

Weltweit stellen Bioabfälle einen großen Anteil der Siedlungsabfälle dar. Eine Getrennterfassung mit anschließender biologischer Behandlung schöpft das Ressourcenpotenzial der Bioabfälle aus: Substitution von Dünger, Erzeugung erneuerbarer Energien, Reduzierung der Treibhausgasemissionen und des Restmüllaufkommens.

Um dieses Wissen öffentlich zugänglich zu machen und für den internationalen Weiterbildungsmarkt zu öffnen, bedarf es einer Online-Lernplattform zur Ansprache relevanter Akteure und bedarfsgerecht aufbereiteter Kompetenzen. Ein konstruktivistischer didaktischer Ansatz im problembasierten Format unterstützt selbstgesteuertes Lernen und wird beruflichen Ansprüchen gerecht.

Entwicklung eines E-Learning-Konzeptes
für die biologische Abfallbehandlung

Christina Kühnel

Entwicklung eines E-Learning-Konzeptes zum Capacity Building für die biologische Abfallbehandlung

Kühnel

**Entwicklung eines E-Learning-Konzeptes zum Capacity Building für die biologische
Abfallbehandlung**

Hamburger Berichte

Band 45

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Kerstin Kuchta

Entwicklung eines E-Learning-Konzeptes zum Capacity Building für die biologische Abfallbehandlung

Vom Promotionsausschuss der
Technischen Universität Hamburg-Harburg

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieurin (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von
Christina Kühnel

aus
Hamburg

2016

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Kerstin Kuchta
Prof. Dr.-Ing. Ralf Otterpohl
Prof. Dr.-Ing. Michael Schlüter

Vorsitzender des Prüfungsausschusses:

Prof. Dr. Sönke Knutzen

Tag der mündlichen Prüfung:

13.06.2016

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Christina Kühnel

Entwicklung eines E-Learning-Konzeptes zum Capacity Building für die biologische
Abfallbehandlung

Verlag Abfall *aktuell* der Ingenieurgruppe RUK GmbH, Stuttgart, 2016
(Hamburger Berichte, Bd. 45)

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlages gestattet.

© 2016 Verlag Abfall *aktuell* der Ingenieurgruppe RUK GmbH, Stuttgart

Druck: Buch- und Offsetdruckerei Stubbemann GmbH, Hamburg

Papier: hergestellt aus 100% chlorfrei gebleichten Faserstoffen

ISBN 978-3-9817572-4-8

Für Anna, Carlotta, Jan und Paul.

Für meine Eltern.

Und für alle Menschen, die die Welt ein kleines bisschen besser machen möchten.

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis.....	7
1. EINLEITUNG	8
1.1 Motivation	8
1.2 Zielstellung	10
1.3 Vorgehensweise.....	10
2. STAND DES WISSENS INTERNATIONAL	12
2.1 Nachhaltigkeit.....	12
2.2 Capacity Building	13
2.2.1 Aufbau von Kompetenz	14
2.2.2 Didaktische Lerntheorien.....	15
2.2.2.1 Behaviorismus	15
2.2.2.2 Kognitivismus	16
2.2.2.3 Konstruktivismus	16
2.2.2.4 Integrativer Ansatz	17
2.2.3 E-Learning	17
2.2.3.1 Technologien.....	18
2.2.3.2 Formate.....	21
2.2.3.3 Open Educational Resources (OER).....	22
2.2.4 Potenziale und Herausforderungen	23
2.3 Abfallressourcenwirtschaft (ARW) mit dem Schwerpunkt Bioabfallbehandlung	26
2.3.1 Aktueller Stand der ARW	26
2.3.1.1 Akteure der ARW.....	27
2.3.1.2 Elemente der ARW	29
2.3.1.3 Technische und nichttechnische Rahmenbedingungen der ARW	33
2.3.2 Menge und Zusammensetzung anfallender Bioabfälle im Siedlungsabfall.....	37
2.3.3 Internationale Recyclingziele im Schwerpunkt Bioabfälle.....	39
2.3.4 Verwertung getrennt erfasster Bioabfälle	39
2.3.5 Fazit.....	42
2.4 Marktüberblick	43

2.5 Feststellung des Bedarfs	52
3. EXEMPLARISCHE CONTENT-TRANSFORMATION FÜR DIE BIOLOGISCHE ABFALLBEHANDLUNG.....	55
3.1 Kompostierung	55
3.1.1 Eingangssubstrate Kompostierung.....	55
3.1.1.1 Schüttdichte.....	56
3.1.1.2 Wassergehalt	56
3.1.1.3 C/N-Verhältnis	57
3.1.1.4 pH-Wert.....	57
3.1.2 Verfahren zur Kompostierung	57
3.1.2.1 Mietenkompostierung.....	62
3.1.2.2 Boxen- und Containerkompostierung	63
3.1.2.3 Tunnel- und Zeilenkompostierung.....	63
3.1.3 Web-Based-Training <i>learn2compost</i>	63
3.2 Vergärung	67
3.2.1 Eingangssubstrate Vergärung.....	67
3.2.2 Verfahren zur Vergärung	69
3.2.3 Biogasnutzung	71
4. METHODIK.....	73
4.1 Concept-Map	73
4.2 Instruktionsdesign.....	74
5. KONZEPT.....	77
5.1 Ziele des Konzeptes.....	77
5.2 Identifizierung und Analyse relevanter Akteure der biologischen Abfallbehandlung ...	79
5.3 Analyse bedarfsgerechter Kompetenzen identifizierter Akteure.....	86
5.3.1 Gruppe 1: Studium und Wissenschaft.....	88
5.3.2 Gruppe 2: Anlagenplanung, -bau und -betrieb	89
5.3.3 Gruppe 3: Werkpersonal der Anlage	90
5.3.4 Gruppe 4: Politische Entscheidungsträger	91
5.3.5 Gruppe 5: Gemeinden und Kommunen, Abfallberatung und Entsorgung	91
5.3.6 Gruppe 6: Informelle Wertstoffsammlung, Nichtregierungsorganisationen (NRO) und Non-Profit-Organisationen (NPO).....	92

5.3.7 Gruppe 7: Interessierte Öffentlichkeit, Medien, pädagogisches Personal Kindergarten und Schule.....	93
5.4 Entscheidungsfelder im Fokus der Nachhaltigkeit.....	94
5.4.1 Format.....	94
5.4.2 Inhalt und Struktur.....	95
5.4.2.1 Modulare Struktur.....	95
5.4.2.2 Textboxen zur Darstellung von Problemstellungen in einzelnen Kursen.....	97
5.4.2.3 Foren und Sprechstunden.....	98
5.4.2.4 Prüfungen und Zertifikate.....	98
5.4.2.5 Handreichung.....	99
5.4.3 Multimedia.....	99
5.4.4 Interaktion.....	100
5.4.5 Layout.....	100
5.4.6 Motivation.....	101
5.5 Usability, Evaluation und Qualitätssicherung.....	102
6. UMSETZUNG.....	104
6.1 Aufbau der Online-Lernplattform (OLP).....	104
6.1.1 Modul 1: Studium und Wissenschaft.....	104
6.1.2 Modul 2: Anlagenplanung, -bau und -betrieb.....	107
6.1.3 Modul 3: Werkpersonal der Anlage.....	109
6.1.4 Modul 4: Politische Entscheidungsträger.....	111
6.1.5 Modul 5: Gemeinden und Kommunen, Abfallberatung und Entsorgung.....	112
6.1.6 Modul 6: Informelle Wertstoffsammlung, Nichtregierungsorganisationen (NRO) und Non-Profit-Organisationen (NPO).....	113
6.1.7 Modul 7: Interessierte Öffentlichkeit, Medien, pädagogisches Personal Kindergarten und Schule.....	115
6.2 Exemplarische Umsetzung des Konzeptes auf Basis einer verfügbaren Software.....	116
6.2.1 Allgemeine Anforderungen an eine zu wählende Software.....	116
6.2.2 Auswahl einer Software am Beispiel Moodle©.....	117
6.2.3 Usability und Testphase: Beispielhafte Screenshots einer möglichen OLP mittels Moodle©.....	118
6.3 Möglichkeiten einer nachhaltigen Implementierung und Nutzung der OLP.....	121
6.3.1 Nachhaltigkeitsbetrachtungen zur OLP.....	121

6.3.2 Mögliche Strategien	122
6.3.2.1 Errichtung eines Kompetenzzentrums innerhalb einer Hochschule oder Universität	122
6.3.2.2 Errichtung einer Online-Weiterbildungsagentur außerhalb einer Hochschule oder Universität	123
6.3.2.3 „Hamburg Open Online University“, internationale Masterkurse und Joint- Courses	123
7. ZUSAMMENFASSUNG, FAZIT UND AUSBLICK.....	124
8. LITERATUR.....	128

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schnittmenge der Themenbereiche Nachhaltigkeit, Capacity Building und biologische Abfallressourcenwirtschaft.....	12
Abbildung 2: Abfallhierarchie nach KrWG (2012).....	29
Abbildung 3: Fünf Phasen von der Abfallwirtschaft zur Abfallressourcenwirtschaft nach BMUB (2014).....	30
Abbildung 4: Sammlung von Plastik auf einer Ablagerung in Malaysia nahe der Hauptstadt Kuala Lumpur (eigenes Foto).....	30
Abbildung 5: Abfallressourcenwirtschaftliches Szenario am Beispiel Süd-Asien in Anlehnung an ADB (2011).....	31
Abbildung 6: Wertstoffsammelnde auf einer Ablagerung in Malaysia nahe der Hauptstadt Kuala Lumpur (eigenes Foto).....	31
Abbildung 7: Behausung von Wertstoffsammelnden auf einer Ablagerung in Malaysia nahe der Hauptstadt Kuala Lumpur (eigenes Foto).....	32
Abbildung 8: Ablagerung in Tunis, Tunesien (eigenes Foto).....	32
Abbildung 9: Rahmenbedingungen zur Planung von Kompostierungs- und Vergärungsanlagen angelehnt an Rothenberger und Zurbrügg (2006) und Häni und Andrini (2007).....	37
Abbildung 10: Zusammenhänge und wechselseitige positive Einflüsse einer Abfallressourcenwirtschaft angepasst nach Guerrero, Maas und Hogland (2013).....	37
Abbildung 11: Abfälle auf einer Ablagerung in Malaysia nahe der Hauptstadt Kuala Lumpur (eigenes Foto).....	39
Abbildung 12: Merkmale zur Eingrenzung der Recherche für den Marktüberblick.....	44
Abbildung 13: Prinzipielle Verfahrensschritte einer Kompostierung in Anlehnung an Körner (2009).....	58
Abbildung 14: Phasen der Kompostierung in Anlehnung an Körner (2009).....	60
Abbildung 15: Verfahrensauswahl zur Kompostierung von Bioabfällen.....	61
Abbildung 16: Struktur des Web-Based-Training <i>learn2compost</i>	65
Abbildung 17: Screenshot des Web-Based-Training <i>learn2compost</i> für Substramischungen (Kühnel und Bade 2016).....	66
Abbildung 18: Screenshot des Web-Based-Training <i>learn2compost</i> zur Technologieauswahl (Kühnel und Bade 2016).....	67
Abbildung 19: Verfahrensauswahl zur Vergärung von Bioabfällen.....	71

Abbildung 20: Concept-Map zur Darstellung der thematischen Zusammenhänge.....	73
Abbildung 21: Adaptiertes DO-ID-Modell angelehnt an Niegemann et al. (2008) und Höbarth (2013).....	75
Abbildung 22: Vier Schritte einer Bildungsbiografie in Anlehnung an Knutzen (2015).....	80
Abbildung 23: ‚Bloomsche Lerntaxonomien‘ aus Krathwohl (2002) angelehnt an Knutzen (2015).....	81
Abbildung 24: Gruppeneinteilung identifizierter Akteure.....	85
Abbildung 25: Themenbereiche im Themenpool für die biologische Abfallbehandlung.....	87
Abbildung 26: Struktur eines Modules.....	96
Abbildung 27: Struktur der Textboxen zur Darstellung von Problemstellungen angelehnt an Harling, Kühnel und Kuchta (2015).....	97
Abbildung 28: Umsetzung Modul 1 (Studium und Wissenschaft).....	106
Abbildung 29: Umsetzung Modul 2 (Anlagenplanung, -bau und betrieb).....	108
Abbildung 30: Umsetzung Modul 3 (Werkpersonal der Anlage).....	110
Abbildung 31: Umsetzung Modul 4 (politische Entscheidungsträger).....	111
Abbildung 32: Umsetzung Modul 5 (Gemeinden und Kommunen, Abfallberatung und Entsorgung).....	112
Abbildung 33: Umsetzung Modul 6 (informelle Wertstoffsammlung, Nichtregierungsorganisationen/Non-Profit-Organisationen).....	114
Abbildung 34: Umsetzung Modul 7: Interessierte Öffentlichkeit, Medien, pädagogisches Personal Kindergarten/Schule.....	115
Abbildung 35: Screenshot der Startseite der Online-Lernplattform <i>eToB</i>	118
Abbildung 36: Screenshot ‚Eingangskontrolle und Wiegung‘ der Online-Lernplattform <i>eToB</i>	119
Abbildung 37: Screenshot ‚Verfahren, Technologien und Prozesse‘ der Online-Lernplattform <i>eToB</i>	119
Abbildung 38: Screenshot ‚Anlagenplanung‘ der Online-Lernplattform <i>eToB</i>	120

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Einflussfaktoren auf das System der Abfallressourcenwirtschaft (ARW) adaptiert nach BMUB (2014), Guerrero, Maas und Hogland (2013) und Kühnel (2013).....	34
Tabelle 2: Bausteine der Abfallressourcenwirtschaft (ARW) und beeinflussende Parameter, adaptiert nach Guerrero, Maas und Hogland (2013).....	35
Tabelle 3: Bewertung dezentraler Verfahren in Entwicklungs- und Schwellenländern nach Rothenberger und Zurbrügg (2006).....	59
Tabelle 4: Bewertete Systemgrenzen für Substratparameter aus Kühnel und Kuchta (2014)..	66
Tabelle 5: Zuordnung von Lernzielen nach Bloom (Krathwohl 2002) zu identifizierten Akteuren.....	82
Tabelle 6: Erste Einteilung identifizierter Akteure nach Lernzielen.....	83
Tabelle 7: Klassifizierung der Akteure in Lernniveaus anhand zweier Merkmale.....	84
Tabelle 8: Beispiel einer Textbox zur Problemstellung im Bereich Emissionen im Themenbereich Anlagenbetrieb (Harling, Kühnel und Kuchta 2015).....	98

1. EINLEITUNG

Den Grundstein zur Anfertigung der vorliegenden Arbeit bildet die Motivation, einen Lösungsbeitrag für die aktuelle globale abfallressourcenwirtschaftliche Situation zu leisten. Es werden Zielstellungen in Form von Lösungsansätzen für die aufgestellten Thesen und Bedarfe definiert. Abschließend beschreibt eine Vorgehensweise den Ablauf und die Durchführung zur Diskussion der aufgestellten Thesen zur Lösung der dargestellten Herausforderungen.

1.1 Motivation

Global gesehen stellt sich die abfallwirtschaftliche Situation vielerorts als problematisch dar. Eine fehlende oder unzureichende Einsammlung der Abfälle sowie deren unkontrollierte Ablagerung führen zu Umweltverschmutzung und schlechten hygienischen und gesundheitlichen Bedingungen. Verschärft wird diese Problematik durch die steigenden globalen Herausforderungen wie Bevölkerungswachstum, Ressourcenverknappung und Klimawandel.

Parallel ist in vielen Ländern anstelle einer alleinigen Sammlung und Beseitigung anfallender Abfälle auf Müllkippen, der Beginn einer Kreislaufwirtschaft zu beobachten (Fricke und Turk 2014). In Deutschland sowie in einigen anderen Industrieländern hat sich in den letzten Jahren ein Wandel von der Abfallwirtschaft zur Abfallressourcenwirtschaft vollzogen. Diese Länder haben im Rahmen des Veränderungsprozesses umfangreiche Erfahrungen bei Einführung und Umsetzung abfallressourcenwirtschaftlicher Maßnahmen gewonnen. Aus diesen Erfahrungen generiertes Wissen und erworbene Kompetenzen verbleiben allerdings größtenteils innerhalb der betreffenden Länder, so dass Chancen und Potenziale über Ländergrenzen hinaus oftmals ungenutzt bleiben.

In den meisten Ländern der Erde stellt die organische Fraktion der Haushaltsabfälle, im weiteren Verlauf der Arbeit als Bioabfälle bezeichnet, mit etwa 40-65 Gew.-% die größte Abfallfraktion dar.

Die Umwandlung von Abfällen zu Ressourcen unter Einbeziehung von Abfallvermeidung, Wiederverwendung und Recycling, stellt eine wichtige thematische Priorität des siebten Umweltaktionsprogramms der Europäischen Union dar (EU 2013), welches als eines der Ziele bis 2020 eine nachhaltige Nutzung von Bioabfällen anstrebt. Eine Green Economy minimiert, laut EU (2013), den Anfall von Abfällen und verwertet Abfall als Ressource. Die EU-Deponierichtlinie (1999/31/EC) fordert eine EU-weite Reduzierung der Bioabfälle im zu deponierenden Siedlungsabfall auf 35 % (beim Stand von 1995) bis 2016 (in Ausnahmen bis 2020). Das deutsche Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2012) fordert entsprechend eine Recyclingquote für Siedlungsabfälle insgesamt von mindestens 65 % (spätestens bis zum 01.01.2020). Die Abfallrahmenrichtlinie des Europäischen Parlaments und Rates (Waste Framework Directive 2008/98/EC) gibt eine EU-weite Recyclingquote von mindestens 50 Gew.-% aus Haushalten bis 2020 vor. Aktuell ist eine Erhöhung der Quote auf 70 Gew.-% im

Gespräch. Diese Recyclingziele sind nur mit einer Getrennterfassung der Bioabfälle am Entstehungsort und anschließender biologischer Behandlung und Verwertung umsetzbar.

Bioabfälle sind nicht mehr als Abfälle, sondern als Ressource zu betrachten. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz sieht ab dem 01.01.2015 eine flächendeckende verpflichtende Getrennterfassung der Bioabfälle vor, welche anschließend zu vergären oder zu kompostieren sind. Die Getrenntsammlungspflicht für Bioabfälle trägt der Abfallrahmenrichtlinie Rechnung, nach der alle EU-Mitgliedsstaaten die getrennte Sammlung der Bioabfälle sowie deren anschließende Kompostierung und Vergärung zu fördern haben. Ziele sind die Ausschöpfung des Ressourcenpotenzials der Bioabfälle, implizierend die Substitution von Torf-, Phosphat-, Kalium- und Kalkdünger sowie die Erzeugung erneuerbarer Energien, eine daraus resultierende Reduzierung von Treibhausgasemissionen infolge offener Ablagerungen sowie eine Reduzierung des Restmüllaufkommens (Siederer 2014). Die Europäische Kommission hat für 2014 die Förderung einer europäischen Kreislaufwirtschaft in den Mittelpunkt ihrer jährlichen Umweltpolitik-Konferenz „Green Week“ gestellt, mit dem Thema „Kreislaufwirtschaft – Ressourcen schonen – Jobs schaffen“. Das European Environmental Bureau (EEB) schätzt, dass mit einem erhöhten Recyclingziel der Abfallrahmenrichtlinie von momentan 50 % bis 2020 auf 70 % bis 2030, die Anzahl der Arbeitsplätze in der Entsorgungswirtschaft um etwa 900.000 weltweit steigen könnte (N.N. 2014).

Im Rahmen der Koordination und Durchführung internationaler Projekte im Bereich Abfallressourcenwirtschaft, der Durchführung problembasierter Vorlesungen im Bereich biologischer Abfallbehandlung für internationale Studierende im Master am Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) sowie durch die Teilnahme an internationalen Workshops und Tagungen im Austausch mit internationalen Wissenschaftlern, wurde die Notwendigkeit eines global einsetzbaren Konzeptes zur nachhaltigen Kompetenzentwicklung im Bereich biologischer Abfallbehandlung auf internationaler Ebene deutlich. Im Bereich Weiterbildung und Training klafft eine große Bildungslücke. Das universitäre Vermitteln von Wissen und Kompetenz adressiert nur einen kleinen Teil der Bevölkerung. Im täglichen Leben müssen allerdings alle Bevölkerungsschichten erreicht werden, beispielsweise politische Entscheidungsträger, Betreibende biologischer Abfallbehandlungsanlagen und die Bürger, die die Bioabfälle vor Ort zukünftig trennen müssen. Die Weltbank thematisiert die vielen Mitarbeitenden im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit, die kaum Zugang zu aktuellem und innovativem Wissen haben (Weltbank 2011): es fehlt eine globale Plattform im Bereich der Berufsentwicklung.

Ein internationaler Fachkräftemangel im Bereich Abfallressourcenwirtschaft, die aktuellen globalen Herausforderungen sowie der rasante Wissenszuwachs der Industrieländer stellen neue Anforderungen an die Aus- und Weiterbildung vor allem von Ingenieurinnen und Ingenieuren mit neuen Lehransätzen und Lehrfächern. Capacity Building kann eine zentrale Rolle beim Aufbau einer Abfallressourcenwirtschaft einnehmen.

1.2 Zielstellung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Konzeptes zur nachhaltigen Vermittlung bedarfsgerechter Kompetenzen für beteiligte Akteure im Bereich der internationalen Abfallressourcenwirtschaft. Die These, dass es eines umfassenden Konzeptes bedarf, um eine nachhaltige Aufklärung zur nachhaltigen Nutzung anfallender Bioabfälle zu ermöglichen und somit einen Beitrag zum Erreichen der internationalen Recyclingziele zu leisten, ist im Folgenden zu diskutieren und zu bewerten.

Das Kernstück dieser Arbeit bildet die Tatsache, dass geeignete Technologien in einigen Industrieländern, beispielsweise in Deutschland, bereits vorhanden sind und auch erfolgreich eingesetzt werden. Die These, dass das klassische Lehren und Verbreiten dieser Technologien sowie deren Anwendung wenig erfolgversprechend ist, gilt es zu diskutieren und zu bewerten. Es bedarf zum einen eines umfassenden Konzeptes unter Berücksichtigung aller relevanter Inhalte und Akteure und zum anderen eines geeigneten Mediums der Verbreitung. Die Eignung des Mediums E-Learning zum Aufbau von Kapazitäten und Entwicklung von Kompetenzen gilt es zu identifizieren und zu diskutieren, um eine räumliche und soziale Reichweitenerhöhung zu erreichen. Die aktuellen Digitalisierungsstrategien der Hochschulen und Universitäten spiegeln einen Paradigmenwechsel wider. Mehrere mögliche zukünftige Szenarien für Lehre und Lernen sind möglich. Es bedarf vielfältiger innovativer Methoden, um eine nachhaltige Bildungsentwicklung zu realisieren (Schübler 2006) und das Lernen in authentischen Situationen, mittels konstruktivistischer Lehr-Lern-Konzepte zu ermöglichen. Diese These wird aktuell beispielsweise durch die Digitalisierungsstrategie der Hamburg-Open-Online-University unterstrichen, welche ein problembasiertes Online-Lernen über die Fächer- und Universitätsgrenzen hinaus anstrebt (TUHH 2015).

Die unterschiedlichen Bedarfe der verschiedenen zu identifizierenden Akteure sind herauszuarbeiten und vorhandene Kompetenzen sind entsprechend aufzubereiten und an die jeweiligen Bedarfe anzupassen.

Die Ziele in Form von internationalen Recyclingvorgaben und die Technik im Bereich biologischer Abfallbehandlung sind vorhanden, doch die Umsetzung auf internationaler Ebene erfolgt langsam und unzureichend. Die vorliegende Arbeit soll einen Lösungsbeitrag für diese aktuelle Herausforderung liefern, indem eine Schnittstelle zwischen didaktischer Ausarbeitung und vorhandener ingenieurwissenschaftlicher Kompetenz gebildet wird.

1.3 Vorgehensweise

Die Dissertation beginnt mit einer breit aufgestellten Recherche zum internationalen Stand des Wissens relevanter Themenbereiche. Aspekte der Nachhaltigkeit und des Capacity Building in den Bereichen Bildung und Abfallressourcenwirtschaft (ARW) werden kritisch diskutiert. Aktuelle didaktische Lerntheorien, Technologien und Formate im Bereich der webbasierten Aus- und Weiterbildung gilt es zu untersuchen. Weiterhin wird ein Überblick über die aktuelle Situation der internationalen ARW mit dem Schwerpunkt Bioabfallbehandlung

gegeben. Ein interdisziplinärer Marktüberblick soll den Bedarf eines E-Learning-basierten Capacity Building feststellen sowie die aktuell bestehende Lücke im Bereich der Verknüpfung der Themen Nachhaltigkeit, Capacity Building und ARW aufzeigen.

Geleistete Vorarbeiten, welche im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung themenrelevanter Projekte entstanden sind, gilt es gewinnbringend einzubinden. Zu nennen ist das Web-Based-Training *learn2compost*, welches im Rahmen eines EU-Projektes entwickelt wurde und nachhaltig in einer problembasierten englischsprachigen Lehrveranstaltung für internationale Studierende im Masterstudiengang an der Technischen Universität Hamburg Harburg (TUHH) implementiert, evaluiert und weiterentwickelt worden ist (Kühnel und Bade 2016). Eine e-didaktische Aufbereitung von Wissen und Knowhow im Bereich der biologischen Abfallbehandlung ist wichtig für eine spätere Konzeptionierung und deren mögliche Umsetzung. Diese Content-Transformation wird exemplarisch für bestehendes Wissen für Teilaspekte der Kompostierung und der Vergärung aufbereitet, um es für den Bereich E-Learning nutzbar zu machen. Dies schließt eine Technikbewertung und Eingrenzung geeigneter Verfahren zur biologischen Abfallbehandlung sowie geeigneter Eingangssubstrate und deren Parameter ein. Des Weiteren wurden Untersuchungen in verschiedenen Bereichen der ARW unter anderem zu Situationen in Ägypten, Portugal, Tunesien und der Ukraine mit der Zielstellung angefertigt, die definierte Lücke zu verifizieren und somit die These der Notwendigkeit der vorliegenden Arbeit zu stützen. Diese Erfahrungen fließen in die vorliegende Arbeit ein.

Die zu entwickelnde Methodik, welche einen Beitrag zur Schließung der identifizierten Bedarfslücke herbeizuführen soll, wird in die Entwicklung eines Konzeptes zum Capacity Building münden. Es gilt, ein Gesamtkonzept zu entwickeln, welches als Grundgerüst zur Umsetzung eines umfassenden Capacity Building auf E-Learning-Basis verwendet werden kann. Relevante Akteure und bedarfsgerechte Kompetenzen gilt es zu analysieren. Verschiedene Entscheidungsfelder, zum Beispiel in den Bereichen Format, Inhalt und Struktur sollen im Rahmen des Konzeptes diskutiert werden. Die anschließende Umsetzung des Konzeptes soll die entwickelten Module vorstellen und erläutern sowie Möglichkeiten einer nachhaltigen Implementierung beleuchten.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick ab, in dem diskutiert werden soll, inwieweit die aktuell bestehende Lücke im Bereich Capacity Building für abfallressourcenwirtschaftliche Akteure mit der in der vorliegenden Arbeit entwickelten und umgesetzten Konzeptionierung geschlossen werden kann.

Die vorliegende Arbeit ist in deutscher Sprache angefertigt, die Realisierung des E-Learning-Konzeptes hingegen wird in englischer Sprache empfohlen. Realisierte Module, Kurse sowie aufbereitete und dargestellte Inhalte werden, auf Grund einer einheitlichen Darstellung, in deutscher Sprache präsentiert. Screenshots und Auszüge aus dem realisierten Konzept sowie aufbereitetes Material werden original, also in englischer Sprache, dargestellt.

2. STAND DES WISSENS INTERNATIONAL

Dieses Kapitel repräsentiert das Ergebnis einer umfangreich durchgeführten Literatur- und Online-Recherche. Beginnend mit einer Einbettung des Themas in die aktuelle Diskussion zur Entwicklung nachhaltiger Bildung sowie zum Aufbau von Kapazitäten und Kompetenzen für die Aus- und Weiterbildung, werden Begrifflichkeiten definiert und Zusammenhänge aufgezeigt. Anschließend werden e-didaktisch relevante Theorien, Technologien und Formate vorgestellt, die einen Überblick über die unübersichtliche und sich in der nahen Vergangenheit stark weiterentwickelte Welt des E-Learning liefern sollen. Es folgt eine Zusammenfassung zur aktuellen Situation der internationalen (biologischen) Abfallressourcenwirtschaft.

Abbildung 1 verdeutlicht die Schnittmenge der einzelnen Themenbereiche, die es im Folgenden zu untersuchen gilt.

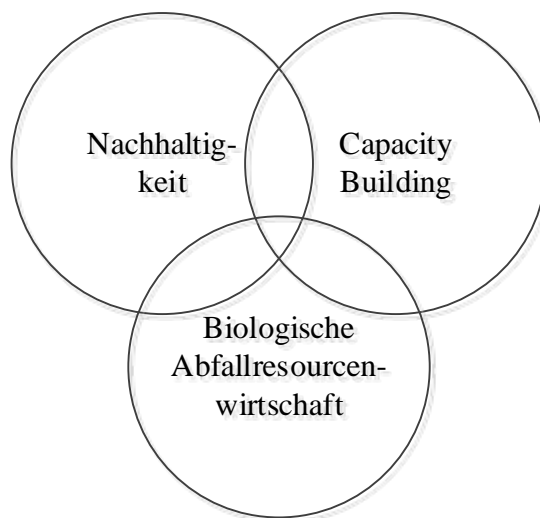


Abbildung 1: Schnittmenge der Themenbereiche Nachhaltigkeit, Capacity Building und biologische Abfallressourcenwirtschaft

Ein Marktüberblick und eine das Kapitel abschließende Bedarfsfeststellung für E-Learning im Bereich Capacity Building für Akteure der biologischen Abfallbehandlung schließen das Kapitel ab und bilden die Grundlage für die folgende Konzeptentwicklung.

2.1 Nachhaltigkeit

In der vorliegenden Arbeit wird die Nachhaltigkeit sowohl auf die Bereiche Capacity Building und Umweltbildung bezogen, als auch auf die Abfallressourcenwirtschaft (ARW).

Laut UNESCO (2009) ist Nachhaltigkeit als Gesamtkonzept zu verstehen, bestehend aus ökonomischen, ökologischen und sozialen Faktoren, die nicht getrennt voneinander betrachtet werden können und dürfen. Die Umsetzung bedarf der internationalen Zusammenarbeit, da ihre Folgen in einer globalisierten Welt weltweit Auswirkungen haben können. Es ist eine ökonomische, ökologische, soziale, kulturelle und globale Neuorientierung gefordert (Schüß-

ler 2006). Eine nachhaltige Entwicklung trägt den Bedürfnissen der heutigen Generation Rechnung, ohne die Möglichkeiten für zukünftige Generationen zu gefährden, ihren eigenen Bedürfnissen nachzukommen (UNESCO 2009). Die Themenschwerpunkte sind Bekämpfung von Armut, Zugang zu sauberem Trinkwasser, sanitäre Grundversorgung, biologische Vielfalt, Energiepolitik, Chemikaliensicherheit und nachhaltige Produktions- und Konsummuster (UNESCO 2009).

Ein nachhaltiger Umgang mit der Ressource Wissen beinhaltet unter anderem die Förderung der Lernmotivation und –bereitschaft, sowie eine nachhaltige Bereitstellung der Erfahrungen für nachfolgende Generationen (Schüßler 2006). Die Entwicklung von Wissen, Persönlichkeit und Kompetenz der Menschen ist anzustreben, damit diese in der Lage sind, eine dauerhafte Verbesserung der Lebensqualität innerhalb der Tragfähigkeit der Umwelt zu erreichen (Schüßler 2006). Die individuellen Bildungssituationen von Menschen werden von unterschiedlichen politischen Systemen und sozioökonomischen Bedingungen bestimmt (Zeuner 2010), weshalb die internationale Erwachsenenbildung nicht global einheitlich betrachtet werden kann. Dies würde, nach Zeuner (2010), zu einer „Einebnung von Traditionen und kulturellen Gegebenheiten“ führen, weshalb ein „Lernen im Lebenszusammenhang“ anzustreben ist.

Laut Schüßler (2006) ist das Ziel von Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE), Menschen für das Thema Nachhaltigkeit zu gewinnen und sie darin zu unterstützen, gemäß diesem Ansatz zu handeln, das heißt, aktiv an einer umweltverträglichen und gerechten sowie ressourcenschonenden Entwicklung der Welt mitzuwirken. Bildung wird als Schlüssel zu einer nachhaltigen Entwicklung angesehen (UNESCO 2009) und (Kandler und Tippelt 2010). Die Weltdekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (2005-2014) wurde von der UNESCO, der Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur, mit dem Ziel eines mentalen Wandels hin zu mehr Nachhaltigkeit, koordiniert. Dieses Leitbild ist in Kindergärten, Schulen und Universitäten zu verankern, so dass eine Integration in das bestehende Bildungssystem stattfinden kann. Laut UNESCO (2009) sollen alle Menschen die Chance haben, sich Wissen anzueignen, damit nachhaltiges Denken und verantwortungsvolles Handeln entstehen können. Lebensstile und Verhaltensweisen, die eine lebenswerte Zukunft ermöglichen und die Weltgemeinschaft positiv verändern können, können erlernt werden. Wissen ermöglicht dem Einzelnen eine echte Teilnahme am gesellschaftlichen und sozialen Leben: Eine Persönlichkeitsentwicklung ohne Bildung ist schwer erreichbar und es kann kaum ethische Verantwortung entstehen (UNESCO 2009). Ein lebenslanges Lernen ist anzustreben und umfasst den Erwerb beruflicher Qualifikation sowie sozialer Entfaltung der Person und der Unterstützung individueller und gesellschaftlicher Gestaltungsmöglichkeiten (Zeuner 2010).

2.2 Capacity Building

Der folgende Abschnitt gibt einen aktuellen Überblick über den Einsatz des Kompetenzbegriffs, mögliche e-didaktische Instrumente sowie technologische und formative Möglich-

keiten zur Konzeptionierung und Umsetzung möglicher E-Learning-Szenarien. E-Learning bietet die Möglichkeit zum individualisierten und medial angereicherten Lernen für verschiedene Nutzergruppen (Krone, Kühnel und Kuchta 2014). Vor allem Gruppen, die bisher keinen oder erschwerten Zugang zu weiterführenden Bildungsangeboten haben, können angesprochen werden.

2.2.1 Aufbau von Kompetenz

Die Entwicklung von Kapazitäten und die Aneignung von Knowhow spielen eine zentrale Rolle beim Aufbau einer Abfallressourcenwirtschaft (ARW). Laut BMUB (2014) stehen qualifizierte Fachkräfte und damit erforderliches Knowhow in vielen Ländern nur unzureichend bis gar nicht zur Verfügung, was die Unterstützung des Aufbaus eigener Kompetenz unerlässlich werden lässt. Laut UNESCO (2014) wird das Capacity Building als Aufbau von Kapazitäten beziehungsweise Kompetenzen sowie technischer und administrativer Infrastruktur verstanden. Fehlende sozioökonomische Aspekte führen vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern (EL und SL) oftmals zu einem Scheitern eingeführter abfallressourcenwirtschaftlicher Maßnahmen, da die Vermittlung von sowohl technischem, als auch nichttechnischem Knowhow essentiell ist. Schüßler (2006) verweist auf die Nachhaltigkeit in der Entwicklungszusammenarbeit (EZ), bei der es gilt, vorhandene Kreisläufe zu schließen, gewachsene kulturelle Traditionen und Verhaltensmuster so wenig wie möglich zu stören sowie Impulse zu setzen, um dauerhafte selbsttragende und strukturbildende Entwicklungen einzuleiten.

Im Bereich der Erwachsenenbildung und der Weiterbildung geht es primär um die Verbesserung von Kompetenzen und der Chancengleichheit (Gerstenmaier und Mandl 2010). Die Kultusministerkonferenz (KMK) und die Deutsche Gesellschaft für wissenschaftliche Weiterbildung und Fernstudium (DGWF) definieren die wissenschaftliche Weiterbildung als die Fortsetzung oder Wiederaufnahme organisierten Lernens nach Abschluss einer ersten Bildungsphase auf fachlichem und didaktischem Hochschulniveau, wobei diese in der Regel an berufliche Erfahrungen anknüpft, einen Hochschulabschluss aber nicht voraussetzt (Graeßner, Bade-Becker und Gorys 2010). Laut Zeuner (2010) existiert keine international gültige Definition für die Begriffe Kompetenz oder Schlüsselqualifikation, diese sollten sich allerdings an den Bedürfnissen einzelner Länder orientieren und die Vermittlung zeitunabhängiger und transferierbarer Fertigkeiten und Fähigkeiten zum Ziel haben, auf welche die Menschen zurückgreifen können. Hier wird der Nachhaltigkeitsgedanke besonders deutlich, denn die Anwendung des Gelernten wird in den Fokus gestellt. Zeuner (2010) fordert geeignete Lernformen, Methoden und Strukturen zur Aneignung von Kompetenzen und stellt die zunehmende Bedeutung des selbstgesteuerten Lernens heraus.

Während der Durchführung von Vorarbeiten im Rahmen eigener Forschung und durchgeführter Projekte wurde festgestellt, dass sich in den letzten Jahren ein gedanklicher Wandel von dem Angebot eines geeigneten und angepassten Systems hin zu der Selbstfindung des optimalen Systems vollzogen hat. Auch BMUB (2014) und Zeuner (2010) stützen die These,

dass nur der Aufbau eigener organisatorischer und technologischer Kompetenzen eine langfristig etablierte und eigenständige Kreislaufwirtschaft im Bereich der ARW entstehen lassen kann.

2.2.2 Didaktische Lerntheorien

Folgendes Sprichwort versinnbildlicht die unterschiedlichen Lerntheorien und ihre Auswirkungen, welche anschließend vorgestellt und diskutiert werden:

„Ich höre und ich vergesse.

Ich sehe und ich erinnere mich.

Ich tue und ich verstehe.“

(KONFUZIUS, um 500 v. Chr.) aus Höbarth (2013)

Eine Lerntheorie fasst diverse Auffassungen darüber zusammen, was Lernen und Wissen ist und auf welchem Weg die Aneignung von Wissen sowie die Entwicklung von Kompetenz ablaufen kann (Arnold, et al. 2013). Die Lerntheorien haben ihren Ursprung in der Psychologie und sind für die Pädagogik und im speziellen für die e-didaktische Gestaltung und Konzeptionierung von großer Bedeutung (Treumann, Ganguin und Arens 2012). Im Folgenden werden die drei bedeutendsten Lerntheorien vorgestellt sowie deren Bedeutung für den Bereich des E-Learning aufgezeigt. Es handelt sich um den Behaviorismus, den Kognitivismus und den Konstruktivismus. Die drei Lerntheorien bauen zeitlich aufeinander auf. Vom Behaviorismus des frühen 20. Jahrhunderts bis zur modernen konstruktivistischen Lehre von heute wandelt sich grundlegend das Verständnis vom Lernsubjekt. Treumann, Ganguin und Arens (2012) sprechen von einer „Entwicklung des Lernenden vom Antwortgeber (Behaviorismus) über den Informationsverarbeiter (Kognitivismus) zum Wissenskonstrukteur (Konstruktivismus)“.

2.2.2.1 Behaviorismus

Wissen wird in der behavioristischen Lerntheorie als objektiv existierende Fakten begriffen. Im Behaviorismus wird Lernen als ein Reiz-Reaktions-Schema betrachtet und der Unterricht als ein strikt aufeinander aufbauender Ablauf von Sequenzen, deren Schwierigkeitsgrad sich fortlaufend steigert. Jede Sequenz besteht aus einer Frage an den Lernenden und dessen darauffolgender Antwort. Während gewünschtes Antwortverhalten belohnt wird, wird unerwünschtes Antwortverhalten sanktioniert (Treumann, Ganguin und Arens 2012). Die auf dem Behaviorismus basierenden E-Learning-Konzepte gehören zu den ersten überhaupt. Sie werden unter anderem als ‚Drill-and-Practice-Programme‘ bezeichnet. Einer der Hauptkritikpunkte an behavioristisch aufgebauten E-Learning-Konzepten ist, dass durch die stringente Führung des Lernprozesses für die Lernenden keine Möglichkeit besteht, persönliche Lernwege zu beschreiten. Somit sind sie vor allem für das Aneignen von Faktenwissen ge-

eignet. Für den Erwerb weitreichenderer Problemlösefähigkeiten sind sie hingegen ungeeignet (Arnold, et al. 2013).

2.2.2.2 Kognitivismus

Der Kognitivismus betrachtet Lernen als persönlichen Informationsverarbeitungsprozess von externen und objektiv existierenden Fakten. Wissen wird aufgenommen und verarbeitet, indem die Lernenden durch selbstständig stattfindende Denk- und Verstehensprozesse mentale Modelle erstellen. Im Gegensatz zum Behaviorismus nehmen im Kognitivismus die Denk- und Verstehensprozesse des Lernenden die zentrale Rolle ein. Es wird dabei angenommen, dass das Abspeichern von Informationen im menschlichen Gehirn ähnlich funktioniert wie in einem Computer, und dass menschliches Denken durch einen Ablauf grundlegender kognitiver Schritte stattfindet (Treumann, Ganguin und Arens 2012). Die auf dem Kognitivismus basierenden E-Learning-Konzepte erlauben dem Lernenden persönliche Lernwege. Das Suchen von Problemlösungen rückt stärker in den Mittelpunkt und wird durch die Anregung zum selbst gesteuerten Lernen gefördert. Die Lernenden müssen sich hierbei über ihre eigenen Lernziele bewusst sein. Der Kognitivismus ist eng mit dem Forschungsgebiet der künstlichen Intelligenz verbunden und hat zu dem Versuch der Entwicklung sogenannter adaptiver Lernumgebungen geführt, welche sich an die individuellen Bedürfnisse der Lernenden anpassen. Jedoch reichen sie bis heute nicht über den Status von teilweise gelungenen Prototypen hinaus (Arnold, et al. 2013). Als Kritik an adaptiven Lernumgebungen wird häufig der verhältnismäßig geringe Nutzen im Vergleich zu einem großen zeitlichen Entwicklungsaufwand angeführt (Klauer und Leutner 2007).

2.2.2.3 Konstruktivismus

Der Konstruktivismus besagt, dass jegliche menschliche Wahrnehmung subjektive Konstruktion und Interpretation ist. In der Pädagogik gewann der Konstruktivismus seit Anfang der Neunziger Jahre starken Einfluss. Die Existenz von objektivem Wissen wird verneint. Stattdessen entsteht Wissen durch subjektive Konstruktion. Anders als beim Kognitivismus wird Lernen nicht als Informationsverarbeitung, sondern als aktiver und konstruktiver, an das Vorwissen des Lernenden anknüpfender sozialer Prozess verstanden, der sowohl situations- als auch kontextgebunden und selbstgesteuert ist (Treumann, Ganguin und Arens 2012) und (Gerstenmaier und Mandl 2010). Die von den Lernenden gewählten Lernwege sind damit individuell, nicht vermittelbar und nicht vorhersehbar. Da somit nun auch ein Lehren der Lernenden im herkömmlichen Sinne nicht mehr möglich ist, spricht man im konstruktivistischen Kontext nicht mehr von Lehrern, sondern von Lernbegleitern. Es gibt eine Vielzahl von E-Learning-Gestaltungsformen, die auf dem konstruktivistischen Ansatz basieren. Sie werden oft durch „reichhaltige Lernumgebungen“ (Arnold, et al. 2013) realisiert, die sich durch einen vom Lernenden selbst gestalteten Lernprozess und ein aktives und entdeckendes Lernen auszeichnen. Der Hauptkritikpunkt ist, dass den Lernenden womöglich zu viel Verantwortung übertragen wird, wenn sie in einer komplexen E-Learning-Umgebung ausschließlich selbstgesteuert lernen sollen. Dadurch besteht die Gefahr, dass sich die Lernenden auf Teil-

aspekte des Lernstoffes konzentrieren, die von den Programmentwickelnden als weniger relevant erachtet wurden (Arnold, et al. 2013).

Der Konstruktivismus stellt mit der Förderung selbstgesteuerten Lernens die Grundlage bei der Entwicklung moderner e-didaktischer Konzepte dar. Maßgeblich für das selbstgesteuerte Lernen ist, dass die Lernenden selbst die Verantwortung für den Lernprozess tragen und aktiv auf ihn einwirken können. Diese Form des Lernens wird als das anzustrebende Ideal für Bildungsprozesse angesehen (Fischer, Mandl und Todorova 2009). Die Lernenden sollen die präsentierten Lerninhalte verinnerlichen und zukünftig anwenden können. In der beruflichen Weiterbildung haben sich in der jüngsten Vergangenheit konstruktivistische Ansätze bewährt, da diese problemorientiertes und selbstgesteuertes Lernen in kooperativen Gruppen beinhalten und den Erwerb von anwendbarem Wissen in alltäglichen Situationen anstreben (Gerstenmaier und Mandl 2010). In dieser Form ist Lernen anspruchsvoll und bedarf tutorieller Begleitung durch Lernbegleiter.

2.2.2.4 Integrativer Ansatz

Integrative Ansätze verbinden die drei Lerntheorien Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus miteinander und ermöglichen die Minimierung der negativen Aspekte der einzelnen Theorien (Höbarth 2013). So können beispielsweise behavioristische und kognitivistische Ansätze zu Passivität seitens der Lernenden führen, da das Wissen vorbereitet wird und somit keine Verantwortung für den eigenen Lernprozess übernommen werden muss. Andererseits können rein konstruktivistische Ansätze zu Überforderung und somit zu Entmutigung führen. Bei Anwendung und Nutzung eines E-Learning-Konzeptes sollen die Lernenden zu einem selbst gesteuerten Lernprozess angeregt werden, ohne überfordert zu sein. Eine Zusammenführung konstruktivistischer und instruktionistischer Ansätze in problemorientiert gestalteten Lernumgebungen ist nach Höbarth (2013) anzustreben. Gerstenmaier und Mandl (2010) sehen die Entfaltung des Potenzials konstruktivistischer Lernumgebungen erst durch deren instruktionale Förderung, das bedeutet, Instruktion und Konstruktion schließen sich nicht aus, sondern verhalten sich komplementär zueinander.

2.2.3 E-Learning

Der Begriff E-Learning besitzt laut Treumann, Ganguin und Arens (2012) keinen wissenschaftlichen Ursprung und entstand etwa zu der Zeit, als die Firma IBM® im Jahre 1999 eine Marketingkampagne im Bereich E-Business entwickelte. Das elektronische Lernen ‚electronic learning‘ (Arnold, et al. 2013) gehört zur Familie der E-Begriffe und steht für alle Formen des Lernens, die durch den Gebrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) unterstützt werden (Treumann, Ganguin und Arens 2012). E-Learning bietet eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien und Formate, und die relevantesten werden im Folgenden vorgestellt.

2.2.3.1 Technologien

Die im Folgenden vorgestellten Technologien können jeweils in unterschiedlichen Formaten (siehe Abschnitt 2.2.3.2) konzipiert werden. Generell wird zwischen synchronen und asynchronen Technologien unterschieden. Ein synchrones Konzept zeichnet sich durch eine Echtzeit-Kommunikation zwischen Lernbegleitern und Lernenden aus, wodurch, mit Ausnahme der räumlichen Trennung, der Ablauf ähnlich einem traditionellen Lehrkonzept ist (Rachbauer 2009). Asynchrone E-Learning-Konzepte bieten ein selbstgesteuertes Lernen an, wobei die Lernenden nicht gleichzeitig mit anderen Lernenden oder den Lernbegleitern online sein müssen.

Computer-Based-Training (CBT)

Ein CBT läuft als lokales Lernsystem auf dem Computer der Lernenden, ohne dass Online-Dienste erforderlich sind. Die Lernsoftware wird in Form von CDs oder DVDs bereitgestellt und ermöglicht zeitliche und räumliche Flexibilität. Diese Art des autodidaktischen Lernens wird nicht oder asynchron (über ein anderes Medium) tutoriell begleitet und weist eine Einzelplatz-Orientierung (Arnold, et al. 2013) auf.

Web-Based-Training (WBT)

Die Lernenden erreichen die Lernsoftware via Internet, so dass mehrere Lernende gleichzeitig auf ein WBT zugreifen können und synchron oder asynchron untereinander und/oder mit den Lernbegleitern kommunizieren können (Rachbauer 2009). Eine leichte Handhabung der Aktualisierung der Inhalte, eine räumliche Unabhängigkeit sowie weltweite Erreichbarkeit zeichnen ein WBT aus (Rachbauer 2009).

Online-Lernplattform (OLP)

Eine OLP, auch Lernmanagementsystem (LMS) genannt, bildet eine komplexe Variante des WBT und stellt deren Weiterentwicklung dar. Eine OLP kann mehrere CBT oder auch WBT enthalten, zum Beispiel durch die Einbindung verschiedener Kurse oder Lernsoftware. Den Lernenden stehen Lernbegleiter für fachliche, inhaltliche und administrative Fragen zur Verfügung (synchron oder asynchron). Eine OLP vereint webbasiertes Lernen, Organisation und Betreuung, wobei, nach Rachbauer (2009), folgende Bereiche enthalten sein sollten:

1. Inhalt
2. Aufgabe und Übung
3. Evaluation und Bewertung
4. Organisation und Administration
5. Kommunikation

Beim Teletutoring bieten Lernbegleiter eine Betreuung über das Internet an, wobei es sich primär um organisatorische, technische und inhaltliche Bereiche handelt (Rachbauer 2009).

