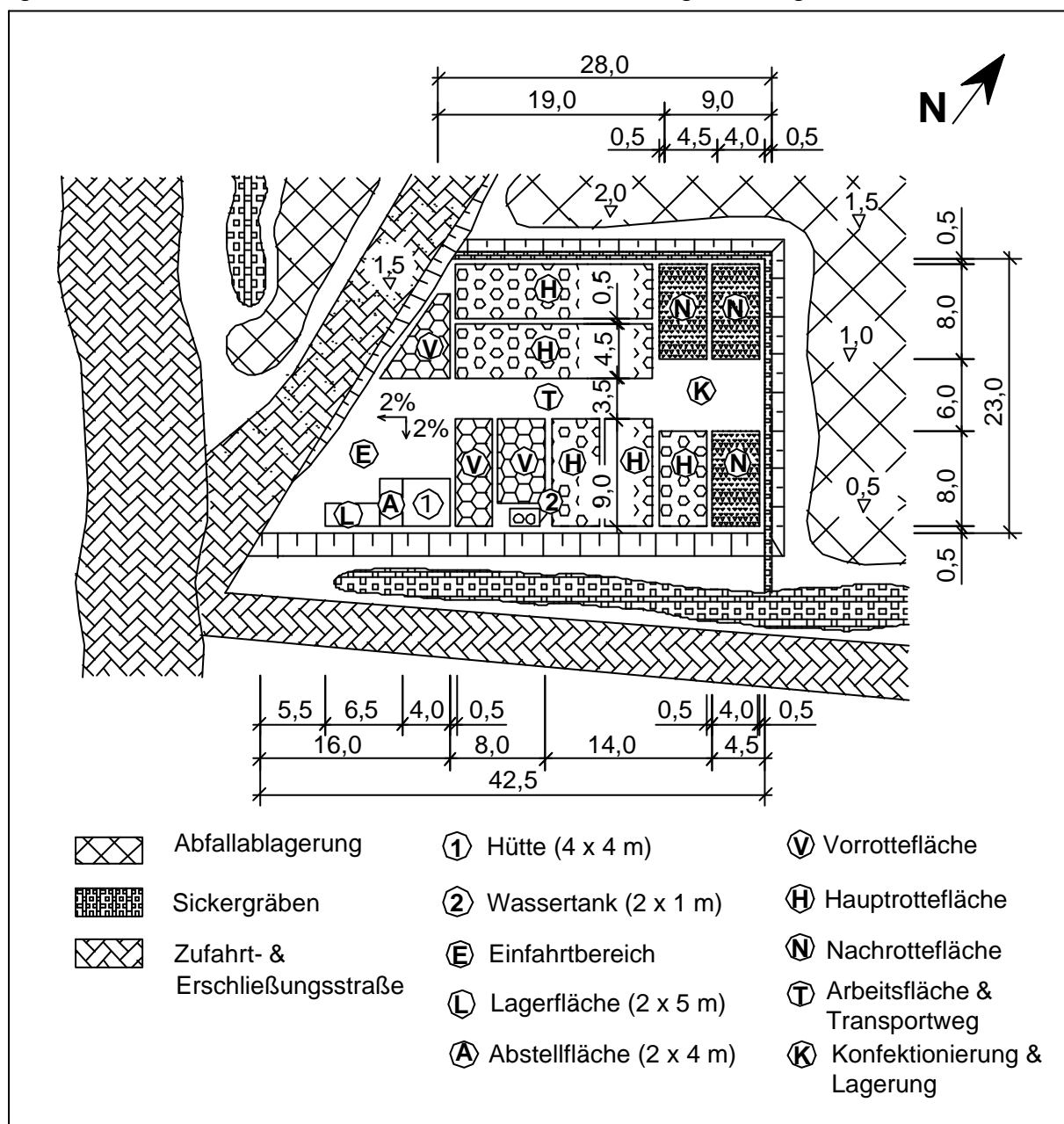


Abbildung 5.2: Grundriss der KOSA mit Flächeneinteilung (nach den Straßenbaumaßnahmen)

Die im Grundriss der KOSA gekennzeichneten Bereiche weisen folgende Flächeninhalte auf:

<u>Einfahrtbereich:</u>	170 m ²	
	(Hütte 16 m ²)	
	(Abstellfläche 8 m ²)	
	(Lagerfläche 10 m ²)	
<u>Arbeitsbereich:</u>		
Vorrottefläche:	100 m ²	(Wassertanks: 3 m ²)
Hauptrottefläche:	300 m ²	
Nachrottefläche:	100 m ²	
Arbeitsfläche und Transportweg:	60 m ²	
Konfektionierung und Lagerung:	<u>50 m²</u>	
Nutzfläche gesamt:	610 m ²	
Randbereich:	50 m ²	
	(nicht nutzbar, Breite ca. 0,5 m an allen <u>Außenseiten</u> der befestigten Platzfläche)	
befestigte Gesamtfläche:	830 m ²	

Materialfluss auf der Anlage

Im Kap. 3.3.3 wurde auf die bestehenden Mängel bei Materialführung auf der KOSA im Oktober 2001 und den hieraus resultierenden Beeinträchtigungen des Anlagenbetriebs hingewiesen. Bei der für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb notwendigen Umgestaltung wurde hauptsächlich Wert auf einen möglichst geringen Arbeitsaufwand (z.B. durch kurze Transportwege), eine gute Flächenauslastung und günstige Rottebedingungen gelegt.

Der Grundgedanke des verfolgten Konzeptes ist die schrittweise und geradlinige Materialbewegung während des Kompostierungsprozesses vom Anlieferbereich bis zum temporären Lagerbereich (vgl. Abb. 5.2), wobei die infolge des Rotteverlustes entstehenden Freiflächen durch die Umsetzvorgänge entgegengesetzt zur Materialbewegung in den Vorrottebereich verschoben werden. Hierdurch wird erreicht, dass die Marktabfallanlieferung immer im vorderen Bereich der KOSA erfolgt und deswegen die erforderliche aufwendige Zufahrtsbefestigung für die großen Sammelfahrzeuge (siehe Kap. 5.2.5) nur bis zu diesem Bereich ausgebildet werden muss. Zudem findet das Absieben des Kompostes ausschließlich im hinteren Bereich der KOSA statt, wodurch für die Siebmaschine (vgl. 5.2.4) ein stationärer Standort gewählt werden kann und die Komposttransportwege von der Nachrottefläche zur Siebmaschine dennoch gering ausfallen.

Ein weiterer Vorteil dieser systematischen Verfahrensweise ist in den verbesserten Rottebedingungen zu sehen. Denn mit dem beständigen Nachrücken des Materials wird, beim durch den Rotteverlust bedingten Zusammenlegen der Mieten, das Vermischen von Rottegut stark unterschiedlichen Rottealters vermieden (siehe Kap. 3.3.3). Um eine bessere Flächenauslastung auf der KOSA zu erreichen (vgl. Kap. 5.5.4), wurden die in Abbildung 5.2 dargestellten Längsmieten angelegt (siehe Bild 5 und 6, Anhang E). Bei den Längsmieten kann der Rotteverlust wesentlich rationeller und homogener ausgeglichen werden als bei den Quermieten. Die Kompostierung in

Form der Längsmieten ist nur in der Trockenzeit möglich, da aufgrund der ausgeführten Platzneigung der KOSA die Längsmieten den Oberflächenwasserabfluss während der Regenzeit behindern würden.

5.2.3 Datenerhebung und -auswertung

Die erheblichen Nachteile für das Kompostierungsprojekt, welche aus der nicht oder äußerst mangelhaft praktizierten Datenerhebung auf der KOSA resultieren, werden im Kap. 3.3.3 dieser Arbeit benannt. Eine grundlegende Veränderung der Handhabung und der Vorgehensweise bezüglich der Datenerhebung war dringend erforderlich und wurde umgehend in die Wege geleitet. Hierbei stellten sich die unzureichende Ausrüstung zur Datenermittlung und das nicht vorhandene Verständnis der Mitarbeiter als entscheidende Hinderungsfaktoren heraus.

Die Ausrüstung für die Datenermittlung auf der KOSA wurde durch ein Thermometer zur Messung der Außentemperatur, einen Niederschlagsmesser zur Ermittlung der Niederschlagsmenge und eine Waage (100 kg) zur Kompostmengenbestimmung (vgl. Tab. 5.1) erweitert. Da keine größere Waage zur Verfügung steht, kann die Mengenermittlung von schwergewichtigen Stoffströmen (Inputmenge etc.) nur sehr ungenau durch visuelle Volumenabschätzung und Berechnung über die jeweils bestimmten Schüttgewichte erfolgen (siehe Kap. 4.5.2).

Für die Datenerfassung und -verwaltung wurde vom Autor ein umfangreiches Betriebstagebuch mit Anweisungen und Eintragsvorgaben in Listenform erstellt (siehe Anhang C). Zudem wurden Mietenschilder (Bild 15, Anhang E) angefertigt und auf der KOSA als Hilfsmittel zur Rottesteuerung eingesetzt. Die Beschriftung im Betriebstagebuch und auf den Mietenschildern ist sowohl in deutscher als auch in kambodschanischer Sprache ausgeführt, um allen Projektbeteiligten die Nutzung zu ermöglichen und sie zur Datenerhebung zu animieren. Allerdings wird dies vom Alphabetentum der Sortierkräfte So-Khan und So-Kem etwas eingeschränkt (vgl. Kap. 4.6.3).

Die mentalitätsbedingten Eigenheiten der Kambodschaner (vgl. Kap. 4.5.2), erschwerten die Durchsetzung einer gewissenhaften Datenerhebung auf der KOSA in der Anfangsphase erheblich. Deshalb mussten vom Autor wiederholt große Anstrengungen unternommen werden, um die Mitarbeiter für die Bedeutung einer sorgfältigen und wirklichkeitsgetreuen Datenerfassung zu sensibilisieren.

Bei der Realisierung hat es sich als notwendig erwiesen, die Zuständigkeiten für die Datenerhebung eindeutig zu definieren und bereichsspezifisch jeweils eine Person für die konsequente und gewissenhafte Durchführung verantwortlich zu machen. Praktischerweise wurde dem Sachgebietsleiter Kompostierungsprozess Soeun Sethou die Verantwortung für die Nachweisführung der Kompostierung (z.B. Input- und Mietendatenregistrierung) und dem Sachgebietsleiter Sortierkräfte Keo Mara die Tätigkeitsdokumentation (z.B. Schichtbücher) übertragen.

Der Sachgebietsleiter Vermarktung Sam Phalla ist für die ordnungsgemäße Abrechnung der Kompostverkäufe zuständig. Außerdem wird der Sortierer Thöm an der Datenerhebung auf der KOSA (z.B. Schichtbuch Sortierer und Inputannahme) betei-

ligt, wobei die Verantwortung für die Vollständigkeit und Richtigkeit der Eintragungen und somit die Kontrollpflicht bei den jeweiligen Sachgebietsleitern liegt.

5.2.4 Ausstattung der Kompostierungsanlage

Auf der Grundlage der festgestellten Mängel bei der Ausstattung auf der KOSA (siehe Kap. 3.3) wurden verschiedene Neuanschaffungen und Modifizierungen zur Optimierung des Anlagenbetriebs getätigt. Hierbei standen Hilfsmittel zur effektiveren Durchführung der Arbeitsgänge (z.B. Schubkarre) und Utensilien zur Verbesserung der Rottebedingungen (z.B. Abdeckplanen) im Vordergrund der realisierten Maßnahmen. Da die finanziellen Mittel des Projektes stark begrenzt sind, wurde bei den Anschaffungen und Modifizierungen besonderer Wert auf die Suche nach kostengünstigen aber dennoch gut geeigneten Alternativvarianten gelegt. Zudem wurden durch die Projektleitung weitere private Mittel bereitgestellt.

In der Tabelle 5.1 sind sämtliche Maßnahmen zur Ausstattungsoptimierung auf der KOSA im Zeitraum Oktober 2001 bis März 2002 aufgelistet und die hierdurch entstandenen Kosten angegeben. Die bereits vorhandene Ausstattung der KOSA kann im Kapitel 3.2.1 dieser Arbeit bzw. in der Diplomarbeit von D. Laux (2001) eingesehen werden.

Tabelle 5.1: Neuanschaffungen und Modifizierungen der Ausstattung auf der KOSA

Posten	Beschreibung	Maßnahme	Anzahl	Einzelpreis [US\$]	Kosten [US\$]
Arbeitsgeräte	Schubkarre	Anschaffung	2	24,0	48,0
	Mistgabel	Erneuerung	2	2,5	5,0
	rechtwinklige Gabel	Anschaffung	2	5,0	10,0
	Aufstellsieb	Umbau	1	1,0 US\$/m ² Siebfläche	2,0
	Shredder	Umbau	1	-	Garantieleistung
	Siebmaschine	Anschaffung	1	1.400,0	1.400,0
		Umbau	1	50,0	50,0
Waage (100 kg)	Anschaffung	1	35,0	35,0	
Utensilien	Abdeckplanen	Anschaffung	15	15,0	225,0
	Drainagerohre	Anschaffung	3	12,0	36,0
	Luftpumpe	Anschaffung	1	10,0	10,0
Arbeitsschutzbekleidung	Arbeitsjacke	Anschaffung	3	-	Schenkung
	Arbeitshose	Anschaffung	3	-	Schenkung
	Kopfschutz	Anschaffung	3	-	Schenkung
	Arbeitsschutzhandschuhe	Erneuerung	6 P	1,0	6,0
	Gummistiefel	Erneuerung	3 P	3,0	9,0

Posten	Beschreibung	Maßnahme	Anzahl	Einzelpreis [US\$]	Kosten [US\$]
Sonstiges	Erste-Hilfe-Koffer	Anschaffung	1	10,0	10,0
	Mietenschild	Anschaffung	20	0,2	4,0
	KOSA-Schild	Reparatur	1	5,0	5,0
GESAMT-AUSGABEN					1.855 US\$

Die Gesamtausgaben für die Optimierung der Ausrüstung auf der KOSA von Oktober 2001 bis März 2002 betragen 1.855 US\$, wobei die Anschaffung der Siebmaschine den mit Abstand größten Kostenfaktor darstellt. Im Folgenden werden einzelne Posten aus der Tabelle 5.1 näher beschrieben:

Shredder

Im Kapitel 3.3.2 sind die besonderen Bedingungen bei der Anschaffung und der Anfertigung des Shredders sowie die funktionellen Probleme beim Einsatz erläutert und die Notwendigkeit von Umbaumaßnahmen herausgestellt. Der Shredder ist auf Bild 10 (Anhang E) dargestellt.

Wirkungsweise und Umbaumaßnahmen:

Die elementaren Bauteile des Shredders sind das Fahrgestell, der Dieselmotor und das Gehäuse mit den an einer Welle befestigten Schermessern. Die Zerkleinerung des Materials erfolgt durch Scherkräfte, die von bewegten und feststehenden Schermessern innerhalb des Gehäuses erzeugt werden. Als kritische Bereiche für das Blockieren der Schermesser (siehe Kap. 3.3.2) stellten sich die Antriebsübertragung (Motor-Scherwelle), die Abstände der Schermesser und die Größe der Auswurföffnung heraus.

Um die aufgeführten Mängel am Shredder zu beheben und somit den Einsatz des Shredders zu ermöglichen, wurden verschiedene konstruktive Veränderungen vorgenommen. Der Einbau eines Getriebes verringerte die Drehzahl der Schermesserwelle und steigerte die Kraftübertragung der Messer auf das Material. Zudem wurde die Anzahl der Schermesser auf der beweglichen Welle und die der feststehenden Messer von jeweils 5 auf 4 reduziert, wodurch sich die Abstände der Schermesser vergrößerten. Außerdem wurde die Auswurföffnung im Gehäuse von 280 auf 330 cm² erweitert und hiermit dem Verstopfen des Shredders vorgebeugt.

Die durchgeführten Umbaumaßnahmen bewirkten nur einen Teilerfolg, aber ermöglichten zumindest den eingeschränkten Shreddereinsatz auf der KOSA. Mit dem Shredder können nun Zuckerrohrabfälle und Bananenstauden zerkleinert werden, jedoch weiterhin keine Bambuskörbe und langfaseriges nasses Material. Zudem muss beim Materialeinwurf in den Shredder sehr behutsam vorgegangen werden (jeweils kleine Mengen und verhältnismäßig große Zeitabstände), da die Schermesser sonst umgehend blockieren. Hierdurch fällt die erreichbare Durchsatzleistung des Shredders entsprechend gering aus.

Technischen Daten des Shredders:

Abmessung:	Länge 116 cm, Breite 100 cm, Höhe 136 cm
Gewicht:	550 kg
Durchsatzleistung:	1,2 m ³ /h
Motorleistung:	8,5 PS
Kraftstoffart:	Diesel
Kraftstoffverbrauch:	2,0 l/h

Eignungsbewertung:

Es ist festzustellen, dass der Shredder auch nach den vorgenommenen Umbaumaßnahmen keinesfalls optimal für den Anlagenbetrieb auf der KOSA geeignet ist. Nach Meinung des Autors kann dies auch durch weitere kleinere Veränderungen am Shredder kaum erreicht werden, da das grundlegende Arbeitsprinzip und die Konstruktion des Shredders für das Inputmaterial der KOSA offenbar ungeeignet sind. Hierbei ist vor allem die horizontale Scherwirkung durch feststehende und bewegte starre Schermesser sowie die damit verbundene sehr starke Materialbeschleunigung im Shredder hervorzuheben. Für nasses schweres bzw. sperriges festes Material (z.B. Gras bzw. Bambuskörbe) wäre eine senkrechte Scher- bzw. Schneidrichtung und bei Überbelastung nachgebende Schermesser die wesentlich bessere Ausführungsvariante.

Bei der momentanen Anlagengröße bzw. den zu verarbeitenden Materialmengen auf der KOSA kann mit dem Shredder noch ausreichend zweckdienlich gearbeitet werden. Dagegen ist bei einer erheblichen Vergrößerung der Anlage die Anschaffung eines leistungsfähigeren Shredders für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb unbedingt erforderlich.

Siebmaschine

Das überaus zeitaufwendige und beschwerliche manuelle Absieben des Kompostes mittels der Aufstellsiebe veranlasste die Projektleitung dazu, eine Siebmaschine auf der KOSA einzusetzen, um somit den Arbeitsaufwand für das Absieben zu verringern.

Anschaffung und Konstruktion:

Beim Kauf der Siebmaschine stellte sich die Angebotslage im Handel ähnlich wie beim Shredder dar, so dass auch die Anfertigung der Siebmaschine bei einem privaten Maschinenbauer als Prototyp in Auftrag gegeben wurde (siehe Kap. 3.3.2). Die Konstruktionsvorlage für die Siebmaschine stammte aus Deutschland von einem individuellen Modell aus dem privaten Nutzungsbereich, wobei einige Veränderungen vorgenommen wurden, um die Siebmaschine optimal auf die speziellen Anforderungen auf der KOSA anzupassen.

Da die KOSA nicht an das Stromversorgungsnetz der Stadt Phnom Penh angeschlossen ist und der direkte Anbau eines Dieselmotors an die Siebmaschine aufgrund des Gewichtes und der Vibration ein sehr stabiles Traggestell erfordert hätte, wählte die Arbeitsgruppe für den Antrieb der Siebmaschine eine Generator-Elektromotor-Kombination. Der Generatorleistung wurde so konzipiert, dass in der Zukunft neben der Siebmaschine weitere Aggregate und eine Lichanlage auf der

KOSA mit dem Generator betrieben werden können und somit durch die Generatoranschaffung eine positive Synergie (Stromversorgung der KOSA) entsteht. Eventuelle temporäre Funktionsprobleme am Generator wurden bei der Planung berücksichtigt und einem Betriebsausfall der Siebmaschine mit einem zusätzlichen manuellen Antrieb (Handkurbel) begegnet. Die Siebmaschine wurde ab Januar 2002 auf der KOSA eingesetzt und ist auf Bild 11 (Anhang E) dargestellt.

Technische Daten:

In der Tabelle 5.2 sind die wichtigsten technischen Daten der Siebmaschine und des Generators zusammengestellt.

Tabelle 5.2: Technische Daten von Siebmaschine und Generator

Bezeichnung	Siebmaschine	Generator
Abmessungen:		
Gesamt: Länge/ Breite/ Höhe [cm]	300/ 100/ 190	150/ 80/ 50
Siebtrommel: Länge/ Ø/ Neigung [cm/ %]	150/ 60/ 10	—
Gewicht	300 kg	450 kg
Antrieb	Elektromotor	Dieselmotor
Motorleistung	max.2,5 KW (regelbar)	max.17 PS (regelbar)
Stromerzeugung	—	max.5 KW (regelbar)
Motordrehzahl	1000 U/min	bis 6000 U/min
Siebtrommeldrehzahl	ca. 80 U/min	—
Kraftstoffverbrauch	—	ca. 2 l/h
Kraftstofftank	—	10 Liter

Eignungsbewertung:

Beim praktischen Gebrauch der Siebmaschine zeigten sich verschiedene kleine konstruktive Mängel, welche einerseits die Arbeitstätigkeit für die Sortierkräfte erschwerten und andererseits die Kompostqualität durch unzureichende Abtrennung der Störstoffe negativ beeinflussten. Durch gezielte Umbaumaßnahmen, wie z.B. das Einsetzen von Blechen zur besseren Materialführung und das Absenken der Einwurföffnung zur leichteren Bedienung für die Sortierkräfte, konnten die konstruktiven Mängel zufriedenstellend behoben und somit eine funktionelle Arbeitsweise der Siebmaschine erreicht werden.

Allerdings kann die Siebmaschine bislang nur manuell mit der Handkurbel betrieben werden, da die Drehzahl der Siebtrommel beim Antrieb über den Elektromotor, trotz der eingebauten mechanischen Übersetzung (Verringerung von 1000 auf ca. 80 U/min, vgl. Bild 12, Anhang E), viel zu hoch für den Absiebvorgang ist. Die auftretenden zu starken Fliehkräfte verhindern die Materialbewegung in der Siebtrommel, weshalb der Kompost nicht durch die Siebmaschen austreten kann. Dieses Defizit sollte durch geeignete Maßnahmen zur Drehzahlregulierung der Siebtrommel (z.B.

Veränderung der Übersetzungsverhältnisse oder herabsetzen der Motordrehzahl) baldmöglichst beseitigt werden, da der wirtschaftliche Nutzen der Siebmaschine, aufgrund des erhöhten Personalaufwands beim manuellen Betrieb, erheblich verringert wird. Der Siebvorgang wird im Kap. 5.3.4 behandelt.

Abdeckplanen

Die starke Beeinträchtigung des Kompostierungsprozesses durch die häufigen Niederschlagsereignisse im Oktober 2001 erforderte sofortige Maßnahmen zum Schutz der Mieten vor eindringendem Regenwasser (vgl. Kap. 3.2.2). Hierfür wurden 15 Plastik-Abdeckplanen (je 3x4 m) angeschafft und umgehend auf der KOSA eingesetzt. Da bei der Abdeckung mit Plastikplanen kein Sauerstoffeintrag in die Rottemieten erfolgen kann, werden die Planen nur während der Nacht und vor Regenfällen auf die Mieten aufgelegt. Das täglich mehrmalige Auf- und Abdecken der Mieten erhöht den Arbeitsaufwand für die Sicherungsmaßnahme.

Die seit längerem angedachte Nutzung von Bananenblättern zur Mietenabdeckung (Aufrechterhaltung der Rottegutbelüftung) wurde getestet, aber erwies sich für die Anforderungen auf der KOSA als wenig geeignet. Denn die Bananenblätter trocknen innerhalb von drei Tagen nahezu vollständig aus und halten dann der Windbeanspruchung nicht mehr stand, weshalb die Bananenblätter ständig erneuert werden müssen. Da in der näheren Umgebung der KOSA keine Bananenplantagen existieren, wäre die häufig erforderliche Beschaffung der Bananenblätter mit großem Arbeitszeitaufwand verbunden.

Drainagerohre

Das Problem des zu hohen Feuchtegehalts in den Rottemieten während der Regenzeit wurde bereits ausführlich beschrieben (siehe Kap. 3.2 u. 3.3). Um neben den Maßnahmen zur Verringerung des Wassereintrags in die Rottemieten (z.B. Abdeckplanen) auch die Möglichkeit der Entwässerung und Belüftung des Rottegutes zu erschließen, wurde die Wirkung von in den Mietenfuß eingelegten Drainagerohren getestet.

Da im Handel keine geeigneten Drainagerohre erhältlich waren, entschied die Arbeitsgruppe, die benötigten Drainagerohre für die Untersuchungen an einer Miete aus handelsüblichen PVC-Rohren herzustellen. Vom Leitungspersonal wurden drei PVC-Rohre (Länge 6 m, Ø 90 mm) eingekauft und ein Sortierer angewiesen die erforderlichen Löcher mittels eines erhitzten Eisenstabs in die Rohre einzubringen. Die Löcher (Ø 12 mm) wurden spiralförmig mit einem Abstand von 8 cm in vier Reihen ganzflächig auf dem Rohrumfang angeordnet. Für das Einbringen der Löcher in die gesamten 18 m Rohrlänge benötigte eine Sortierkraft in etwa 6 Arbeitsstunden. Die Versuchsergebnisse zum Einsatz der Drainagerohre sind im Kapitel 5.5.7 aufgeführt.

Arbeitsschutzbekleidung

Die in der Tab. 5.1 angegebene Arbeitsschutzbekleidung für die Sortierkräfte auf der KOSA wurde teilweise von den Stadtwerken Erfurt zur Verfügung gestellt (siehe Abb. 7 und 13, Anhang E). Die Arbeitsschutzbekleidung im besonderen Arbeitshandschuhe und Gummistiefel unterliegen starken Verschleißerscheinungen und

müssen regelmäßig erneuert werden. Ein Paar Arbeitshandschuhe kann etwa zwei Monate und ein Paar Gummistiefel ca. 6 Monate lang benutzt werden. Somit sind entsprechende Ausgaben für die Arbeitsschutzbekleidung der Sortierkräfte bei der Betriebskostenkalkulation der KOSA zu berücksichtigen.

Infolge eines Arbeitsunfalls auf der KOSA, wobei sich ein Sortierer die Fußsohle durch eine eingetretene Glasscherbe erheblich verletzte und vier Tage arbeitsunfähig war, entstand die Überlegung die Sortierkräfte mit Arbeitsschutzschuhen (durchtrittssichere Sohle) auszustatten. Außerdem wurde in diesem Zusammenhang eine Erste-Hilfe-Ausrüstung (Verbandsmaterial, Desinfektionslösung, Wundsalbe etc.) für die umgehende medizinische Versorgung auftretender Verletzungen zusammengestellt und auf der KOSA deponiert.

Ein Preis-Leistungsvergleich ergab, dass es günstiger ist, die benötigten Arbeitsschutzschuhe in Deutschland zu erwerben. Hierfür wurden die Fußabdrücke der beschäftigten Sortierkräfte aufgenommen und an die Projektbeteiligten in Deutschland geschickt. Aufgrund der erheblichen Unfallgefahr auf der KOSA durch scharfkantige Materialien im Marktabfall (Glas, Blech etc.) und der täglichen Arbeit mit Mistgabeln, sollte die Anschaffung der Arbeitsschutzschuhe baldmöglichst realisiert werden.

5.2.5 Personalmanagement

Im Kapitel 3.3.3 ist der Handlungsbedarf bezüglich einer Überprüfung und Optimierung der Personalverhältnisse im Kompostierungsprojekt herausgestellt. Auf der Grundlage der Projekterfahrungen der deutschen Projektbetreiber Olaf Schmidt und Detlef Gutjahr sowie den Erkenntnissen des Autors während der Tätigkeit in Kambodscha wurde schrittweise eine Personalreform in der Leitungsebene des Kompostierungsprojekts vorgenommen. Hierbei waren die erbrachten Leistungen und die aufgrund der hauptberuflichen Verpflichtungen zur Verfügung stehende Zeit der Leitungspersonen von großer Bedeutung für die getroffenen Entscheidungen.

Da sich zeigte, dass die Personalführung (Arbeitsanleitung, Motivation, Beaufsichtigung etc.) der Sortierkräfte und die Arbeitskoordination auf der KOSA vom kambodschanischen Leitungspersonal nur unbefriedigend bewältigt wurden, musste diesbezüglich umgehend eine Verbesserung bewirkt werden. Intensive Beratungen der deutschen Projektleitung hatten zur Folge, dass für das betreffende Aufgabengebiet ab Januar 2002 ein neuer Mitarbeiter (Keo Mara) eingestellt und vorerst probeweise in der kambodschanischen Projektleitung beschäftigt wurde. Keo Mara arbeitete 1997 als Deponieleiter der Deponie Stung Mean Chey 3 Monate intensiv mit Detlef Gutjahr während seiner Expertentätigkeit in Kambodscha zusammen und zeichnete sich hierbei durch eine hervorragende Personalführung und Arbeitskoordination aus.

Die Zuverlässigkeit des kambodschanischen Leitungspersonals, insbesondere des Projektleiters, ist für ein solches Projekt, welches von Deutschland aus organisiert wird, von größter Wichtigkeit, um auftretenden Schwierigkeiten kurzfristig und sachkundig begegnen zu können. Leider wurden bislang die regelmäßige Berichterstattung von Kambodscha nach Deutschland und die Ausführung von in Deutschland entwickelter Maßnahmen vor Ort vom Projektleiter Soth Vantha nicht mit der erforderlichen Zuverlässigkeit begleitet. Zudem zeigte sich, dass die vom Projektleiter

wahrgenommenen Aufgaben, nach Beendigung der Baumaßnahmen auf der KOSA (Januar 2001), im Vergleich zu den erbrachten Leistungen der anderen Projektmitarbeiter (Sam Phalla, Soeun Sethu, Keo Mara) in keiner Weise den hohen Monatslohn von 200 US\$ rechtfertigten (siehe Tab. 3.3).

Weiterhin war zu bemerken, dass Soth Vantha infolge seiner umfangreichen sonstigen beruflichen Verpflichtungen nicht die notwendige Zeit für die alleinige kambodschanische Projektleitung aufbringen kann. Aufgrund der kambodschanischen Mentalität mit dem ausgeprägten Hierarchiebewusstsein (vgl. 4.6.4) waren eine folgerichtige Gehaltssenkung sowie die projektinterne Umgestaltung der Machtbefugnisse bei gleichem Personal nicht zu verwirklichen. Deshalb entschieden die deutschen Projektverantwortlichen den bisherigen Projektleiter Soth Vantha gänzlich vom täglichen Anlagenbetrieb zu entbinden und Sam Phalla zum Projektleiter zu befördern.

Da Soth Vantha, aufgrund seiner großen Kompetenz bei bautechnischen Belangen und den hervorragenden Leistungen beim Bau der KOSA, weiterhin für die anstehenden Baumaßnahmen auf der KOSA eingesetzt werden soll, musste bei der Ablösung sehr behutsam vorgegangen werden. Der feste monatliche Lohn von Sam Phalla erhöhte sich nicht, da alternativ eine Gewinnbeteiligung an die Einnahmen aus dem Kompostverkauf vereinbart wurde (siehe Kap. 7.3.4). In Tabelle 5.3 sind die Personalkosten im Kompostierungsprojekt nach der vorgenommenen Strukturänderung angegeben.

Tabelle 5.3: Personalkosten (Stand April 2002)

Personal	Kosten [US\$/mo.]	Kosten [US\$/a]
Sam Phalla (Projektleiter sowie Sachgebietsleiter Vermarktung und Technik)	75,0	900,0
Soeun Sethu (Sachgebietsleiter Kompostierungsprozess)	75,0	900,0
Keo Mara (Sachgebietsleiter Arbeitskräfte)	75,0	900,0
Arbeitskräfte (So-Khan, So Kem, Thöm)	150,0	1800,0
Gesamtpersonalkosten	375,0	4.500,0

Aus einem Vergleich der Tab. 5.3 mit der Tab. 3.3 geht hervor, dass die fixen Personalkosten im Kompostierungsprojekt durch die Strukturänderung in der Leitungsebene um 25 % reduziert werden konnten. Hinsichtlich der sehr begrenzten Arbeitskapazität auf der KOSA ist zu kalkulieren, ob von den eingesparten Personalkosten eventuell ein bis zwei zusätzliche Sortierkräfte eingestellt werden können (siehe Kap. 5.1).

5.2.6 Arbeitsorganisation

Um den Informationsaustausch unter dem Leitungspersonal zu verbessern und die anstehenden Arbeiten effektiver koordinieren zu können, wurde vom Autor eine wöchentliche Arbeitsbesprechung aller Projektbeteiligten (Leitungskräfte und Sortierkräfte) auf der Pilot-Anlage angestrebt. Nach mehreren gescheiterten Versuchen,

alle Leitungskräfte kurzfristig nach Terminabsprache auf der KOSA zusammenzuführen, wurde in Übereinstimmung aller Beteiligten ein verbindlicher Termin (jeweils Samstag 9.00 Uhr) auf der Kompostierungsanlage festgelegt. Zudem wurde vereinbart, dass wenn eine Leitungsperson diesen Termin aufgrund anderer beruflicher Verpflichtungen nicht wahrnehmen kann, sich dieser in Absprache mit den anderen, um einen neuen, schnellstmöglichen Termin bemühen muss. Nach anfänglichen Schwierigkeiten konnte durch diese Regelung im Großen und Ganzen eine Arbeitsbesprechung aller Projektbeteiligten je Woche realisiert werden.

Der Produktionsleiter ist der Leiter der Arbeitsbesprechung und dafür verantwortlich, dass die Besprechung protokolliert und an die Projektbetreiber in Deutschland versendet wird. Die Ausführung des Protokolls sollte den Leitungskräften abwechselnd übertragen werden. Im Rahmen der Arbeitsbesprechung ist ein Tätigkeitsplan für die nachfolgende Woche zu erstellen und die Verantwortlichen für die jeweilige Ausführung festzulegen. Zudem sind die Beschlüsse der Vorwoche auf ihre ordnungsgemäße Umsetzung zu überprüfen und ggf. Konsequenzen zu ziehen.

Der Produktionsleiter, der zugleich für die Kompostvermarktung zuständig ist, weist die Sachgebietsleiter an, wann, wieviel und welche Kompostprodukte für den Verkauf bereitzustellen sind. Anhand dieser Vorgaben haben die Sachgebietsleiter die Prioritätenfolge der Kompostierungstätigkeiten (Absieben, Umsetzen etc.) und die Arbeitsanweisungen an die Sortierkräfte auszurichten. Die Projektarbeitszeiten der Sachgebietsleiter sind so festgelegt, dass an jedem Arbeitstag einer der beiden Sachgebietsleiter für mindestens 2 Stunden auf der Anlage anwesend ist und die Sortierkräfte in die anstehenden Arbeitstätigkeiten einweist sowie deren Ausführung überwacht.

Im Laufe des Anlagenbetriebs hat sich eine leistungsbezogene Arbeitszeitregelung als überaus förderlich für die Motivation und die Arbeitsleistung der Sortierkräfte erwiesen. So kann gelegentlich das Ende eines Arbeitstages nicht von der Uhrzeit sondern von der Fertigstellung einer Arbeitstätigkeit, z.B. vom vollständigen Aufsetzen einer Rottemiete, bestimmt werden. Auch kleine Geldprämien bei hervorragender Arbeitsleistung (z.B. am Monatsende) wirken sich sehr vorteilhaft auf die Arbeitsmotivation der Sortierkräfte aus und sollten mitunter angewendet werden.

5.2.7 Durchgeführte und geplante Baumaßnahmen

Im Kap. 3.3.1 wurde ausführlich auf die Notwendigkeit verschiedener baulicher Maßnahmen zur Sicherung eines kontinuierlichen Anlagenbetriebs während der Regenzeit eingegangen (Sickergräben, Platzbefestigung, Einfahrtbereich, Überdachung). Die ausgeführten Straßenbaumaßnahmen von PPWM über die Fläche der KOSA (siehe Kap. 5.2.1) machen zusätzliche Baumaßnahmen erforderlich, um die KOSA ganzjährig in angestrebter Art und Weise betreiben zu können (Flächenausgleichserweiterung, Schutzwall zur Straße, Neubau der Hütte).

Da sich die Bereitstellung der Projektgelder vom TMLNU für das Jahr 2002 erheblich verzögerte, konnte bislang leider nicht mit der praktischen Umsetzung der erforderlichen Baumaßnahmen begonnen werden. Bis zum April 2002 wurde einzig der Neubau der Hütte auf der KOSA realisiert. Für die anstehenden Baumaßnahmen auf der

KOSA sind im folgenden der Zweck, eine mögliche Ausführungsvariante und der entsprechende Kostenvoranschlag angegeben.

Neubau der Hütte

Zweck der Maßnahme:

Um den Verlust wichtiger Rottefläche durch die Straßenbaumaßnahmen zumindest teilweise schnell kompensieren zu können, beschloss die Arbeitsgruppe den Standort der Hütte weiter in den Einfahrtsbereich der KOSA zu verlagern (siehe Abb. 5.1 bzw. Bild. 4, Anhang E). Denn nur eine zusammenhängende Rottefläche kann durch geringe Materialtransportwege wirtschaftlich betrieben werden. Eine Erweiterung der Rottefläche um etwa 40 m² wurde hiermit erreicht. Zudem soll der Generator zur Diebstahlsicherung in der Hütte aufbewahrt werden, weshalb auch eine Vergrößerung der Hütte erforderlich war.

<u>Ausführung:</u>	Grundriss:	4x4 m = 16 m ²
	Höhe:	Wände 1,85 m, First 2,85 m
	Innenraum:	37,6 m ³
	Dach:	Plastikplanen
	Wände:	Bambusmatten und Plastikplanen

Kosten:

Die Materialkosten für das benötigte Holz und die Nägel betragen 50 US\$. Da die Errichtung der Hütte von den Sortierkräften ausgeführt und die Materialien der alten Hütte (Dach, Wände, Bett etc.) wieder verwendet wurden, fielen keine weiteren Kosten an.

Einfahrt

Zweck der Maßnahme:

Der Einfahrtsbereich der KOSA ist im gegenwärtigen Zustand von den Sammelfahrzeugen während der Regenzeit nur zeitweise befahrbar (siehe Kap. 3.3.1). Für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb muss der Einfahrtsbereich so hergerichtet werden, dass die Abfallanlieferung auf die Vorrottefläche der KOSA jederzeit problemlos erfolgen kann.

Ausführung:

Von der Deponiestraße bis zur Vorrottefläche ist auf einer Länge von 15 m ein 4 m breiter durch Steine und Kies befestigter Bereich herzustellen. Der Schichtenaufbau in diesem Bereich sollte folgendermaßen ausgebildet werden: 25 cm große Steine der Korngröße 4 x 6 cm, 5 cm kleine Steine der Korngröße 1 x 2 cm und 1 cm Kies als Abdeckung. Um eine Beschädigung des Einfahrtsbereichs zu vermeiden, sollte das abfließende Oberflächenwasser der Erschließungsstraße unter der befestigten Schicht hindurch abgeleitet werden. Hierfür ist das Einbringen von Betonrohren (Ø 50 cm) auf der gesamten Einfahrtsbreite von 4 m erforderlich.