Massive-Open-Online-Course (MOOC)

Ein MOOC ist ein offener im Internet angebotener webbasierter Kurs ohne Zulassungsbedingungen und ohne Begrenzung der Teilnehmenden (Arnold, et al. 2013). Meistens handelt es sich um regelmäßig angebotene virtuelle Seminare mit anschließenden Aufgaben und Übungen, welche gleichzeitig von vielen Teilnehmenden, zum Teil auch ohne Vorwissen, besucht werden können. Es gibt synchrone und asynchrone MOOCs. Immer mehr Hochschulen und Bildungseinrichtungen stellen ihre Lehrmaterialien kostenlos für die Öffentlichkeit zur Verfügung (siehe Abschnitt 2.2.3.3). Dies geschieht jenseits der universitätsinternen Online-Lernplattformen (OLP) beziehungsweise Lernmanagementsysteme (LMS).

Web 2.0 oder Social Media

Verschiedene Technologien werden unter dem Begriff ‚Web 2.0‘ oder auch ‚Social Media‘ zusammengefasst. Die Begrifflichkeiten verdeutlichen den Wandel von einem passiven Medium Internet, dem ‚Read Web‘, zu einem aktiven Medium, dem ‚Read-Write Web‘, in dem Inhalte produziert und problemlos eingestellt und diskutiert werden können (Arnold, et al. 2013). Die wichtigsten Technologien in diesem Bereich werden im Folgenden vorgestellt.

Wiki und Workshop

Ein Wiki bezeichnet eine Sammlung von Hypertexten, welche durch Links miteinander verbunden sind und Gemeinschaftswerke darstellen (Arnold, et al. 2013). Seiten können sowohl gelesen, als auch online bearbeitet, verändert und erweitert werden. Wikis eignen sich gut für individuelles Lernen und kooperatives Arbeiten an einem gemeinsamen Projekt oder Produkt. Es ermöglicht ein gemeinsames Arbeiten an Texten und Konzepten in der Gruppe und ist ein sinnvolles Instrument, um kooperatives Arbeiten zu gestalten (Höbarth 2013). Das berühmteste Beispiel stellt die Online-Enzyklopädie Wikipedia® dar. (Arnold, et al. 2013) und (Kollar und Fischer 2010)

Im Rahmen eines Workshops kann konstruktives und gemeinsames Lernen gefördert werden. Die Lernbegleiter stellen eine Musterlösung und Bewertungskriterien zur Verfügung und halten sich ansonsten im Hintergrund. Laut Höbarth (2013) gliedert sich der Ablauf eines Workshops für die Lernenden in drei Phasen:

1. Erhalt und Bewertung einer Musterlösung
2. Erarbeitung eines eigenen Beispiels und Kontrolle anhand Beurteilungskriterien
3. Bewertung und Kommentare zu anderen Lösungen abgeben

Erst abschließend erfolgt die Bewertung durch die Lernbegleiter.

Weblog oder Blog

Ein Blog wird in der Regel von einzelnen Personen, den Bloggern, betrieben und ist eine, aus kurzen Beiträgen bestehende, regelmäßig aktualisierte und ergänzte Webseite (Arnold, et al. 2013). Es wird die Möglichkeit geboten, schnell und unkompliziert Informationen im Internet zu veröffentlichen (Kollar und Fischer 2010). Die Beiträge sind in rückwärts chronologischer Reihenfolge.

Microblogging

Kurze Textnachrichten, meistens weniger als 200 Zeichen, können in Echtzeit veröffentlicht werden (Arnold, et al. 2013). Der populärste Anbieter ist Twitter®.

Videokonferenzsysteme

Das synchrone Kooperations- und Kommunikationsmedium unterstützt Kommunikation über eine Video- oder Audioverbindung (Kollar und Fischer 2010). Das bekannteste Beispiel im Bereich der privaten Kommunikation ist Skype®.

Podcast

Podcasts bieten die Möglichkeit, audiovisuelles und auditives Material über das Internet anzubieten (Arnold, et al. 2013). Es handelt sich um eine jederzeit abrufbare Radio- oder Fernsehsendung oder eine Vorlesungsaufzeichnung, die asynchron im Internet veröffentlicht werden kann.

Chat, Forum und Dialog

Ein Chat ermöglicht synchrones Diskutieren (Höbarth 2013). Bei einem Forum handelt es sich um ein asynchrones Medium (Kollar und Fischer 2010), bei dem Termin und Thema vorher vereinbart werden sollten. Der Dialog entspricht laut Höbarth (2013) einem Vier-Augen-Gespräch und ermöglicht die Schaffung einer Privatatmosphäre beziehungsweise einer virtuellen Sprechstunde oder einer Partnerarbeit.

Soziale Netzwerke/Online Communities

Hier steht das Zusammenbringen von Menschen ähnlicher Interessen im Vordergrund (Kollar und Fischer 2010). Das prominenteste Beispiel ist Facebook®.

2.2.3.2 Formate

Formate beschreiben die Konzeption einer multimedialen Lernumgebung oder Teile davon (Niegemann, et al. 2008). Die im Folgenden vorgestellten Formate können einzeln oder in Kombination in die in Abschnitt 2.2.3.1 vorgestellten Technologien eingebunden werden.

Direkte Instruktion

Zwei Varianten dominieren laut Niegemann et al. (2008) den Bereich der direkten Instruktion: das E-Kompodium und die E-Lecture. Diese Formate umfassen Text, Bild und Ton und eignen sich gut für die Vermittlung von neuem deklarativem Wissen sowie zur Verschaffung eines Überblicks.

Das E-Kompodium folgt laut Niegemann et al. (2008) keiner festen Routine und kann die folgenden Komponenten beinhalten: Einführung, Inhaltsübersicht, Lehrziele, in der Regel lineare Darstellung des Lehrstoffs, Frage- und Antwortmöglichkeiten, Selbsttest, Hinweise und Übungsaufgaben, Zusammenfassung, Abschlusstest sowie Feedback/Evaluation.

Bei der E-Lecture handelt es sich um einen digital aufgezeichneten Vortrag oder eine Vorlesung. Eine traditionelle Vorlesung hat in der Regel einen Umfang von 90 Minuten. Online sollte der Umfang allerdings 45 Minuten nicht übersteigen, da die Aufmerksamkeit der Lernenden laut Niegemann et al. (2008) nicht länger zu erwarten ist. Optimaler Weise haben die Lerneinheiten einen Umfang von 10-20 Minuten (Niegemann et al. 2008). Das Teleteaching via Videokonferenz bietet die Möglichkeit der Liveübertragung von Lehrveranstaltungen (Rachbauer 2009). Niegemann et al. (2008) empfehlen folgende Komponenten: Inhaltsübersicht, Lehrziele, Vortrag, Begleitmaterial, Selbsttest, Forum sowie Abschlusstest. Online-Vorträge oder Online-Vorlesungen sind vergleichbar mit traditionellen Formaten der Präsenzlehre, leisten allerdings einen Beitrag zum selbstgesteuerten Lernen, da der Lernende selbst entscheiden kann, wann und wieviel konsumiert werden soll (Kollar und Fischer 2010).

Problembasiertes Lernen (Problem-Based-Learning)

Im Rahmen des problembasierten Lernens (PBL) werden die Lernenden mit einer möglichst authentischen Aufgabe konfrontiert. Im Verlauf des Lernens können sowohl deklaratives, als auch prozedurales Wissen erworben werden. Die Lernenden können Problemlösekompetenz erwerben. Im Bereich des multimedialen Lernens folgen PBL-Formate nach Niegemann et al. (2008) folgendem Muster, wobei einzelne Punkte wiederholt oder rekursiv angewendet werden können: Lehrziele, Darstellung einer Rahmenhandlung, Problemstellung, Informationsangebote zur Problemlösung, Aktionsmöglichkeiten, Feedback für Teillösungen, Hilfestellungen sowie Feedback/Evaluation.

Produkttrainings sind eine Form des PBL und fokussieren sich auf ein “erklärungsbedürftiges Produkt” (Niegemann, et al. 2008) eines Unternehmens, welches einer speziellen Schulung bedarf. Ziel ist es, zeitgleich möglichst viele Akteure zu schulen.

Fallbasiertes Lernen (Case-Based-Learning)

Das fallbasierte Lernen präsentiert dem Lernenden eine möglichst reale Situation, die es zu lösen gilt. Ein möglicher Ablauf wird durch Niegemann et al. (2008) empfohlen: Erreichbare Ziele, Informationen zur Vorgeschichte, Vorstellung der aktuellen Situation, Informationsangebote, informatives Feedback zum Testen der gestellten ersten „Diagnose“, Erfassung der Entscheidung der Lernenden, Feedback zur Entscheidung, Entscheidung für eine Lösung, informatives Feedback. Das Case-Based-Learning, also das Studieren eines bestimmten Falles, dient der Anwendung komplexen Wissens in einer authentischen Situation.

Forschungsbasiertes Lernen (Research-Based-Learning)

Forschungsbasierte Lehr- und Lernformate (Haberstroh 2012) ermöglichen den Lernenden die Mitarbeit an aktuellen Forschungsthemen im Rahmen ihrer Aus- und Weiterbildung. In Anlehnung an das problem- und fallbasierte Lernen sind verschiedene Abläufe realisierbar.

Simulation

Technischen Simulationen liegt die Programmierung des Modells eines komplexen Systems zu Grunde (Niegemann et al. 2008) und Deipser (2014). Sie dienen der Vermittlung konkreter Handlungskompetenzen und dem Trainieren von Wissensanwendung.

Hybrides Lernen (Blended Learning)

Das hybride Lernen oder auch Blended-Learning („gemischtes Lernen“) verbindet Präsenzunterricht und E-Learning miteinander (Rachbauer 2009). Oft werden mehrere Formate kombiniert (Niegemann et al. 2008), um komplexe Lerninhalte strukturiert zu vermitteln.

2.2.3.3 Open Educational Resources (OER)

Die Recherche belegt ein großes Potenzial im Bereich der OER bezüglich der Entwicklung einer nachhaltigen Bildung. Der Begriff der OER wurde erstmalig im Jahr 2002 von der UNESCO, im Zuge einer Zugangsverbesserung zu Bildung für Entwicklungsländer (Arnold et al. 2013), verwendet. Dieser sogenannte ‚Open Content‘ wird hauptsächlich im Bildungskontext eingesetzt (Arnold et al. 2013) und bietet allen Lernenden die Möglichkeit, auch außerhalb von Bildungsveranstaltungen, autodidaktisch zu lernen und sich weiterzubilden. Laut Arnold et al. (2013) können sich Bildungsinstitutionen, unter der Voraussetzung der Einbindung in ein Geschäftsmodell, der „OER-Bewegung“ anschließen, eigene Lehr-

materialien anbieten und somit ein neues Segment im Bereich der Weiterbildung erschließen. Gerade im deutschsprachigen Bildungsraum stellt die Entwicklung einer „offenen Bildungskultur“ auf Grund einer mangelnden Bereitschaft, eigene Lehrmaterialien zu veröffentlichen sowie fremde Materialien weiterzuentwickeln, eine Herausforderung dar (Arnold et al. 2013). Möchte eine universitäre Institution beispielsweise einen MOOC (siehe Abschnitt 2.2.3.1) einrichten, kann entweder eine eigene Plattform aufgebaut werden oder es findet ein Anschluss an eine bereits existierende OER statt.

2.2.4 Potenziale und Herausforderungen

Der Aus- und Weiterbildung im internationalen Kontext wird zu wenig Raum gegeben (Zeuner 2010). Weiterhin beklagt Zeuner (2010), dass der internationalen Erwachsenenbildung innerhalb der Wissenschaftsgemeinschaft zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird, um den Anforderungen einer globalisierten Welt Rechnung zu tragen. Somit gilt es, die bestehende Lücke in diesem Bereich zu schließen. Mittels E-Learning bietet sich die Möglichkeit zum individualisierten und medial angereicherten Lernen für eine Vielzahl unterschiedlicher Lernender an, dazu zählen vor allem Gruppen, die bisher keinen oder kaum Zugang zu Bildungsangeboten erhalten haben. Dies ist sowohl für die Anwendung auf internationaler Ebene, als auch für das Erreichen nicht-universitärer Akteure von Bedeutung. Somit sollte ein E-Learning-Konzept didaktisch so entwickelt werden, dass es vollständig ohne Präsenzanteile funktionieren kann. Online-Lernplattformen mit Technologieanteilen im Bereich der Web-Based-Trainings sowie der Unterstützung von Chats und Foren bieten eine gute Grundlage für innovative Konzeptideen.

Innovative Lehr- und Lernmethoden im E-Learning-Bereich bergen viele Potenziale, aber auch Herausforderungen. Laut Niegemann et al. (2008) hat sich E-Learning in den verschiedenen Bereichen der Aus- und Weiterbildung fest etabliert. Dennoch scheitern nach wie vor viele E-Learning-Konzepte, da es oftmals an einem qualitativ hochwertigen e-didaktischen Konzept fehlt. Laut Arnold et al. (2013) ist die alleinige Entwicklung der digitalen Lehr- und Lernmaterialien nicht nachhaltig erfolversprechend, da eine didaktische Gesamtkonzeption zu entwickeln ist, welche auch die Betreuungskonzepte und institutionellen Rahmenbedingungen berücksichtigt. Die bloße Aneinanderreihung von Multimedia-Elementen ohne Gesamtkonzept in einem E-Learning-Konzept, wird die Lernenden verunsichern oder schnell langweilen. Dies verhindert nachhaltiges Lernen, weshalb ein nahezu selbsterklärendes Konzept gefordert ist (Niegemann et al. 2008). Niegemann et al. (2008), Rachbauer (2009) und Schüßler (2006) belegen diese Thesen anhand folgender Kriterien:

- Falsche Annahme einer massiven Kosteneinsparung nach Umstellung
- Mangelhafte didaktische Gestaltung des Lernarrangements: Alleinstehende Bilder und Texte, eingebunden z.B. in eine OLP, sind für Lernende wie ausgedruckte Vorlesungsunterlagen

- Hohe Abbruchquoten auf Grund einer Überforderung durch selbstständiges Lernen und fehlende Lernbegleitung während des Lernprozesses: Mangelnde Selbstlernkompetenz/selbstorganisiertes Lernen
- Hoher Zeit- und Lernaufwand bei PBL-Methoden im multimedialen Bereich
- Virtuelle Arbeitsgruppen weisen oftmals gleiche gruppensdynamische Probleme wie in Präsenzarbeitsgruppen auf, auf Grund der Unsichtbarkeit oftmals in verstärkter Form
- Mangelnde Berücksichtigung individueller Bedürfnisse der Lernenden:
 - Basiswissen, z.B. Sprachkenntnisse, Allgemeinwissen, Umgang mit Computern
 - Fachwissen, z.B. Vorwissen, Lernfortschritt während des Lernens
 - Kognitive Fähigkeiten, z.B. Intelligenz, Motivation, Lernfähigkeit
 - Konstitution, z.B. Merk- und Konzentrationsfähigkeit
 - Präferenzen, persönliche Stärken und Schwächen
 - Ziele der Lernenden
- Evaluation, Qualitätssicherung
- Anwendung des Gelernten in Praxis: „Lerntransferförderung“
- Mangelnde Gestaltungskompetenz:
 - Vorausschauendes Planen
 - Eigenständige Informationsaneignung und –bewertung
 - Kommunikation und Kooperation

Schüßler (2006) bestimmt die Gestaltungskompetenz als Leitziel nachhaltiger Bildung. Geeignete Bildungsangebote sowie eine rege Bildungsbeteiligung sind wünschenswert. Lernende sollen zu selbstgesteuertem Lernen angeregt werden, damit sich die Lerninhalte dauerhaft einprägen und in der Praxis Anwendung finden. Eine fortwährende Nutzung sowie eine dauerhafte Wirkung sind anzustreben. Es bedarf vielfältiger innovativer Methoden, um eine nachhaltige Bildungsentwicklung zu realisieren (Schüßler 2006) und das Lernen in authentischen Situationen mittels konstruktivistischer Konzepte zu ermöglichen. Diese These wird beispielsweise durch die Digitalisierungsstrategie der Hamburg Open Online University (HOOU 2016) unterstrichen, welche ein problembasiertes Online-Lernen über die Fächer- und Universitätsgrenzen hinaus anstrebt (TUHH 2015).

Ein integrativer Ansatz mit behavioristischen und konstruktivistischen didaktischen Ansätzen wird als sinnvoll angesehen, um in der Hauptsache Problemlösekompetenz und die Anwendung des Gelernten im Rahmen einer nachhaltigen Bildung anzustreben. Somit können Formate der direkten Instruktion und der problembasierten Formate verbunden werden, um im Rahmen der OER kompetenzorientiertes Lehren und Lernen zu stärken.

Studien in Gerstenmaier und Mandl (2010) belegen Lücken zwischen dem Wissenstransfer vom Lern- zum Anwendungsfeld, welche durch eine Verbindung von gut vernetztem, intelligent genutztem inhaltlichen Wissen und guten Lernstrategien schließbar sind.

Die Herausforderung des E-Learning besteht in der Abwesenheit von Präsenz. Da die praktische Lehre zu 100 % durch Distanz-Training ersetzt wird, müssen ein zugeschnittenes didaktisches Konzept, die Anschaulichkeit und intuitiv bedienbare Anwendung sowie das

Vorhandensein eines zuverlässigen Lernbegleiters berücksichtigt werden. Erfahrungswerte aus Workshops, Exkursionen oder praktischen Arbeiten im Feld oder im Labor müssen online kompensiert werden können. Potenzial besteht in dem Erreichen vieler Lernender, welche sonst aufgrund hoher Reiskosten oder eines niedrigen Bildungsstandes nicht erreichen würden. E-Learning ersetzt keinen Kompetenzerwerb in realen Szenarien (Beispiel: virtuelle Simulation des aeroben Abbaus im Vergleich zu einem realen Kompostierungsversuch), sondern bietet eine alternative Form des Lernens. Eine direkte persönliche Kommunikation zwischen den Lernenden und den Lernbegleitern ist kein Strukturbestandteil.

Herausforderungen von ‚Web 2.0‘-Technologien stellen die oftmals fehlende Qualitätssicherung sowie eine Vielzahl der Beteiligungsmöglichkeiten und Informationen dar, die zu einer Überforderung seitens der Lernenden führen kann (Arnold et al. 2013). Auch die rechtlichen Rahmenbedingungen, beispielsweise im Bereich Datenschutz kommen erschwerend hinzu. Es ist zu verzeichnen, dass die freie Verfügbarkeit von Wissen für unterschiedliche Lernsituationen rasant zugenommen hat (Arnold et al. 2013). Die Werkzeuge des ‚Web 2.0‘ weisen, nach Arnold et al. (2013), ein hohes Potenzial der Nutzeraktivierung und deren Vernetzung auf. Allerdings stellt diese Nutzung die Bildungsinstitutionen vor viele ungeklärte rechtliche und organisatorische Fragestellungen. E-Learning bietet eine Fülle an frei zugänglichen Bildungsressourcen unterschiedlichster Komplexität. Lernbegleiter, Entwickelnde und Lernende können Laien und Interessierte, aber auch fachliche oder didaktische Experten sein (Arnold et al. 2013).

Generell lassen sich Probleme im Bereich der Qualität der Lehre auf die E-Learning-Thematik übertragen. Die inhaltliche und didaktische Kompetenz der Lehrenden beziehungsweise der Entwickelnden stellt einen wesentlichen Erfolgsfaktor der Weiterbildungsmaßnahme dar (Kollar und Fischer 2010). Eine umfassende Studie zur Begründung hoher Studierendenabbruchquoten in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen, stellt die Problematik fehlender beziehungsweise nicht ausreichender didaktischer Fähigkeiten der Lehrenden als einen Teil der Begründung heraus (Derboven und Winker 2010). Laut Derboven und Winker (2010) stellen diese Fähigkeiten kein Berufungskriterium dar und Lehrende werden nicht zu einer fachdidaktischen Schulung verpflichtet. Eigene Erfahrungen stützen die These, dass die Erfassung des zu lernenden Stoffes oftmals von der Qualität der Lehrenden abhängt beziehungsweise der Fähigkeit, sich das Wissen selbst oder in Gruppen anzueignen. Konsequenz ist, dass das zu entwerfende E-Learning-Konzept einer durchdachten Didaktik bedarf. Derboven und Winker (2010) geben folgende Empfehlungen:

- Einsatz eines Blended-Learning-Formats, bei dem ein Teil der Präsenzlehre durch Videosequenzen oder andere multimediale Medien ersetzt werden kann
- Wenigen großen Vorlesungen sollte eine anschließende Vertiefung des Stoffes in kleinen Gruppen folgen
- Wissensvernetzung, d.h. kein Aneinanderreihen isolierter Fakten ohne Zusammenhang und Überblick
- Aufhebung der strikten Trennung von Grundlagen- und Anwendungsvermittlung

- Kein mangelnder Praxisbezug
- Vernetzung der Lernenden in Lerngruppen
- Hochwertige Betreuung der Lernenden
- Einforderung von Leistungen („am Ball bleiben“)

Dieses Konzept lässt sich gut auf den Bereich des E-Learning übertragen. Konstruktivistische Lernumgebungen, die in Teilen auch dem integrativen Ansatz folgen, begünstigen laut Gerstenmaier und Mandl (2010) selbstgesteuerte und kooperative Lernformen, die dem Lernen im Erwachsenenalter sowie den beruflichen Ansprüchen gerecht werden können. Dies gilt insbesondere für die Möglichkeiten des selbstgesteuerten, problemorientierten und fallbasierten Lernens.

Die Vermittlung von Knowhow sowie das Capacity Building sollten nach BMUB (2014) vorrangig im Land selbst aufgebaut werden. E-Learning bietet einen Lösungsansatz, um mittels der vorgenannten Potenziale den Herausforderungen gerecht zu werden, eine auf globaler Ebene nachhaltige Abfallressourcenwirtschaft zu etablieren.

2.3 Abfallressourcenwirtschaft (ARW) mit dem Schwerpunkt Bioabfallbehandlung

Folgender Abschnitt gibt einen allgemeinen Überblick über die Strukturen sowie den aktuellen Stand der nationalen und internationalen ARW mit dem Schwerpunkt der Bioabfallbehandlung.

2.3.1 Aktueller Stand der ARW

In vielen sich entwickelnden Regionen weltweit hat die ARW nach wie vor ein schlechtes Image: Erforderliche Tätigkeiten in diesem Bereich werden häufig von Familien in Armut und Verelendung ausgeführt (Williams 2014). Parallel dazu hat sich in vielen Industrieländern (IL) in den letzten Jahrzehnten ein Wandel hin zu einer Industrialisierung der ARW vollzogen, was aktuell die Entwicklung beziehungsweise Entstehung eines dynamischen Wirtschaftssektors zur Folge hat (Williams 2014). Fricke und Turk (2014) beobachten in weiten Teilen der Welt einen massiven Umbruch im Umgang mit Abfällen, weg von der reinen Sammlung und Beseitigung auf Müllkippen hin zu einer Kreislaufwirtschaft. Dennoch machen sich viele Bürger kaum Gedanken über Entstehung und Verbleib der anfallenden Abfälle, so lange diese schnell und sauber entsorgt werden. Konträr dazu hat das 21. Jahrhundert eine Vielzahl von Initiativen und Projekten zur Verbesserung der Umweltbedingungen hervorgebracht, wobei Europa hier als Vorreiter anzusehen ist (Williams 2014). Es entsteht ein gesellschaftlicher Wunsch nach Schonung der Ressourcen und dem Schutz der Umwelt auf lokaler und globaler Ebene (Williams 2014). Die ARW beginnt das öffentliche Interesse zu wecken. Für viele abfallressourcenwirtschaftliche Fragestellungen ist eine Bildung hoher Qualität essentiell, zum Beispiel zur Beurteilung geeigneter Konzepte, zur Ausräumung von Vorbehalten gegenüber Behandlungsverfahren, zur Umsetzung der Getrennterfassung von Bioabfällen oder zur Validierung geeigneter Konzepte (Stegmann 2014). Die Umsetzung neuer Konzepte und Ideen erfordert Akzeptanz, welche wiederum

Wissen voraussetzt (Stegmann 2014). Weiterhin wird die Komplexität und Interdisziplinarität der ARW nach wie vor unterschätzt und nicht in Gänze erfasst (Williams 2014). So fließen nach BMUB (2014), Stegmann (2014) und Williams (2014) folgende Disziplinen in eine nachhaltige ARW ein, die Bereiche Technik, Politik, Gesellschaft, Markt und Finanzierung umfassend:

- Ingenieurs-/naturwissenschaftliche Disziplinen
- Politik/Wirtschaft
- Stadt-/Regionalplanung
- Recht/Jura
- Industrielle Ökologie
- Logistik
- Sozialwissenschaften
- Medien/Kommunikation
- Informationstechnik
- Marketing/Werbung

Eine moderne nachhaltige ARW mit ihrer Produktverantwortlichkeit, Vermeidung, Recycling, Verbrennung und Deponierung stellt hohe Anforderungen an die Professionalität und Best-Practice-Kenntnisse der in diesem Bereich tätigen Berufsbilder (Williams 2014) und berücksichtigt einen multidimensionalen Ansatz, basierend auf drei Säulen (Guerrero, Maas und Hogland 2013):

1. Akteure der ARW
2. Elemente der ARW
3. Lokale technische und nichttechnische Rahmenbedingungen der ARW

Dieser Ansatz ist bei Analyse, Entwicklung und Optimierung abfallressourcenwirtschaftlicher Systeme zu berücksichtigen. BMUB (2014) fordert die Einbeziehung wichtiger Bereiche zur Entwicklung einer erfolgreichen und damit nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, da Entsorgungstechnik allein nicht ausreicht und listet vier grundlegende Elemente einer modernen Kreislaufwirtschaft:

- Rechtliche und ökonomische Aspekte
- Organisation
- Entwicklung von Kapazitäten und Knowhow
- Kommunikation, Konsultation und Partizipation

2.3.1.1 Akteure der ARW

Die Einführung einer nachhaltigen ARW erfordert die Integration elementarer Kompetenzen in Kindergarten, Schule und Universität (siehe Abschnitt 2.1). Das siebte Umweltaktionsprogramm (UAP) der Europäischen Union (EU 2013) stellt die Bedeutung für die Verbesserung des Verständnisses in Umweltbelangen heraus. Dies gilt sowohl für Bürger, als auch für politische Entscheidungsträger, damit sichergestellt wird, dass die aktuelle Politik auf einer fundierten Wissensgrundlage der Umweltsituation beruht. Eine berufsbegleitende

Weiterbildung richtet sich an Ingenieurinnen und Ingenieure, Mitarbeitende aus den Bereichen Technik und Wissenschaft, aber auch an Erziehende und Lehrpersonal. Williams (2014) und Stegmann (2014) identifizieren Schulkinder, Studierende sowie Mitarbeitende im öffentlichen und privaten Sektor, in Handel und Gewerbe sowie in der Industrie als wichtige Akteure. BMUB (2014) berücksichtigt zusätzlich noch die Gruppen der informellen Wertstoffsammelnden sowie der zivilgesellschaftlichen Organisationen. Entwicklungshelfende werden ebenso angesprochen wie Wirtschaftsunternehmen, Kommunen und Gemeinden.

Williams (2014) identifiziert Schulkinder, Studierende sowie die Öffentlichkeit als wichtige Akteure einer Bildungsoffensive im abfallressourcenwirtschaftlichen Bereich. Bei Schulkindern ist, auf Grund einer Anwendung und Verbreitung des Erlernten in den Familien, ein großes Erfolgspotenzial zu erwarten. Als Beispiel ist die Getrennterfassung von Bioabfällen in Haushalten zu nennen. Universitäten gelten, laut Williams (2014), als wichtige Inkubatoren für zukünftige Entscheidungsträger und Anwendende einer nachhaltigen ARW. In den letzten Jahren sind Initiativen und Projekte an vielen Universitäten zum Thema Nachhaltigkeit entstanden. Das öffentliche Wissen und Verhalten weist, laut Williams (2014), eine Lücke auf. So sagen und glauben viele Bürger, dass sie ihre Abfälle optimal trennen, tun dieses tatsächlich aber nur unzureichend. Hier ist die Bildung essentiell, wobei die Motivation das wichtigste Ergebnis darstellt. Auch hier gibt es eine Vielzahl an Projekten und Initiativen zu einzelnen, meist regionalen, Themen (Beispiel: „Tag der sauberen Stadt“). Weiterhin weist Stegmann (2014) auf die Notwendigkeiten hin, dass Lehrende sehr gut ausgebildet sein sollten, Lehrmaterialien aktuell und qualitativ hochwertig sein sollten, geeignete Plattformen existieren sollten und thematisiert den fehlenden Überblick über viele bereits existierende Aktivitäten.

Eine erfolgreiche Einführung abfallressourcenwirtschaftlicher Maßnahmen hängt entscheidend von der Mitwirkung und der Zusammenarbeit aller beteiligter Akteure ab: Haushalte, Gemeinden, Gewerbebetriebe, Wertstoffsammlung, Entsorgungsunternehmen und Behörden (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014). Für die Umsetzung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft erforderliche Akteure sind laut BMUB (2014) Fachkräfte zur Bedienung der Anlagen, Mitarbeitende in nationalen Behörden und Ministerien, Mitarbeitende in lokalen Verwaltungen, Privatwirtschaft sowie zivilgesellschaftlichen Organisationen.

Guerrero, Maas und Hogland (2013) haben im Rahmen einer Umfrage relevante Akteure der ARW in Städten in Entwicklungsländern (EL) identifiziert sowie Haupteinflussfaktoren, die zum Scheitern von abfallressourcenwirtschaftlichen Maßnahmen führen können, ermittelt. Eine Kernaussage besteht in einer weit verbreiteten Sichtweise, dass Kommunen und Gemeinden die alleinige Verantwortung für abfallressourcenwirtschaftliche Maßnahmen tragen, und dass die Öffentlichkeit keinen eigenen Beitrag zu leisten hat (Guerrero, Maas und Hogland 2013). Somit werden lokale Behörden und zentrale Ministerien als die wichtigsten Akteure genannt, mit der Begründung, dass diese Richtlinien erstellen und die ARW organisieren. Als zweitwichtigste Gruppen werden die privaten Service-Anbietenden und die

(privaten) Service-Nutzenden (Haushalte, zivile Organisationen, kommerzielle und industrielle Sektoren) genannt. An dritter Stelle, als eher unwichtig eingestuft, folgen die Bereiche Forschung und Lehre, Landwirtschaft, Gesundheitszentren, Parteien, Medien, Geberorganisationen, Industrie- und Handelskammer, Recyclingfirmen, Polizei und religiöse Führung. Unberücksichtigt, und somit als unwichtig eingestuft, bleibt der informelle Sektor der Wertstoffsammelnden. Die vorliegende Arbeit unterlässt bewusst eine Bewertung der Wichtigkeit einzelner Akteure, sondern begreift eine umfassende Berücksichtigung sowie Zusammenarbeit aller Akteure als zielführend. Nur wenn jedem einzelnen Mitglied der Gesellschaft bewusst ist, dass ein eigener abfallressourcenwirtschaftlicher Beitrag zu leisten ist, können nachhaltige Veränderungen greifen.

2.3.1.2 Elemente der ARW

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz berücksichtigt eine fünfstufige Abfallhierarchie, welche von der Europäischen Abfallrahmenrichtlinie vorgegeben ist (Bergs 2013). Nach KrWG (2012) werden folgende Maßnahmen zur Vermeidung und Bewirtschaftung von Abfällen unterschieden, wobei die Hochwertigkeit der einzelnen Maßnahmen abnimmt. Die Rangfolge ist in Abbildung 2 dargestellt. Demnach gilt es vorrangig, Abfälle zu vermeiden. Ist die Vermeidung nicht möglich, ist eine Wiederverwendung anzustreben. Als dritte Maßnahme gilt das Recycling, welches vor einer energetischen Verwertung oder einer Verfüllung steht. Die Beseitigung von Abfällen gilt als letzter finaler Schritt, wenn vorrangige Maßnahmen nicht greifen können.

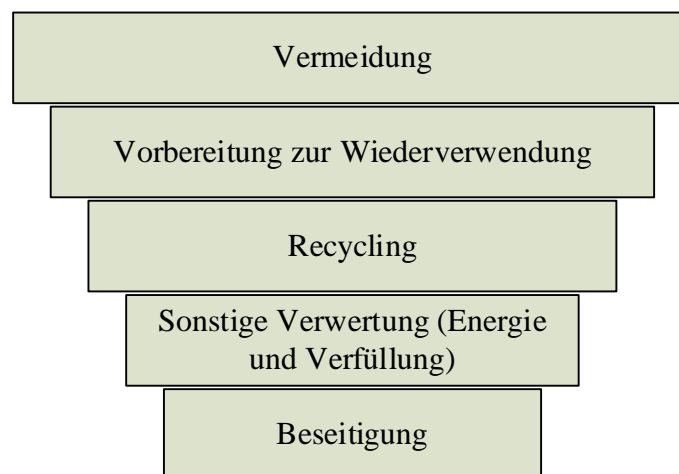


Abbildung 2: Abfallhierarchie nach KrWG (2012)

Die Entwicklung einer nachhaltigen, an der Kreislaufwirtschaft orientierten ARW lässt sich in fünf Phasen unterteilen und beschreiben (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014) und ist in Abbildung 3 dargestellt. Länder, die in ihrer abfallressourcenwirtschaftlichen Entwicklung bereits in den späteren Phasen angekommen

sind, haben die ersten Phasen zu Beginn ihrer abfallressourcenwirtschaftlichen Entwicklung durchlaufen.

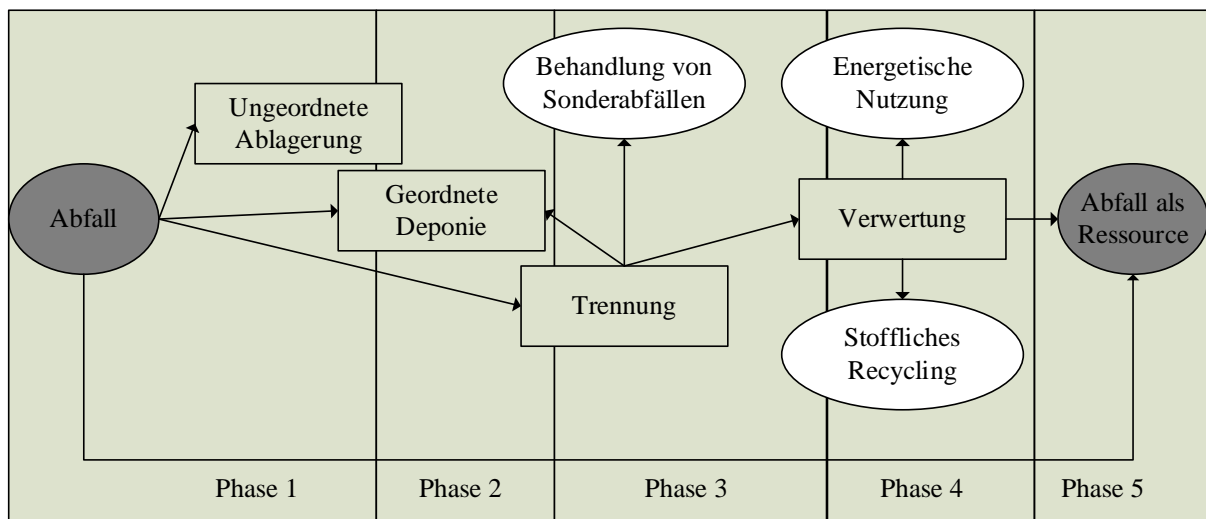


Abbildung 3: Fünf Phasen von der Abfallwirtschaft zur Abfallressourcenwirtschaft nach BMUB (2014)

Die Ablagerung von Müll auf wilden und ungeordneten Kippen bildet die Phase 1 und beschreibt die aktuelle abfallressourcenwirtschaftliche Situation in vielen Entwicklungsländern (EL). Beispielsweise sind, laut Pandyaswargo und Premakumara (2014) und ADB (2011), in EL in Asien weniger als 50 % der Bevölkerung an eine Einsammlung angeschlossen. Partiiell werden Wertstoffe durch Personen des informellen Sektors gesammelt. Die Wertstoffe können zum Teil in den Produktionsprozess zurück gelangen, zum Beispiel Metalle, Papier oder Kunststoffe (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014). Abbildung 4 zeigt die Abtrennung von Plastik auf einer typischen Ablagerung in Malaysia in 2004 durch einen Wertstoffsammelnden.



Abbildung 4: Sammlung von Plastik auf einer Ablagerung in Malaysia nahe der Hauptstadt Kuala Lumpur (eigenes Foto)

Wichtige Aspekte wie Klimaschutz oder Hygiene finden keine oder nicht ausreichende Berücksichtigung. Das Verbrennen von Abfällen durch den Einzelnen sowie die partielle Nutzung von Abfällen als Brennstoff zum Heizen oder zum Kochen sind Regelfälle (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014). Abbildung 5 zeigt ein typisches Szenario einer ARW in EL am Beispiel Süd-Asien (entspricht Phase 1) und lässt die Schlussfolgerung zu, dass das Vorhandensein einer Einsammlung die betreffenden Bürger der berücksichtigten Regionen entlastet, die Umwelt jedoch nicht. Die Situation der Wertstoffsammelnden sowie betroffener Bürger ist als schlecht einzustufen.

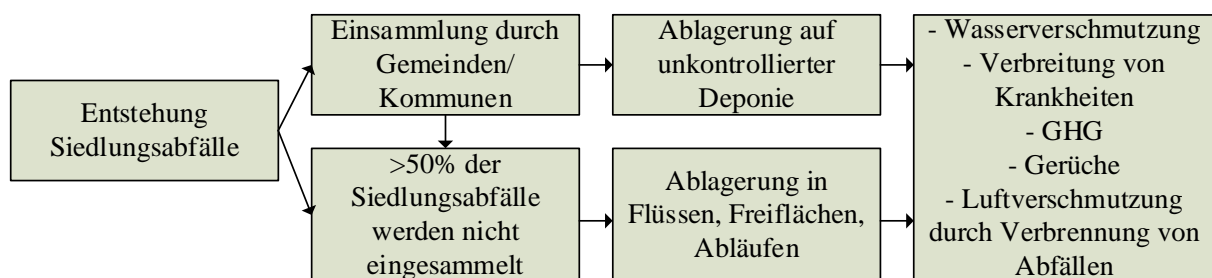


Abbildung 5: Abfallressourcenwirtschaftliches Szenario am Beispiel Süd-Asien in Anlehnung an ADB (2011)

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen Bilder einer typischen Ablagerung in Malaysia in 2004. Wertstoffsammelnde lebten und arbeiteten auf den Deponien und sortierten Wertstoffe wie Plastik oder Metall heraus.



Abbildung 6: Wertstoffsammelnder auf einer Ablagerung in Malaysia nahe der Hauptstadt Kuala Lumpur (eigenes Foto)



Abbildung 7: Behausung von Wertstoffsammelnden auf einer Ablagerung in Malaysia nahe der Hauptstadt Kuala Lumpur (eigenes Foto)

In Phase 2 sind laut BMUB (2014) eine geregelte und größtenteils flächendeckende Einsammlung der Abfälle, Umladestationen sowie eine geordnete Deponierung installiert. Hygienische Fragestellungen sowie die Kontrolle von Deponiegas und Sickerwasser werden berücksichtigt.

Abbildung 8 zeigt eine Ablagerung im Rahmen einer geordneten Deponierung in Tunis (Tunesien) im Jahre 2013.



Abbildung 8: Ablagerung in Tunis, Tunesien (eigenes Foto)

In Phase 3 beginnt sich eine Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Erste Schritte in der Getrennterfassung verschiedener Abfallfraktionen führen zu einer Realisierung einfacher Sortieranlagen (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014). Aus Abfällen gewonnene Wertstoffe wie Papier oder Kunststoffe führen zu der Entwicklung einer Sekundärwirtschaft, so dass ein neuer Markt mit eigenen Handelsstrukturen entstehen kann. Eine Kompostierung von Bioabfällen beginnt sowie die getrennte Behandlung gefährlicher Abfälle. (BMUB 2014)

In Phase 4 ist die Getrennterfassung fest installiert und Sammelfahrzeuge erfassen die Wertstoffe und Abfälle getrennt. Die Sekundärrohstoffwirtschaft ist fester Bestandteil der wirtschaftlichen Struktur. Bioabfälle werden getrennt erfasst und zu Biogas sowie Kompost aufbereitet. Diese Form der ARW trägt zur Minderung von Treibhausgasemissionen bei. (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014)

Die Phase 5 stellt die letzte Phase dar und zeichnet sich durch hohe Recyclingquoten aus. Ausschließlich nicht verwertbare Reststoffe werden über Müllverbrennungsanlagen energetisch verwertet oder auf kontrollierten Deponien abgelagert. (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014)

Aktuell befindet sich Deutschland am Beginn der Phase 5 (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014). Ziel ist es, dass die Entwicklungs- und Schwellenländer (EL und SL), welche sich aktuell größtenteils in Phase 1 oder 2 befinden, nicht alle fünf Phasen durchlaufen sollten, so wie die meisten Industrieländer (IL) dies in ihrer abfallressourcenwirtschaftlichen Entwicklung getan haben. Deutschland und andere IL, mit einer langjährigen Entwicklungserfahrung im Bereich der Einführung einer Kreislaufwirtschaft, sollten mit ihren Erfahrungen und Knowhow helfen, Entwicklungs-

sprünge zu erreichen. Die Umwandlung wilder Ablagerungen zu großen geordneten Deponien sollte nicht als finaler Schritt einer Einführung abfallressourcenwirtschaftlicher Maßnahmen angesehen werden. Diese, im Vergleich zur Einführung einer Getrenntfassung anfallender Abfälle, auf den ersten Blick einfach zu realisierende Maßnahme, resultiert zwar in einer kurzfristigen Verbesserung der hygienischen und umweltbelastenden Bedingungen, löst aber die grundsätzlichen Probleme, wie Klimawandel, Ressourcenschonung, Nutzung von Abfällen oder Bodendegradation nicht. Sind die Deponien erst einmal gebaut, bedarf es eines großen Aufwands, in Getrenntfassung zu investieren, ein Umdenken zu erreichen, sowie diese Deponien in der Zukunft zurückzubauen und die Nachsorge zu gewährleisten.

2.3.1.3 Technische und nichttechnische Rahmenbedingungen der ARW

Eine Reihe technischer und nichttechnischer Haupteinflussfaktoren gilt es bei der Einführung nachhaltiger Maßnahmen im Bereich der ARW zu berücksichtigen. Tabelle 1 listet Faktoren, die einen Einfluss auf das System der ARW haben können. Die einzelnen Einflüsse der verschiedenen Faktoren können nicht getrennt voneinander betrachtet werden, sondern bedingen und beeinflussen sich untereinander. Beispielsweise führt eine niedrige Prioritätensetzung des Sektors der ARW auf institutioneller Seite zu einer geringen Motivation der beteiligten Mitarbeitenden und somit zu einem niedrigen sozialen Status. Ein Mangel an Unterstützung durch übergeordnete Stellen kann zu einem Nicht-Vorhandensein von Aufklärungskampagnen und Umweltbildung führen. Somit sind Bürger und nahezu alle Teile der Gesellschaft nicht ausreichend über die negativen Auswirkungen einer sich in Phase 1 beziehungsweise 2 befindlichen ARW informiert und es findet somit kein Austausch untereinander oder zwischen Entsorgung und Haushalt statt. Eventuell vorhandene instabile politische Situationen erschweren das Einführen einer nachhaltigen ARW (BMUB 2014).

Tabelle 1: Einflussfaktoren auf das System der Abfallressourcenwirtschaft (ARW) adaptiert nach BMUB (2014), Guerrero, Maas und Hogland (2013) und Kühnel (2013)

Faktoren	Einflüsse auf das System der ARW
Technische	<ul style="list-style-type: none"> - Technische Fähigkeiten des Personals (öffentliche Hand, Anlagenbetrieb) bezogen auf lokale Rahmenbedingungen - Zustand der Infrastruktur (Straßen, Fahrzeuge, Ausstattung) - Vorhandensein verlässlicher und aktueller Daten und Informationen - Vorhandensein lokal angepasster Technologien und Lösungen
Umweltbezogene	<ul style="list-style-type: none"> - Vorhandene Umwelt-Kontrollsysteme - Aufklärung über Umweltauswirkungen durch bestehende ARW - Vorhandene Umweltorganisationen
Finanzielle	<ul style="list-style-type: none"> - Zur Verfügung stehendes Budget - Verhältnismäßige Verteilung der Ausgaben für einzelne ARW-Bereiche - Finanzielle Unterstützung durch übergeordnete Behörden - Zustimmung der Bevölkerung zur Gebührenentrichtung - Adäquate Nutzung vorhandener wirtschaftlicher Instrumente

	<ul style="list-style-type: none"> - Einbindung der Privatwirtschaft
Sozio-kulturelle	<ul style="list-style-type: none"> - Bewusstsein der Bevölkerung für Verantwortung und aktive Teilnahme an einer ARW (keine soziale Apathie) - Sozialer Status der Mitarbeiter im Bereich der ARW - Kommunikation und Koordination zwischen Anbieter (Entsorger) und Nutzer (Haushalte) - Aufklärungskampagnen und Umweltbildung
Institutionelle	<ul style="list-style-type: none"> - Wissen/Ausbildung im Bereich ARW: Technologien, Praxisbeispiele - Vorhandene Perspektiven und Berufsbilder - Vorhandene Strategie - Management-Kompetenz - Unterstützung durch übergeordnete Behörden - Organisatorische Kapazitäten und professionelles Wissen (Austausch zwischen einzelnen Ämtern oder öffentlichem und privatem Sektor) - Vollständige vorhandene Informationen - Priorität des Sektors ARW - Mitarbeitermotivation - Überblick über abfallressourcenwirtschaftliche Situation - Stabile politische Situationen
Rechtliche	<ul style="list-style-type: none"> - Vorhandensein von Gesetzen, Verordnungen, Richtlinie, Empfehlungen - Übersichtliche bestehende Gesetzeslage

Tabelle 2: Bausteine der Abfallressourcenwirtschaft (ARW) und beeinflussende Parameter adaptiert nach Guerrero, Maas und Hogland (2013)

Bausteine der ARW	Parameter
Menge/ Zusammen- setzung/ Getrennter- fassung in Haushalten	<ul style="list-style-type: none"> - Größe Haushalt, Grundstück und Lage - Monatliches Einkommen je Haushalt/Bildungsstand Haushalt - Geschlecht, Einfluss Gleichgestellter/Mitgliedschaft in Umweltorganisationen - Aktive (ggf. finanzielle) Unterstützung der Hauseigentümer/Grundstücksgesellschaft - Einbindung Anwohnergemeinschaften (öffentliche Teilnahme/Entscheidungsfindung) - Interesse und aktive Unterstützung verantwortlicher kommunaler Entscheidungsträger - Einführung von Gebühren basierend auf Volumen oder Gewicht - Vorhandenes technisches Wissen verantwortlicher kommunaler Entscheidungsträger - Aufklärungskampagnen - Einbindung informeller Sektor - Vorhandensein adäquater Behälter zur Getrennterfassung - Lokale Recyclingfirmen, die regelmäßig getrennte Fraktionen abholen
Einsammlung/ Transport	<ul style="list-style-type: none"> - Infrastruktur (Straßen, Behälter, Systeme); Routenplanung - Anzahl und Art Einsammelfahrzeuge - Abholroutinen in Absprache mit Haushalten - Integration/Organisation informeller Sektor, Förderung/Gründung Kleinstgewerbe - Bereitschaft der Bürger, Gebühren zu entrichten - Bereitschaft der Bürger zur Teilnahme - Interesse und Prioritätensetzung lokaler Behörden/Unterstützung zentraler Behörden

	<ul style="list-style-type: none"> - Koordination und Kooperation zwischen Anbieter und Nutzer
Recycling	<ul style="list-style-type: none"> - Effizienz des Einsammlungssystems - Vorhandensein (geeigneter) Recycling-Technologien und Knowhow - Finanzielle Unterstützung von Recyclingprojekten, Infrastruktur (Straßen, Behälter, Systeme) und Recyclingcentern - Markterschließung für Recyclingprodukte; Professionalität der Recycler - Unterstützung durch lokale und zentrale Behörden - Integration und Organisation des informellen Sektors/Förderung und Gründung von Kleinstgewerbe - Vorhandensein einer „Abkipp-Gebühr“ an Deponien - Rechtlicher Rahmen - Soziale Einflüsse/selbstlose Motive - Bürgerpartizipation und Aufklärungskampagnen
Behandlung	<ul style="list-style-type: none"> - Wissen/Kenntnisse zuständiger Behörden über Behandlungsverfahren und -systeme - Lokal vorhandene Kompetenz - Infrastruktur - Lokales Wissen über Aspekte der ARW und deren lokale Machbarkeit - Produktqualität (Monitoring) - Kompatibilität von Anlagenplanung und Abfalleigenschaften (Eingangssubstrate)
Ablagerung	<ul style="list-style-type: none"> - Distanzen zu Müllcontainern - Anzahl an Müllcontainern - Gesetzeslage - Finanzielle Mittel zur Gewährleistung kontrollierter Ablagerung - Kostenpflichtige Deponierung

Die einzelnen Bausteine der ARW können durch unterschiedliche Parameter positiv oder negativ beeinflusst werden (siehe Tabelle 2). Guerrero, Maas und Hogland (2013) fokussieren sich im Schwerpunkt auf EL und SL und beziehen sich somit primär auf Regionen, die sich in Phase 1 oder 2 der ARW befinden. Letztendlich handelt es sich bei diesen Faktoren aber auch um in IL gültige Parameter, die Einfluss auf die Entwicklung nehmen können.