Kosten:

Die spezifischen Kosten für Material, Verdichtung und Arbeitsleistung betragen beim auszuführenden Schichtenaufbau etwa 10 US\$/m². Somit belaufen sich die Kosten bei einer Fläche von 60 m² auf ca. 600 US\$. Die Betonrohre mit einem Durchmesser

von 50 cm kosten 40 US\$ (10 US\$/m). Womit die Gesamtkosten für die Baumaßnahme Einfahrtbereich etwa 640 US\$ betragen.

Platzbefestigung

Zweck der Maßnahme:

Um das Verschlammen der Anlagenfläche während der Regenzeit und somit den Wassereintrag über die Basis in das Rottegut vermindern zu können, muss die Wasserableitungsfähigkeit der Fläche verbessert werden (siehe Kap. 3.3.1). Aufgrund der günstigen Materialeigenschaften (sehr hohe Verdichtungsfähigkeit etc.) und der relativ niedrigen Kosten im Vergleich zu Beton oder Bitumen, bietet sich hierfür die Verwendung von Roter Erde an.

Ausführung:

Auf die gesamte Arbeitsfläche der KOSA (siehe Kap. 5.2.2) wird eine 10 cm starke Schicht Rote Erde aufgebracht und verdichtet.

Kosten:

Rote Erde:	$650 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} \times 1,3$ (Faktor Verdichtung) $\times 3,00 \text{ US\$/m}^3$	= <u>250 US\$</u>
Verdichtung der Fläche:	Miete Walze inkl. Fahrer, 4 Stunden	= <u>110 US\$</u>
<i>Gesamtkosten der Maßnahme:</i>		= <u>360 US\$</u>

Sickergräben

Zweck der Maßnahme:

Die zwei Sickergräben, welche die KOSA von den Abfallablagerungen der Deponie abgrenzen und das anfallende Sicker- und Hangwasser des Abfallkörpers abführen sollen, sind nur noch in sehr geringem Maße funktionstüchtig (siehe Kap. 3.3.1). Um das Eindringen dieses Wassers auf die Fläche der KOSA während der Regenzeit zu verhindern, müssen die Sickergräben der KOSA erneuert werden.

Ausführung:

Maschinell mittels eines Minibaggers oder manuell durch angeworbene Arbeitskräfte werden die zwei Sickergräben der KOSA auf eine Tiefe und Breite von jeweils einem Meter ausgehoben. Die Gesamtlänge der zu erneuernden Gräben beläuft sich auf etwa 55 m, womit schätzungsweise ca. 50 m^3 Material auszuräumen sind. Um eine dauerhafte Funktionsfähigkeit der Gräben erreichen zu können, wäre es sinnvoll Beton-Drainagerohre mit einem Durchmesser von 40 cm in die Gräben einzubringen.

Kosten:

Grabenaushub:		
maschinell:	Miete Minibagger inkl. Fahrer, 2 Tage	= <u>200 US\$</u>
manuell:	4 Arbeitskräfte, ca. 15 Tage, 2,5 US\$/d	= <u>150 US\$</u>
Drainagerohre:	55 m \times 4 US\$/m	= <u>220 US\$</u>

Flächenausgleich und -erweiterung

Zweck der Maßnahme:

Durch die Straßenbaumaßnahmen über die Fläche der KOSA gingen wichtige Prozessflächen zur Inputverarbeitung verloren. Um diesen Flächenverlust auszugleichen und somit die frühere Anlagenkapazität wieder herzustellen, wurde von der Arbeitsgruppe eine Flächenerweiterung der KOSA beschlossen. Die Erweiterung der KOSA soll in Richtung Nord-Ost um 10 x 25 m erfolgen (siehe Abb. 5.1).

Ausführung:

Die „neue“ Anlagenfläche wird in gleicher Weise hergerichtet wie die vorhandene Fläche der KOSA (siehe D. Laux 2001). Hierbei sind folgende Arbeitgänge durchzuführen: Freiräumen der Fläche mit einem Bulldozer, Auftragen einer ca. 65 cm starken Schicht bindigen Bodens und das Verdichten des Bodens mit einer Walze. Zusätzlich soll eine 10 cm starke Schicht Rote Erde aufgebracht und verdichtet werden, um die Wasserableitungsfähigkeit der Fläche zu verbessern.

Kosten:

Freiräumen der Fläche:	Miete Bulldozer inkl. Fahrer, 1 Tag	= <u>200 US\$</u>
Platzbefestigung mit bindigem Boden:	250 m ² x 0,5 m x 1,3 (Faktor Verdichtung) x 2,25 US\$/m ³	= <u>340 US\$</u>
Abdeckung Rote Erde:	250 m ² x 0,1 m x 1,3 (Faktor Verdichtung) x 3,00 US\$/m ³	= <u>100 US\$</u>
Verdichtung der Fläche:	Miete Walze inkl. Fahrer, 3 Stunden	= <u>80 US\$</u>
<i>Gesamtkosten der Maßnahme:</i>		= <u>720 US\$</u>

Schutzwall

Zweck der Maßnahme:

Zum Schutz der KOSA vor dem abfließenden Oberflächenwasser der Erschließungsstraße könnte ein Schutzwall zwischen Straße und KOSA errichtet werden (siehe Kap. 5.2.1). Als Alternativvariante steht der Aushub eines Entwässerungsgrabens entlang der Straße zur Diskussion. Beide Maßnahmen weisen Nachteile auf. Durch den Schutzwall gehen etwa 70 m² der Anlagenfläche verloren. Dagegen ist der Entwässerungsgraben aufgrund von abgeschwemmten Straßenmaterial vermutlich nur von kurzer Beständigkeit und jährliche Ausbesserungsarbeiten notwendig.

Ausführung:

Die Errichtung des Schutzwalls sollte in Verbindung mit der Flächenausgleichserweiterung erfolgen, da das zu beseitigende Material (Abfall) beim Freiräumen der Fläche für den Schutzwall verwendet werden kann. Der Abfall wird mit einem Radlader abtransportiert und an der Erschließungsstraße zu einem Wall aufgeschüttet. Der zu errichtenden Wall ist etwa 24 m lang, 2,50 m hoch und an der Basis ca. 3 m breit. Ein Entwässerungsgraben müsste mittels eines Minibaggers mit einer Tiefe und Breite von jeweils 1 m auf einer Länge von 24 m ausgehoben werden.

Kosten:

Aufschütten des Walls:	Miete Radlader inkl. Fahrer, 1 Tag	= <u>200 US\$</u>
Grabenaushub:	Miete Minibagger inkl. Fahrer, 1 Tag	= <u>100 US\$</u>

Überdachung

Zweck der Maßnahme:

Die sehr starken und häufigen Niederschlagsereignisse während der Regenzeit machen einen Regenwasserschutz für die Rottemieten unbedingt erforderlich. Da die als Sofortmaßnahme angeschafften Plastikplanen (vgl. Kap. 5.2.4) zum einen die Belüftung des Rottegutes stark behindern und zum anderen das Regenwasser nicht flächendeckend ableiten sondern lediglich den Wassereintrag von „oben“ in die Mieten verhindern, ist die Teilüberdachung der Rottefläche als längerfristige Problemlösung in jedem Fall zu empfehlen.

Ausführung:

Die Überdachung sollte mindestens einen Teilbereich der Hauptrottefläche (Material ab der 6. Rottewoche) und den gesamten Nachrottebereich vor Regenwassereinwirkungen schützen. Hierfür ist bei der gegenwärtigen Anlagenkapazität in etwa eine Fläche von 250 m² (30x8 m) zu überdachen. Die Überdachung wird als Flachdachkonstruktion mit Stahltraggestell (Höhe 1,60 m, Stützenabstand 3 bzw. 4 m) und Wellblechauflage ausgeführt.

Kosten:

Material:

Traggestell:	Vierkanthohlstahl: 0,40 US\$/m x 250m	= <u>100 US\$</u>
Dachfläche:	Wellblech: 2 US\$/m ² x 250 m ²	= <u>500 US\$</u>
Anfertigung:	Arbeitsleistung	= <u>200 US\$</u>
Gesamtkosten der Maßnahme:		= <u>800 US\$</u>

5.3 Verfahrensstufen

In diesem Kapitel werden die einzelnen Verfahrensstufen der Kompostierung auf der Pilot-Kompostierungsanlage Stung Mean Chey hinsichtlich der praktischen Vorgehensweise bei der Ausführung bestimmter Arbeitsgänge näher beschrieben. Dieses Kapitel ist lediglich als Ergänzung zu den auf der Grundlage der Untersuchungen und Optimierungen erarbeiteten Verfahrens- und Betriebsanweisungen im Betriebshandbuch der Kompostierungsanlage (Anhang C) zu verstehen.

5.3.1 Anlieferung und Annahme

Die Abfallanlieferung erfolgt nach Bedarf, wenn die Vorrottefläche der KOSA nicht ausgelastet ist. Bislang wurden zwei verschiedene Abfallarten auf der Pilot-KOSA angenommen. Zum einen Marktabfälle vom Markt Dumkor, dessen Abfälle anteilig seit der Anlaufphase der Anlage im Januar 2001 auf der KOSA behandelt werden (siehe Bild 8, Anhang E). Zum anderen Schlachthofabfälle vom privat betriebenen Böng Salang Schlachthof, welche erst seit Januar 2002 bezüglich der Eignung zur Kompostierung und der Einflüsse auf den Rotteprozess auf der KOSA getestet werden (siehe Bild 9, Anhang E).

Vereinzelt wurden auch schon Marktabfälle der Märkte Kandal und Thmay (Central Markt) auf der Pilot- KOSA angenommen. Da der Störstoffgehalt bei diesen Markt- abfällen deutlich über dem der Dumkor Markt- abfälle lag und bisher genügend Markt-

abfälle vom Dumkor Markt zur Verfügung standen, entschied die Arbeitsgruppe diese Abfälle vorerst nicht mehr zu berücksichtigen (siehe Kap. 4.5.1).

5.3.2 Materialaufbereitung

Im Folgenden sind die wichtigsten Arbeitsgänge zur Materialaufbereitung auf der Pilotanlage näher beschrieben, wobei die zeitliche Abfolge bei der praktischen Ausführung mit der Reihenfolge im Text übereinstimmt.

Störstoffauslese

Das Ziel der Störstoffauslese ist die Schaffung eines weitestgehend störstofffreien Rottegutes mit möglichst geringem wirtschaftlichem Aufwand. Da gegenwärtig keine Kosten bei der Beseitigung der anfallenden Störstoffe auf der Deponie entstehen, ist ausschließlich der erforderliche Arbeitsaufwand für die Störstoffauslese als wirtschaftlicher Faktor zu sehen.

Störstoffe:

Als Störstoffe sind zum einen alle nicht organischen Materialien (z.B. Plastiktüten, Metalle) in den Marktabfällen und zum anderen die Bestandteile, welche eine aufwendige separate Aufbereitung erfordern (z.B. Bambuskörbe, verpackte Essensreste), zu bezeichnen.

Die Bambuskörbe behindern aufgrund ihrer Größe und der Geflechtstruktur die Umsetzarbeiten der Sortierkräfte sehr stark, da das Rottegut von den Körben großräumig zusammengehalten und nur mit enormer Kraftanstrengung getrennt werden kann. Deshalb müssen die Bambuskörbe als Störstoffe aus dem Rottegut entfernt und aufbereitet werden (siehe Zerkleinerung).

Die in Plastiktüten verpackten Speisereste sind nur durch einen sehr hohen Arbeitsaufwand für die Kompostierung zugänglich zu machen, da die Tüten einzeln geöffnet und entleert werden müssen. Zudem befinden sich sehr häufig in den Plastiktüten mit den Speiseresten eine Vielzahl kleinstückiger Störstoffe, welche nach dem Öffnen der Tüten in das Rottegut gelangen. Besonders nachteilig für die Kompostqualität ist hierbei der in den Tüten enthaltene Glasbruch. Aus den dargelegten Gründen werden auf der KOSA bei der Störstoffauslese nur große Plastiktüten geöffnet die einen nahezu störstofffreien Inhalt vermuten lassen. Kleine Plastiktüten und Tüten, die von außen sichtbare Störstoffe enthalten, werden gänzlich aussortiert.

Vorgehensweise und Aufwand:

Bei der Störstoffauslese wird der Marktabfallinput von den Sortierkräften durch manuelle Negativauslese in zwei Stoffströme getrennt. Der Arbeitsaufwand für diese Tätigkeit hängt entscheidend vom Störstoffanteil, der Art der enthaltenen Störstoffe und der Vorgehensweise ab. Eine wirtschaftliche Störstoffauslese bedingt einen Kompromiss zwischen hoher Arbeitsgeschwindigkeit und optimaler Arbeitsqualität. Weshalb keine vollständige Auslese der Störstoffe erfolgen kann und eine geringe Fehlwurfquote von kompostierfähigem Material durchaus akzeptabel ist. Allerdings war es sehr schwierig, den Sortierkräften auf der KOSA ein gutes Gefühl für die Ver-

hältnismäßigkeit zwischen notwendigem Reinheitsgrad des Rottegutes und einem vertretbaren Arbeitsaufwand zu vermitteln.

Um den Arbeitsaufwand möglichst gering zu gestalten, wird die Störstoffauslese im Praxisbetrieb der KOSA schrittweise durchgeführt. Beim Aufsetzen der Vorrottemieten werden etwa 70 - 80 Vol.-% und während des Rotteprozesses bei den einzelnen Umsetzungsvorgängen ca. 20 - 25 Vol.-% der enthaltenen Störstoffe entfernt. Die Resttrennung erfolgt bei der Absiebung des Kompostes. In der Abbildung 5.3 sind die Stoffströme bei der Störstoffauslese und die volumenbezogenen Anteile der einzelnen Materialfraktionen dargestellt. Um eine Arbeitsbehinderung zu vermeiden und das Aussehen der KOSA positiver zu gestalten, werden die ausgelesenen Störstoffe nach Beendigung des Arbeitsgangs umgehend auf die Deponie verbracht.

Wertstoffauslese der Sortierer

Wertstoffe:

Folgende Wertstofffraktionen werden von den Sortierern auf der KOSA gesammelt:

- PVC-Folie
- Hartplastik (z.B. Flaschen- und Glasverschlüsse, Einwegspritzen)
- Plastik Trinkflaschen und – Kanister
- Pappe und Karton
- Aluminium-Getränkedosen
- alle größeren Teile aus Aluminium, Kupfer und Zink
- Arzneiflaschen

Menge und Erlös

Von den Sortierkräften auf der KOSA wird nur eine sehr geringe Wertstoffmenge bei der Störstoffauslese separat erfasst. Die Menge variiert zwischen 25 und 35 l je 50 m³ sortiertes Inputmaterial und ist abhängig vom Wertstoffgehalt der angelieferten Marktabfälle. Als Ursachen für die geringe Wertstoffausbeute der Sortierer ist zum einen der niedrige Wertstoffgehalt der Marktabfälle und zum anderen die schlechte Marktsituation für Recyclingrohstoffe zu sehen.

Nur zwei der drei Sortierkräfte auf der KOSA betreiben die Wertstoffauslese als Nebenverdienst. Die erzielten zusätzlichen Einnahmen sind sehr gering und betragen etwa 4 bis 8 US\$ je Arbeiter und Monat.

Zerkleinerung

Aufgrund der auftretenden Materialstruktur und bestimmter Materialeigenschaften bei den Marktabfällen, wirkt sich die anteilige Zerkleinerung des Inputmaterials sehr vorteilhaft auf den Rotteprozess aus. Zum Zerkleinern der Marktabfälle wird der im Kapitel 5.2.4 näher beschriebene Shredder auf der KOSA eingesetzt. Wie dargestellt können bislang ausschließlich Zuckerrohrbestandteile und Bananenstauden mit diesem Shredder aufgefasert werden.

Vorgehensweise:

- (1) Beim Aufsetzen der Rottemieten bzw. bei der Störstoffauslese gleichfalls ein Großteil der Zuckerrohrbestandteile und der Bananenstauden (ca. 70 - 80 Vol.-%) von den Sortierkräften separiert.
- (2) Sobald eine angemessene Menge (ca. 0,5 m³) dieses Materials aussortiert ist, wird eine Arbeitskraft für die Zerkleinerung mittels des Shredders abgestellt.
- (3) Das aufgefaserte Material wird zum einen mit dem nicht zerkleinerten Inputmaterial vermischt und zum anderen separat als Mietenabdeckung verwendet.

Wirkung:

Die Zuckerrohrstängel sind mit einer rottehemmenden wachsähnlichen Schicht überzogen, weshalb sich das Auffasern der Stängel stark beschleunigend auf die Rottegeschwindigkeit dieses Materials auswirkt. Aufgrund der feinen Struktur und des hohen Wassergehaltes ist das aufgefaserte Material auch sehr gut zur Mietenabdeckung geeignet. Hierdurch wird das Austrocknen des Rottegutes verzögert und somit der Bewässerungsaufwand reduziert sowie der notwendige Umsetzungsvorgang etwas aufgeschoben. Die Auswirkungen des Shredderns auf die Materialeigenschaften des Zuckerrohrs sind im Kapitel 5.4.3 aufgeführt.

In Verbindung mit den seit Januar 2001 auf der KOSA angenommenen Schlachthofabfällen, welche eine sehr feine Materialstruktur aufweisen, ist die beschriebene anteilige Zerkleinerung der Marktabfälle (Zuckerrohr und Bananenstauden) zur Schaffung einer guten Materialstruktur für den Rotteprozess ausreichend. Allerdings können aufgrund des eingeschränkten Shreddereinsatzes die im Marktabfallinput enthaltenen Bambuskörbe und Kokosnüsse nicht zerkleinert und somit auch nicht kompostiert werden, wodurch sich die auszusortierende Störstoffmenge wesentlich erhöht. Zudem geht mit dem Entfernen der Bambuskörbe ein Material verloren, was während der Regenzeit hervorragend zur Regulierung des hohen Wassergehaltes in den Rottemieten eingesetzt werden könnte. Das manuelle Zerkleinern der Bambuskörbe und Kokosnüsse mittels Macheten wurde getestet, aber erwies sich als viel zu zeitaufwendig.

5.3.3 Rottephase

Aufsetzen der Rottemieten

Beim Aufsetzen der Rottegutmieten haben sich im Laufe der Pilotphase zwei verschiedene Vorgehensweisen bewährt. Die Entscheidung, nach welchem Verfahren die jeweilige Miete aufgesetzt wird, orientiert sich an den gerade verfügbaren Arbeitskräften bzw. der Dringlichkeit anderer Arbeitsgänge wie Umsetzen oder Absieben.

Erstes Verfahren:

Der angelieferte Marktabfall wird vom Sammelfahrzeug direkt auf dem für die Vorrottemiete vorgesehenen Platz abgekippt. Anschließend wird von einem Arbeiter lediglich das Randmaterial auf das schon richtig positionierte Rottegut aufgesetzt, so dass eine Trapezmiete von etwa 1,50 Meter Höhe entsteht. Hierbei werden nur oberflächlich Störstoffe ausgelesen, kein Zuckerrohr geschreddert und auch kein an-

deres Material (Schlachthofabfall oder Siebrest) zugesetzt. Eine gründlichere Störstoffauslese im gesamten Mietenmaterial sowie weitere Aufbereitungsschritte werden erst beim Umsetzen durchgeführt.

Dieses Verfahren erweist sich als wenig zeitaufwendig, so dass ein Arbeiter in 5 bis 7 Stunden eine Miete mit 40 - 50 m³ aufsetzen kann. Allerdings ist hierbei nicht von einer wirklichen Zeiteinsparung zu sprechen, sondern lediglich von einer Verlagerung, da bei diesem Verfahren das erste Umsetzen dementsprechend länger dauert. Ein kleiner Nachteil dieses Verfahrens ergibt sich dadurch, dass aufgrund der fehlenden Aufbereitung und Auflockerung des Rottegutes die Kerntemperatur der Miete schon nach etwa 8 - 12 Tagen unter 50°C fällt und umgesetzt werden muss.

Zweites Verfahren:

Die angelieferten Marktabfälle werden beim Abkippen so auf der Vorrottefläche positioniert, dass nach einer Seite etwa 0,5 bis 1 Meter zum Aufsetzen der Miete frei bleiben. Um den Material-Transportweg gering zu halten sollte die Freifläche nicht wesentlich größer gewählt werden. Nach wenigen Tagen oder direkt im Anschluss wird das Rottegut vorzugsweise von mindestens zwei Arbeitern in Richtung der Freifläche aufgesetzt. Hierbei werden die Arbeitsgänge der Materialaufbereitung entsprechend den Inputanforderungen und dem zur Verfügung stehendem Zuschlagsmaterial ausgeführt. Bei der Anwendung dieses Verfahrens benötigen drei Arbeiter je nach Materialaufbereitung etwa 3 bis 4 Arbeitstage für das Aufsetzen von 50 m³ Rottegut. Jedoch sind die Rottebedingungen in einer solchen Miete wesentlich besser als beim ersten Verfahren und die Kerntemperatur bleibt in der Regel mindestens 2½ Wochen über dem kritischen Wert von 50°C.

Umsetzen

Um die Rottebedingungen (Wasser, Sauerstoff) in der Miete nach dem Absinken der Mietenkerntemperatur unter 50°C wieder zu verbessern, muss die Rottemiete umgesetzt werden. Außerdem dient das Umsetzen der schrittweisen Rottegutbewegung im Sinne des angedachten Materialflusses auf der Anlage und zur Aufrechterhaltung des erforderlichen Mietenvolumens durch das Ausgleichen des Rotteverlustes.

Beim Umsetzen sind die Arbeitsgänge: Materialtransport, eine geringfügige Störstoffauslese und die Rottegutbewässerung sowie das Homogenisieren und Auflockern des Rottegutes auszuführen. Im Praxisbetrieb auf der KOSA wird das Rottegut während der Hauptrottephase in der Regel drei- bis viermal umgesetzt und anschließend zur Nachrotte aufgeschichtet. Das Umsetzen der Rottegutmieten wird manuell mit Mistgabeln und rechtwinkligen Gabeln zum Auseinanderziehen des Rottegutes durchgeführt. Sind aufgrund größerer Freiflächen Materialtransportwege weiter als 3 m zurückzulegen, wird die Schubkarre zur Hilfe genommen. Beim Umsetzen wird der trockene Mietenrand der „alten Miete“ bewässert und in den Kern der „neuen“ Miete eingebaut, so dass sich das weniger weit verrottet Material im rotteaktiveren Mietenkern befindet. Die Mieten werden in der Trockenzeit zu einer Höhe von 1,6 m und einer Basisbreite von 4 - 4,5 m in Trapezform aufgeschichtet (siehe Kap.), hierbei wird der entstandene Rotteverlust durch möglichst gleichaltriges Rottegut einer anderen Miete ausgeglichen.

Die Rottemieten werden für gewöhnlich im Sinne des Materialflusses auf der KOSA in Richtung der Nachrottefläche umgesetzt und das Rottegut für eine gute Flächenauslastung soweit wie möglich (Mietenabstand 0,5 m) an die nächste Miete herangebewegt. Um bei Bedarf immer einen freien Rotteplatz neben der umzusetzenden Miete verfügbar zu haben, ist eine sehr gute und kontinuierliche Betriebskoordination erforderlich. Kann die notwendige Freifläche neben der Miete nicht rechtzeitig geschaffen werden, wird die Miete gewissermaßen auf der Stelle durch eine geringfügige Rottegutverlagerung (0,5 m) in Richtung der Arbeitsfläche umgesetzt. Das Mietenumsetzen in Richtung des Einfahrtbereiches ist in jedem Fall zu vermeiden, da hierdurch der Materialfluss auf der Anlage und somit der ganze Betriebsablauf durcheinander gerät (z.B. keine Freiflächen im Vorrottebereich zur Inputannahme).

Bewässerung des Rottegutes

Die Bewässerung des Rottegutes erfolgt entweder aus den stationären Wassertanks auf dem Betriebsgelände der KOSA, mittels Wasserschlauch (Länge 30 m, Ø 22 mm) und Eimer oder direkt vom Tankfahrzeug aus. Das erforderliche Wasser wird je nach Bedarf bei einem in der Nähe der Deponie ansässigen Beförderungsunternehmen bestellt und stammt aus einem Trinkwasserbrunnen im Stadtteil Stung Mean Chey. Für den Zweck der Mietenbewässerung würde zwar auch die Wasserqualität des Flusswasser aus dem Mekong bzw. Basac River genügen, doch wäre dieses Wasser aufgrund der deutlich längeren Transportentfernung zur KOSA wesentlich teurer (siehe Kap. 4.6.7).

Eine Messeinrichtung zur Bestimmung des Wassergehalts im Rottegut ist nicht vorhanden, so dass der Feuchtigkeitsgehalt und somit der Bewässerungsbedarf mittels „Faustprobe“ ermittelt werden muss. Folgende zwei Methoden der Mietenbewässerung werden gegenwärtig auf der Pilot-KOSA je nach Arbeitskraftsituation angewendet:

Rottegut-Bewässerung beim Umsetzen:

Die Bewässerung des Rottegutes beim Umsetzen der Miete ist in jedem Fall die wirkungsvollere und effektivere Variante, da die Bewässerung bedarfsgerecht erfolgen und somit der Feuchtigkeitsgehalt im Material gleichmäßig auf einen optimalen Wertebereich eingestellt werden kann. Da das Umsetzen ein zeitaufwendiger Arbeitsvorgang ist, muss die parallel stattfindende Bewässerung mittels Schlauch und Eimer aus den Wassertanks der KOSA erfolgen. Hierbei wird das ausgetrocknete Randmaterial der Miete stärker befeuchtet als das teilweise noch nasse Material aus dem Mietenkern.

Rottegut-Bewässerung ohne Umsetzen:

Kann eine Miete mit zu geringem Feuchtigkeitsgehalt im Mietenkern aufgrund fehlender Arbeitskräfte nicht umgesetzt werden, wird das Rottegut ohne Umsetzen bewässert und die Miete zu einem späteren Zeitpunkt umgesetzt. Hierbei werden die Mieten an der Oberseite, über die gesamte Mietenlänge hinweg, mit einer Harke geöffnet. Danach erfolgt über diese Öffnung der Wassereintrag in den Mietenkern. Abschließend wird die Miete wieder geschlossen und zusätzlich die Mietenoberfläche bzw. der Mietenrand bewässert. Zweckmäßigerweise werden für diese Bewässe-

rungsvariante alle in Betracht kommenden Mieten unmittelbar vor der Wasseranlieferung entsprechend vorbereitet und die Bewässerung gleich direkt vom Tankfahrzeug aus durchgeführt.

5.3.4 Kompostaufbereitung

Die Kompostaufbereitung ist ein notwendiger Verfahrensschritt, um die Klassierung des zum Verkauf vorgesehenen Kompostes (8 bzw. 18 mm Korngröße) vorzunehmen und die verbliebenen Störstoffe aus dem Kompost weitestgehend zu entfernen. Seit dem Einsatz der Siebmaschine im Januar 2002 werden für die Kompostaufbereitung auf der KOSA zwei verschiedene Verfahrensmethoden der Absiebung (Aufstellsieb und Siebmaschine) angewendet.

Die 18-er Absiebung und somit auch die Störstoffabtrennung wird in der Regel mit der Siebmaschine durchgeführt, da der erforderliche Arbeitsaufwand hierbei deutlich geringer ausfällt als bei der Benutzung des Aufstellsiebs. Allerdings kann der wirtschaftliche Nutzen der Siebmaschine noch erheblich gesteigert werden, wenn der elektrische Antrieb über den Generator in einen funktionsfähigen Zustand überführt wird (siehe Kap. 5.2.4). Bislang sind für das Betreiben der Siebmaschine mindestens zwei Arbeitskräfte erforderlich, wobei ein Sortierer die Siebmaschine mit Kompost befüllt und ein weiterer die Handkurbel zum Drehen der Siebtrommel bedient (siehe Bild 11, Anhang E). Um Leerläufe und eine unzureichende Auslastung der Siebtrommel zu vermeiden, ist es zweckmäßig zum Befüllen der Siebmaschine zwei Sortierkräfte einzusetzen.

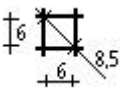
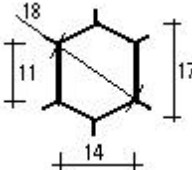
Das Aufstellsieb mit der Maschenweite 18 mm wird gegenwärtig nur noch bei reparaturbedingtem Ausfall der Siebmaschine eingesetzt. Hierzu wird das Sieb in einem Winkel von etwa 45° aufgestellt und von einer Sortierkraft das abzusiebende Kompostmaterial auf die Siebfläche aufgebracht. Ein zweiter Sortierer reibt das Material mit den Händen während des Abrollens auf der geneigten Ebene durch die Siebmaschen (siehe Bild 13, Anhang E). Dieser Arbeitsgang ist sehr kraftanstrengend und bedingt einen hohen Verschleiß an Arbeitshandschuhen. Das Aufstellsieb für die 18-er Absiebung als Durchwurfsieb ohne das manuelle Reiben zu gebrauchen, ist aufgrund des dabei erzielten sehr schlechten Wirkungsgrades (Kompostmenge im Verhältnis zum Siebrest) äußerst unwirtschaftlich.

Das Kompostprodukt der Korngröße 8 mm kann aufgrund der nicht wechselbaren Siebnetzbespannung bei der Siebmaschine ausschließlich mit dem feinporigen Aufstellsieb hergestellt werden. Aus wirtschaftlichen Gründen (Minimierung der Siebrestmenge und des Arbeitsaufwands) wird hierfür die 18 mm Fraktion nachgesiebt und nicht das ungesiebte Material verwendet. Da bei diesem Siebvorgang auch der Siebüberwurf ein verkaufsfähiges Kompostprodukt darstellt, wird das Aufstellsieb bei der 8 mm Absiebung wegen des deutlich geringeren Arbeitsaufwandes als Durchwurfsieb benutzt. Um eine ausgewogene Korngrößenverteilung im 18-er Kompostprodukt zu erreichen, sollte der Siebüberwurf der 8 mm Absiebung mit dem nicht nachgesiebten Kompost der 18-er Siebung vermischt werden.

Die Mengenverhältnisse bei den verschiedenen Absiebvorgängen und die Siebreteigenschaften sind im Kapitel 5.4.3 aufgeführt. Im Kapitel 5.4.5 können die Korngrö-

ßenverteilungen der Kompostprodukte eingesehen werden. In der Tabelle 5.4 sind die wichtigsten Daten der verschiedenen Absiebmethoden zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5.4: Technische Daten der verschiedenen Absiebmethoden

Bezeichnung	feinporiges Sieb		grobporiges Sieb	
	quadratisch		sechseckig	
Maschenform	quadratisch		sechseckig	
Maschengröße [mm]				
Drahtstärke [mm]	0,5		einfach 0,5; doppelt 1,0	
max. Durchgang [mm]	8,5		18,0	
Methode	Aufstellsieb	Aufstellsieb	Siebmaschine	
Siebfläche	1,47 m ² (194x76 [cm])	1,47 m ² (194x76 [cm])	2,83 m ² (d = 60, l = 150 [cm])	
erforderliche Arbeitskräfte	1	2	2	
Ø Durchsatz [Mg/h] (erzielte Kompostmenge)	0,3 m ³ /h	0,11 m ³ /h (2 Arbeitskräfte)	0,17 m ³ /h (2 Arbeitskräfte) 0,34 m ³ /h (3 AK)	

5.4 Analytik ausgewählter chemischer und physikalischer Parameter

5.4.1 Analyseausstattung und Versuchsbedingungen

Zur Durchführung einfacher chemischer und physikalischer Feldversuche auf der KOSA wurde vom Autor eine kleine Laborausstattung, welche die elementarsten Materialien enthielt, in Deutschland zusammengestellt und mit nach Kambodscha genommen. Vor Ort wurde dann die Ausstattung noch etwas erweitert und ergänzt, so dass die beabsichtigten Parameter hinreichend genau bestimmt werden konnten. Um das Budget des Projektes bzw. das des Autors nicht übermäßig zu strapazieren, versuchte der Autor teure technische Hilfsmittel und Labormaterialien durch preiswerte oder kostenlose Alternativen zu ersetzen, was größtenteils zufriedenstellend gelang. So wurden beispielsweise die Dewar-Gefäße für die Rottegradbestimmung im Selbsterhitzungsversuch vom Autor aus Abfallprodukten gefertigt (siehe Bild 21, Anhang E), die erforderlichen Blumentöpfe aus Plastik-Getränkeflaschen hergestellt und die Schütteleinrichtung zur Probenaufbereitung durch manuelle Arbeitsleistung substituiert.

Die Durchführung der Feldversuche war aufgrund der unzureichenden Arbeitsplatzsituation äußerst schwierig und ungemein zeitintensiv. Um die Einflüsse der wechselnden äußeren Versuchsbedingungen auf die Endergebnisse möglichst gering zu halten, mussten die einzelnen Analysen sehr häufig wiederholt und die Versuchsausführung überaus aufwendig betreut werden.

Bis auf wenige Ausnahmen und kleinen Abweichungen wurden die Analysemethoden nach den Güte- und Prüfbestimmungen der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. durchgeführt. Die detaillierte Vorgehensweise und die verwendeten Materialien bei der Bestimmung der einzelnen Parameter sind im Anhang D 5 dieser Diplomarbeit zusammengestellt. Alle im folgenden Kapitel aufgeführten und verwendeten Analysenwerte, welche nicht anderweitig gekennzeichnet sind, wurden vom Autor selbst während seiner Tätigkeit auf der Pilot-Anlage ermittelt.

5.4.2 Inputmaterial

Marktabfall Dumkor Markt

Im Kapitel 4.5.2 wurde schon sehr ausführlich auf die abfallwirtschaftliche Situation und die daraus resultierende veränderliche Abfallzusammensetzung auf dem Dumkor Markt eingegangen. Die Abfallzusammensetzung bestimmt entscheidend die Eigenschaften des Materials und somit die Ausgangsbedingungen für den Rotteprozess sowie den Arbeitsaufwand bei der Aufbereitung. Der Marktabfall des Dumkor Marktes wies während des Untersuchungszeitraums von Okt. 2001 bis März 2002 folgende Materialeigenschaften auf:

Zusammensetzung: siehe Abbildung 5.3

Struktur: mittel bis grob, feines Material nur in geringen Mengen vorhanden

Farbe: grün, gelb bis braun

Geruch: schwach und nicht störend, teilweise leicht nach Heu (Zuckerrohr, Blätter) oder gärig (Obst)

Schüttdichte FS: 380 - 420 g/l

Wassergehalt: 60 - 65 Gew.-% FS

pH- Wert: 7,5 - 8,0

Salzgehalt: 4,8 - 5,3 g_{KCL}/l_{FS}

Luftporenvolumen: 30 - 40 %

Org. Substanz: 72 % TS (Soil and Plant Analysis Laboratory Phnom Penh)

C/N- Verhältnis: 33:1 (Soil and Plant Analysis Laboratory Phnom Penh)

Schlachthofabfälle

Die Schlachthofabfälle sind in ihrer Art und jeweiligen Zusammensetzung sehr verschieden, allerdings sind die einzelnen Arten untereinander nur wenig vermischt und werden meist getrennt zur Deponie befördert. Als grobe Einteilung lassen sich Fleischabfälle (bzw. Knochen, Hufe) sowie Verdauungstraktinhalte vom Schwein und vom Rind ausmachen. Für die Abfallbehandlung auf der KOSA kommen nur nahezu sortenreine Verdauungstrakt-Abfälle (Magen-Darm-Inhalt) vom Rind in Frage, da nur dieser Abfall fast vollständig pflanzlicher Herkunft ist und eine gut zu verarbeitende Struktur aufweist. Leider ist auch dieser Abfall zum Teil mit Tierblut versetzt, so dass sich schon nach kurzer Lagerzeit (1 Tag) eine große Anzahl weißer Maden in dem

Abfall entwickeln. Der auf der KOSA angenommene Schlachthofabfall hat folgende Eigenschaften:

Zusammensetzung: 97 - 98 Gew.-% Gras (z.T. schon verdaut) und geringe
Anteile Wasserhyazinthen

1 - 2 Gew.-% Schweineborsten, Stroh, Holzschnitzel,
Steine, Knochen und Fleischreste

1 - 2 Gew.-% mit Störstoffen gefüllte Plastiktüten
nach einem Tag Lagerzeit etwa 10 Vol.% Maden

Farbe: grün-gelblich

Struktur: fein bis sehr fein

Geruch: das frische Material leicht bis mittelstark nach Mist, nach einem
Tag Lagerzeit sehr intensiv nach Gülle und Kadaver

Schüttdichte FS: 725 - 775 g/l

Wassergehalt : 75 - 80 Gew.-% FS

Luftporenvolumen: 10 - 15 %

Salzgehalt: 5,1 - 5,5 g_{KCL}/l_{FS}

pH-Wert: 8,0 - 8,5

Bewertung des Inputmaterials

Aufgrund der beschriebenen Materialeigenschaften sind die auf der Pilotkompostierungsanlage angenommenen Abfälle gut für die Abfallbehandlung in Form der offenen Mietenkompostierung nach dem angestrebten Verfahrenskonzept (siehe Betriebshandbuch, Anhang C) geeignet. Durch das Vermischen der organischen Markt-Abfälle mit den pflanzlichen Schlachthofabfällen und der praktizierten Materialaufbereitung (Störstoffauslese, anteiliges Zerkleinern der Zuckerrohrbestandteile, Homogenisierung, ggf. Siebrestrückführung) können günstige Ausgangsbedingungen für den Kompostierungsprozess geschaffen werden.

Allerdings ist in der Zusammensetzung des Inputmaterials der Pilot-Anlage ein Mangel an langsam rottendem Strukturmaterial wie z.B. Baum- und Strauchschnitt feststellbar. Der Zusatz von derartigem Material würde sich insbesondere in der Regenzeit (sehr hoher Wassergehalt) äußerst positiv auf den Rotteprozess auswirken. Im Folgenden sind die wichtigsten Inputparameter für den Kompostierungsprozess kurz bewertet (Vermischung der beiden Ausgangsrohstoffe Markt- bzw. Schlachthofabfall im Volumenverhältnis 90:10).

Wassergehalt:

- im Mittel während der Trockenzeit etwa bei 64 %, liegt somit noch im günstigen Bereich, in der Regenzeit teilweise etwas zu hoch

organische Substanz:

- > 70 % TS, sehr hoch bedingt durch den Mangel an Strukturmaterial, sehr großes Potential für den biologischen Abbauprozess vorhanden

Nährstoffverhältnis:

- C/N = 33:1, gut ausgewogenes Nährstoffverhältnis

Materialstruktur:

- durch das anteilige Zerkleinern der Zuckerrohrbestandteile wird ein günstiges Verhältnis zwischen strukturreichem und strukturarmen Rottegut erreicht
- das Luftporenvolumen liegt etwa bei 30 %, somit ist eine ausreichende Gerüststruktur im Rottekörper vorhanden
- ein ausreichender Sauerstoffeintrag in das Rottegut ist während der Trockenzeit gewährleistet, in der Regenzeit treten aufgrund des sehr hohen Wassergehaltes teilweise Probleme bei der Belüftung auf

Störstoffgehalt:

- verhältnismäßig hoher Arbeitsaufwand bei der Störstoffauslese (Marktabfälle), der Störstoffgehalt sollte durch geeignete Maßnahmen bei der Sammlung reduziert werden, besonders die enthaltenen Glasanteile bereiten Probleme hinsichtlich der Kompostqualität
- die enthaltenen Schweineborsten in den Schlachthofabfällen stellen kein Problem dar, diese verrotten größtenteils und die Reste werden bei der Absiebung abgetrennt

Schadstoffgehalt:

- i.d.R. nicht nachweisbar, gelegentlich sehr geringe Mengen an Batterien, Farb-, Kraftstoffrückständen enthalten, diese werden bei der Störstoffauslese großräumig entfernt

Geruchsentwicklung:

- bei schneller Materialverarbeitung gering, die Schlachthofabfälle sollten noch am Tag der Anlieferung verarbeitet werden

5.4.3 Materialanalysen während der Verfahrensstufen der Kompostierung

Inputaufbereitung

Störstoffauslese bei den Marktabfällen

Im Kapitel 5.3.2 sind die Zielsetzungen und die Materialbedingungen sowie die hieraus resultierende Vorgehensweise bei der Störstoffauslese auf der KOSA beschrieben. Aufgrund der Eigenschaften des Inputmaterials (verpackte Speisereste etc.) und der herrschenden Arbeitsumstände (eingeschränkter Shreddereinsatz etc.) fällt die im Praxisbetrieb ausgelesene und somit nicht zur Kompostierung verwendete Materialmenge (ca. 7 - 10 Gew.-%) deutlich höher aus, als der Anteil an nicht organischem Material in den Marktabfällen (ca. 4 - 5 Gew.-%).

Aus wirtschaftlicher Sicht (Arbeitsaufwand etc.) ist es unter den gegenwärtigen Bedingungen (keine Beseitigungskosten) in jedem Fall vorteilhaft die Störstoffauslese in der dargestellten Weise durchzuführen. In der Abbildung 5.3 sind die aufgrund der Störstoffauslese entstehenden Stoffströme Rottegut und ausgelesenes Material hin-

sichtlich der Mengenanteile sowie der jeweiligen Zusammensetzung charakterisiert. Hierbei ist die gesamte manuelle Störstoffauslese während der Rottephase betrachtet, die sich wie beschrieben aus der Störstoffauslese beim Mietenaufsetzen (ca. 70 - 80 Vol.-%) und –umsetzen (ca. 20 - 25 Vol.-%) zusammensetzt. Dagegen ist die Störstoffabtrennung beim Siebprozess in der Darstellung nicht berücksichtigt.

Die angegebenen Wertebereiche resultieren im wesentlichen aus der leicht wechselnden Inputzusammensetzung im Untersuchungszeitraum November 2001 bis März 2002.

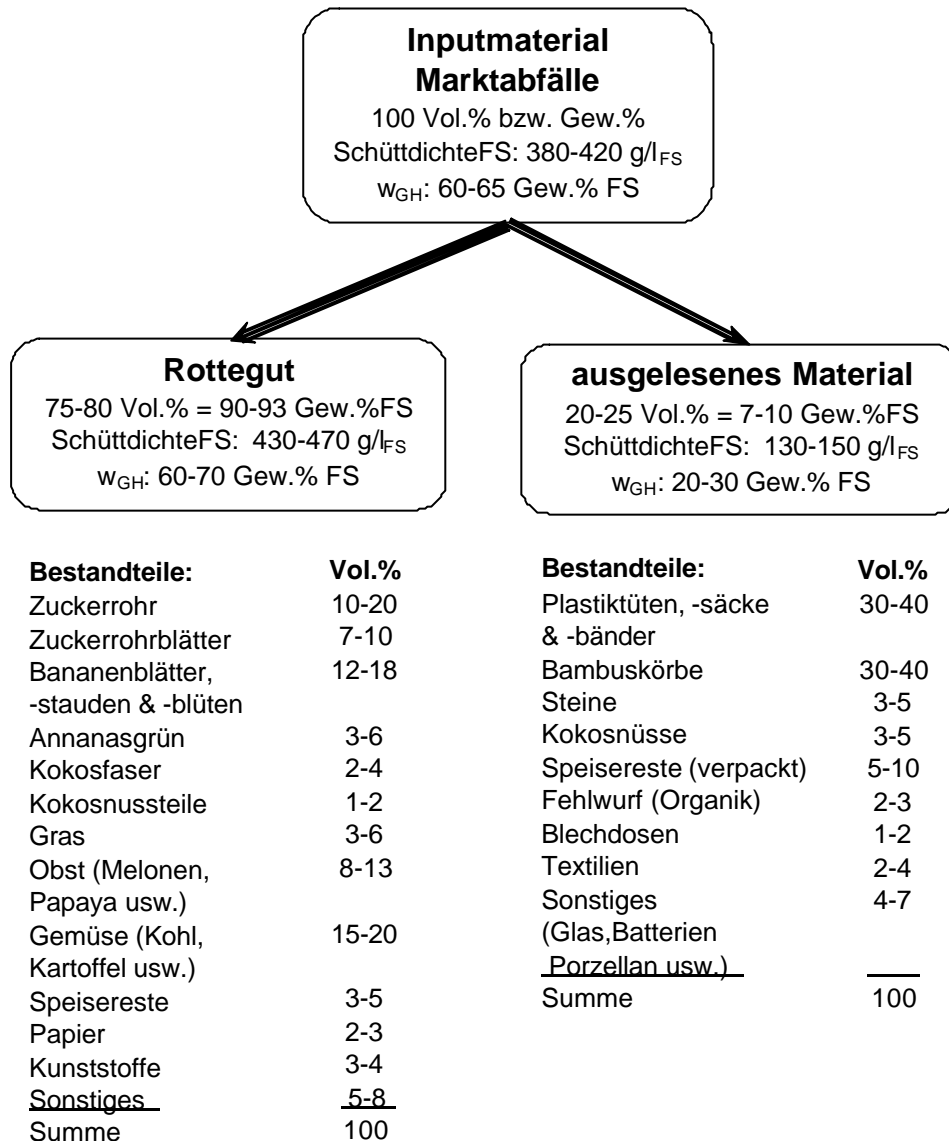


Abbildung 5.3: Zusammensetzung der Stoffströme bei der Störstoffauslese (Marktabfälle)

Zuckerrohrzerkleinerung

Im Kapitel 5.3.2 ist der Einsatz des Shredders und die Verwendung des zerkleinerten Zuckerrohrs auf der KOSA beschrieben. Im Ausgangszustand ist das Zuckerrohr ein sehr kompaktes Material, welches aufgrund einer wachsähnlichen Schutzschicht auf den Zuckerrohrstängel nur sehr langsam verrottet.

Außerdem wirken sich die sehr grobe Struktur und der hohe Mengenanteil der Zuckerrohrbündel nachteilig auf die Materialstruktur der gesamten Rottemiete aus. Dies bedingt schlechte Rottebedingungen für das gesamte Rottegut und ein schnelles Austrocknen des Mietenkerns. Durch die Zerkleinerung wird das Zuckerrohrmaterial den Mikroorganismen der Kompostierung optimal zugänglich gemacht und verrottet deshalb sehr schnell. Zudem wird mit dem Untermischen des zerkleinerten Zuckerrohrs eine deutliche Verbesserung der Materialstruktur in der gesamten Miete und die hiervon ausgehende Intensivierung des Rotteprozesses erreicht. In der Tabelle 5.5 sind die Materialeigenschaften des Zuckerrohrs vor und nach dem Shreddern gegenübergestellt.

Tabelle 5.5: Auswirkungen des Shredderns auf die Materialeigenschaften des Zuckerrohrs

Parameter	Zuckerrohr	
	vor dem Shreddern	nach dem Shreddern
Struktur	sehr grob, lange feste Stängel	sehr fein, kurz und fasrig
Schüttdichte FS	400 - 450 g/l	175 - 200 g/l
Wassergehalt	70 - 75 Gew.-% FS	65 - 70 Gew.-% FS
Salzgehalt	6,5 - 7,5 gKCL/l FS	2,75 - 3,25 gKCL/l FS
pH- Wert	8,5 - 9,0	8,5 - 9,0

Kompostaufbereitung

Trennverhältnisse der einzelnen Siebmethoden

Aufbauend auf das Kapitel 5.3.4, in welchem die praktischen Vorgehensweisen und die technischen Bedingungen für die Siebvorgänge auf der KOSA dargelegt sind, werden an dieser Stelle die Erkenntnisse bezüglich der Trennverhältnisse bei der Absiebung erläutert. Neben der Reduzierung des Arbeitsaufwandes und dem optimalen Entfernen der Störstoffe ist aus wirtschaftlicher Sicht das Erzielen eines möglichst hohen Trennverhältnisses (Durchgang/Rückstand) der maßgebliche Faktor für die Steuerung des Siebvorgangs.

In erster Linie wird das Trennverhältnis bei der Siebung natürlich von der Korngrößenverteilung des abzusiebenden Materials und von der gewählten Siebmaschenweite bestimmt. Die Maschenweiten 8 und 18 mm wurden von der Arbeitsgruppe nach gründlicher Beratung hinsichtlich einer guten Eignung für die verschiedenen Anwendungsbereiche des Kompostes (Topfpflanzen, Landwirtschaft etc.) und einer ausreichenden Störstoffabtrennung festgelegt. Weiterhin sind die technischen Rahmenbedingungen und die praktische Ausführung der Absiebung von großem Einfluss auf das erreichbare Trennverhältnis (siehe Kap. 5.4.3).

Zusätzlich zu den genannten Faktoren zeigte sich bei der Durchführung der Absiebung auf der KOSA eine deutliche Abhängigkeit zwischen dem erzielten Trennverhältnis und dem vorliegenden Wassergehalt im abzusiebenden Material. Ein zu hoher Wassergehalt (> 25 % FS) im Material bedingt eine starke Klumpenbildung infolge der Rollbewegung beim Siebvorgang und das schnelle Zusetzen der Siebma-

schen, wodurch die Siebüberlaufmenge unverhältnismäßig hoch (> 50 %) ausfällt. Auch ein zu geringer Wassergehalt (< 15 % FS) im Material ist nachteilig für das Trennverhältnis beim Siebvorgang, da sich das Kompostmaterial bei einer starken Trocknung in der Miete teilweise zu großen und sehr festen Brocken verbindet, welche bei der Absiebung nur in sehr geringem Maße zerfallen.

In der Praxis hat sich ein Wassergehalt von 18 bis 22 % FS im abzusiebenden Material als optimal zum Erreichen einer hohen Produktausbeute bei der Absiebung erwiesen. Deshalb sollte entweder die Nachrottephase in Mietenform bis zur Einstellung eines solchen Wassergehaltes betrieben und/oder vor der Aufbereitung eine Trocknung durch das Ausbreiten des Kompostes vorgenommen werden. In der Abbildung 5.4 sind die mittleren Trennverhältnisse bei der Absiebung für die einzelnen Siebmethoden auf der KOSA dargestellt.

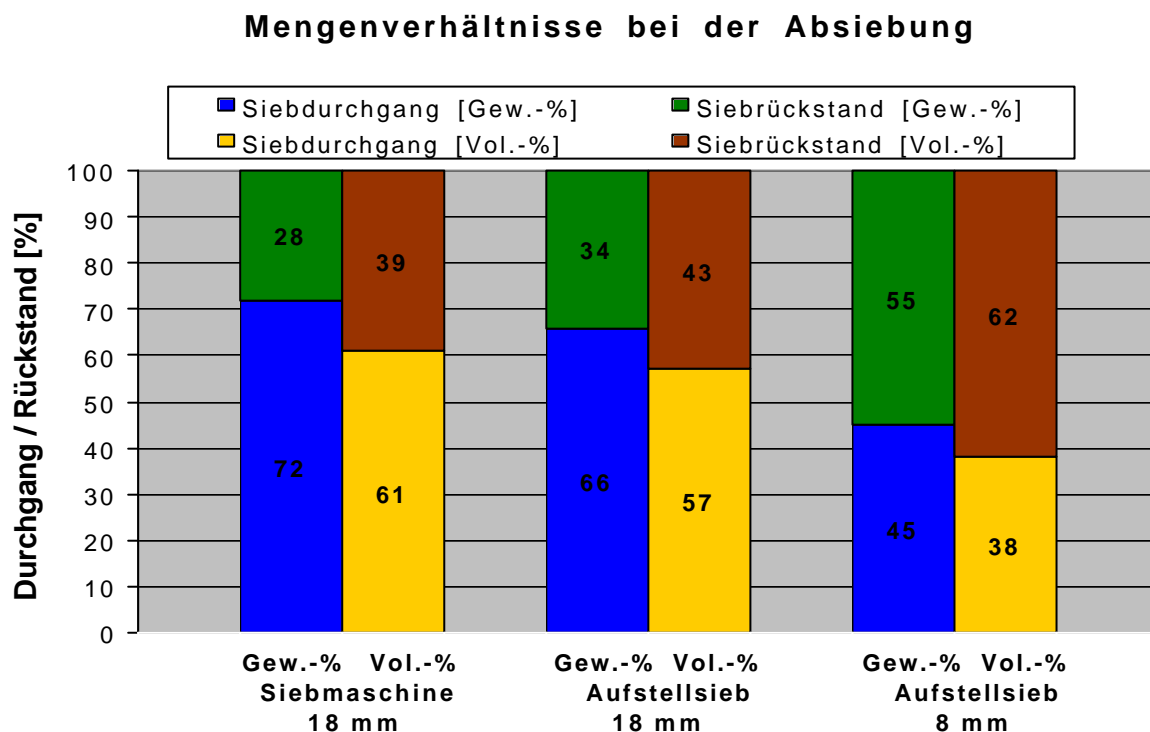


Abbildung 5.4: Trennverhältnisse der einzelnen Absiebmethoden

In der Abbildung 5.4 ist zu erkennen, dass durch den Einsatz der Siebmaschine die Produktausbeute bei der 18 mm Absiebung gesteigert werden konnte. Die Abweichung zwischen Gewichts- und Volumen-% resultieren aus den unterschiedlichen Schüttgewichten von feinkörnigen (höherer Anteil im Durchgang) und groben Material. Bei der 8 mm Absiebung ist zu berücksichtigen, dass hierbei die 18 mm Fraktion nachgesiebt wird und somit der Siebrückstand auch ein vermarktungsfähiges Kompostprodukt darstellt. Deshalb wird bei dieser Siebmethode hauptsächlich auf einen möglichst geringen Arbeitsaufwand und nicht auf die Reduzierung der Siebrückstandsmenge geachtet. Die Korngrößenverteilungen der verschiedenen Kompostprodukte sind im Kapitel 5.4.5 dargestellt.

Siebrest der 18 mm Absiebung

Wie in Abbildung 5.4 ersichtlich ist, werden bei der 18 mm Absiebung etwa 30 Gew.-% des kompostierten Materials vom Kompostprodukt abgetrennt und fallen somit als Siebrest an. Dieser sehr hohe Mengenanteil an der Gesamtproduktion muss aus wirtschaftlichen Gründen in jedem Fall weiterbehandelt und zur Herstellung von vermarktungsfähigen Kompostprodukten genutzt werden. Denn 30 % Verlust bei der Aufbereitung sind für eine Kompostierungsanlage, welche in erster Linie aus dem Kompostverkauf finanziert werden soll, keinesfalls akzeptabel.

Der erforderliche Arbeitsaufwand für die Behandlung des Siebrestes ist unter den Gesichtspunkten der während des Kompostierungsprozesses schon in dieses Material investierten Arbeitsleistung (Störstoffauslese, Umsetzen etc.) und der hierdurch unmittelbar erwirtschafteten Kompostmenge zu betrachten. Nachfolgend sind die für eine Weiterbehandlung maßgebenden Materialeigenschaften des Siebrestes aufgeführt und die sich hieraus ergebenden Behandlungsschritte dargelegt.

Schüttdichte: 500 – 550 g/l
 Wassergehalt: 15-20 Gew.-% FS
 Zusammensetzung: siehe Tabelle 5.6

Tabelle 5.6: Zusammensetzung Siebrest

Bestandteile	Gew.-%	Vol.-%
Steine >5mm	12-15	5-6
Störstoffe >5mm (Kunststoffe, Metall, Gummi, Porzellan, Styropor)	2,5-4	13-20
Muscheln >5mm	5-6	4-5
Knochenteile >5mm	1-2,5	2-3
Kokosnusssfasern >10mm	2-3	10-15
Scherben	0,2-0,3	3 Stk./l
Holzstücken >10mm	1,5-2	1-2
Kompost	70-75	58-65
Gesamt	100	100

Korngrößenverteilung: siehe Abbildung 5.5

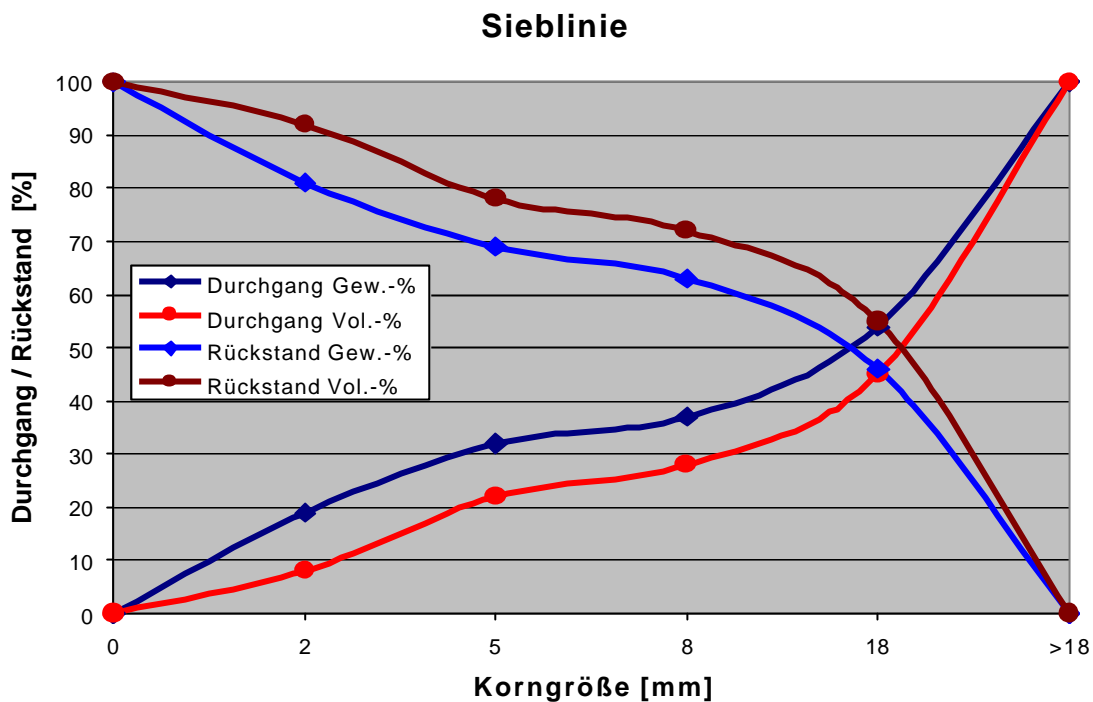


Abbildung 5.5: Korngrößenverteilung im Siebrest der 18 mm Absiebung

Aus der Tabelle 5.6 geht hervor, dass der Siebrest der 18 mm Absiebung hauptsächlich aus Kompost besteht und sowohl die Störstoffe als auch die nicht verrotten organischen Bestandteile (Kokosnusssfasern, Holz) nur einen verhältnismäßig geringen Anteil ausmachen. Zudem zeigt die Abbildung 5.5, dass über 50 Gew.-% des Siebrestmaterials eine Korngröße unter 18 mm aufweist, wobei allerdings die enthaltenen Kompostbrocken bei der Sieblinienermittlung weitestgehend zerkleinert wurden.

Es ist festzustellen, dass bei der Absiebung unbeabsichtigt eine große Menge des produzierten Kompostes in den Siebrest gelangt und der Siebrest hierdurch ein sehr großes Nutzungspotential für eine weitergehende Behandlung aufweist. Im Praxisbetrieb der KOSA haben sich zwei Varianten der Siebrestbehandlung als zweckdienlich erwiesen. Unabhängig von der weiteren Verfahrensweise sollte der Siebrest schon während des Siebvorgangs und vor dem nächsten Behandlungsschritt durch die Sortierkräfte mit geringem Zeitaufwand grob von den enthaltenen Störstoffen befreit werden.

In der Regenzeit und dem damit verbundenen extrem hohen Wassergehalt im Inputmaterial ist die Rückführung des Siebrestes zur Vorrotte (vermischen mit dem Inputmaterial) die vorteilhaftere Verfahrensweise. Denn aufgrund des geringen Wassergehaltes (< 25 %FS) im Siebrest und dem enthaltenen Strukturmaterial (Kokosnusssfasern, Holz) kann der mittlere Wassergehalt im Rottegut gesenkt und die Rottebedingungen in der Miete verbessert werden. Allerdings wird hierdurch der Störstoffgehalt im Rottegut erhöht, was sich besonders in Hinblick auf den relativ hohen Glasanteil im Siebrest (vgl. Tab. 5.6) nachteilig auf die Kompostqualität auswirken

kann. Die Glasbestandteile des Siebrestes sind zwar in der Regel größer als 18 mm und würden auch beim nächsten Absiebvorgang wieder abgetrennt, doch besteht die Gefahr, dass die dünnwandigen Glasteile bei den umfangreichen Arbeiten an den Mieten (Umsetzten etc.) zerbrechen und somit in das Kompostprodukt gelangen.

Aufgrund dessen und wegen des geringeren Arbeitsaufwandes sowie der unnötigen Wassergehaltsreduzierung beim Inputmaterial ist es in der Trockenzeit günstiger den Siebrest zu befeuchten und zu einer separaten Miete aufzusetzen. Hierdurch brechen die im Siebrest enthaltenen Kompostbrocken auf und fallen bei einer späteren Absiebung als Kompostprodukt und nicht als Siebrest an.

5.4.4 Temperaturverlauf im Mietenkern während des Rotteprozesses

Da der Temperaturverlauf im Mietenkern parallel zur Intensität der Ab-, Um- und Aufbauprozesse verläuft, ist die Temperaturentwicklung besonders geeignet zur Steuerung des Rotteverlaufs. So werden die Zeitpunkte der Umsetzungsvorgänge und die erforderliche Rottedauer maßgeblich vom Temperaturverlauf in der Miete bestimmt.

Im Praxisbetrieb der KOSA wird eine optimale Rottesteuerung mittels der Temperaturentwicklung, aufgrund stark unterschiedlicher Temperaturen in verschiedenen Bereichen des Mietenkerns (unzureichende Homogenisierung), erheblich erschwert. Um die Temperaturentwicklung in der gesamten Miete objektiv bewerten zu können, sind mindestens drei Temperaturmessungen je Miete erforderlich. Eine tägliche Temperaturüberwachung in allen Rottemieten auf der KOSA ist anzustreben, aber aufgrund der geringen Anzahl der zur Verfügung stehenden Thermometer (3 Stk.), der langsamen Anzeigegeschwindigkeit (2 h) und der Notwendigkeit der Mehrfachmessung (mind. 3) kann dies gegenwärtig nicht realisiert werden. Die Arbeitsgruppe legte deshalb den auszuführenden Untersuchungsrahmen für den Sachgebietsleiter Kompostierungsprozess auf drei mal drei Temperaturmessungen je Miete und Woche fest.

Wie im Kapitel 5.1 beschrieben, verfolgt die Arbeitsgruppe in erster Linie das Ziel einer bestmöglichen Flächenauslastung der KOSA, wodurch im Praxisbetrieb aufgrund des begrenzten Leistungsvermögens der Arbeitskräfte zwangsläufig gewisse Einschränkungen bei der Schaffung optimaler Rottebedingungen hingenommen werden müssen. Diese Einschränkungen beziehen sich im wesentlichen auf die Zeitverzögerungen, welche in der Praxis bei der Durchführung der erforderlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Rottebedingungen wie z.B. Umsetzten und Bewässern auftreten. Hierdurch sinken die Temperaturen im Mietenkern partiell deutlich unter 50 °C, woraus eine Hemmung des Rotteprozesses und somit die Verlängerung der Rottedauer resultieren.

Da während der Trockenzeit normalerweise der Wassergehalt im Rottegut den limitierenden Faktor für die Rotteintensität darstellt und die vorherrschende Materialstruktur eine ausreichende Rottegutbelüftung gewährleistet, sind auch bei Mientemperaturen unter 50 °C keine nachteiligen anaeroben Prozesse in den Mieten zu erwarten. In der Regenzeit ist dies nicht gegeben, so dass während der Regenzeit bei der Rotteführung größerer Wert auf das termingerechte Umsetzten der Rotte-

gutmieten gelegt und hierdurch Mietentemperaturen unter 50 °C vermieden werden sollten.

In den Abbildungen 5.6 bis 5.8 sind typische Temperaturverläufe für die Marktabfallkompostierung während der Trockenzeit in Abhängigkeit von der jeweils praktizierten Rotteführung aufgezeigt. Die dargestellten Temperaturverläufe wurden aus einer Vielzahl von temperaturüberwachten Rottemieten im Zeitraum Oktober 2001 bis März 2002 ermittelt und auf durchschnittliche Werte abgeglichen. Das Aufsetzen der Rottemieten erfolgte bei den aufgezeigten Temperaturverläufen immer nach dem Verfahren I (siehe Kap. 5.3.3), da dieses Verfahren im Praxisbetrieb am häufigsten angewendet wird. Die Hygienisierung des Rottegutes ist bei allen Varianten der Rotteführung in jedem Fall gewährleistet, da während mehrerer Tage Temperaturen über 60 °C erreicht werden. Als Temperaturmaximalwert wurden in Einzelfällen kurzzeitig 74 °C im Mietenkern gemessen, so dass ein Mietenumsetzen infolge zu hoher Temperatur im Untersuchungszeitraum nie erforderlich war.

In Abbildung 5.6 ist der Temperaturverlauf in einer Rottemiete bei optimaler Rotteführung dargestellt. Die Miete wurde unmittelbar nach der Marktabfallanlieferung aufgesetzt und jeweils sofort bei Erreichen der Temperaturgrenze von 50 °C umgesetzt und bedarfsgerecht bewässert. Wird diese Handlungsweise konsequent eingehalten, kann die gesamte Rottephase (Vor- und Hauptrotte) in nur 10 Wochen abgeschlossen werden. Die Intensivrottephase ($T > 65^{\circ}\text{C}$) dauert etwa 4 Wochen, wobei sich diese Phase durch das Einbringen des von der Rotte nahezu ausgeschlossenen Randmaterials in den Mietenkern beim ersten Umsetzvorgang erheblich verlängert.

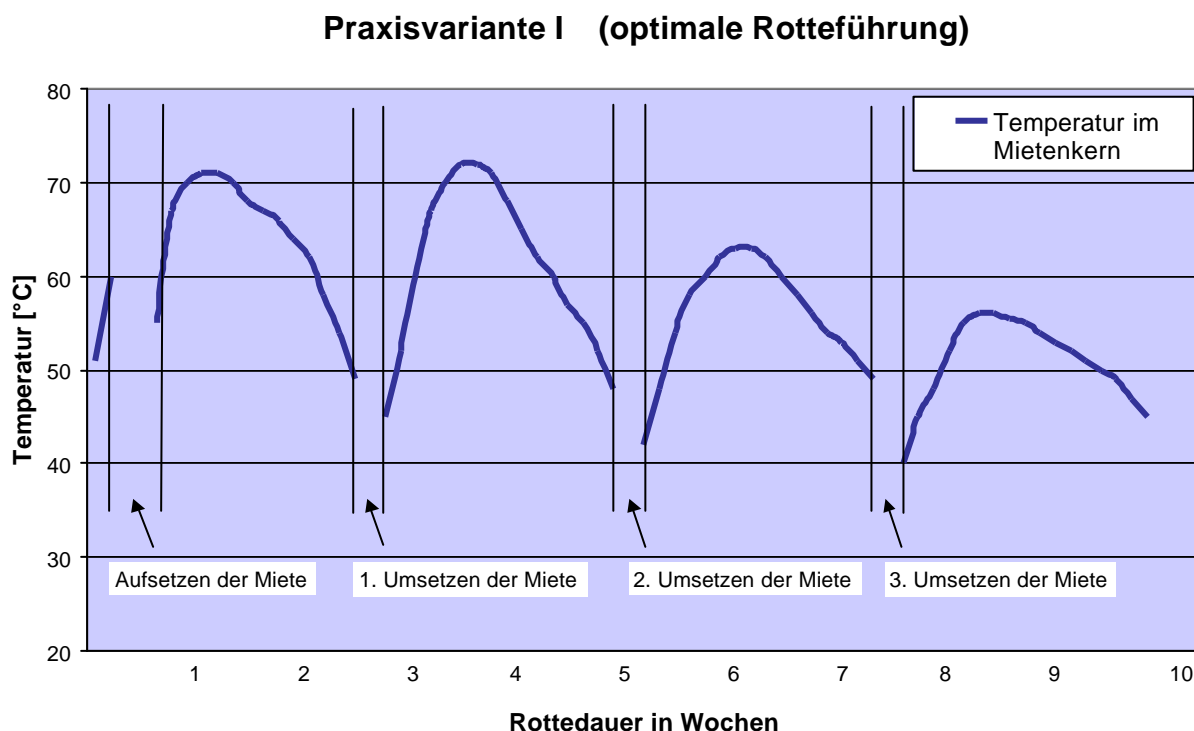


Abbildung 5.6: Temperaturverlauf in einer Rottemiete bei optimaler Rotteführung

Die Abbildung 5.7 zeigt den im gegenwärtigen Praxisbetrieb der KOSA am häufigsten auftretenden Temperaturverlauf in den Rottemieten. Hierbei sind Handlungsverzögerungen (2 bis 4 Tage) beim Umsetzen nach dem Absinken der Temperatur unter 50 °C und ein etwas späteres Aufsetzen der Miete charakteristisch.

Es ist zu bemerken, dass die Mietentemperatur nach dem Umsetzvorgang infolge des geringeren Startwertes einen stärkeren Anstieg aufweist als bei Variante I. Die mittlere Hauptrottedauer verlängert sich um ca. 3 Wochen auf den für gegenwärtige Kalkulationen maßgebenden Wert von 13 Wochen.

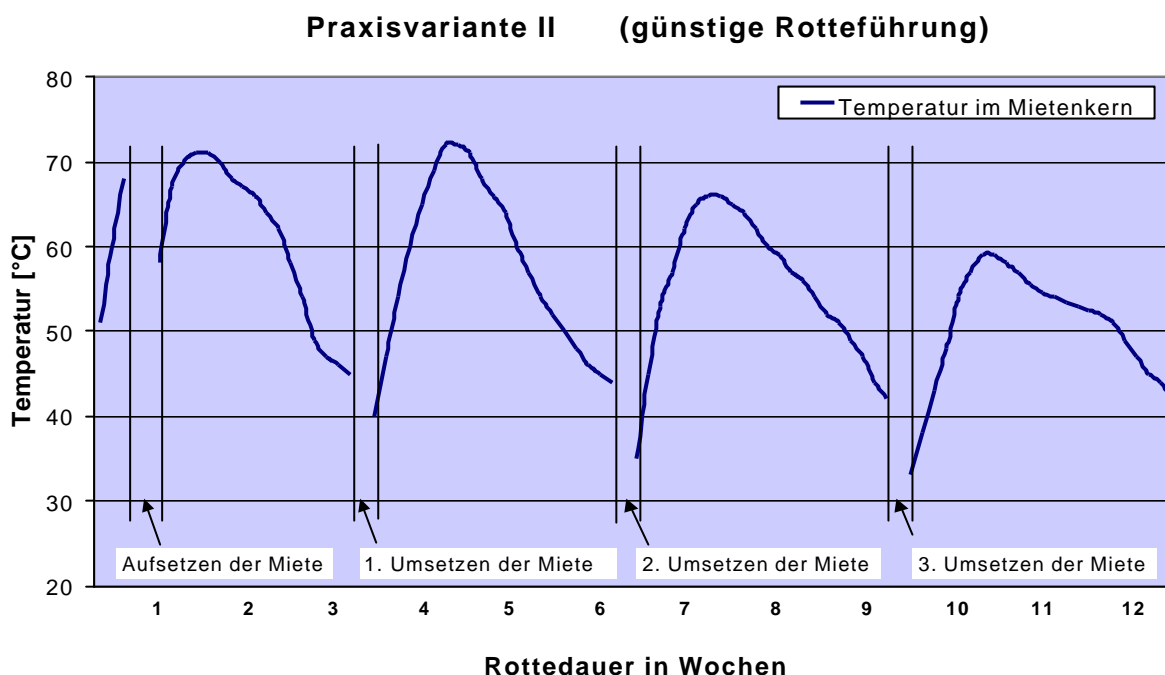


Abbildung 5.7: Temperaturverlauf in einer Rottemiete bei günstiger Rotteführung

In der Abbildung 5.8 ist der Temperaturverlauf in einer Rottemiete für eine stark verzögerte Handlungsweise dargestellt. Hierbei werden Verzögerungen beim Umsetzen von 5 - 8 Tagen und ein sehr spätes Aufsetzen der Miete betrachtet. Eine derartige Rotteführung sollte möglichst vermieden werden, kommt im Praxisbetrieb aber dennoch vor, wenn beispielsweise eine Sortierkraft längere Zeit krankheitsbedingt ausfällt.

Aufgrund der langen Phasen unter ungünstigen Rottebedingungen sind bei einer solchen Rotteführung oftmals vier Umsetzvorgänge erforderlich, da das Rottegut nach drei Umsetzvorgängen nur einem Rottegrad von III bis IV erreicht und in der Miete nach dem Umsetzen noch Temperaturentwicklungen von deutlich über 50 °C zu registrieren sind. Die Hauptrottedauer verlängert sich unter diesen Umständen auf bis zu 16 Wochen.

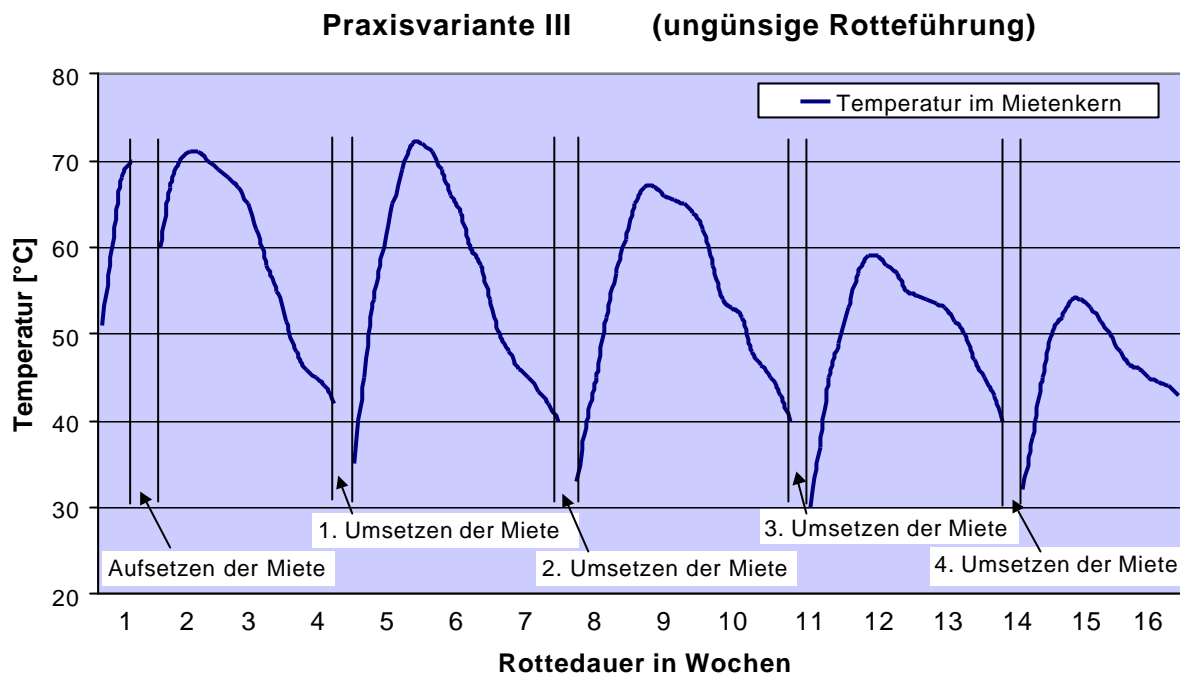


Abbildung 5.8: Temperaturverlauf in einer Rottemiete bei ungünstiger Rotteführung

5.4.5 Rotteverluste bei der Kompostierung von Marktabfällen

Die während der Kompostierung auftretenden Rotteverluste haben hinsichtlich der angestrebten optimalen Flächenauslastung und der Aufrechterhaltung eines für den Rotteprozess günstigen Mietenvolumens entscheidenden Einfluss auf die Betriebsführung der Anlage (Ausgleichen der Rotteverluste beim Umsetzen). Zudem wird die aus dem angenommenen Abfall zu produzierende Kompostmenge maßgeblich von den auftretenden Rotteverlusten bestimmt (vgl. Massebilanz, Kap. 5.5.3).

Die Abbildung 5.9 zeigt die Entwicklung der aufgesetzten Materialmenge im Verlauf des Rotteprozesses, wobei die im Inputmaterial enthaltenen Störstoffe schon vor dem Aufsetzen der Rottemiete nahezu vollständig entfernt wurden und somit nicht in die Betrachtung eingehen. Zudem ist in der prozentualen Darstellung der Materialmengen das nachträglich ins System eingebrachte Wasser bei der Rottegutbewässerung (ca. 3,9 Mg, siehe Kap. 5.5.2) nicht berücksichtigt.