Laut Guerrero, Maas und Hogland (2013) besteht kein gesicherter Zusammenhang zwischen einem Mengenzuwachs der Haushaltsabfälle mit steigendem Bruttoinlandprodukt (BIP). Im Bereich der Einsammlung werden in vielen EL und SL etwa 80-95 % des abfallressourcenwirtschaftlichen Budgets für diesen Bereich aufgewendet (Guerrero, Maas und Hogland 2013). Ein wichtiger Aspekt besteht in einem signifikanten Zusammenhang zwischen den Service-Nutzenden und den Service-Anbietenden. Die Kooperation und Koordination dieser beiden Akteure wird oft seitens der Anbietenden vernachlässigt, was zu einem Scheitern der Maßnahme führen kann. Der Bereich der Behandlung der Abfälle aus Haushalten ist in EL und SL oftmals nur in kleinem Maßstab im Rahmen einzelner Projekte integriert. Häufig scheitern Maßnahmen, was zu einer Schließung existenter Abfallbehandlungsanlagen führen kann. Die Stärkung lokal vorhandener Kompetenz kann zu einer breiteren Anwendung von Abfallbehandlungsverfahren führen.

Illegale beziehungsweise unkontrollierte Ablagerungen können unter anderem durch niedrige Deponierungskosten (siehe Tabelle 2) gefördert werden.

Zu den allgemeinen Entscheidungskriterien, welche Abfallbehandlungsverfahren am besten geeignet sind, gehören nach Boisch (2015):

- Standortbedingungen
- Substrate
- Produktvermarktung
- Sammelsysteme und Abfuhr Routinen
- Strom/Wärme

Die Standortbedingungen variieren lokal sehr stark und bestimmen die lokalen Anforderungen. Faktoren wie Klima, Gesetzeslage, kulturelle Besonderheiten oder vorhandenes finanzielles Budget sind zu berücksichtigen und bilden in ihrer Summe die länderspezifischen Eigenheiten und lokalen Besonderheiten. Abbildung 9 fasst die Einflussparameter zusammen und generiert sich aus Häni und Andrini (2007) und Rothenberger und Zurbrügg (2006).

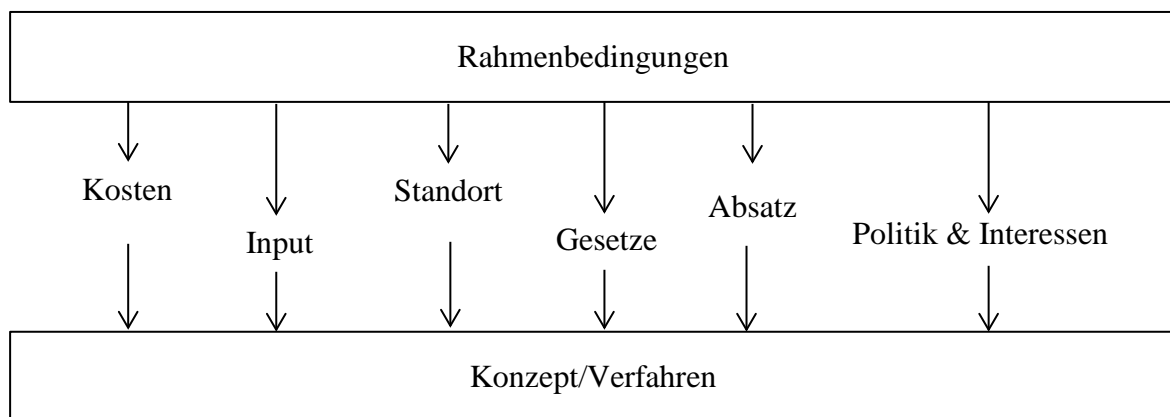


Abbildung 9: Rahmenbedingungen zur Planung von Kompostierungs- und Vergärungsanlagen angelehnt an Rothenberger und Zurbrügg (2006) und Häni und Andrini (2007)

In Abbildung 10 werden die Zusammenhänge und wechselseitigen positiven Einflüsse einer ARW dargestellt. Zufriedene Nutzende der Abfallentsorgungssysteme sind optimalerweise bereit, einen Beitrag beziehungsweise Abfallgebühren an die Kommunen zu entrichten, da sie einen unmittelbaren Erfolg durch eine gut funktionierende ARW basierend auf einer guten Infrastruktur sehen. Seitens der Behörden kann von steigenden Investitionen ausgegangen werden, wenn die Bürger zufrieden sind, so dass das öffentliche Interesse an einer ARW steigt sowie die Einnahmen durch Gebühren steigen.

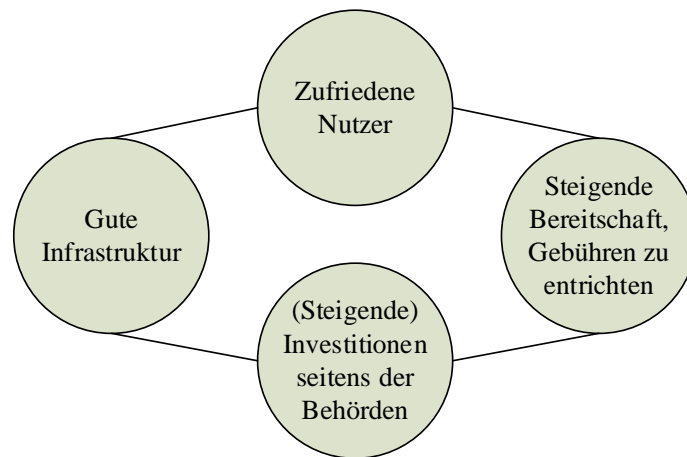


Abbildung 10: Zusammenhänge und wechselseitige positive Einflüsse einer Abfallressourcenwirtschaft angepasst nach Guerrero, Maas und Hogland (2013)

Zur Planung und Umsetzung abfallressourcenwirtschaftlicher Konzepte bedarf es eines Überblicks über anfallende Abfallmengen und deren Zusammensetzungen.

2.3.2 Menge und Zusammensetzung anfallender Bioabfälle im Siedlungsabfall

Siedlungsabfälle werden in der Hauptsache in Haushalten generiert, wobei auch Abfälle, ähnlich in Art und Beschaffenheit, aus öffentlichen Einrichtungen oder Gewerbe Berücksichtigungen finden. Die Verantwortung für Einsammlung, Transport, Behandlung und Ablagerung der Siedlungsabfälle liegt bei den kommunalen Behörden (EEA 2013). Exakte Angaben zu Mengen und Zusammensetzungen anfallender Siedlungsabfälle sind auf Grund starker Heterogenität nicht möglich. Jedoch ermöglichen die vorhandenen Daten einen qualitativen Eindruck über aktuell anfallende Abfallströme und deren Zusammensetzung.

Weltweit werden schätzungsweise 5,2 Mio. Mg Siedlungsabfälle pro Tag generiert, davon etwa 3,8 Mio. Mg in Entwicklungs- und Schwellenländern (EL und SL) (ADB 2011). Siedlungsabfälle in EL und SL setzen sich überwiegend aus Bioabfällen zusammen (Rothenberger und Zurbrügg 2006). Global stellen Bioabfälle eine große abfallressourcenwirtschaftliche Herausforderung in vielen Regionen dar: Sie werden weder von informellen noch von formellen Wertstoffsammelnden erfasst, da Bioabfälle nicht als Wertstoff betrachtet werden. In den EU-Mitgliedstaaten stellen Bioabfälle im Mittel etwa 30-40 % der Siedlungsabfälle dar (EEA 2013), in EL und SL sind die Anteile höher (Kühnel und Kuchta 2014). Beispiele der Ukraine oder Türkei nennen Anteile von etwa 65 % beziehungsweise 40-65 % (Atamaniuk, Kühnel und Kuchta 2014) und (Turan 2009).

Abfälle in EL und SL haben in der Regel eine deutlich andere Zusammensetzung als Abfälle in Industrieländern (IL). In Süd-Asien beispielsweise weisen die Abfälle hohe Dichten und Wassergehalte auf und enthalten in der Hauptsache Organik mit einem niedrigen Brennwert. Dies ist unter anderem auf die Tatsache zurückzuführen, dass sich beispielsweise etwa 42 % der indischen Bevölkerung vegetarisch ernährt (ADB 2011).

Bioabfälle umfassen nach KrWG (2012) und Kern (2012) folgende biogene Stoffströme und beschreiben anfallende Bioabfälle in Deutschland:

- Garten- und Parkabfälle
- Landschaftspflegeabfälle
- Küchen- und Nahrungsabfälle aus Haushalten, Gaststätten- und Cateringgewerbe, Einzelhandel und vergleichbaren Nahrungsmittelverarbeitungsbetrieben
- Vergleichbare Abfälle in Art und Beschaffenheit zu vorhergenannten biogenen Stoffströmen

Bioabfälle nach EEA (2013) beinhalten Nahrungs-, Küchen- und Gartenabfälle, aber keine Holz- und Papierabfälle.

Abbildung 11 zeigt einen typischen Inhalt eines Müllsacks auf einer Ablagerung in Malaysia und veranschaulicht sowohl den hohen organischen Anteil, als auch das vorherige Aus-sortieren von Wertstoffen.



Abbildung 11: Abfälle auf einer Ablagerung in Malaysia nahe der Hauptstadt Kuala Lumpur (eigenes Foto)

2.3.3 Internationale Recyclingziele im Schwerpunkt Bioabfälle

Die Abfallrahmenrichtlinie des Europäischen Parlaments und Rates (2008/98/EC) gibt eine EU-weite Recyclingquote von mindestens 50 Gew.-% aus Haushalten bis 2020 vor. Des Weiteren fordert die EU-Deponierichtlinie (1999/31/EC) eine EU-weite Reduzierung der Bioabfälle im zu deponierenden Siedlungsabfall auf 35 % (beim Stand von 1995) bis 2016 (in Ausnahmen bis 2020). Das KrWG (2012) fordert eine Recyclingquote für Siedlungsabfälle insgesamt von mindestens 65 % (spätestens bis zum 1. Januar 2020). Fricke und Turk (2014) zitieren die Weltbank, welche eine Recyclingquote oberhalb 90 % formuliert, um den zu-

künftigen globalen Ressourcenbedarf sicherzustellen. Ein schonender Umgang mit den natürlichen Ressourcen sowie einer nachhaltigen Nutzung von Rohstoffen, kann nur mit einer Kreislaufwirtschaft auf globaler Ebene erreicht werden (N.N. 2014), wobei ein besonderes Augenmerk auf die Einhaltung beziehungsweise Ausweitung der Recyclingziele zu setzen ist. Eine ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft kreiert Arbeitsplätze durch Entstehung einer Green Economy. Bei Anhebung des Recyclingziels der europäischen Abfallrahmenrichtlinie von 50 % bis 2020 auf 70 Gew.-% aus Haushalten bis 2030, kann ein Anstieg der Arbeitsplätze um etwa 900.000 in der Entsorgungsbranche erwartet werden (N.N. 2014).

2.3.4 Verwertung getrennt erfasster Bioabfälle

Nach BMUB (2014) werden die besten Erfolge im Bereich Recycling und Umweltschutz erreicht, wenn die Abfälle an ihrem Entstehungsort getrennt gesammelt werden und bei ihrer Einsammlung getrennt erfasst werden. Wichtig ist, die nassen organischen Abfälle sowie die gefährlichen Abfälle getrennt zu sammeln, damit die Schadstoffbelastung und die Verschmutzung gering sind (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014). Trockene Abfälle wie Kunststoffe, Metalle, Papier oder Glas müssen möglichst sauber vorliegen, um wieder genutzt zu werden (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014). Je nach Abfallzusammensetzung werden die getrennt erfassten Bioabfälle kompostiert oder vergärt (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014).

Bei der Kompostierung handelt es sich um einen aeroben biologischen Zersetzungs- und Stabilisierungsprozess, bei dem organische Substrate in der Hauptsache von Bakterien und Pilzen zu im wesentlichen Kohlendioxid und Wasser abgebaut und Huminstoffe aufgebaut werden (Haug 1993). Dabei wird Sauerstoff verbraucht und Wärme abgegeben (BMUB und UBA 2012). Der Prozess der Vergärung wird beschrieben durch den anaeroben Abbau organischer Substrate pflanzlicher oder tierischer Herkunft mit Hilfe von Bakterien. Dies geschieht unter Abwesenheit von Sauerstoff, das heißt unter anaeroben Bedingungen, und Biogas entsteht (Eder und Krieg 2012).

Die Getrennterfassung von Bioabfällen weist einen hohen ökobilanziellen Nutzen auf bei anschließender Kaskadennutzung, das heißt Vergärung mit energetischer Nutzung des Biogases und anschließender stofflichen Nutzung in Form einer Gärrest-Kompostierung (Bergs 2013). Laut Siederer (2014) hat eine umfassende Ökobilanz ergeben, dass diese Form der Kaskadennutzung die optimalste Lösung bezüglich Ressourcen- und Klimaschutz darstellt. Laut Siederer (2014) wird das Ressourcenpotenzial der Bioabfälle in Form von Torf-, Phosphat-, Kalium- und Kalkdüngersubstitutionen sowie der Erzeugung erneuerbarer Energien ausgeschöpft und es erfolgt eine Reduzierung bei der Beseitigung entstehender Treibhausgasemissionen sowie eine Reduzierung des Restmüllaufkommens bei gleichzeitiger Heizwertsteigerung. Ein herausragender Vorteil ist der Erhalt des Phosphats (Bergs 2013), wobei das Phosphatrecycling nach Boisch (2015) sowohl für die Kaskadennutzung, als auch für die Kompostierung gilt. In der Diskussion um CO₂-Äquivalente spielt die Torfsubstitution eine

große Rolle (Bidlingmaier, et al. 2012). Des Weiteren verbessern sich laut einer Studie von BMUB/UBA (Bergs 2013) die Eigenschaften von ackerbaulichen Flächen mit Humusunterversorgung bei einer Dauergabe von Kompost oder kompostierten Gärrückständen. Die Folgen einer langfristigen Humusanreicherung sind laut Bergs (2013):

- Erhöhung der Stabilität des Bodengefüges
- Erhöhung des Wasserspeichervermögens
- Verminderung der Erosionsgefahr

Das siebte Umweltaktionsprogramm der Europäischen Union (EU 2013) setzt als ein Ziel bis 2020 den Schutz des Bodens durch nachhaltige und effiziente Nährstoffkreisläufe im Schwerpunkt Stickstoff und Phosphor, da EU-weit Land von Bodenerosion, geringer Struktur und Wasserspeichervermögen betroffen ist. Eine Verschlechterung des Bodengefüges in semiariden Gebieten beispielsweise in Spanien wird von Parraga, Kühnel und Kuchta (2014) thematisiert und beschrieben. Kompostgaben über einen Zeitraum von fünf bis zehn Jahren können eine ursprüngliche Bodenfruchtbarkeit herbeiführen (Parraga, Kühnel und Kuchta 2014).

Die Kaskadennutzung bedient zum einen die Verwertungspflicht des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (siehe Abschnitt 2.3.1.2) und zum anderen wird der stofflichen Verwertung Vorrang vor der energetischen Verwertung gegeben. Diese Hierarchie leistet einen Beitrag zum Schutz von Mensch und Umwelt sowie zur Hochwertigkeit der Verwertung.

In Deutschland ist bisher etwa die Hälfte aller Haushalte an eine Biotonne angeschlossen, hier besteht ein Steigerungspotenzial, da ein Großteil der nicht getrennt gesammelten Bioabfälle über die Restabfallbehandlung entsorgt wird (Bergs 2013). Laut Statistischem Bundesamt (Destatis 2015) fielen im Jahre 2013 etwa 9 Mio. Mg getrennt erfasste organische Abfälle an: Etwa 4,2 Mio. Mg Bioabfälle aus der Biotonne und etwa 4,8 Mio. Mg Garten- und Parkabfälle. Die Erfassung von Grüngut reicht nach Kern und Raussen (2014) nicht aus, um den Anforderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes gerecht zu werden, welches laut §11, Abs. 1, KrWG eine flächendeckende verpflichtende Getrennterfassung der Bioabfälle mit anschließender Vergärung und/oder Kompostierung ab 01. Januar 2015 fordert. Somit ist die Erfassung von Küchen- und Speiseabfällen aus privaten Haushalten mittels Biotonne erforderlich. Laut Kern und Raussen (2014) stellen Bioabfälle sowohl die größte getrennt erfasste Wertstofffraktion, als auch die größte nicht getrennte Wertstofffraktion in Deutschland dar. Schätzungsweise 4 - 5 Mio. Mg energiereiche Speise- und Nahrungsabfälle befinden sich im Restmüll. Somit wird bis 2020 von einer potenziellen Verdopplung der Substratmengen im Inputstrom für deutsche Abfallvergärungsanlagen ausgegangen; eine verdreifachte Menge bis 2025 wäre laut Kern und Raussen (2014) erreichbar.

Die Getrenntsammlungspflicht für Bioabfälle trägt der EU-Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Abfälle Rechnung, nach der alle EU-Mitgliedsstaaten die getrennte Sammlung der Bioabfälle sowie deren anschließende Kompostierung und Vergärung zu fördern haben. Ein Erforderlichkeitsvorbehalt bei wirt-

schaftlicher Unzumutbarkeit oder bei in Fragestellung der technischen Möglichkeiten beispielsweise bei Stellungsmöglichkeiten von Behältern in Ballungsgebieten existiert. Laut Bergs (2013) dürften die Grundvoraussetzungen für einen Verzicht der Einführung einer Getrennterfassung in der Praxis nicht gegeben sein, da selbst Großstädte wie Hamburg, Berlin und München die Biotonne mit Erfolg einsetzen. Eventuelle Mehrkosten der getrennten Sammlung können über Gebühren umgewälzt werden.

In Deutschland werden etwa 70-80 % der erfassten Bioabfälle stofflich über die Kompostierung verwertet, 10-20 % werden energetisch-stofflich über die Vergärung verwertet und schätzungsweise 10-15 % der Grün- und Gartenabfälle werden einer Verbrennung zugeführt (Crncevic, Kühnel und Kuchta 2013). Laut Fricke, Heußner et al. (2013) werden die erfassten Bioabfälle in etwa 990 Kompostierungsanlagen und 63 Vergärungsanlagen verwertet. Laut Meyer-Kohlstock et al. (2013) sind in Deutschland etwa 950 Kompostierungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von etwa 10 Mio. Mg in Betrieb. Vor dem Hintergrund, dass etwa 13 Mio. Mg Bioabfälle in Deutschland biologisch behandelt werden wird deutlich, dass die Kompostierung aktuell eine Schlüsselposition in der Verwertung einnimmt. Jedoch gehen momentan in Deutschland laut Fricke, Heußner et al. (2013) „erhebliche Mengenströme“ in einfache Kompostierungsanlagen, wobei die zu überwindenden Distanzen und die Transportemissionen ignoriert werden: Große Mengen werden nicht hochwertig, sondern preisgünstig verwertet. Somit wird der Beitrag zum Ressourcen- und Klimaschutz nicht optimal geleistet. Des Weiteren besteht ein großes Entwicklungspotenzial in der Steigerung der Einsammlung von Küchenabfällen; eine zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit ist von großer Bedeutung (Fricke, Heußner et al. 2013). Zum einen sind die Erfassungsquoten nicht optimal, zum anderen weisen Küchenabfälle ein hohes Gaspotenzial auf.

2.3.5 Fazit

Laut Fricke, Schulte et al. (2014) und BMUB (2014) zeigen Erfahrungswerte, dass es in den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern (EL und SL) an qualifiziertem Personal im Bereich Abfallressourcenwirtschaft (ARW) auf allen Ebenen mangelt, was die Einführung einer nachhaltigen ARW fast unmöglich macht. Die Qualifizierung fehlt in nahezu allen relevanten Bereichen beispielsweise bei den politischen Entscheidungsträgern, Anlagenbetreibenden oder auch Bürgern und Schulkindern. Es ist von großer Wichtigkeit, international zu schulen (Stichworte: „Hilfe zur Selbsthilfe“ oder „Train-the-trainer“), um mittels Capacity Building den reinen Transfer von Technologie inhaltlich zu unterstützen. Nur so kann Technologie nachhaltig eingesetzt werden und der Beitrag zu Klima- und Ressourcenschutz sowie der Verbesserung der Lebens- und Umweltbedingungen im Zielland geleistet werden. Situationen, in denen beispielsweise eine Anlage aus einem Industrieland (IL) gekauft, im Zielland gebaut und in Betrieb genommen wird, ohne dass die Mitarbeitenden vor Ort in der Lage sind (Wartungs-) Probleme zu beheben, gilt es zu vermeiden, in dem speziell geschultes Personal selbstständig in der Lage ist, Probleme eigenständig zu beheben, um einen drohenden Stillstand der Anlage zu verhindern. Universitäre und nicht-universitäre

Akteure in Aus- und Weiterbildung gilt es zu erreichen. Die Stärkung lokal vorhandener Kompetenz kann zu einer breiteren Anwendung von Abfallbehandlungsverfahren führen (Guerrero, Maas und Hogland 2013). Dies unterstützt die These der vorliegenden Arbeit.

Existieren Weiterbildungsangebote, sind oftmals hohe Beiträge zu leisten, so dass viele Akteure nicht erreicht beziehungsweise angesprochen werden können. Des Weiteren existieren oftmals sprachliche Barrieren. Die Entwicklung eines E-Learning-Konzeptes ermöglicht ein relativ einfaches Übertragen auf die jeweilige Landessprache im Zielland und es werden neue Wege beschritten, um die ARW nachhaltig zu verbessern. Auch in den IL ist die Motivation der Mitarbeitenden in abfallressourcenwirtschaftlichen Anlagen zum Teil gering, da der Gesamtzusammenhang fehlt und somit die Wertschätzung der eigenen Arbeit gering ist (Boisch 2015).

Des Weiteren stellt die Weiterbildung praktizierender Akteure einen wichtigen Aspekt dar. Oftmals werden Erfahrungswerte mündlich weitergegeben. Scheidet erfahrenes Personal aus, gestaltet sich die Schulung des nachfolgenden Personals oftmals als problematisch (Boisch 2015). Laut Weltbank (2011) haben weltweit viele Entwicklungshelfende kaum Zugangsmöglichkeiten zu aktuellem und innovativem Wissen. Dies liegt zum einen an den Konzepten, die häufig nicht an lokale Situationen angepasst sind und zum anderen an einem häufig fehlenden Reisekosten-Budget, um angebotene Kurse andernorts zu belegen (Weltbank 2011). Die Problematik lässt sich in vielen EL und SL beobachten, es fehlt an einer gemeinsamen Plattform (Weltbank 2011).

Im Regelfall liegt es in der kommunalen Verantwortung, ein effektives und effizientes ARW-System umzusetzen. In EL und SL sehen sich die verantwortlichen Behörden oftmals mit einer Reihe von Problemen konfrontiert, welche laut Guerrero, Maas und Hogland (2013) unterschiedlichen Ursprungs sind:

- Mangel an Organisation
- Fehlende finanzielle Mittel
- Mangelnder Überblick über Komplexität und Multidimensionalität des ARW-Systems

In einer nachhaltigen ARW agiert eine Vielzahl von Akteuren. In EL und einigen Ländern der EU allerdings werden die meisten von ihnen nicht in Planungen und Entscheidungen miteinbezogen (Guerrero, Maas und Hogland 2013). Als Konsequenz findet somit auch keine oder eine nicht ausreichende Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren statt.

Bei der Findung geeigneter Technologien berücksichtigen die verantwortlichen Kommunen und Behörden normalerweise nur technische Aspekte der Effektivität und Effizienz. Nicht-technische Aspekte finden oftmals keine oder nicht ausreichende Berücksichtigung, sind aber für eine nachhaltige ARW von großer Wichtigkeit (Guerrero, Maas und Hogland 2013). In EL und SL werden im Bereich der ARW entstehende Kosten in der Regel nicht finanziert, da die kommunalen Entscheidungsträger keine oder nur geringe Priorität auf die ARW legen, die zentralen Ministerien kaum einen Beitrag leisten und die Öffentlichkeit in der Regel nicht bereit ist, Gebühren zu bezahlen. Ein Mangel an aktuellen Informationen und verlässlichen

Daten erschwert die abfallressourcenwirtschaftlichen Planungen und Entscheidungen der Kommunen erheblich. In EL und SL legen Universitäten, Forschungs- und Ausbildungszentren zu wenig Schwerpunkte in den Bereich der ARW. Die Asian Bank of Development stellt einen Bedarf für Training und Capacity Building im Bereich „organic waste management“ für alle beteiligten Akteure fest (ADB 2011).

Eine getrennte Erfassung der Bioabfälle würde in vielen Ländern (EL, SL und IL) eine deutliche Erhöhung der Recyclingquoten zur Folge haben können. Momentan erreichen beispielsweise die Länder der EU die Recyclingquoten mittels der Abfallströme Glas, Papier/Pappe, Metalle, Plastik und Textilien. In den Bereich Klima- und Ressourcenschutz erzielt die Getrennterfassung mit anschließender Verwertung die beste Ökobilanz.

2.4 Marktüberblick

Der folgende Marktüberblick zeigt den aktuellen Stand anhand einer Auswahl existierender Angebote zum Capacity Building im Bereich Abfallressourcenwirtschaft (ARW). Im Schwerpunkt finden E-Learning-Konzepte Berücksichtigung, wobei auch relevante Offline-Konzepte und Angebote präsentiert werden, welche entweder ein zukünftiges Potenzial zur Umstellung oder eine Ergänzung im Online-Bereich darstellen können, da sie inhaltlich/fachlich und/oder didaktisch von Relevanz für die vorliegende Arbeit sein können. Es werden ausschließlich Konzepte vorgestellt, welche für die Einordnung, die zu wählende Methodik oder für die Konzeptionierung der vorliegenden Arbeit von Bedeutung sein können. Relevante Anbietende beziehungsweise Konzepte werden identifiziert und beschrieben, um einen zusammenfassenden Überblick und eine Einschätzung zum aktuellen Stand zu bekommen. Aufgrund der unübersichtlichen und komplexen Marktsituation sowohl im Online-Bereich, als auch im Bereich dezentraler beziehungsweise lokaler Konzepte, werden die folgenden Fragstellungen definiert, um die Recherche gegen die Flut an E-Learning-Konzepten abzugrenzen:

- Welche Realisierungen inhaltlicher/fachlicher Ansätze existieren im Bereich ARW und ihrer Akteure (im Schwerpunkt biologischer Abfallbehandlung)?
- Welche Realisierungen technischer Ansätze existieren im Bereich E-Learning im Schwerpunkt Umwelterziehung/Umweltbildung oder verwandten Themenfeldern?

Die sechs in Abbildung 12 dargestellten Merkmale geben einen Überblick über die zu Grunde gelegte Kategorisierung der Recherche und dienen der Eingrenzung der Suchkriterien sowie der Vergleichbarkeit der Konzepte.

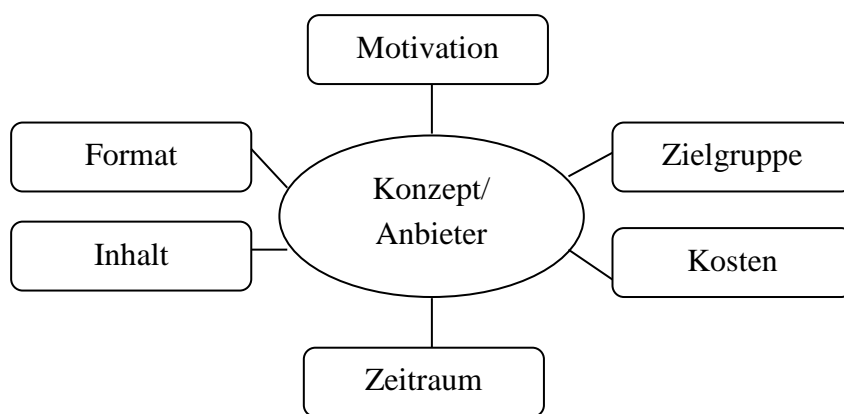


Abbildung 12: Merkmale zur Eingrenzung der Recherche für den Marktüberblick

Im Zentrum steht das Konzept selbst, wobei Titel und Kurzbeschreibung benannt werden. Es werden sowohl Konzepte berücksichtigt, die die Anwendung von Wissen anbieten, als auch Konzepte, die die Vermittlung von Wissen anbieten. Es folgt eine Kurzbeschreibung zur *Motivation* des Anbietenden. Das *Format* beschreibt die Art der Wissensvermittlung, die technische Umsetzung und gegebenenfalls die angewendete Methodik. Anschließend werden kurz die *Inhalte* dargestellt. Angesprochene Adressaten und eine eventuelle Standortgebundenheit werden über die *Zielgruppe* ermittelt. Das Merkmal *Kosten* beschreibt, ob es sich um ein kostenloses oder ein kostenpflichtiges Konzept handelt; und gegebenenfalls erfolgt eine Angabe zur Höhe der Kosten. Können die Kurse beziehungsweise Inhalte zeitpunktunabhängig besucht werden oder gibt es festgelegte Starttermine? Wie umfangreich ist das Konzept? Diese Fragen beschreibt das Merkmal *Zeitraum*.

Die Ergebnisse der Recherche werden auf den folgenden Seiten dargestellt. Es wird bewusst auf eine tabellarische Darstellung verzichtet, da keine gesicherte Aussage über die Anzahl an im Internet und offline weltweit existierenden Angeboten und Konzepten getroffen werden kann. Somit wird keine quantitative Auswertung vorgenommen. Die Recherche hat eine Vielzahl an Projekten, Initiativen, kostenlosen sowie kostenpflichtigen Konzepten ergeben. Es ist allerdings nicht möglich, alle auf lokaler, dezentraler Ebene vorhandenen Konzepte sowie firmen- oder behördeninterne Weiterbildungs- und Trainingsmaßnahmen zu identifizieren. Diese sind oftmals nicht öffentlich zugänglich oder entstehen eigeninitiativ. Ziel des Marktüberblicks ist, primär einen qualitativen und nicht quantitativen Eindruck von der aktuellen Marktsituation zu bekommen. Nichtsdestotrotz lassen sich Rückschlüsse ziehen, in welchen Bereichen ein großes Angebot herrscht beziehungsweise eine Marktsättigung vorliegt und in welchen Bereichen das Angebot gering ist. Die berücksichtigten Konzepte lassen sich in fünf Kategorien einteilen. Kostenpflichtige Online-Studiengänge und Kurse (1), kostenlose Online-Kurse (OER-Content) (2), Websites (3), kostenpflichtige Aus- und Weiterbildungsprogramme vor Ort (4) und kostenlose oder kostenpflichtige Web-Based-Trainings (WBT) oder Computer-Based-Trainings (5).

1. Beispiele für kostenpflichtige Online-Studiengänge und Kurse

Das kostenpflichtige englischsprachige berufsbegleitende Online-Fernstudium **“International Long Distance Study Course at the Bauhaus Universität Weimar Environmental Engineering and Management”** der Bauhaus-Universität Weimar/Deutschland richtet sich an Studierende mit Bachelor-Abschluss und einer mindestens einjährigen Berufserfahrung. Der komplette Masterstudiengang kostet etwa 8.980 EUR, wobei auch ein zertifizierter Kurs belegt werden kann, der günstiger ist. Gründungsmotivation war die Weiterbildung (parallel zum Beruf) von Mitarbeitenden und Führungskräften im Bereich Umwelttechnik, da deren Fachkenntnisse laut Kraft (2015) oftmals nicht mehr dem aktuellen Stand entsprechen. Der Online-Studiengang entstand im Rahmen eines EU-Projektes in Zusammenarbeit mit dem Asian Institute of Technology Bangkok/Thailand und der University of Leeds/Großbritannien.

Das **“Institute for Water Education”** (UNESCO-IHE 2015) in Delft/Holland bietet einen kostenpflichtigen **“Online Course on Solid Waste Management”** an. Der Kurs richtet sich an alle Akteure der ARW in EL und SL und wird jährlich berufsbegleitend angeboten (16 Wochen, etwa 9 Stunden pro Woche, 5 ECTS, 725 €).

Das Springfield Technical Community College (STCC 2015) bietet drei Online-Kurse zum Thema Siedlungsabfälle an. Die Gebühren pro Kurs betragen 129 US-\$. Webbasierte Kurse: **“Composting Operations”** (Umfang: 25 Stunden), **“Integrated Solid Waste Management”** (Umfang: 60 Stunden) und **“Landfill Operations”** (Umfang: 25 Stunden). Die Kurse richten sich an Studierende (Zertifikat/Lizenz).

Die britische University of Wolverhampton bietet einen kostenpflichtigen berufsbegleitenden zweijährigen Online-Master **MSc Waste Management** an (Wolverhampton 2015). Der Kurs richtet sich an alle Akteure im Bereich ARW.

Das **“Education Portal”** ist aus einer Start-up Initiative zweier ehemaliger Studierender in den USA entstanden (Ridner und Wilson 2015). Neben umfangreichen kostenlosen Informationen rund ums Lernen, werden kostenpflichtige Video-Kurse zu unterschiedlichen Themen angeboten. Zielgruppen sind Schulkinder und Studierende, mit Hauptaugenmerk auf dem US-amerikanischen Markt. Viele US-Universitäten partizipieren, in dem sie belegte Kurse anrechnen lassen. Monatliche Beiträge liegen zwischen 49.99 US-\$ und 99.99 US-\$. Relevanter Kurs: **“Environmental Science”**.

2. Beispiele für kostenlose Online-Kurse (OER-Content)

“ALISON - Advance Learning Interactive Systems Online” bietet kostenlose Online-Kurse zu verschiedenen Themen an. Das **“Diploma in Environmental Science”** umfasst etwa 15 - 20 Stunden. Ein Zertifikat wird ausgestellt, wenn die Nutzenden im Abschluss mehr als 80 % erreichen. Feerick (2015) richtet den Kurs an alle Interessierten mit einem Higher High Secondary School Diploma mit Fokus auf berufsbegleitende Weiterbildung sowie für Studierende.

Auf der Website des „**Commonwealth of Learning (CoL)**“ stehen Lernmaterialien verschiedener Bereiche, aufgeteilt in Lektionen, kostenlos zum Herunterladen zur Verfügung. Ein Bereich befasst sich mit dem Umweltingenieurwesen, eine Lektion des Bereichs ist „**Management of Municipal Solid Waste**“. Die Lektion ist in Kapitel unterteilt, jedes Kapitel besteht aus einem etwa 30-50 Seiten umfassenden Dokument. Auf Abschnitte der Informationsvermittlung im Kapitel folgen stets Lernaktivitäten. Die Lernaktivitäten bestehen aus einer Frage zum behandelten Lernstoff und einem Freitextbereich, in dem die Frage beantwortet werden kann. Am Ende des Dokumentes stehen dem Lernenden Modellantworten zum Abgleich zur Verfügung. (CoL 2015)

Das für registrierte Nutzende kostenlose Angebot „**The Organic Stream**“ basiert auf einer Online-Lernplattform (OLP), welche verschiedene Videokurse im Bereich Einsammlung, Vergärung sowie Kompostierung organischer Abfälle anbietet. Ein Kurs besteht aus acht etwa 20-minütigen Videosequenzen. Die Kurse werden in zwei verschiedenen Versionen angeboten. Eine Version konzentriert sich auf die Rolle der lokalen Regierungen und politischen Entscheidungsträger, während sich die zweite Version des Kurses auf den landwirtschaftlichen Bereich konzentriert. Es ist kein Vorwissen erforderlich. Motivation ist, Wissen kostenlos für alle zur Verfügung zu stellen, sowie Erfolgsgeschichten im Bereich der biologischen Abfallbehandlung organischer Abfälle zu veröffentlichen und zu verbreiten. Ziel ist, die organischen Abfälle als Ressource zu sehen, sowie eine breite Einführung der Getrenntfassung zu propagieren und damit voranzutreiben. Es handelt sich um eine Initiative des Non-Profit-Unternehmens ‚Green White Space Media‘. Verschiedene Experten unterstützen die Initiative und füllen diese mit Inhalt (Favoino, et al. 2015). Die OLP wird auf der renommierten Website des European Compost Network (ECN 2015) beworben.

Das „**E-Institute for Development**“ der Weltbank der Vereinten Nationen bietet kostenloses Wissen für unterschiedliche Bereiche an, beispielsweise *climate change*, *urban* oder *health systems*. Ein Mangel an Zugangsmöglichkeiten zu aktuellem Wissen, fehlendes Budget für Teilnahme an Programmen andernorts, mangelnder praktischer Bezug oder Mangel an den lokalen Gegebenheiten angepasstem Wissen, erschwert laut Weltbank (2011) die Arbeit viele Mitarbeitenden im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit. Aus dieser Motivation heraus entwickelte die Weltbankgruppe 2011 das E-Institut, eine globale OLP zur kostenlosen Wissensvermittlung. Es werden zertifizierte e-Kurse angeboten.

Sweepnet ist ein Netzwerk im Bereich ARW für alle Mashrek- und Maghreb-Staaten (Sweepnet 2015) und wird technisch unterstützt von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Sweepnet bietet seit Januar 2015 einen „**E-Learning Course on SWM in Morocco and Tunisia**“ an. Sieben Trainingsmodule werden angeboten, entwickelt von tunesischen und marokkanischen Experten nach dem Hybrid-Modell: Eine Delegation von 20 technischen Vertretern lokaler Behörden und Fachbereiche waren im Vorfeld für eine Woche in Deutschland, um ihre fachliche Expertise zu erweitern, anschließend erfolgte die Entwicklung des E-Learning Kurses.

EdX ist eine Non-Profit-Online-Initiative und bietet interaktive Online-Kurse im Schwerpunkt MOOCs an. EdX besteht aus einem Zusammenschluss der weltweit führenden Universitäten wie dem MIT, Harvard und Berkeley. Es werden eine Vielzahl unterschiedlicher Kurse mit einer großen Bandbreite an Themen angeboten, so zum Beispiel *Technology for biobased products*. Ziele der Gründungspartner Harvard und MIT sind laut edX (2015) der Ausbau des Zugangs zu kostenloser Bildung für Alle, Verbesserung des Lehrens und Lernens am Campus und Online sowie Weiterentwicklung des Lehrens und Lernens durch Forschung. Prinzipien: Non-profit, open-source, kollaborativ, finanziell nachhaltig. Die angebotenen Kurse sind kostenfrei, lediglich die Zertifizierung der Kurse für Fachleute ist kostenpflichtig. Standorte: Cambridge und Massachusetts. **Coursera** von der Stanford University und einigen anderen Universitäten aus den USA, verzeichneten 2011 680.000 Einschreibungen in 43 Online-Veranstaltungen (Arnold, et al. 2013), viele Kursteilnehmende legen Prüfungen über gelerntes Wissen ab.

„**Iversity – Study Anywhere**“ - ist die europäische Plattform für kostenlose Online-Lehrangebote, auf welcher Hochschulen laut Iversity (2015) akademische Kurse für Studierende aus der ganzen Welt anbieten können. Es besteht die Möglichkeit, anerkannte Qualifikationsnachweise für digital erbrachte Lernleistungen zu erwerben. Einige Partnerinstitutionen verleihen ECTS-Leistungspunkte an Online-Lernende, die Kurse auf der Online-Plattform belegen. Die Zielgruppe sind Studierende.

Das Projekt „**Hamburg Open Online University**“ (HOOU 2016) wird aktuell von der Behörde für Wissenschaft, Forschung und Gleichstellung (BWFG) sowie der Senatskanzlei finanziert. Ziel der hochschulübergreifenden Digitalisierungsstrategie ist laut TUHH (2015) das Wissen der Hamburger Universitäten zu vernetzen, für die Öffentlichkeit zu öffnen und für Lernprozesse zur Verfügung zu stellen. Das Online-Lernen zur individuellen Weiterbildung erfolgt durch das Bearbeiten komplexer Aufgaben projektbasiert in interdisziplinären Teams.

3. Beispiele für Websites zur Wissensvermittlung

Die „Climate and Clean Air Coalition“ (CCAC) des United Nation Environmental Programme (UNEP) bietet eine umfangreiche Website zum Thema Siedlungsabfälle an: **MSW Knowledge Platform**. Städte und Gemeinden werden unterstützt, Maßnahmen im Bereich ARW zur Reduzierung der Klimabelastung durchzuführen. CCAC (2015) bietet verschiedene Tools, zum Beispiel eine „Best-Practice-Library“, „Ask an expert“, ein Diskussionsforum, eine Datenbank mit relevanten abfallressourcenwirtschaftlichen Daten sowie Fallbeispiele verschiedener Länder.

Die belgische internationale Non-Profit-Organisation „**Municipal Waste Europe (MWE)**“ (MWE 2015) setzt sich für die Förderung der öffentlichen Verantwortung im Bereich Ressourceneffizienz ein. Sie repräsentiert die kommunale Entsorgungswirtschaft. Aktuell werden 18 Mitglieder gezählt, darunter der deutsche Verband Kommunaler Unternehmen e.V. (VKU). Sultana, Ibrahim und Hogland (2012) fanden in einer Studie heraus, dass eine der

effektivsten Foren zur Verbesserung der öffentlichen Verantwortung im Bereich der getrennten Erfassung von Siedlungsabfällen, die Websites der kommunalen Entsorgungswirtschaft sein können.

Die „**Cleantech Community**“ des ASK (Access to Sustainable Knowledge) ist eine Wissensinitiative zur standardisierten Aufbereitung und Weitergabe von ausgewähltem Wissen hoher Qualität (ASK 2015) im Bereich Umwelttechnologien und -management. Ziele: weltweiter, schneller Zugang zu Wissen sowie Vermittlung von Kontakten lokaler Entscheidungsträger und internationalen Experten. Neben einer kostenlosen Basis-Mitgliedschaft wird eine kostenpflichtige Premium-Mitgliedschaft angeboten.

Der kostenlose Blog „**The Wasters Blog – Waste and Resource Management Blog**“ postet regelmäßig Neuigkeiten und technische Entwicklungen im Bereich ARW in Großbritannien und international und sammelt Downloads (E-Books) zum kostenlosen Herunterladen. Gründungsmotivation des Mitarbeitenden eines britischen Umweltberatungsunternehmens war die Verbreitung und der Austausch von Wissen. Der Blog richtet sich an alle Interessierten und wurde 2006 von Steve Last (Last 2015) gegründet.

Das „**European Compost Network – ECN**“ bietet eine umfassende Online Plattform zum Thema Kompostierung mit Schwerpunkt Qualitätskontrolle der Komposte und Gärreste (ECN 2015).

Das „**Kompostforum Schweiz**“ bietet vor Ort Aus- und Weiterbildung für Anlagenbetreibende, das Projekt „Kompost macht Schule“ sowie Anleitungen zum erfolgreichen Kompostieren für private Haushalte (Kompostforum 2015). Die Website bietet alle erforderlichen Informationen zum Thema Grüngutverwertung sowie Informationen der Branche für Profis und Laien (kostenlose und kostenpflichtige Bereiche).

Das Projekt „**Western Africa Biowastes for Energy and Fertilizer - WABEF**“ des ACP Science and Technology Programme (ACP S&T), wird von der EU gefördert (Laufzeit: 2014 - 2017). Ziel ist, laut ACP (2015), der Aufbau von Kapazitäten sowie Öffentlichkeitsarbeit im Bereich Anaerobtechnologien. Die Adressaten sind öffentliche Entscheidungsträger, Repräsentanten der Gemeinden, Lehrende und Forschende, Studierende, Lernbegleiter von Nichtregierungsorganisationen (NRO), Ingenieuren sowie Technikern im Bereich Landwirtschaft, Öffentlicher Dienst und Agrar- und Nahrungsmittelindustrie. Standort: West Afrika.

4. Beispiele für kostenpflichtige Aus- und Weiterbildungsprogramme vor Ort

Das 2009 in Deutschland gegründete Zentrum für Forschung und Ausbildung in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft „**Centers for Research, Education and Demonstration in Waste Management e.V. (CReED e.V.)**“ unterstützt den internationalen Transfer von deutschen Technologien und Wissen im Bereich ARW. CReED e.V. bietet internationalen Fachleuten und Akteuren die Möglichkeit, abfallressourcenwirtschaftliche Technologien zu besichtigen sowie deren Anwendung zu schulen (Fricke, Schulte, et al. 2014). Damit wird der erforderliche Knowhow-Transfer erreicht, um einen sinnvollen Einsatz moderner ARW-Methoden zu

ermöglichen. Basierend auf dem didaktischen Konzept des deutschen dualen Ausbildungssystems (Schule plus Betrieb) werden sowohl Mitarbeitende, als auch Auszubildende angesprochen (Train-the-trainer). Das Prinzip der hochwertigen Ausbildung im Zielland lässt Beauftragungen für deutsche Anlagen folgen. Somit stellen die Bildungsmaßnahmen sowohl eine Verbesserung der abfallressourcenwirtschaftlichen Situation, als auch eine Markterschließung dar (Fricke, Schulte, et al. 2014). Es werden drei Programme angeboten: A-Programm (Delegationsreisen, politisch Verantwortliche, technisches Führungspersonal), B-Programm (Ingenieure, Anlagenleitende, technisches Personal), C-Programm (Wissenschaftliches Personal, Doktoranden, Studierende). Die Angebote sind kostenpflichtig und variieren im Umfang.

Das **Humus- und Erdenkontor** ist eine Akademie mit Sitz in Hessen, welche seit dem Jahr 2000 Beratung, Training und Coaching im Bereich Kompostierung und Erden anbietet. Die Angebote richten sich speziell an Betreibende und Werkpersonal sowie an Mitarbeitende im Bereich Abfallberatung und Umweltkommunikation (Dietrich 2015). Die Angebote sind kostenpflichtig und variieren im Umfang.

WasteConcern (2015) ist ein 1995 gegründetes gemeinnütziges Unternehmen, welches sowohl kostenlose als auch kostenpflichtige Seminare, Trainings und Workshops im Bereich „**Waste Management and Recycling in Bangladesh**“ anbietet. Das Ziel ist die Betrachtung von Abfall als Ressource sowie die Reduzierung organischer Abfälle auf offenen und unkontrollierten Ablagerungen. Beteiligung an diversen lokalen Projekten. Die Angebote sind kostenpflichtig und variieren im Umfang.

„**Waste Smart**“ der britischen Environmental Services Association (ESA 2015) bietet kostenpflichtige Trainings (online und offline) im Bereich praktischer und nachhaltiger Abfall- und Ressourcenwirtschaft an. Es werden Grundlagen-Kurse sowie Kurse für Fortgeschrittene angeboten. Ziel ist die Umstellung von Unternehmensphilosophien hin zu der Betrachtung von Abfall als Ressource. Die Kurse richten sich in erster Linie an Unternehmen in Großbritannien.

Die **Kompetenzwerkstatt** der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) bietet laut ITAB (2015) einen kostenpflichtigen „Werkzeugkasten“ für Lehrende und Auszubildende, um eine arbeitsplatzorientierte und kompetenzfördernde Ausbildung an allen Lernorten des Dualen Systems umzusetzen. Dieses Konzept ist bereits auf verschiedene Berufe angewendet worden, in Form von verschiedenen Softwareanwendungen, Lernsoftware, E-Portfolios, Praxis-Checks oder Aufgabenmanager. Es stehen lehrgangs- und unterrichtsvorbereitende Dokumente als Download zur Verfügung. Die Kompetenzwerkstatt ist im Rahmen eines dreijährigen BMBF-Projektes des Institutes für Technik, Arbeitsprozesse und Berufliche Bildung der TUHH entwickelt worden. So berichtet Klaffke (2014) von der Kompetenzwerkstatt@Abfallverbrennung (05/2012), bei der detaillierte Prozessanalysen für die drei Berufe Kranfahrer, Läufer und Anlagenfahrer durchgeführt wurden.

“**The Wales Centre of Excellence for Anaerobic Digestion**” bietet technischen und nicht-technischen Support für alle Akteure im Bereich der Biogaswirtschaft in und um Wales/UK und gehört dem ‘Sustainable Environment Research Centre’ (SERC) der University of South Wales an.

Im Rahmen eines Projektes des Baltic Environmental Forum entstand 2010 der Online-Kurs „**The Eco-Recycler**“ im hybriden Format für Mitarbeitende im Bereich ARW (BEF 2015). Der Kurs besteht aus sechs Einheiten, jede Einheit bietet Inhalte über eine Online-Lernplattform und schließt mit einem Workshop im Trainingscenter ab. Nach jeder Unit folgt ein Test, der den Zugang zur nächsten Unit ermöglicht. Am Ende des Kurses folgt eine schriftliche Abschlussprüfung. Zielgruppe: (technische) Mitarbeitende der Entsorgungswirtschaft und der lokalen Umweltbehörden sowie Arbeitssuchende mit technischer Qualifizierung und Interesse an Arbeit im Bereich ARW. Standort: Riga, Lettland.