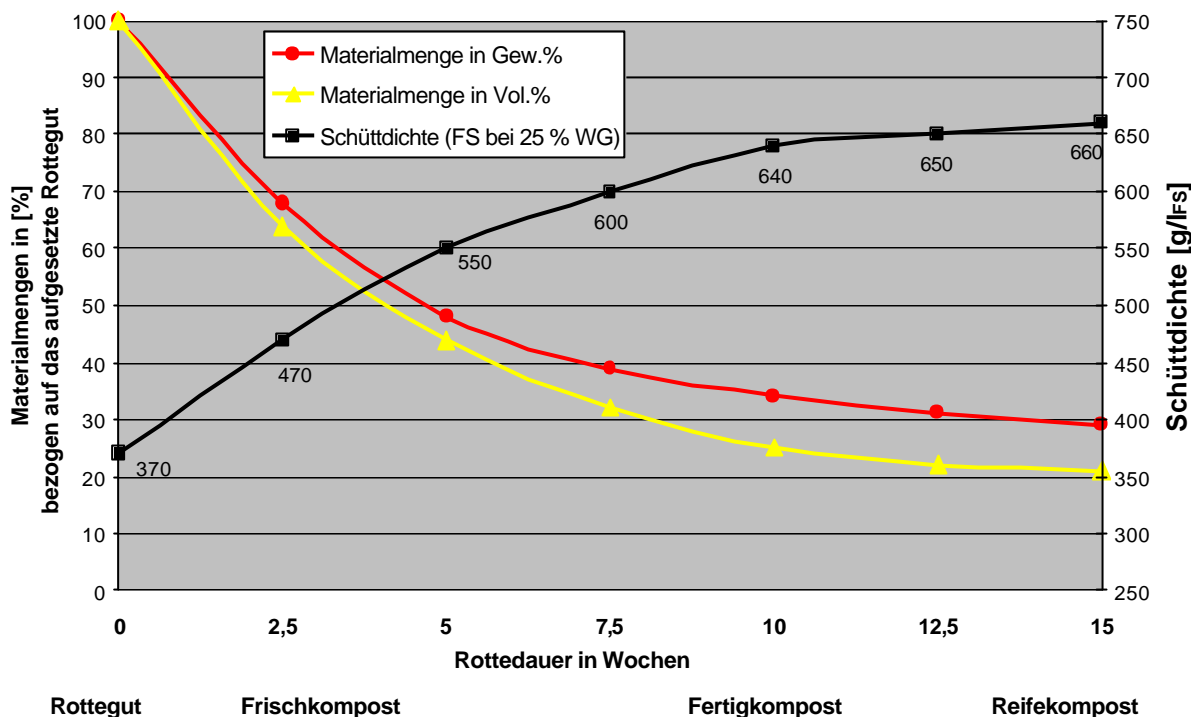


Abbildung 5.9: Ermittelte Rotteverluste bei der Kompostierung von Marktabfällen im Vergleich zur Entwicklung der Schüttdichte in Abhängigkeit von der Rottedauer

In Abbildung 5.9 ist zu erkennen, dass der Rotteverlust bei den Marktabfällen während der Kompostierung in etwa 71 Gew.-% beträgt. Der ermittelte Mengenverlust teilt sich in 58 Gew.-% Wasser durch Diffusionsvorgänge etc. und 13 Gew.-% organische Trockensubstanz durch Abbauprozesse auf. Es zeigt sich, dass die Abnahme des Rottegutvolumens mit einer Zunahme der Schüttdichte einhergeht (Materialverdichtung durch Umbau-, Aufbau- und Setzungsvorgänge).

Die Gewichtsreduzierung im Material ist in erster Linie vom Wasserhaushalt der Rottemiete abhängig, so findet der größte Masseverlust innerhalb der ersten fünf Rottewochen parallel zum stärksten Wasseraustrag statt (vgl. Kap. 5.5.2). In der Folgezeit wird durch die Mietenbewässerung der Wasseraustrag teilweise wieder ausgeglichen und somit auch der relative Masseverlust bezogen auf die aufgesetzte Rottegutmenge wesentlich reduziert. Allerdings ist auch der Trockensubstanzverlust ab der fünften Rottewoche als geringer einzuschätzen, da die Intensität der Abbauprozesse mit steigendem Rottealter abnimmt (siehe Temperaturentwicklung).

Der verhältnismäßig hohe Rotteverlust im Vergleich zu deutschen Kompostierungsanlagen (i.d.R. 45 - 60 Gew.-%) ist auf die besonderen Materialeigenschaften des Inputmaterials der Pilotkompostierungsanlage zurückzuführen, dass sich teilweise deutlich von den in Deutschland verwerteten organischen Abfällen unterscheidet. Bei den kompostierten Abfällen auf der Pilot- KOSA handelt es sich größtenteils um eine Monofraktion aus Obst-, Gemüse- und Speiseabfällen (vgl. Kap. 5.4.3) mit einem sehr hohen Wassergehalt, welche während des Rotteprozesses infolge der hohen Rottetemperaturen ihre Konsistenz schlagartig verändern. Strukturmaterial wie z.B.

Strauch- und Baumschnitt, welches sich nur langsam dem Rotteprozess anschließt und anteilig bis hin zum Fertigkompost im Material erhalten bleibt, ist so gut wie gar nicht im kompostierten Abfall auf der Pilot -KOSA enthalten.

5.4.6 Untersuchungen zum Rottegrad während der Kompostierung

Zur Charakterisierung des Rottezustandes bzw. –fortschrittes ist die Selbsterhitzungsfähigkeit des Rottegutes (Rottegrad) ein aussagekräftiges Bewertungskriterium. Zudem ist der erreichte Rottegrad bei der Kompostierung ein entscheidendes Qualitätsmerkmal für den produzierten Kompost bzw. dessen Produktzuordnung (Frisch- od. Fertigkompost). (Becker 1998)

Um den Rotteverlauf auf der Pilot- KOSA anhand der Rottegradentwicklung beschreiben zu können, wurden vom Autor zahlreiche Selbsterhitzungsversuche zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Rotte durchgeführt. Die praktische Ausführung der Selbsterhitzungsversuche erfolgte nach den Güte- und Prüfbestimmungen der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. und ist in Bild 21 (Anhang E) dargestellt. Die Resultate der durchgeführten Selbsterhitzungstests sind in der nachfolgenden Abbildung 5.10 aufgezeigt. Hierbei ist zu beachten, dass die einzelnen ermittelten Temperaturwerte in den jeweiligen Rottewochen teilweise recht deutlich voneinander abweichen (Maximalwert - Minimalwert).

Diese starken Abweichungen können im wesentlichen auf zwei Faktoren zurückgeführt werden. Zum einen ist der Rotteprozess in den einzelnen Mieten an den jeweiligen Versuchszeitpunkten aufgrund der verschieden praktizierten Rotteführung (vgl. Kap. 5.4.4) unterschiedlich weit fortgeschritten. Zum anderen hat der im Probematerial eingestellte Wassergehalt einen sehr großen Einfluss auf die Selbsterhitzungsfähigkeit des Materials. Die Einstellung des optimalen Wassergehaltes mittels „Faustprobe“ kann bei derartig umfangreichen Versuchsreihen gewisse Abweichungen bedingen und teilweise zu einer Überschätzung des Rottegrades führen. Aufgrund dessen sind für eine Beurteilung des Rotteverlaufs, die maximalen Temperaturwerte (gelbe Balken) aus den Selbsterhitzungstests von größerer Aussagekraft.

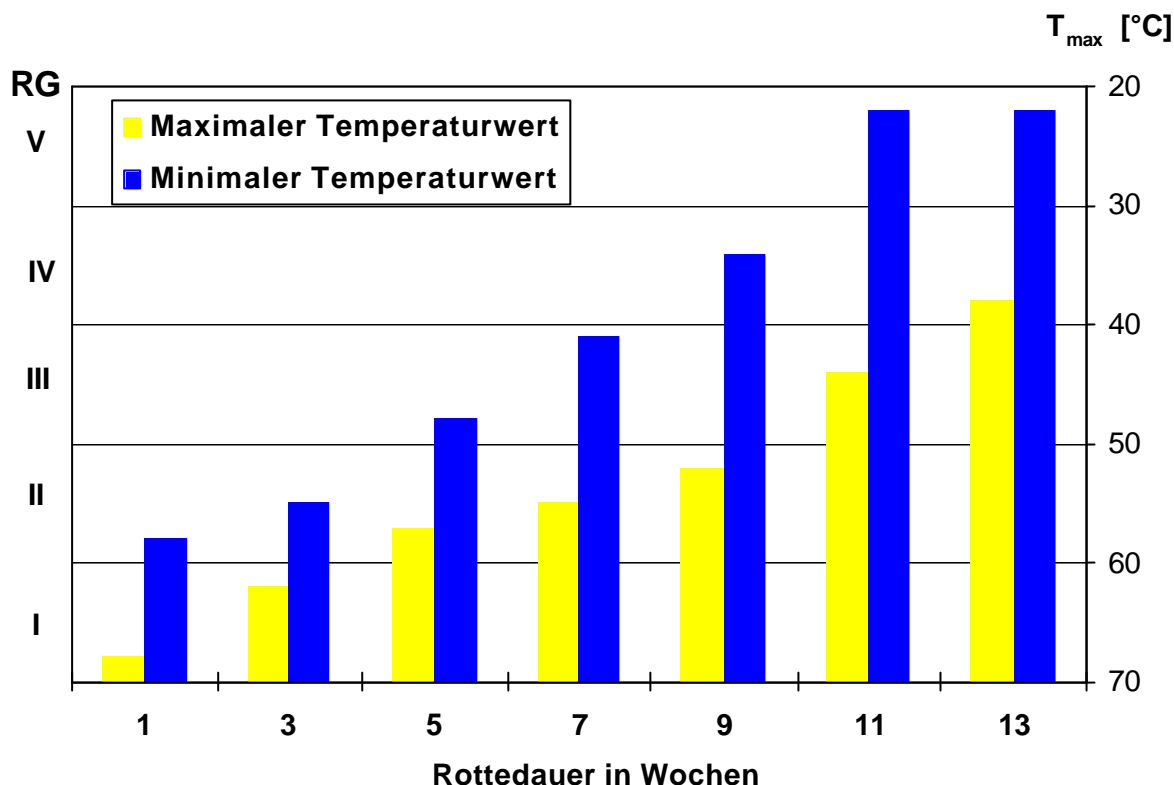


Abbildung 5.10: Rotteverlauf des Rottegrades (RG), ermittelt im Selbsterhitzungsversuch

Aus Abbildung 5.10 wird deutlich, dass bei der Kompostierung auf der Pilot- KOSA mit großer Sicherheit nach 13 Rottewochen mindestens der Rottegrad IV im Kompostmaterial erreicht wird und das Produkt somit als Fertigkompost vermarktet werden kann. Dagegen genügen 11 Rottewochen nicht in jedem Fall zum Erzielen des Rottegrades IV, dies wird nur bei sehr guter Rotteführung erreicht. Im Ergebnis der Vorrotte (Rottewoche 1 bis 3) wird Frischkompost mit den Rottegraden I und II erzeugt.

5.4.7 Veränderung des Salzgehaltes im Verlauf des Rotteprozesses

Der Salzgehaltes im Kompostprodukt ist von großer Bedeutung für die Pflanzenverträglichkeit des Kompostes (siehe Kap. 5.4.7), so können zu hohe Salzgehalte im eingesetzten Kompost das Pflanzenwachstum stark beeinträchtigen. Der Salzgehalt im Kompostprodukt wird in erster Linie vom Salzgehalt des Inputmaterials bestimmt und steigt mit zunehmender Rottedauer aufgrund der Abbauprozesse im Rottegut an. In Abbildung 5.11 ist die Veränderung des Salzgehaltes und der Schüttdichte im kompostierten Material auf der Pilot-Kompostierungsanlage in Abhängigkeit von der Rottedauer (Vor- und Hauptrotte) dargestellt.

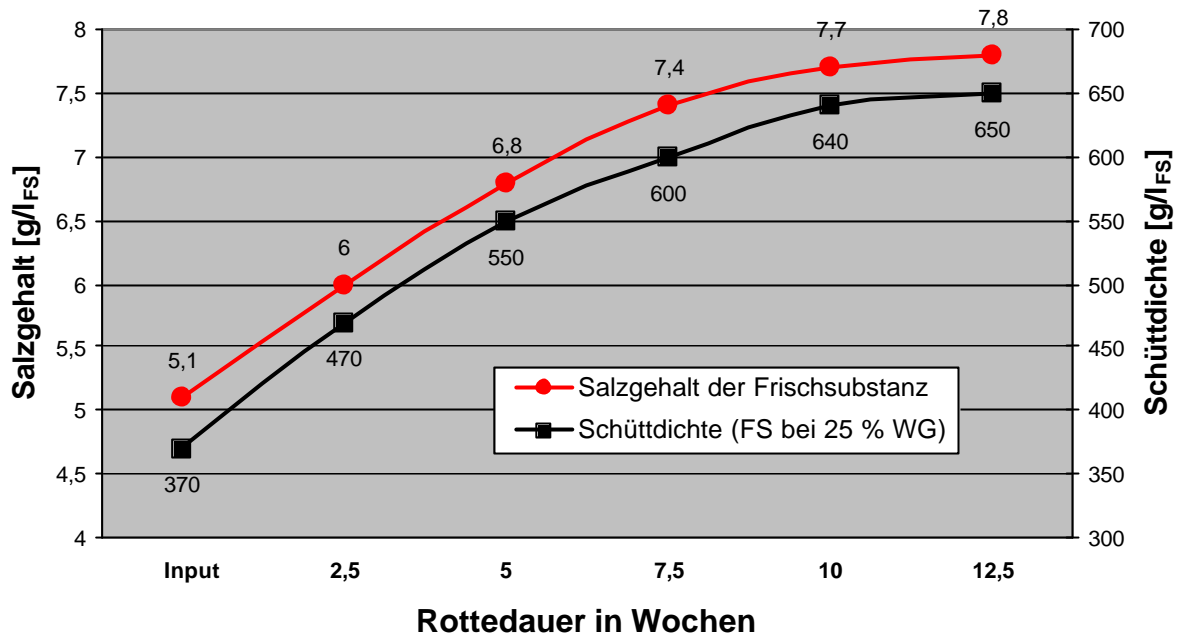


Abbildung 5.11: Salzgehalt und Schüttdichte der Frischsubstanz in Bezug zum Rottealter

In Abbildung 5.11 ist zu erkennen, dass die Zunahme des Salzgehaltes im Rottegut nahezu parallel zum Ansteigen der Schüttdichte erfolgt und die deutlichsten Veränderungen in den ersten 7 Rottewochen stattfinden. Somit ist eine direkte Proportionalität zwischen der Intensität der Abbauprozesse und der Zunahme des Salzgehaltes festzustellen. In diesem Zusammenhang zeigt sich, dass eine Verkürzung der Rottedauer auf 9 bis 10 Wochen nur eine unwesentliche Verringerung des Salzgehaltes im Kompostprodukt bewirken würde.

Weiterhin wird deutlich, dass der etwas erhöhte Salzgehalt im Kompost der Pilot-Anlage (vgl. Kap. 5.4.7) auf den hohen Salzgehalt im Inputmaterial zurückzuführen ist und nur durch die Veränderung der Inputzusammensetzung (z.B. Erhöhung des ligninhaltigen Anteils) ein geringerer Salzgehalt im Kompostprodukt erzielt werden kann.

5.4.8 Kompost (Endprodukt)

Bislang wurden vier verschiedene Kompostproben der Kompostierungsanlage Stung Mean Chey in einem deutschen Labor nach den Güte- und Prüfbestimmungen der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. analysiert. Die Analyseergebnisse dieser Untersuchungen sind im Anhang D 3 aufgeführt.

Seit dem Beginn der Kompostierung auf der Pilot-KOSA im Januar 2001 ist es ein Bestreben der deutschen Projektleitung für die regelmäßige Qualitätsüberwachung des produzierten Kompostes ein geeignetes Labor in Phnom Penh ausfindig zu machen. Erste Recherchen vor Ort führten zum Soil and Plant Laboratory des Department of Agronomie, in welchem Kunstdünger- und Bodenanalysen für den Landwirtschaftssektor Kambodschas durchgeführt werden. Nach Auskunft eines Mitarbeiters dieses Labors können momentan die Parameter C, N, P, K sowie der pH-Wert und der Wassergehalt bestimmt werden. Eine Untersuchung aller Parameter kostet 27

US\$ und die Analyse einzelner Parameter jeweils 7 US\$. Eine vom Autor vorgenommene Besichtigung des Labors und Gespräche über die angewendeten Analysemethoden sowie die gemachten Erfahrungen bezüglich der Arbeitsweise staatlicher Institutionen lassen erhebliche Zweifel an der Qualität der hier durchgeführten Analysen aufkommen.

Umfangreiche weitere Recherchen nach einem geeigneten Labor in Phnom Penh ergaben, dass gegenwärtig anscheinend nur die halbstaatliche Organisation CARDI (siehe Kap. 4.8.2), aufgrund der zur Verfügung stehenden Laborausstattung und dem vorhandenen Fachwissen, in der Lage ist, qualitativ hochwertige Kompostanalysen auszuführen. Bei den Gesprächen über eine mögliche Zusammenarbeit zwischen CARDI und dem Kompostierungsprojekt stellte sich heraus, dass regelmäßige Kompostanalysen bei CARDI vom Kompostierungsprojekt beim gegenwärtigen Etat wohl nicht zu finanzieren sind. Eine vollständige Kompostanalyse hinsichtlich der zu untersuchenden Parameter des Methodenhandbuchs der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (siehe Analysen im Anhang C3) würde bei CARDI in etwa 120 US\$ kosten.

Um die Repräsentativität der vorliegenden Kompostanalysen zu untersuchen und zusätzliche Erkenntnisse über den produzierten Kompost auf der KOSA zu gewinnen, wurden vom Autor während seiner Tätigkeit in Phnom Penh im Rahmen der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zahlreiche einfache Kompostanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Folgenden aufgeführt.

Korngrößenverteilung

Die auftretenden Korngrößenverteilungen bei den einzelnen Kompostprodukten werden maßgeblich von der Kompostaufbereitung bestimmt (siehe Kap. 5.3.4 und 5.4.3). Hinsichtlich einer guten Eignung der Kompostprodukte für verschiedene Anwendungsbereiche sollten die vermarkteten Produkte eine möglichst ausgewogene Korngrößenverteilung aufweisen, da u.a. die Düngeeffekte und die Auswirkungen auf die Bodenstruktur erheblich von der Korngrößenverteilung im Kompost beeinflusst werden. In Abbildung 5.9 sind die durchschnittlichen Korngrößenverteilungen der verschiedenen Kompostprodukte der Kompostierungsanlage graphisch dargestellt.

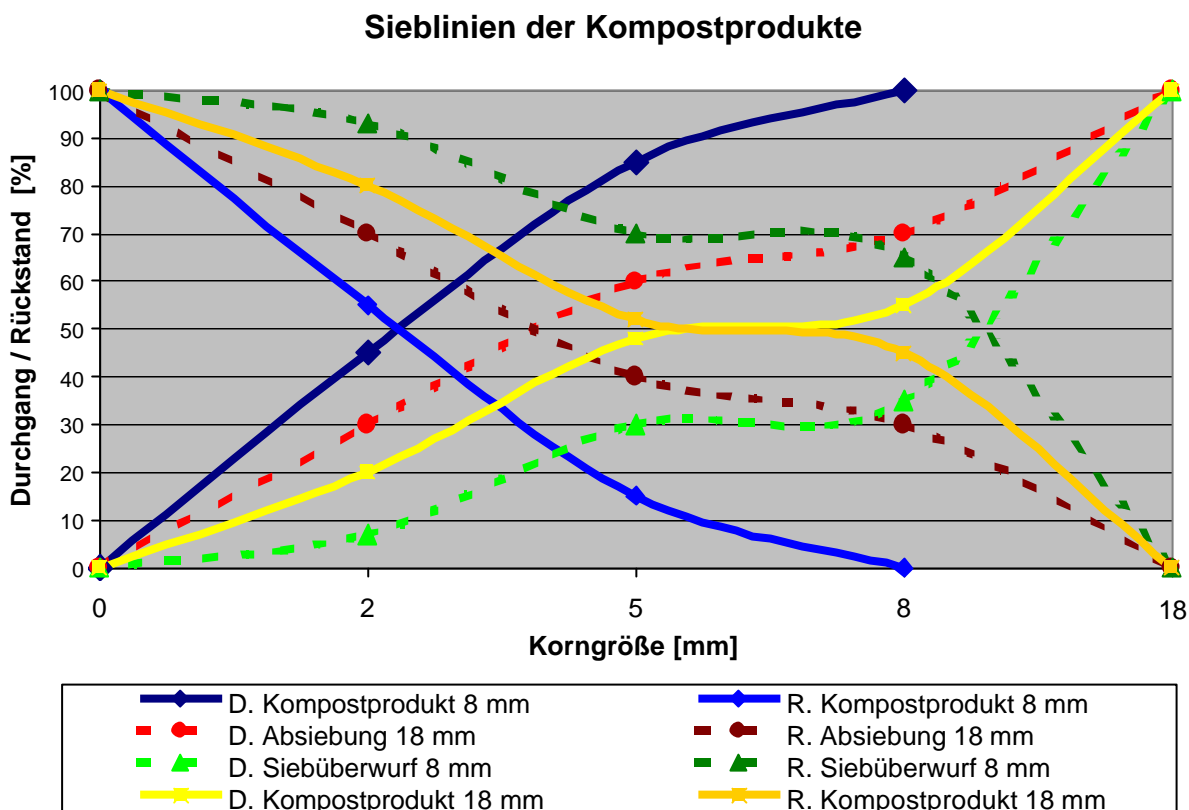


Abbildung 5.12: Korngrößenverteilung in Gew.-% für die verschiedenen Kompostprodukte

In der Abbildung 5.9 ist zu erkennen, dass durch die praktizierte Vermischung der 18 mm Absiebung (rote Linie) mit dem Siebüberwurf der 8 mm Absiebung (grüne Linie) eine gut ausgewogene Korngrößenverteilung im vermarkteten 18-er Kompostprodukt (gelbe Linie) erreicht wird. Der Darstellung bezieht sich auf das praxisnahe Mischungsverhältnis von 60:40 (18 mm zu 8 mm Absiebung).

Das Kompostprodukt der 18 mm Absiebung kann auch separat als organisches Düngemittel vermarktet werden. Dagegen ist der Siebüberwurf der 8 mm Absiebung ohne die Vermischung, aufgrund der geringen Anteile an feinkörnigem Material und der damit verbundenen verminderten Düngewirkung, nur als Strukturverbessermittel für die oberen Bodenschichten geeignet.

Fremdstoff- und Steingehalt

Der Fremdstoff- und Steingehalt ist das maßgebende Kriterium für das optische Erscheinungsbild des Kompostes und somit von sehr großer Bedeutung für die Vermarktungsfähigkeit der Kompostprodukte. Zudem können im Kompost enthaltene Fremdstoffe, insbesondere Glasscherben, die Anwendung des Kompostes entscheidend beeinträchtigen und das Produktimage ruinieren.

Nach den Richtlinien der Bundesgütegemeinschaft Kompost sind für die Bewertung der optisch wirksamen Verunreinigung im Kompost nur Fremdstoffe der Partikelgröße > 2 mm und Steine der Partikelgröße > 5 mm relevant. In der Abbildung 5.10 sind

die auf dieser Grundlage ermittelten Fremdstoff- und Steingehalte in den Kompostprodukten der KOSA aufgezeigt.

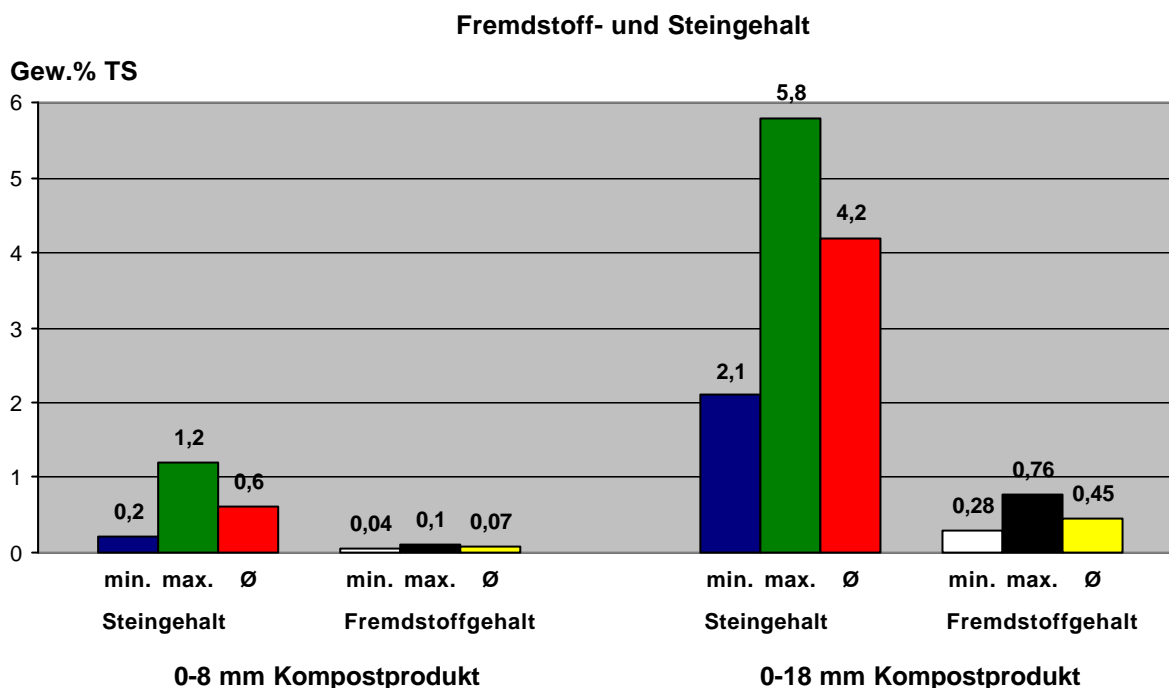


Abbildung 5.13: Fremdstoff- und Steingehalt in den Kompostprodukten

Nach den Kriterien der Bundesgütegemeinschaft Kompost können die Kompostprodukte der KOSA anhand der Abbildung 5.10 wie folgt bewertet werden:

Das Kompostprodukt 0-8 mm ist demnach **frei von Fremdstoffen** und weist einen **geringen Gehalt an Steinen** auf.

Das Kompostprodukt 0-18 mm kann auf der Grundlage der durchschnittlichen Stein- und Fremdstoffgehalte mit **praktisch frei von Fremdstoffen** und mit einem **geringen Gehalt an Steinen** bezeichnet werden. Allerdings übersteigen die ermittelten Maximalwerte die in den Richtlinien des Methodenhandbuches festgelegten Grenzen für diese Bezeichnung, so dass dieses Produkt bei einer Gewährleistung der Angaben mit einem **merklichen Gehalt an Fremdstoffen** und einem **merklichen Gehalt an Steinen** bewertet werden müsste.

Es ist festzustellen, dass die auftretenden Gesamtfremdstoff- und Steingehalte in den Kompostprodukten der KOSA im Großen und Ganzen zufriedenstellend gering sind und das optische Erscheinungsbild des Kompostes kaum beeinträchtigen. Dagegen sind die im Kompost enthaltenen Glasscherben als sehr problematisch einzuschätzen. Da jede einzelne Glasscherbe bei der Kompostanwendung zu einer Verletzung von Menschen und Arbeitstieren führen kann, ist die Angabe des Glasgehaltes in Gew.-% TS für eine objektive Bewertung untauglich. Bei den Kompostanalysen wurden die in Tabelle 5.7 angegebenen Werte ermittelt.

Tabelle 5.7: Anzahl an Glasscherben je kg TS in den Kompostprodukten der KOSA

Anzahl Glasscherben < 2 mm je kg TS	0-8 mm Kompostprodukt			0-18 mm Kompostprodukt		
	min.	max.	Ø	min.	max.	Ø
	0	4	1	0	6	3

In der Tabelle 5.4 ist zu erkennen, dass in den Kompostprodukten eine beträchtliche Anzahl an Glasscherben enthalten sind und somit eine latente Verletzungsgefahr für Mensch und Tier bei der Kompostanwendung besteht. Um die Kompostprodukte der KOSA längerfristig im Großraum Phnom Penh vermarkten zu können, müssen derartige Vorfälle unbedingt vermieden werden.

Aufgrund dessen entschied die Arbeitsgruppe die Produkte in diesem Zustand nicht zu vermarkten und einen weiteren Aufbereitungsschritt an die Kompostabsiebung anzuschließen. Somit werden die im Kompost enthaltenen Glasscherben nach dem Absieben durch eine manuelle Störstoffauslese bestmöglich entfernt. Da die festgestellten Sortierkräfte meistens mit den Arbeiten auf der KOSA gänzlich ausgelastet sind, müssen für diesen Arbeitsgang temporäre Sortierkräfte angestellt werden (siehe Kap. 5.5.6).

Infolge der manuellen Auslese konnte die Anzahl der Glasscherben im 0-8 mm Produkt unter 0,2 Stk./kg TS und im 0-18 mm Produkt unter 0,4 Stk./kg TS reduziert werden. Hierbei wird das 0-8 mm Kompostprodukt aufwendiger und gewissenhafter ausgelesen, da die Kompostabgabe in Kleinmengen und die Verarbeitung meistens mit der Hand erfolgt.

Pflanzenverträglichkeit

Die Pflanzenverträglichkeit des produzierten Kompostes wurde im Keimpflanzenversuch mit Sommergerste überprüft. Da in und um Phnom Penh keine den Anforderungen genügende Einheitserde für die Herstellung der Misch- und Vergleichssubstrate aufzufinden war, wurde der Versuchsansatz der Bundesgütegemeinschaft Kompost vom Autor etwas abgeändert und stattdessen örtlich vorkommender Erdboden verwendet.

Hierdurch können zwar die Bewertungskriterien der Bundesgütegemeinschaft nicht auf die Versuchsergebnisse angewendet, aber dennoch fundierte Erkenntnisse über die Einsatzwirkung des Kompostes gewonnen werden. Im Anhang D 4 sind die Analysenparameter der untersuchten Bodentypen aufgeführt. Die einzelnen Versuchsreihen wurden jeweils 3-mal wiederholt, woraus die in der Tabelle 5.8 angegebenen Wertebereiche für die Pflanzenverträglichkeit resultieren.

Tabelle 5.8: Versuchsergebnisse zur Pflanzenverträglichkeit des Kompostes

	Bassac- Fluss uferfern	Bassac- Fluss ufernah	Tonle Sap- Fluss uferfern
Pflanzenverträglichkeit 25 % Substrat in %	106 - 118	102 - 110	93 - 108
Pflanzenverträglichkeit 50 % Substrat in %	130 - 155	120 - 132	114 - 124

Aus der Tabelle 5.8 wird deutlich, dass der Kompost der Kompostierungsanlage das Wachstum der Sommergerste auf den untersuchten Böden überaus positiv beeinflusst und vor allem der Einsatz großer Kompostmengen (50 % Substrat) erhebliche Aufwuchssteigerungen ermöglicht. Dieses Versuchsergebnis ist sehr überraschend, da der etwas erhöhte Salzgehalt im Kompost (vgl. Anhang d 3) gerade beim 50 % Substrat ein gehemmtes Wachstum erwarten lies.

Die drei getesteten Bodentypen bestehen ausschließlich aus feinkörnigem Material und weisen eine sehr kompakte Bodenstruktur auf, so dass sich die Erde beim Gießen der Pflanzen sehr stark verdichtet und der notwendige Sauerstoffeintrag in den Boden nur in äußerst geringem Maße erfolgen kann. Mit steigendem Kompostanteil in der Substratmischung wurde die Bodenstruktur zunehmend aufgelockert und somit die Verdichtungserscheinungen immer weiter verringert.

Offensichtlich ist die Vorteilswirkung der Bodenstrukturverbesserung infolge des Komposteinsatzes für das Wachstum der Sommergerste von ausschlaggebender Bedeutung, was auch durch die damit einhergehende Salzgehalterhöhung kaum beeinträchtigt wird. Aufbauend auf die dargelegten Versuchsergebnisse sollte die Auswirkung der Kompostanwendung auf das Wachstum einheimischer Pflanzenarten in gleicher Weise untersucht werden.

Auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen und der Kompostanalysen im Anhang D 3 kann der Kompost der KOSA als gut pflanzenverträglich bewertet sowie zur Verwendung als Bodenverbesserungs- und organisches Düngemittel empfohlen werden.

Bewertung der Labor- Analytikergebnisse

Die Analytikergebnisse des Kompostes der Pilot-Kompostierungsanlage Stung Mean Chey und die Qualitätsrichtlinien der LAGA M10 sind im Anhang C 3 dieser Diplomarbeit aufgeführt. Die Analytikergebnisse der einzelnen untersuchten Kompostproben variieren zwar von Probe zu Probe, liegen aber in derselben Größenordnung und können deshalb gemeinsam betrachtet werden. Zumal auch die LAGA gewisse Schwankungsbereiche bei den wertgebenden Merkmalseigenschaften zulässt und sich im allgemeinen auf 75 % aller analysierten Proben bezieht.

Der produzierte Kompost der Pilot-Anlage entspricht in seinen Analytikergebnissen im wesentlichen den Qualitätsanforderungen der LAGA M10 und kann somit als Qualitätsprodukt bezeichnet werden. Lediglich der Gehalt an organischer Substanz

(Glühverlust) und der Wassergehalt in den analysierten Proben weichen merklich von den Qualitätskriterien der LAGA ab.

Der sehr geringe Gehalt an organischer Substanz ist auf eine viel zu lange Liegezeit des untersuchten Kompostes zurückzuführen. Die Nachrottezeit sollte auf höchstens 5 Wochen begrenzt und die Kompostprodukte zügig vermarktet werden.

Der niedrige Wassergehalt der Kompostproben ist zum einen durch die besonderen Materialanforderungen beim Absieben (WG < 25 %FS, siehe Kap. 5.4.3) und zum anderen durch die lange Transportzeit (Pilotanlage – Labor) bedingt. Im Praxisbetrieb der KOSA werden normalerweise Wassergehalte von 15 bis 25 %FS in den Kompostprodukten erzielt. Höhere Wassergehalte können nur in Verbindung mit erheblichen Wirkungsgradeinbußen beim Absieben oder durch einen nachträglichen Wasserzusatz erreicht werden. Zu trockener Kompost kann die Produkthanwendung erschweren, da bei der Kompostausbringung unerwünschte Verwehungen auftreten können. Somit kann das nachträgliche Anfeuchten des Kompostproduktes je nach Anwendungszweck durchaus eine qualitätsfördernde Maßnahme darstellen.

Der teilweise etwas erhöhte Salzgehalt wird vom Inputmaterial bestimmt (vgl. Kap. 5.4.7) und ist auf den hohen Nährstoffgehalt im Kompost zurückzuführen. Höhere Salzgehalte sind charakteristisch für nährstoffreichen Kompost aus strukturmateriarmlen Bioabfällen und stellen kein Problem dar, wenn dies bei der Kompostanwendung entsprechend berücksichtigt wird.

Vor allem der Kalium- und Phosphorgehalt im Kompost ist als überdurchschnittlich hoch zu bewerten, was hinsichtlich der nährstoffarmen kambodschanischen Böden als vorteilhaft eingeschätzt werden kann. Der vorliegende Stickstoff- und Magnesiumgehalt liegt innerhalb der üblichen Wertebereiche.

Hervorzuheben sind die geringen Schwermetallgehalte (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn) im Kompost der Pilot-Anlage, welche weit unter den zulässigen Höchstwerten der LAGA liegen. Der pH-Wert des Kompostes befindet sich im leicht basischen Bereich, was bei den überwiegend sauren Böden in Kambodscha als günstig zu bewerten ist.

Der Kompost der Pilotanlage ist seuchenhygienisch Unbedenklich, da in der Vor- und Hauptrottephase während mehrerer Tage Temperaturen über 60 °C im Rottegut erreicht werden.

5.5 Betriebsergebnisse und Diskussion

5.5.1 Rottedauer

Die erforderliche Rottedauer bei der Kompostierung der Marktabfälle ist maßgeblich von der praktizierten Rotteführung abhängig (siehe Kap. 5.4.4). Somit dauert die Hauptrottephase im Praxisbetrieb der Pilot -KOSA zwischen 10 und 16 Wochen, wobei die Vorrotte hiervon etwa 2 bis 3 Wochen ausmacht.

Nach den durchgeführten Beobachtungen und Materialanalysen hält der Autor eine Nachrottephase von 3 bis 4 Wochen zur Ausreifung des Kompostes sowie zur Vorbereitung des Materials für die Konfektionierung (Wassergehaltreduzierung etc.) für ausreichend. Eine deutlich längere Nachrottephase bedingt einen starken Ab- und

Umbau der im Kompostmaterial enthaltenen organischen Substanz und würde sich somit nachteilig auf die Kompostqualität auswirken. Zudem wird durch eine längere Nachrottephase aufgrund des Platzbedarfes, die mögliche Durchsatzleistung der Pilot-Anlage verringert.

Die Gesamtaufenthaltsdauer des angenommenen Materials auf der Anlage liegt somit etwa bei 13 bis 20 Wochen, wobei durchschnittlich etwa 16 bis 17 Wochen zu veranschlagen sind. Allerdings setzt diese Kalkulation einen unverzüglichen Kompostabsatz und eine kontinuierliche Vermarktung voraus. Im Lagerbereich der Kompostierungsanlage können, ohne eine Behinderung des Anlagenbetriebs zu verursachen, etwa 15 m³ Kompost gelagert werden. Größere zu lagernde Kompostmengen führen zu einer Verringerung der Anlagendurchsatzleistung, da dann für eine Lagerung die Rotteflächen genutzt werden müssten.

5.5.2 Wasserbilanz und –bedarf

Wasserbilanz einer Kompostmiete während des Rotteprozesses in der Trockenzeit

Die folgende Bilanz bezieht sich auf eine Marktabfallmiete, ohne den Zusatz von Schlachthofabfällen und Siebresten. Die im Inputmaterial enthaltenen Störstoffe wurden beim Aufsetzen der Rottemiete zu etwa 95 Vol.% entfernt.

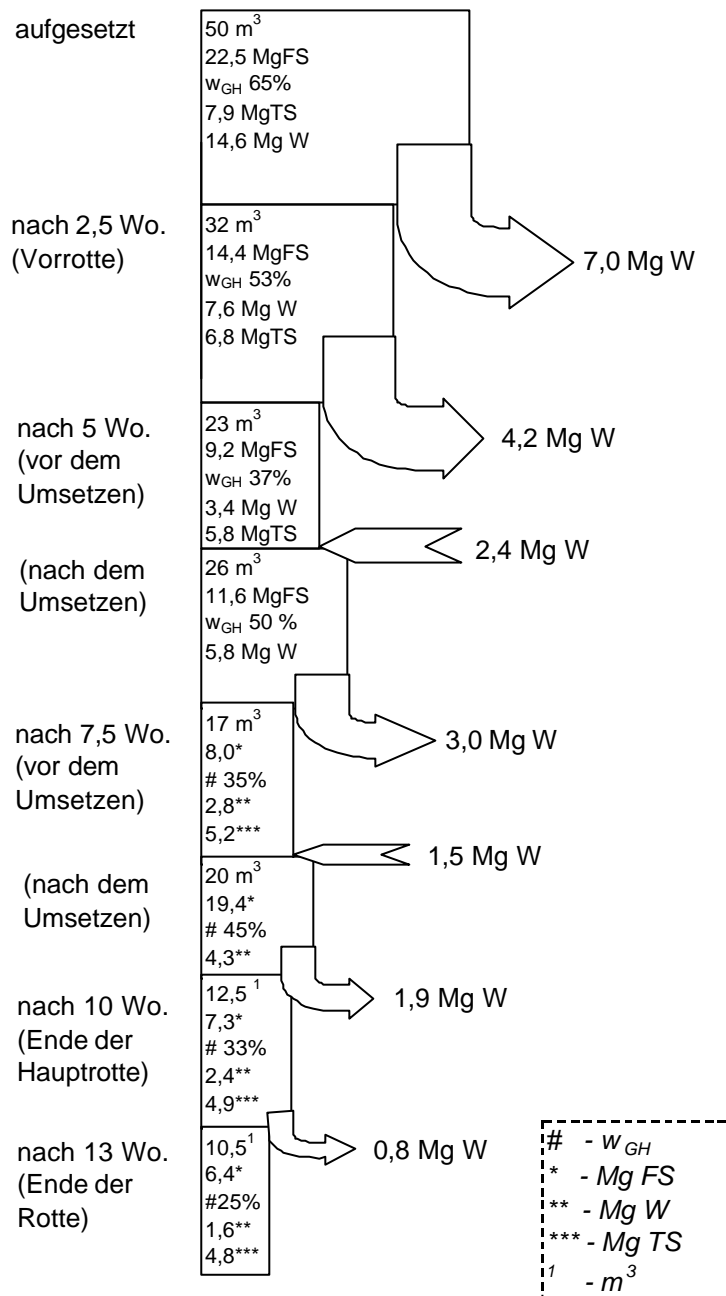


Abbildung 5.14: Wassermengen- Bilanz einer Marktabfallmiete

In Abb. 5.14 ist zu erkennen, dass während des Rotteprozesses insgesamt etwa 16,9 Mg Wasser, überwiegend in Form von Wasserdampf durch Diffusion und Verdunstung, aus dem Rottesystem austreten. Dem gegenüber steht ein Wassereintrag von 3,9 Mg, der erforderlich wird, um dem Wassergehalt des Rottegutes wieder auf einen für die Mikroorganismen günstigen Bereich einzustellen.