5. Beispiele für kostenlose oder kostenpflichtige WBT oder CBT

Das Planungsprogramm *learn2compost* zur Planung und überschläglichen Dimensionierung von Kompostierungsanlagen ist am Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) der TUHH in Hamburg entwickelt worden (Kühnel und Kuchta 2014). Es ist kostenlos über eine Registrierung für alle Interessierten nutzbar und wird aktuell in einer PBL-Vorlesung eingesetzt (Kühnel und Bade 2016). 2013 wurde eine mit dem Zentrum für Lehre und Lernen (ZLL) der TUHH durchgeführte Lehrinnovation am IUE „**Biological Waste Treatment**“ von Professorin Kuchta und der Autorin innoviert. Eine bisher traditionell gehaltene Vorlesung mit anschließender Übung ist in eine PBL-Veranstaltung im Blended-Learning-Format umgewandelt worden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat die Umstellung der Lehrveranstaltung finanziell gefördert. Zielgruppe: Studierende.

Das Simulationsprogramm „**SIMUCOMP**“ zur Simulation biologischer Abbauprozesse von Deipser (2014) entstand an der TUHH und ist institutsintern zugänglich.

Die Software „**SMART – Solid Waste Management Resource Recovery Tool**“ dient der Planung abfallressourcenwirtschaftlicher Konzepte unter Berücksichtigung technischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte für Entscheidungsträger auf regionaler Ebene in Malaysia (Ting Tan, et al. 2014) und ist universitätsintern zugänglich.

Das kostenlose Online-Training „**Abfall ist Wertstoff**“ der Leuphana Universität in Lüneburg, bietet ein Online-Training zur Kreislaufwirtschaft an. In etwa 20 Minuten erklärt Professor Schomerus (Energie- und Umweltrecht) die wichtigsten Aspekte bei der Umsetzung des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes in die Praxis für kleine und mittelständische Unternehmen. Laut Schomerus (2012) klaffen in den meisten Betrieben große Lücken in den Bereichen Information und Anwendung bezüglich Rohstoffen, Wertstoffen und Abfällen. Gründe sind eine komplexe Gesetzeslage sowie ungenügende Information und Kommunikation sowie fehlende Infrastruktur in den Bereichen Wiederverwendung und Recycling von Produkten. Das Online-Training entstand 2012 im Rahmen des Forschungsprojektes „Schlüsselfaktor Ressourceneffizienz“.

Der kostenlose „**Online-Biogas-Rechner**“ der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR, Biogas-Rechner 2015) bietet eine Planungshilfe zur ersten Anlagenkonzeptionierung/Abschätzung benötigter Substratmengen, der daraus resultierenden Anlagengröße und dessen Wirtschaftlichkeit.

Im Bereich der kostenpflichtigen Online-Studiengänge und Kurse werden die meisten Kurse in Rahmen einer berufsbegleitenden Weiterbildung angeboten. Diese richten sich zum Großteil allgemein an alle Akteure, die in der ARW beziehungsweise im Bereich der Umwelttechnik tätig sind. In Ausnahmen werden spezielle Konzepte für Fachleute aus EL und SL angeboten (auch dort allgemein für alle Akteure). Es werden Kurse im Bereich Umwelttechnik sowie im Bereich Siedlungsabfälle angeboten. Nur in Ausnahmen finden sich Konzepte für biologische Abfallbehandlungsverfahren, welche dann sehr allgemein gehalten sind. Es gibt auch Angebote für Studierende, welche sich diese belegten Kurse dann an partizipierenden Universitäten anrechnen lassen können.

Die kostenlosen Online-Kurse sind sehr unterschiedlich in Qualität, Umfang, Inhalt und Format. Es gibt eine Reihe von Konzepten auf sehr hohem Niveau, so beispielsweise das E-Institut der Weltbank oder die angebotenen MOOCs weltweit renommierter Universitäten. Die meisten Kurse sind durch Initiativen, Kooperationen und Non-Profit-Organisationen entstanden. Oftmals entsteht durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse ein Bedarf, welcher dann auf akademischer Ebene umgesetzt wird. Hier gibt es sowohl lokale, an einzelne Akteure gerichtete, als auch allgemeine Angebote.

Es existiert eine große Anzahl kostenlos angebotener Plattformen und Websites auf denen Wissen vermittelt wird. Die Idee ist, einem immer größer werdenden Netzwerk beizutreten, welches aktuelles Wissen, sowie Foren und Downloads zur Verfügung stellt. Hier gibt es eine große Bandbreite an Angeboten, da unterschiedliche Akteure verschiedener Nationen angesprochen werden. Große Organisationen, wie die Vereinten Nationen, bieten komplexe Plattformen zum Wissensaustausch an. Aber auch einzelne Fachleute schließen sich zu Netzwerken, zum Beispiel die Wissensinitiative der ‚Cleantech Community‘, zusammen, um ihr Wissen zu verbreiten (ASK 2015). Aktuelle Projekte befassen sich mit der Einbindung verschiedener abfallressourcenwirtschaftlicher Akteure (ACP 2015).

Die kostenpflichtigen Aus- und Weiterbildungsprogramme vor Ort bieten bedarfsgerecht aufbereitetes Wissen für verschiedene Akteure an. Je nach Anmeldung, können Inhalte, Umfang sowie Kosten angepasst werden. Ein Nachteil ist, dass die Angebote die meisten Akteure nicht erreichen beziehungsweise finanziell kaum tragbar sind und das Reisen ein finanzielles Hindernis darstellen kann.

Bei den kostenlosen Web-Anwendungen handelt es sich um relativ kleine Angebote, die sich mit einem ganz bestimmten Thema befassen. Diese sind teilweise nicht für alle Akteure zugänglich, da sie oftmals im Rahmen von Forschungsarbeiten oder firmenintern entstehen.

Andere können über Webseiten abgerufen werden, so beispielsweise der Biogas-Rechner (FNR, Biogas-Rechner 2015).

Seit der weiten Verbreitung des Internets erfahren die Web-Based-Trainings (WBT) einen großen Zuspruch. Die meisten Online-Lernplattformen (OLP) orientieren sich an der konstruktivistischen Lerntheorie, um selbstgesteuertes Lernen zu fördern. Bestehende Lernmanagementsysteme (LMS) eignen sich häufig nicht als MOOC (Massive-Open-Online-Course)-Plattformen, da diese viele verschiedene Kurse mit relativ geringer Teilnehmerzahl anbieten.

2.5 Feststellung des Bedarfs

Die Auswertung des Marktüberblicks offenbart eine Fülle an existierenden Angeboten und belegt die rege und stete Marktentwicklung, welche auf ein zunehmendes Interesse beziehungsweise einen zunehmenden Bedarf hinweist. Die Recherche im Rahmen des internationalen Stands des Wissens ergibt einen Bedarf eines nachhaltigen Konzeptes zum Aufbau von Kompetenz. Die online existierenden Angebote bedienen entweder ein bestimmtes Merkmal (Akteur/Standort/Inhalt) oder sind allgemein gehalten. Die Programme vor Ort sind entweder auf lokale Bedürfnisse zugeschnitten oder bedürfen einer Mobilität der Akteure, um die Weiterbildung an einem anderen Standort durchzuführen, was oftmals mit hohen Kosten verbunden ist. Die Auswertung des Marktüberblicks belegt die These, dass es eines E-Learning-Konzeptes bedarf, welches alle relevanten Akteure der (biologischen) Abfallressourcenwirtschaft (ARW) anspricht und bedarfsgerecht aufbereitete Kompetenzen auf globaler Ebene anbietet. Ein fehlendes oder nicht ausgeprägtes Umweltbewusstsein der Gesellschaft erschwert erheblich die Einführung einer (biologischen) ARW (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014). Eine Vernetzung beziehungsweise Vermischung der Vorteile der fünf Kategorien (Kostenpflichtige Online-Studiengänge und Kurse (1), kostenlose Online-Kurse (OER-Content) (2), Websites (3), kostenpflichtige Aus- und Weiterbildungsprogramme vor Ort (4) und kostenlose oder kostenpflichtige Web-Based-Trainings oder Computer-Based-Trainings (5)) ist anzustreben.

Immer mehr Universitäten bieten zusätzlich berufsbegleitende Fernstudiengänge mittels E-Learning an, um ihr bestehendes, traditionelles Studienangebot zu erweitern (Rachbauer 2009). Dies wird durch das Projekt der „Hamburg Open Online University“ (HOOU 2016) bestätigt, das bestehende und sich entwickelnde Wissen für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen und für den Weiterbildungsmarkt zu öffnen (TUHH 2015). Nach Bräunig (2010) erfordert die berufsbegleitende Weiterbildung von Personen aus Wissenschaft und Technik effiziente E-Learning-Konzepte, da die aktuellen Anforderungen an das lebenslange Lernen, sowie der Wunsch nach Mobilität und Flexibilität mehr und mehr im Vordergrund stehen. Graeßner, Bade-Becker und Gorys (2010) sehen einen erheblichen Entwicklungsbedarf im Bereich wissenschaftlicher Weiterbildung im internationalen Vergleich und fordern, dass die Rückkehr an die Hochschule zur Weiterbildung nach zwischenzeitlicher Berufstätigkeit als Selbstverständlichkeit angesehen werden sollte.

Eine Green Economy stellt neue Anforderungen an Konzepte zur beruflichen Weiterentwicklung und Training (Williams 2014). Neben der Präsenzlehre an Hochschulen ist somit ein bedarfsgerechtes und effektives E-Learning-basiertes Capacity Building zu implementieren. Zum einen resultiert dies in einer Unterstützung der vorhandenen Ausbildungsmodelle im Bachelor und Master mit webbasierten Lehr- und Lernsystemen. Zum anderen wird eine Erweiterung hinsichtlich der Weiterbildung in Schule und Beruf berücksichtigt. Ein internationaler Erfahrungsaustausch sowohl auf didaktischer als auch auf fachlicher Ebene ist laut Bräunig (2010) wichtig. Die Thesen von Bräunig (2010) werden durch eigene Erfahrungen der letzten Jahre belegt, nach denen zum einen im Bereich der nationalen universitären Lehre Bedarf nach Veränderung besteht, als auch zum anderen im Bereich der internationalen Lehre. Auch Knutzen (2015) weist auf die Notwendigkeit neuer Lehr- und Lernmethoden hin, da sich Wissen in immer schnellerem Ausmaße verbreiten wird.

Die globale Implementierung einer nachhaltigen ARW muss begleitet werden, ansonsten kann ungenügend ausgebildetes Personal weder komplexe Anlagen und Verfahren betreuen, warten oder reparieren, noch Entscheidungen über die Einführung abfallressourcenwirtschaftlicher Strukturen treffen. Das Bewusstsein für Abfall als Ressource ist in vielen Ländern nicht präsent: Primär gilt es, Abfälle zu entsorgen. Eine Green Economy kann einen wichtigen Zugang zu einem Umdenken bieten.

Die Entwicklung eines E-Learning-Konzeptes zum Aufbau von Kompetenz relevanter Akteure im Bereich biologischer Abfallbehandlung wird als Lösungsansatz gewählt. Die Methodik wird in Kapitel 4 vorgestellt. Um alle relevanten Akteure zu erreichen, erscheint es unerlässlich, sich der Herausforderung zu stellen, ein E-Learning-Konzept zu entwickeln, welches vollständig ohne Präsenzanteile auskommen kann (Krone, Kühnel und Kuchta 2014). Grundlegende Vorarbeiten zur biologischen Abfallbehandlung werden in Form einer exemplarischen Content-Transformation im folgenden Kapitel zusammengefasst, um vorhandenes Wissen und Know-How zusammenzufassen und e-didaktisch aufzubereiten.

3. EXEMPLARISCHE CONTENT-TRANSFORMATION FÜR DIE BIOLOGISCHE ABFALLBEHANDLUNG

Für die Konzeptionierung und eine spätere Umsetzung ist die e-didaktische Aufbereitung des Wissens im Bereich biologischer Abfallbehandlung erforderlich. In diesem Kapitel wird exemplarisch bestehendes Wissen für Teilaspekte aufbereitet, um es für ein E-Learning-Konzept nutzbar zu machen. Für die Prozesse der Kompostierung und Vergärung erfolgen Eingrenzungen geeigneter Eingangssubstrate und anschließende Technikbewertungen der Verfahren. Das im Rahmen von Vorarbeiten entwickelte Web-Based-Training (WBT) *learn2compost* wird vorgestellt und basiert auf den Ergebnissen dieser Eingrenzungen und Technikbewertungen für den Bereich der Kompostierung (Kühnel und Bade 2016).

3.1 Kompostierung

Der folgende Abschnitt vermittelt einen Überblick über geeignete Substrate und Verfahren zur Kompostierung von Bioabfällen und schließt mit einer Technikbewertung ab.

3.1.1 Eingangssubstrate Kompostierung

Im Allgemeinen können alle Abfälle tierischer oder pflanzlicher Art durch Mikroorganismen oder Enzyme biologisch abgebaut und umgewandelt werden. Für einen erfolgreichen Kompostierungsprozess ist es wichtig, das Eingangssubstrat zu konditionieren, um eine gute Qualität des Produkts zu erreichen. Faktoren, die den Erfolg eines Kompostierungsprozesses beeinflussen können, sind unter anderem Substratauswahl, Wassergehalt, Sauerstoffgehalt, Temperatur, pH-Wert und Kohlenstoff/Stickstoff (C/N)-Verhältnis. Damit der Kompostierungsprozess optimal gelingen kann, sollten diese Faktoren beziehungsweise deren Zusammenhänge während des Prozesses Berücksichtigung finden. Kritische Werte sollten weder über- noch unterschritten werden.

Die Analyse eines Eingangssubstrates auf Eignung erfordert in der Regel eine Reihe von Untersuchungen, die zum Teil in einem Labor oder zumindest unter zu Hilfenahme geeigneter Verfahren beziehungsweise Geräte erfolgen sollte. In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern (EL und SL) stehen nur wenige Ressourcen oder Ausstattungen bereit. So existieren beispielsweise kaum Labore an den Behandlungsanlagen oder es herrscht Wasserknappheit. Es ist somit erforderlich, das notwendige Minimum an erforderlichen Parametern zur Beschreibung einer Substratmischung zu bestimmen, um die Anwendbarkeit von Testverfahren sowohl für Industrieländer (IL), als auch für EL und SL zu gewährleisten.

Namentlich gleiche Substrate können unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Beispielsweise kann das Substrat Gras einen Wassergehalt von etwa 85 % und einen C/N-Verhältnis von etwa 8 nach Kocasoy und Akgöze-Aydin (2002) aufweisen im Vergleich zu einem Wassergehalt von 65 % und einem C/N-Verhältnis von 19 nach Krogmann (1994). Kocasoy und Akgöze-Aydin (2002) beschreiben, dass Garten- und Nahrungsmittelabfälle in der Türkei einen höheren Wassergehalt aufweisen als in anderen Europäischen Ländern. Dies ver-

deutlich zum einen, dass sowohl das Herkunftsland, als auch die Untersuchungsmethode bekannt sein sollten und zum anderen, dass es sich bei den optimalen Angaben um Richtwerte handelt.

3.1.1.1 Schüttdichte

Eine Vielzahl verschiedener organischer Substrate mit einer unterschiedlichen Struktur ist prinzipiell für die Kompostierung geeignet, wenn auf eine ausreichende Struktur zur Belüftung des Substrats geachtet wird. Nach Körner, Ritzkowski und Stegmann (1999) und Krogmann (1994) ist die Struktur des Eingangssubstrates von entscheidender Bedeutung für eine ausreichende Sauerstoffversorgung der aeroben Mikroorganismen während des Kompostierungsprozesses. Nach Vogtmann et al. (1989) ist eine generelle quantitative Erfassung eines Strukturparameters jedoch nur bedingt möglich. Generell ist das freie Porenvolumen, also der Bereich zwischen den festen Partikeln, der nicht mit Wasser gefüllt ist, wichtig für eine ausreichende Belüftung des Substrates. Nach Chiumenti et al. (2005) beträgt der optimale Wert für das freie Porenvolumen für einen erfolgreichen Kompostierungsprozess etwa 35 - 50 %. Nach Krogmann (1994) gilt es, ein minimales freies Porenvolumen von etwa 20 - 30 % einzuhalten. Eine Partikelgröße zwischen 25 und 75 mm ist für ein minimales freies Porenvolumen erforderlich (Krogmann 1994). Vogtmann et al. (1989) zufolge kann die Strukturbeschaffenheit eines Substrates, also Menge und Verteilung des Luftporenvolumens, indirekt über den Parameter Schüttdichte ermittelt werden. Diese Aussage deckt sich mit Angaben von Chiumenti et al. (2005), nach dem eine Schüttdichte von etwa 0,50 - 0,60 Mg/m³ erforderlich ist, um eine optimale Porosität für den Kompostierungsprozess zu erreichen. Somit kann der Parameter Porenvolumen vernachlässigt werden. Des Weiteren ist die Schüttdichte auch für die Dimensionierung einer Anlage relevant. Somit wird der Strukturparameter Schüttdichte für eine erfolgreiche Kompostierung gewählt.

Im Falle einer deutlichen Über- oder Unterschreitung optimaler Werte, ist das Substrat mit ergänzenden Substraten zu mischen. Ist beispielsweise die Schüttdichte zu hoch, können sich die für den Sauerstoffbedarf benötigten Poren mit Wasser füllen und zu anaeroben Prozessen führen. Ist die Schüttdichte hingegen zu niedrig, ist zwar eine ausreichende Belüftung sichergestellt, allerdings wird der Platzbedarf des Substrates sehr hoch, da das Volumen im Verhältnis zur Masse groß ist.

3.1.1.2 Wassergehalt

Wasser ist essentiell für alle mikrobiologische Aktivität. Ist der Wassergehalt w zu niedrig, werden die Mikroorganismen inaktiviert und der Kompostierungsprozess kann zum Erliegen kommen. Ist der Wassergehalt zu hoch, kann der Sauerstoff im Substrat verdrängt werden und anaerobe Prozesse und geruchsintensive Gase können entstehen (Stentford und de Bertoldi 2011). Der Wassergehalt w eines Substrates kann durch Trocknung einer Probe bei 105 °C bis zur Erreichung einer Massenkonstanz bestimmt werden (BGK 2002). Eine einfachere Möglichkeit zur groben Abschätzung des Wassergehaltes besteht in Form einer "Faustprobe",

bei der "eine Handvoll Substrat" gedrückt wird. Ein optimaler Wassergehalt stellt sich bei etwa 40 - 70 % ein. Exemplarisch werden mögliche Ergebnisse für eine "Faustprobe" zur Bestimmung des Wassergehaltes w dargestellt:

- Sehr hoch: Substrat liegt in nahezu flüssiger Form vor ($w > 80 \%$)
- Hoch: Wasser tropft aus dem Substrat ($w = 70 - 80 \%$)
- Medium: Substrat fühlt sich feucht an und bleibt in Form ($w = 40 - 70 \%$)
- Niedrig bis sehr niedrig: Substrat weist eine trockene Konsistenz nach Drücken der Probe auf ($w < 20 - 40 \%$)

3.1.1.3 C/N-Verhältnis

In chemischer Hinsicht wird das Eingangssubstrat durch das Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis C/N beschrieben (Stentford und de Bertoldi 2011) und kann im Rahmen einer Laboranalyse bestimmt werden (BGK 2002). Im Rahmen einer Zuordnung zu einer Substratkategorie ist eine Abschätzung dieses Parameters möglich. Beispielsweise weisen grüne und holzige Substrate ein höheres C/N-Verhältnis auf, als Nahrungsmittel- oder Küchenabfälle. Ist das C/N-Verhältnis zu hoch, stellt sich eine Verlangsamung des Kompostierungsprozesses ein. Bei einem zu niedrigen C/N-Verhältnis kann der Stickstoff N in Form von Ammoniak freigesetzt werden. Ein optimales C/N-Verhältnis liegt bei etwa 20 - 40.

3.1.1.4 pH-Wert

Ist der pH-Wert des Eingangssubstrates zu hoch oder zu niedrig, kann die enzymatische Aktivität der Mikroorganismen eingeschränkt werden. Um den pH-Wert zu messen, werden 40 g des Eingangssubstrates in 400 ml Wasser gelöst und der pH-Wert wird mittels einer pH-Elektrode gemessen (BGK 2002). Steht kein Labor zur Verfügung, kann der pH-Wert mittels eines Indikatorpapiers gemessen werden. Optimale Werte für den Kompostierungsprozess liegen bei pH 6 - 9, aber auch in den Bereichen von pH 3 - 11 können Kompostierungsprozesse ablaufen.

3.1.2 Verfahren zur Kompostierung

Auf dem internationalen Markt wird eine Vielzahl an verschiedenen Systemen zur Kompostierung von Bioabfällen angeboten. Da die prinzipiellen Verfahrensschritte (siehe Abbildung 13) für alle Verfahren ähnlich sind, unterscheiden sich die unterschiedlichen Systeme zur Kompostierung im Wesentlichen anhand ihrer Bauart. Im Allgemeinen werden folgende Anlagentypen unterschieden (Kehres, et al. 2010):

- geschlossen
- teilgeschlossen/eingehaust
- offen und offen-überdacht (eventuell mit semipermeabler Membran)

Ein prinzipieller Verfahrensablauf umfasst die Bereiche Anlieferung und Annahme, Vorbehandlung, Ab- und Umbauprozess und Nachbehandlung (Kehres, et al. 2010).

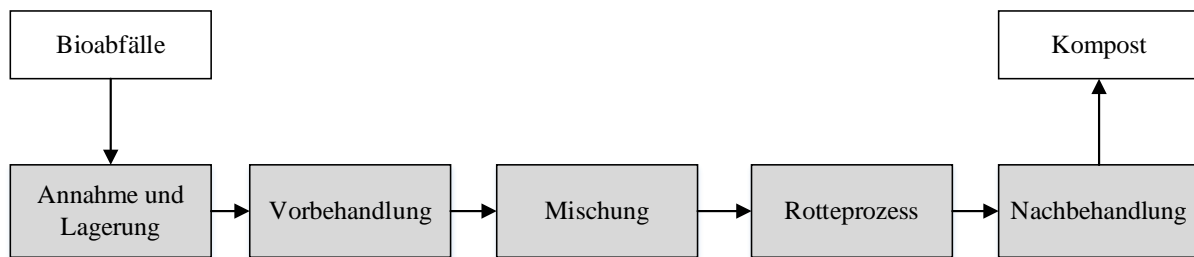


Abbildung 13: Prinzipielle Verfahrensschritte einer Kompostierung in Anlehnung an Körner (2009)

Im Rahmen dieser Arbeit werden bewährte und angewandte Verfahren für die Behandlung von Bioabfällen anhand folgender Kriterien berücksichtigt:

- Low-Tech bis High-Tech Verfahren (Technisierungsgrad/Bedienbarkeit der Anlage)
- Aktueller Stand des Wissens international
- Kostengünstige bis preisintensive Verfahren
- Arbeitsintensive und kapitalintensive Systeme unter lokalen Rahmenbedingungen
- Dezentrale und zentrale Verfahren
- Technische und nichttechnische Kriterien zur Verfahrensauswahl

Die aktuell angewandten technischen Kompostierungsverfahren im Low-Tech und High-Tech Bereich lassen sich nach BMUB und UBA (2012), Meyer-Kohlstock et al. (2013), BGK (2010), Krogmann, Körner und Diaz (2011) und ADB (2011) wie folgt kategorisieren:

- Mietenkompostierung: offen/ingehaust, statisch/dynamisch, mit/ohne Würmern
- Boxen-/Containerkompostierung: geschlossene Reaktoren
- Zeilen-/Tunnelkompostierung: ingehaust/geschlossene Reaktoren
- Trommelkompostierung: geschlossene Reaktoren

Im Detail unterscheiden sich die Verfahren bezüglich ihrer Bauart, Prozesssteuerung, angestrebter Kompostreife und Durchsatzmengen (BMUB und UBA 2012) und (Körner 2009). Die Trommelkompostierung hat sich in der Praxis nicht bewährt (Boisch 2015), da diese als „technisch schwierig“ gilt. Auch die Brikollarenverfahren und die Turmkompostierung haben sich in der Praxis nicht bewährt: Weltweit existieren nur wenige Anlagen dieser Bauarten.

Es werden zentrale Anlagen im Großmaßstab mit einem Durchsatz größer als 2.000 Mg/a (Krogmann, Körner und Diaz 2011) und dezentrale Anlagen unterschieden. Dezentrale Kompostierungslösungen beinhalten einen nachbarschaftlichen Maßstab zur Eigenkompostierung sowie einen kleinen bis mittleren Maßstab von bis zu etwa 10 Mg/d oder bis zu 1000 Haushalte (ADB 2011) für Entwicklungs- und Schwellenländer (EL und SL). Rothenberger und Zurbrügg (2006) benennen folgende Vorteile dezentraler Verfahren:

- Geringe Technologieabhängigkeit der EL und SL von Industrieländern (IL): Geringe Kosten, lokal vorhandene Materialien, einfach zu handhabende Technologien
- Geringer Technisierungsgrad: Niedrige Kapital- und Wartungskosten, kein spezialisiertes Fachwissen zur Handhabung erforderlich, geringes Ausfallrisiko der Anlagen

- Mitarbeiterintensivität: Generierung von Arbeitsplätzen, kostengünstig auf Grund niedriger Arbeits- und Lohnkosten in EL und SL
- Verbesserung der Arbeitsmöglichkeiten armer und sozial benachteiligter Bevölkerungsgruppen, Integration des informellen Sektors, Förderung von Kleinunternehmen und Public-Private-Partnership (PPP)
- Sehr gut geeignet für lokale Gegebenheiten in EL und SL: Vorhandene Substrate, Klima, sozioökonomische Strukturen
- Verbesserung des Umweltbewusstseins der beteiligten Akteure und der Bevölkerung
- Reduzierung der Kosten für Einsammlung, Transport und Ablagerung des Restmülls
- Eignen sich hervorragend für Projekte im Bereich Umweltbildung in Schulen (ADB 2011)

Faktoren wie finanzielle Mittel, Lage und Bebauung der Nachbarschaft, Art der Substrate, Technisierungsgrad sowie lokal geltende Gesetze und Verordnungen müssen bei Planung, Bau und Betrieb der Anlagen Berücksichtigung finden.

Mieten (eventuell inklusive Wurmkompostierung), Boxen/Container und Trommeln können dezentral eingesetzt werden. In Tabelle 3 geben Rothenberger und Zurbrügg (2006) Richtlinien zur Entscheidungsfindung einer dezentralen Lösung für EL und SL.

Tabelle 3: Bewertung dezentraler Verfahren in Entwicklungs- und Schwellenländern nach Rothenberger und Zurbrügg (2006)

Randbedingung	Miete (offen/über Dach)	Box/Container, Trommel (geschlossen)
Erforderlicher Flächenbedarf	Höher	Niedriger
Lokalität	Von Bebauung entfernt	Unabhängig von Bebauung
Anzahl Arbeitskräfte/ Arbeitsintensität	Höher	Niedriger
Benötigtes Kapital	Niedriger	Höher

Bei der Wurmkompostierung findet, ähnlich der Eigenkompostierung, in der Regel keine Hygienisierung statt, es handelt sich um eine sogenannte „kalte Kompostierung“ (Kern 2012). Diese Form der Kompostierung wird unter dem Aspekt der Abfallvermeidung betrachtet, da rohe Obst- und Gemüseabfälle gar nicht erst in den „Abfallkreislauf“ (Einsammlung, Transport, Behandlung) gelangen, sondern vom Abfallerzeugenden direkt in Kompost umgewandelt werden kann (Colón, et al. 2010). Pflanzliche und insbesondere tierische Küchen- und Speiseabfälle hingegen werden oftmals nicht eigenkompostiert und landen im Restmüll, wenn keine Biotonne an den Haushalt angeschlossen ist, wodurch sich der Anteil an Bioabfällen im Restmüll bei der Eigenkompostierung erhöht (Kern 2012). Faverial und

Sierra (2014) untersuchten in einer Studie den Einfluss, den die Eigenkompostierung der Bioabfälle in Haushalten auf die abzulagernden Abfallmengen haben kann und kamen zu dem Ergebnis, dass die Eigenkompostierung eine zentrale Rolle spielen kann, um die Verwertungsquoten zu erhöhen sowie das zu deponierende Abfallvolumen zu reduzieren. Die Asian Bank of Development beschreibt die Wurmkompostierung als ein einfaches Verfahren, bei dem die Würmer in Behältern organische Substanz zersetzen (ADB 2011).

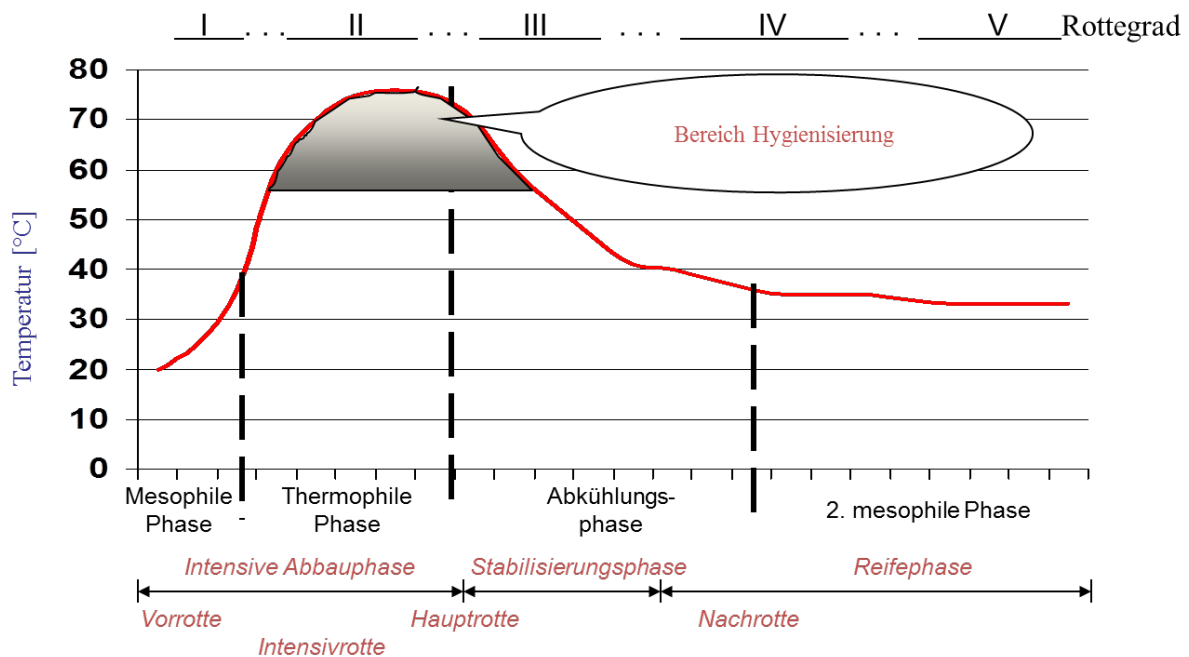


Abbildung 14: Phasen der Kompostierung in Anlehnung an Körner (2009)

Der Kompostierungsprozess kann hinsichtlich des Temperaturverlaufs in drei Phasen unterteilt werden (Körner, Ritzkowski und Stegmann 1999) und (Körner 2009):

1. Intensive Abbauphase
2. Stabilisierungsphase
3. Reifephase

Abbildung 14 stellt die Phasen der Kompostierung dar. Es kann entweder eine Intensivrotte zur Erreichung eines hygienisierten Frischkompostes (Rottegrad II - III) mit eventuell nachfolgender Nachrotte konzipiert werden oder eine kombinierte Intensiv- und Nachrotte zur Erreichung eines Fertigkompostes (Rottegrad IV). Die Nachrotte findet überwiegend in Tafel- oder Dreiecksmieten statt (BMUB und UBA 2012). Eine thermophile Intensivrotte hygienisiert das Substrat und baut das rohe beziehungsweise angerottete Material (Rottegrad I) zu Frischkompost ab. Hier erfährt das Substrat die größte Volumenreduktion. In der anschließenden Stabilisierungsphase reift der Kompost zu Fertigkompost, wobei die Temperatur sinkt und die organische Substanz stabilisiert wird. Die Reifephase zeichnet sich

durch ein Erreichen der Umgebungstemperatur des Substrates und somit der Produktion eines Reifekompostes (Rottegrad V) aus. (Körner, Ritzkowski und Stegmann 1999)

Die Hauptrotte gilt als beendet, wenn das Substrat den Reaktor verlässt. Dies ist unabhängig von dem vorliegenden Rottegrad, da eine durchgeführte Hygienisierung entscheidend ist. Die Nachrotte erfolgt in der Regel in offenen oder überdachten Mieten und beinhaltet die Stabilisierung und Reifephase des Kompostes. Diese erfordert einen geringeren Steuerungsaufwand als die Hauptrotte, da die biologische Aktivität und damit die Geruchsemissionen niedriger sind. Im Falle einer ausschließlichen Mietenkompostierung gilt das eingebrachte Substrat als Kompost, wenn eine Hygienisierung erfolgt ist. Die gekapselten Verfahren zeichnen sich durch einen schnelleren Prozessablauf aus. Häufig wird Frischkompost in gekapselten Verfahren hergestellt und anschließend zur Stabilisierung und Nachrotte, zur Herstellung eines Fertigungskomposts, in Mieten eingebracht. Geschlossene Systeme bieten den Vorteil der Abluftfassung. Produzierte Abluftmengen können minimiert werden, da der freie Raum, im Gegensatz zu eigehausten Systemen, minimal ist (Körner, Ritzkowski und Stegmann 1999). Die Landwirtschaft in Deutschland nimmt zu etwa 83 % Frischkompost ab (Bidlingmaier et al. 2012).

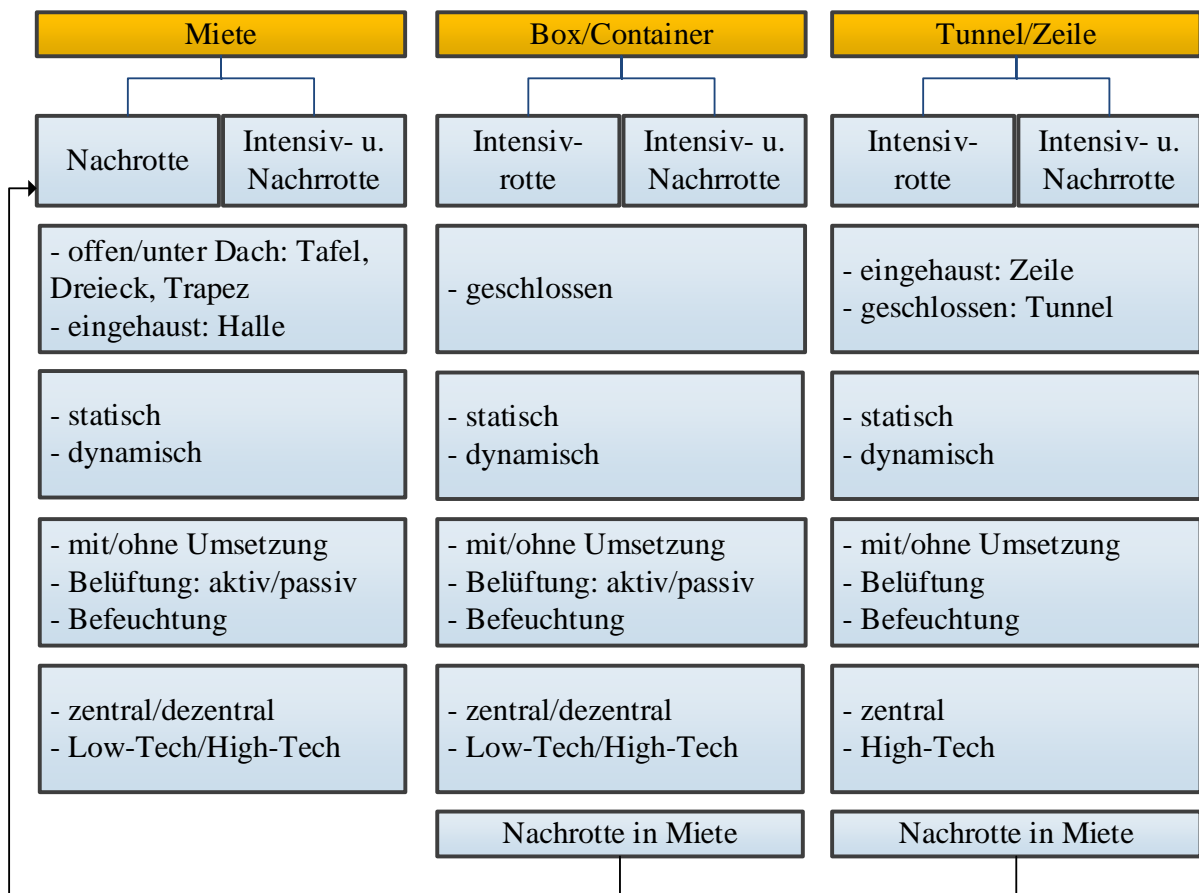


Abbildung 15: Verfahrensauswahl zur Kompostierung von Bioabfällen

In Abbildung 15 werden ausgewählte Verfahren für die Kompostierung von Bioabfällen dargestellt und empfohlen. Die Verfahren der Mieten-, Boxen-/Container- und Tunnel-/Zeilenkompostierung können in den dargestellten Varianten eingesetzt werden. Im Bereich der Mieten kann auch eine Wurmkompostierung erfolgen. Die einzelnen Verfahren werden in den folgenden Abschnitten kurz beschrieben.

3.1.2.1 Mietenkompostierung

Die offene Mietenkompostierung mit natürlicher Belüftung ist am meisten verbreitet und stellt die älteste und einfachste Art der Kompostierung dar: Sie ist kostengünstig und einfach in der Anwendung (Körner, Ritzkowski und Stegmann 1999). Im Allgemeinen können Mieten offen, unter Dach sowie eingehaust betrieben werden. Im Falle einer eingehausten Variante handelt es sich um eine Hallenkompostierung in einer Rottehalle. Mieten können für die zentrale oder dezentrale Anwendung dimensioniert werden. So eignen sich Mieten auch zur zentralen Behandlung großer Mengen anfallender Bioabfälle. Formen einer dezentralen Mietenkompostierung stellen beispielsweise die Eigen- oder die Wurmkompostierung dar. Es besteht die Möglichkeit, entsprechend dem Technisierungsgrad, sowohl High-Tech, als auch Low-Tech Varianten zu realisieren.

Mieten kommen für den gesamten Prozess der Kompostierung zum Einsatz oder werden nur für die Nachrotte eingesetzt. Querschnitte sind dreieckig oder trapezförmig und werden im Freien in Reihen angeordnet. Sie können unter Dach oder unter Membranen vor Niederschlägen oder Austrocknung geschützt werden. In der Regel werden die Mieten natürlich belüftet und Radlader oder Umsetzaggregate setzen das Substrat bei Bedarf in zeitlichen Abständen um, um die Porosität zu erhalten, das Substrat aufzulockern und zu homogenisieren und gegebenenfalls zu befeuchten. (Körner, Ritzkowski und Stegmann 1999)

Bei einer eingehausten Kompostierung in Tafelmieten wird die Rottehalle mit Substrat befüllt. Die Umsetzmaschine umspannt die gesamte Halle. Eine Einteilung in Rottfelder ist möglich. In der Regel wird das Substrat an einem Ende der Halle eingetragen, durch die Umsetzmaschine fort- und weiterbewegt sowie am Ende der Halle wieder ausgetragen. Der Rotteverlust kann über die gesamte Länge der Halle ausgeglichen werden. Die Nachrotte kann in offenen Mieten erfolgen.

Weitere planerische Entscheidungskriterien beziehen sich auf die Art der Belüftung. Es werden natürliche, aktive oder passive Varianten unterschieden. Aktives oder passives Belüften ermöglicht die Dimensionierung eines größeren Querschnitts im Gegensatz zu statischen Verfahren, wodurch die Anzahl der Mieten reduziert werden kann. Weiterhin ist festzulegen, ob und wie häufig das Substrat umgesetzt werden soll. Ein Umsetzen vergrößert die Porosität, homogenisiert das Substrat und kann Temperatur- und Feuchteunterschiede ausgleichen (Krogmann, Körner und Diaz 2011).

3.1.2.2 Boxen- und Containerkompostierung

Boxen und Container sind gekapselte, also geschlossene Reaktor- beziehungsweise Kompostierungsverfahren, welche eine Intensivrotte im Chargenbetrieb ermöglichen (Amlinger et al. 2005). Boxen ähneln einem Tunnel, sind jedoch kürzer beziehungsweise kompakter. Die Frontfläche dient der Befüllung und Entnahme. Container sind kleiner als Boxen und sind transportierbar. Eine Befüllung erfolgt über die geöffnete Oberseite. Boxen und Container können nebeneinander auf einem Rotteplatz stehen und separat an ein Prozesssteuerungssystem angeschlossen werden. Es besteht die Möglichkeit einer aktiven sowie passiven Belüftung sowie einer Sickerwassererfassung. Abschließend können die Container zu einem Nachrotteplatz gefahren werden und dort durch Abkippen entleert werden. Boxen können mittels Radlader oder automatisch entleert werden. Eine Nachrotte kann in Mieten, durch Umsetzen des Substrates in den Boxen oder Containern oder durch Umfüllen in eine andere Box erfolgen. (Körner, Ritzkowski und Stegmann 1999) Die dezentrale Form der Eigenkompostierung in Containern stellt eine Variante dar.

3.1.2.3 Tunnel- und Zeilenkompostierung

Die eingehauste Zeilenkompostierung in geschlossenen Hallen erfolgt in Dreiecks- oder Trapezmieten. Zwischenwände zur Führung der Umsetzaggregate trennen die Mieten voneinander. Bei kurzen Zeilen handelt es sich um Zellen. Die aktive Belüftung (Saug- oder Druckbelüftung) und Befeuchtung erfolgt separat für jede Zeile. Während des Umsetzens durchläuft das Substrat die Zeile. Zum Ausgleich des Rotteverlustes wird das Substrat am Ende der Zeile an den Anfang einer anderen Zeile platziert. Eine Nachkompostierung kann in offenen Mieten erfolgen. (Körner, Ritzkowski und Stegmann 1999)

Bei der Tunnelkompostierung handelt es sich um eine geschlossene Variante der Zeilenkompostierung. Die Belüftung und Befeuchtung der einzelnen Tunnel erfolgt separat, wobei eine Umsetzung möglich ist. Es existieren auch Varianten ohne Umsetzung, wobei die Durchmischung beim Austrag aus dem einen Tunnel und Eintrag in einen anderen Tunnel erfolgt. Türen oder Klappen ermöglichen das Befüllen und die Entnahme des Substrates. Es kann eine Nachkompostierung in offenen Mieten erfolgen. (Körner, Ritzkowski und Stegmann 1999)

3.1.3 Web-Based-Training *learn2compost*

Im Rahmen von Vorarbeiten wurde das Web-Based-Training (WBT) *learn2compost* an der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) am Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) entwickelt und nachhaltig in der problembasierten englischsprachigen Lehrveranstaltung „Biological Waste Treatment“ für internationale Studierende im Master implementiert und (Kühnel und Bade 2016). *Learn2compost* ermöglicht den Lernenden die überschlägliche Dimensionierung einer Kompostierungsanlage. Das WBT begleitet die Lernenden bei der Auswahl und Mischung geeigneter Substrate zur Kompostierung sowie bei der Auswahl eines geeigneten Behandlungsverfahrens. Es bietet Entscheidungshilfen an,

ohne konkrete Lösungsvorschläge zu unterbreiten. Somit können die Lernenden ein Gespür für geeignete Substratmischungen sowie Auslegungen von Anlagen entwickeln, ohne im Rahmen einer „real stattfindenden Exkursion“ zu einer Behandlungsanlage vor Ort reisen zu müssen.

Abbildung 16 stellt den prinzipiellen Aufbau von *learn2compost* dar. Nach dem Einloggen in das WBT via Nutzernamen und Passwort, erfolgt die Substratauswahl zur Kompostierung. Die Lernenden können verschiedene Substrate und deren Eigenschaften aus einer Substrat-Datenbank auswählen. Verschiedene Substratmischungen können als Projekte gespeichert werden, so dass die Lernenden unterschiedliche Substratmengen und deren Zusammensetzungen ausprobieren und abspeichern können. Nach der Substratauswahl erfolgt die Berechnung des Mischungsverhältnisses für die vier Parameter Schüttdichte, Wassergehalt, pH-Wert und C/N-Verhältnis. Es gilt, ein optimales Mischungsverhältnis der verschiedenen organischen Substrate für die Kompostierung zu erreichen. Stellt die Zusammensetzung der Eingangssubstrate kein optimales Mischungsverhältnis dar, so empfiehlt das WBT die Veränderung der Zusammensetzung. Im Anschluss an die Substratwahl und der Berechnung eines optimalen Mischungsverhältnisses, erfolgt die Entscheidung über ein geeignetes Verfahren zur Kompostierung. Nach der Auswahl eines Verfahrens erfolgt eine grobe Dimensionierung zur Auslegung der geplanten Anlage. Im Falle einer Über- oder Unterdimensionierung empfiehlt *learn2compost* die Veränderung der gewählten Parameter, zum Beispiel die Anzahl der Mieten oder Boxen.

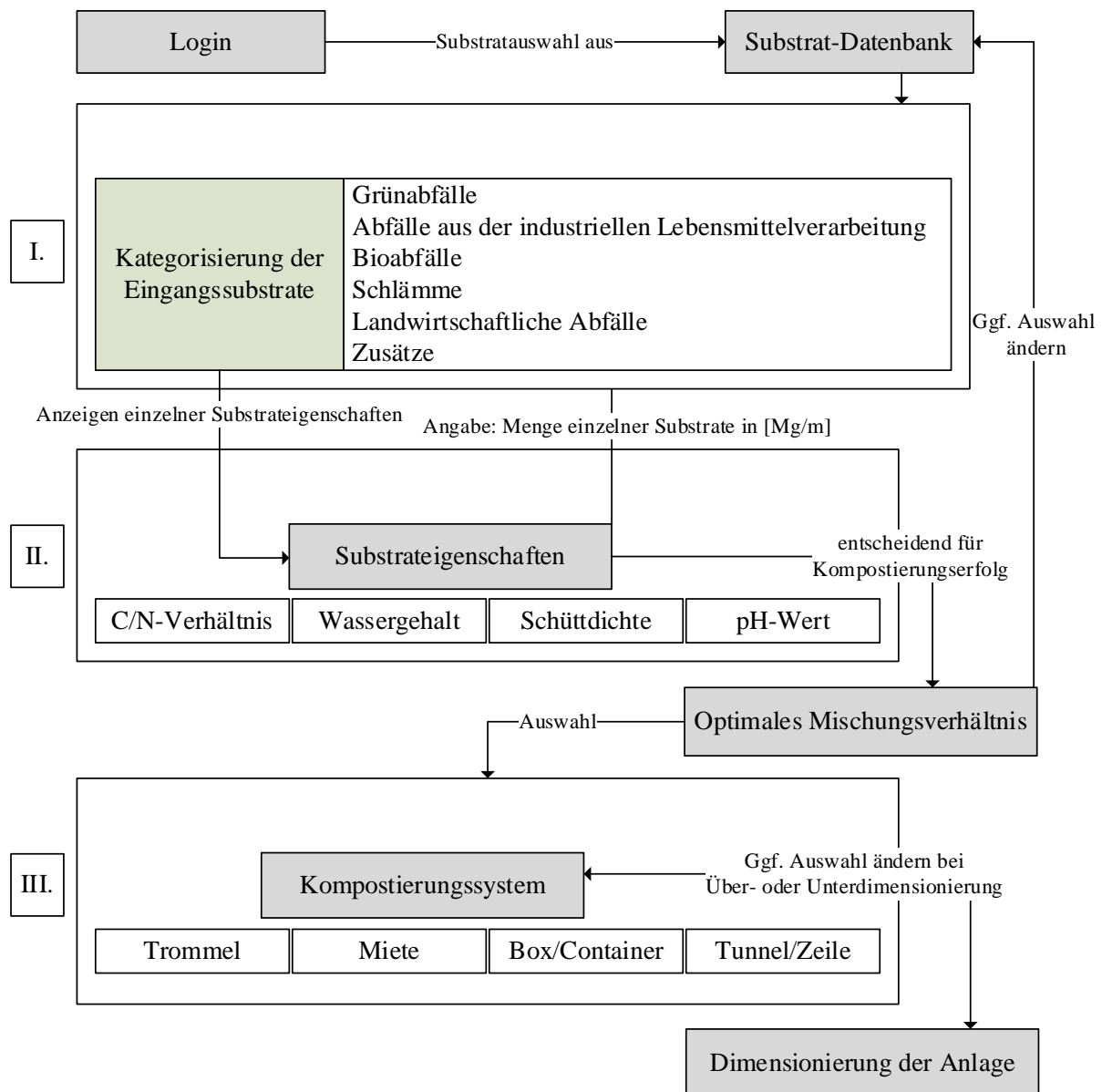


Abbildung 16: Struktur des Web-Based-Training *learn2compost*

Die Bewertung optimaler Wertebereiche einzelner Substratparameter, ermöglicht die Angabe von Mischungsempfehlungen seitens *learn2compost*, ohne dass es einer synchronen Betreuung seitens der Lernbegleiter bedarf. Somit werden dem WBT die bewerteten Bereiche aus Tabelle 4 als Systemgrenzen zugrunde gelegt (Kühnel und Kuchta 2014) und (Kühnel und Bade 2016). Diese resultieren aus den Vorarbeiten zur Kompostierung (siehe Abschnitt 3.1.1).