Ein Wasserverlust durch Sicker- bzw. Presswässer konnte nur in der Vorröttephase beobachtet werden, allerdings waren die ausgetretenen Wassermengen gering (siehe Bild 16, Anhang E). Eine Fassung dieser Wässer erschien der Arbeitsgruppe für

zu aufwendig und wenig effektiv. Leider geht durch den Verlust dieser Wässer auch wertvoller Stickstoff verloren.

Wasserbedarf auf der Pilotanlage

Im ersten Monat nach Ende der Regenzeit (November) ist eine Bewässerung des Rottegutes in der Regel nicht notwendig, da es erwartungsgemäß im November noch gelegentlich regnet und der Wassergehalt im Material unmittelbar nach der Regenzeit für einen optimalen Kompostierungsprozess eher zu hoch als zu niedrig ist.

In den Monaten Dezember bis April wird eine Bewässerung des Intensivrottegutes zwingend notwendig, weil so gut wie keine Niederschlagsereignisse stattfinden und während der Vor- und Hauptrotte, aufgrund der hohen Intensität (Temperaturen zwischen 55 und 75 °C), ein enormer Wasserverlust zu registrieren ist. Im Mai setzt normalerweise der Süd-West Monsun mit seinen starken Regenfällen schon ein, wodurch eine Bewässerung des Rottegutes unnötig wird. Allerdings kann sich der Monsunregen in manchen Jahren weit bis in die zweite Maihälfte hinein verzögern und auch im Mai eine Rottegutbewässerung erforderlich werden.

Der monatliche Wasserbedarf auf der KOSA ist natürlich davon abhängig, wie viel Material sich gerade in der Hauptrottephase befindet und bewässert werden muss. Im Untersuchungszeitraum von Dezember 2001 bis März 2002 wurde die Anlage so betrieben, dass etwa immer 8 bis 9 Mieten (je 30 - 50 m³) in der Hauptrottephase lagen, von denen dann durchschnittlich ca. 4 - 5 Mieten jeweils eine Bewässerung erforderten. Über diese Zeit hinweg wurde von der Arbeitsgruppe etwa alle 14 Tage ein großer 10 m³ Wassertanker angefordert, bzw. um den Bewässerungszeitpunkt besser steuern zu können, vier kleine 4 m³ fassende Wasserfahrzeuge im Wochenrhythmus.

Die Kosten für das Wasser einschließlich dem Transport auf die Anlage betragen: 5 US\$ für 4.000 Liter bzw. 10 US\$ für 10.000 Liter. Damit ergibt sich, für den Zeitraum Dezember bis April ein durchschnittlicher Wasserverbrauch von etwa 16 bis 20 m³ im Monat, was einer finanziellen Belastung von 20 US\$ entspricht. Wird bei der Jahreskalkulation noch eine 50%ige Sicherheitszulage für den Monat Mai eingeplant, betragen die jährlichen Wasserkosten der KOSA bei den derzeit verarbeiteten Materialmengen in etwa 110 US\$.

Diskussion Brunnenbau

Nach Einschätzung der Arbeitsgruppe und dem Vergleich mit dem Brunnen der benachbarten Schule, müsste ein Brunnen auf der Fläche der Kompostierungsanlage mindestens eine Tiefe von 20 Metern haben, um ganzjährig Grundwasser mit einer ausreichenden Wasserqualität fördern zu können. Da noch vor weniger als 8 Jahren am Ort der Kompostierungsanlage ein schätzungsweise 15 Meter tiefes Loch existierte, in dem dann später Siedlungsabfälle der Stadt Phnom Penh deponiert wurden, dürfte eine Brunnentiefe von 20 Metern, für ausreichend schadstoffreies Grundwasser noch nicht einmal genügen.

Für einen Eimerbrunnen kostet derzeit, je nach gewähltem Durchmesser, ein Meter Brunnenbohrung inklusive Brunnenwandung zwischen 18 und 25 US\$, hinzukäme noch der oberirdische Aufbau, der etwa 50 US\$ kosten würde. Hieraus ergibt sich für den Eimerbrunnen ein Investitionsbedarf von mindestens 410 US\$. Eine zweite Möglichkeit wäre der Bau eines Pumpenbrunnens, wobei man mit einem deutlich geringerem Bohrungs- und Rohrdurchmesser sowie ohne oberirdischen Aufbau auskommen würde. Allerdings kostet alleine die Pumpe schon etwa 250 - 300 US\$, so dass auch hierbei eine Mindestinvestition von 450 bis 500 US\$ erforderlich wäre.

In Relation zum derzeitigen Wasserbedarf auf der KOSA bedeutet dies, dass sich eine Brunneninvestition ohne Flächenerweiterung frühestens nach 4 bis 5 Jahren amortisieren würde und unter den gegebenen Voraussetzungen wohl nicht in Frage kommt. Sollte dagegen die Fläche der KOSA deutlich erweitert und das Nutzungsrecht um einige Jahre verlängert werden, könnte die Errichtung eines Brunnens durchaus eine sinnvolle und Betriebskosten sparende Alternative zur derzeitigen Verfahrensweise darstellen.

5.5.3 Massenbilanz der KOSA

Die nachfolgende Massenbilanz der Marktabfallkompostierung auf der Pilot-KOSA Stung Mean Chey berücksichtigt noch nicht den Zusatz von Schlachthofabfällen, wie es seit Mitte Februar 2002 auf der KOSA praktiziert wird. Sämtliche Prozentangaben in der Bilanz beziehen sich auf den kompletten Marktabfallinput (Eintrag) der KOSA und bezeichnen Gewichtsprozent.

Der Wassereintrag bei der Mietenbewässerung und die Rückführung des Siebüberlaufs wurden zwar in der Bilanz angegeben, aber die hierdurch zusätzlich ins System eingetragenen bzw. zurückgeführten Massen bei der prozentualen Berechnung der Stoffströme vernachlässigt.

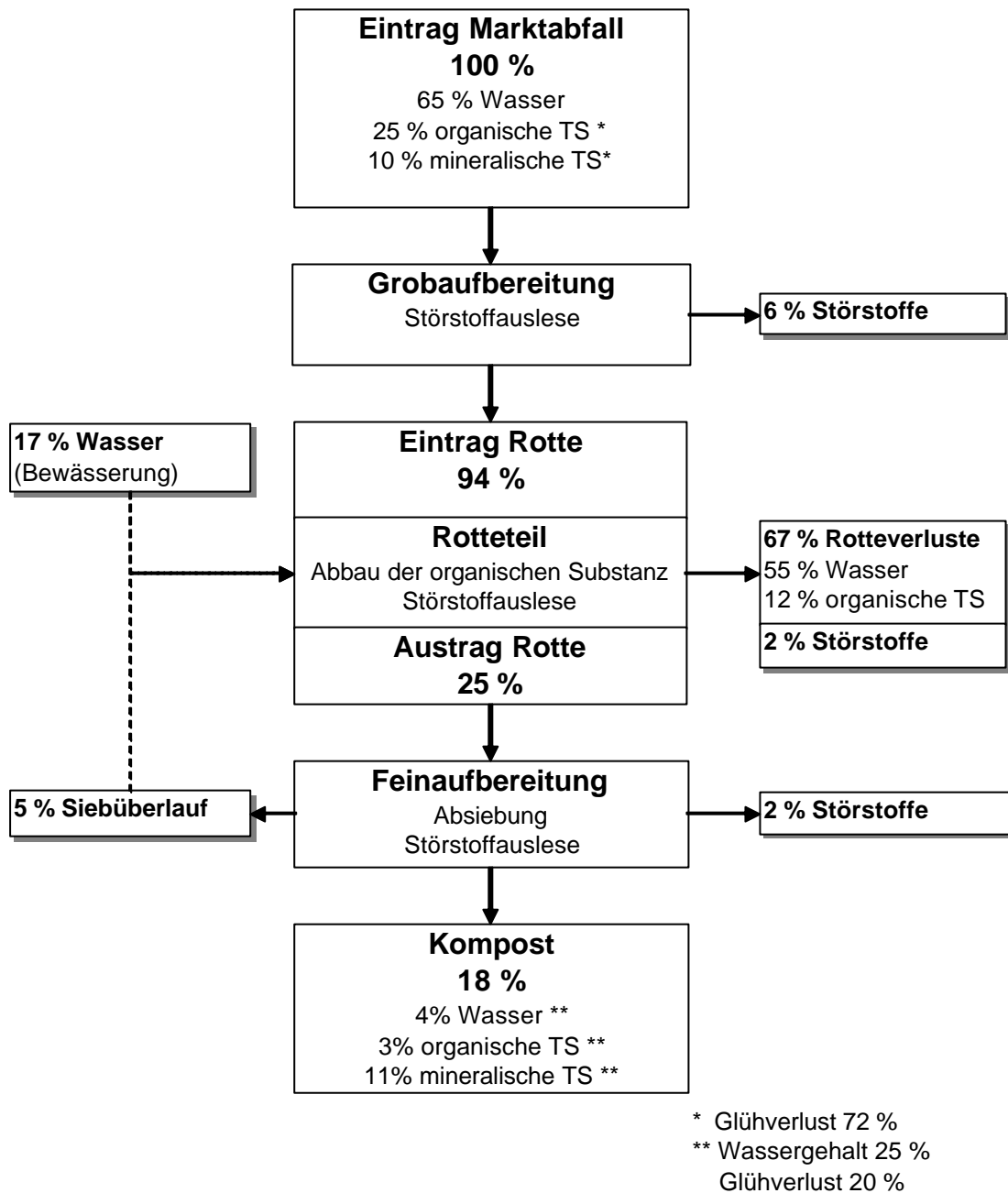


Abbildung 5.15: Massebilanz der Marktabfallkompostierung

Aus der dargestellten Massebilanz der Pilot-Anlage geht hervor, dass lediglich 18 Gew.-% des Inputmaterials nach dem Kompostierungsprozess als Kompostprodukt anfallen. Die auftretenden Mengenverluste ergeben sich aus den Rotteverlusten (67 %), den entfernten Störstoffen (10 %) und dem Siebüberlauf (5 %) bei der Feinaufbereitung. Durch die Behandlung des Siebüberlaufs (Rückführung zur Rotte etc., vgl. Kap. 5.4.3) können noch etwa 40 % dieser Materialmenge als Kompostprodukt gewonnen werden, so dass der Gesamtkompostertrag ca. 20 Gew.-% (18 % + 0,4 x 5 %) der verwerteten Abfallmenge beträgt.

5.5.4 Durchsatzmenge und Flächennutzung der Pilot-Anlage

Durchsatzmenge

Von Dezember 2001 bis März 2002 konnte die wöchentlich angenommene Abfallmenge auf der Pilot-Kompostierungsanlage aufgrund der durchgeführten Betriebsoptimierungen kontinuierlich gesteigert werden. Ab März 2002 wurden pro Woche durchschnittlich zwei Sammelfahrzeuge (Fassungsvermögen 20 m³) mit Marktabfall und zwei Fahrzeuge mit Schlachthofabfall (2 m³) auf der KOSA angenommen.

Der mittlere Füllgrad der Sammelfahrzeuge liegt in etwa bei 85 %, dagegen sind die Fahrzeuge mit Schlachthofabfall i.d.R. zu 100 % beladen. Auf der Grundlage der ermittelten durchschnittlichen Schüttdichten der angelieferten Abfälle ergeben sich für die Pilot-Kompostierungsanlage bei der gegenwärtigen Betriebsführung in der Trockenzeit folgende wöchentliche Annahmemengen:

Marktabfall:	$40 \text{ m}^3 \times 0,85 = 34 \text{ m}^3$	$34 \text{ m}^3 \times 0,4 \text{ Mg/m}^3 =$	13,6 Mg/wo.
Schlachthofabfall:	$4 \text{ m}^3 \times 1 \times 0,75 \text{ Mg/m}^3 =$		<u>3,0 Mg/wo.</u>
GESAMT:			16,6 Mg/wo.

Während der Regenzeit muss aufgrund der starken Niederschlagsereignisse mit kleineren Betriebsstörungen durch Platzverschlämmungen etc. und einer etwas längeren Rottedauer gerechnet werden. Aus diesem Grund wird für die Regenzeit (5 Monate) eine Verringerung der Annahmemenge um 20 % in die Betrachtungen einkalkuliert.

Abfallannahme Regenzeit:	$16,6 \text{ Mg/wo.} \times 0,8 =$	13,3 Mg/wo.
Annahmemenge im Jahresdurchschnitt:	$(16,6 \text{ Mg/wo.} \times 7 + 13,3 \times 5) / 12 =$	<u>15,3 Mg/wo.</u>
Jahresmenge der angenommenen Abfälle:	$15,3 \text{ Mg/wo.} \times 52 \text{ wo.} =$	<u>800 Mg/a</u>
Marktabfälle:		660 Mg/a
Schlachthofabfälle:		140 Mg/a

Bei der gegenwärtigen Betriebsweise beträgt die jährliche Durchsatzmenge der Pilotanlage etwa 800 Mg und setzt sich aus 660 Mg organischen Marktabfällen und 140 Mg pflanzlichen Schlachthofabfällen zusammen.

Auf Grundlage der erstellten Massebilanz der Pilot-Kompostierungsanlage (siehe Kap. 5.5.3) können in etwa 20 % der Inputmaterialmenge als Kompostprodukte vermarktet werden. Hierbei ist eine Kompostausbeute von ca. 40 % aus dem Siebrest einkalkuliert ($18 \% + 0,4 \times 5\% = 20 \%$). Somit ergibt sich unter den gegenwärtigen Bedingungen für die Pilot-Anlage eine Kompostproduktion von:

$15,3 \text{ Mg/wo.} \times 0,2 =$	<u>3,1 Mg/wo.</u>
$800 \text{ Mg/a} \times 0,2 =$	<u>160 Mg/a</u>

Aus 800 Mg angenommenem Inputmaterial werden auf der Pilot-Kompostierungsanlage nach dem derzeitigen Verfahrenskonzept ca. 160 Mg an vermarktungsfähigen Kompostprodukten jährlich erwirtschaftet.

Flächennutzung

Wie in den Kapiteln 5.1 und 5.2 beschrieben, wurde bei der Betriebsführung der Pilot-Anlage eine bestmögliche Flächenauslastung und somit eine maximale Durchsatzmenge angestrebt. Aufgrund dessen wurde insbesondere darauf geachtet, dass freie Mietenplätze im Sinne der angestrebten Materialführung (vgl. Kap 5.2.2) durch Umsetzungsvorgänge schnellstmöglich wieder mit Rottegut belegt und hierbei entstandene Rotteverluste ausgeglichen, sowie die Abstände zwischen den Rottemieten gering (ca. 0,5 m) gehalten werden (vgl. Abb. 5.2). Allerdings bedingte die begrenzte Leistungsfähigkeit der Sortierkräfte, dass die erforderlichen Umsetzungsvorgänge im Praxisbetrieb teilweise erst mit größerer Zeitverzögerung realisiert und hierdurch die Rottefläche, u.a. aufgrund zu geringer Mietenhöhen (< 1,0 m) infolge des Rotteverlustes, bei weitem nicht optimal ausgenutzt werden konnte.

Die Wahl der auszuführenden Mietenquerschnitte hat einen entscheidenden Einfluss auf die herrschenden Rottebedingungen in der Miete (Wassergehalt, Sauerstoffversorgung) und bestimmt somit maßgeblich den Rotteverlauf. Zudem ist die Materialmenge, welche auf der verfügbaren Rottefläche untergebracht werden kann, vom gewählten Mietenquerschnitt (Mietenhöhen, Anzahl der Zwischenräume) abhängig (siehe Kap.5.5.5). Da sich die Betriebsanforderungen hinsichtlich der Wassergehaltssteuerung im Rottegut in der Trockenzeit (Wassermangel ? Wasseraustrag hemmen) und der Regenzeit (Wasserüberschuss ? Wasseraustrag fördern) grundlegend voneinander unterscheiden, ist es zweckmäßig, entsprechend der Jahreszeit verschiedene Mietenquerschnitte zu verwenden.

Bei der Festlegung des Mietenquerschnitts ist ein optimales Verhältnis zwischen ausreichender Belüftung (Wasseraustrag) und günstigem Wassergehalt im gesamten Rottegut anzustreben. Nach einer praktischen Versuchsphase und der Beurteilung der relevanten Faktoren (Rotteverlauf, Flächenauslastung und arbeitstechnische Handhabung durch die Sortierkräfte) befand die Arbeitsgruppe, die in Abbildung 5.16 dargestellten Mietenquerschnitte, als am Besten für die jeweiligen jahreszeitlichen Anforderungen geeignet.

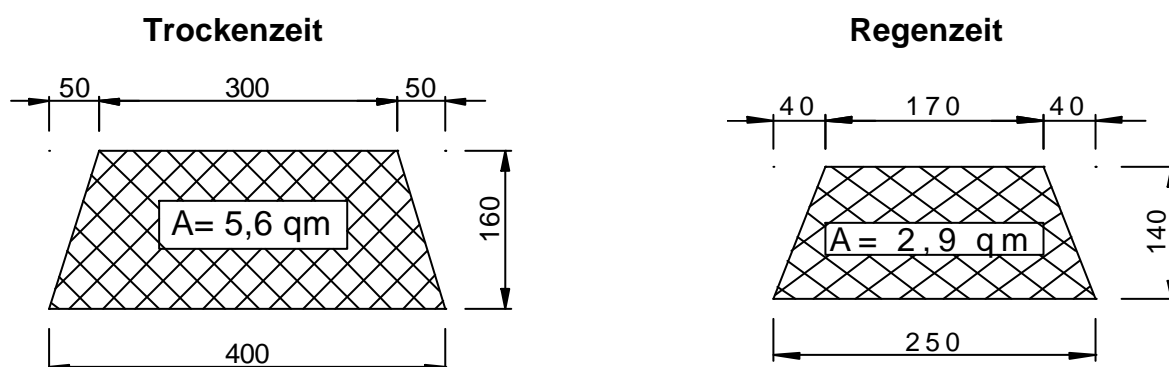


Abbildung 5.16: Verwendete Mietenquerschnitte in der Trocken- und Regenzeit
(Maße in [cm])

Ein wichtiges Kriterium für die Effektivität des Rottevorgangs ist das Volumenverhältnis von rotteaktivem Mielenkern ($T > 50^{\circ}\text{C}$) zum weitestgehend inaktivem Mielenrand bzw. der Mielenbasis ($T < 50^{\circ}\text{C}$). Die Weite dieses Verhältnisses wird vom gewählten Mielenquerschnitt und den vorherrschenden klimatischen Bedingungen bestimmt. Die durchschnittlichen Abmessungen der rotteinaktiven Mielenbereiche (Rand und Basis), welche sich etwa 7 bis 10 Tage nach dem Auf- bzw. Umsetzen bei der Marktabfallkompostierung in der Trockenzeit einstellen, sind in Abbildung 5.17 dargestellt.

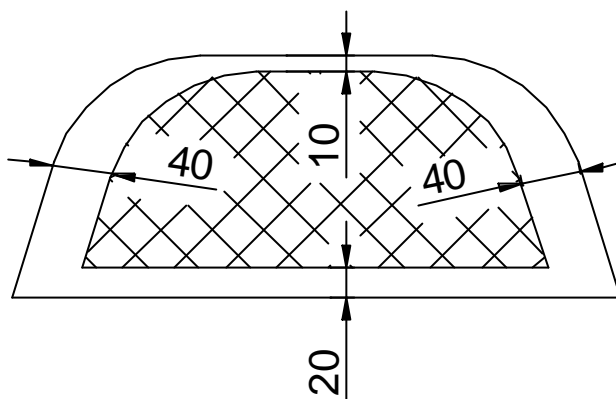


Abbildung 5.17: Abmessungen der rotteinaktiven Mielenbereiche in der Trockenzeit
(Maße in [cm])

Auffallend ist, dass die horizontalen Mielenränder erheblich größer sind als die vertikalen, was in erster Linie auf die starken Setzungs Vorgänge im Rottegut zurückgeführt werden kann. Beim gewählten Mielenquerschnitt für die Trockenzeit (siehe oben) und einer Mielenlänge von 9 m ergibt sich für die rotteinaktiven Randbereiche ein Materialvolumen von $18,9 \text{ m}^3$, was in etwa 30 % des gesamten Mielenvolumens entspricht.

Würde dagegen der kleinere Mielenquerschnitt für die Regenzeit auch in der Trockenzeit angewendet, wäre zwar das Materialvolumen der Randbereiche geringer ($13,1 \text{ m}^3$), allerdings entspräche dies einem Anteil von 50 % am gesamten Mielenvolumen. Somit wäre die Effektivität des Rottevorgangs hierbei als deutlich schlechter zu bewerten. Über die Abmessungen der entstehenden Randbereiche ($T < 50^{\circ}\text{C}$) in der Regenzeit kann der Autor keine Angaben machen, da dies aufgrund fehlender Gelegenheiten nicht untersucht werden konnte.

5.5.5 Berechnung der Anlagenkapazität

Im folgenden Kapitel werden Berechnungen zur Kapazität der verfügbaren Rotteflächen auf der Pilot-Kompostierungsanlage durchgeführt. Hierbei bilden die gewonnenen Erkenntnisse zum Rotteverlauf und zum Materialverhalten bei der Marktabfallkompostierung die Berechnungsgrundlagen.

Das Ziel der angestellten Kalkulation ist es, fundierte Aussagen über die maximal realisierbare Durchsatz- bzw. Inputmenge der bestehenden Pilot-Anlage unter Berücksichtigung der vorherrschenden Rahmenbedingungen treffen zu können. Perso-

nelle Aspekte wie z.B. das Arbeitsleistungsvermögen der angestellten Sortierkräfte werden hierbei größtenteils vernachlässigt, da bei den durchgeführten Berechnungen die zur Verfügung stehende Rottefläche das begrenzende Kriterium darstellt.

Theoretische Anlagenkapazität

Berechnungsgrundlagen:

- Die Flächeneinteilung in Vor-, Haupt- und Nachrottefläche erfolgt in ähnlicher Weise wie im Lageplan der Kompostierungsanlage (Abb. 5.2, Kap. 5.2.2) dargestellt. Allerdings wird aufgrund der zu erwartenden Inputmengensteigerung die Vorrottefläche etwas größer und die Nachrottefläche etwas kleiner dimensioniert.
- Die veranschlagten Rotteflächen werden mit Ausnahme der erforderlichen Mietenabstände (0,5 m) vollständig mit Rottegut belegt (siehe Abb. 5.2).
- Die jeweils angesetzten Mietenlängen können ebenfalls in Abbildung 5.2 eingezeichnet werden. Arbeitsfläche, Transportweg, Konfektionierungsfläche etc. wurden mit denselben Abmaßen wie im Lageplan kalkuliert.
- Aufgrund der Beeinträchtigung des Oberflächenwasserabflusses wird die Rotte in Form von Längsmieten nur während der Trockenzeit praktiziert (siehe Kap. 5.2.2)
- Bei der Berechnung des Mietenvolumens für die Trocken- bzw. Regenzeit werden die für den Rotteverlauf als optimal eingeschätzten Mietenquerschnitte aus Kapitel 5.5.4. verwendet.
- Die Mietenanzahl richtet sich nach der veranschlagten Mietenbreite.
- Die Mietenabmaße (Mietenquerschnitte und –längen) werden als konstant betrachtet. Alle Rottemieten auf der Anlage weisen dauerhaft den gleichen Querschnitt auf.

Tabelle 5.9: Berechnung der maximalen Anlagenkapazität

		Trockenzeit	Regenzeit
Vorrottefläche	Mietenanzahl	4 Quermieten	5 Quermieten
	Mietenlänge ges.	ca. 30 m	ca. 38 m
	Mietenvolumen ges.	$30 \text{ m} \times 5,6 \text{ m}^2 =$ 168 m³	$38 \text{ m} \times 2,9 \text{ m}^2 =$ 110 m³
Hauptrottefläche	Mietenanzahl	3 Quermieten + 2 Längsmieten	10 Quermieten
	Mietenlänge ges.	ca. 65 m	ca. 90 m
	Mietenvolumen ges.	$65 \text{ m} \times 5,6 \text{ m}^2 =$ 364 m³	$90 \text{ m} \times 2,9 \text{ m}^2 =$ 261 m³
Nachrottefläche	Mietenanzahl	2 Quermieten	4 Quermieten
	Mietenlänge ges.	ca. 16 m	ca. 32 m
	Mietenvolumen ges.	$16 \text{ m} \times 5,6 \text{ m}^2 =$ 90 m³	$32 \text{ m} \times 2,9 \text{ m}^2 =$ 93 m³

		Trockenzeit	Regenzeit
Gesamt	Mietenanzahl	9 Quermieten + 2 Längsmieten	19 Quermieten
	Mietenlänge ges.	ca. 111 m	ca. 160 m
	Mietenvolumen ges.	$111 \text{ m} \times 5,6 \text{ m}^2 =$ 621 m³	$160 \text{ m} \times 2,9 \text{ m}^2 =$ 464 m³

Aus Tabelle 5.9 geht hervor, dass auf den Rotteflächen der Pilot-Anlage in der Trockenzeit maximal 621 m³ Rottegut in Mietenform untergebracht und ordnungsgemäß kompostiert werden können. Aufgrund der Wasserproblematik und des hieraus resultierenden geringeren Mietenquerschnitts (siehe Kap. 5.5.4), verringert sich das maximale Rottegutvolumen in der Regenzeit auf 464 m³.

Die ermittelten Mietenvolumen der Tabelle 5.9 stellen absolute Maximalwerte dar, welche in der Praxis unmöglich zu realisieren sind. Deshalb werden diese Maximalwerte im folgenden durch praxisorientierte Faktoren abgemindert.

Praktisch realisierbare Anlagenkapazität

Berechnungsgrundlagen:

- Ausgangswerte für die Berechnung sind die ermittelten Maximalwerte (siehe Tab. 5.9).
- **10 %** der Rotteflächen werden nicht mit Rottegut belegt, da Freiflächen zum Mietenumsetzen erforderlich sind und eine hundertprozentige Ausnutzung der veranschlagten Flächen im Praxisbetrieb nahezu unmöglich ist (exaktes Einhalten der Mietenabstände, -längen und -querschnitte beim Umsetzen etc.).
- Die zugrunde gelegten Mietenquerschnitte, insbesondere die Mietenhöhen, sind im Rotteverlauf nicht konstant, sondern unterliegen infolge von Setzungs Vorgängen und Rotteverlusten einer starken Reduzierung (siehe Kap. 5.4.5). Diese Volumenabnahme in den Rottemieten kann ausschließlich bei den Umsetzvorgängen ausgeglichen werden, so dass zwischen den Umsetzvorgängen die Rottemieten ein deutlich geringeres Mietenvolumen aufweisen, als bei der vorhergehenden Kapazitätsberechnung angenommen. Hieraus resultiert, dass im Praxisbetrieb erheblich weniger Rottegut auf der Anlagenfläche liegt als bei konstanten Mietenvolumen und somit die Flächenkapazität abgemindert werden muss.
- Die während des Rotteverlaufs durchgeführten Umsetzvorgänge markieren die in Tab. 5.10 betrachteten Rotteabschnitte. Vereinfacht wird angenommen, dass die Volumenreduzierung innerhalb der einzelnen Rotteabschnitte linear verläuft und somit die durchschnittliche Kapazitätsminderung 50 % der auftretenden Volumenabnahme je Abschnitt beträgt.

Tabelle 5.10: Volumenreduzierung des Rottegutes und Kapazitätsminderung je Rotteabschnitt

Rottephase	Anzahl der Rotteabschnitte	Dauer [Wochen]	Volumenabnahme bezogen auf den jeweiligen Abschnittsbeginn [Vol.-%]	Kapazitätsminderung [Vol.-%]
Vorrotte	1	2,5	36	18
Hauptrotte	3	1.	36	18
		2.	26	13
		3.	20	10
	Durchschnitt während der Hauptrotte			
Nachrotte	1	5	10	5

Die Tabelle 5.10 zeigt, dass im Praxisbetrieb der Pilot-Anlage die verfügbaren Rotteflächen während der Vorrotte zu 82 %, in der Hauptrottephase im Durchschnitt zu 86 % und während der Nachrotte zu 95 % ausgelastet werden können.

Durch häufigeres Umsetzen der Rottemieten und dem damit verbunden Ausgleichen der auftretenden Volumenreduzierung könnte die Anlagenkapazität gesteigert werden. Allerdings würde dies den Arbeitsaufwand für die Sortierkräfte und somit auch die anfallenden Betriebskosten (zusätzliche Arbeitskräfte) deutlich erhöhen.

Tabelle 5.11: Berechnung der realistischen Anlagenkapazität

		Trockenzeit	Regenzeit
Vorrottefläche	Materialvolumen	$168 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 0,82 =$ 124 m^3	$110 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 0,82 =$ 81 m^3
	Ø Schüttdichte	$0,45 \text{ Mg/m}^3$	$0,45 \text{ Mg/m}^3$
	Materialgewicht	$124 \text{ m}^3 \times 0,45 \text{ Mg/m}^3 =$ 56 Mg	$81 \text{ m}^3 \times 0,45 \text{ Mg/m}^3 =$ 37 Mg
Hauptrottefläche	Materialvolumen	$364 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 0,86 =$ 282 m^3	$261 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 0,86 =$ 202 m^3
	Ø Schüttdichte	$0,50 \text{ Mg/m}^3$	$0,50 \text{ Mg/m}^3$
	Materialgewicht	$194 \text{ m}^3 \times 0,5 \text{ Mg/m}^3 =$ 141 Mg	$202 \text{ m}^3 \times 0,5 \text{ Mg/m}^3 =$ 101 Mg
Nachrottefläche	Materialvolumen	$90 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 0,95 =$ 77 m^3	$93 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 0,95 =$ 80 m^3
	Ø Schüttdichte	$0,6 \text{ Mg/m}^3$	$0,6 \text{ Mg/m}^3$
	Materialgewicht	$77 \text{ m}^3 \times 0,6 \text{ Mg/m}^3 =$ 46 Mg	$99 \text{ m}^3 \times 0,6 \text{ Mg/m}^3 =$ 48 Mg
Gesamt	Materialvolumen	? = 483 m^3	? = 363 m^3
	Materialgewicht	? = 243 Mg	? = 186 Mg

Nach den Berechnungen der Tabelle 5.11 können in der Trockenzeit maximal 483 m^3 und in der Regenzeit 363 m^3 Rottegut zeitgleich auf der Fläche der Pilot-

Kompostierungsanlage untergebracht und nach dem angedachten Verfahrenskonzept kompostiert werden.

Durchsatz- bzw. Inputmenge

Berechnungsgrundlagen:

- Die ermittelten realistischen Anlagenkapazitäten (vgl. Tab. 5.11) bilden die Basis der Durchsatzmengen-Berechnung.
- Die Dauer der Trockenzeit wird mit 7 Monaten und die der Regenzeit mit 5 Monaten veranschlagt (vgl. Kap. 4.2). Somit ergibt sich im Jahresdurchschnitt eine Anlagenkapazität von: $(483 \text{ m}^3 \times 7 + 363 \text{ m}^3 \times 5) / 12 = \underline{433 \text{ m}^3}$
- Die mittlere Gesamttrottedauer beträgt 17 Wochen (vgl. Kap. 5.5.1). Folglich sind drei vollständige Durchläufe (D) im Jahr möglich ($52 / 17 = 3 \text{ D}$).
- **20 Vol.-%** des Inputmaterials werden beim Aufsetzen der Rottemieten als Störstoffe entfernt und gelangen nicht auf die Rotteflächen (siehe Kap. 5.4.3).
- Beim Umsetzen der Mieten wird das Rottegut aufgelockert, hierdurch nimmt das Materialvolumen zu. Vereinfacht wird angenommen, dass diese Volumenzunahme in Abhängigkeit vom Rottealter zwischen **2 und 5 Vol.-%** beträgt.
- Bei den Umsetzvorgängen werden die Rottemieten wieder auf die veranschlagten Mietengrößen (Querschnitt, Länge, siehe Tab. 5.9) aufgeschichtet. Hierbei werden die entstanden Volumenverluste (vgl. Tab. 5.10) durch Rottegut einer anderen Miete soweit wie möglich ausgeglichen (abzüglich der Volumenzunahme infolge der Auflockerung).
- Das angenommene Inputmaterial auf der Anlage teilt sich in **90 Vol.-%** Markt- abfälle und **10 Vol.-%** Schlachthofabfälle auf (vgl. Kap. 5.5.4).

Tabelle 5.12: Berechnung des Rottegutvolumens je Durchgang

	Volumenverluste infolge von Setzungs- vorgängen und Rotteak- tivities [Vol.-%]	Volumenzunahme beim Umsetzen infolge der Auflockerung des Rotte- gutes [Vol.-%]	Rottegutvolumen bei konsequentem Aus- gleich der entstanden Verluste [m ³]
Anlagenkapazität			433
1. Umsetzen	36	5	$0,31 \times 433 = 134$
2. Umsetzen	36	4	$0,32 \times 433 = 139$
3. Umsetzen	26	3	$0,23 \times 433 = 100$
Aufsetzen zur Nachrotte	20	2	$0,18 \times 433 = 78$
			? = <u>884 m³</u>

gesamtes Rottegutvolumen im Jahr: $3 \text{ D/a} \times 884 \text{ m}^3/\text{D} = \underline{2.652 \text{ m}^3/\text{a}}$

gesamtes Inputmaterialvolumen im Jahr (Rottegut + Störstoffe):
 $2.652 \text{ m}^3/\text{a} \times 0,8^{-1} = \underline{3.315 \text{ m}^3/\text{a}}$

Marktabfall (90 %):	$3.315 \text{ m}^3/\text{a} \times 0,9 = 2.984 \text{ m}^3/\text{a}$
Schlachthofabfall (10 %):	$3.315 \text{ m}^3/\text{a} \times 0,1 = 331 \text{ m}^3/\text{a}$

gesamte Inputmaterialmenge im Jahr:

Marktabfall: (\emptyset Schüttdichte $0,4 \text{ Mg/m}^3$)	$2.984 \text{ m}^3/\text{a} \times 0,4 \text{ Mg/m}^3 = 1.194 \text{ Mg/a}$
Schlachthofabfall: (\emptyset Schüttdichte $0,75 \text{ Mg/m}^3$)	$331 \text{ m}^3/\text{a} \times 0,75 \text{ Mg/m}^3 = 248 \text{ Mg/a}$
Gesamt:	$1.194 \text{ Mg/a} + 248 \text{ Mg/a} = \underline{\underline{1.442 \text{ Mg/a}}}$

Auf den 610 m^2 Nutzfläche (Rotte-, Arbeits- und Konfektionierungsfläche, vgl. Kap. 5.2.2) der Pilot-Kompostierungsanlage können, nach dem derzeitigen Verfahrenskonzept bei konsequenter Flächenausnutzung und nahezu optimaler Betriebsführung, maximal 1.440 Mg organische Marktabfälle bzw. pflanzliche Schlachthofabfälle im Jahr durch Kompostierung verwertet werden. Allerdings sind hierfür mindestens zwei zusätzliche Sortierkräfte und sehr genaue Arbeitsanweisungen vom Leitungspersonal erforderlich (siehe Kap. 5.5.6).

Aus der Durchsatzmengen-Kalkulation zum praktizierten Anlagenbetrieb ging hervor, dass gegenwärtig eine Inputmaterialmenge von 800 Mg/a auf der Pilot-Kompostierungsanlage angenommen und verwertet wird (siehe Kap. 5.5.4).

Vergleich: $800 \text{ Mg/a} : 1.440 \text{ Mg/a} = 0,56$ d.h. **56 %**

Demnach werden die zur Verfügung stehenden Rotteflächen auf der Pilotanlage durch die derzeit angenommenen Abfallmengen nur zu etwa 56 % ausgelastet. Bevor die Rottefläche durch Baumaßnahmen erweitert wird, sollte überprüft werden inwieweit die Durchsatzmenge der bestehenden Pilot-Anlage mit der Einstellung einer weiteren Sortierkraft gesteigert werden kann und ob diese Maßnahme wirtschaftlich sinnvoller ist.

5.5.6 Arbeitszeitbedarf für die Arbeitsgänge der Mietenkompostierung

Im Allgemeinen ist die benötigte Arbeitszeit für die verschiedenen Arbeitstätigkeiten auf der KOSA von folgenden Grundfaktoren abhängig:

1. auszulesende Störstoffmenge
2. Länge des Materialtransportweges
3. Materialmenge
4. Anzahl der Arbeitskräfte
5. Maschineneinsatz
6. Beaufsichtigung und Kontrolle der Arbeitskräfte
7. Art und Weise der Arbeitsanleitung durchs Leitungspersonal

Da in der Praxis diese Grundfaktoren immer in veränderter Konstellation und Ausmaß vorliegen, ist es überaus schwierig die mittleren Zeitbedarfswerte der einzelnen Arbeitsgänge zu ermitteln und unabhängig von den Einflussfaktoren anzugeben. Durch sehr umfangreiche, langfristige Untersuchungen und Beobachtungen des Anlagenbetriebs wurde vom Autor versucht, die unterschiedlichen Einflussfaktoren in

der Gesamtheit der Betrachtungen auszuschließen und die durchschnittlichen Zeitbedarfwerte praxisnah zu definieren.

In der Tabelle 5.2 sind die empirisch bestimmten, mittleren Zeitbedarfwerte für die einzelnen Arbeitsgänge bei der Mietenkompostierung auf der Pilot-KOSA Stung Mean Chey angegeben. Allerdings können im täglichen Praxisbetrieb die tatsächlich benötigten Arbeitszeiten partiell in Größenordnungen von den Werten der Tabelle abweichen, wobei dies oftmals auf einen unverhältnismäßig langen Materialtransportweg oder auf eine ungenügende Beaufsichtigung der Arbeitskräfte durch das Leitungspersonal zurückgeführt werden konnte.

Die Mengen- und Zeitbedarfskalkulationen der Tabelle 5.9 beziehen sich auf die gegenwärtige Durchsatzleistung (vgl. Kap. 5.5.4) und Betriebsführung der Anlage, wobei 660 Mg Markttabfall ca. 1.650 m³, 140 Mg Schlachthofabfall ca. 190 m³ und 160 Mg Kompost ca. 250 m³ entsprechen.

Tabelle 5.13: Mittlere Zeitbedarfwerte für die Arbeitsgänge der Mietenkompostierung

Arbeitsgang	Verfahren	erfdl. Arbeitskräfte	eingesetzte Maschinen und Geräte	spez. Zeitbedarf	Menge [m ³ /a]	Zeitbedarf [h/a]
a) Annahme	I	1	keine	0,2h/20m ³	1650	17
	II	1	keine	0,2 h/2m ³	190	19
b) Aufsetzen d. Trapezmieten	—	2-3	Mistgabel, Harke	70h/ 50m ³	1650	2.310
c) Zerkleinerung	—	1	Shredder	0,8 h/m ³	165	132
d) Umsetzen d. Trapezmieten	—	2	Mistgabel, Harke, evtl. Schubkarre	30h/ 50m ³	2030	1.190
e) Reinigung d. Arbeitsflächen	I	2	Mistgabel, Schaufel, Schubkarre, Handwagen	0,25 h/m ³	330	80
	II	2		4 h/wo	52 wo.	210
f) Bewässern des Rottegutes	—	1	Schlauch, Eimer, ggf. Mistgabel, Harke,	0,5h/40m ³	1300	17
g) Absieben des Kompostes	I	2	Aufstellsieb, Korb, Hacke	14 h/m ³	10	140
	II	3	Siebmaschine, Korb, Hacke	7 h/m ³	240	1.680
	III	1	Aufstellsieb, Schaufel	2,5 h/m ³	90	225
h) Behandlung des Siebrestes	I	1	Schubkarre, Handwagen, Schaufel	3 h/m ³	35	105
	II	2	Mistgabel, Siebmaschine, Korb, Hacke,	8 h/m ³	35	280
i) Auslesen des Fertigungskompostes	I	1-2	Schaufel	2 h/m ³	150	300
	II	1	Korb	8 h/m ³	100	800
j) Einsacken d. Fertigungskompost.	I	2	Waage, Schaufel	2 h/m ³	120	240
	II	2	Waage, Schaufel	6 h/m ³	40	240
k) Transport d. verkaufsfertigen Produktes	I	1	Schubkarre	1,0 h/m ³	160	160
	II	2	Schaufel, Handwagen	1,5 h/ m ³	90	135

Arbeitsgang	Verfahren	erfdl. Arbeitskräfte	eingesetzte Maschinen und Geräte	spez. Zeitbedarf	Menge [m ³ /a]	Zeitbedarf [h/a]
I) Beladen der Fahrzeuge	I	1-2	-	0,4 h/m ³	160	64
	II	1	Schaufel, Korb	1,0 h/m ³	90	90
benötigte Arbeitszeit zur Kompostierung von 800 Mg Abfällen GESAMT:						<u>8.132</u>

Beschreibung der einzelnen Arbeitsgänge

a) Annahme

Entsprechend den beiden angenommenen Abfallarten bzw. den verschiedenen Typen der Anlieferungsfahrzeuge ist der volumenbezogene Zeitbedarf für die Annahme der Marktabfälle (Verfahren I) von dem der Schlachthofabfälle (Verfahren II) zu unterscheiden. Die auszuführenden Arbeitsschritte bei der Abfallannahme sind im Betriebshandbuch näher beschrieben.

b) Aufsetzen der Trapezmieten

Beim Aufsetzen der Trapezmieten werden die im Marktabfall enthaltenen Störstoffe für den Kompostierungsprozess zu 70 - 80 Vol.-% aussortiert und das Material so gut wie möglich homogenisiert. Das Mietenaufsetzverfahren ohne weitergehende Störstoffauslese (siehe Kap. 5.3.3) wurde bei der Zeitbedarfsrechnung nicht berücksichtigt, da hierdurch keine Arbeitszeit eingespart, sondern lediglich verlagert wird und der Arbeitszeitaufwand im ganzen betrachtet in etwa in der selben Größenordnung liegt.

c) Zerkleinerung

Im Praxisbetrieb der KOSA werden bislang einzig die in den Marktabfällen enthaltenen Zuckerrohr- und Bananenstaudenanteile zu etwa 70 % mit dem Shredder zerkleinert, wobei die zu shreddernden Materialmengen im Jahresverlauf deutlichen Schwankungen unterliegen. Der Zeitbedarf für das Shreddern wird gegenwärtig ausschließlich von den technischen Leistungsgrenzen des Shredders bestimmt (siehe Kap. 5.2.4).

d) Umsetzen der Trapezmieten

Das Umsetzen umfasst die Arbeitsgänge: Materialtransport und eine geringfügige Störstoffauslese sowie das Homogenisieren und Auflockern des Rottegutes. In der Regel wird das Rottegut im Verlauf der Hauptrotte (10 - 16 Wochen) drei- bis viermal umgesetzt und anschließend zur Nachrotte aufgeschichtet. Das Rottegut unterliegt einer sehr starken Mengenreduzierung infolge des Rotteverlustes, was bei der Arbeitszeitbedarfs-Kalkulation unbedingt zu berücksichtigen ist.

e) Reinigung der Arbeitsflächen

Die aus dem Marktabfall aussortierte Störstoffmenge (ca. 20 Vol.-%) muss regelmäßig auf die angrenzende Deponiefläche verbracht werden (Verfahren I), damit die benötigten Fahrwege und der Rangierbereich für die Anlieferungsfahrzeuge sowie die Arbeitsflächen auf der KOSA beständig zur Verfügung stehen. Außerdem wird das gesamte Areal der Pilot-KOSA aufgrund der angestrebten positiven Außenwirkung

einmal wöchentlich von Verwehungen (i.a. Plastiktüten) aus dem Deponiebereich gereinigt (Verfahren II).

f) Bewässern des Rottegutes

Die zwei praktizierten Methoden bei der Rottegutbewässerung (siehe Kap. 5.3.3) können hinsichtlich des Arbeitszeitbedarfs gemeinsam betrachtet werden, da beide in etwa die gleiche Zeit beanspruchen. Zu beachten ist, dass die Bewässerung des Rottegutes nur ca. fünf Monate im Jahr erforderlich ist (siehe Kap. 5.5.2).

g) Absieben des Kompostes

Die Arbeitszeit, welche für das Absieben des Kompostes benötigt wird, ist abhängig von der ausgeführten Siebmethode (siehe Kap. 5.4.3). Für die 18 mm Kompostabsiebung wird seit Januar 2002 die Siebmaschine mit manuellem Antrieb auf der KOSA eingesetzt (Verfahren II)(siehe Bild 11, Anhang E). Bei reparaturbedingtem Ausfall der Siebmaschine wird die 18 mm Absiebung mit dem großporigem Aufstellsieb durchgeführt (Verfahren I). Hierbei muss eine Arbeitskraft das aufgebrachte Material sehr arbeitsaufwendig mit den Händen durch die Siebmaschen reiben (siehe Bild 13, Anhang E). Die 8 mm Absiebung erfolgt mit dem feinporigen Aufstellsieb, wobei hierfür die 18 mm Fraktion nachgesiebt wird (Verfahren III). Das feinporige Aufstellsieb wird als Durchwurfsieb benutzt. Die Zeitbedarfswerte in der Tabelle beziehen sich jeweils auf den Siebdurchgang (Kompost) und nicht auf die abzusiebende Ausgangsmenge.

h) Behandlung des Siebrestes

Der Siebrest wird je nach der situationsabhängigen Entscheidung vom Sachgebietsleiter Kompostierungsprozess entweder der Vorrotte zugeführt und mit frischem Material gemischt (Verfahren I), oder separat aufgesetzt und noch mal abgesiebt (Verfahren II). In beiden Fällen werden die im Siebüberlauf enthaltenen Störstoffe während der Behandlung im Schnellverfahren grob entfernt.

i) Auslesen des Fertigkompostes

Um beständig eine ansprechende Produktqualität gewährleisten zu können, ist es in der Regel notwendig, aus dem abgesiebten Kompost noch Fremdstoffe (Plastik und Glasbruch) durch Negativauslese zu entfernen. Die angestrebte Qualität bestimmt maßgeblich den hierfür erforderlichen Arbeitsaufwand. Beim Kompost der 18 mm Absiebung, welcher in der Landwirtschaft zum Einsatz kommt, ist gewöhnlich eine grobe Störstoffauslese (Verfahren I) ausreichend, dagegen sollte der 8 mm Kompost für die Topfpflanzenanwendung sehr gründlich ausgelesen werden (Verfahren II). Es empfiehlt sich für diese Arbeitstätigkeit zeitweise zusätzliche Arbeitskräfte einzustellen, da die Sortierkräfte der KOSA normalerweise mit den anderen Arbeitstätigkeiten vollständig ausgelastet sind.

j) Einsacken des Fertigkompostes

Der Zeitbedarf für das Einsacken des Fertigkompostes ist stark abhängig vom Fassungsvermögen der Verkaufsverpackung. So sind bei 50 kg Säcken lediglich 15 Säcke je m³ Kompost erforderlich (Verfahren I), dagegen bei 10 kg Tüten ca. 75 Tüten je m³ abzupacken (Verfahren II). Das Einsacken umfasst die Arbeitsgänge Befüllen, Wiegen und Verschließen der Verkaufsverpackung.

k) Transport des verkaufsfertigen Produktes

Das verkaufsfertige Kompostprodukt wird von der Konfektionierungsfläche zum Kompostlager im Eingangsbereich der KOSA transportiert (Transportentfernung ca. 30 m) und dort bis zur Abholung bzw. Auslieferung gelagert. Der Transport der eingesackten Ware (Verfahren I) ist schneller zu bewältigen als der Transport der losen Ware (Verfahren II), da das Beladen des verwendeten Transportmittels deutlich weniger Zeit in Anspruch nimmt.

l) Beladen der Fahrzeuge

Die Abholfahrzeuge der Kunden und die Auslieferfahrzeuge werden vom Anlagenpersonal beladen. Der Zeitaufwandbedarf für diesen Arbeitsgang ist wiederum abhängig von der Abgabeform des Kompostes, wobei eingesackte Ware (Verfahren I) wesentlich leichter zu handhaben ist als lose Ware (Verfahren II).

Vergleichsbetrachtungen

In Tabelle 5.9 ist ersichtlich, dass für die Kompostierung von 800 Mg organischen Abfalls bzw. für die Produktion von 160 Mg Kompost nach dem derzeitigen Verfahrenskonzept auf der Pilot-Kompostierungsanlage in etwa 8.130 Arbeitsstunden benötigt werden. Somit sind für die Produktion von 1 Mg Qualitätskompost ca. 51 Arbeitsstunden erforderlich.

Nach der festgelegten Arbeitszeitregelung für die drei Sortierkräfte auf der Pilot-KOSA (siehe Betriebstagebuch, Anhang C) mit 48 Arbeitsstunden pro Woche stehen jährlich maximal 7488 geleistete Arbeitsstunden auf der Anlage zur Verfügung. Hierbei sind weder krankheitsbedingte Fehltage noch Urlaubs- oder Feiertage berücksichtigt, so dass in der Praxis die tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden maximal bei 7.400 Stunden anzusetzen sind. Aus der Gegenüberstellung von benötigten (8.130) und zur Verfügung stehenden (max. 7.400) Arbeitsstunden wird deutlich, dass die erforderlichen 800 Arbeitsstunden für die Störstoffauslese (Glasstücken etc.) im Qualitätskompost (vgl. Pkt. (i) Tab. 5.9) von den festangestellten Arbeitskräften der KOSA nicht geleistet werden können und hierfür temporäre Arbeitskräfte eingestellt werden müssen.

Zudem zeigt sich, dass eine Anlagendurchsatzleistung von 800 Mg/a mit 3 Sortierkräften nur bei nahezu vollständiger Anwesenheit und sehr guter Arbeitsleistung der Sortierkräfte erreicht werden kann. Um krankheitsbedingte Ausfälle, kleinere Betriebsschwierigkeiten und unvorhergesehene Arbeitstätigkeiten kompensieren und somit die geplante Durchsatzleistung erreichen zu können, sind ggf. zusätzliche temporäre Personaleinstellungen erforderlich.

5.5.7 Erkenntnisse zum Einsatz der Drainagerohre

Im Kapitel 5.2.4 sind die Anfertigung und Eigenschaften der eingesetzten Drainagerohre beschrieben. Durch das Einlegen der Drainagerohre in den Mietenfuß, sollte eine Möglichkeit zum Beheben des Problems eines zu hohen Wassergehaltes im Rottegut während der Regenzeit getestet werden. Die eingelegten Drainagerohre ermöglichen eine wesentlich bessere Belüftung des Mietenkerns (höherer Sauerstoffeintrag) und bewirken somit die Entwässerung des Rottegutes. Zudem wird ü-

berschüssiges Wasser in den Drainagerohren gesammelt und aus der Rottemiete abführt.

Leider konnte die Wirkung der Drainagerohre auf den Rotteprozess vom Autor nicht in der Regenzeit untersucht werden, da die Drainagerohre erst in der Trockenzeit zur Verfügung standen und die Aufenthaltsdauer des Autors in Kambodscha begrenzt war. Aufgrund dessen wurde der Einsatz der Drainagerohre bislang nur während der Trockenzeit getestet und die Versuchsergebnisse auf die besonderen Bedingungen in der Regenzeit übertragen.

In der Abbildung 5.18 ist die Anordnung der Drainagerohre im Mietenkörper graphisch dargestellt. Beim Einlegen der Drainagerohre ist darauf zu achten, dass die Rohre nicht zu tief (< 30 cm) angeordnet werden. Denn die Rohre bewegen sich im Laufe des Rotteprozesses infolge der Setzungsvorgänge noch deutlich nach unten und würden dann nahezu keine Wirkung auf den Mietenkern ausüben. Um das anfallende Sickerwasser abführen zu können, sollten die Drainagerohre zudem mit einer geringen Längsneigung in die Miete eingebracht werden

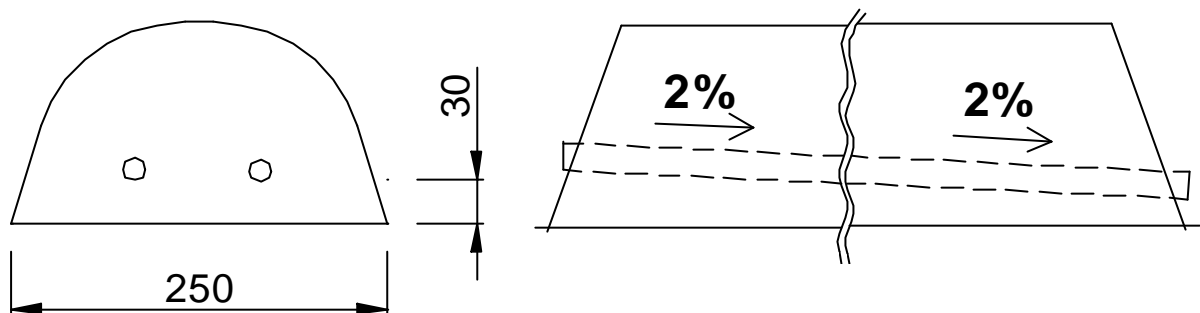


Abbildung 5.18: Anordnung der Drainagerohre im Mietenkörper, Maße in [cm]

Beim Einsatz der Drainagerohre in der Trockenzeit war zu beobachten, dass die Temperatur im Mietenkern schon 10 bis 14 Tage nach dem Umsetzen (Hauptrotte) unter 50°C fiel und somit die Miete wieder umgesetzt werden musste. Ohne Drainagerohre in der Miete ist dies normalerweise erst nach 15 bis 20 Tagen notwendig.

Hieraus wird deutlich, dass in der Trockenzeit während der Hauptrotte nicht die Sauerstoffversorgung sondern der vorherrschende Wassergehalt im Rottegut den begrenzenden Faktor für den Rotteprozess darstellt und sich somit der Entwässerungseffekt der Drainagerohre nachteilig auf den Rotteverlauf auswirkt. Dagegen konnte bei der Vorrotte (sehr hoher Wassergehalt im Material) durch den Einsatz der Drainagerohre eine Verlängerung der Phase $T > 50^{\circ}\text{C}$ um 3 bis 5 Tage erreicht und somit eine positive Auswirkung der Drainagerohre festgestellt werden. Aufgrund dieser Versuchsergebnisse sollten die Drainagerohre in der Trockenzeit ausschließlich während der Vorrottephase eingesetzt werden.

Da die eingelegten Drainagerohre bei einem sehr hohen Wassergehalt im Rottegut durchaus vorteilhaft auf den Rotteverlauf wirkten, sind gerade in der Regenzeit umfangreiche positive Effekte und eine wirksame Verbesserung der Rottebedingungen durch den Einsatz der Drainagerohre zu erwarten. Inwieweit mit den Drainagerohren

die erforderliche Rottedauer während der Regenzeit verkürzt wird, kann gegenwärtig aufgrund fehlender praktischer Erfahrungen nicht beantwortet werden. Die Auswirkungen von eingelegten Drainagerohren auf den Rotteverlauf in der Regenzeit sollten zukünftig genauer untersucht werden.

5.6 Erstellung des Betriebshandbuches

Auf der Grundlage der angestellten Untersuchungen und durchgeführten Optimierungen auf der Pilot-KOSA Stung Mean Chey wurde vom Autor ein Betriebshandbuch zum Betreiben dieser Anlage erstellt. Das Betriebshandbuch beinhaltet folgende Teilkomponenten:

- 1) Verfahrensanweisung
- 2) Betriebsanweisung
- 3) Betriebsordnung
- 4) Betriebstagebuch

Aufgrund der günstigeren Formatierungen (unabhängige Kapitelnummerierung, separates Inhaltsverzeichnis etc.) und zur einfacheren Anwendung, wurde das Betriebshandbuch vollständig in den Anhang B dieser Diplomarbeit gestellt. Auf diese Weise kann das Handbuch problemlos von der Diplomarbeit abgetrennt und direkt, ohne zusätzlichen Formatierungsaufwand, auf der Kompostierungsanlage eingesetzt werden.

Das erstellte Betriebshandbuch soll die kambodschanischen Betreiber der KOSA künftig in die Lage versetzen, die Anlage eigenständig zu betreiben und auftretende Schwierigkeiten selbständig zu bewältigen. Hierzu sind detaillierte Handlungsanleitungen für den regulären Anlagenbetrieb unter den spezifischen örtlichen Verhältnissen im Betriebshandbuch aufgeführt und die Verhaltensweise bei möglichen Störfällen (Niederschläge, Brände etc.) beschrieben. Zudem sind im Betriebshandbuch umfangreiche Anweisungen für eine geeignete Datenerhebung auf der Anlage enthalten.

Für die ins Handbuch integrierten Anleitungen und Vorschriften waren die praktischen Erfahrungen des Autors auf der KOSA maßgebend, so dass nur solche Vorstellungen berücksichtigt wurden, welche vom Anlagenpersonal leicht verstanden und ordnungsgemäß in die Praxis umgesetzt werden können. Auf schwierige Handlungsabläufe und komplexe wissenschaftliche Beschreibungen wurde aus diesem Grund im Betriebshandbuch verzichtet.

6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Die im folgenden Kapitel durchgeführten wirtschaftlichen Betrachtungen beziehen sich auf die vorherrschenden konkreten Bedingungen im Pilot-Kompostierungsprojekt Stung Mean Chey und können nicht ohne weiteres auf andere Projekte mit veränderten Voraussetzungen übertragen werden. So wurden aufgrund der bestehenden vertraglichen Vereinbarungen (siehe Kap. 3.1.3) die verdeckten Kosten, welche sich aus der Miete für die Anlagenfläche sowie den Sammel- und Transportkosten für die Marktabfälle ergeben, bei den Kostenkalkulationen nicht berücksichtigt, da diese Kosten im Pilotprojekt nicht anfallen.

Zudem sind die durchgeführten und geplanten Baumaßnahmen auf der Pilot-Kompostierungsanlage sehr speziell auf die örtlichen Standortbedingungen der Anlage auf dem Areal der Deponie Stung Mean Chey abgestimmt und wären bei anderen Standorten voraussichtlich in stark abweichender Art und Weise auszuführen.

6.1 Investitionskosten

Die bisherigen Investitionskosten der Pilotanlage sind in Tabelle 6.1 zusammengestellt. Als bisherige Investitionskosten sind die Kosten für die Errichtung der Anlage (Nov./Dez. 2000) und die Anschaffung der Maschinen sowie die Ausgaben für die Optimierung der Anlagenausstattung (Okt. 2001 - März 2002) und die bereits vorgenommenen Umbaumaßnahmen zu betrachten.

Tabelle 6.1: Bisherige Investitionskosten der Pilotanlage

Beschreibung	Kosten
Bauausführung (vgl. Tab. 3.1)	4.039 US\$
Maschinen (Shredder, Siebmaschine)	2.850 US\$
Ausstattung (vgl. Tab. 5.1)	405 US\$
Neubau Hütte (vgl. Kap. 5.2.5)	50 US\$
GESAMT	7.344 US\$

Um längerfristig einen kontinuierlichen Anlagenbetrieb auch in der Regenzeit gewährleisten zu können, sind zwangsläufig mehrere bauliche Maßnahmen auf der Pilotanlage erforderlich (siehe Kap. 5.2.5). Des Weiteren sind von der Projektleitung in näherer Zukunft verschiedene Baumaßnahmen zur Verbesserung der Betriebsbedingungen und die Anschaffung eines projekteigenen Transportfahrzeugs für die Kompostauslieferung vorgesehen. In Tabelle 6.2 sind die Kosten für die geplanten zukünftigen Investitionen auf der Pilotanlage zusammengestellt.

Tabelle 6.2: Zukünftige Investitionen auf der Pilotanlage

Art	Beschreibung	Kosten
erforderliche Baumaßnahmen	Einfahrtbefestigung	640 US\$
	Sickergräben-Erneuerung	150 US\$
	Platzbefestigung	360 US\$
	Schutzwall	200 US\$
	GESAMT	1.350 US\$
vorgesehene Baumaßnahmen	Teilüberdachung Rottefläche	800 US\$
	Flächenausgleichserweiterung (250 m ²)	720 US\$
	stationäres Kompostlager	750 US\$
	GESAMT	2.270 US\$
vorgesehene Anschaffung	Transportfahrzeug	8.000 US\$

6.2 Betriebskosten

Die jährlich anfallenden Betriebskosten im Pilotkompostierungsprojekt bezogen auf den aktuellen Anlagenbetrieb sind in Tabelle 6.3 angegeben. Hierbei wurden sämtliche Betriebskosten im Zeitraum Oktober 2001 bis März 2002 ermittelt und hinsichtlich der gegenwärtig verarbeiteten Materialmengen (Input 15,8 Mg/wo.) und Personalverhältnisse auf das Jahr hochgerechnet. Die spezifischen Kostenwerte ergeben sich aus der zu Grunde gelegten Durchsatzmenge von 800 Mg/a, wobei bis auf das Gehalt für das Leitungspersonal alle Betriebskostenposten direkt von der Durchsatzmenge abhängig sind.

Tabelle 6.3: Anfallende Betriebskosten auf der Pilotanlage (Durchsatz 800 Mg/a)

Posten	Kosten	
Personalkosten	Gehalt Leitungspersonal	2.700 US\$/a
	Gehalt Sortierkräfte (Anz. 3)	1.800 US\$/a
	Gehalt für Hilfskräfte (Kompostauslese)	500 US\$/a
	GESAMT	2300 US/a
	Spezifische Personalkosten Arbeitskräfte	2,9 US\$/Mg
Betriebsmittel	Arbeitsschutz Sortierkräfte (Gummistiefel, Arbeitshandschuhe)	40 US\$/a
	Trinkwasser Sortierkräfte	25 US\$/a
	Verbrauch Erste-Hilfe-Medikamente	10 US\$/a
	Verschleiß an Arbeitsgeräten (Hacke, Körbe, Mistgabel etc.)	100 US\$/a

Posten		Kosten
Betriebsmittel	Wasser zur Mietenbewässerung	110 US\$/a
	Kraftstoffverbrauch der Maschinen	130 US\$/a
	Wartung und Reparatur der Maschinen	100 US\$/a
	Utensilien für Buchführung und Abrechnung (Quittungen, Betriebstagebücher etc.)	50 US\$/a
	GESAMT	565 US\$/a
	Spezifische Betriebsmittelkosten	0,7 US\$/Mg
Vermarktungskosten	Kompostverpackung (Säcke, Tüten) und Anwendungsempfehlung	250 US\$/a
	Transportkosten für Kompostauslieferung (mittlere Transportentfernung 15 km)	900 US\$/a
	Werbematerial (Projektskizze, Visitenkarten etc.)	150 US\$/a
	GESAMT	1.300 US\$/a
	Spezifische Vermarktungskosten	1,6 US\$/Mg
	Spez. Vermarktungskosten bei projekteigenem Transportfahrzeug inkl. Kraftstoffkosten (mittlere Transportentfernung 15 km, Ladekapazität 2 Mg)	0,6 US\$/Mg

6.3 Kostenkalkulationen für den Betrieb einer Kompostierungsanlage

6.3.1 Pilotanlage

Hinsichtlich der anstehenden Projektentwicklungen können drei verschiedene Kostenvarianten für die Pilotanlage unterschieden werden. Variante 1 bezieht sich auf die gegenwärtige Situation und die Baumaßnahmen, welche zur Aufrechterhaltung der jetzigen Durchsatzleistung von 15,8 Mg/wo. (800 Mg/a) während der Regenzeit erforderlich sind. Variante 2 betrachtet den Anlagenzustand nach Durchführung der geplanten Baumaßnahmen.

Aufgrund der, in diesem Zusammenhang, realisierten Flächenerweiterung um 250 m² kann die Durchsatzleistung der Anlage auf 1.100 Mg/a gesteigert werden. Variante 3 geht vom selben Bauzustand wie Variante 2 aus, jedoch wird zusätzlich die geplante Anschaffung eines projekteigenen Transportfahrzeugs für die Kompostauslieferungen berücksichtigt.

Tabelle 6.4: Investitionskosten der Varianten

Posten	Kosten		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
bisherige Investitionen	7.344 US\$	7.344 US\$	7.344 US\$
notwendige Investitionen	1.350 US\$	1.350 US\$	1.350 US\$
geplante Baumaßnahmen	-	2.270 US\$	2.270 US\$
Transportfahrzeug	-	-	8.000 US\$
SUMME	8.694 US\$	10.964 US\$	18.964 US\$
Spezifische Investitions- kosten je Inputmenge	10,9 US\$/Mg (800 Mg)	9,9 US\$/Mg (1.100 Mg)	17,2 US\$/Mg (1.100 Mg)

Die Betriebskostenberechnungen greifen auf die spezifischen Kostenwerte der Tabelle 6.3 zurück, wobei eine höhere Durchsatzmenge (Varianten 2 und 3) auch die Einstellung zusätzlicher Arbeitskräfte (1 - 2) erforderlich macht.

Bei Variante 3 sind die Vermarktungskosten, aufgrund der stark reduzierten Transportkosten für die Kompostauslieferung (nur Kraftstoffverbrauch) deutlich geringer anzusetzen als bei den Varianten 1 und 2.

Die spezifischen Betriebskosten in Tabelle 5.6 sind einerseits bezogen auf die jeweilige Durchsatzmenge und zum anderen auf die hieraus resultierende Kompostmenge (ca. 20% vom Input, siehe Kap. 5.5.3) angegeben.

Tabelle 6.5: Betriebskosten der Varianten

Posten	Kosten		
	Variante 1 (800 Mg)	Variante 2 (1.100 Mg)	Variante 3 (1.100 Mg)
Leitungspersonal	2.700 US\$/a	2.700 US\$/a	2.700 US\$/a
Arbeitskräfte	2.300 US\$/a	3.200 US\$/a	3.200 US\$/a
Betriebsmittel	560 US\$/a	770 US\$/a	770 US\$/a
Vermarktungskosten	1.300 US\$/a	1.760 US\$/a	660 US\$/a
SUMME	6.860 US\$/a	8.430 US\$/a	7.330 US\$/a
Spezifische Betriebskosten	Input	8,6 US\$/Mg	7,7 US\$/Mg
	Kompost	42,9 US\$/Mg	38,3 US\$/Mg
		6,7 US\$/Mg	33,3 US\$/Mg

6.3.2 Ausbaustufen der Kompostierungsanlage

Im folgenden wird die Kostenkalkulation für zwei mögliche Ausbaustufen der Pilotkompostierungsanlage durchgeführt. Ausbaustufe 1 betrachtet die Flächenerweiterung der KOSA auf die vertraglich zugesicherten 2000 m² (vgl. Kap. 3.1.3), wodurch die Durchsatzleistung der Anlage auf ca. 2.200 Mg/a ansteigt. Bei Ausbaustufe 2 wird von einer Flächenerweiterung auf 3.000 m² und einer Durchsatzmenge von 3.300 Mg/a ausgegangen. Um einen objektiven Kostenvergleich zwischen den Vari-

anten hinsichtlich der Anschaffung eines Transportfahrzeuges vornehmen zu können, werden die betrachteten Ausbaustufen auf die Betriebsverhältnisse der Variante 3 bezogen. Die Bauausführung der Kompostierungsflächen erfolgt in gleicher Weise wie die Flächenerweiterung bei Variante 2 (vgl. Kap. 5.2.5). Von einer stationären Rotteflächenüberdachung auf den „neuen“ Kompostierungsflächen wird bei dieser Kalkulation abgesehen. Die erforderlichen Investitionskosten für die Realisierung der Ausbaustufen sind in Tabelle 6.6 aufgeführt.

Tabelle 6.6: Investitionskosten der Ausbaustufen

Posten	Kosten	
	Ausbaustufe 1 (2.000 m ²)	Ausbaustufe 2 (3.000 m ²)
Investitionskosten Variante 3	18.964 US\$	18.964 US\$
Herrichten der zusätzlichen Kompostierungsfläche (ca. 3 US\$/m ²)	3.000 US\$	6.000 US\$
Ausführung der erforderlichen Sickergräben (ca. 3 US\$/m)	400 US\$	800 US\$
Ausstattung (Abdeckplanen etc.)	400 US\$	800 US\$
SUMME	22.764 US\$	26.564 US\$
Spezifische Investitionskosten je Inputmenge	10,3 US\$/Mg (2.200 Mg)	8,0 US\$/Mg (3.300 Mg)

Der Betriebskostenberechnung der Tabelle 6.7 liegen die spezifischen Kostenwerte der Tabelle 6.1 zu Grunde. Für beide Ausbaustufen ist ein projekteigenes Transportfahrzeug bei der Berechnung der Vermarktungskosten berücksichtigt.

Tabelle 6.7: Betriebskosten der Ausbaustufen

Posten	Kosten	
	Ausbaustufe 1 (2.200 Mg)	Ausbaustufe 2 (3.300 Mg)
Leitungspersonal	2.700 US\$/a	2.700 US\$/a
Arbeitskräfte	6.400 US\$/a	9.600 US\$/a
Betriebsmittel	1.550 US\$/a	2.300 US\$/a
Vermarktungskosten	1.320 US\$/a	1.980 US\$/a
SUMME	11.970 US\$/a	16.580 US\$/a
Spezifische Betriebskosten	5,4 US\$/Mg	5,0 US\$/Mg
	Input	
	Kompost	
	27,2 US\$/Mg	25,1 US\$/Mg

6.4 Variantendiskussion

In der Tabelle 6.8 sind die Kalkulationen der spezifischen Investitions- und Betriebskosten für die untersuchten Betriebsvarianten der Kompostierungsanlage gegenübergestellt.

Hierbei werden die entstehenden Kosten sowohl auf die Durchsatzmenge als auch auf die produzierte Kompostmenge (20 Gew.-% vom Input) der jeweiligen Anlagen-

variante bezogen. Die Investitionskosten für die Anlage werden bei der Kalkulation anteilig über 3 Betriebsjahre auf die jährlich produzierte Kompostmenge umgeschlagen und anschließend mit den spezifischen Betriebskosten zu den Gesamtkosten summiert. Somit stellen die spezifischen Gesamtkosten den Betrag dar, zu welchem der Kompost bei einer vollständigen Refinanzierung der Anlage über den Zeitraum von 3 Jahren verkauft werden müsste.

Da die Anlageninvestitionen bislang von rückzahlungsfreien Fördergeldern des TMLNU und privaten Spenden der Projektleitung finanziert werden, sind die spezifischen Betriebskosten für einen längerfristigen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb maßgebend, so dass sich die Kompostverkaufspreise der Kompostierungsanlage an den Betriebskosten je Mg produzierten Kompost orientieren müssen.

Tabelle 6.8: Variantendiskussion der Kostenkalkulationen

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Ausbau- stufe 1	Ausbau- stufe 2
Durchsatz [Mg/a]	800	1.100	1.100	2.200	3.300
Kompost [Mg/a]	160	220	220	440	660
Spezifische Investitionskosten [US\$/Mg Input]	10,9	9,9	17,2	10,3	8,0
Spezifische Betriebskosten [US\$/Mg Input]	8,6	7,7	6,7	5,4	5,0
Spezifische Betriebskosten [US\$/Mg Kompost]	42,9	38,3	33,3	27,2	25,1
Spezifische Investitionskosten bei einer Umlage auf 3 Produktionsjahre [US\$/Mg Kompost]	18,2	16,5	28,7	17,2	13,3
Spezifische Gesamtkosten [US\$/Mg Kompost]	61,2	54,8	62,0	44,4	38,4

Aus Tabelle 6.8 wird ersichtlich, dass sich die spezifischen Betriebskosten mit steigender Durchsatzmenge der Anlage erwartungsgemäß erheblich verringern und somit der Kompostverkaufspreis wesentlich niedriger angesetzt werden kann. Auf die Betriebskosten der Kompostierungsanlage hat die Anschaffung eines projekteigenen Transportfahrzeuges zur Kompostauslieferung sehr positive Auswirkungen, was schon bei einer Durchsatzmenge von 1.100 Mg zu einer Reduzierung der anfallenden Betriebskosten um fast 15 % führt. Mit zunehmender Durchsatzmenge erhöht sich auch die Vorteilswirkung eines projekteigenen Transportfahrzeuges, da die

Höhe der hierdurch erreichten Einsparung bei der Kompostauslieferung direkt proportional zur produzierten Kompostmenge ist.

Weiterhin zeigt sich in Tabelle 6.8, dass durch die Umlage der Anlageninvestitionskosten auf die produzierte Kompostmenge innerhalb von 3 Jahren, der beim Kompostverkauf zu erwirtschaftende Betrag deutlich ansteigt und somit die Vermarktungschancen der Kompostprodukte aufgrund des höheren Verkaufspreises erheblich verschlechtert werden. In diesem Zusammenhang führt die Anschaffung eines Transportfahrzeuges bei einer Anlagendurchsatzmenge von 1.100 Mg zu einer Erhöhung der spezifischen Gesamtkosten um etwa 12 %. Hinsichtlich einer Refinanzierung der getätigten Investitionen über den Kompostverkauf ist die Anschaffung eines projekteigenen Transportfahrzeugs nur in Verbindung mit einer Anlagenerweiterung auf 3.300 Mg jährlicher Durchsatzmenge und eines gesicherten längerfristigen Anlagenbetriebs (mind. 3 Jahre) wirtschaftlich sinnvoll.

Allerdings lassen sich in Entwicklungsländern, wie z.B. Kambodscha, keine langfristigen Sicherheiten erreichen, so dass bei Investitionsvorhaben auch das unternehmerische Wagnis steigen muss. Die Empfehlung zur Anschaffung eines projekteigenen Transportfahrzeugs ist unter den angegebenen Bedingungen zwar betriebswirtschaftlich vertretbar, kann aber das Projekt als Ganzes durch möglichen Motivations- und Imageverlust auch ausbremsen.

6.5 Kostenvergleich

Aus den vorgenommenen Untersuchungen bezüglich der praktizierten Düngemittelnutzung in Kambodscha (vgl. Kapitel 4.8.4) ging hervor, dass der Kompostverkaufspreis für eine mögliche Vermarktung im Obst- und Gemüseanbau 45 US\$/Mg sowie im Reisanbau 7 US\$/Mg nicht überschreiten sollte. Werden diese Maßgaben mit den berechneten Kompostproduktionskosten der Tabelle 6.8 verglichen, wird deutlich, dass eine wirtschaftliche Vermarktung des Kompostes im Reisanbau für das Kompostierungsprojekt auch bei einer deutlichen Reduzierung der gegenwärtigen Betriebskosten (Variante 1) durch eine enorme Anlagenerweiterung (Variante 3) nahezu unmöglich ist.

Dagegen liegen die ermittelten Betriebskosten bei allen untersuchten Anlagenvarianten unter 45 US\$/Mg Kompost, womit die anfallenden Betriebskosten mittels der Kompostvermarktung im Obst- und Gemüseanbau gedeckt werden könnten. Allerdings ist eine Refinanzierung der Anlageninvestitionskosten innerhalb von 3 Produktionsjahren erst ab einer Anlagengröße von 2.200 Mg Durchsatzmenge im Jahr (Ausbaustufe 1 und 2) denkbar.

7. Vermarktung des Kompostes

7.1 Voraussetzungen für die Kompostvermarktung

Die Schaffung eines gesicherten Absatzmarktes für den produzierten Kompost der Pilotanlage ist die Grundvoraussetzung, um längerfristig einen wirtschaftlich eigenständigen Anlagenbetrieb realisieren zu können. Die Rahmenbedingungen für die Vermarktung von Kompost in Kambodscha sind ausführlich im Kapitel 4.8 dieser Diplomarbeit dargelegt. Die Qualitätseigenschaften des produzierten Kompostes sind im Kapitel 5.8.4 aufgeführt und bewertet. Zusammenfassend sind folgende Punkte für die Ausrichtung der Kompostvermarktung von maßgebender Bedeutung:

- Der Nutzwert und die Vorteilswirkung von Kompost für die kambodschanischen Böden und die unterschiedlichen Einsatzgebiete kann belegt werden.
- Es besteht ein sehr großer Bedarf an organischen Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln in Kambodscha.
- Die hohe Qualität des produzierten Kompostes der Pilotanlage (hygienische Unbedenklichkeit, Nährstoffgehalt etc.) ist nachgewiesen und kann gewährleistet werden.
- Die Akzeptanz von Kompostdünger und das Wissen um die Kompostanwendung sind gegenwärtig in der Bevölkerung Kambodschas und bei den Bauern noch gering. Deshalb besteht ein sehr großer Informations- und Aufklärungsbedarf.
- Die finanziellen Möglichkeiten des Staates und der Bevölkerung insbesondere der Reisbauern für den Erwerb von Bodenverbesserungs- und Düngemitteln sind sehr gering.
- In der Landwirtschaft Kambodschas sind viele Hilfsorganisationen tätig, die über unzählige nützliche Kontakte verfügen und Maßnahmen unterstützen, welche zur Verbesserung der Lebenssituation der ländlichen Bevölkerung beitragen.
- Durch die Anwendung von Kompost können chemische Düngemittel substituiert und somit die großen Mengen an teuren Düngemittelimporten reduziert werden.
- Die Verwertung der organischen Abfälle zur Kompostproduktion kann in erheblichem Maße zur Verbesserung der Umweltsituation, der hygienischen Verhältnisse und somit zum Wohl der Allgemeinheit beitragen.