Tabelle 4: Bewertete Systemgrenzen für Substratparameter aus Kühnel und Kuchta (2014)

Substratparameter	Schüttdichte [kg/m ³]	Wassergehalt [%]	C/N-Verhältnis [-]	pH-Wert [-]
Sehr hoch	> 850	> 80	> 70 - 100	> 11
Hoch	700 - 850	70 – 80 %	40 - 70	9 - 10
Medium	400 - 700	40 – 70 %	20 - 40	6 - 9
Niedrig	< 200 - 400	< 20 – 40 %	< 10 - 20	< 3 - 6

Der Screenshot in Abbildung 17 zeigt exemplarisch eine Ergebnisdarstellung und deren Bewertung durch das WBT *learn2compost*. So weist das Mischungsverhältnis einen optimalen Wassergehalt sowie einen optimalen Bereich für den pH-Wert auf. Die optimalen Bereiche sind anhand grüner Balken dargestellt. Die Werte für die Parameter C/N-Verhältnis und Schüttdichte liegen in diesem Beispiel außerhalb des optimalen Bereiches. Das WBT empfiehlt eine Optimierung der Mischungseigenschaften, indem entweder das Mischungsverhältnis verändert oder weitere Substrate beigemischt werden. Abweichungen von dem optimalen Bereich werden in Gelb (bei relativ geringen Abweichungen) beziehungsweise Rot (bei relativ großen Abweichungen) dargestellt.

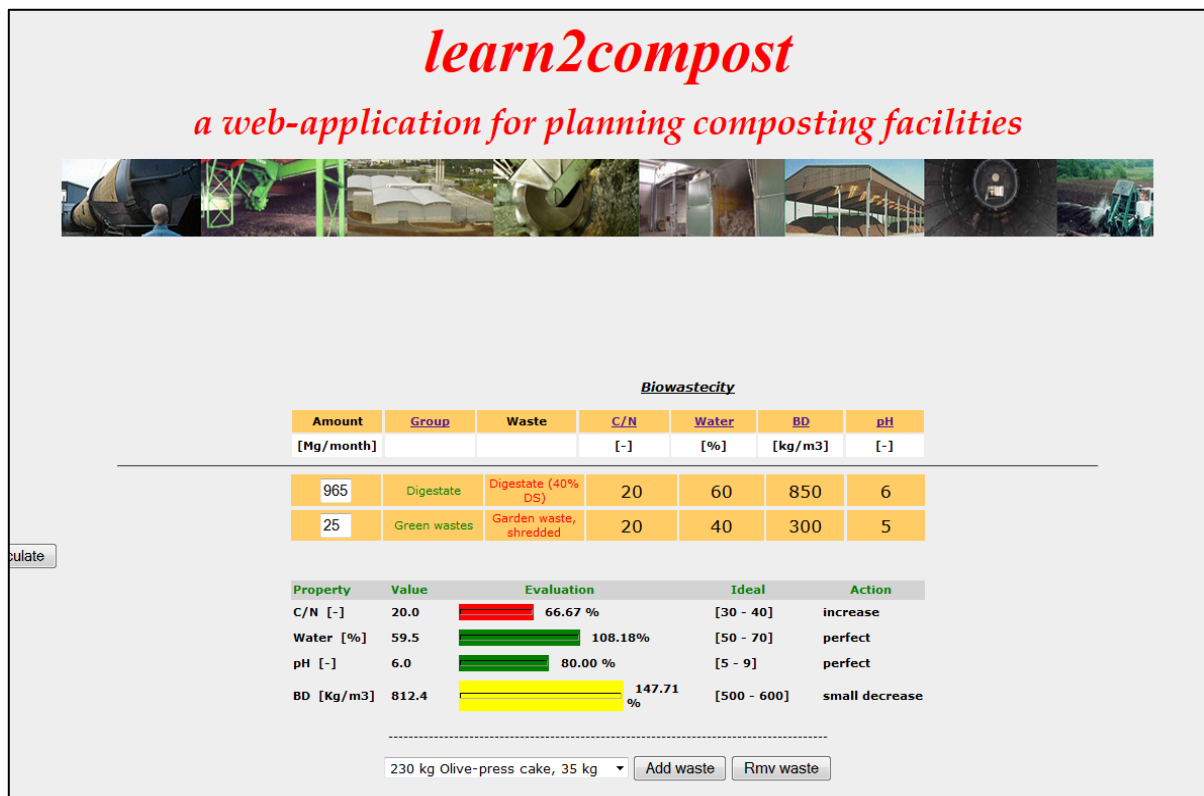



Abbildung 17: Screenshot des Web-Based-Training *learn2compost* für Substralmischungen (Kühnel und Bade 2016)

In Abbildung 18 ist ein Auszug aus dem WBT zur Verfahrensauswahl dargestellt. Nach einer erfolgreichen Substratmischung erfolgt die grobe Dimensionierung der geplanten Anlage mittels *learn2compost*. Zu Beginn erfolgen die Auswahl eines Verfahrens sowie einzelne Angaben zu beispielsweise Anzahl der Mieten oder Art der Rotte (dargestellt anhand der Verweilzeit im System).

Select one of the following Composting Systems

You can get more information about different system by clicking on the following pictures



Windrow	Type Triangular ▾	Aeration Natural ▾	Turn per month frequently ▾	<input type="button" value="Go"/>
	Length [m] <input style="width: 50px;" type="text"/>		Number of rows <input style="width: 50px;" type="text"/>	
Box System		Retention Completely ▾		Number of Boxes <input style="width: 50px;" type="text"/> <input type="button" value="Go"/>
Rotating Drum		Retention Partially ▾		Number of drums <input style="width: 50px;" type="text"/> <input type="button" value="Go"/>
Tunnel System		Retention Completely ▾		Number of Channel <input style="width: 50px;" type="text"/> <input type="button" value="Go"/>

Abbildung 18: Screenshot des Web-Based-Training *learn2compost* zur Technologieauswahl (Kühnel und Bade 2016)

Resultiert die Auslegung des gewählten Kompostierungsverfahrens in eine Über- oder Unterdimensionierung, empfiehlt das WBT, entweder einzelne Parameter des gewählten Verfahrens zu verändern (beispielsweise Anzahl oder Länge der Mieten), oder ein anderes Verfahren zu wählen. Abschließend erfolgt eine Ergebnisdarstellung, welche einen Überblick über die Input- und Output-Angaben gibt.

3.2 Vergärung

Der folgende Abschnitt vermittelt einen kurzen Überblick über Eingangssubstrate und geeignete Vergärungsverfahren für Bioabfälle sowie deren Bewertung.

3.2.1 Eingangssubstrate Vergärung

Für die Vergärung eignen sich strukturarme und feuchte Substrate, wie zum Beispiel Küchenabfälle, während strukturreiche Substrate, wie zum Beispiel Pflanzenabfälle, im Besonderen

für die Kompostierung geeignet sind. Je komplexer beziehungsweise hochmolekularer die Struktur der einzelnen Substrate ist, desto länger dauert deren anaerober Abbau. Nach Bilitewski und Härdtle (2013) unterscheiden sich beispielsweise Pflanzen- und Küchenabfälle in ihrer jeweiligen anaeroben Abbaubarkeit, da Pflanzenabfälle einen hohen Anteil an schwer abbaubaren Bestandteilen wie Cellulose oder Lignin enthalten, während Küchenabfälle feuchter, nährstoffreicher und strukturärmer sind. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden keine Energiepflanzen berücksichtigt, da diese eine Konkurrenz zu Nahrungsmitteln darstellen können und somit der Zielstellung der vorliegenden Arbeit nicht dienlich sind.

Im Allgemeinen existieren Methanbakterien in der Natur überall dort, wo organisches Material unter Luftabschluss abgebaut wird, beispielsweise in Sümpfen und Sedimenten, aber auch in Mägen von Wiederkäuern (Bilitewski und Härdtle 2013). Vereinfachend dargestellt, kann die Methanerzeugung in drei Stufen eingeteilt und beschrieben werden. Zu Beginn werden hochmolekulare Verbindungen wie Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße aufgespalten in Zucker, Fett- und Aminosäuren und in Wasser gelöst: Dieser Vorgang wird als Hydrolyse bezeichnet (Bilitewski und Härdtle 2013). In einer anschließenden Acidogenese werden die entstandenen Verbindungen von säurebildenden Bakterien zu Propion- und Buttersäure, Wasserstoff und Kohlendioxid sowie zu niederen Alkoholen abgebaut und vergoren (Bilitewski und Härdtle 2013). In einem dritten Schritt erfolgen die Acetogenese und die Methanogenese: Es entstehen Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid, wobei parallel methanbildende Bakterien Methan aus dem Kohlendioxid und dem Wasserstoff produzieren. Das abschließend entstehende Biogas besteht in der Hauptsache aus Methan und Kohlendioxid.

Es gibt verschiedene Parameter, die den Erfolg eines Vergärungsprozesses bestimmen. Die Milieubedingungen können durch Trockensubstanzgehalt, Temperatur, pH-Wert, Nährstoffgehalt und Hemmstoffe beeinflusst werden.

Die Trockensubstanz (TS) ist ein Maß für den Feststoffgehalt im Substrat und umfasst die festen organischen sowie die mineralischen Bestandteile. Die Bestimmung erfolgt durch die Trocknung bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz nach etwa 24 Stunden (BGK 2002). Die organische Trockensubstanz (oTS) ist der Anteil der organischen Bestandteile der Trockensubstanz. Deren Bestimmung erfolgt durch eine Veraschung der TS bei etwa 600 °C. Die unterschiedlichen Optima der TS-Gehalte orientieren sich, im Unterschied zur Kompostierung, an den gewählten Verfahren zur Vergärung. Bei einem hohen TS-Gehalt ist der Stofftransport erschwert, so dass die Mikroorganismen das Substrat nur in unmittelbarer Umgebung abbauen können. Dadurch nimmt der Gasertrag ab. Steigt der Gehalt der Trockensubstanz über 40 % ist nicht ausreichend Wasser für das Wachstum der Mikroorganismen vorhanden, sodass die Vergärung zum Erliegen kommen kann.

Hydrolysierende und säurebildende Bakterien bilden bei einem pH-Wert von 4,5 - 6,3 ihr Aktivitätsoptimum, während die Essigsäure- und Methanbildner einen pH-Wert von 6,8 - 8 bevorzugen. Liegt der pH-Wert außerhalb des optimalen Bereiches, wird die Aktivität der

Bakterien herabgesetzt. Dies wirkt sich auch auf die Biogasbildung aus. Der pH-Wert stellt sich innerhalb des Systems während des Abbaus durch die alkalischen und sauren Stoffwechselprodukte ein (Crncevic, Kühnel und Kuchta 2013).

Das Nährstoffverhältnis des Eingangssubstrates zwischen Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Phosphor (P) sollte in etwa 800:5:1 betragen (Bilitewski und Härdtle 2013).

Hemmstoffe wie beispielsweise Antibiotika oder Desinfektionsmittel können hemmend auf die Bakterienproduktion wirken (Bilitewski und Härdtle 2013).

3.2.2 Verfahren zur Vergärung

Aktuell haben sich vielfältige Techniken, Bauarten und Verfahren zur Biogaserzeugung etabliert. Diese Vielfalt lässt sich anhand ihrer Merkmale in wenige verfahrenstechnische Varianten klassifizieren. Grundsätzlich kann nach der Anzahl der Prozessphasen, der Prozesstemperatur, der Beschickungsart sowie dem Trockensubstanzgehalt unterschieden werden (Eder und Krieg 2012).

Läuft der gesamte Vergärungsprozess in einem Behälter ab, handelt es sich um ein einstufiges Verfahren. Bei räumlicher Trennung der Hydrolyse und der Methanogenese handelt es sich um eine zweistufige Prozessführung. Bei den zweistufigen Verfahren besteht die Möglichkeit einer Fest-Flüssigtrennung nach der Hydrolyse, so dass dem Methanreaktor nur die Flüssigphase zugeführt wird: Dieses Verfahren wird als zweiphasig klassifiziert (Fricke, Bahr, et al. 2013). Die Prozesse der Hydrolyse und der Acidogenese laufen schneller und sind bezüglich des pH-Wertes saurer als die dritte Phase. Aus diesem Grund gibt es Verfahren, bei denen die erste und zweite Phase von der dritten Phase abgetrennt werden, wodurch günstigere Milieubedingungen geschaffen werden können.

Die meisten Anlagen werden im mesophilen (32 °C – 42 °C) oder im thermophilen (48 °C - 55 °C) Temperaturbereich betrieben (Deublein und Steinhauser 2011). Darüber hinaus benennt die Literatur den psychrophilen Temperaturbereich (Bilitewski und Härdtle 2013), bei dem Temperaturen unter 20 °C im Reaktor vorliegen. Dieser Bereich wird im Bereich der Abfallressourcenwirtschaft kaum genutzt, da der Substratdurchsatz gering ist (Bilitewski und Härdtle 2013).

Anhand der Art der Beschickung können kontinuierliche, quasi-kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren unterschieden werden. Die kontinuierlichen Verfahren zeichnen sich durch eine regelmäßige Substratzufuhr in den Fermenter, bei entsprechender Entnahme eines Gärrestes, aus (Knappe et al. 2012). Die mehrmals tägliche Substratzugabe und Gärrestentnahme wird als quasi-kontinuierlich bezeichnet. Bei kontinuierlichen und quasi-kontinuierlichen Verfahren kann es zu Kurzschlussströmungen kommen, das heißt, ein geringer Teil frisch eingebrachten Substrates wird direkt wieder ausgetragen (FNR 2010). Die diskontinuierliche Beschickung wird auch als Batch-Verfahren bezeichnet: Ein Fermenter wird mit Substrat befüllt, welches bis zum Ende des Gärprozesses im Fermenter verbleibt. Nach Entleerung des Fermenters kann ein geringer Teil des ausgefaulten Materials im Fer-

menter verweilen, um die nächste Substratzufuhr mit Bakterien „anzuimpfen“ (Eder und Krieg 2012).

Eine Einteilung der Vergärungsverfahren anhand des Gehaltes an Trockensubstanz (TS) im Substrat unterscheidet die Trocken- und Nassvergärung. Die Trockenvergärung, auch Feststoffvergärung genannt, definiert stapelbare Substrate mit einem TS-Gehalt von mindestens 30 Gew.-% (FNR 2010). Bei der Nassvergärung werden dem Fermenter pumpfähige Substrate mit einem TS-Gehalt von bis zu 12 Gew.-% zugeführt, wobei eine Obergrenze von 15 Gew.-% für die Pumpfähigkeit von Substraten angegeben wird (FNR 2010).

Die Trockenvergärungsverfahren laufen im einstufigen Prozessbetrieb und können sowohl mesophil, als auch thermophil betrieben werden. Des Weiteren wird im Bereich der Trockenvergärung zwischen einer kontinuierlichen Betriebsweise im Pfropfenstromverfahren sowie einer diskontinuierlichen Betriebsweise im Boxenverfahren unterschieden. Während das Pfropfenstromverfahren hauptsächlich im thermophilen Betrieb erfolgt, zeichnet sich das Boxenverfahren durch eine überwiegende Substratbehandlung im mesophilen Bereich aus. (Kern und Raussen 2014)

Deutschland- und Europaweit werden im Bereich der Nassvergärungsverfahren etwa zu gleichen Teilen ein- und zweistufige Verfahren im kontinuierlichen mesophilen Betrieb eingesetzt (FNR 2010) und (Kern und Raussen 2014). Thermophil betriebene Anlagen bilden die Ausnahme (Kern und Raussen 2014).

Aktuell werden die meisten gewerblichen Bioabfälle mittels einer Nassvergärung behandelt, was unter anderem auf die relativ hohen Wassergehalte der Substrate zurückzuführen ist (Kern und Raussen 2014). Bio- und Grünabfälle hingegen werden heutzutage überwiegend im Boxen- oder Pfropfenstromverfahren mittels Trockenvergärung behandelt (Kern und Raussen 2014). In Deutschland hat sich dieser Trend laut Kern und Raussen (2014) in den letzten 20 Jahren immer mehr durchgesetzt, während noch vor einigen Jahren überwiegend die Nassvergärung im Bereich der Bioabfallvergärung zum Einsatz gekommen ist. Aktuell laufen etwa 42 % der untersuchten Anlagen im Nass- und etwa 58 % im Trockenvergärungsbetrieb (Kern und Raussen 2014). Europaweit wird der aktuelle Trend zur Trockenvergärung noch deutlicher: Eine Auswertung der Ergebnisse von Kern und Raussen (2014) ergibt, dass etwa 79 % aller Anlagen zur Bioabfallvergärung im Bereich der Trockenvergärung liegen.

Auswertend ergeben sich die in Abbildung 19 dargestellten Verfahren für die Vergärung von Bioabfällen, welche im Rahmen der exemplarischen Content-Transformation empfohlen werden.

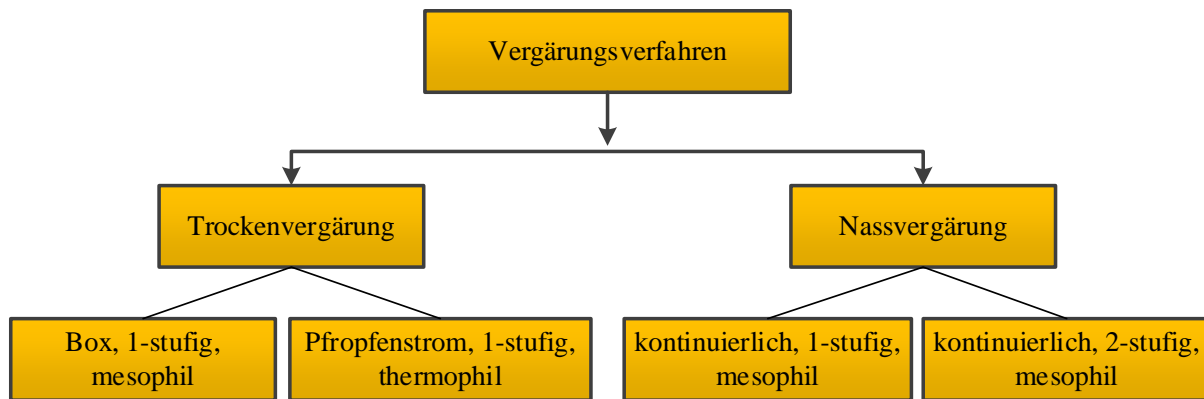


Abbildung 19: Verfahrensauswahl zur Vergärung von Bioabfällen

Im Abschluss an den Vergärungsprozess ist der Gärrest im Rahmen einer Nachkompostierung zu behandeln und kann als Dünger beziehungsweise Bodenverbesserer eingesetzt werden (Crncevic, Kühnel und Kuchta 2013).

3.2.3 Biogasnutzung

Mögliche Nutzungsarten des Biogases sind vielfältig. Die Bedeutendsten werden in diesem Abschnitt kurz vorgestellt. Laut Bilitewski und Härdtle (2013) bestehen folgende Möglichkeiten der Biogasverwertung und -nutzung:

- Erzeugung von Wärme in Kesseln
- Verbrennung in Gasmotoren zur Kraft-Wärme-Kopplung
- Verbrennung in Motoren zum Antrieb von Fahrzeugen
- Einspeisung in öffentliches Netz

In den Industrieländern (IL) wird die Biogastechnologie überwiegend zur Produktion von Strom eingesetzt. In den meisten anderen Ländern wird Biogas als direkter Energieträger zum Kochen verwendet. In den 1970er Jahren wurde festgestellt, dass bei Frauen und Kindern aus Entwicklungs- und Schwellenländern (EL und SL), hervorgerufen durch das Kochen am offenen Feuer mit schlechten Brennmaterialien, vermehrt Augenentzündungen oder sogar Blindheit hervorgerufen wurden (Eder und Krieg 2012). Die Verwendung von Biogas kann zur Lösung dieses Problem beitragen und zusätzlich zu einer Reduzierung der Bioabfälle im Abfallstrom führen. Weiterhin besteht die Möglichkeit einer lokalen Erzeugung und Versorgung mit Energie. In vielen EL und SL haben kleine dezentrale Anlagen einen Faulrauminhalt von etwa 1 – 4 m³ und im Rahmen von Kooperativen im Dorf existieren mittlere dezentrale Fermentervolumina von etwa 10 – 100 m³ (Eder und Krieg 2012). Diese dezentralen Anlagen werden in der Regel unterirdisch und ohne Heizung installiert (Eder und Krieg 2012). Beispielsweise existieren in China etwa 5 Mio. Anlagen von etwa 6 – 10 m³ und in Indien etwa 3 Mio. Anlagen (Eder und Krieg 2012). Die indische Politik bietet eine Vielzahl an Förderungsprogrammen (Eder und Krieg 2012) bei klarer Regelung von Stromeinspeisung

und Vergütung. In Nepal existieren etwa 100.000 Anlagen, welche ab dem Besitz von zwei Rindern möglich sind und welche ausreichend Gas für Herde und Lampen bieten (Eder und Krieg 2012). Trotz vollständiger und schadstoffarmer Verbrennung wird die thermische Verwertung, also das Kochen mit Biogas in Deutschland und in anderen IL kaum praktiziert (Eder und Krieg 2012). Vor allem auf Grund der zunehmenden Verknappung von Holz, hat sich das Kochen mit Biogas hauptsächlich in EL und SL wie China, Indien oder Nepal etabliert (Eder und Krieg 2012).

Das Heizen mit Biogas kann in Deutschland mittels Heizkesseln mit atmosphärischem Brenner für kleine Leistungen (10 – 30 kW) oder mittels Gebläsebrennern für größere Leistungen erfolgen (Eder und Krieg 2012). Optimaler Weise arbeiten die Heizkessel an einem Pufferspeicher, an dem Hausheizung, Fermenterheizung, Brauchwasserversorgung sowie Trockner angeschlossen werden können. Eine günstige Alternative zum Kessel bildet der Durchlauferhitzer (Gastherme): Dieser arbeitet mit einem atmosphärischen Brenner vor allem für die Brauchwassererwärmung. (Eder und Krieg 2012)

Eine Verstromung mittels Kraft-Wärme-Kopplung stellt die bedeutendste Nutzungsart in IL dar. Das Biogas wird als Kraftstoff in einem Verbrennungsmotor verwendet. Dieser Motor treibt einen Generator zur Erzeugung von Netzstrom an. Zeitgleich kann die anfallende Wärme aus der Motor- und Abgaskühlung zum Heizen verwendet werden.

Für die Nutzung des Biogases als Treibstoff wird das Biogas auf Erdgasqualität gereinigt und aufbereitet.

4.2 Instruktionsdesign

Das Instruktionsdesign (ID) ist ein Instrument zur didaktischen Ausarbeitung eines E-Learning-Konzeptes. Es ist in den späten 1950er Jahren in den USA entstanden und stellt eine wissenschaftlich-technologische Teildisziplin der pädagogischen Psychologie dar (Niegemann et al. 2008). Primär beschreiben ID Grundmodelle zur Planung und Gestaltung von Bildungsprozessen (Arnold et al. 2013). Mittels des ID erfolgt eine systematische Konzeption, um für gegebene Rahmenbedingungen die bestgeeignete Lernumgebung zu finden (Niegemann et al. 2008). Es existieren unterschiedliche ID-Modelle, welche sich hinsichtlich ihrer lerntheoretischen Orientierung unterscheiden. Laut Arnold et al. (2013) bestehen alle aus den vier Hauptkomponenten Analyse, Planung, Entwicklung und Evaluation.

Im Speziellen wird das Modell des „Decision-Oriented-Instructional-Design“ (DO-ID-Modell) als ID-Modell gewählt, da es sich an der konstruktivistischen Lerntheorie orientiert (siehe Kapitel 2.2.2). In Anlehnung an Niegemann et al. (2008) sind für den „Designprozess“ des Modells verschiedene Entscheidungsfelder relevant. Diese werden systematisiert und strukturiert, um schließlich eine begründete Auswahl und Abfolge von Designentscheidungen treffen zu können.

Zu Beginn erfolgt das Festlegen der Ziele, die mit Hilfe des E-Learning-Konzeptes erreicht werden sollen (siehe Abbildung 21). Die anschließende Analysephase beinhaltet eine Analyse relevanter Akteure und Kompetenzen. Es schließt sich die Entscheidungsebene an, in der unterschiedliche Designentscheidungen zu treffen sind. Das DO-ID-Modell unterscheidet sechs Entscheidungsfelder:

1. Format: Struktur der Lernumgebung
2. Inhalt: Auswahl und Struktur der Inhalte
3. Multimedia: Auswahl und Gestaltung implementierter Medien
4. Interaktion: Lernende mit Lernumgebung
5. Layout: Optische Gestaltung des Konzeptes
6. Motivation: Resultat aus vorherigen Designentscheidungen

Hierbei ist es wichtig zu verstehen, dass die im Rahmen eines Entscheidungsfeldes getroffenen Entscheidungen einen Einfluss auf noch zu fällende oder bereits getroffene Entscheidungen anderer Entscheidungsfelder haben können. Deswegen ist es hilfreich, sich den Entscheidungsprozess nicht als das einmalige, lineare Durchlaufen der Entscheidungsfelder, sondern vielmehr als einen iterativen Prozess vorzustellen, in dem zuvor getroffene Designentscheidungen revidiert werden können.

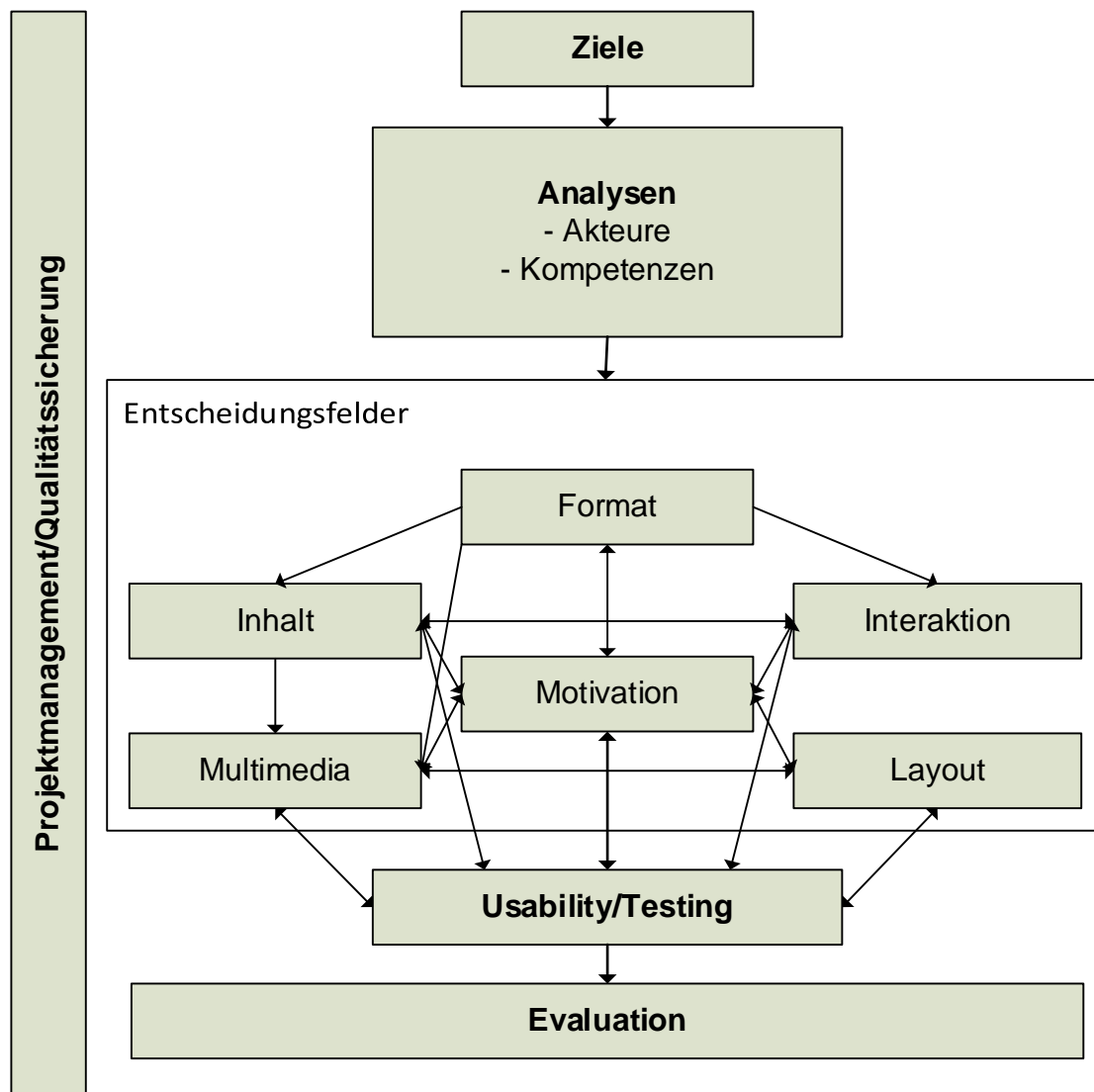


Abbildung 21: Adaptiertes DO-ID-Modell angelehnt an Niegemann et al. (2008) und Höbarth (2013)

Im Bereich Usability/Testing gilt es, mögliche Probleme in der Interaktion zwischen den Lernenden und der Lernumgebung zu verhindern. Auch dies nimmt Einfluss auf die Entscheidungen, die in den unterschiedlichen Entscheidungsfeldern getroffen werden. Zum Beispiel kann eine klare Strukturierung der Lerninhalte verhindern, dass sich die Lernenden im E-Learning-Konzept nicht mehr zurechtfinden. Den Abschluss des DO-ID-Modells bildet die Evaluation des Konzeptes.

Nach Höbarth (2013) werden drei Gestaltungsebenen unterschieden:

1. Instruktionsdesign (ID): Problemlösungs- und Entwicklungsphase
2. Kontextdesign: Lernphase, in der die Umsetzung des Instruktionsdesigns erfolgt
3. Aufgabendesign: Festlegung der Implementierung und Gestaltung von Aufgaben (die Funktion von Aufgaben wird definiert)

Das Hauptziel einer Lernumgebung besteht in dem Erreichen von Lernzielen, die in der ersten Gestaltungsebene definiert werden und in der zweiten Gestaltungsebene Anwendung finden. Essentiell für die Erreichung dieser Ziele ist die aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit den Lerninhalten in der dritten Gestaltungsebene (Höbarth 2013).

5. KONZEPT

In diesem Kapitel erfolgt die Anwendung des Instruktionsdesigns auf der Grundlage der entwickelten Concept-Map. Beginnend mit den Zielen des zu entwickelnden E-Learning-Konzeptes werden in den anschließenden Analysen relevante Akteure und deren bedarfsgerechte Kompetenzen identifiziert. Das Anfertigen der Analysen ist wichtiger Bestandteil des Konzeptes und relevant für die Entwicklung der unterschiedlichen Inhalte für die identifizierten Akteure (Niegemann et al. 2008).

Nach Niegemann et al. (2008) ist es wichtig zu ermitteln, welche Kompetenzen bei welchen Akteuren zu verbessern sind, beziehungsweise welche Defizite diese aufweisen. Beispielsweise haben Anlagenbetreibende von Kompostierungsanlagen, die ihre Mitarbeitenden schulen möchten, einen anderen Bedarf als politische Entscheidungsträger, die darüber zu entscheiden haben, ob und wie eine Verwertung von Bioabfällen realisierbar ist. Da das E-Learning-Konzept global einsatzfähig sein soll, werden allgemeingültige wissenschaftliche Standards sowie Empfehlungen basierend auf den Ergebnissen der Recherche in Kapitel 2 sowie der exemplarischen Content-Transformation (siehe Kapitel 3) zu Grunde gelegt. Es wird beispielsweise auf die Berücksichtigung lokaler Besonderheiten anhand von Beispielen hingewiesen, ohne dass vollständige länderspezifische Besonderheiten aufgezählt werden. Ein Anspruch auf Vollständigkeit kann und sollte nicht erhoben werden, da dies in der späteren Praxis der Lernenden dazu führen kann, dass eventuell auftretende unbekannte Randbedingungen unberücksichtigt bleiben. Das E-Learning-Konzept bietet eine Hilfe-zur-Selbsthilfe. Der Kompetenzerwerb dient dazu, eigene Entscheidungen beziehungsweise Problembehebungen ableiten zu können. Die Lernziele bilden die Grundlage der zu definierenden Kompetenzen.

Die Auswahl des durch das E-Learning-Konzept zu vermittelnde Wissen ist von großer Bedeutung für dessen professionelle Ausgestaltung und bildet die Grundlage für die Designentscheidungen, die im Rahmen der Entscheidungsfelder zu treffen sind (Niegemann et al. 2008). Abschließend erfolgt ein kurzer Einblick in die Themen Qualitätssicherung und Evaluation.

5.1 Ziele des Konzeptes

Eine klare Zielstellung bildet die Grundlage für einen nachhaltigen Erfolg (siehe Kapitel 2.1) des Konzeptes.

Das Hauptziel besteht in der Entwicklung eines E-Learning-Konzeptes für die internationale Aus- und Weiterbildung im Bereich der biologischen Abfallbehandlung, um den Anforderungen einer globalisierten und sich digitalisierenden Welt gerecht zu werden. Unterschiedliche Akteure sollen Kompetenzen im Bereich der Bioabfallbehandlung erreichen, um die negativen Auswirkungen einer schlechten beziehungsweise nicht existenten Abfallressourcenwirtschaft (ARW) zu verhindern. Den beteiligten Akteuren der ARW werden Kompetenzen zugeordnet und diesen Kompetenzen werden wiederum Lerninhalte

zugeordnet, um den Mangel an qualifiziertem Personal zu beheben und die Implementierung einer nachhaltigen biologischen ARW beziehungsweise einer Verwertung der Bioabfälle zu unterstützen. Dies dient zum einen der Förderung eines nachhaltigen Transfers von Technologie und Knowhow und zum anderen dem Schutz von Klima und Ressourcen. Es gilt, die Relevanz beziehungsweise die Wertschätzung der Arbeiten der Akteure im Bereich der ARW hervorzuheben.

Ein e-didaktisches Konzept ermöglicht Personal auf allen Ebenen die Schulung und Weiterbildung in Bereichen der biologischen Abfallbehandlung sowie der Konservierung von Erfahrungswerten etwa innerhalb einzelner Betriebe. Weiterhin soll das E-Learning-Konzept den „Blick über den Tellerrand“ ermöglichen. Dies bedeutet beispielsweise, dass Anlagenbetreibende zentraler Kompostwerke in Deutschland dasselbe Wissen vermittelt bekommen wie Anlagenbetreibende dezentraler Kompostierungsanlagen in Tunesien. Im Rahmen der Globalisierung gilt es, bisherige Strukturen aufzubrechen, in denen jede Person ausschließlich für den eigenen Verantwortungsbereich ausgebildet wird und sich der globalen oder lokalen positiven wie negativen Auswirkungen nur selten bewusst ist.

Ein breiter Zugang zu Informationen und Wissen soll ermöglicht werden, da die Entwicklung von Kompetenz im Bereich der Vergärung und Kompostierung von Bioabfällen optimaler Weise zur Einführung und Implementierung führt. Die Ausbildung von qualifiziertem Personal in Entwicklungs-, Schwellen- und Industrieländern (EL, SL und IL) zur Förderung der Selbstständigkeit und Nachhaltigkeit ist anzustreben. Daher werden geeignete Verfahren und Konzepte unter Berücksichtigung nichttechnischer Faktoren dargestellt und erläutert. Es werden keine Lösungswege für Fallbeispiele vorgeschlagen, da es weder zielführend, noch im Sinne der Entwicklung von Problemlösekompetenz ist, einen Lösungsweg für eine spezielle Situation vorzugeben. Es ist nicht möglich, alle Aspekte zu berücksichtigen. Ändert sich eine Variable, beispielsweise das Substrat, Klima oder die Kosten, kann das Konzept unpassend für die gegebene Situation werden. Ziel ist es, Hilfe-zur-Selbsthilfe zu leisten. Im Rahmen des E-Learning-Konzeptes sollen Verfahrensarten verschiedener Standards erläutert werden, ohne Firmen zu nennen. Ziel ist, dass die Lernenden sich nach sorgfältiger Entscheidung das bestgeeignete Verfahren auswählen. Bezogen auf die Anwendbarkeit auf EL und SL widerspricht dies dem Ansatz, den deutschen Technologieexport durch Capacity Building zu forcieren, sondern trägt vielmehr dem Prinzip der Entwicklungszusammenarbeit Rechnung. Bezüglich der Anwendbarkeit in IL stärkt dieser Ansatz das Einordnen von Verfahren in einen Gesamtkontext.

Ein weiteres Ziel besteht in der Umsetzung des „Open-Source-Gedankens“ im Rahmen der Open Educational Resources (siehe Kapitel 2.2.3.3), um die Kosten für die teilnehmenden Akteure so gering wie möglich zu halten.

Die Entwicklung auch für internationale räumlich entfernte Akteure soll der Überwindung von Zeit- und Raumengpässen im Rahmen der Internationalisierung der Aus- und Weiterbildung dienen. Die Schaffung eines zielgruppenorientierten Konzeptes, welches unterschied-

liche Akteure auf internationaler Ebene anspricht und erreicht, lässt eine Übertragbarkeit der universitären Lehre auf nicht-universitäre Nutzergruppen zu. Das Lehren und Lernen auf globaler Ebene sowie die Internationalisierung und Interaktivität fördert die Bildung von Netzwerken und resultiert in einer wachsenden Transparenz der Lerninhalte; Modernität und Attraktivität der Lehre in der Aus- und Weiterbildung wird gefördert.

Die folgenden Analysen der Akteure und deren Kompetenzen berücksichtigen die drei Perspektiven Ziele, Akteure und Länder nach Zeuner (2010). Es gilt, die Lernziele der einzelnen Akteure zu konzipieren.

5.2 Identifizierung und Analyse relevanter Akteure der biologischen Abfallbehandlung

Die Analyse relevanter Akteure im Bereich der biologischen Abfallbehandlung umfasst eine Reihe von Kriterien und Merkmalen, welche für den vorliegenden Fall definiert werden. Die Heterogenität der Akteure erfordert einen hohen konzeptionellen Entwicklungsaufwand, da unter anderem Abstufungen, unterschiedliche Lernwege und Schwierigkeitsniveaus geplant und entwickelt werden müssen. Andernfalls können die didaktischen Qualitätsansprüche nicht eingehalten werden.

Um die unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereiche zu erreichen, können, resultierend aus der Recherche in Kapitel 2, fünfzehn Bereiche, in denen Akteure tätig sind, als relevant identifiziert werden:

1. Abfallberatung
2. Abfallentsorgung
3. Anlagenbau
4. Anlagenbetrieb
5. Anlagenplanung
6. Gemeinde- und kommunale Arbeit
7. Interessierte Öffentlichkeit, Schulkinder
8. Medienarbeit
9. Nichtregierungsorganisationen (NRO) und Non-Profit-Organisationen (NPO)
10. Pädagogisches Personal in Kindergarten und Schule
11. Politik
12. Studierende
13. Werkpersonal von Anlagen und abfallressourcenwirtschaftlichen Dienstleistern
14. Wertstoffsammlung, informell
15. Wissenschaft

Das Konzept soll in Anlehnung an Höbarth (2013) folgende Kriterien berücksichtigen:

- Vorwissen und relevante Erfahrungen
- Position oder Funktion der Akteure
- Lerngeschichte/Bildungsbiografie
- Bildungsstand
- Lernmotivation und Einstellung zum Inhalt

Um Langeweile oder Überforderung zu vermeiden ist es wichtig, welches Vorwissen für die Lernenden vorausgesetzt werden kann. Das Wissen um die aktuelle berufliche Position der Lernenden dient der Konzeptionierung von Aufgaben, der Einordnung von eventuellen Rückmeldungen sowie dem kooperativem Lernen. Aussagen zur Lerngeschichte und des Bildungsstandes der Lernenden geben Aussagen über eventuell existierende Erfahrungen mit selbst kontrolliertem Lernen.

Eine Einteilung der Akteure in Gruppen anhand von Bildungsbiografien (siehe Abbildung 22) ist auf Grund der starken Heterogenität nicht möglich. Die vier Stufen der Bildungsbiografien sind aber wichtige Kriterien zur späteren didaktischen Umsetzung beispielsweise im Bereich der Eingangstests, um Unter- beziehungsweise Überforderung zu vermeiden und die jeweiligen Lerngeschichten und Bildungsstände zu berücksichtigen. Somit wird ein Abfragen der Vorkenntnisse empfohlen.

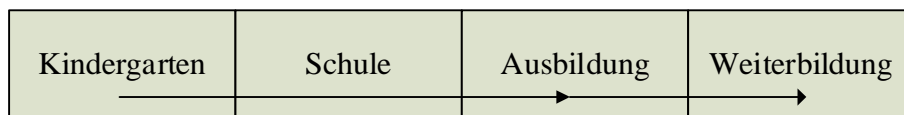


Abbildung 22: Vier Schritte einer Bildungsbiografie in Anlehnung an Knutzen (2015)

Teilweise haben die Lernenden bereits zu Beginn einer Bildungsbiografie in Kindergarten oder Schule eine nachhaltige Umweltbildung genießen können (siehe Kapitel 2.1) und Grundlagen im Bereich der Verwertung von Bioabfällen mit anschließender Nutzung des Komposts und/oder Gärrestes erfahren können.

Im Bereich Ausbildung lassen sich sowohl Studierende im ersten Hochschulsesemester, als auch Auszubildende auf dem ersten Bildungsweg für die verschiedenen Berufe im Bereich der biologischen Abfallbehandlung eingruppierten. Der Bereich der Weiterbildung umfasst sowohl alle sich weiterbildenden Akteure auf dem zweiten Bildungsweg, als auch eine interessierte Öffentlichkeit.

Die identifizierten Akteure werden in einem ersten Schritt anhand ihrer Lernziele zu Gruppen zusammengefasst, um diesen Gruppen in einem nächsten Schritt zu erwerbende Kompetenzen zuzuordnen. Eine Einteilung in Gruppen ist Voraussetzung für die spätere Umsetzung des Konzeptes, da Lehr- und Lerninhalte didaktisch auf die zu entwickelnden Kompetenzen der einzelnen Lernenden zu adaptieren sind. Dies ist wichtig für ein nachhaltiges Lehren und Lernen. Die Einteilung der Akteure in Gruppen anhand der unterschiedlichen Lernziele erfolgt mittels der ‚Bloomschen Lernzieltaxonomien‘ aus Krathwohl (2002) in Anlehnung an Knutzen (2015), um einen bedarfsgerechten Kompetenzerwerb zu ermöglichen (siehe Abbildung 23).

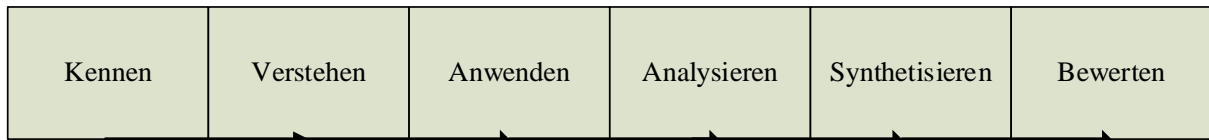


Abbildung 23: ‚Bloomsche Lerntaxonomien‘ aus Krathwohl (2002) angelehnt an Knutzen (2015)

Die erste Lernstufe des Wissens oder Kennens von konkreten Informationen eines Fachgebiets beinhaltet zum Beispiel das Aufzählen und Beschreiben von Kriterien. Das Verstehen von Zusammenhängen in der zweiten Lernstufe ermöglicht unter anderem das Wiedergeben von Informationen mittels eigener Sätze oder die Interpretation fremder Texte zu einem bestimmten Thema (IFB 2015). Das Anwenden von Wissen auf konkrete Problemstellungen in der dritten Lernstufe ermöglicht die Lösung eines konkreten Problems mittels des verstandenen Wissens. Das Analysieren in der vierten Lernstufe beinhaltet die Untersuchung von Problemstellungen hinsichtlich der wesentlichen Elemente und deren Beziehungen zueinander (IFB 2015). Das Synthetisieren in der fünften Stufe ermöglicht die kreative Neukombination vorhandener Informationen, beispielsweise das Schreiben eines wissenschaftlichen Artikels zu einem Projekt oder das Verfassen eines Vortrags für eine besondere Zielgruppe oder die Planung eines effizienten Fertigungsprozesses (IFB 2015). Die letzte Stufe der Lernziele stellt die Bewertung zum Beispiel einer wissenschaftlichen Arbeit oder die Beurteilung eines Sachverhaltes nach bestimmten Kriterien dar und ermöglicht die Bewertung von Ergebnissen.

Die sechsstufige Taxonomie der Lernziele ist an dem Grad der Komplexität der Lernziele ausgerichtet, das heißt, dass das Erreichen eines höheren Lernziels stets das Erreichen der Vorstufe impliziert. Somit richtet sich das Augenmerk auf den zu erreichenden Kompetenzerwerb. Auf Grund unterschiedlicher Bedarfe erreichen die verschiedenen Akteure unterschiedliche Lernziele, um bedarfsgerechte Kompetenzen zu erwerben. Die Zuordnung der Akteure in Tabelle 5 zu den jeweiligen Lernzielen nach Bloom (Krathwohl 2002) ermöglicht den notwendigen detaillierten Überblick für das didaktische Konzept, um ein Über- oder Unterfordern der Lernenden zu verhindern.

Tabelle 5: Zuordnung von Lernzielen nach Bloom (Krathwohl 2002) zu identifizierten Akteuren

Akteure/ Bereiche	Lernziele	Kennen	Verstehen	Anwenden	Analysieren	Synthetisieren	Bewerten
Abfallberatung		×	×	×			
Abfallentsorgung		×	×	×			
Anlagenbau		×	×	×			
Anlagenbetrieb		×	×	×			
Anlagenplanung		×	×	×	×	×	×
Gemeinde- und kommunale Arbeit		×	×	×			
Interessierte Öffentlichkeit, Schulkinder		×	×				
Medienarbeit		×	×				
NRO und NPO		×	×	×			
Pädagogisches Personal Kindergarten u. Schule		×	×				
Politik		×	×	×			
Studium		×	×	×	×	×	×
Werkpersonal		×	×	×			
Wertstoffsammlung, informell		×	×	×			
Wissenschaft		×	×	×	×	×	×

Tabelle 5 verdeutlicht die Heterogenität der unterschiedlichen Akteure im Bereich der biologischen Abfallbehandlung. Als Lernziel für drei identifizierte Akteure ist die zweite Stufe als ausreichend anzusehen, da interessierte Bürger, Personal im Bereich Medien sowie pädagogisches Personal in Kindergärten und Schulen ein Kennen und Verstehen des Sachverhalts zur Verwertung biologischer Abfälle benötigen, um für das Thema einer nachhaltigen Bildung sensibilisiert zu werden und sich darüber zu informieren. Mögliche Maßnahmen zur

biologischen Abfallbehandlung lassen sich unkompliziert einführen, wenn eine umfassende Aufklärung vorliegt.

Neun der identifizierten Akteure benötigen zusätzlich die dritte Stufe der Lernziele, also das Anwenden des Gelernten und verstandenen Wissens, um Problemlösekompetenz für das jeweilige Berufsfeld zu erlangen: Akteure in den Bereichen Abfallberatung, Abfallentsorgung, Anlagenbau, Anlagenbetrieb, Gemeinde- und kommunale Arbeit, Nichtregierungs- und Non-Profit-Organisation, Politik, Werkpersonal und im Bereich der informellen Wertstoffsammlung.

In den drei Bereichen Anlagenplanung, Studium sowie Wissenschaft wird die höchste Stufe der Lernziele benötigt: Die Bewertung von Ergebnissen implizierend die Analyse und die Synthese von Informationen und Wissen.

Zu diesem Zeitpunkt erfolgt eine vorläufige Einteilung der Akteure in Gruppen anhand der Lernziele, dargestellt in Tabelle 6.

Tabelle 6: Erste Einteilung identifizierter Akteure nach Lernzielen

Gruppe	Stufe (Lernziel)	Einteilung der Bereiche der Akteure in Gruppen
1	2	Interessierte Öffentlichkeit, Schulkinder, Medien, Pädagogisches Personal Schule und Kindergarten
2	3	Abfallberatung, -entsorgung, Anlagenbau, -betrieb, Gemeinde und kommunale Mitarbeit, NRO und NPO, Politik, Werkpersonal, Wertstoffsammlung (informell)
3	6	Anlagenplanung, Studium, Wissenschaft

Auf Grund der Heterogenität der Akteure in den drei Gruppen (siehe Tabelle 6) bezüglich Bildungsbiografie und zu erwerbende Kompetenz, erfolgt in einem zweiten Schritt die Zuordnung der Akteure zu bestimmten Merkmalen, welche eine detailliertere Zuordnung der Akteure zu einer bestimmten Gruppe ermöglicht. Das Merkmal *Wissenschwerpunkt* ist angelehnt an Fricke, Schulte et al. (2014) und ermöglicht die Ausrichtung des didaktischen Konzeptes hinsichtlich eines Schwerpunkts der zu erwerbenden Kompetenz im akademischen, operativen, strategischen oder informativen Bereich (siehe Tabelle 7). Es kann keine eindeutige Zuordnung, sowohl aber eine hilfreiche grobe Einteilung auf Grund der Heterogenität vorgenommen werden. Das Merkmal *Bildungsstand* (siehe Tabelle 7) ermöglicht eine Differenzierung der Akteure, wobei auch hier eine Heterogenität nicht ausgeschlossen werden kann. Primär bewertet dieses Merkmal die zu erwerbende Kompetenz, also die Komplexität

der Lernstufen aus Tabelle 6 gekoppelt mit einer möglichen Bildungsbiografie. Das Lernniveau beziehungsweise der Schwierigkeitsgrad und die Komplexität der zu erwerbenden Kompetenz resultiert aus den vorhergehenden zwei Merkmalen. Es erfolgt eine einschätzende Einteilung in *grundlegend*, *mittel* und *fortgeschritten*.

Tabelle 7: Klassifizierung der Akteure in Lernniveaus anhand zweier Merkmale

Bereich ↓	Merkmal →	Wissenschwerpunkt	Bildungsstand	Lernniveau
Studium, Wissenschaft		akademisch	hoch	fortgeschritten
Anlagenplanung, -bau, -betrieb		operativ	mittel bis hoch	mittel bis fortgeschritten
Werkpersonal		operativ	grundlegend bis mittel	grundlegend
Gemeinde u. kommunale Mitarbeit, Abfallberatung, -entsorgung		operativ/strategisch	mittel bis hoch	mittel bis fortgeschritten
Politik		strategisch	mittel bis hoch	mittel
Interessierte Öffentlichkeit, Medien, pädagogisches Personal Kindergarten u. Schule		informativ	grundlegend bis hoch	grundlegend bis mittel
Wertstoffsammlung (informell), NRO u. NPO		operativ/informativ	grundlegend bis hoch	grundlegend bis mittel

Die Kombination der Auswertungen der Tabellen 6 und 7 ergeben eine abschließende Einteilung in sieben Gruppen und ist in Abbildung 24 dargestellt.

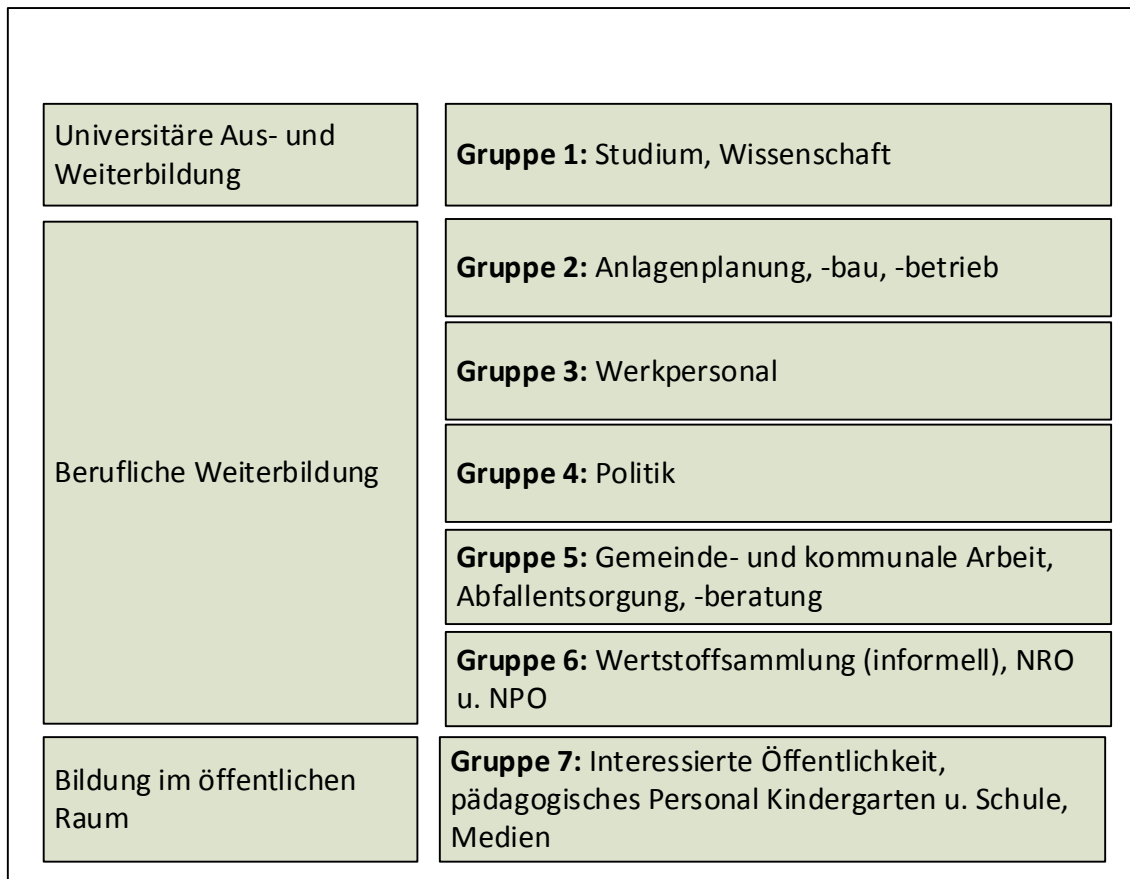


Abbildung 24: Gruppeneinteilung identifizierter Akteure

Die Gruppe 1 der Studierenden und des wissenschaftlichen Personals weist einen akademischen Schwerpunkt auf. Akteure im Bereich Anlagenplanung werden der Gruppe 2 zugeordnet, da der Kompetenzerwerb in dieser Gruppe einen operativen Schwerpunkt hat. Obgleich die Akteure im Bereich der Anlagenplanung ein Lernziel der sechsten Stufe benötigen, ist eine operative anstatt akademische Ausrichtung zu konzipieren. Somit wird die Anlagenplanung den Bereichen Anlagenbau und –betrieb zugeordnet. Den Unterschied der zu erreichenden Lernziele in Gruppe 2 gilt es im Rahmen des Konzeptes zu berücksichtigen. Das Werkpersonal biologischer Behandlungsanlagen (Gruppe 3) bildet, ebenso wie die politischen Entscheidungsträger (Gruppe 4), eine eigene Gruppe. Die Mitarbeitenden von Kommunen und Gemeinden, Abfallentsorgung sowie –beratung bilden die Gruppe 5, welche sich durch einen operativen Schwerpunkt auszeichnet und einen grundlegenden bis mittleren Kompetenzerwerb erfordert. Die Bereiche der informellen Wertstoffsammlung und Mitarbeitende von Nichtregierungsorganisationen und Non-Profit-Organisationen bilden die Gruppe 5. Diese Gruppe zeichnet sich durch eine einheitliche Lernstufe nach den ‚Bloomschen Taxonomien‘ aus. Der operative Wissensschwerpunkt richtet sich an eine heterogene Gruppe bezüglich ihrer Bildungsbiografie im Schwerpunkt Entwicklungs- und Schwellenländer. Die Gruppe 6 der interessierten Bürger, des pädagogischen Personals an Kindergarten und Schule sowie der Mitarbeitenden im Bereich Medien setzt einen informativen Schwerpunkt für eine

allgemeine öffentliche Bildung. Grundlagen im Bereich der biologischen Abfallbehandlung gilt es zu vermitteln. Herausfordernd zu berücksichtigen ist, dass der Bildungsstand beziehungsweise die Bildungsbiografie, stark heterogen ausgerichtet sein kann.

5.3 Analyse bedarfsgerechter Kompetenzen identifizierter Akteure

In Abbildung 25 werden zehn unterschiedliche Themenbereiche der biologischen Abfallbehandlung in einem Themenpool in zufälliger Reihenfolge zusammengefasst. Die Themenbereiche sowie deren Inhalte resultieren aus den Kapiteln 2 und 3.

Die sieben gebildeten Gruppen (siehe Abschnitt 5.2) benötigen jeweils einzelne Themenbereiche beziehungsweise einzelne Inhalte dieser Themenbereiche aus dem Themenpool. Diese sollten jeweils, das in Abschnitt 5.2 bestimmte, gruppenspezifische Lernniveau aufweisen, um zum einen die jeweiligen Lernenden weder zu über- noch zu unterfordern und zum anderen, um den Erwerb der jeweils erforderlichen Kompetenzen zu ermöglichen. Somit können im Rahmen des e-didaktischen Gesamtkonzeptes unterschiedliche inhaltliche Aspekte (Themenbereiche) sowie unterschiedliche Lernniveaus, gebildet aus den bestimmten Wissensschwerpunkten und Bildungsständen, berücksichtigt und miteinander kombiniert werden.

Der in Abbildung 25 dargestellte Themenbereich des Anlagenbetriebes ist in weitere Inhalte unterteilt, unter anderem in den Bereich der Verfahren, Technologien und Prozesse. Dieser Bereich gliedert sich ein weiteres Mal in die Bereiche der Kompostierung und der Vergärung. Die Themenbereiche weisen einen unterschiedlichen Umfang sowie Komplexität aus.

In den folgenden Abschnitten werden den Lernzielen der identifizierten Gruppen zu erwerbende Kompetenzen beziehungsweise Themenbereiche des Themenpools zugeordnet und erläutert.

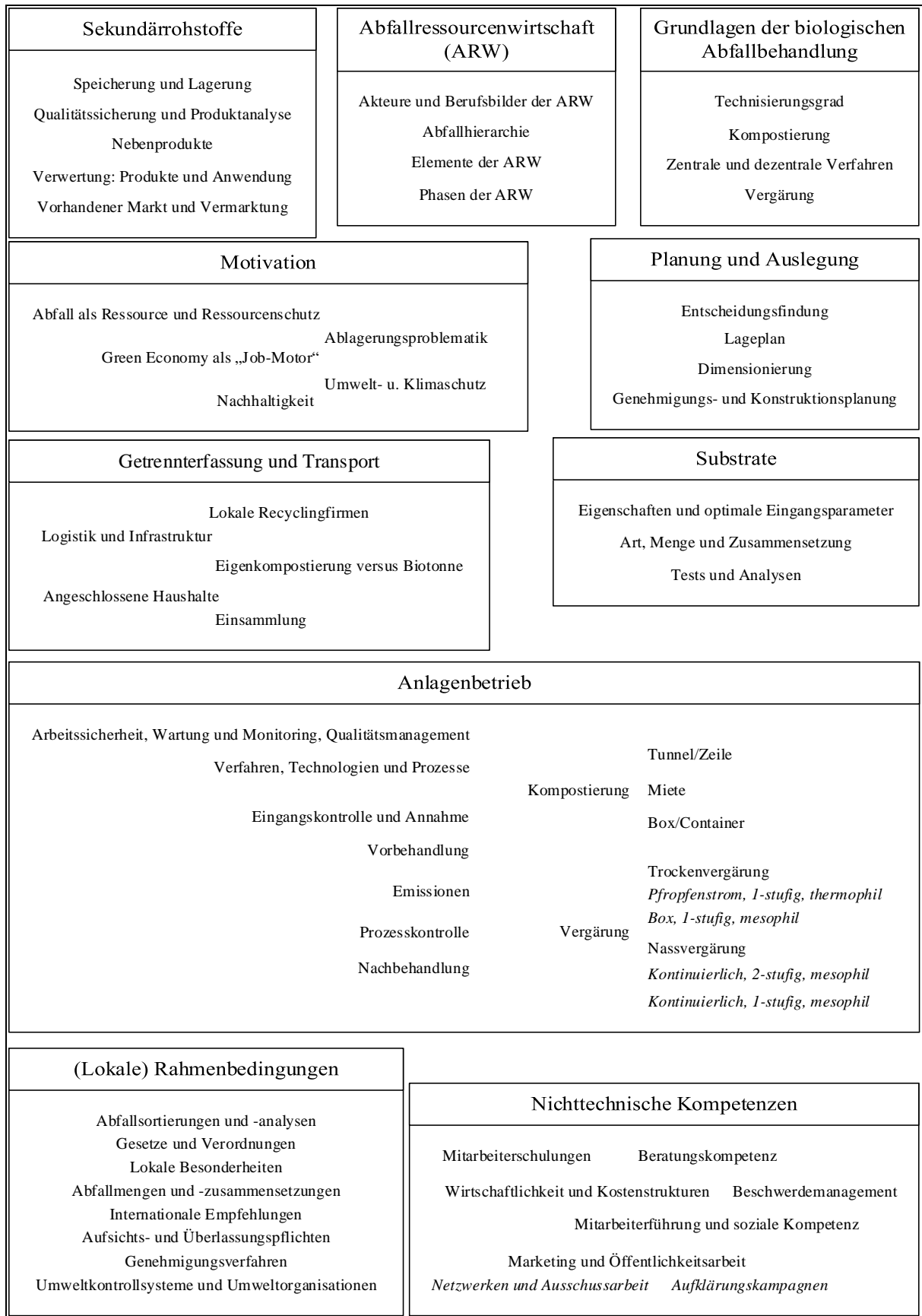


Abbildung 25: Themenbereiche im Themenpool für die biologische Abfallbehandlung

5.3.1 Gruppe 1: Studium und Wissenschaft

Internationale Studierende sowie wissenschaftliches Personal sollen vertiefte Kompetenzen mit akademischem Wissensschwerpunkt im Bereich biologischer Abfallbehandlung erwerben. Es ist von einer Bildungsbiografie mit hohem Bildungsstand auszugehen. Vorwissen ist wahrscheinlich, aber nicht vorauszusetzen. Primäre Ziele sind der Aufbau eigener Problemlösekompetenz sowie eine Bewusstseinsbildung beziehungsweise –stärkung. Die nachhaltige Anwendung des Gelernten in der Praxis entspricht der sechsten Stufe der Lerntaxonomien. Das Analysieren und Synthetisieren von Informationen bis hin zur Bewertung sind anzustreben, wodurch ein fortgeschrittenes Lernniveau erforderlich ist.

Motivation ist, das Interesse der Studierenden und des wissenschaftlich arbeitenden Personals für den komplexen Bereich der biologischen Abfallbehandlung zu wecken sowie Berufsmöglichkeiten und Berufsbilder aufzuzeigen. Neben den technischen Fertigkeiten, werden auch einige nichttechnische Aspekte sowie die Attraktivität der Berufsfelder aufgezeigt. Es ist festzustellen, dass vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern (EL und SL) auf Grund fehlender Attraktivität möglicher Berufsfelder oder teilweise fehlender Berufsfelder im Bereich der Abfallressourcenwirtschaft (ARW), die Universität als oftmals einzige hochqualifizierte Arbeitgeberin gilt, welche aber nur eine geringe Anzahl an Stellen und somit nicht ausreichend Perspektiven bieten kann (Kühnel 2013). Dies kann zur Folge haben, dass sich die wenigen hochqualifizierten und problembewussten Absolventen mit hochwissenschaftlichen, nicht praktisch anwendbaren Themen im Bereich der Forschung befassen und somit für die Errichtung einer nachhaltigen ARW in der Praxis nicht oder zu wenig zur Verfügung stehen. Die Errichtung einer Green Economy würde die Installierung komplexer abfallressourcenwirtschaftlicher Aufgaben und somit attraktiver Berufsbilder mit sich bringen, so wie dies beispielsweise in Deutschland geschehen ist. Auch die in EL und SL häufig instabilen politischen Verhältnisse stellen einen Attraktivitätsverlust für die Absolventen dar, in diesem Bereich nach Beendigung des Studiums tätig zu werden (Kühnel 2013).

In einigen EL und SL existieren nur Grundlagenvorlesungen zum Bereich der ARW, da sich diese in der Realität erst in Phase 1 oder 2 (siehe Kapitel 2.3) befindet. Dies wird belegt durch ein reges Interesse an E-Learning-Lehr- und Lernmodulen im Bereich biologischer Abfallbehandlung internationaler Teilnehmender auf Tagungen und Konferenzen (Kühnel und Kuchta 2014) sowie durch Anfragen internationaler Studierender und deren Professoren im Rahmen von Vorlesungen und Übungen (zum Beispiel im Rahmen der problembasierten Vorlesung „Biological Waste Treatment“ am Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft der Technischen Universität Hamburg Harburg).

Nach Fricke, Schulte et al. (2014) sollte wissenschaftlichem Personal aus Forschung und Entwicklung die Möglichkeit geboten werden, mit den aktuellen Themen und Entwicklungen der Branche vertraut zu sein. Um international kompetent zu arbeiten, ist es für Studierende aus Industrieländern (IL) erforderlich, einen Überblick über die globalen Zusammenhänge sowie High-Tech und Low-Tech-Lösungen für verschiedene Verfahren zu kennen. Das E-

Learning-Konzept sollte eine Zusammenarbeit von Studierenden beziehungsweise wissenschaftlichem Personal aus EL, SL und IL ermöglichen und fördern, so dass unterschiedliche Sichtweisen und Herangehensweisen an Aufgaben im Bereich der biologischen Abfallbehandlung eine erweiterte Problemlösekompetenz hervorbringen kann.

5.3.2 Gruppe 2: Anlagenplanung, -bau und -betrieb

Personal aus dem Bereich der Anlagenplanung, des Anlagenbaus und des Anlagenbetriebs biologischer Abfallbehandlungsanlagen benötigt einen operativen Wissensschwerpunkt zur Unterstützung und Optimierung der alltäglichen Arbeitsroutinen. Nach Boisch (2015) ist es wichtig, Begeisterung und Motivation für den Beruf zu wecken sowie die vorhandenen Stellschrauben vor allem im Anlagenbetrieb zu verstehen. Ablaufende Prozesse gilt es zu verstehen sowie auftretende Fehler oder Probleme in Planung oder Betrieb (zum Beispiel im Verfahrensablauf oder im Bereich Produktqualität) und deren Quellen eigständig zu beheben. Boisch (2015) bemängelt, dass viele Anlagenbetreibende keinen oder wenig Praxisbezug zur Anlagenplanung haben und umgekehrt. Dies kann zu einem dazu führen, dass die Betreibenden ihre Anlagen nicht vollständig erfassen können. Zum anderen ist es schwer für Planende und Anlagenbauende alle praxisrelevanten Parameter zu berücksichtigen, da sich viele Faktoren erst im Rahmen langjähriger Berufserfahrung im Anlagenbetrieb einstellen.

Die Berücksichtigung aller, die biologische ARW berührenden Gesetzeslagen, stellt für viele Planende und Betreibende eine Herausforderung dar, da viele verschiedene Bereiche des Rechts berührt werden. Laut Boisch (2015) sollte Planenden und Betreibenden bewusst gemacht werden, dass mit dem Aufwand umzugehen ist. In Deutschland beispielsweise helfen die Verbände bei relevanten Gesetzen und Verordnungen, unter anderem die Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK). Aber auch hier zu Lande ist die Gesetzeslage für viele Unternehmen und Entsorger unübersichtlich (Schomerus 2012).

Es sollen praktizierende und zukünftige Anlagenplanende, -bauende und -betreibende mit unterschiedlichem Vorwissen berücksichtigt werden. Es ist von einem mittleren bis hohen Bildungsstand im Rahmen der jeweiligen Bildungsbiografie auszugehen. Grundlegend für die Entwicklung des E-Learning-Konzeptes sind der Ausdruck mittels verständlicher Begriffe, eine praxisorientierte Darstellung sowie das Darlegen von praxisnahen Argumenten. Im Schwerpunkt Anlagenbetrieb ist ein innerbetriebliches Qualitätsmanagement gefordert, welches laut Kehres et al. (2010) alle Belange eines ordnungsgemäßen Ablaufes unterstützt, beispielsweise Anleitungen, Kompetenzen, Schulungen des Betriebspersonals sowie Angaben zum Verhalten in Störfallsituationen. Laut Kehres et al. (2010) bestimmen Motivation, Ausbildung und Erfahrung des Betriebspersonals die Qualität des Anlagenbetriebs. Diese Aussage bestätigt die Erfahrungen von Boisch (2015). Schwerpunkte liegen in den Bereichen Anlagenaufbau, Ablauf und Optimierung des Betriebs sowie im Verstehen von Zusammenhängen zur Förderung der Motivation.

Neben den grundlegenden technischen Kompetenzen, sind eine Reihe nichttechnischer Kompetenzen erforderlich, um eine Anlage erfolgreich planen, bauen und vor allem betreiben zu können. Beispielsweise ist die Erzeugung eines Komposts guter Qualität wichtig, damit die potenziellen Abnehmer beziehungsweise Käufer des Produktes Kompost zufrieden sind und eventuelle Gründe des Vorbehalts nicht bestätigt sehen. Somit spielen die Bereiche Öffentlichkeitsarbeit und Vermarktung neben der Produktion des Komposts eine entscheidende Rolle.

Zu berücksichtigen sind die unterschiedlichen Lerntaxonomien nach Bloom. Inhaltlich werden allen drei Akteuren die gleichen Kompetenzen zugewiesen und es ist von einem mittleren bis fortgeschrittenen Lernniveau auszugehen. Es liegen zwar zum Teil unterschiedliche Kompetenzschwerpunkte vor, diese können aber auf Grund der Komplexität der späteren Umsetzung vernachlässigt werden. Der Umfang der Lerninhalte nimmt für die Gruppe der Anlagenplanenden zu (sechste Stufe der Lernziele), da die Analyse, Synthese und Bewertung verschiedener Verfahren und Anlagentypen erforderlich ist, um Entscheidungen unter Berücksichtigung aller relevanten Randbedingungen treffen zu können. Dies findet konzeptionell Berücksichtigung durch den Themenbereich der Planung und Auslegung. Für die Anlagenbauenden und –betreibenden reichen grundlegende Kenntnisse in diesem Bereich aus (dritte Stufe der Lernziele), die Anlagenplanenden hingegen sollten an dieser Stelle einen komplexeren Inhalt unter Berücksichtigung einer umfangreichen Planungsaufgabe erhalten, bei der geeignete Verfahren für vorgegebene Randbedingungen ausgewählt werden sollen.

Oftmals stehen Menge und Zusammensetzung zu erwartender Eingangssubstrate im Vorfeld einer Anlagenplanung fest, so dass eine Anlagendimensionierung und deren Betrieb dementsprechend erfolgen. Da sich diese Eingangssubstrate jedoch ändern können, sollten Planende und Betreibende adäquat auf eine Änderung der Zusammensetzung reagieren können.

5.3.3 Gruppe 3: Werkpersonal der Anlage

Es sollen grundlegende Schulungen und Weiterbildungen für Werkpersonal im Anlagenbetrieb konzipiert werden. Der Schwerpunkt liegt in einer komprimierten und themenorientierten Darstellung der erforderlichen Kompetenzen mit operativem Wissensschwerpunkt. Das Personal kann Vorwissen aufweisen, es ist aber nicht davon auszugehen. Es ist von einem grundlegenden bis mittleren Bildungsstand im Rahmen der jeweiligen Bildungsbiografie auszugehen. Auf einem grundlegenden Lernniveau ist ein kompakter, anwendungsorientierter Grundlagenteil zu konzipieren, welcher durch praktisches und anlagenspezifisches Wissen ergänzt wird. Es ist das Erreichen der dritten Stufe der Lerntaxonomien anzustreben.

Der Schwerpunkt liegt auf dem Kompetenzerwerb technischer Grundlagen mit Ausnahme des Bereiches der Motivation. Folgende Kompetenzen sollte das Werkpersonal erwerben: Kennen, Verstehen und Anwenden von substratspezifischen Grundlagen, Prozessabläufen der Anlage sowie Produktaufbereitung. Unregelmäßigkeiten im Verfahrensablauf können in Absprache mit den Anlagenbetreibenden benannt und eventuell eigenständig behoben werden.

Nach Klaffke (2014) sind Prozessbeschreibungen und –analysen für alle auf der Anlage auftretenden Berufsbilder wichtig, da oftmals Erfahrungen mündlich weitergegeben werden, ohne dass das Berufsbild mit den jeweiligen Arbeitsaufgaben, dem Wissen und den Bildungswegen dokumentiert ist. Scheidet Werkpersonal aus, verbleibt das Wissen und die Erfahrung oftmals nicht im Betrieb. Des Weiteren erhält das Personal einen Gesamtblick über die Anlage und deren erforderliche Berufsbilder, so dass ein Gesamtkontext erfasst und die Mitarbeitermotivation gesteigert werden kann (Boisch 2015). Das Werkpersonal sollte erkennen, welchen Sinn und Wert die jeweiligen Arbeiten haben. Dies gilt sowohl für Industrie-, als auch für Schwellen- und Entwicklungsländer und ist gerade für Länder in denen die Abfallressourcenwirtschaft einen niedrigen Stellenwert hat von großer Bedeutung.

5.3.4 Gruppe 4: Politische Entscheidungsträger

Politische Entscheidungsträger benötigen eine strategische Ausrichtung der zu erwerbenden Kompetenzen. Mitarbeitende in nationalen Behörden und Ministerien in den Bereichen Gesundheit, Umwelt, Wirtschaft oder Finanzen sollen angesprochen werden. Es ist von einem mittleren bis hohen Bildungsstand im Rahmen der jeweiligen Bildungsbiografie auszugehen. Ziel ist es, einen allgemeinen repräsentativen Überblick auf mittlerem Lernniveau über am Markt verfügbare Konzepte, Anlagen und Techniken (Fricke, Schulte, et al. 2014) zu vermitteln, um den Akteuren zu ermöglichen, Veränderungsprozesse innerhalb eines Landes oder einer Region vorantreiben zu können und eigene Entscheidungen treffen zu können (dritte Stufe der Lernziele). Die Einführung einer Verwertung von Bioabfällen in Biogas- und Kompostierungsanlagen kann unterstützt werden, wenn die verantwortlichen politischen Entscheidungsträger die Vorteile und positiven Einflüsse dieser Maßnahmen auf die unterschiedlichen Bereiche erkennen und Zusammenhänge verstehen. Laut Guerrero, Maas und Hogland (2013) neigen Entscheidungsträger zur Einführung von Recycling-Programmen, wenn diese mit den aktuellen und geeigneten Verfahren vertraut sind.

Eine Aufgabe umfasst die Unterstützung von Aufklärungskampagnen (siehe Kapitel 2.3.1.3). Eine niedrige Prioritätensetzung der politischen Entscheidungsträger für den Sektor der Abfallressourcenwirtschaft (ARW) ist auf den in der Regel niedrigen sozialen Status des Personals und des informellen Sektors in diesem Bereich zurückzuführen. Dies wiederum führt zu geringer Motivation unter den Mitarbeitenden sowie zu schlecht ausgebildetem Personal. Diesen Kreislauf gilt es zu durchbrechen, in dem Zusammenhänge aufgezeigt werden können und die Relevanz der ARW hervorgehoben wird.

5.3.5 Gruppe 5: Gemeinden und Kommunen, Abfallberatung und Entsorgung

Diese Gruppe soll folgende Akteure ansprechen:

- Personal lokaler Verwaltungen in Kommunen und Gemeinden
- Personal in Entsorgungsunternehmen und Recyclingfirmen
- Personal im Bereich der Abfallberatung

Alle Akteure in diesem Bereich benötigen grundlegende Kompetenzen mit einem operativen Wissensschwerpunkt, um den Veränderungsprozess hin zu einer Abfallressourcenwirtschaft (ARW) unterstützen zu können. Es ist von einem mittleren bis hohen Bildungsstand im Rahmen der jeweiligen Bildungsbiografie auszugehen. Vorkenntnisse sind möglich, werden aber nicht vorausgesetzt.

Die Qualität der Bioabfälle ist abhängig von dem Problembewusstsein der Bürger sowie der Verantwortlichen Kommunen und Gemeinden, welche Auswirkungen eine schlechte ARW in der betreffenden Region hervorrufen kann. Durch unvollständige und spärlich vorhandene Informationen ist es für viele Behörden, vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern, nahezu unmöglich, einen Überblick über die aktuelle Situation der ARW zu bekommen (Guerrero, Maas und Hogland 2013).

Lokal ansässige Entsorgungs- und Recyclingfirmen benötigen kompaktes Wissen, um ihre Betriebe weiter ausbauen zu können und gegebenenfalls auf einen aktuellen Stand zu bringen. Das Involvieren der Privatwirtschaft im Bereich der Entsorgung ist zu unterstützen, um vorhandenes Potenzial zu nutzen und auszubauen, und um weitere Teile der Bevölkerung in die ARW zu integrieren.

Im Bereich der Abfallberatung ist es wichtig einen Überblick über lokale Planungen, Strategien und Konzepte zu haben und diese einer breiten Öffentlichkeit mitteilen beziehungsweise erläutern zu können.

Für das E-Learning-Konzept dieser Gruppe wird ein mittleres bis fortgeschrittenes Lernniveau der dritten Stufe der Lernziele mit einem operativen Wissensschwerpunkt zu Grunde gelegt.

5.3.6 Gruppe 6: Informelle Wertstoffsammlung, Nichtregierungsorganisationen (NRO) und Non-Profit-Organisationen (NPO)

Auf grundlegendem bis mittlerem Lernniveau sollen Möglichkeiten eröffnet werden, um Informationen einzuholen, lokale beziehungsweise dezentrale Projekte durchführen zu können und bestehende Situationen mittels einfacher Verfahren und Problemlösungen zu verbessern. Ein operativer Schwerpunkt richtet sich an Personen aus Entwicklungs- und Schwellenländern (EL und SL) sowie an Personal aus Industrieländern (IL), welches in einem EL oder SL für eine Nichtregierungsorganisation (NRO) oder eine Non-Profit-Organisation (NPO) tätig ist. Als Herausforderung ist die Heterogenität der möglichen Bildungsbiografien anzusehen, die von einem grundlegenden bis hohen Bildungsstand reichen kann. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird von einer Lese- und Schreibfähigkeit der informell Wertstoffsammelnden ausgegangen, im Bewusstsein, dass ein Großteil der dort arbeitenden Personen Analphabeten sein können. Im Themenbereich der lokalen Besonderheiten des E-Learning-Konzeptes ist auf diesen Aspekt einzugehen.

Lokale beziehungsweise örtliche Gemeinschaften am Beispiel der wertstoffsammelnden Zabaleen in Kairo, Ägypten, verdeutlichen die Wichtigkeit der Berücksichtigung dieses

Sektors (Mostafa, Kühnel und Kuchta 2014). BMUB (2014) verlangt die Einbeziehung der Wertstoffsammelnden des informellen Sektors als ein zentrales Element bei der Einführung einer Abfallressourcenwirtschaft (ARW) in EL und SL. Die Wertstoffsammelnden leisten in der Regel einen effektiven Beitrag zur Verwertung von Abfällen, besitzen aber in der Regel keine Interessenvertretung und nur ein geringes gesellschaftliches Ansehen. Die Einführung einer ARW führt zur Bildung einer Green Economy und leistet unter Einbeziehung des informellen Sektors einen wertvollen Beitrag zur Armutsminderung und zur Verbesserung der Chancengleichheit. Die Einbeziehung von Zivilgesellschaften in Form von Interessen- und Umweltverbänden sowie von NRO ist wichtig, damit auch die informell Wertstoffsammelnden und die Zivilgesellschaften in ihren Interessen vertreten werden können und sich ein Umweltbewusstsein bilden kann (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014).

5.3.7 Gruppe 7: Interessierte Öffentlichkeit, Medien, pädagogisches Personal Kindergarten und Schule

Ein vorhandenes Umweltbewusstsein der Bevölkerung ist als Schlüssel zu einer nachhaltigen Abfallressourcenwirtschaft anzusehen, ansonsten kann diese sich kaum über die erste beziehungsweise zweite Phase (siehe Kapitel 2.3.1) hinaus entwickeln (BMUB, Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft 2014), da die Bevölkerung zukünftig die Abfälle vor Ort trennen muss. Der Wissensschwerpunkt des Kompetenzerwerbs ist informativ ausgerichtet, Aufklärungskampagnen, Verständnis und Unterstützung im Sinne von „Was kommt auf mich zu?“ sind zentrale Anliegen für die zu erwerbenden Kompetenzen der Lernstufe 2 auf grundlegendem bis mittlerem Lernniveau. Als Herausforderung ist die Heterogenität der möglichen Bildungsbiografien anzusehen, die von einem grundlegenden bis hohen Bildungsstand reichen kann.

Durch die Umweltbildung der Kinder und Jugendlichen kann eine Änderung beziehungsweise Weiterentwicklung der Gesellschaft herbeigeführt werden. So können beispielsweise Schulkinder und Lehrpersonal Wissen für das Anfertigen einer Hausarbeit oder für die Durchführung eines Kompostierungs- oder Vergärungsprojektes erwerben.

Die Bevölkerung ist über die realen Auswirkungen einer in Phase eins oder zwei befindlichen Abfallressourcenwirtschaft auf die Umwelt zu informieren. Des Weiteren ist die Öffentlichkeit in den Lösungsfindungsprozess zu integrieren, um einen nachhaltigen Erfolg zu erreichen. Speziell in Schwellen- und Entwicklungsländern (EL und SL) fordert der soziokulturelle Einflussfaktor (siehe Kapitel 2.3.1.3) ein „Durchbrechen der vorhandenen sozialen Apathie“ (Guerrero, Maas und Hogland 2013) mittels Aufklärungskampagnen und Einbeziehen der Öffentlichkeit in die Entscheidungsfindung. Auch BMUB (2014) fordert ein Mitwirken und Motivieren der Abfallerzeuger im Bereich Vermeidung, Verminderung und Verwertung, um aufzuklären, Anreize zu setzen und das Umweltbewusstsein zu stärken. Dies gilt sowohl für Industrieländer (IL), als auch für EL und SL. Die Einbindung der Öffentlichkeit hat in der Regel eine positive Unterstützung von Einführungen abfall-

ressourcenwirtschaftlicher Maßnahmen zur Folge und nimmt somit Einfluss auf den Erfolg der Maßnahme. Eine öffentliche Verantwortung im Bereich der Ressourcenschonung ist anzustreben. Laut Fricke, Heußner et al. (2013) stellt die Öffentlichkeitsarbeit eine Voraussetzung zur Verbesserung der Erfassungsquoten dar, wobei parallel hohe Rohstoffqualitäten sichergestellt werden können. Dies gilt sowohl für die Öffentlichkeitsarbeit in EL als auch für die Erhöhung der Erfassungsquoten in IL im Rahmen einer flächendeckenden Einführung der Verwertung biologischer Abfälle in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen.

5.4 Entscheidungsfelder im Fokus der Nachhaltigkeit

Im Rahmen des Instruktionsdesigns (siehe Kapitel 4.2) folgt die Entwicklung der Struktur für das E-Learning-Konzept. Es werden sechs Entscheidungsfelder definiert, um Fragestellungen hinsichtlich Format, Inhalt, Multimedia, Interaktion, Layout und einer daraus resultierenden Motivation seitens der Lernenden zu beantworten.

5.4.1 Format

Auf Grund der Komplexität und des Umfangs des geplanten E-Learning-Konzeptes werden mehrere Technologien und Formate (siehe Kapitel 2.2.3) gewählt und miteinander verknüpft. Die zwei didaktischen Lerntheorien des Behaviorismus und des Konstruktivismus (siehe Kapitel 2.2.2) finden in unterschiedlicher Gewichtung Anwendung, so dass ein integrativer Schwerpunkt gesetzt wird. Es wird bewusst auf eine rein konstruktivistische Ausrichtung verzichtet, da die identifizierten Akteure unterschiedliche Bildungs- und Wissensstände aufweisen, aus verschiedenen Kulturkreisen stammen können und Capacity Building Strukturvorgaben erfordert, wodurch ein Mindestmaß an Faktenwissen erforderlich ist. Auch die erforderlichen Kompetenzen unterscheiden sich: Einige Akteure benötigen ein kompaktes Wissen zur praktischen Anwendung, andere benötigen ein vertiefendes Wissen zur Planung biologischer Abfallbehandlungsanlagen. Die Formen des Lernens sind in vielen Kulturen sehr unterschiedlich: So gilt es in manchen Kulturkreisen als Eingeständnis eines Fehlers, wenn Fragen gestellt werden. Wird ein Format gewählt, bei dem nahezu ausschließlich eigeninitiatives Lernen, entsprechend dem konstruktivistischen Ansatz gefordert wird, kann es dazu führen, dass einzelne Lernende Inhalte nicht erfassen, dies aber nicht thematisieren.

Das Kernformat bildet die Technologie einer Online-Lernplattform (OLP) (siehe Kapitel 2.2.3), da diese vollständig via Internet zugänglich ist und synchron oder asynchron betrieben werden kann. Eine Lernbegleitung sowie eine Vereinigung von webbasiertem Lernen, Organisation und Betreuung sind gewünscht. Die Integration bestehender Kurse ist möglich. Verschiedene Technologien werden in die OLP eingebunden, unter anderem das Web-Based-Training (WBT) *learn2compost* (siehe Kapitel 3.1.3). Weiterhin werden Technologien aus dem Bereich *Social Media* (siehe Kapitel 2.2.3.1), zum Beispiel ein asynchrones Diskussionsforum oder Einzelaktivitäten in die OLP integriert.

Der integrative beziehungsweise konstruktivistische didaktische Ansatz wird mit einem im Schwerpunkt problembasierten Format (siehe Kapitel 2.2.3.2) konzipiert. Die Analyse der

Akteure sowie der zu erwerbenden Kompetenzen verdeutlicht den Schwerpunkt auf der Anwendung des Gelernten sowie dem Erwerb von Problemlösekompetenz. Weiterhin wird das Format der Direkten Instruktion gewählt (siehe Abschnitt 2.2.3.2), da dieses Format in Form eines E-Kompodiums in Verbindung mit dem problembasierten Lernen dem integrativen Ansatz folgt und den unterschiedlichen Lernzielen beziehungsweise Taxonomien des Lernens (siehe Abschnitt 5.2) gerecht werden kann.

Somit wird das gewählte Format als im Schwerpunkt problembasiertes Lernen im Rahmen eines kompetenzorientierten Online-Kurses mit Prüfung beschrieben.

5.4.2 Inhalt und Struktur

Inhalt und Struktur resultieren aus den vorangegangenen Analysen sowie der Recherche und den geleisteten Vorarbeiten im Rahmen der exemplarischen Content-Transformation im zweiten und dritten Kapitel.

5.4.2.1 Modulare Struktur

Die Einteilung der identifizierten Akteure in sieben Gruppen (siehe Abschnitt 5.2) sowie die zu erwerbenden Kompetenzen der Akteure der einzelnen Gruppen (siehe Abschnitt 5.3) münden in die Entwicklung eines modularen Konzeptaufbaus. Die Themenbereiche bestehen aus mehreren Einzelthemen, welche wiederum Unterthemen enthalten können. Die Segmentierung der Inhalte, das heißt, der modulare Aufbau der einzelnen Abschnitte dient einer übersichtlichen Einteilung der zu erwerbenden Kompetenzen beziehungsweise Inhalte. Den sieben Gruppen wird je ein Modul zugeordnet:

- Modul 1: Studium und Wissenschaft
- Modul 2: Anlagenplanung, -bau und -betrieb
- Modul 3: Werkpersonal
- Modul 4: Politik
- Modul 5: Gemeinden und Kommunen, Abfallberatung und Entsorgung
- Modul 6: Informelle Wertstoffsammlung, NRO und NPO
- Modul 7: Interessierte Öffentlichkeit, Schulkinder, Medien, Personal in Kindergarten und Schule

Die Segmentierung der Inhalte einzelner Module zu Kursen ermöglicht zum einen eine konzeptionelle Nutzung im Rahmen der Umsetzung und Realisierung identischer Kursinhalte einzelner Themenbereiche für verschiedene Module und vermeidet somit Doppelungen und unübersichtliche Strukturen. Zum anderen wird es den Lernenden ermöglicht, einzelne Kurse innerhalb der Module separat zu bearbeiten, wodurch eine mögliche Überforderung vermieden werden kann. Es soll zu jeder Zeit einsehbar sein, an welchem Punkt sich die Lernenden befinden und wieviel schon geschafft worden ist. Abbildung 26 gibt einen Überblick über den konzeptionellen Aufbau eines Modules.

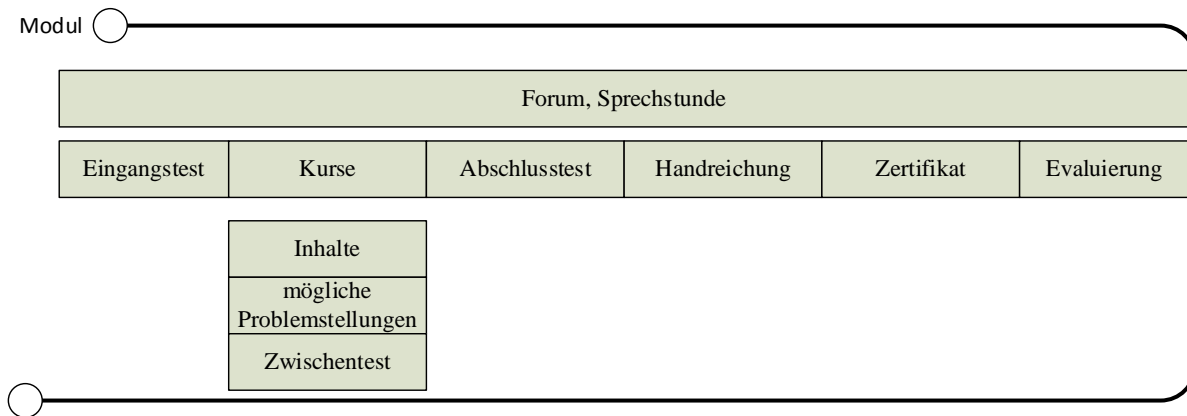


Abbildung 26: Struktur eines Modules

Jedes Modul besteht aus einem Eingangstest, mehreren Kursen, einem Abschlusstest (zum Teil inklusive einer Planungsaufgabe) sowie einem Forum und einer Sprechstunde. Eine abschließende Möglichkeit der Zertifizierung sowie eines PDF-Downloads in Form einer Handreichung komplettieren das Konzept. Im Zentrum des modularen Aufbaus steht der Kurs, welcher mit Arbeitsmaterialien und Lernaktivitäten, in Anlehnung an ein E-Kompendium (siehe Kapitel 2.2.3.2), gefüllt werden kann. Ein Kurs bietet die Entwicklung didaktisch und inhaltlich aufbereitete Lerneinheiten im Wochen- oder Themenformat (Wiegrefe 2011). Jeder Kurs innerhalb eines Modules besteht aus den zu vermittelnden Inhalten, begleitenden Textboxen zur Darstellung möglicher Problemstellungen diskutierter Inhalte sowie einem Zwischentest. Abschließend erfolgt eine Befragung der Lernenden zur Evaluation der Online-Lernplattform (OLP), um diese gegebenenfalls zu verbessern beziehungsweise zu optimieren.

Der Eingangstest dient der Abfrage von Vorkenntnissen, um eine Über- oder Unterforderung seitens der Lernenden zu vermeiden. Im Falle bereits vorhandener Kompetenzen wird es den Lernenden ermöglicht, inhaltlich betreffende Zwischentests abzulegen ohne den Kurs komplett durchlaufen zu müssen.

Nach Absolvieren des Eingangstests beginnt jedes Modul mit einem Kurs zum Thema Motivation. Mit Ausnahme dieses ersten Kurses zur Motivation der Lernenden sind die anderen Kurse chronologisch unabhängig voneinander und bauen nicht aufeinander auf. Im Rahmen der OLP wird eine Reihenfolge empfohlen, die Orientierung geben kann. Es können aber auch alle Kurse, mit Ausnahme des Kurses der Motivation, in zufälliger Reihenfolge und im eigenen Zeitmanagement durchlaufen werden. Einen Überblick gebend, wird den Lernenden ermöglicht, eine Pause einzulegen und einzelne Kurse zeitlich flexibel zu bearbeiten und abzuschließen.

Am Ende eines Kurses können die Lernenden einen Zwischentest absolvieren. Dessen Bestehen ermöglicht das Durchlaufen eines weiteren Kurses. Wird ein Zwischentest nicht bestanden, kann dieser wiederholt werden. Fühlt sich ein Lernender während des Durchlaufens eines Kurses unterfordert, besteht die Möglichkeit, lediglich den Zwischentest eines Kurses zu absolvieren.

5.4.2.2 Textboxen zur Darstellung von Problemstellungen in einzelnen Kursen

Im Rahmen eines Kurses machen sich die Lernenden mit den Inhalten eines jeweiligen Kurses vertraut, indem Texte, eventuell flankiert von Videos oder anderen E-Learning-Formaten, im Rahmen eines E-Kompendiums, Inhalte transportieren und vermitteln. Am Ende eines jeden Kurses oder je nach Bedarf zwischendurch, werden Textboxen platziert, die mögliche Problemstellungen zusammenfassen, analysieren sowie Lösungswege aufzeigen. Am Ende eines Kurses steht eine Zusammenfassung dieser Textboxen, ergänzt durch einzelne Elemente des laufenden Textes. So kennzeichnen beispielsweise die begleitenden Textboxen im zweiten Modul Anlagenplanung, -bau und -betrieb neben den zu vermittelnden Inhalten, die Stellschrauben, die zur Problemlösung im jeweils behandelten Kompetenzbereich herangezogen werden können. Generell gliedern sich die Textboxen in drei Bereiche (Harling, Kühnel und Kuchta 2015):

1. Erklärung des potenziell auftretenden möglichen Problems
2. Analyse und Herleitung des möglichen auftretenden Problems
3. Anleitung zur möglichen Problembhebung

Abbildung 27 stellt die prinzipielle Struktur einer Textbox dar, basierend auf der Tatsache, dass es für ein auftretendes Problem mehrere Ursachen geben kann.

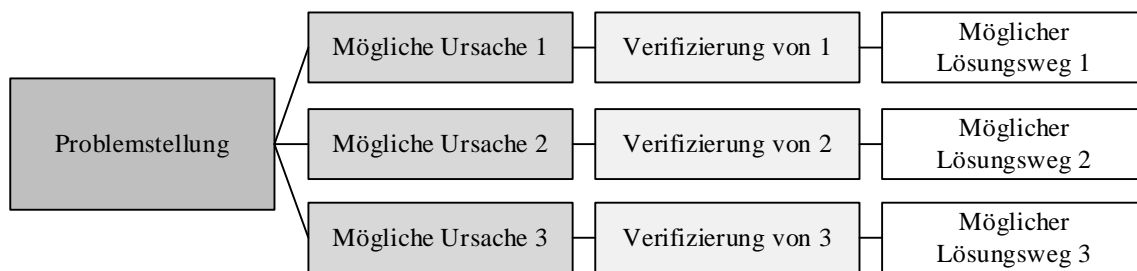


Abbildung 27: Struktur der Textboxen zur Darstellung von Problemstellungen angelehnt an Harling, Kühnel und Kuchta (2015)

Wichtig für die Lernenden ist es herauszufinden, welche möglichen Ursachen ein auftretendes Problem haben kann, wie Ursachen ermittelt und verifiziert werden können und welche möglichen Lösungswege es geben kann. Tabelle 8 zeigt exemplarisch einen Auszug aus einer Textbox zur möglichen Problemlösung. Für das auftretende Problem der Geruchsbildung außerhalb einer Kompostierungsanlage kann es beispielsweise mehrere mögliche Ursachen geben. Es gilt, die möglichen Ursachen zu überprüfen und somit falsche Ursachen ausschließen zu können. Für das erkannte Problem kann dann ein Lösungsweg vorgeschlagen werden.

Tabelle 8: Beispiel einer Textbox zur Problemstellung im Bereich Emissionen im Themenbereich Anlagenbetrieb (Harling, Kühnel und Kuchta 2015)

Problem	Mögliche Ursache	Verifizierung	Lösungsweg
Geruch während des Kompostierungsprozesses	Stickstoff-Umwandlung zu Ammoniak	C/N-Verhältnis zu niedrig	Zugabe von Strukturmaterial
	Lokal anaerobe Bedingungen formen geruchsintensive Gase	pH-Wert-Abfall während des Prozesses	Erhöhung Umsetzungsfrequenz und/ oder aktive Belüftung
	Zu geringe Porosität verhindert ausreichende Sauerstoff-Zufuhr	Geringe Substratstruktur	1. Erhöhung Umsetzungsfrequenz und/oder aktive Belüftung 2. Zugabe Strukturmaterial
	Zu hoher Wassergehalt	Ergebnis einer Handprobe: Substrat ist zu feucht	1. Erhöhung Umsetzungsfrequenz und/oder aktive Belüftung 2. Zugabe trockenes Substrat

5.4.2.3 Foren und Sprechstunden

Die Einbindung von Fragen und Antworten in Foren oder zu vereinbarten Sprechzeiten ist ein wichtiger Bestandteil der OLP. Es sollten sowohl individuelle Sprechstunden angeboten werden, als auch die Möglichkeit für Lernende, miteinander zu diskutieren und zu arbeiten, um das Klären wichtiger Fragen sowie den Austausch mit anderen Lernenden zu ermöglichen.

5.4.2.4 Prüfungen und Zertifikate

Im Anschluss an jeden Kurs innerhalb eines Modules wird ein Zwischentest geplant. Dieser dient zum einen zur Motivation, zum anderen aber auch als Lernkontrolle. Nicht bestandene Zwischentests können wiederholt werden. Ein Bestehen des Zwischentests ist die Voraussetzung für die Belegung eines weiteren Kurses. Die Form der Zwischentests ist Multiple-Choice, angelehnt an die behavioristische Lerntheorie (siehe Kapitel 2.2.2). Dies ermöglicht eine synchrone und automatische Lernkontrolle durch die Online-Lernplattform (OLP), wodurch keine Person zur Lernbegleitung erforderlich wird. Dies ist wichtig, da ein eigenes Lerntempo der Lernenden angestrebt wird, um die automatische Möglichkeit der Belegung eines nächsten Kurses zu ermöglichen, ohne dass es einer asynchronen Korrektur seitens einer Lernbegleitung bedarf.

Nach Bestehen aller Zwischentests und somit Durchlaufen aller Kurse, erfolgt ein finaler Abschlusstest, zum Teil inklusive einer Planungsaufgabe, zum Erwerb von Problemlösekompetenz. Dieser basiert konzeptionell auf dem integrativen Ansatz (siehe Kapitel 2.2.2) und

bedarf einer asynchronen Korrektur. Die Prüfung besteht entweder aus einem oder aus zwei Teilen, je nachdem, ob der Abschlusstest inklusive oder exklusive einer Planungsaufgabe ist.