7.2 Mögliche Einsatzgebiete und Abnehmer von Kompost in Phnom Penh

Die Einsatzgebiete von Kompost sind vielfältig. Die richtige Anwendung von Kompost kann die Qualität des Bodens überaus positiv beeinflussen. Aufgrund seiner wertvollen Eigenschaften eignet sich Kompost als „Multi-Funktions-Produkt“

- zur Bodenverbesserung und zum Bodenschutz
- zur Düngung
- als Mischkomponente für Erden und Substrate.

Nachfolgend aufgeführte Einsatzgebiete und mögliche Abnehmer von Kompost im Großraum Phnom Penh konnten bislang in Erfahrung gebracht werden:

Landwirtschaft

Wie schon mehrfach beschrieben kann der produzierte Kompost sowohl im Obst- und Gemüseanbau als auch im Reisanbau nutzbringend eingesetzt werden (vgl. Kap. 4.8). Aufgrund der schlechten finanziellen Situation der Reisbauern ist eine direkte Vermarktung des Kompostes fast ausschließlich an die Obst- und Gemüsebauern möglich. Hier ist das größte Absatzpotential für den Kompost der Pilotanlage zu sehen. Im Reisanbau kann der Kompost gegenwärtig i.d.R. nur über die finanzielle Unterstützung von Hilfsorganisationen wirtschaftlich vermarktet werden. Auch bei der Kompostvermarktung im Obst- und Gemüseanbau sollte mit den landwirtschaftlichen Hilfsorganisationen zusammengearbeitet und deren Kontakte zu den Bauern genutzt werden.

Baumschulen und Pflanzenmärkte

In Phnom Penh gibt es etwa 50 Baumschulen und zahlreiche Pflanzenmärkte, welche Bedarf an organischen Düngemitteln haben. Gegenwärtig kann der Bedarf durch die verfügbaren organischen Düngemittel (siehe Tab. 4.11) nicht vollständig gedeckt werden [Chea,1998]. Die Kompostvermarktung muss direkt an den einzelnen Pflanzenmärkten und Baumschulen erfolgen. Zudem können die Pflanzenmärkte und Baumschulen als Zwischenhändler für den Verkauf von Kompost an die privaten Haushalte, Hotels und Restaurants genutzt werden.

Private Haushalte und Gärten

Die privaten Haushalte und Gärten benötigen organische Düngemittel in erster Linie für Zierpflanzen, kleine Gemüsebeete und Obstbäume. Ein wirtschaftlicher Kompostverkauf an private Haushalte und Gartenbesitzer ist aufgrund der geringen Einzelmengen i.d.R. nur über Zwischenhändler möglich. Hierfür bieten sich die Blumenverkäufer auf den Märkten, die Baumschulen und die Pflanzenmärkte an.

Hotels und Restaurants

Ein Großteil der zahlreichen Restaurants und Hotels in Phnom Penh besitzen sehr viele Topfpflanzen und teilweise auch Grünanlagen. Hier besteht einen hoher Bedarf an organischen Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln. Zudem sind die finanziellen Möglichkeiten dieses Gewerbes für den Ankauf von Kompost als sehr günstig zu beurteilen. Die Vermarktung des Kompostes sollte in der Anlaufphase direkt erfolgen und kann zu einem späteren Zeitpunkt möglicherweise über die Pflanzenmärkte abgewickelt werden.

Öffentliche Parks und Grünanlagen

In Phnom Penh stehen etwa 4.101.000 Bäume in den öffentlichen Straßen, den Parks, auf staatlichem Eigentum und in den 30 Grünanlagen der Stadt [Chea, 1998]. Die Kompostvermarktung muss direkt an die für die Anlagenpflege zuständigen Behörden der Stadt Phnom Penh erfolgen. Allerdings sind die finanziellen Möglichkeiten der Stadt Phnom Penh gegenwärtig als sehr gering einzuschätzen, so dass ein Kompostverkauf an staatliche Behörden schwierig zu realisieren sein wird.

Rekultivierungsschicht von Deponien

Die Deponie Stung Mean Chey benötigt für die bereits vollständig befüllten Bereiche eine Rekultivierungsschicht. Hierzu könnte Kompost minderer Qualität verwendet werden. Ob der Deponiebetreiber PPWM diese Maßnahme durchführt, ist aufgrund des geringen Budget sehr ungewiss und kann vom Autor nicht beantwortet werden.

Sonstige Einsatzgebiete und mögliche Kompostabnehmer

- Golfplatz, 5 km außerhalb von Phnom Penh
- Parkanlage des Königspalastes
- Botschaften
- SOS-Kinderdorf
- NGOs etc.

Beurteilung der Konkurrenzsituation zu NIP

Nach eigenen Angaben möchte das Kompostierungsprojekt von NIP Kompost an private Haushalte und Gärten sowie an Hotels und Restaurants verkaufen. Wird dieser Markt auch vom Pilot-Kompostierungsprojekt Stung Mean Chey erschlossen, würde scheinbar eine Konkurrenzsituation zwischen NIP und dem Pilotprojekt entstehen. Allerdings hat NIP zum einen bislang kaum nennenswerten Verkaufserfolge vorzuweisen und somit auch noch keine erfolgsversprechende Vermarktungsstrategie für diesen Markt entwickelt. Zum anderen kann die geringe Kompostproduktion von NIP den Kompostbedarf dieses Marktes bei weitem nicht abdecken und die NIP-Mitarbeiter kaum sämtliche Vermarktungsmöglichkeiten wahrnehmen bzw. keinesfalls alle potentiellen Kompostkunden erreichen.

Aufgrund dessen bietet, nach Meinung des Autors, der Kompostmarkt bei den privaten Haushalten und Gärten sowie den Hotels und Restaurants für beide Projekte die Möglichkeit auf verschiedenen Vermarktungswegen Kompost zu verkaufen, so dass vom Pilotprojekt nicht aus übertriebener Rücksichtnahme von vorneherein auf diesen Markt verzichtet werden sollte. Zumal jeder Kompostverkauf gegenwärtig für die Finanzierung der Pilot-Kompostierungsanlage wichtig ist und auch NIP bzw. Interconsult International AS in erster Linie die eigenen Interessen verfolgen ohne hierbei die Entwicklung des Pilotprojektes zu berücksichtigen (vgl. Kap. 5.2.1).

7.3 Anlaufphase der Vermarktung

Im Folgenden werden die ersten realisierten Maßnahmen der Arbeitsgruppe bezüglich der Kompostvermarktung kurz beschrieben.

7.3.1 Werbung

Für das Kompostierungsprojekt und die Kompostprodukte wurde ein Name bzw. eine einprägsame, leicht verständliche Bezeichnung und ein optisch auffälliges Logo entwickelt. Der Projektname „COMPOST PLANT COMPANY Cambodia - Germany Compost Cooperation“ und die Produktbezeichnung „PHNOM PENH HUMUS SOIL“ sowie das Logo (siehe Abb. 7.2) werden seitdem auf sämtlichen Projektmaterialien (Quittungen, Dokumente, Anwendungsempfehlung etc.) einheitlich verwendet. Zu-

dem wurden für das Leitungspersonal einheitliche Visitenkarten mit dem Projektnamen und dem Logo angefertigt (vgl. Tab 6.3).

Wie schon mehrmals erläutert, ist für die Kompostvermarktung in der Landwirtschaft eine enge Zusammenarbeit mit den lokal ansässigen Hilfsorganisationen von großem Nutzen. Um das Pilot-Kompostierungsprojekt bei diesen Organisationen vorzustellen und dabei einen guten Eindruck zu hinterlassen, wurde eine Projektskizze mit den wesentlichen Informationen zum Wertegang und den Leistungen des Projekts erarbeitet und verteilt. Die Hilfsorganisationen sollen als Führsprecher für den Kompost und als Vermittler zwischen den Bauern und dem Pilotprojekt gewonnen werden. Deshalb wurde verschiedenen interessierten Organisationen (FAO, CARDI, CEDAC, PRASAC) für Versuchszwecke kostenlos bzw. kostengünstig Kompost der Pilotanlage zur Verfügung gestellt. Hierdurch können zum einen Anwendungsergebnisse aus dem Komposteinsatz gewonnen und zum anderen eine Akzeptanzsteigerung von Kompostdünger bei den Bauern erreicht werden.

Um potentielle Kunden von der Qualität des Kompostes zu überzeugen und den Bekanntheitsgrad der Produkte zu erhöhen, wurden zahlreiche Pflanzenmärkte, Hotels sowie Obst und Gemüsebauern mit kostenlosen Kompostproben der Pilotanlage beliefert. Außerdem wurden die Kompostprodukte in einigen Pflanzenmärkten und bei Blumenverkäufern der Stadtmärkte auf Kommissionsbasis stationiert und dort preiswert zum Kauf angeboten.

7.3.2 Verkaufsverpackung

Der produzierte Kompost der Pilotkompostierungsanlage wird je nach Anwendungsgebiet und Kundenanforderung entweder als lose Ware oder verpackt verkauft. Für die Verkaufsverpackungen wurde nach kostengünstigen Lösungen gesucht, um den Kompostpreis nicht übermäßig zu belasten.

Die Kleinmengen (10 kg), welche zum Verkauf in Märkten und Pflanzenmärkten vorgesehen sind, wurden zu Beginn der Vermarktungsphase in gelbe Plastiktüten (Fassungsvermögen 15 Liter, Stückpreis 110 Riel) verpackt. Für größere Kompostmengen ab 50 kg wurden gebrauchte Reissäcke aus Kunststoff (Fassungsvermögen 70 Liter, Stückpreis 400 Riel) verwendet. Neue Kunststoffsäcke dieser Größe hätten 2000 Riel je Stück gekostet, was die Arbeitsgruppe für zu teuer befand. Auch auf das Bedrucken der Tüten und Säcke wurde vorerst verzichtet, da auch bei großen Auftragsmengen für einen Vierfarbendruck zusätzliche Kosten von etwa 1000 Riel je Stück entstanden wären.

Die 10 kg Tüten wurden durch Knoten verschlossen und jeweils ein Anhänger mit der Anwendungsempfehlung (siehe 7.4.3) angehängt. Die 70 Liter Säcke wurden je nach Füllgewicht entweder gebündelt (40 kg) oder genäht (50 kg) verschlossen und nur jeder Lieferung eine Anwendungsempfehlung beigelegt. Außerdem stellte die Stadtwirtschaft Erfurt GmbH für die Startphase der Kompostvermarktung jeweils 250 beidseitig bedruckte Plastiksäcke a 20- und 40 Liter zur Verfügung, welche mit 10 bzw. 25 kg Kompost befüllt und gebündelt verschlossen wurden (siehe Bild 20, Anhang E). Diese Verpackungen wurden überwiegend für den Kompostverkauf in

Pflanzenmärkten und bei den Blumenverkäufern sowie für die kostenlosen Werbe-
proben (siehe Kap.7.3.1) verwendet.

7.3.3 Anwendungsempfehlung und Bescheinigung der Kompostinhaltsstoffe

Damit der Kompost vom Verbraucher richtig eingesetzt und hierdurch eine nachteilige Wirkung des Kompostes auf die Pflanzen vermieden wird, wurde von der Arbeitsgruppe eine Anwendungsempfehlung erarbeitet. Eine Schädigung der Pflanzen infolge des Komposteinsatzes würde zu einem Imageverlust der Kompostprodukte führen und die Vermarktungschancen verschlechtern. Die Anwendungsempfehlung (siehe Abb. 7.1) ist zweisprachig (Englisch/Khmer) ausgeführt und zum Schutz in Plastikfolie eingeschweißt. Jedem Nutzer der Kompostprodukte wird zusammen mit dem Produkt eine Anwendungsempfehlung ausgehändigt.

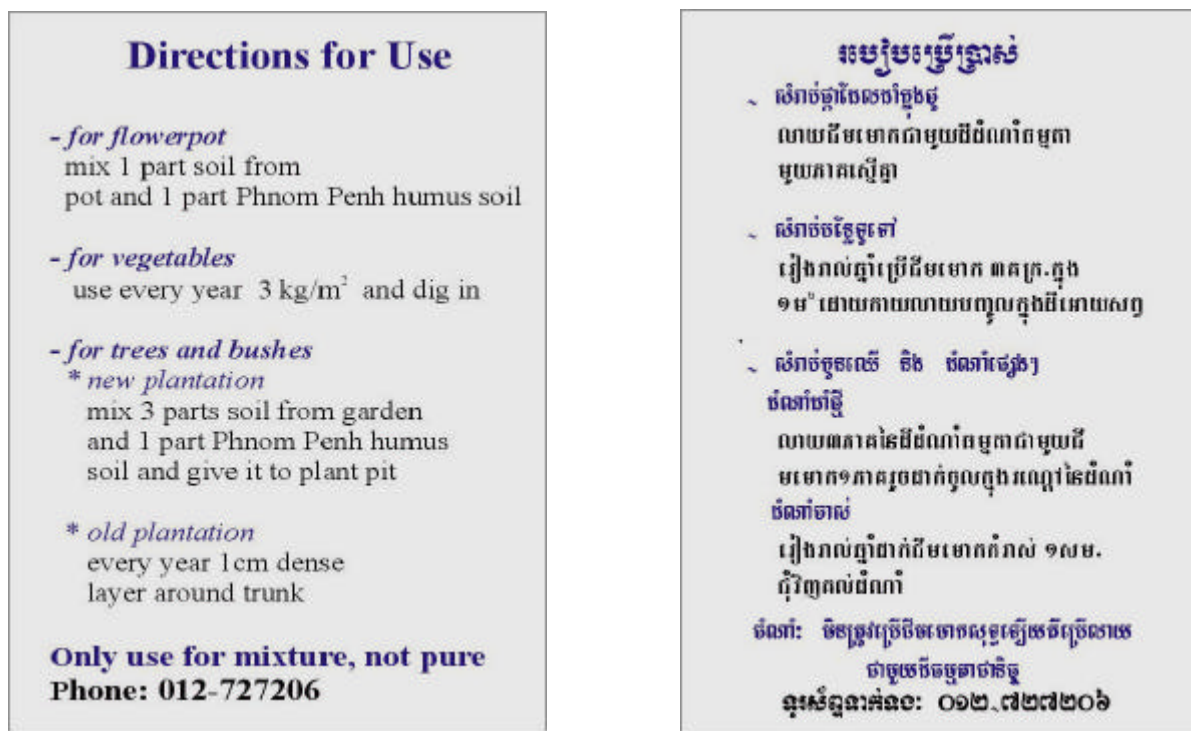


Abbildung 7.1: Anwendungsempfehlung für den Kunden (Englisch/Khmer)

Einige Kompostinteressenten insbesondere die kontaktierten NGOs waren sehr an genauen Angaben zum Nährstoffgehalt der Kompostprodukte interessiert, so dass auf der Grundlage der vorliegenden Kompostanalysen (vgl. Anhang D 3) von der Arbeitsgruppe eine Bescheinigung über die Kompostinhaltsstoffe erstellt wurde (siehe Abb. 7.2). Hierbei konnten nur die Kompostproben vom 18.06.2001 berücksichtigt werden, da die Ergebnisse der Proben vom 17.01.2002 zum damaligen Zeitpunkt noch nicht vorlagen.

Die erstellte Bescheinigung über die Kompostinhaltsstoffe sollte unter Berücksichtigung der jeweils aktuellsten Kompostanalysen von Zeit zu Zeit überarbeitet werden. Für Fachpersonal im Umgang mit Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln, welches oftmals bei den landwirtschaftlichen NGOs in Kambodscha beschäftigt ist, sind be-

sonders die Angaben zum Nährstoff- und Salzgehalt des Kompostes von ausschlaggebender Bedeutung für die Art und Weise der Kompostanwendung. Aufgrund dessen sollte bei Kompostabgaben an fachkundige Personen immer eine Bescheinigung über die Kompostinhaltsstoffe ausgehändigt werden. Dagegen ist in diesen Fällen eine Anwendungsempfehlung meist nicht erforderlich.



Abbildung 7.2: Bescheinigung über die Kompostinhaltsstoffe

7.3.4 Kompostpreis-Regelung

Der Kompostpreis ist das entscheidende Kriterium für die Vermarktungsfähigkeit der Produkte. Da die hervorragenden Qualitätseigenschaften von Kompost beim Großteil der Bevölkerung Phnom Penhs gegenwärtig kaum bekannt sind, muss sich der Kompostpreis für eine aussichtsreiche Produktvermarktung in erster Linie an den Preisen anderer organischer Düngemittel orientieren (siehe Tab. 4.11).

Weiterhin ist der Preis zu dem der Kompost in der Praxis verkauft werden kann, sehr stark von den verfügbaren finanziellen Mitteln des jeweiligen Kunden abhängig. So kann beispielsweise ein finanzkräftiges Hotel oder NGO wesentlich mehr Geld für langfristig wirkende Düngemaßnahmen (Kompost) aufwenden als ein Gemüsebauer und die meisten privaten Haushalte, die viel stärker gegenwartsorientiert wirtschaften müssen, da kaum finanzielle Rücklagen vorhanden sind. Außerdem ist das Verhandlungsgeschick des Verkäufers (Sachgebietsleiter Vermarktung) bei Direktvermarktung der Kompostprodukte von großem Einfluss auf den realisierbaren Kompostpreis.

Unter Beachtung der dargelegten Marktsituation legte die Arbeitsgruppe in Absprache mit den deutschen Projektleitern die Kompostpreise für die Anlaufphase der Vermarktung wie folgt fest:

- Der Grundpreis für die Kompostprodukte der Pilotanlage beträgt bei Direktvermarktung 300 Riel/kg.

- Bei Kompostverkäufen über Zwischenhändler (Pflanzenmärkte, Blumenverkäufer etc.) liegt der Abgabepreis für den Kompost bei 170 Riel/kg, um dem Verkäufer einen Gewinn aus der Verkaufsspanne (170 – 300 Riel/kg) zu ermöglichen.
- An finanzkräftige Kunden (Hotels etc.) soll der Kompost vom Sachgebietsleiter Vermarktung zu einen Preis von etwa 400 Riel/kg verkauft werden. Der Differenzbetrag von 100 Riel/kg (400 – 300 Riel/kg) kann vom Sachgebietsleiter als Verkaufsprovision (siehe Kap. 5.2.6) einbehalten werden.
- Ab einer Verkaufsmenge von 200 kg kann dem Kunden bezogen auf den Grundpreis ein Mengenrabatt gewährt werden, der sich mit steigenden Kompostmengen bis 1000 kg schrittweise erhöht (vgl. Tab. 7.1). Auf diese Weise soll erreicht werden, dass der Kompost bei einer Abgabemenge von einem Mg nicht mehr als 45 US\$ kostet und somit für Großabnehmer in Konkurrenz zum Kuhmist bestehen kann (siehe Kap. 4.8.4). Ohne Rabatt würde 1 Mg Kompost der KOSA beim veranschlagten Grundpreis von 300 Riel/kg in etwa 77 US\$ kosten. Um die Verkaufsmenge zu steigern und somit Lagerfläche auf der Anlage einzusparen, sollte der Mengenrabatt durch die Zugabe von Kompost und nicht in Form eines Preisnachlasses gewährt werden.

In Tabelle 7.1 sind die aktuellen Kompostpreise der Pilotanlage, des Kompostierungsprojektes von NIP und der Kompostierungsanlage der Gemes GmbH Saalfeld (Deutschland) gegenübergestellt.

Tabelle 7.1: Kompostpreise

Gebinde	Kompostpreise [Riel] (3950 Riel = 1,0 US\$)						
	Pilot-Kompostierungsanlage			NIP (Phnom Penh)		Gemes Saalfeld (Deutschland)**	
	Märkte	Grundpreis *	Hotel	20 mm	6 mm	Kompost	Blumenerde
1 kg	170	300	400	350	700		365
4 kg (5 l)	700	1200	1600	1400	2800		1460
10 kg (12,5 l)	1700	3000	4000	3500	7000		3480
16 kg (20 l)	2700	4800	6400	5600	11200		5200
40 kg (50 l)	6800	12000	16000	14000	28000		12340
100 kg	4,3 US\$	7,6 US\$	10,1 US\$	9 US\$	18 US\$		
200 kg	8,6 US\$	14,4 US\$ (5 %)	20,2 US\$	18 US\$	35 US\$		
300 kg		20,5 US\$ (10 %)		26 US\$	52 US\$		
400 kg		25,8 US\$ (15 %)		35 US\$	70 US\$		
500 kg		30,4 US\$ (20 %)		44 US\$	88 US\$		
700 kg (ca.1 m ³)		37,2 US\$ (30 %)		62 US\$	124 US\$	12,5 US\$	26,3 US\$
1000 kg		45,6 US\$ (40 %)		88 US\$	176 US\$		

*unter Berücksichtigung der Rabatte (Werte in Klammern),

** Preise ohne Mehrwertsteuer

Aus der Tabelle 7.1 geht hervor, dass die veranschlagten Kompostpreise der Pilotanlage insbesondere für große Kompostmengen wesentlich niedriger sind als die Kompostpreise von NIP und in etwa auf dem selben Preisniveau der Blumenerde der Gemes GmbH Saalfeld in Deutschland liegen.

8. Projektentwicklung, Forschungsbedarf und Ausblick

8.1 Projektentwicklung

- Mit Wirkung vom 30.06.2002 ist die ISA GmbH und der Projektleiter Olaf Schmidt als Betreiber der Pilot-Kompostierungsanlage Stung Mean Chey zurückgetreten. Seit 01.07.2002 wird das Pilotprojekt in Kooperation der Stadtwerke Erfurt Stadtwirtschaft GmbH (Detlef Gutjahr) und der Bauhaus-Universität Weimar bzw. dem KNOTEN WEIMAR geleitet.
- Das Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt wird das Pilot-Kompostierungsprojekt in Phnom Penh weitere 2 Jahre bis Oktober 2004 mit finanziellen Mitteln fördern.
- Im Juli 2002 reiste eine Studentin der Fachhochschule für Garten- und Landschaftsbau Erfurt nach Phnom Penh um im Rahmen eines Praktikums weitere Anwendungsversuche mit dem produzierten Kompost der Pilotanlage durchzuführen und wissenschaftlich zu betreuen.
- Im Oktober 2002 reiste der neue Projektleiter Detlef Gutjahr (SWE GmbH) nach Kambodscha um den auslaufenden Nutzungsvertrag mit der Stadtverwaltung von Phnom Penh zu erneuern. Zudem sollten u.a. die Anschaffung eines projekteigenen Transportfahrzeugs realisiert und die Rahmenbedingungen (Kosten, Abfallanlieferung etc.) für einen Standortwechsel der Pilotanlage auf ein Gelände außerhalb der Deponie Stung Mean Chey erkundet werden.

8.2 Forschungsbedarf

- Der Rotteprozess während der Regenzeit und die Wirksamkeit der angedachten Maßnahmen zur Problemreduzierung (Drainagerohre, kleinere Mietenquerschnitte etc.) sollten in Zukunft noch genauer untersucht werden.
- Die eingesetzten Maschinen (Shredder, Siebmaschine) auf der Pilotanlage müssen technisch so verbessert werden, dass diese entsprechend den Betriebsanforderungen eine optimale Funktionsfähigkeit erreichen.
- Von großer Bedeutung für die zukünftige Betriebssteuerung der Anlage sind Maßnahmen zur Verbesserung der Inputqualität bzw. zur Verringerung des Störstoffgehaltes der verwerteten Marktabfälle. Hierfür sind geeignete und den besonderen Rahmenbedingungen (Bevölkerungsmentalität etc.) angepasste Sammelsysteme zur getrennten Erfassung des organischen Anteils der Marktabfälle und deren praktische Umsetzung von besonderem Interesse.
- In Anwendungsversuchen sollten die optimalen spezifischen Einsatzmengen des produzierten Kompostes für die lokal vorkommenden Pflanzenarten und Böden ermittelt werden.
- Die Entwicklung einer wirksamen Vermarktungsstrategie zur Schaffung eines langfristig gesicherten Absatzmarktes für den produzierten Kompost der KOSA sollte aus gegebener Notwendigkeit einen Schwerpunkt zukünftiger Forschungsvorhaben darstellen. In diesem Zusammenhang sind geeignete Methoden der

Öffentlichkeitsarbeit zur Akzeptanzerhöhung von Kompostdünger und zur Wissenserweiterung um die Kompostanwendung für die Bevölkerung zu entwickeln.

8.3 Ausblick

Durch die Verlängerung der Projektförderung vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt ist die Grundfinanzierung des Anlagenbetriebs und somit auch das Fortbestehen des Pilotprojektes um weitere 2 Jahre bis Oktober 2004 gesichert. Bis dahin muss das Projektziel, eine wirtschaftlich eigenständig arbeitende Kompostierungsanlage in Phnom Penh aufzubauen, erreicht sein, d.h. die anfallenden Betriebskosten (Personalgehälter etc.) müssen dann vollständig durch Einnahmen der Kompostierungsanlage erwirtschaftet werden.

Hierfür sollte die Pilotanlage erweitert und baulich verbessert werden, so dass ganzjährig ein kontinuierlicher Anlagenbetrieb realisiert werden kann. Durch eine höhere Kompostproduktion auf der Pilotanlage sinken die spezifischen Betriebskosten und somit können die Kompostprodukte wesentlich einfacher wirtschaftlich vermarktet werden. Das arbeitsintensive und technisch einfache Verfahrenskonzept der Kompostierung sollte beibehalten werden, da zum einen die Personalkosten in Kambodscha gering sind und zum anderen die Gefahr von Betriebsstörungen infolge technischer Probleme mit dem zunehmenden Einsatz von komplizierter Maschinenteknik steigt.

Das derzeitige Anlagenpersonal (Leistungs- und Sortierkräfte) sollte auch weiterhin beschäftigt werden, damit die wichtigen praktischen Betriebserfahrungen und das erworbene fachliche Wissen zur Kompostierung für das Pilotprojekt erhalten bleiben. Durch eine sorgfältige Datenerhebung und Auswertung müssen weitere Erkenntnisse aus dem Pilotbetrieb der Anlage gewonnen und für die zukünftige Betriebssteuerung genutzt werden.

Beim Aufbau einer wirtschaftlich eigenständigen Kompostierungsanlage in Kambodscha sind gegenwärtig die größten Schwierigkeiten nicht in der Umsetzung einer effektiver Kompostproduktion (Senkung der spezifischen Ausgaben) sondern bei der Schaffung von gesicherten Einnahmeverhältnissen für die Anlage zu sehen. Deshalb müssen zukünftig in erster Linie die Bemühungen bei der Kompostvermarktung intensiviert und hierzu alle aussichtsreichen Vermarktungswege auf ihre Eignung für das Pilotprojekt geprüft werden. Potentielle Kompostnutzer können mit geeigneten Werbemaßnahmen (Probeprodukte etc.) von den Vorteilen der Kompostanwendung überzeugt und hierdurch möglicherweise als Kunde für die Pilotanlage gewonnen werden. Außerdem sind die Rahmenbedingungen für die Kompostvermarktung durch die Gründung eines nationalen NGOs und die verstärkte Zusammenarbeit mit den verschiedenen landwirtschaftlichen Institutionen zu verbessern.

Weiterhin sollte beständig auf eine positive politische Entscheidung zu einer Beteiligung der Pilot-Kompostierungsanlage an den erhobenen Abfallgebühren in Phnom Penh hingearbeitet werden, wobei eine gut durchdachte und behutsame Vorgehensweise zu wählen ist.

9. Zusammenfassung

In der Hauptstadt Kambodschas, Phnom Penh, wurde zum Jahresende 2000 eine Pilot-Kompostierungsanlage zur Behandlung biogener Marktabfälle auf der städtischen Mülldeponie errichtet und die Anlaufphase der Kompostierung gestartet. Die bestehende Pilot-Anlage soll in die Betriebsphase überführt und längerfristig als eine wirtschaftlich selbständig arbeitende Kompostierungsanlage in das Abfallentsorgungssystem der Stadt Phnom Penh integriert werden.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden die Rahmenbedingungen für den Betrieb einer Kompostierungsanlage in Kambodscha ermittelt und die hieraus resultierenden Anforderungen an die Betriebsführung herausgearbeitet. Zudem wurde der Betriebsablauf der Pilotanlage wissenschaftlich analysiert und anhand der gewonnenen Erkenntnisse geeignete Optimierungs- und Modifizierungsansätze für den Anlagenbetrieb entwickelt und teilweise in der Praxis umgesetzt.

Die gewählte Behandlungsmethode der offenen Mietenkompostierung mit geringem technischen Einsatz ist unter den derzeitigen wirtschaftlichen und sozialen Voraussetzungen in Kambodscha, als das geeignetste Verfahren zur Behandlung der anfallenden organischen Abfälle in Phnom Penh zu bewerten, da hierfür die Investitions- und Betriebskosten vergleichsweise gering ausfallen sowie die Prozesssteuerung und -unterhaltung verhältnismäßig unkompliziert zu beherrschen sind.

Die Akzeptanz von Kompost und die Bereitschaft zur Eigenkompostierung sind gegenwärtig bei den Bauern in Kambodscha noch sehr gering. Allerdings sind im Wirken verschiedener NGOs einige viel versprechende Ansätze zur Verbreitung der Kompostierung in Kambodscha zu erkennen. Die Zusammenarbeit zwischen Pilot-Kompostierungsprojekt und diesen NGOs sollte weiter intensiviert und aufbauend auf deren Erfahrungen praktische Schulungen sowie Vorbildprojekte initiiert werden.

Der Landwirtschaftssektor im Großraum Phnom Penh weist ein großes Potential für den Einsatz des produzierten Kompostes auf, da die Kompostdüngung bei den regional vorkommenden Böden äußerst umfangreiche Vorteilswirkungen im Vergleich zur Anwendung chemischer Düngemittel besitzt. Dennoch ist die Kompostvermarktung bislang schwierig und ein gesicherter Absatzmarkt für den produzierten Kompost schwer zu realisieren. Hierfür sind gleichfalls die äußerst schlechte finanzielle Situation der Bevölkerung und das unzureichende Wissen, um den großen Nutzen der Kompostanwendung, verantwortlich.

Die angestrebte Beteiligung des Kompostierungsprojektes an den erhobenen Abfallgebühren in Phnom Penh ist aufgrund eingeschränkter politischer Unterstützung gegenwärtig schwer durchzusetzen, dennoch sollte weiterhin beständig auf eine positive politische Entscheidung hingearbeitet werden.

Während der Trockenzeit herrschen in Kambodscha gute klimatische Bedingungen für den Kompostierungsprozess bei der offenen Mietenkompostierung. Dagegen sind während der Regenzeit unbedingt Schutzmaßnahmen (Mietenabdeckung,

-überdachung etc.) erforderlich, welche das Eindringen von großen Wassermengen in die Rottemieten verhindern. In diesem Zusammenhang muss die Wasserableitungsfähigkeit der Anlagenfläche durch bauliche Maßnahmen (Oberflächenbefestigung, Ausbau der Sickergräben etc.) verbessert und die Wirksamkeit von in den Mietenfuß eingelegten Drainagerohren sowie die Verwendung von kleineren Mietenquerschnitten während der Regenzeit getestet werden.

Durch einfache Optimierungen des Betriebsablaufes (Verkürzung der Materialtransportwege, Einsatz von Shredder und Siebmaschine etc.) und einer besseren Flächenausnutzung konnte, trotz einer Verringerung der Anlagenfläche von 1.000 auf 830 m², die mittlere Durchsatzmenge der Pilotanlage von 10 Mg auf über 15 Mg je Woche gesteigert werden. Dennoch wird die vorhandene Rottefläche momentan nur zu etwa 56 % ausgelastet, da von drei Arbeitskräften, aufgrund der arbeitsintensiven Tätigkeiten der manuellen Mietenkompostierung, nach dem praktizierten Verfahrenskonzept maximal eine Inputmenge von ca. 15 Mg/wo. verarbeitet werden kann.

Die auf der Kompostierungsanlage angenommenen Abfälle sind gut für die Abfallbehandlung in Form der offenen Mietenkompostierung geeignet. Durch das Vermischen der organischen Marktabfälle mit den pflanzlichen Schlachthofabfällen und der praktizierten Materialaufbereitung (Störstoffauslese, anteiliges Zerkleinern der Zuckerrohrbestandteile, Homogenisierung, ggf. Siebrestrückführung) können günstige Ausgangsbedingungen für den Kompostierungsprozess geschaffen werden. Allerdings ist in der Zusammensetzung des Inputmaterials der Pilot-Anlage ein Mangel an langsam verrottendem Strukturmaterial wie z.B. Baum- und Strauchschnitt feststellbar. Der Zusatz von derartigem Material würde sich insbesondere in der Regenzeit (sehr hoher Wassergehalt) äußerst positiv auf den Rotteprozess auswirken.

Im Praxisbetrieb der Pilot-Kompostierungsanlage fallen etwa 20 Gew.-% der Inputmaterialmenge als vermarktungsfähiges Kompostprodukt an. Die auftretenden Mengenverluste ergeben sich aus den Rotteverlusten (67 %; 55% Wasser und 12 % organische Trockensubstanz), den entfernten Störstoffen (10 %) und dem nicht verwertbaren Siebrest (3 %) bei der Feinaufbereitung.

Bei der gegenwärtig praktizierten Rotteführung auf der Pilotanlage beträgt die durchschnittliche Gesamttrottedauer für die Kompostierung der organischen Marktabfälle ca. 16 bis 17 Wochen, wobei die Nachrottephase hiervon in etwa eine Zeitdauer von 3 bis 4 Wochen einnimmt. Durch eine nahezu optimale Rotteführung (sofortiges bedarfsgerechtes Mietenumsetzen etc.) kann die Hauptrottephase schon nach etwa 10 Wochen beendet werden. Allerdings ist dies im Praxisbetrieb der Pilotanlage aufgrund des begrenzten Arbeitskräftepotentials nur selten zu realisieren.

Der produzierte Kompost der Pilot-Anlage entspricht in seinen Analytikergebnissen im wesentlichen den Qualitätsanforderungen der LAGA M10 und kann somit als Qualitätsprodukt bezeichnet werden. Auffallend sind ein verhältnismäßig geringer Gehalt an organischer Substanz und hohe Nährstoffgehalte, die wiederum einen etwas erhöhten Salzgehalt bedingen. Aufgrund der zahlreichen Glasscherben (bis 6 Stk./kg TS) im abgesiebten Kompost, muss vor der Produktvermarktung meist eine manuelle Fremdstoffauslese erfolgen.

Zum fachkundigen Betreiben der Kompostierungsanlage wurde auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse ein Betriebshandbuch mit Handlungsanleitungen erstellt, welches die kambodschanischen Projektbetreiber in die Lage versetzt, die Anlage selbständig führen und auf Problemsituationen reagieren zu können. Im erstellten Betriebshandbuch wurde besondere Beachtung auf konkrete Anweisungen für eine sorgfältige Datenerhebung und -erfassung auf der Pilotanlage gelegt, da zur Prozesssteuerung und Verfahrensoptimierung unbedingt weitreichende fundierte Erkenntnisse über den Betriebsablauf erforderlich sind.

Für eine effektivere und somit wirtschaftlichere Kompostproduktion sollte die Pilot-Kompostierungsanlage erweitert und die Durchsatzmenge gesteigert werden. Hierfür ist in jedem Fall zusätzliches Arbeitspersonal erforderlich. Die spezifischen Betriebskosten auf der Pilotanlage liegen je nach realisierter Ausbauvariante zwischen 25 und 43 US\$/Mg Kompost. Gegenwärtig müssen für die Produktion von 1 Mg Qualitätskompost etwa 51 Arbeitstunden aufgewendet werden.

Eine funktionierende Kompostvermarktung stellt gegenwärtig das entscheidende Kriterium für den Erfolg oder Misserfolg dieses Projektes dar. Aufgrund dessen müssen zukünftig in erster Linie die Bemühungen bei der Kompostvermarktung intensiviert und hierzu alle aussichtsreichen Vermarktungswege auf ihre Eignung für das Pilotprojekt geprüft werden. Zudem sind die Rahmenbedingungen für die Kompostvermarktung durch die Gründung eines nationalen NGOs und die verstärkte Zusammenarbeit mit den verschiedenen landwirtschaftlichen Institutionen zu verbessern.

Das Projektziel, eine wirtschaftlich eigenständig arbeitende Kompostierungsanlage in Phnom Penh aufzubauen, konnte bisher noch nicht erreicht werden, deshalb sind auch weiterhin unbedingt Fördergelder vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt für die Weiterentwicklung des Projektes erforderlich. Im Laufe der Projektarbeit hat sich das fristgerechte Bereitstellen der zugesicherten Fördergelder für die Aufrechterhaltung des Anlagenbetriebs (Personalgehälter, Reparaturen etc.) als überaus wichtig erwiesen, da das geringe Projektbudget kaum Handlungsspielräume zulässt. Der bisherige Erfolg des Pilot-Kompostierungsprojektes konnte nur durch den selbstlosen Einsatz der Projektleitung und die finanzielle Unterstützung der ISA GmbH erreicht werden.

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen, Informationen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Weimar, den 17.11.2002

Anhang A - Erfahrungsbericht

In diesem Abschnitt sind einige Erfahrungen und Erlebnisse des Autors während seiner Tätigkeit in Kambodscha kurz beschrieben.

Von 11.00 - 14.00 Uhr wird in Kambodscha Siesta abgehalten, während dieser Zeit ruht nahezu alles und es lässt sich kaum etwas erledigen. Die beste Arbeitszeit in Phnom Penh, insbesondere für Termine bei Behörden und Organisationen, ist von 7.30 - 10.30 Uhr, innerhalb dieser Zeitspanne sind die Chancen am Größten den gewünschten Gesprächspartner anzutreffen. Für den Autor waren auch vereinbarte Termine bei Behörden für gewöhnlich mit erheblichen Wartezeiten und ggf. mehreren Anläufen verbunden bis das erhoffte Gespräch zustande kam.

Viele der lokal ansässigen Organisationen in Phnom Penh verfügen über umfangreiches aktuelles Datenmaterial aus eigenen Untersuchungen und Forschungsarbeiten, doch leider werden diese Informationen nur gegen Bezahlung bei Kauf einer Broschüre oder häufig auch gar nicht an Außenstehende weitergegeben. In unverbindlichen Gesprächen sind die Mitarbeiter der Organisationen meist sehr hilfs- und auskunftsbereit, aber fundiertes schriftliches Datenmaterial ist von diesen nur sehr schwer zu bekommen.

In den Monaten März und April 2002 war die Hitze in Phnom Penh zeitweise unerträglich und das Arbeiten unter freiem Himmel z.B. auf der Kompostierungsanlage sehr beschwerlich. Insbesondere während der Nachmittagschicht (14.00 bis 17.30 Uhr) mussten sehr häufig Arbeitspausen (ca. alle 20 Minuten) eingelegt werden.

Ohne Beziehungen und das nötige „Kleingeld“ lässt sich in Kambodscha nicht viel erreichen, mit ist dagegen fast alles möglich. Gemeinsame Abendessen in Restaurants brachten oft mehr für das Projekt, als Besprechungen und Verhandlungen.

Visitenkarten sind in Phnom Penh sehr populär und helfen beim Knüpfen von neuen Kontakten. Deshalb sollten eigene Visitenkarten großzügig verteilt werden.

Ein Mobiltelefon ist zur Kontaktpflege und Arbeitskoordination in Kambodscha überaus hilfreich, doch sollte man sehr gut darauf aufpassen, da Mobiltelefone auch unter den Straßendieben sehr begehrt sind.