Ein theoretischer Prüfungsteil bildet den ersten Teil des Abschlusstests. Die Planungsaufgabe soll unter anderem unter zu Hilfenahme des Web-Based-Training (WBT) *learn2compost* (siehe Kapitel 3.1.3) entwickelt und gelöst werden und lehnt sich an das problembasierte Lernen (siehe Kapitel 2.2.3) an. Anhand gegebener Ausgangsbedingungen, ist eine Anlage zur Kompostierung oder zur Vergärung mit anschließender Nachkompostierung des Gärrestes zu planen und übersichtlich zu dimensionieren. Angeeignetes Wissen im Rahmen der vorher bestandenen Zwischentests und somit absolvierten Kurse sowie des theoretischen Teils des Abschlusstests dienen als Hilfestellung und Orientierung, so dass vorher erworbene Kompetenz angewendet werden kann.

Eine weitere Möglichkeit, um gelerntes Wissen anzuwenden besteht in der Konzipierung einer Aufgabenstellung in Form des Case-Based-Learning (siehe Kapitel 2.2.3), um dem Lernenden beispielsweise den Erwerb von Beratungskompetenz im Bereich der Abfallberatung zu ermöglichen.

Ziel soll sein, sowohl kostenlose als auch kostenpflichtige Module zu konzeptionieren. Ein professionelles Training im Rahmen einer Aus- und Weiterbildung soll mit einer Zertifizierung beziehungsweise Prüfung abschließen und zum Teil kostenpflichtig angeboten werden können. Das kostenlose Bereitstellen zum Erwerb von Wissen und Kompetenz für die Öffentlichkeit beziehungsweise für Interessierte sollte das Registrieren auf der OLP beinhalten. Sobald Zertifizierungen ausgegeben oder Prüfungen abgenommen werden, sollte die Möglichkeit bestehen, die Module kostenpflichtig anzubieten.

5.4.2.5 Handreichung

Abschließend sollten die Lernenden eine Handreichung im PDF-Format erhalten, welche das zuvor angeeignete Wissen zusammenfasst und als nachhaltig einsetzbares Nachschlagewerk dienen kann. Ein Bestandteil der Handreichung sollte eine Zusammenfassung aller in den einzelnen Kursen beinhalteten Problemlösungen sein, um nachhaltige Problemlösekompetenz zu fördern.

5.4.3 Multimedia

Das Entscheidungsfeld Multimedia umfasst für die Gestaltung des E-Learning-Konzeptes hauptsächlich Texte, Bilder und Videos (in Anlehnung an das E-Kompendium, siehe Kapitel 2.2.3).

Laut Höbarth (2013) und Moodle (2015) existieren verschiedene Möglichkeiten, um Arbeitsmaterialien in eine Online-Lernplattform (OLP) einzubauen. Folgende Möglichkeiten sollten im Rahmen der Umsetzung Verwendung finden:

- Buch: entspricht der „Nachbildung eines Buches für den Monitor“ (Höbarth 2013)
- Hochladen von Datei(en)

- Einbindung von Link(s) und URL(s): Weiterleitung zu Ressourcen im Internet
- Textfeld und Textseite: Erstellung mittels Online-Editor
- Verzeichnis

Texte stellen den wesentlichen Bestandteil des Konzeptes dar. Die Vermittlung der Inhalte und der zu erwerbenden Kompetenzen erfolgt primär über dieses Medium. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sind Bilder, Fotos und Abbildungen. Diese haben eine hohe Aussagekraft. Ihnen kommt eine hohe motivierende Funktion zu. Weiterhin haben Bilder auch eine kognitive Funktion, indem sie im Text beschriebene Systeme oder Substrate abbilden und veranschaulichen, wodurch das Verstehen und Behalten bestimmter Lerninhalte gefördert wird (Niegemann et al. 2008). Videos, die kurze Ansprachen oder Lektionen beinhalten, lockern das Format auf und ermöglichen den Lernenden eine kurze passive Pause des aktiven Zuhörens. Videos, beispielsweise in Form von Interviews relevanter Akteure aus dem Bereich der biologischen Abfallressourcenwirtschaft, können bereichernd wirken und die Relevanz für das Thema unterstreichen.

5.4.4 Interaktion

Die Interaktion beziehungsweise Kommunikation zwischen der Online-Lernplattform (OLP) und den Lernenden kann mittels verschiedener Werkzeuge erfolgen. Es wird ein hohes Maß an Interaktion angestrebt, um den heterogenen und zum Teil komplexen Lernzielen der unterschiedlichen Akteure gerecht zu werden.

Es besteht eine Vielzahl an Möglichkeiten der Interaktion. Foren ermöglichen einen Austausch sowohl mit anderen Lernenden, als auch zum Teil mit der Lernbegleitung der OLP. Online-Sprechstunden bieten einen geschlossenen Rahmen für Lernende und Lernbegleiter. Weiterhin bieten die Zwischentests interaktive Elemente, um den Lernenden nur nach positiver Rückmeldung der OLP das Beginnen eines nächsten Kurses innerhalb eines Modules zu ermöglichen. Ein Teil der Planungsaufgabe zur abschließenden Prüfung der Lernenden besteht in der Nutzung des Web-Based-Training (WBT) *learn2compost*, wobei ein automatisches Feedback erfolgt und den Lernenden ermöglicht, das WBT bei falscher Eingabe der Daten zu wiederholen. Die Abschlussprüfung bietet eine Interaktion zwischen Lernbegleitung und Lernenden, da es einer asynchronen Korrektur bedarf.

5.4.5 Layout

Nach Höbarth (2013) beinhaltet die erfolgreiche Gestaltung von Online-Lernplattformen (OLP) zum einen das zu vermittelnde Wissen, zum anderen aber auch dessen Arrangement und Organisation. Das Konzept sollte optisch ansprechend sein, um Interesse zu wecken. Die Startseite ist aus mehreren Gründen von Bedeutung, da sich die Lernenden unmittelbar angesprochen fühlen sollten:

1. Bin ich hier richtig? – Weiterleitung zu passendem Kurs
2. Motivation – Was soll das Ganze?
3. Kalender

4. Aktuelles im BLOG
5. Links und Kontakte
6. Forum

Eine einfache Navigation unter Vermeidung von Dopplungen ist anzustreben. Da das Konzept vollständig ohne Präsenzanteile auskommen soll und selbsterklärend aufgebaut sein soll, ist der Aufbau der Startseite übersichtlich zu gestalten und es sollte die Lernenden sicher zu ihren Modulen und dessen Nutzung führen. Auf eine Anleitung wird bewusst verzichtet, um den entdeckenden Charakter der OLP zu erhalten. Eine Videoansprache zu Beginn als Einstieg in das Thema kann beispielsweise das Kennenlernen unterstützen sowie das Wecken von Interesse fördern. Auf der Startseite werden die Lernenden willkommen geheißen. Die unterschiedlichen Akteure sollen mittels eines gut strukturierten Aufbaus angesprochen werden, weshalb Aufwand in ein attraktives und übersichtliches Design investiert werden sollte. Folgend werden die Module nach Akteuren angelegt, damit sich jeder Lernende wiederfindet und einordnen kann. Inhaltliche Überschneidungen werden innerhalb der OLP auf Grund des modularen Aufbaus verlinkt, so dass für die Konzeptentwicklung im Rahmen der Umsetzung keine unübersichtlichen Dopplungen entstehen. Teilnahmebedingungen sowie Impressum und Kontaktmöglichkeiten sind klar zu positionieren.

5.4.6 Motivation

Die Hauptziele des Motivationsdesigns bestehen zum einen in der Weckung von Interesse und Begeisterung für die Online-Lernplattform (OLP) in einer ersten Phase. Zum anderen sollen die Lernenden motiviert bleiben, um die Nutzung sowie einen erfolgreichen Abschluss des Modules anzustreben. Das Entscheidungsfeld der Motivation kann nicht eigenständig betrachtet werden, sondern stellt das Produkt aus dem Zusammenwirken aller Entscheidungsfelder dar. Unterschiedliche Lernwerkzeuge können in die OLP integriert werden, um die Lernenden zu motivieren, sich aktiv mit den Lerninhalten auseinanderzusetzen. Folgende Bereiche ermöglichen die Entwicklung unterschiedlicher didaktischer Szenarien (Höbarth 2013) und (Wiegrefe 2011):

- Informationsvermittlung
- Kommunikation
- Kooperation
- Kollaboration
- Prüfung
- Selbstreflexion
- Aufsicht
- Evaluation
- Feedback

Der Bereich der Informationsvermittlung erfolgt über die Kursinhalte sowie über die Textboxen im Entscheidungsfeld Inhalt und Struktur. Eine Kommunikation, Kooperation und Kollaboration verschiedener teilnehmender Akteure wird in der Hauptsache im Bereich der

Abschlussprüfung ermöglicht, welche, vor allem im Bereich der Planungsaufgabe beispielsweise der Gruppe 1 (Studium und Wissenschaft), das Zusammenarbeiten teilnehmender Akteure auf globaler Ebene unterstützt. Weiterhin wird ein internationaler Austausch von Wissen und Erfahrungen durch die eingesetzten Technologien im Bereich Social Media angestrebt: Medien der Kommunikation sind durch das Anbieten einer Sprechstunde und eines Forums gegeben. Prüfung und Selbstreflexion erfolgen an mehreren Stellen der OLP: In den Bereichen der Eingangs- und Zwischentests sowie der Abschlussprüfung. Eine Aufsicht ist spätestens ab Beginn der Abschlussprüfung sichergestellt. Eine Evaluation sowie Feedback erfolgen über die Bewertung des Absolvierens des Modules.

Das Zusammenspiel einer schlüssigen didaktischen und technischen Formatauswahl, einem modularen Aufbau aktueller Inhalte, verschiedener multimedialer Sequenzen zur attraktiven Aufbereitung der Inhalte, einer Nutzung verschiedener interaktive Möglichkeiten sowie ein attraktives und ansprechendes Layout ergeben ein motivierendes Gesamtkonzept, das den Lernenden die gewünschten Kompetenzen vermitteln kann.

5.5 Usability, Evaluation und Qualitätssicherung

Die Benutzerfreundlichkeit (Usability) der Online-Lernplattform (OLP) umfasst, angelehnt an Niegemann et al. (2008), die folgenden Fragestellungen:

- Können die Lernenden alle Kurse der Module ohne Einschränkung ausführen?
- Werden die Erwartungen der Lernenden an das jeweilige Modul erfüllt?
- Inwieweit ermöglicht die Gestaltung der Module die Erfüllung der individuellen Lernziele der Lernenden?
- Gewährleistet die Gestaltung der Module einen Kompetenzerwerb ohne unverhältnismäßig hohe Anstrengungen seitens der Lernenden?

Durch das Einplanen von Testläufen des umzusetzenden Konzeptes sowie durch sorgfältig konzipierte Befragungen der Lernenden zu oben genannten Fragestellungen im Anschluss an das Durchlaufen des entsprechenden Modules, werden die Benutzerfreundlichkeit und die Qualitätssicherung durch Evaluation sichergestellt (Niegemann et al. 2008). Im Anschluss an das Durchlaufen eines Modules, sollte die Evaluation in Form einer anonymen schriftlichen Befragung aller Lernenden mittels einer automatisch übermittelten E-Mail per Online-Befragung erfolgen. Es ist wichtig, Anonymität zu gewährleisten. Es werden Elemente der standardisierten sowie der halbstrukturierten Befragung kombiniert. Die standardisierte Befragung beinhaltet vorformulierte Aussagen, die mit Werten einer Einschätzungsskala von „voll zutreffend“ bis „nicht zutreffend“ angekreuzt werden können. Es folgen Freitextfelder, in denen die Lernenden in zusammenhängenden Sätzen oder stichpunktartig zu einer Frage oder einer Aussage Stellung nehmen können (Niegemann, et al. 2008). Auf Grund der Heterogenität der Lernenden in den sieben Modulen wird empfohlen, sieben verschiedene inhaltlich abgestimmte Evaluationsbögen zu entwickeln. Die Ergebnisse der Evaluationen

sollten als Grundlage für die Optimierung der OLP verwendet werden und somit zur Sicherung der Qualität beitragen.

6. UMSETZUNG

Die Umsetzung des E-Learning-Konzeptes resultiert aus der durchgeführten Recherche in Kapitel 2, geleisteter Vorarbeiten im Rahmen der exemplarischen Content-Transformation in Kapitel 3 und der Konzeptentwicklung in Kapitel 5. Die Umsetzung stellt die finalen Kursstrukturen innerhalb der sieben Module im Rahmen der zu planenden Online-Lernplattform (OLP) dar. Anschließend werden Anforderungen an eine zu wählende Software zur möglichen Umsetzung der OLP diskutiert und anhand einer exemplarischen Umsetzung am Beispiel der Software Moodle© verdeutlicht. Eine Auswahl an Screenshots sowie eine Darstellung von Möglichkeiten einer nachhaltigen Implementierung und Nutzung der OLP schließen das Kapitel ab.

6.1 Aufbau der Online-Lernplattform (OLP)

Resultierend aus der Konzeptionierung der sieben entwickelten Module erfolgt ein themenorientierter Aufbau der OLP, so dass die Lernenden, im Rahmen eines eigenverantwortlich gewählten Zeitmanagements, Kompetenz erwerben können.

Die ersten Kurse eines jeden Modules zur Motivation und zur Abfallressourcenwirtschaft (ARW) sind für alle Lernenden obligatorisch, um nachhaltiges Handeln anzuregen und eine Stärkung des Problembewusstseins als Teil einer nachhaltigen Bildung (siehe Kapitel 2.1) zu entwickeln. Obwohl die nachfolgenden Kurse in beliebiger Reihenfolge durchlaufen werden können, werden die Kurse der einzelnen Module in den folgenden Abschnitten auf Grund der Vergleichbarkeit zwischen den sieben Modulen nummeriert und in einer Reihenfolge dargestellt.

6.1.1 Modul 1: Studium und Wissenschaft

Dieses Modul sollte dem inhaltlichen Umfang von einem Semester (etwa sechs Monate) entsprechen, richtet sich an Studierende und wissenschaftliches Personal an Universitäten, Hochschulen und vergleichbaren Institutionen und ist in Abbildung 28 dargestellt. Die Themenorientierung ist bei Bedarf in eine Wochenorientierung umzuwandeln, da die Inhalte eines Kurses etwa einer Vorlesungswoche mit drei Semester-Wochen-Stunden entsprechen sollten. Dies ermöglicht zum einen die Integration in einen laufenden wochenorientierten Universitätsbetrieb und zum anderen eine themenorientierte Einbindung externer Lernender. Die Zusammenarbeit mehrerer Lernender kann durch eine Gemeinschaftsarbeit im Rahmen einer Planungsaufgabe der abschließenden Prüfung unterstützt werden. Die Lernenden erhalten die Möglichkeit, im Rahmen einer nationalen oder internationalen Zusammenarbeit einer oder mehrerer Universitäten zusammenzuarbeiten und die Planungsaufgabe gemeinsam zu absolvieren. Eine Einbindung in das European-Credit-Transfer-System (ECTS) ist zu empfehlen, damit den Studierenden eine Anrechnung ihrer Leistungen an ihrer Heimatuniversität ermöglicht werden kann.

Die Anlagenplanung und Dimensionierung erfolgt problembasiert im Rahmen der finalen Planungsaufgabe. Planung und Entwurf beinhalten die (lokalen) Rahmenbedingungen, die zu berücksichtigen sind, um ein Konzept zu entwerfen beziehungsweise ein geeignetes Verfahren zu wählen. Es gibt verschiedene Varianten der Aufgabenstellung. So können eine oder mehrere Aufgaben online oder offline heruntergeladen, bearbeitet und wieder hochgeladen werden und ähnelt dem Ausarbeiten einer Studien- oder Projektarbeit. Es besteht die Möglichkeit, Korrekturen, Deadlines und Bewertungen einzubinden (Bewertung und Feedback). Höbarth (2013) empfiehlt, die notwendigen Informationen zum Bearbeiten der Aufgabe in den Arbeitsmaterialien zur Verfügung zu stellen. Die Bewertung der Aufgabe kann zu Übungszwecken, verbal mittels einer festgelegten Bewertungsskala oder mittels Benotung erfolgen. Höbarth (2013) beschreibt die Möglichkeit, ein Weblog (siehe Kapitel 2.2.3) einzuführen: Dieses Werkzeug eignet sich als privates Weblog, welches ausschließlich von den Lernbegleitern eingesehen werden kann, als Lern- oder Lesetagebuch sowie zum Brainstorming.

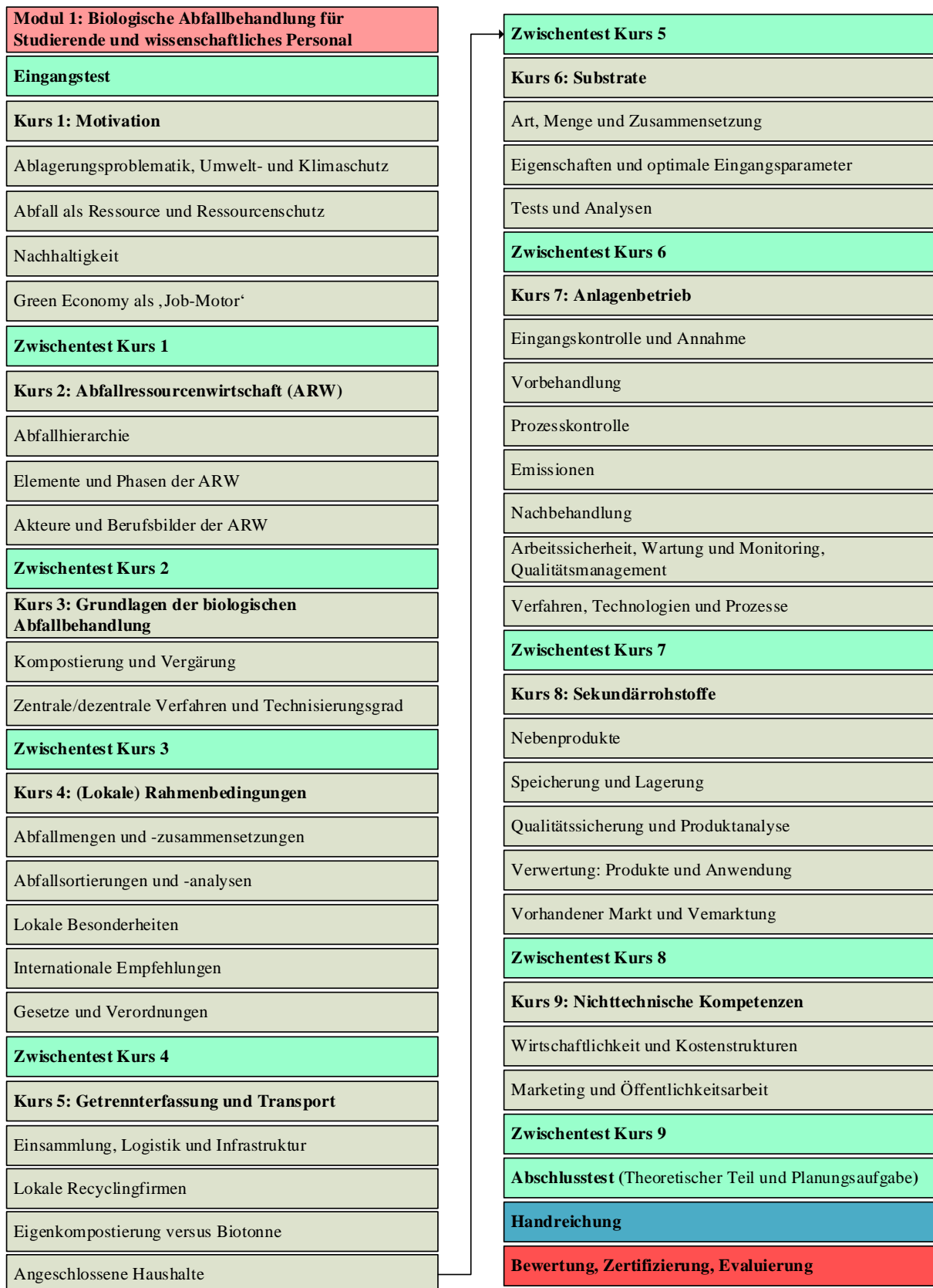


Abbildung 28: Umsetzung Modul 1 (Studium und Wissenschaft)

6.1.2 Modul 2: Anlagenplanung, -bau und -betrieb

Modul 2 (siehe Abbildung 29) bietet themenorientierte Kurse für Personal im Bereich Anlagenplanung, -bau und -betrieb an, so dass die Lernenden laufend im Rahmen ihres Zeitmanagements beginnen können. Im Gegensatz zum ersten Modul soll die zu erwerbende Kompetenz komprimiert und praxisorientiert vermittelt werden, da es für das Weiterbildungs- und nicht für das Ausbildungssegment konzipiert werden soll. Somit sind zwar einige Namen der Kurse und deren Themenbereiche identisch zu Modul 1, aber die Inhalte unterscheiden sich auf Grund des operativen Wissensschwerpunktes und des mittleren bis fortgeschrittenen Lernniveaus.

Der Erwerb nichttechnischer Kompetenzen (siehe Kurs 9 in Abbildung 29) bildet, neben dem Erwerb der technischen Kompetenzen, einen Schwerpunkt.

Das Modul endet mit einem Abschlusstest und gegebenenfalls mit einer Zertifizierung. Anschließend wird den Lernenden eine Handreichung bereitgestellt, so dass auch zukünftig möglicherweise auftretende Probleme während der Berufsausübung selbstständig gelöst werden können. Dies leistet einen Beitrag zur nachhaltigen Kompetenzvermittlung. Die Abschlussprüfung für die Planenden beinhaltet neben den für alle Akteure dieses Modules zu beantwortenden Fragen die Bearbeitung und Lösungsfindung einer Planungsaufgabe nach dem Prinzip des Problem-Based-Learning (siehe Kapitel 2.2.3).

Modul 2: Biologische Abfallbehandlung für Personal aus den Bereichen Anlagenplanung, -bau und betrieb	Zwischentest Kurs 5
Eingangstest	Kurs 6: Substrate
Kurs 1: Motivation	Art, Menge und Zusammensetzung
Ablagerungsproblematik, Umwelt- und Klimaschutz	Eigenschaften und optimale Eingangsparameter
Abfall als Ressource und Ressourcenschutz	Tests und Analysen
Nachhaltigkeit	Zwischentest Kurs 6
Green Economy	Kurs 7: Anlagenbetrieb
Zwischentest Kurs 1	Eingangskontrolle und Annahme
Kurs 2: Abfallressourcenwirtschaft (ARW)	Vorbehandlung
Abfallhierarchie	Prozesskontrolle
Elemente und Phasen der ARW	Emissionen
Akteure der ARW	Nachbehandlung
Zwischentest Kurs 2	Arbeitssicherheit, Wartung und Monitoring, Qualitätsmanagement
Kurs 3: Grundlagen der biologischen Abfallbehandlung	Verfahren, Technologien und Prozesse
Kompostierung und Vergärung	Zwischentest Kurs 7
Zentrale/dezentrale Verfahren und Technisierungsgrad	Kurs 8: Sekundärrohstoffe
Zwischentest Kurs 3	Nebenprodukte
Kurs 4: (Lokale) Rahmenbedingungen	Speicherung und Lagerung
Abfallmengen und -zusammensetzungen	Qualitätssicherung und Produktanalyse
Abfallsortierungen und -analysen	Verwertung: Produkte und Anwendung
Lokale Besonderheiten	Vorhandener Markt und Vermarktung
Internationale Empfehlungen	Zwischentest Kurs 8
Gesetze und Verordnungen	Kurs 9: Nichttechnische Kompetenzen
Aufsichts- und Überlassungspflichten, Genehmigungsverfahren	Wirtschaftlichkeit und Kostenstrukturen
Zwischentest Kurs 4	Marketing und Öffentlichkeitsarbeit, Beschwerdemanagement
Kurs 5: Getrennterfassung und Transport	Mitarbeiterschulung, -führung und soziale Kompetenz
Einsammlung, Logistik und Infrastruktur	Zwischentest Kurs 9
Eigenkompostierung versus Biotonne	Abschlusstest (Theoretischer Teil und Planungsaufgabe für Anlagenplanung)
Lokale Recyclingfirmen	Handreichung
Angeschlossene Haushalte	Bewertung, Zertifizierung, Evaluierung

Abbildung 29: Umsetzung Modul 2 (Anlagenplanung, -bau und -betrieb)

6.1.3 Modul 3: Werkpersonal der Anlage

Modul 3, dargestellt in Abbildung 30, richtet sich an das Werkpersonal biologischer Abfallbehandlungsanlagen. Die zu erwerbende Kompetenz mit operativem Wissensschwerpunkt sollte komprimiert und praxisorientiert auf einem grundlegenden Lernniveau vermittelt werden. Gleiche Kursnamen zu Modul 2 ermöglichen zum Teil identische Arbeitsmaterialien und Inhalte zu diesem Modul. Auf Grund unterschiedlicher Lernniveaus und Verantwortungsbereiche der teilnehmenden Akteure, stellt sich Modul 3 aber weniger umfangreich dar.

Das Modul endet mit einem theoretischen Abschlusstest und gegebenenfalls einer Zertifizierung. Anschließend wird den Lernenden eine Handreichung bereitgestellt, so dass auch zukünftig möglicherweise auftretende Probleme während der Berufsausübung selbstständig gelöst werden können. Dies leistet einen Beitrag zu einer nachhaltigen Kompetenzvermittlung. Der Abschlusstest beinhaltet zu beantwortende Fragen in Anlehnung an eine direkte Instruktion (siehe Kapitel 2.2.3).

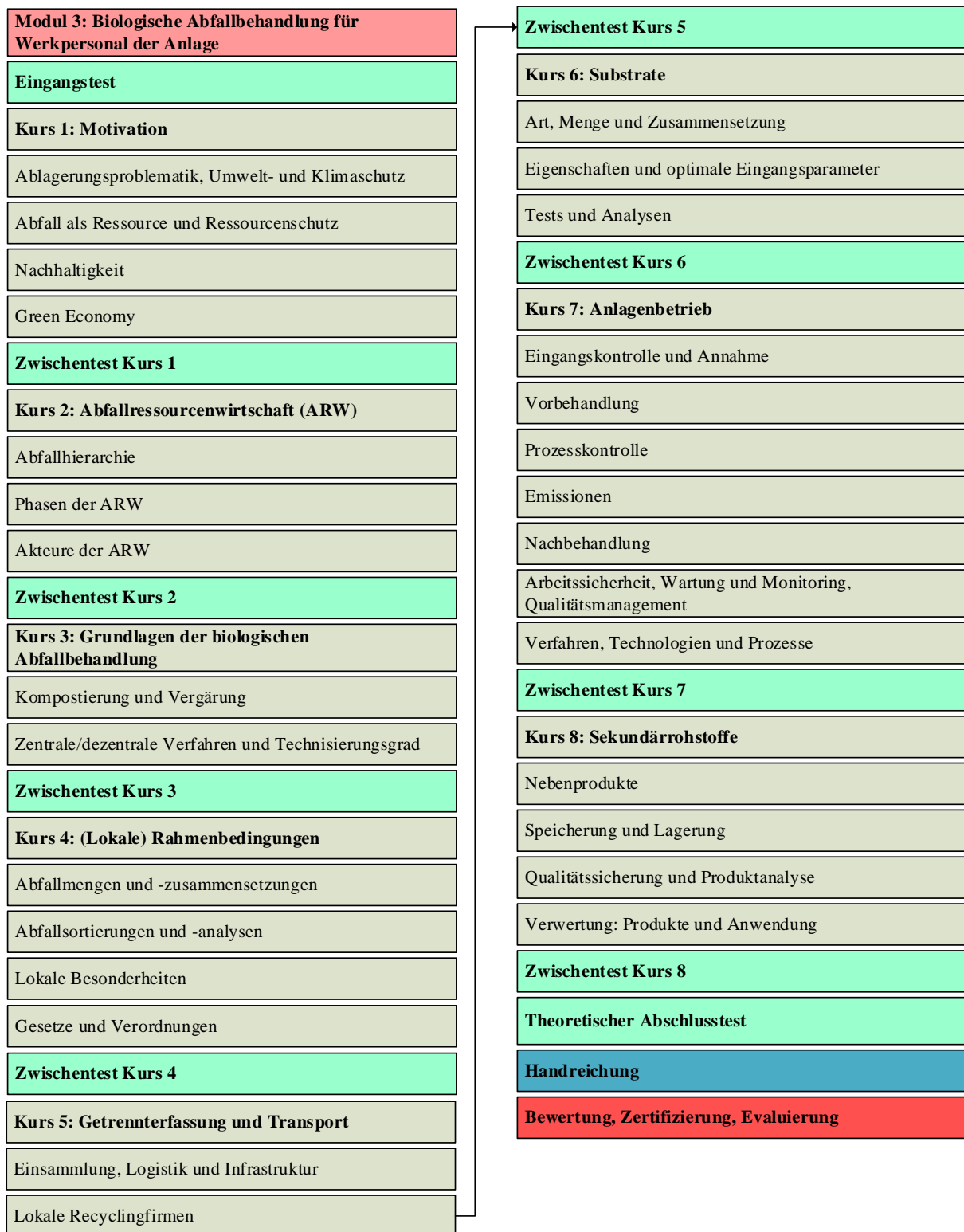


Abbildung 30: Umsetzung Modul 3 (Werkpersonal der Anlage)

6.1.4 Modul 4: Politische Entscheidungsträger

Die politischen Entscheidungsträger sollen unter Berücksichtigung aller Randbedingungen zu einer eigenen Entscheidung finden und diese (vor allem nach außen) vertreten können. Abbildung 31 bildet die geplante Umsetzung des Modules 4 ab. Die themenorientierten Kurse mit strategischer Ausrichtung schließen mit einer Prüfung, angelehnt an die direkte Instruktion (siehe Kapitel 2.2.3), ab.

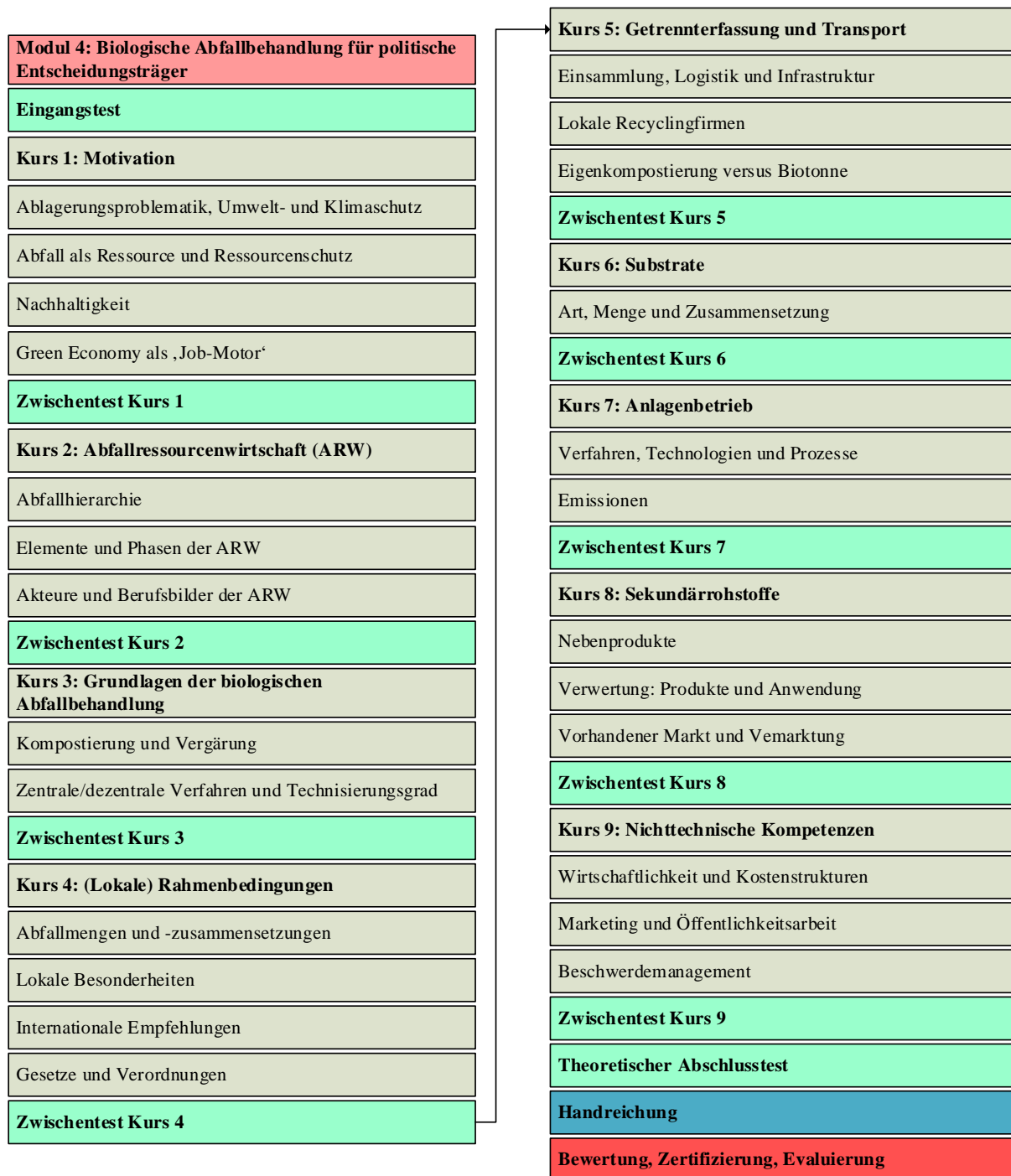


Abbildung 31: Umsetzung Modul 4 (politische Entscheidungsträger)

6.1.5 Modul 5: Gemeinden und Kommunen, Abfallberatung und Entsorgung

Abbildung 32 bildet die themenorientierte Umsetzung des fünften Moduls für Personal im Bereich der Gemeinden und Kommunen sowie der Abfallberatung und Entsorgung ab.

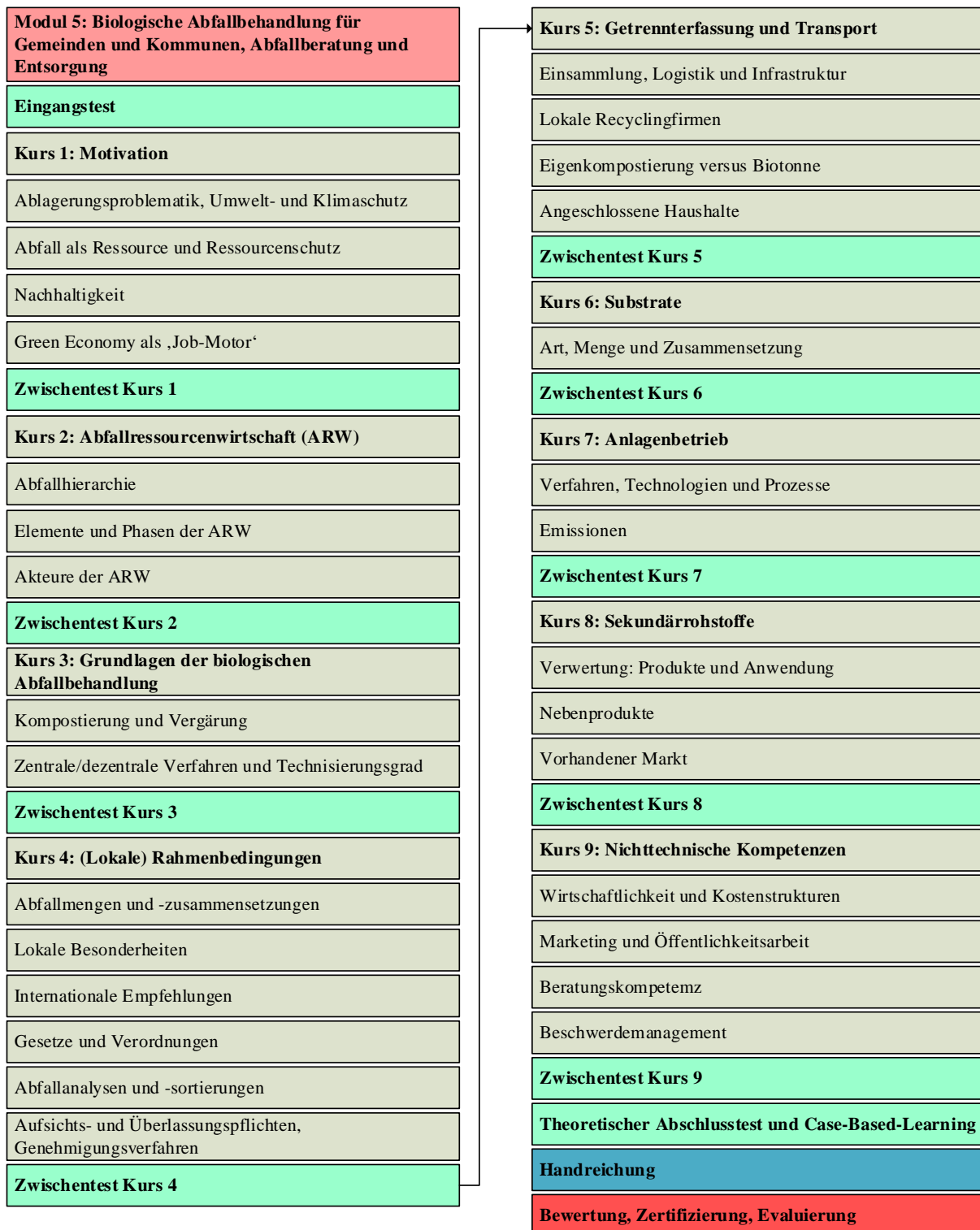


Abbildung 32: Umsetzung Modul 5 (Gemeinden und Kommunen, Abfallberatung und Entsorgung)

In den Kursen 6 und 7 der Bereiche Substrate und Anlagenbetrieb werden nur grundlegende Inhalte vermittelt. Ein Schwerpunkt liegt beispielsweise auf dem Kurs 4 der lokalen Rahmenbedingungen. Es ist wichtig, dass die Lernenden in diesem Bereich ein umfassendes Wissen erlangen, um vor Ort Bürger zu beraten, die Abfallentsorgung zu organisieren oder verwaltende und administrierende Aufgaben im Bereich der Gemeinden und Kommunen erfolgreich wahrzunehmen.

Die Lernenden erwerben Kompetenzen, um Wissen aus dem Bereich der biologischen Abfallbehandlung mit einem operativen Wissensschwerpunkt in der Praxis auf einem mittleren bis fortgeschrittenen Lernniveau anzuwenden. Nach der Teilnahme an dem Eingangstest sowie dem erfolgreichen Absolvieren der Kurse, folgt ein abschließender theoretischer Test, um gelerntes Wissen anzuwenden. Denkbar ist die Umsetzung einer Beratungsaufgabe in Form eines möglicherweise real auftretenden Problems angelehnt an das Format des Case-Based-Learning (siehe Kapitel 2.2.3).

Abschließend können die Lernenden eine zusammenfassende Handreichung herunterladen und ihre Leistungen zertifizieren lassen. Es folgt eine Evaluation zur Qualitätssicherung des absolvierten Modules.

6.1.6 Modul 6: Informelle Wertstoffsammlung, Nichtregierungsorganisationen (NRO) und Non-Profit-Organisationen (NPO)

Modul 6 (siehe Abbildung 33) richtet sich an die informellen Wertstoffsammelnden und an Personal von Nichtregierungsorganisationen (NRO) und Non-Profit-Organisationen (NPO). Die themenorientierten Kurse können von den Lernenden laufend im Rahmen ihres Zeitmanagements begonnen werden. Die zu erwerbende Kompetenz ist komprimiert und praxisorientiert auf grundlegendem bis mittlerem Lernniveau zu vermitteln, da es für das Weiterbildungs- und nicht für das Ausbildungssegment konzipiert werden soll.

Das Modul endet mit einem Abschlusstest und gegebenenfalls mit einer Zertifizierung. Die Abschlussprüfung beinhaltet zu beantwortende Fragen in Anlehnung an eine direkte Instruktion (siehe Kapitel 2.2.3) sowie eine Planungsaufgabe mittels des Web-Based-Training *learn2compost* (siehe Kapitel 3.1.3). Anschließend wird den Lernenden eine Handreichung bereitgestellt, so dass auch zukünftig möglicherweise auftretende Probleme während der praktischen Ausübung selbstständig gelöst werden können. Dies leistet einen Beitrag zur nachhaltigen Kompetenzvermittlung.

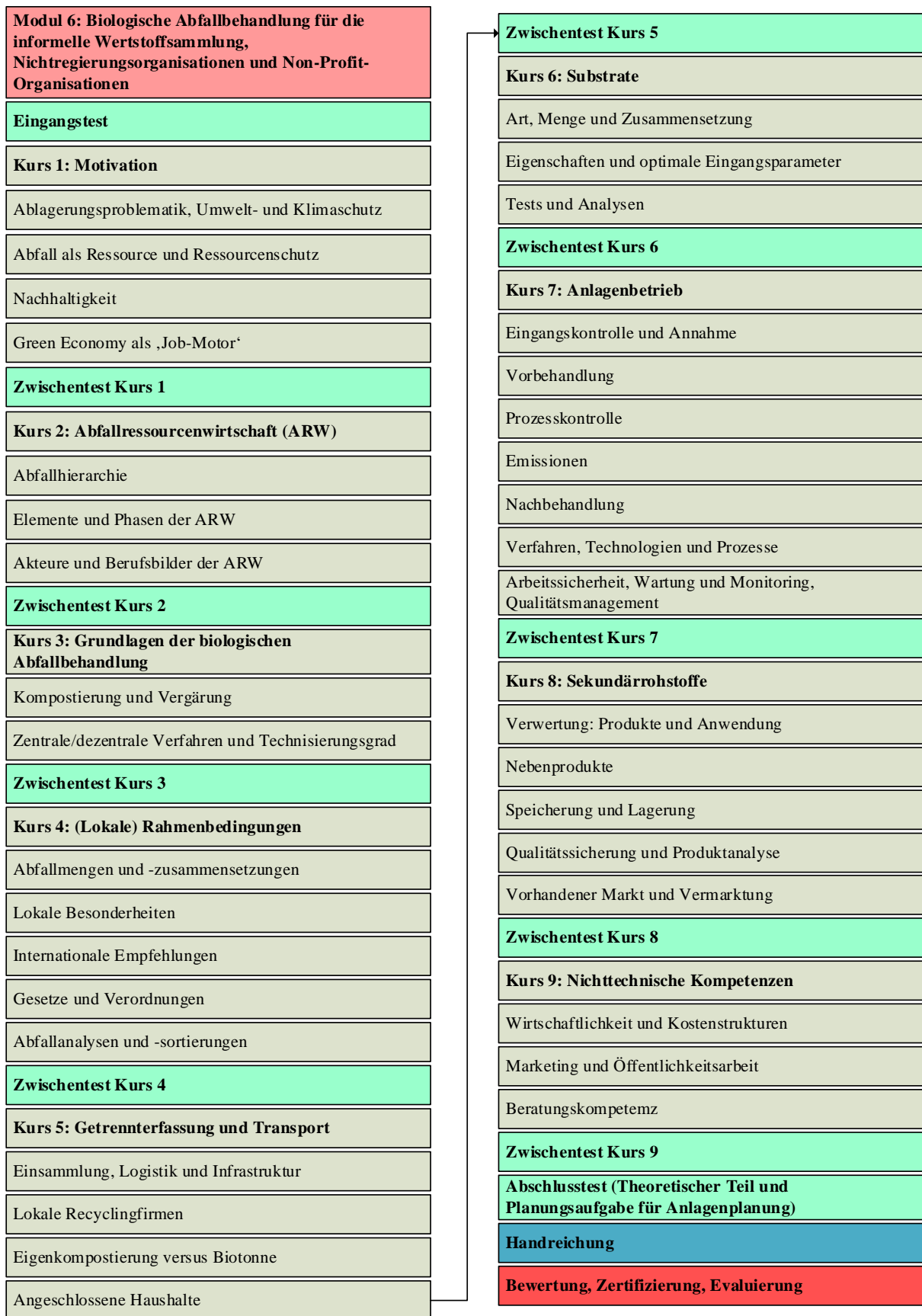


Abbildung 33: Umsetzung Modul 6 (informelle Wertstoffsammlung, Nichtregierungsorganisationen/Non-Profit-Organisationen)

6.1.7 Modul 7: Interessierte Öffentlichkeit, Medien, pädagogisches Personal Kindergarten und Schule

Das Modul, dargestellt in Abbildung 34, richtet sich an interessierte Bürger, Schulkinder, Lehrpersonal, Erziehende oder Mitarbeitende im Bereich Medien. Die Hauptmotivation stellt die (Weiter)Bildung dar. Themenorientiert werden informative Grundlagen auf grundlegendem bis mittlerem Lernniveau vermittelt. Der Abschlusstest beinhaltet einen theoretischen Prüfungsteil.

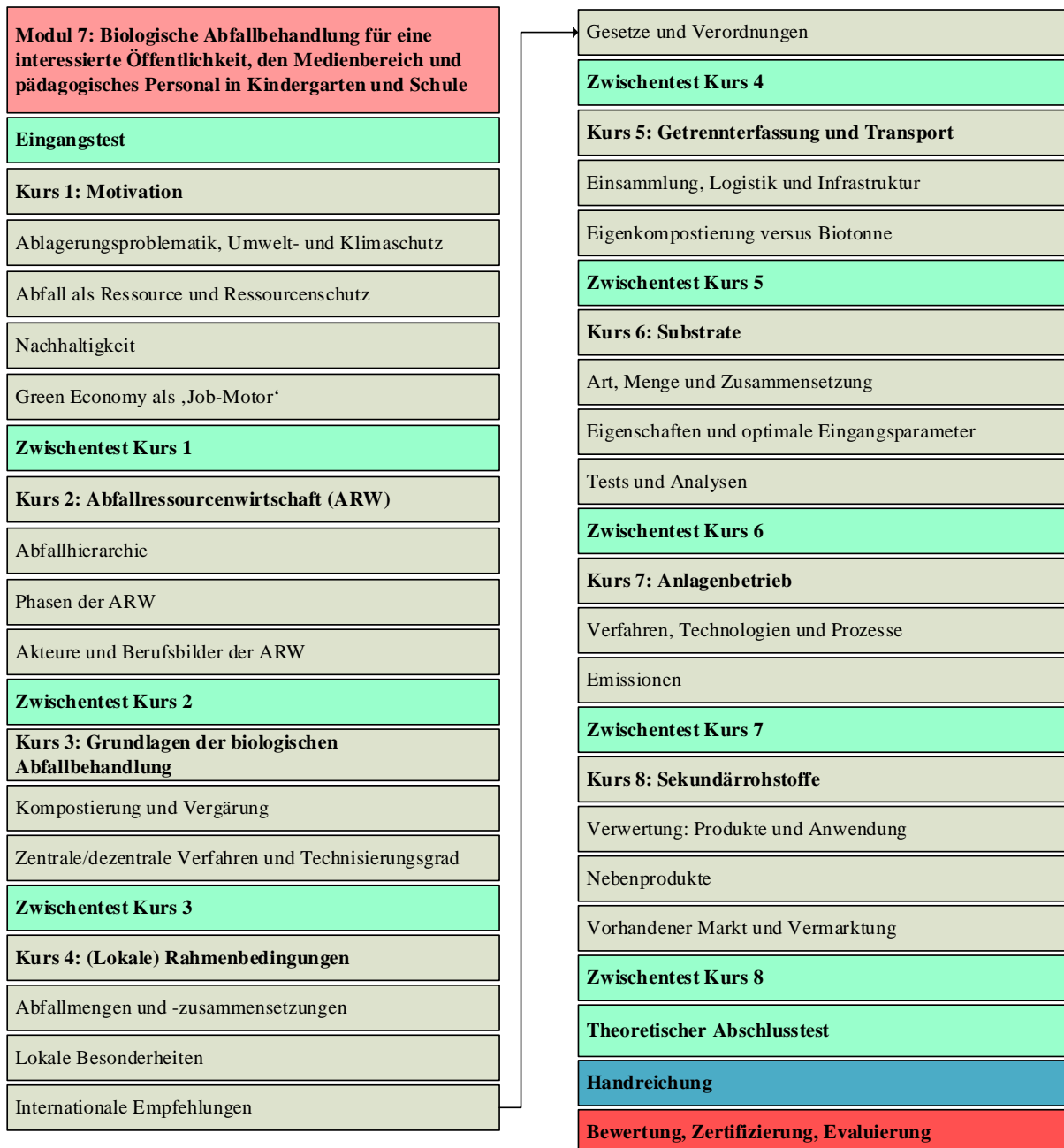


Abbildung 34: Umsetzung Modul 7: Interessierte Öffentlichkeit, Medien, pädagogisches Personal Kindergarten/Schule

Es werden keine nichttechnischen Kompetenzen vermittelt, da es sich um einen informativen Wissensschwerpunkt handelt. Es ist davon auszugehen, dass die teilnehmenden Akteure aus eigenem Antrieb Kompetenzen im Bereich der biologischen Abfallbehandlung erwerben wollen und das Kompetenzen, beispielsweise in den Bereichen Beratung oder Beschwerdemanagement, nicht benötigt werden.

6.2 Exemplarische Umsetzung des Konzeptes auf Basis einer verfügbaren Software

Allgemeine Anforderungen an eine zu wählende Software zur Umsetzung der konzipierten Online-Lernplattform (OLP) sind zu formulieren, um eine mögliche Software zu wählen und exemplarisch auf das Konzept anzuwenden.