Das selbständige Mopedfahren in Phnom Penh und Umgebung ist aufgrund der teilweise äußerst schlechten Straßen und des chaotischen Straßenverkehrs sehr anstrengend, überaus staubig, gefährlich, zeitintensiv und reparaturaufwendig.

Ein Krankenhausaufenthalt in Phnom Penh sollte wenn möglich vermieden werden, da das kambodschanische Gesundheitssystem nicht auf hochqualifizierte Behandlungsmethoden ausgerichtet ist und insbesondere die äußerst geringen Pflegeleistungen in den Krankenhäusern für „verwöhnte“ Europäer eine erschreckende Lebenserfahrung darstellen. Bei schwereren Verletzungen und Krankheiten ist eine Behandlung im benachbarten Thailand in den meisten Fällen die wesentlich bessere Alternative.

Anhang B — Eigenkompostierung und Akzeptanz von Kompostdünger in Kambodscha

Die Eigenkompostierung der Bauern ist ein entscheidender Schlüsselfaktor zur Verbesserung der gesamten landwirtschaftlichen Situation Kambodschas und ein Schwerpunktbereich in der Tätigkeit vieler landwirtschaftlicher Hilfsorganisationen. Hierbei liegen die größten Realisierungshindernisse weniger bei der praktischen Umsetzung der Kompostierung, als vielmehr bei der Überzeugung und an der Bereitswilligkeit der Bauern.

Im Folgenden werden anhand eines Vorzeigeprojektes von CEDAC zur Eigenkompostierung im ländlichen Bereich die Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Verwirklichung sowie die praktische Ausführung der Eigenkompostierung in Kambodscha behandelt.

Projektvorstellung und -ausrichtung

In dem Dorf Domrakrei in der Provinz Kompong Thom wurde über CEDAC 1997 ein Verein zum Erfahrungsaustausch bezüglich der Kompostherstellung und -nutzung, gegründet und wird seitdem von CEDAC fachkundlich sowie finanziell unterstützt.

Der Vorsitzende des Vereins, Kuy Sokhun, kompostiert schon seit über 40 Jahren nach alter traditioneller Methode, welche während der langen Kriegsjahre in Kambodscha nahezu vollständig verloren gegangen ist. Er war der Initiator der Bauernvereinigung und konnte im Laufe der Zeit alle Bauern des Dorfes aufgrund seiner Ernteerfolge von den Vorteilen der Kompostnutzung überzeugen und zur Eigenkompostierung veranlassen. Außerdem haben die äußerst schlechte finanzielle Situation der Landwirte und die potentielle Düngemittelkosten-Ersparnis zur Einsicht der Bauern und zur Durchsetzung der Kompostierung beigetragen. Seitdem werden alle organischen Abfälle des Dorfes zur Kompostherstellung verwendet und auf den Feldern der Bauern fast ausschließlich Kompost eingesetzt.

Kuy Sokhun weist um die Vorteile, bei der Kompostierung mit möglichst vielen Bauern zusammenzuarbeiten und nennt folgende Gründe:

- die größeren verfügbaren Materialmengen, die bessere Rottebedingungen ermöglichen
 - die Arbeitsteilung, durch die der Kompostierungsprozess besser betreut und gesteuert werden kann
 - die Arbeitserleichterung, infolge der Zusammenarbeit wird der Arbeitsaufwand für den Einzelnen reduziert
 - das größere Arbeitskraftpotential, wodurch effektiver und deutlich mehr Kompost produziert werden kann
 - der Erfahrungsaustausch, der dazu beiträgt das Kompostierungsverfahren zu optimieren und auf die jeweiligen Verhältnisse abzustimmen
 - die Gruppendynamik, die den Einzelnen verpflichtet kontinuierlich und bewusst mitzuarbeiten
 - die soziale Gleichgewichtswirkung, durch gegenseitige Hilfeleistung und Unterstützung können einzelne Härtefälle (z.B. bei Krankheit) kompensiert werden
-

- der Gemeinschaftseffekt, der die Bauern zusätzlich motiviert und in ihrem Handeln bestätigt

Aufgrund dessen waren es stets grundlegende Bestrebungen von Kuy Sokhun, die ländliche Bevölkerung in Zweckgemeinschaften, Bauernverbänden oder Vereinen zu organisieren und die Eigenkompostierung in Gemeinschaftsprojekten durchzuführen sowie dieses erfolgreiche Modell in Kambodscha weiter zu verbreiten [Sokhun (2001)].

Praktische Ausführung der Eigenkompostierung in Kambodscha

Grundsätzlich unterscheiden sich die realisierbaren Eigenkompostierungsverfahren in Kambodscha nicht wesentlich von denen in Deutschland bekannten Methoden der dezentralen Haus- und Gartenkompostierung. Hauptsächlich werden die offene Mietenkompostierung und die einfache Boxen- und Behälterkompostierung angewendet. Allerdings erfordern die besonderen sozialen und klimatischen Verhältnisse in Kambodscha die Berücksichtigung zahlreicher zusätzlicher Einflussfaktoren und bedingen einige bauliche sowie verfahrenstechnische Modifizierungen dieser Methoden. Aufgrund der herrschenden Rahmenbedingungen sind aufwendige, anspruchsvolle und technologische Kompostierungsverfahren gegenwärtig in Kambodscha keinesfalls zweckdienlich und von vornherein zum Scheitern verurteilt. Folgende Randbedingungen und Einflussparameter sollten bei der praktischen Verwirklichung der Eigenkompostierung in Kambodscha besonders beachtet und entsprechend umgesetzt werden:

- Die Bauern befinden sich in einer äußerst schlechten finanziellen Situation, weswegen sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten der KOSA so gering wie möglich ausfallen müssen. Der Einsatz jeglicher technischer Aggregate sollte weitestgehend vermieden werden.
 - Der Wissens- und Ausbildungsstand der ländlichen Bevölkerung liegt im Allgemeinen auf einem sehr niedrigen Niveau, wodurch komplizierte Verfahrensabläufe und anspruchsvolle Steuermechanismen sowie häufig wechselnde Anforderungen nicht bewältigt werden können. Einfache, leicht verständliche Verfahren mit simpel strukturierten, gleichbleibenden Arbeitsabläufen sollten ausschließlich zur Anwendung kommen.
 - Ein Großteil der in der Landwirtschaft anfallenden, pflanzlichen Abfälle ist meist sehr homogen und für einen guten Rotteprozess zu grob strukturiert. Aus diesem Grund sollte gegebenenfalls eine partielle Abfallzerkleinerung und/oder der Zusatz von feinstrukturiertem bzw. strukturlosem organischem Material erfolgen.
 - Die Extremzustände, sehr hohe Niederschlagsmengen (Regenzeit) und intensive Sonneneinstrahlung (Trockenzeit), beeinträchtigen die Rottebedingungen erheblich, weshalb eine Überdachung der KOSA überaus sinnvoll und praktisch erforderlich ist.
 - Während der Regenzeit kommt es in weiten Teilen des Landes zu großen Überschwemmungen und stark ansteigenden Grundwasserspiegeln, wenn möglich sollte deshalb für die KOSA ein erhöhter Standort gewählt werden.
-

Beim Kompostierungsprojekt in Domrakrei kommt eine Boxenkompostierung nach alter traditioneller Verfahrensweise zum Einsatz. Diese interessante und sehr einfache Kompostierungsmethode wird im folgenden exemplarisch für alle weiteren in Kambodscha angewendeten Kompostierungsverfahren kurz vorgestellt.

In Domrakrei betreiben alle Bauern des Dorfes die Kompostierung gemeinsam, wobei jeweils mehrere Familien zusammen eine Kompostbox bewirtschaften. Für die Errichtung der Kompostboxen musste jede Familie des Dorfes finanzielle Mittel in Höhe von 10.000 Riel (2,5 US\$) aufbringen.

Die Rotteboxen sind etwa 3x3 Meter groß und mit geflochtenen Palmendächern überdacht. Die Konstruktion ist einfachster Art und die Seitenwände der Boxen für die Belüftung überwiegend offen ausgebildet. Außerdem sind alle Rotteboxen mit einem Zaun gegen freilaufende Haustiere gesichert. Zum Schutz vor dem jährlich auftretenden Hochwasser wurde für die Kompostboxen ein deutlich erhöhter Standort gewählt.

Das Rottematerial, bestehend aus organischen Haus- und Landwirtschaftsabfällen, Kuhmist, Pflanzenmaterial und Teichschlamm, wird in Schichten wie folgt eingebaut:

- | | |
|------------------------|--|
| 1. Schicht: 5 - 10 cm | Feste organische Abfälle (z.B. Kokosnussschalen) |
| 2. Schicht: 30 - 50 cm | Gemisch aus Grünabfällen und Kuhmist |
| 3. Schicht: 20 - 40 cm | Blätter und Früchte |
| 4. Schicht: 10 - 20 cm | Schlamm aus einem nahe gelegenen Teich |

Eukalyptusblätter sollten nicht verwendet werden, da diese nur äußerst langsam verrotten, dagegen wirkt sich ein hoher Brennesselanteil (hoher Stickstoffgehalt) prozessbeschleunigend auf den Rottevorgang aus. Des Weiteren wird gelegentlich das Untermischen von Kalziumpulver zur Verbesserung der Rottebedingungen und zum Beschleunigen des Rotteprozesses genutzt. Etwa alle 3 bis 4 Tage wird das Rottegut bewässert, wobei sehr darauf zu achten ist, dass das Material nicht zu sehr befeuchtet wird. Die Wassergehaltseinstellung im Rottematerial erfolgt probeweise nach Gefühl und Erfahrung.

Ein Umsetzen des Rottematerials wird nicht vorgenommen. Der Sauerstoffeintrag ins Rottegut erfolgt allein über gelochte Bambusrohre, die vertikal ins Material eingetrieben werden und über die Holzgitter an den Seiten der Box.

Die benötigte Rottedauer liegt etwa bei 4 Monaten, wobei der Rotteprozess anhand einer manuellen Temperaturbestimmung (ohne Thermometer) beendet wird. Nach Abschluss des Rotteprozesses wird die Kompostbox geöffnet und das relativ kompakte Material mit einer Hacke ausgetragen. Die Schichtung im Kompostmaterial ist noch auffallend deutlich erhalten, weshalb das Zerkleinern, Vermischen und Homogenisieren des Kompostmaterials erforderlich wird. Hierzu wird das grobe Material großflächig ausgebreitet und Reiskörner, Heu sowie sonstiges Tierfutter dazwischen gestreut. Infolgedessen werden die Haustiere (Kühe, Schweine, Hühner) auf das ausgebreitete Kompostmaterial gelockt und zerkleinern bzw. vermischen beiläufig das Material zufriedenstellend.

Im Anschluss wird der Kompost direkt in der Landwirtschaft (Gemüse-, Obst- und Reisanbau) eingesetzt, wobei auf Anbauflächen mit vorjährig geringen Erträgen entsprechend mehr Kompost eingearbeitet wird [Sokhun (2001)].

Die vorgestellte traditionelle Kompostierungsmethode überzeugt durch eine sehr leichte Handhabung, einen einfachen funktionellen Aufbau und einen ungemein geringen Investitionsbedarf. Zudem ist beachtenswert, dass keinerlei technische Hilfsmittel (Thermometer u.ä.) benötigt werden und nahezu keine Betriebskosten anfallen. Die verschiedenen organischen Inputmaterialien versprechen gute Rottebedingungen und ein ausgewogenes Nährstoffverhältnis im Kompost, wobei der unveränderliche Schichtenaufbau eine einheitliche und gleichmäßig gute Rotte des gesamten Materials beeinträchtigt.

Wie bei nahezu allen in Kambodscha angewendeten Kompostierungsverfahren ist auch hier das nicht praktizierte Umsetzen des Rottegutes als nachteilig einzuschätzen. Ohne Umsetzen ist die anzustrebende Homogenisierung des Rottegutes nicht möglich und der notwendige, gleichmäßig hohe Sauerstoffeintrag ins gesamte Rottematerial unzureichend.

Problematik und Lösungsansätze zur Verbreitung der Eigenkompostierung

Die Bereitschaft der Bauern zur Kompostherstellung und -nutzung ist gegenwärtig in Kambodscha noch sehr gering und nach Erfahrungen von Kuy Sokhun allein durch Informationen sowie Anregungen bei den Bauern kein Umdenken zu erreichen. Langfristige praxisnahe Schulungen und mehrjährige Anbauvorhaben auf Musterfeldern versprechen wesentlich bessere Erfolgschancen.

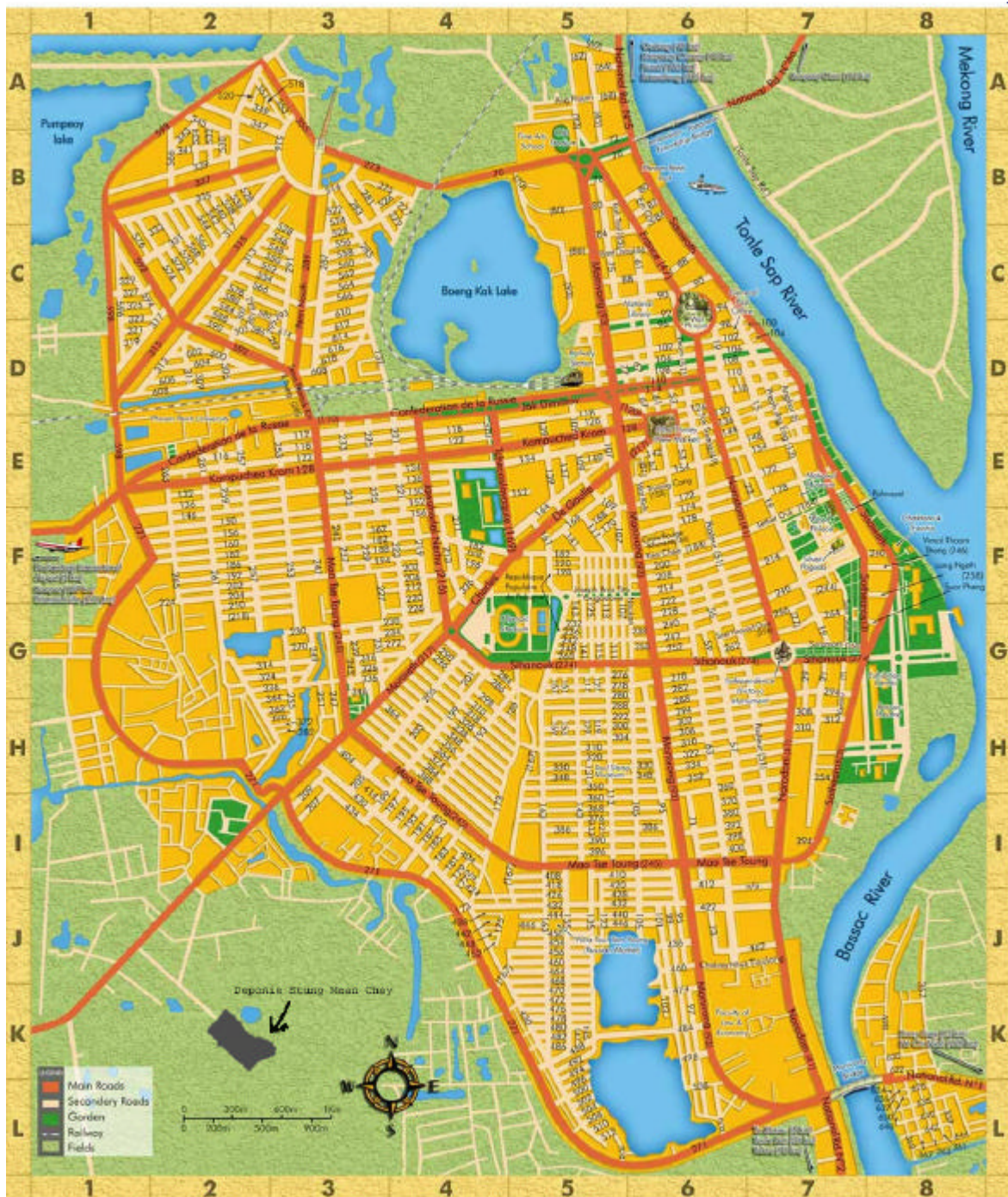
Nach Kuy Sokhun ist die Kompostwerbung am aussichtsreichsten, wenn ein einheimischer Bauer mit gutem Beispiel vorangeht und daran die Vorteile der Kompostnutzung demonstriert sowie den nachhaltigen Gewinn für den einzelnen aufzeigt. Denn die Verständigung und Akzeptanz unter einheimischen Bauern funktioniert wesentlich besser, als dies unter Einwirkung von Fachleuten aus der Stadt der Fall ist. Die Experten und Lehrer von außerhalb werden von den dörflichen Bauern nicht als gleichgestellt anerkannt und diesen oft großes Misstrauen entgegengebracht, weshalb auch die übermittelten Kenntnisse nur sehr zögerlich angenommen und in die Praxis umgesetzt werden.

Ein weiteres Hindernis bei der Überzeugung der Bauern resultiert aus dem deutlich erhöhten Arbeits- und Zeitaufwand, der sich bei der Kompostnutzung im Vergleich zur chemischen Düngieranwendung ergibt. Das Denken und Handeln der Bauern ist im wesentlichen auf die unmittelbare Gegenwart fixiert, dabei sind direkter Gewinn und Arbeitswand von entscheidender Bedeutung. Für langfristige, zukunftsorientierte Überlegungen und Handlungsweisen fehlt es momentan bei der Landbevölkerung Kambodschas mehrheitlich an der erforderlichen Absicherung des täglichen Bedarfs und etwas an der notwendigen Bildung. Auch aus diesem Grund ist es sehr schwierig, die Bauern von den längerfristigen Vorteilen und Gewinnen durch die Kompostnutzung zu überzeugen.

Als viel versprechender Ansatz zur Bewältigung der Akzeptanzprobleme der Kompostierung in Kambodscha ist die Unterrichtung der Kinder an den ländlichen Schu-

len zu sehen. Dort sollten den Kindern sowohl die Kompostherstellung und -nutzung, als auch die ökologischen- und ökonomischen Vorteile der Kompostierung auf leicht verständliche Weise vermittelt werden. Die Kinder sind viel leichter zu begeistern und unbefangen sowie lernfähiger und in ihrem Denken flexibler, als die meisten Erwachsenen. Da mittlerweile viele Kinder in Kambodscha über eine bessere Schulbildung als ihre Eltern verfügen, versuchen nicht wenige Eltern unbemerkt von ihren Kindern zu lernen (vgl. Kap. 4.6.3). Auf diesem Wege könnten die Bauern vermutlich viel wirksamer zum Umdenken animiert und zumindest zum Ausprobieren der Eigenkompostierung bewegt werden [Sokhun (2001)].

Anhang D 1 — Stadtplan von Phnom Penh mit Lage der Deponie Stung Mean Chey



Anhang D 2 — Meteorologische Daten von Phnom Penh

Meteorologische Daten Pochentong Airport, Phnom Penh

Monat	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEZ	à / Æ	
	Niederschlag¹ [mm] ¹	Max. 15.4	4.5	164.1	181.5	234.8	304.6	284.5	312.4	474.7	338.9	345.6	24.7	2685.7
Mittel	2.8	0.5	23.0	61.4	125.0	125.0	160.3	180.8	303.9	219.2	119.2	6.4	1327.0	
Min.	0	0	0	0	38.4	37.6	75.3	92.9	173.4	97.5	2.1	0	517.2	
Anzahl der Regentage >1 mm¹	Mittel	1	1	1	6	12	14	17	18	19	16	8	1	114
Temperatur¹ [°C]	Max.	31.1	32.6	34.3	34.9	34.4	33.2	32.4	32.1	31.5	30.9	30.6	30.4	32.3
	Mittel	26.1	27.5	29.2	30.2	29.9	28.9	28.8	28.1	27.7	26.8	26.7	25.9	28.0
	Min.	21.1	22.3	24.0	25.4	25.4	24.6	25.1	24.0	23.8	22.7	22.7	21.3	23.5
Relative Luftfeuchtigkeit¹ [%]	Max.	82.0	77.0	77.5	81.2	85.0	86.2	92.0	83.3	90.6	92.0	90.0	87.3	85.3
	Mittel	76.8	73.4	72.9	75.7	80.8	82.3	86.8	78.1	88.1	88.7	85.1	81.7	80.9
	Min.	71.6	69.7	58.2	70.2	76.5	78.3	81.6	72.8	85.5	85.4	80.2	76.0	76.3
Verdunstung¹ [mm]	Mittel	143.8	169.3	205.3	190.1	155.0	126.9	115.1	118.8	93.5	83.7	102.0	128.3	1623.0
Windgeschwindigkeit¹ [km/h] ¹	Max.	5.4	6.9	9.0	10.6	11.4	4.8	12.2	10.2	9.6	9.4	8.8	6.0	8.6

¹ von 1985-2001

[Quelle: Department of Meterology, 2002]

Anhang D 3 — Kompostanalysen Pilot-Kompostierungsanlage

Die Kompostanalysen wurden nach dem Methodenbuch der Bundesgütegemeinschaft-Kompost e.V. (BKG) vom Institut für Material- und Umweltanalytik GMBH (IMU) durchgeführt. [IMU; Camburger Str. 1, 99091 Erfurt, Deutschland, Tel. (0361) 740 870, Fax (0361) 740 8713]

Parameter	Einheit	Probe	Probe	Probe	Probe	LAGA M10
		0-4 18.06.01	0-25 18.06.01	0-8 17.01.02	0-18 17.01.02	
Wassergehalt	% FS	14,1	16,2	8,7	9,8	35-50
Trockensubstanz	% FS	85,9	83,8	91,3	90,2	50-65
Glühverlust (organische Substanz)	% TS	19,6	18,2	25,0	19,9	25-45
Glührückstand	% TS	80,4	81,8	75,0	80,1	55-75
Rohdichte (Vol.-Gewicht)	g/l FS	768	868	646	601	550-850
pH-Wert (CaCl ₂)		8,08	7,96	8,08	8,31	7,0-8,3
Salzgehalt (rechn. als KCl)	g/l	8,2	9,4	6,7	5,7	2-8
Maximalkorn	mm	4,0	24,0	8,0	15	< 40
Stickstoff (N)	kg/Mg TS	7,81	7,91	12,1	11,4	8-15
Phosphor (P ₂ O ₅)	kg/Mg TS	12,1	11,9	15,1	19,9	4-10
Kalium (K ₂ O)	kg/Mg TS	12,1	9,15	9,13	8,81	6-15
Magnesium (MgO)	kg/Mg TS	7,86	7,82	7,59	5,34	2-7
Nitrat-N (aus CaCl ₂)	mg/l FS	162	206	322	104	Summe 100-400
Ammonium-N (aus CaCl ₂)	mg/l FS	18,7	7,9	5,8	4,9	
Phosphat (P ₂ O ₅ aus CAL)	mg/l FS	1390	1460	3250	2350	500-2000
Kalium (K ₂ O aus CAL)	mg/l FS	4570	5500	4410	4500	1000-5000
Magnesium (aus CaCl ₂)	mg/l FS	174	203	199	171	150-500
Blei	mg/kg TS	30,8	23,7	28,5	29,8	< 150
Cadmium	mg/kg TS	<0,6	0,83	1,21	0,74	< 1,5
Chrom	mg/kg TS	23,8	29,5	31,3	23,4	< 100
Kupfer	mg/kg TS	51,7	39,9	46,1	41,9	< 200
Nickel	mg/kg TS	16,3	15,1	14,4	13,6	< 50
Quecksilber	mg/kg TS	0,37	0,28	0,73	0,80	< 1
Zink	mg/kg TS	195	125	564	198	< 400
Pflanzenverträglichkeit 25% Substrat	%	101	115	—	—	> 90
Pflanzenverträglichkeit 50% Substrat	%	60,1	80,5	—	—	—
Keimfähige Samen und Pflanzenteile	Anzahl/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fremdstoffgehalt >2 mm (Gesamt)	% TS	—	—	0,06	0,37	< 0,5
Fremdstoffgehalt >2 mm Glas	% TS	—	—	0,01	0,17	—
Fremdstoffgehalt >2 mm Kunststoffe	% TS	—	—	0,05	0,20	—
Steine >5 mm	% TS	—	—	0,87	4,95	< 5
basisch wirksame Stoffe*	% CaO	3,95	6,39	7,55	5,20	—

* Bestimmungsverfahren nach der AbfklärV

Anhang D 4 — Bodenanalysen von Phnom Penh und Umgebung

Parameter	Einheit	Bassac- Fluss uferfern in Kokrobay	Bassac- Fluss ufernah in Kokrobay	Tonle Sap- Fluss uferfern in Phnom Penh
Rohdichte, frisch	g/l FS	1680	1050	1260
Rohdichte, trocken	g/l TS	1210	990	1070
Trocken- substanz	% FS	71,9	94,1	84,7
pH-Wert	—	6,9	6,7	6,8
Salzgehalt	mg/100g TS	14,3	61,8	25,3
NH ₄ ⁺ -N	mg/100g TS	0,17	0,28	< 0,01
NO ₃ ⁻ -N	mg/100g TS	0,02	1,06	0,13
N _{min}	mg/100g TS	0,19	1,34	0,13
P (CAL)	mg/100g TS	< 1	< 1	< 1
K (CAL)	mg/100g TS	3,8	9,2	1,8
Mg	mg/100g TS	12,8	26,4	21,9
Tongehalt	% TS	7,6	22,5	13,3

Anhang D 5 — Angewendete Analysenmethoden zur Bestimmung der Untersuchungsparameter

Parameter	Materialien	Probenaufbereitung	Vorgehensweise
Masse	Waage 1 (max. 100 g; 0,2 g ablesbar) Waage 2 (max. 100 kg; 0,2 kg ablesbar)	i.d.R. keine (ggf. Zerkleinerung)	Gefäß mit der Probe befüllen und mit der geeigneten Waage das befüllte Gefäß abwiegen, anschließend Leergewicht des Gefäßes bestimmen und von der ermittelten Gesamtmasse abziehen
Volumen	verschiedene Gefäße mit Skala (10 ml, 100 ml, 500 ml, 5 l, 10 l)	i.d.R. keine (ggf. Zerkleinerung)	Gefäße unter leichtem Aufstoßen mit er Probe befüllen und an der Skala das Volumen ablesen
Schüttdichte	siehe Masse- und Volumenbestimmung	keine	Schüttdichte über die Beziehung $\rho_{\text{schütt}} = M/V$ berechnen
Wassergehalt	siehe Masse Bestimmung	i.d.R. keine (ggf. Zerkleinerung)	frische Probe wird eingewogen, anschließend ausgebreitet und mehrere Tage (5-7) der Sonne ausgesetzt, wobei durch eine Abdeckung (z.B. perforierte Folie) sicherzustellen ist, dass kein Fremdeintrag oder Materialverluste auftreten können, nach vollständiger Trocknung wird die Probe zurückgewogen (Restwasser wurde je nach Struktur des Probematerials mit 3-5% angenommen) und über die Masseverhältnisse der WG und die TS errechnet, ggf. wurde eine Vergleichsbetrachtung mit auf dem Ofen getrockneten Proben angestellt
Rottegrad Im Selbsterhitzungsversuch	Dewar-Gefäße Thermometer mit Maximumanzeige	(K) – keine (I) - Zerkleinerung auf < 10 mm; Wassergehalteinstellung mittels "Faustprobe"	nach Einstellung des optimalen Wassergehalts werden die Dewar-Gefäße mit dem Material in loser Schüttung unter leichtem Aufstoßen der Gefäße befüllt und der Fühler des Thermometers im unter Drittel des Gefäßes platziert, die Temperatur wird täglich abgelesen und nach 10 Tagen der Versuch beendet, über T_{max} wird der Rottegrad anhand einer normierten Tabelle bestimmt
Salzgehalt nach Extraktion mit dest. Wasser	destilliertes Wasser, Filter, Leitfähigkeits-Messgerät, geeignete Gefäße, Waage 1	(K) – keine (I) - Zerkleinerung auf etwa 10 mm;	Probe (20g) wird mit 200ml dest. Wasser in einer PE-Flasche 1 Stunde manuell geschüttelt, anschließend filtriert und die Leitfähigkeit im Extrakt bestimmt; über die Rohdichtebestimmung und einen Faktor erfolgt die Berechnung des Salzgehaltes in gKCl/l FS

(K) – Kompost

(I) – Inputmaterial

Parameter	Materialien	Probenaufbereitung	Vorgehensweise
Pflanzenverträglichkeit Im Keimpflanzenversuch mit Sommergerste (K)	Saatgut Sommergerste (Keimfähigkeit >90 %), Waage 1, Kunststofftöpfe, Erde, wasserlöslicher Mehrnährstoffdünger: 6,66 g Mineraldünger mit: 15 % Ntotal 10 % P ₂ O ₅ 15 % K ₂ O 2 % MgO auf 1 l dest. Wasser, so dass eine Konz. von 110mg N je 100 ml vorliegt,	(K) abgeseibte Kompostprobe (8mm) und abgeseibte Erde (8mm)	aus der Kompostprobe und der Erde werden Prüfmischungen mit 0, 25 und 50 Vol.% Kompostanteil hergestellt, je 3 Behälter (dreifacher Versuchsansatz) werden mit 400 ml (3-faches Aufstoßen des Messbechers) jeder Mischung befüllt, alle 9 Gefäße werden mit 100 ml des fl. Mehrnährstoffdüngers gleichmäßig gegossen, auf jedes Gefäß 50 Sommergerstesamen aufgebracht und mit 100 ml der jeweiligen Prüfmischung abgedeckt, abschließend wird die Abdeckschicht mit ca. 60 ml dest. Wasser befeuchtet, der Schnitt der Versuchspflanzen erfolgt, wenn die Mehrzahl der zweiten Blätter die ersten Überwachsen hat, die Halme werden direkt über der Erde abgeschnitten und sofort gewogen, über das Masseverhältnis mit der Einheitserde wird das Ergebnis in % berechnet
pH-Wert	dest. Wasser, Uni-Testpapier pH 1-14	(K) – keine (I) - Zerkleinerung auf etwa 10 mm;	Probe mit dest. Wasser versetzt und über 1 Stunde mehrmals umgerührt, anschließend mit Uni-Test den pH-Wert bestimmt; oder in Verbindung mit der Salzgehaltbst. aus dem Extrakt
Salzgehalt nach Extraktion mit dest. Wasser	destilliertes Wasser, Filter, Leitfähigkeits-Messgerät, geeignete Gefäße, Waage 1	(K) – keine (I) - Zerkleinerung auf etwa 10 mm;	Probe (20g) wird mit 200ml dest. Wasser in einer PE-Flasche 1 Stunde manuell geschüttelt, anschließend filtriert und die Leitfähigkeit im Extrakt bestimmt; über die Rohdichtebestimmung und einen Faktor erfolgt die Berechnung des Salzgehaltes in gKCl/l FS
Fremdstoff- & Steingehalt	Waage 1 Sieb 5 mm Sieb 2mm Pinzette	bestmögliche Trocknung der ungesiebten Frischsubstanz	Trockene Probe wird gewogen und anschließend mit der Hand durch ein 5 mm Sieb gerieben und der Siebüberlauf durch ein 2 mm Sieb, die entstanden Fraktionen werden bestmöglich ausgelesen und dieses Material zurückgewogen, über Masserelation berechnen der Gehalte
Luftporenvolumen	Verschiedene Gefäße mit Skala (10 ml, 100 ml, 500 ml, 5 l, 10 l) Wasser Waage 1	(K) – keine (I) - Zerkleinerung auf etwa 10 mm;	von einer Teilprobe wird der Wassergehalt ermittelt, zeitgleich wird ein Gefäß unter wiederholtem aufstoßen bis zu einem bestimmten Maß mit der Restprobe befüllt, anschließend wird das Gefäß mit Wasser bis zur selben Marke aufgefüllt und wieder in ein separates Gefäß entleert und hier das Volumen bestimmt, von der nassen Probe wird nun ebenfalls der Wassergehalt bestimmt, über die Relation der ermittelten Volumen wird das Luftporenvolumen berechnet und die Wassergehalt-Differenz addiert

(K) – Kompost

(I) – Inputmaterial

Anhang F — Kontaktadressen

Cambodian Agricultural Research and Development Institute (CARDI)

Dr. Seng Vang (Head and Water Science)
National Road No. 3
Prateah Lang Commune Dangkor
Phnom Penh, Cambodia

Tel./Fax: +855-23-219 692/4
Mobil: +855-12-804 181
E-Mail: CARDI@bigpond.com.kh

Cambodian Building Organization (C.B.O)

Kuch Ros (Director)
N° 41, Group 3, Okjay Village
Odambang I Commune, Sangker District
Battambang Province, Cambodia

Mobil: +855-12-925 212
E-Mail: kuch_ros@hotmail.com
C/o: ccc Box 379, Phnom Penh

Cambodia Climate Change Project

Ministry of Environment
Chea Chan Thou
N° 48, Preah Sihanouk Blvd.
2nd floor, room 303B
Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-11-923 364
Tel./Fax: +855-23-213 370
E-Mail: cceap@bigpond.com.kh

Cambodia – Germany Compost Cooperation (ISA GmbH)

Sam Phalla (General Manager)
Söun Sethou (Compost Expert)
Keo Mara (Supervisor)
Stung Mean Chey Land field
Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-12-727 206
Mobil: +855-12-872 928
Mobil: +855-12-889 487
E-Mail: compost@forum.org.kh

Centre d'Etude et de Developpement Agricole Cambodgien (CEDAC)

Dr. Yang Saing Koma (Executive Director)
Khim Sophanna (Administration Manager)
N° 01, Rue 223/162
Depo 1, Khan Toul Kork
B.P. 1118, Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-12-802 201
Mobil: +855-12-805 454
Tel./Fax: +855-23-880 916
E-Mail: Cedac@camnet.com.kh

Cleaning Authority of Phnom Penh (CAP)

Ministry of Public Works and Transport
Heng Lai On (Director)
Street 139 Sangkat Veal Vong
Khan 7 Makara
Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-11-950 797

COSMOS Trading & Service

Marco Kalinna
N°15H, Street 118, Group 37
Sangkat Phsar Depo 3, Khan Tuol Kok
Phnom Penh, Cambodia

Tel./Fax: +855-23-883 812
Mobil: +855-12-829 978
E-Mail: cosmos@bigpond.com.kh

Cooperations Committee for Cambodia (CCC)

Ms. Carol Strickler (Executive Director)
N° 35, Street 178 Sangkat Phsar Thmey III
Khan Daun Penh, P.O Box 885
Phnom Penh, Cambodia

Tel.: +855-23-214 152
Tel./Fax: +855-23-216 009
E-Mail: ccc@bigpond.com.kh

Deutsche Botschaft Kambodscha

Dr. H. Ohlrauh (Botschafter)
Robert Strnadl (Wirtschaftsangelegenheiten)
N° 76-78, Rue de Yougoslavie
Sangkat Böung Pralit, Khan 7 Makara
Phnom Penh, Cambodia

Tel.: +855-23-216 381
+855-23-216 193
Fax: +855-23-427 746
E-Mail: germ.emb.phnomph@bigpond.com.kh

Deutscher-Entwicklungs-Dienst (ded)

D. Eckhard Emmel (Director)
N° 17, Street 306
Böung Keng Kang I, Cham Kar Mon
P.O. Box 628
Phnom Penh, Cambodia

Tel.: +855-23-219 397
Fax: +855-23-213 761
E-Mail: dedkhm@camnet.com.kh

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Dr. Thomas Engelhardt (Director)
N° 17, Street 306
Böung Keng Kang I, Cham Kar Mon
P.O. Box 628
Phnom Penh, Cambodia

Tel.: +855-23-212 180
Fax: +855-23-213 761
Mobil: +855-12-909 309
E-Mail: gtz.office@gtz.org.kh

Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO)

The FAO Programme for Community
IPM in Cambodia
Yech Polo (Impact assessment Expert)
N° 8B, Street 398, P.O. Box 53
Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-12-944 240
Tel./Fax: +855-23-215 202
E-Mail: polo.ipm@forum.org.kh

Interconsult International AS

Phnom Penh Water Supply Project
Tore Roy Semb (Team Leader)
Tore Metlie Hagen (Solid Waste Expert)
Department of Public Works & Transport
Street 211, Sangkat Veal Vong
Phnom Penh, Cambodia
Home Office:
POB 6412, Etterstad,
No. 0605 Oslo, Norway

Mobil: +855-12-803 400
Mobil: +855-12-950 514
Tel./Fax: +855-23-880 713
E-Mail: INTERCONSULT@bigpond.com.kh

Kambodschanisch-Deutsche-Vereinigung (KDV)

Kham Sovannarak
N° 278, Street 334
Phnom Penh, Cambodia

Neighborhood Improvement Program

Robert Deutsch (App. Technology Advisor)
Interconsult International AS
Department of Public Works & Transport
Street 211, Sangkat Veal Vong
Phnom Penh, Cambodia
Program Office:
C/o CSARO Organization, Box 2015
House 5, Street 167
Sangkat Toul Tum Pong 2
Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-12-803 401
Tel./Fax: +855-23-880 713
E-Mail: robdeutsch@bigpond.com.kh

Ministry of Public Works and Transport

Ung Bunly (Deputy Director)
Street 211, Sangkat Veal Vong
Khan 7 Makara
Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-11-950 797
+855-11-972 002
Tel.: +855-23-880 876

Municipality of Phnom Penh

Trac Thai Sieng (Vize Gouverneur)
City Hall
M.V. Preah Monivong Blvd.
Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-12-812 770
Tel.: +855-23-428 627
Fax: +855-23-212 918

Municipality of Phnom Penh

Chea Sophara (Gouverneur)
City Hall
M.V. Preah Monivong Blvd.
Phnom Penh, Cambodia

Mobil: +855-12-877 777
Fax: +855-23-725 626

PRASAC II

Manfred Hans Staab (Co-Director)

Tel.: +855-23-366 876

Fax: +855-23-721 603

Mobil: +855-12-813 511

E-Mail: Manfred.Stab@bigpond.com.kh

Wulf Raubold (Advisor Kompong Speu)

Tel.: +855-25-987 252

Fax: +855-25-987 341

Mobil: +855-12-803 541

E-Mail: RAUBOLD.PRASAC@bigpond.com.kh

Michael Krieger (Advisor Kompong Cham)

Tel.: +855-42-941 359

Fax: +855-42-941 538

Mobil: +855-16-817 455

E-Mail: krieger.prasac@bigpond.com.kh

N° 6L, Street 21

Tonle Basac, Chamkarmon

P.O. Box 2412

Phnom Penh, Cambodia

Royal University of Agriculture (RUA)

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

Phat Muny (Vice Rector)

Mobil: +855-12-879 923

Choung Sophal (Plant test Advisor)

Mobil: +855-11-918 901

P.O. Box 2291,

Tel.: +855-23-219 691

Phnom Penh, Cambodia

Tel./Fax: +855-23-219 690

Soil and Plant Analysis Laboratory

Department of Agronomy

Keo Vy (Laborant)

Mobil: +855-12-872 189

N° 136, Street 286 Toul Sray Prey II

Tel./Fax: +855-23-369 966

Chamkar Morn

Phnom Penh, Cambodia