6.2.1 Allgemeine Anforderungen an eine zu wählende Software

In Anlehnung an die Open-Educational-Resources (OER) (siehe Kapitel 2.2.3.3) sollte eine kostenlose, im Internet frei verfügbare Software gewählt werden. Es ist wichtig, dass allen Lernenden ein einfacher Zugang via Internet ermöglicht wird, da Zugangsprobleme stark demotivierend wirken können. Aufgrund des gewünschten selbstgesteuerten Lernens ist eine intuitive Bedienung, eine übersichtliche Navigation und ein modularer Aufbau des umzusetzenden E-Learning-Konzeptes, und somit der zu wählenden Software gewünscht. Es ist wichtig, dass sich sowohl Lernbegleiter als auch Lernende schnell zurechtfinden können und die geplante Anwendung nach geringer Einarbeitungszeit benutzen können. Aus diesen Gründen sollte bewusst auf die Installierung eines Benutzerhandbuchs verzichtet werden. Dies würde dem integrativen Ansatz (siehe Kapitel 2.2.2) widersprechen, dass die Lernenden eigene Wege zur Problemlösekompetenz gehen können. Somit ist eine übersichtlich und klar strukturierte Benutzeroberfläche wichtig. Da die Möglichkeit gegeben werden sollte, Module fortlaufend zu beginnen und sowohl synchrone, als auch asynchrone Betreuung Bestandteil des Konzeptes ist, ist eine leichte Administration sowie der Service-Gedanke der Softwareentwicklung und die Möglichkeit einer einfachen Aktualisierung wichtig. Inhalte müssen auf dem aktuellen Stand gehalten und den wissenschaftlichen Neuerungen entsprechend angepasst werden können. Der Gedanke des lebenslangen Lernens gilt seitens der Lernbegleiter und seitens der Lernenden. Aufgrund der Vielzahl und Komplexität der anzubietenden Kurse ist eine hohe Leistungsfähigkeit der Software gefordert. Des Weiteren ist der Gedanke einer integrativen beziehungsweise konstruktivistischen Lerntheorie der Software zu Grunde zu legen (siehe Kapitel 2.2.2). Die Bildung kreativer Netzwerke sowie gemeinsames Lernen ist zu unterstützen. Final ist es wichtig, die Inhalte in verschiedenen Sprachen anzubieten, weshalb die zu wählende Software international aufgestellt sein muss. Resultierend aus den genannten Anforderungen an die zu wählende Software zur Umsetzung des E-Learning-Konzeptes, werden folgende Kriterien definiert (Kühnel und Kuchta 2014), (Wiegrefe 2011) und (Höbarth 2013):

- OER-Software
- Einfacher Zugang für teilnehmende Akteure via Internet

- Einfache Bedienung/Usability/Benutzerfreundlichkeit
- Übersichtliche, klar strukturierte, selbsterklärende Benutzeroberfläche
- Leichte Administration, Service, Aktualisierung
- Hohe Leistungsfähigkeit
- Unterstützung von Netzerkennung
- Unterstützung integrativer/konstruktivistischer lerntheoretischer Ansätze
- Unterstützung verschiedener E-Learning-Formate und Technologien
- Unterstützung eines modularisierten Aufbaus
- Sprachliche Vielfalt

6.2.2 Auswahl einer Software am Beispiel Moodle©

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird eine mögliche Realisierung mittels der Software Moodle© zur technischen Umsetzung empfohlen und vorgestellt, da Moodle© die identifizierten Anforderungen aus folgenden Gründen erfüllen kann.

Laut Wiegrefe (2011) gilt Moodle© weltweit als das größte System für Lernmanagement im OER-Bereich (siehe Kapitel 2.2.3.3) und kommt in 211 Ländern zum Einsatz. Laut Höbarth (2013) hat sich Moodle© aus einem breit aufgestellten Angebot an internetbasierten Anwendungen erfolgreich durchsetzen können. Es handelt sich um ein Software-Paket, welches die Entwicklung und Durchführung internetbasierter Kurse ermöglicht (Moodle 2015) und einen konstruktivistischen Lehr- und Lernansatz unterstützt. Diese frei verfügbare Open-Source-Software unterliegt dem Copyright, ermöglicht allerdings eingeschränkte Freiheiten. So ist es erlaubt, die Software zu kopieren, zu benutzen und weiterzuentwickeln, unter der Bedingung, dass der Quellcode für andere zur Verfügung gestellt wird, ursprüngliche Lizenzangaben nicht geändert oder gelöscht werden und diese Lizenzbedingungen für alle Weiterentwicklungen ebenso gelten (Moodle 2015). Moodle© kann auf nahezu jedem Rechner installiert werden, der PHP verarbeiten kann und eine SQL-Datenbank unterstützt (zum Beispiel MySQL) und läuft unter Windows und Mac sowie auf unterschiedlichen Linux-Servern (Moodle 2015). Moodle© steht für eine modulare dynamische objekt-orientierte Lernumgebung (Modular-Object-Oriented-Dynamic-Learning-Environment) und unterstützt die Lernbegleiter und Lernenden, sich „intuitiv mit einer Tätigkeit zu beschäftigen“, sich „Dinge herauszupicken“ und somit zu neuen Einsichten zu kommen und neue Gedanken zu entwickeln (Moodle 2015). Mit Moodle© verbinden sich die Art und Weise, in der Moodle© entwickelt wurde und die Art und Weise, in der Lernbegleiter und Lernende miteinander interagieren können (Moodle 2015). Das Software-Paket basiert im Wesentlichen auf fünf Kernannahmen, welche das Lehren und Lernen betreffen (Moodle 2015):

- „Wir alle sind zu jeder Zeit Lehrende und Lernende zugleich“
- „Wir lernen dann besonders gut, wenn wir anderen etwas erklären oder etwas für andere entwickeln“
- „Wir lernen viel durch Beobachtung“
- „Wenn wir andere verstehen, verändern wir auch uns selbst“

- „Wir lernen gut, wenn die Lernumgebung flexibel ist und an die Bedürfnisse und Anforderungen angepasst werden kann“

Anfangs war Moodle© für Universitäten und Hochschulen konzipiert, kam jedoch sehr bald auch in vielen anderen Bildungsbereichen zum Einsatz. Auf Grund der Modularität, der Flexibilität, der hohen Sicherheit sowie einer freien Verfügbarkeit, konnte das Software-Paket eine breite Akzeptanz in Lern-Communities gewinnen. Diese reicht von Grundschulen bis hin zu großen Universitäten, Unternehmen und Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung. Moodle© unterstützt gleichermaßen Präsenz- und Online-Lehr-und-Lernarrangements (Moodle 2015). Laut Wiegrefe (2011) verfügt Moodle© über 86 unterschiedliche Sprachpakete. Die Lernenden können selbst entscheiden, welche Sprache sie sehen möchten.

6.2.3 Usability und Testphase: Beispielhafte Screenshots einer möglichen OLP mittels Moodle©

Im folgenden Abschnitt werden Screenshots einer beispielhaften Umsetzung einer OLP mit dem Namen *eTob* (E-Training-on-Biowaste) dargestellt, um die theoretischen Ansätze am Beispiel Moodle© praktisch zu veranschaulichen und zu testen. Die Abbildungen 35 bis 38 stellen die folgenden Beispiele dar: Den Entwurf einer möglichen Startseite (Abbildung 35) und Auszüge aus den Unterkursen *Eingangskontrolle und Annahme*, *Verfahren*, *Technologien und Prozesse* sowie *Anlagenplanung* (Abbildungen 36-38).

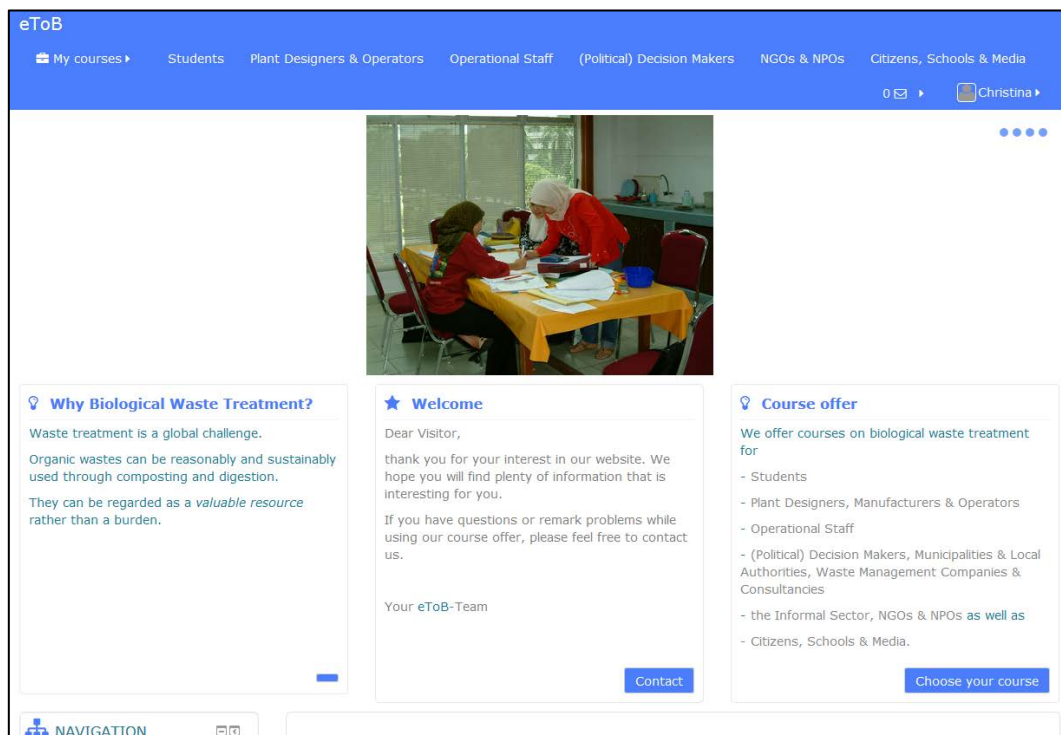


Abbildung 35: Screenshot der Startseite der Online-Lernplattform *eToB*

eToB

My courses ▾ Students Plant Designers & Operators Operational Staff (Political) Decision Makers NGOs & NPOs Citizens, Schools & Media

0 ✉ Christina ▾

Home > C > BI > S > C > B > O > G > 08 input control & weighing Edit page contents

08 input control & weighing

08 input control & weighing ⓘ

Preview Edit Reports Grade essays

Input control & weighing

As soon as a delivery of composting substrate arrives at the composting facility, input control and documentation have to be launched. An experienced facility worker can decide by sight control, whether pre-separation of the delivered substrate is necessary. Depending on the type of contaminants (plastic, metal etc.), the facility staff can also determine which separation technology is appropriate (if there are different possibilities available on site).

Certain contaminants can cause problems during the composting process. If large contaminants are directly visible in a delivery of substrate, advise good separation before composting or even consider refusing to accept the delivery as "uncompostable".

Usually, substrate deliveries are registered by type and weight. Weigh the truck containing the substrate at arrival and weigh it again in empty state after unloading. The difference yields the weight of the substrate. If weighing is not possible, measure the delivery volume instead. If it is important to have a value for the weight (for example for deduction), an appropriate value for the bulk density has to be found. This can be done by viewing Table 1 or by determining the bulk density of a representative sample as explained in course 07 Substrate check/tests and analyses. According to Peter Rauer, plant operator of a windrow composting facility in Wittenweier, Germany, a presumption of 380 kg/m³ for yard and park waste is appropriate [14].

After input control and weighing, the substrate can be stored if necessary. It is highly recommendable to store different substrates separately to prevent chemical and/or biological reactions from happening already in the storage phase. Whether a separated storing is possible directly after deliverance and registration depends highly on the separation degree of the delivered substrates. Storage of putrescible waste is undesirable and often very limited, as uncontrolled biological degradation is likely to happen [5]. The longest storage period possible is two days. Straw and other biologically stable

NAVIGATION

- Home
- My home
- Site pages
- My profile
- Current course
 - 08 input control & weighing (Box)
 - Participants
 - Badges
 - General
 - 08 input control & weighing
 - News forum
- My courses

ADMINISTRATION

- Lesson administration
 - Edit settings
 - Locally assigned roles
 - Permissions
 - Check permissions
 - Filters
 - Logs
 - Backup
 - Restore
 - Preview
 - Edit

Abbildung 36: Screenshot ‚Eingangskontrolle und Wiegung‘ der Online-Lernplattform eToB

eToB

My courses ▾ Students Plant Designers & Operators Operational Staff (Political) Decision Makers NGOs & NPOs Citizens, Schools & Media

0 ✉ Christina ▾

Home > C > BI > S > C > W > 1 > G > Edit page contents

10 process flow, types & dimensions

10 process flow, types & dimensions ⓘ

Preview Edit Reports Grade essays

Process flow, types & dimensions

Windrow composting is the most simple of all composting technologies. At the same time, it is the oldest composting method existing. Windrow composting is an open composting technology, which means that the compost is processed under a roof to hold precipitation and direct solar irradiation off, but it is not fully encapsulated. For windrow composting the substrate is stacked to elongated piles (see Figure 3), the so called "windrows".

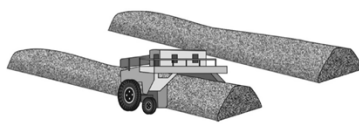


Figure 3: Windrow with windrow turner [7]

When planning a windrow composting plant, the designer has to decide on several implementation options. The first one is if natural ventilation is planned or if forced or vacuum-induced aeration is to be provided. Usually, natural windrows are aerated naturally, but active aeration allows enlarging the size of each windrow and thus reducing the number. There are two options for active aeration: Either the pressure inside the windrow is decreased to induce suction of fresh air from the outside (usually called "vacuum-induced aeration") or air is blown directly into the windrow from below, increasing the pressure inside in comparison to the outside ("forced aeration"). Both options are displayed in Figure 4.

NAVIGATION

- Home
- My home
- Site pages
- My profile
- Current course
 - 10 process flow, types & dimensions
 - Participants
 - Badges
 - General
 - News forum
 - 10 process flow, types & dimensions
- My courses

ADMINISTRATION

- Lesson administration
 - Edit settings
 - Locally assigned roles
 - Permissions
 - Check permissions
 - Filters
 - Logs
 - Backup
 - Restore
 - Preview
 - Edit

Abbildung 37: Screenshot ‚Verfahren, Technologien und Prozesse‘ der Online-Lernplattform eToB

The screenshot displays the eToB platform interface. At the top, there is a navigation bar with user roles like 'Students', 'Plant Designers & Operators', etc., and a user profile for 'Christina'. Below this is a breadcrumb trail: 'Home > C > BI > S > C > W > 1 > G > 15 site plan'. The main content area is titled '15 site plan' and includes a sub-section '15 site plan' with buttons for 'Preview', 'Edit', 'Reports', and 'Grade essays'. Below this is a 'Site plan' section with a descriptive paragraph and a diagram labeled 'Figure 11: Site plan windrow composting [14]'. The diagram shows a layout of a composting facility with 12 numbered areas. To the right of the diagram is a legend:

- 1 Gate
- 2 Input control and weighing
- 3 Storage area composting substrates
- 4 Windrow composting area
- 5 Work space sieving
- 6 Loading rack
- 7 Storage area ready compost
- 8 Storage area bark mulch
- 9 Workshop and machines
- 10 Finished products roofed
- 11 Container for minor devices
- 12 Collecting pond for wastewater

On the right side of the interface, there are two sidebars: 'NAVIGATION' with links like 'Home', 'My home', 'Site pages', 'My profile', 'Current course', '15 site plan', 'Participants', 'Badges', 'General', 'News forum', '15 site plan', and 'My courses'; and 'ADMINISTRATION' with links like 'Lesson administration', 'Edit settings', 'Locally assigned roles', 'Permissions', 'Check permissions', 'Filters', 'Logs', 'Backup', 'Restore', 'Preview', 'Edit', 'Reports', and 'Grade essays'.

Abbildung 38: Screenshot ‚Anlagenplanung‘ der Online-Lernplattform *eToB*

Auf Grund der unterschiedlichen Lernniveaus, resultierend aus den verschiedenen Wissensschwerpunkten und Bildungsständen, weisen die einzelnen Kurse unterschiedlicher Module größtenteils keine identischen Inhalte auf, was zu einer umfangreichen Umsetzung führt. Da jedoch verschiedene Kompetenzen zu erwerben sind, welche sich an den einzelnen Lernzielen und Leistungsniveaus orientieren, weisen die Kurse strategische, operative, informative oder akademische Merkmale auf und sind verschieden in ihrer Komplexität. Eine Vereinheitlichung würde zwar zu einer Erleichterung im Rahmen der Konzeptionierung und Umsetzung führen, hätte aber zur Folge, dass nicht alle teilnehmenden Akteure bedarfsgerechte Kompetenzen erhalten.

Im Unterschied zu den Inhalten in Textform können die meisten Bilder und Videos modulübergreifend verwendet werden. Auch der Aufbau der einzelnen Module ist für alle sieben Gruppen ähnlich.

Diese exemplarische Realisierung dient der Visualisierung des E-Learning-Konzeptes, um dieses verständlich und anschaulich darzustellen. Es ist in keiner Form ein fertiggestelltes Projekt, welches es zu präsentieren gilt. Dies war nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit.

6.3 Möglichkeiten einer nachhaltigen Implementierung und Nutzung der OLP

Im Folgenden werden Möglichkeiten einer nachhaltigen Implementierung des entwickelten E-Learning-Konzeptes in bestehende Bereiche des Capacity Building im Bereich der biologischen Abfallbehandlung vorgestellt und diskutiert.

6.3.1 Nachhaltigkeitsbetrachtungen zur OLP

Laut Arnold et al. (2013) sind folgende Aspekte im Rahmen einer Kostenstruktur für die umzusetzende OLP zu berücksichtigen, um dem Prinzip der Nachhaltigkeit zu genügen und Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten:

- Entwicklung der Inhalte
- Kursabwicklung
- Tutorielle Begleitung
- Laufende Pflege der Kursmaterialien

Diese Aspekte sind im Rahmen der Konzeptionierung und Umsetzung berücksichtigt worden. Ein solcher Aufwand ist nach Arnold et al. (2013) ausschließlich für Inhalte, welche über eine längere Zeit stabil und für viele Lernende einsetzbar sind, zu rechtfertigen. Nach Arnold et al. (2013) ist eine „Kostenführerschaftsstrategie“ wenig Erfolg versprechend, weshalb der Ansatz einer „Differenzierungsstrategie“ beziehungsweise der Betrachtung eines „pädagogischen Mehrwerts“ zu beleuchten ist. Dieser Ansatz begründet die Motivation der vorliegenden Arbeit (in Anlehnung an Arnold et al. (2013):

- „Räumliche Reichweitenerhöhung“: E-Learning-Konzept für Lernende, die aufgrund räumlicher Distanz keinen Zugang haben sowie Stärkung der Netzwerkbildung
- „Soziale Reichweitenerhöhung“: Erreichung unterschiedlicher Zielgruppen
- „Kompensation von Knappheit“
- „Differenzierung des Bildungsangebots“: Erwerben von unterschiedlichen Kompetenzprofilen, welche den Bedürfnissen der Nutzergruppen entsprechen.
- „Einrichten virtueller Gemeinschaften“: gemeinschaftliche Lernprojekte können Kompetenzerwerb erhöhen, Bildungsprozesse fördern und die Kommunikation stärken
- Einfacher Zugang zu Informationen
- Erreichung autodidaktischer Lernkompetenzen

Folgende strategische Faktoren sind nach Arnold et al. (2013) zu berücksichtigen, um die OLP nachhaltig zu implementieren:

1. Entwicklung von strategischen Kompetenzen
2. Gestaltung einer aufgabenorientierten Didaktik
3. Reorganisation der institutionell etablierten Struktur des Lehren und Lernens
4. Organisation virtueller Gemeinschaften
5. Entwicklung eines virtuellen Bildungsangebots in Kompetenzzentren

Existentiell ist die Schaffung von Infrastruktur zur Umsetzung genannter Punkte. Um einen nachhaltigen Erfolg, also eine breite Einführung und Nutzung der OLP zu erreichen und sicherzustellen, bedarf es eines sorgfältig erarbeiteten didaktischen Konzeptes sowie einer

Analyse möglicher strategischer Faktoren zur Implementierung der OLP in Hochschulen oder Bildungszentren.

6.3.2 Mögliche Strategien

Zur Umsetzung der OLP werden in diesem Abschnitt mögliche strategische Szenarien aufgezeigt und diskutiert, beispielsweise die Errichtung eines Kompetenzzentrums, einer Online-Weiterbildungsagentur, der Entwicklung von Joint-Courses und internationalen Masterprogrammen sowie einer möglichen Implementierung in dem hochschulübergreifenden Projekt „Hamburg Open Online University“ (HOOU 2016).

6.3.2.1 Errichtung eines Kompetenzzentrums innerhalb einer Hochschule oder Universität

Die Einrichtung eines Kompetenzzentrums gegebenenfalls durch Erweiterung, Reorganisation oder Integration in bereits bestehende Zentren und Strukturen (beispielsweise Hochschuldidaktik oder Rechenzentrum) bildet eine Möglichkeit. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist das Potenzial für ein solches Zentrum deutlich geworden, da eine Vielzahl, vor allem internationaler Partner und Kooperationen, eine Möglichkeit der Weiterbildung auf diesem Sektor vermisst und diese dringend erforderlich wäre. Gerade in dem Bereich der biologischen Abfallbehandlung benötigen die Akteure der internationalen Aus- und Weiterbildung dringend die Möglichkeit, ihre Mitarbeitenden auf den aktuellen Stand zu bringen. Aus diesem Grund ist die Entwicklung der Zertifizierung von großer Wichtigkeit. Dies würde ein kostenpflichtiges Angebot beinhalten. Aufgrund der Motivation der Ressourcenschonung und Umweltbildung wird zum kostenpflichtigen Angebot zusätzlich die Möglichkeit eines kostenlosen Angebotes empfohlen. Dies sollte mittels eines Gast-Zugangs realisiert werden, mittels welchem die Lernenden einen autodidaktischen Lehrgang ohne finale Prüfung und Zertifizierung absolvieren könnten.

Anreize für die Lernbegleiter in Form einer Bereitstellung von Ressourcen müssten geschaffen werden, um eine hohe Qualität zu erzielen, da die Aufbereitung des Lehrmaterials sowohl von Präsenzlehre auf E-Learning, als auch von Hochschulbildung zu Aus- und Weiterbildung, einen nicht zu unterschätzenden Mehraufwand bedeuten würde. Des Weiteren wird durch die kontinuierliche Belegung der Online-Kurse durch unterschiedliche Akteure (sowohl orts-, als auch bildungsbezogen) eine kontinuierliche Betreuung wichtig, um ein nachhaltiges Lehren und Lernen auf hohem Niveau zu garantieren.

Es besteht auch die Möglichkeit, die neuen teilnehmenden Akteure in eine bestehende hochschulinterne E-Learning-Struktur zu integrieren. Dies impliziert eine Zertifizierung über die erfolgreiche Teilnahme im Rahmen eines Gasthörer-Status. Weiterhin könnten Hochschulen eine Kooperation eingehen, um die vorhandenen Studienangebote zu kompletten Weiterbildungsangeboten mit einem zertifizierten Abschluss auszubauen. Somit wäre das Eingehen einer hochschulübergreifenden Koordination zur Erstellung virtueller Weiterbildungsangebote anzustreben.

6.3.2.2 Errichtung einer Online-Weiterbildungsagentur außerhalb einer Hochschule oder Universität

Arnold et al. (2013) thematisiert die Option für Hochschulen, eine „Online-Weiterbildungs-Agentur“ anzubieten, wodurch eine Hochschule zusätzlich zum traditionellen Hochschulstudium für weitere Interessengruppen geöffnet werden könnte. Ein aus- und weiterbildendes virtuelles Studienangebot könnte mittels E-Learning gut kommuniziert und beworben werden. Anpassungen und Erweiterungen aufgrund teilweise unterschiedlicher Weiterbildungsinteressen wären erforderlich. Die Einrichtung einer „Online-Weiterbildungsagentur“ wird empfohlen, um die virtuellen Weiterbildungsangebote aus den jeweiligen Fakultäten dem Weiterbildungsmarkt zu erschließen. Nach Arnold et al. (2013) empfiehlt sich eine eigenständige Gründung mehrerer Hochschulen per Kooperationsvertrag. Dadurch ergibt sich eine institutionelle Trennung und der Weiterbildungsmarkt kann umfassender erschlossen werden, da mehrere Hochschulen als Partner involviert sein könnten. Des Weiteren gibt es für die Nutzer nur einen Vertragspartner und somit nur eine Lernplattform, auf der alle Kurse zusammenlaufen würden. Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit, Nebentätigkeitsverträge für die Betreuung und den Fachdiskurs abzuschließen, so dass innerhalb der Hochschulen keine eigenen Anreize für die Aufgaben in der wissenschaftlichen Weiterbildung gesetzt werden müssten.

6.3.2.3 „Hamburg Open Online University“, internationale Masterkurse und Joint-Courses

Die Idee einer Vernetzung der Hamburger Universitäten zu einer „Hamburg Open Online University“ (HOOU 2016) bietet eine innovative Möglichkeit, neue Methoden des Lernens und des Kompetenzerwerbs universitätsübergreifend anbieten zu können.

Studierende, beispielsweise der Technischen Universität Hamburg-Harburg, sollten nach erfolgreichem Abschluss des Online-Kurses ihre erworbenen ECTS-Punkte anrechnen können. Angelehnt an die Praktiken von Iversity (2015) (siehe Kapitel 2.4), sollten externe Studierende die Möglichkeit erhalten, den Kurs zu besuchen, und sich die ECTS-Punkte an ihrer jeweiligen Universität anrechnen zu lassen. Dies bedarf einer Zusammenarbeit der jeweiligen Hochschulen. Erfahrungen belegen ein reges internationales Interesse an einem Online-Kurs. Primär seitens motivierter und engagierter Professorinnen und Professoren auf internationaler Ebene wird der Wunsch deutlich, ausgewählte Studierende in diesem Bereich auszubilden, da der Schwerpunkt der biologischen Abfallbehandlung oftmals fehlt. Die Implementierung von Joint-Courses, also dem parallelen gemeinsamen Lernen von Studierenden an unterschiedlichen Orten, könnte einen wichtigen Beitrag zum internationalen Verständnis abfallressourcenwirtschaftlicher Themen leisten.

7. ZUSAMMENFASSUNG, FAZIT UND AUSBLICK

In vielen sich entwickelnden Regionen hat die Abfallressourcenwirtschaft (ARW) nach wie vor ein schlechtes Image. Erforderliche Tätigkeiten werden häufig von Familien in Armut und Verelendung ausgeführt. Parallel vollzieht sich in anderen Teilen der Welt ein Wandel der ARW hin zu einem dynamischen Wirtschaftssektor. Die Implementierung einer Kreislaufwirtschaft zur Schonung von Ressourcen und Beitrag zum Klimaschutz stellen wichtige Faktoren dar. Resultierend aus der Endlichkeit vorhandener Rohstoffe generiert sich ein wachsendes Interesse an der Nutzung von Bioabfällen, da diese nach adäquater Behandlung andere Materialien substituieren können. Bioabfälle stellen ein großes abfallressourcenwirtschaftliches Problem in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern dar, da diese nicht eingesammelt werden, einen beträchtlichen Anteil der Abfälle ausmachen, für Methanemissionen verantwortlich sind sowie ein gesundheitliches und hygienisches Risiko darstellen.

Die Getrennterfassung von Bioabfällen weist einen hohen ökobilanziellen Nutzen auf, wenn eine anschließende Kaskadennutzung erfolgt, das heißt Vergärung mit energetischer Nutzung des Biogases und anschließender stofflichen Nutzung in Form einer Kompostierung des Gärrestes. Eine langfristige Humusanreicherung im Boden erhöht die Stabilisierung des Bodengefüges und das Wasserspeichervermögen und vermindert eine Erosionsgefahr. Ziel der Bioabfallverwertung ist die Ausschöpfung des Ressourcenpotenzials der Bioabfälle in Form einer Torf-, Phosphat-, Kalium- und Kalkdüngersubstitution sowie die Erzeugung erneuerbarer Energien und die Reduzierung bei der Beseitigung entstehender Treibhausgasemissionen sowie die Reduzierung des Restmüllaufkommens. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz in Deutschland fordert eine Recyclingquote von mindestens 65 %.

Für viele abfallressourcenwirtschaftliche Fragestellungen gilt Wissen hoher Qualität als Voraussetzung und ist als essentiell für die Bildung anzusehen. Die Umsetzung neuer Konzepte erfordert Akzeptanz, welche wiederum Wissen voraussetzt. Komplexität und Interdisziplinarität der ARW werden nach wie vor unterschätzt. Eine moderne und nachhaltige ARW stellt hohe Anforderungen an die Professionalität und Best-Practice-Kenntnisse der in diesem Bereich tätigen Berufsbilder. Eine nachhaltige ARW basiert auf den drei Säulen Akteure, Elemente der ARW sowie lokale technische und nichttechnische Rahmenbedingungen. Die Bereiche Technik, Politik, Gesellschaft, Markt und Finanzierung gilt es zu verbinden.

Aktuell vollzieht sich in einigen Ländern ein Wandel weg von einer Abfallwirtschaft hin zu einer Abfallressourcenwirtschaft. Es ist festzustellen, dass sich damit ein gedanklicher Wandel vollzogen hat. Ziel ist es nicht, geeignete und angepasste Systeme anzubieten, sondern die Selbstfindung eines optimalen Systems zu unterstützen. Nur der Aufbau eigener Kompetenz lässt eine langfristig etablierte und eigenständige Kreislaufwirtschaft entstehen. Das Ziel der Entwicklung eines globalen Konzeptes zum Aufbau von Kapazitäten und Kompetenzen im Bereich biologischer Abfallbehandlung ist die Förderung der Umsetzung

internationaler Recyclingziele sowie eine nachhaltige Wissensvermittlung und wird am Beispiel E-Learning diskutiert. Bildung gilt als Schlüssel für eine nachhaltige Entwicklung. Die Entwicklung von Kapazitäten und die Aneignung von Knowhow spielen eine zentrale Rolle beim Aufbau einer nachhaltigen ARW. Qualifizierte Fachkräfte und damit erforderliche Schlüsselqualifikationen stehen in vielen Ländern nur unzureichend zur Verfügung. Der Aufbau eigener Kompetenz ist zu unterstützen, ansonsten ist die nachhaltige Einführung einer ARW als nahezu unmöglich einzustufen.

Die Recherchen in den Bereichen Nachhaltigkeit, Capacity Building und ARW sowie ein anschließender Marktüberblick münden in einer Bedarfsfeststellung. Online existierende Konzepte bedienen entweder ein bestimmtes Merkmal (Akteur/Standort/Inhalt) oder sind allgemein gehalten. Lokale Offline-Konzepte bedienen entweder lokale Bedürfnisse oder bedürfen einer Mobilität seitens der Interessenten. Die Auswertung des Marktüberblicks belegt die These, dass es einer Online-Lernplattform bedarf, welche alle relevanten Akteure der (biologischen) ARW anspricht, um bedarfsgerecht aufbereitete Kompetenzen auf globaler Ebene anbieten zu können. Immer mehr Hochschulen und Universitäten bieten zusätzlich berufsbegleitende Fernstudiengänge mittels E-Learning an, um ihr bestehendes, traditionelles Studienangebot zu erweitern, Wissen für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen sowie für den Weiterbildungsmarkt zu öffnen. Die berufsbegleitende Weiterbildung von Personal in den Bereichen Technik und Wissenschaft erfordert effiziente E-Learning-Konzepte, da die aktuellen Anforderungen an das lebenslange Lernen sowie der Wunsch nach Mobilität und Flexibilität mehr und mehr im Vordergrund stehen. Der Aus- und Weiterbildung im internationalen Kontext wird innerhalb der Wissenschaftsgemeinschaft zu wenig Raum gegeben und kann den Anforderungen einer globalisierten Welt nicht gerecht werden.

Eine qualitativ hochwertige didaktische Konzeptionierung bildet die Basis für eine erfolgreiche Online-Lernplattform für die Aus- und Weiterbildung. Eine Getrennterfassung der Bioabfälle könnte in vielen Ländern eine deutliche Erhöhung der Recyclingquoten zur Folge haben. Mittels des Instruktionsdesigns zur Konzeptionierung der Online-Lernplattform sind folgende sieben Module für die Akteure in den verschiedenen Bereichen der ARW entwickelt worden: Studium und Wissenschaft (1), Anlagenbau, -betrieb und -planung (2), Werkpersonal der Anlage (3), politische Entscheidungsträger (4), Gemeinde- und kommunale Arbeit, Entsorgung und Abfallberatung (5), interessierte Öffentlichkeit, Medien, pädagogisches Personal Kindergarten/Schule (6), (informelle) Wertstoffsammlung, NRO/NPO (7). Die Kompetenzen einzelner Akteure setzen sich aus technischen, finanziellen, sozio-kulturellen, institutionellen, rechtlichen sowie Umweltfaktoren zusammen. Eine Technikbewertung zur Identifizierung geeigneter Verfahren und Systeme im Bereich der biologischen Abfallbehandlung liefert zu vermittelndes Wissen für die Kompetenzen einzelner Akteure. Der modulare Aufbau jedes Kurses beinhaltet neben relevantem Fachwissen Zwischen- und Abschlussprüfungen sowie Zertifizierungen und die Möglichkeit, eine Handreichung inklusive Problemlösungen herunterladen zu können.

Resultierend aus der Recherche, wird ein integrativer didaktischer Ansatz mit konstruktivistischem Schwerpunkt zur Umsetzung eines problembasierten Formats gewählt, um selbstgesteuertes und kooperatives Lernen zu unterstützen, sowie den beruflichen Ansprüchen und dem Lernen im Erwachsenenalter gerecht zu werden. E-Learning ermöglicht eine räumliche und soziale Reichweitenerhöhung, muss allerdings die fehlende direkte Kommunikation der Teilnehmenden mit den Lehrenden kompensieren.

Im Allgemeinen ist die Sammlung praktischer Erfahrungen („experiential training“) im Bereich der ARW von großer Wichtigkeit und unerlässlich. Da dies aber für viele Akteure nicht möglich ist, bietet das entwickelte Konzept eine Möglichkeit der Aus- und Weiterbildung, die vollständig ohne Präsenzanteile auszukommen vermag. Die Vision ist, durch Netzwerken Menschen online in Kontakt zu bringen, wodurch sich Synergien nutzen lassen, um einen Austausch von (praktischen) Erfahrungen zu fördern. Die entwickelten Module bieten, dem konstruktivistischen Ansatz folgend, Hilfe-zur-Selbsthilfe durch den Erwerb von Problemlösekompetenz an. Ziel ist, dass die Lernenden später in der Lage sind, angepasste abfallressourcenwirtschaftliche Technologien, Verfahren und Konzepte unter Berücksichtigung lokaler Besonderheiten, auszuwählen beziehungsweise eigene Entscheidungen im Rahmen ihrer jeweiligen Verantwortlichkeiten treffen zu können. Dies widerspricht dem Ansatz, den deutschen Technologieexport durch Capacity Building zu forcieren und trägt eher dem Gedanken einer Entwicklungszusammenarbeit Rechnung.

Mögliche Strategien einer Realisierung wurden diskutiert beispielsweise in Form eines zu errichtenden Kompetenzzentrums innerhalb einer Hochschule oder durch die Gründung einer ausgegliederten Weiterbildungsagentur. Im Rahmen der Anfertigung der vorliegenden Arbeit ist das Potenzial für solche Vorschläge deutlich geworden, da eine Vielzahl vor allem internationaler Partner und Kooperationen eine Möglichkeit der Weiterbildung auf diesem Sektor vermisst. Gerade in dem Bereich der biologischen Abfallbehandlung benötigen die Akteure der internationalen Aus- und Weiterbildung aus Politik und Wirtschaft dringend die Möglichkeit, ihre Mitarbeitenden auf einen aktuellen Stand zu bringen. Auch könnte die Entwicklung eines kostenpflichtigen Angebotes erfolversprechend sein. Aufgrund der Motivation der Ressourcenschonung und Umweltbildung, liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Konzeptionierung eines kostenlosen Angebotes, um dem Open-Educational-Resource-Gedanken (OER) Rechnung zu tragen. Anreize für die Lehrenden in Form einer Bereitstellung von Ressourcen müssen geschaffen werden, um eine hohe Qualität zu erzielen, da die Aufbereitung des Lehrmaterials sowohl von Präsenzlehre auf E-Learning, als auch von Hochschulbildung zu Aus- und Weiterbildung, einen nicht zu unterschätzenden Mehraufwand bedeutet. Des Weiteren wird durch die kontinuierliche Belegung der Online-Kurse durch unterschiedliche Akteure (sowohl orts-, als auch bildungsbezogen) eine kontinuierliche Betreuung wichtig, um ein nachhaltiges Lehren und Lernen auf hohem Niveau zu garantieren. Es sollte beispielsweise angestrebt werden, dass die teilnehmenden Studierenden nach erfolgreichem Abschluss des Online-Kurses ihre erworbenen European-Credit-Transfer-System-(ECTS)-Punkte anrechnen lassen können. Externe Studierende sollten die Möglich-

keit erhalten, Kurse zu belegen und sich die ECTS-Punkte an ihrer jeweiligen Universität anrechnen zu lassen. Dies bedarf einer Zusammenarbeit der jeweiligen Hochschulen. Erfahrungen belegen ein reges internationales Interesse an einem Online-Kurs. Primär seitens motivierter und engagierter Professoren auf internationaler Ebene wird der Wunsch deutlich, ausgewählte Studierende in diesem Bereich auszubilden, da der Schwerpunkt der biologischen Abfallbehandlung oftmals fehlt. Die Implementierung von Joint-Courses, also dem parallelen gemeinsamen Lernen von Studierenden an unterschiedlichen Orten, kann einen wichtigen Beitrag zum internationalen Verständnis abfallressourcenwirtschaftlicher Themen leisten. Die momentane Gründung einer Hamburg-weiten Online-Universität, spiegelt den Bedarf nach Veränderungen und die Suche nach Antworten auf die Frage: „Wie lernen wir heute und in Zukunft“ (HOOU 2016) wider.

Zur Realisierung und technischen Umsetzung der Online-Lernplattform wird das Software-Paket Moodle© empfohlen, eines der größten Systeme für Lernmanagement im Open-Source Bereich, welches auf einem integrativen beziehungsweise konstruktivistischen Ansatz basiert und die Entwicklung Internet-basierter Kurse ermöglicht.

Ausblickend wird die Übersetzung der Inhalte der OLP in andere Sprachen empfohlen, um auch Akteure zu erreichen, die in der Regel nur die jeweilige Landessprache sprechen können. Eine Übersetzung ins Deutsche für den Bereich Umweltbildung und Umweltkommunikation wird ausblickend empfohlen, um die geforderten Ziele des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, also die flächendeckende Erfassung der Bioabfälle im Restmüll mittels Biotonne, umzusetzen. Hier geht es nicht primär um eine Technikbewertung, sondern hauptsächlich um eine Öffentlichkeitsarbeit zur Einführung einer nachhaltigen Einsammlung der energiereichen Nahrungs- und Speiseabfälle im Restmüll.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass auf Grund der aktuellen Bedeutung, sowohl universitäre, als auch nicht-universitäre Zielgruppen nachhaltig auszubilden, eine Übertragbarkeit des entwickelten Konzeptes auf andere Themengebiete der ARW denkbar wäre. Als Beispiel sei an dieser Stelle das Elektroschrottrecycling genannt.

8. LITERATUR

- ACP. *WABEF-Western Africa biowastes for energy and fertiliser*. Herausgeber: Caribbean and Pacific Group of States (ACP) Science and Technology Programme African. 2015. <http://acp-st.eu/content/wabef-western-africa-biowastes-energy-and-fertiliser> (Zugriff am 13. 02 2015).
- ADB. *Toward sustainable municipal organic waste management in South Asia - A Guidebook for Policy Makers and Practitioners*. Herausgeber: Australian Government Aid Programme. Mandaluyong City: Asian Development Bank, 2011.
- Amlinger, F., S. Peyr, U. Hildebrandt, J. Müsken, C. Cuhls, und J. Clemens. *Stand der Technik der Kompostierung - Richtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft*. Herausgeber: Umwelt und Wasserwirtschaft Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. 2005.
- Arnold, Patricia, Lars Kilian, Anne Thiellosen, und Gerhard Zimmer. *Handbuch E-Learning - Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. Bd. 3. aktualisierte Auflage. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG, 2013.
- ASK. *die cleantech community*. Herausgeber: Access to sustainable knowledge. 2015. <http://www.ask-eu.de/> (Zugriff am 21. 01 2015).
- Atamaniuk, Iryna, Christina Kühnel, und Kerstin Kuchta. *Energy utilization from biowaste. State-of-the-art technology and low-tech solutions for industrialized countries and emerging economies*. Projektarbeit, unveröffentlicht, Hamburg, Deutschland: Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg Harburg, 2014.
- BEF. *The Eco-Recycler*. Herausgeber: Baltic Environmental Forum Latvia. 2015. <http://bef.lv/index.php?id=56&L=1> (Zugriff am 13. 02 2015).
- Bergs, Claus-Gerhard. „Weiterentwicklung der Bioabfallerfassung und -verwertung aus Sicht des BMU.“ In *Optimierte Erfassung und Verwertung von Bioabfall*, von Michael Kern und Thomas Raussen, 11-21. Witzenhausen: Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, 2013.
- BGK. *Hygiene Baumuster-Prüfsystem (HBPS)-Kompostierungsanlagen-Vergärungsanlagen*. Informationsmaterialien, Köln: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., 2010.
- . *Methods Book for the analysis of compost*. Köln: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. , 2002.
- Bidlingmaier, Werner, Eckhard Kraft, Stefan Sebök, und Christian Springer. *Energieeffizienz und CO₂-eq-Bilanz von biologischen Verfahren zur Verwertung von Bioabfällen*. EdDE-Dokumentation 14, Köln: Entsorgungsgemeinschaft der deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (EdDE), 2012.

- Bilitewski, Bernd, und Georg Härdtle. *Abfallwirtschaft: Handbuch für Praxis und Lehre*. Berlin, Heidelberg, Deutschland: Springer Vieweg Verlag, 2013.
- BMUB. *Auf dem Weg zur modernen Abfallwirtschaft*. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2014.
- BMUB, und UBA. *Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen - Anregungen für kommunale Entscheidungsträger*. Berlin, Dessau-Roßlau; Deutschland: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit und Bau; Umweltbundesamt, 2012.
- Boisch, Dr. Anke, Stadtreinigung Hamburg, Interview geführt von Dipl.-Ing. Christina Kühnel. *Informationen zum optimierten Anlagenbetrieb Stadtreinigung Hamburg*, (13.. 01. 2015).
- Bräunig, Sylvia. *Konzeption und Realisierung einer webbasierten Lernumgebung für die Signal- und Mustererkennung*. Ilmenau, Deutschland: Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Ilmenau, 2010.
- CCAC. *MSW Knowledge Platform*. Herausgeber: Climate and Clean Air Coalition (CCAC). United Nations Environment Program (UNEP). 2015. <http://waste.ccac-knowledge.net/> (Zugriff am 12. 02 2015).
- Chiumenti, A., R. Chiumenti, L. F. Diaz, G. M. Savage, L. L. Eggerth, und N. Goldstein. *Modern Composting Technologies*. Emmaus, USA: The JG Press Inc., 2005.
- CoL. *Commonwealth of Learning - Learning for Development*. Herausgeber: Kanada Commonwealth of Learning (COL). 2015. <http://www.col.org/Pages/default.aspx> (Zugriff am 15. 02 2015).
- Colón, Joan, et al. „Environmental Assessment of Home Composting.“ *Resources, Conservation and Recycling 54* (Elsevier B. V.), 2010: 893–904.
- Crncevic, Sladana, Christina Kühnel, und Kerstin Kuchta. *Charakterisierung und Bewertung geeigneter Vergärungsverfahren für Bioabfälle - Weiterentwicklung der Web-Anwendung learn2compost*. Bachelorarbeit, unveröffentlicht, Hamburg, Deutschland: Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg-Harburg, 2013.
- Deipser, Anna. *Prozesssimulation biologischer Abbauprozesse im Bereich der Abfallwirtschaft*. Hamburg: TUHH, Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft 88, 2014.
- Derboven, Wibke, und Gabriele Winker. *Ingenieurwissenschaftliche Studiengänge attraktiver gestalten - Vorschläge für Hochschulen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- Destatis. *Statistisches Bundesamt*. 2015. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=2E49228730E321C9199A7DB54E7>

- A317E.tomcat_GO_1_1?operation=previous&levelindex=3&levelid=1449590201545 &levelid=1449590169480&step=2 (Zugriff am 08. 12 2015).
- Deublein, Dieter, und Angelika Steinhauser. *Biogas from waste and renewable resources - an introduction*. Weinheim, Deutschland: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2011.
- Diaz, L. F. . „Solid Waste Management in Developing Countries: Status, Perspectives and Capacity Building.“ Herausgeber: L. F. Diaz. *Intergovernmental Preparatory Meeting for CSD-19*. New York, USA: United Nations Headquarters, 2011. 35.
- Dietrich, Rene. *Humus und Erden Kontor*. 2015. www.humus-erden-kontor.de/ (Zugriff am 12. 02 2015).
- ECN. *European Compost Network*. 2015. <http://www.compostnetwork.info/> (Zugriff am 11. 02 2015).
- Eder, Barbara, und Andreas Krieg. *Biogas Praxis - Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit, Umwelt*. Staufen bei Freiburg, Deutschland: Ökobuch Verlag, 2012.
- edX. *Take great online courses from the world's best universities*. Herausgeber: edX Inc. 2015. <https://www.edx.org/> (Zugriff am 13. 02 2015).
- EEA. *Managing Municipal Solid Waste - a review of achievements in 32 European countries*. EEA Report No. 02/2013, Kopenhagen: European Environmental Agency (EEA), 2013.
- ESA. *Waste Smart*. Herausgeber: Environmental Services Association. 2015. http://www.esauk.org/waste_producers/waste_smart/ (Zugriff am 12. 02 2015).
- EU. *Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten - Das 7. UAP - ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2020*. Broschüre, Amt für Veröffentlichungen, 2013.
- Faverial, Julie, und Jorge Sierra. „Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles).“ *Journal of Cleaner Production* 83 (Elsevier), 2014: 238-244.
- Favoino, E., K. Danaher, G. Gillespie, M. Williams, und K. Hammer. *The organic stream*. 2015. <http://www.organicstream.org/> (Zugriff am 09. 02 2015).
- Feerick, Mike. *ALISON - a new world of free certified learning*. 2015. <http://alison.com/courses/Diploma-in-Environmental-Science> (Zugriff am 12. 02 2015).
- Fischer, F., H. Mandl, und A. Todorova. *Lehren und Lernen mit neuen Medien*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften/GWV Fachverlage GmbH, 2009.
- FNR. *Biogas-Rechner*. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2015. <http://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/biogas-rechner/> (Zugriff am 16. 02 2015).

- . *Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung*. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Gülzow-Prüzen, Deutschland, 2010.
- Fricke, K., C. Heußner, A. Hüttner, T. Turk, W. Bauer, und W. Bidlingmaier. „Vergärung von Bio- und Grünabfällen - Teil 1: Ausbaupotenzial bei der Vergärung von Bio- und Grünabfällen.“ *Müll und Abfall 12*, 2013: 628-635.
- Fricke, Klaus, Burkart Schulte, Lutz Hoffmann, Michael Krüger, und Christiane Pereira. „Center for Research, Education and Demonstration in Waste Management (CReED).“ *Müll & Abfall 4 - 14*, 2014: 198-204.
- Fricke, Klaus, et al. *Steigerung der Energieeffizienz in der Verwertung biogener Reststoffe*. Endbericht zu Förderprojekt 03KB022, Braunschweig, Deutschland: Technische Universität Braunschweig; Bauhaus-Universität Weimar; Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, 2013.
- Fricke, Klaus, und Thomas Turk. „Editorial: IFAT und Ausbildung.“ *Müll & Abfall 4 - 14*, 2014: 173.
- Gerstenmaier, Jochen, und Heinz Mandl. „Konstruktivistische Ansätze in der Erwachsenenbildung und Weiterbildung.“ In *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, von R. Tippelt und A. von Hippel. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2010.
- Graebner, Gernot, Ursula Bade-Becker, und Bianca Gorys. „Weiterbildung an Hochschulen.“ In *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, von Rudolf Tippelt und Aiga von Hippel, 543-553. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, GWV Fachverlage GmbH, 2010.
- Guerrero, Lilliana Abarca, Ger Maas, und William Hogland. „Solid waste management challenges for cities in developing countries.“ *Waste Management 33*, 2013: 220-232.
- Haberstroh, Susanne. „Forschungsbasiertes Lernen im Fokus (FLiF).“ Poster, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Q-Pakt Lehre, gefördert durch das BMBF, Oldenburg, Deutschland, 2012.
- Häni, Marc, und Mario Andriani. *Grundlagen für die Planung von Kompostierungs- und Vergärungsanlagen*. Bern: Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, 2007.
- Harling, Verena, Christina Kühnel, und Kerstin Kuchta. *Concept for the realisation of one module for an online learning platform for biological waste treatment*. Projektarbeit, unveröffentlicht, Hamburg, Deutschland: Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg-Harburg, 2015.
- Haug, Roger Tim. *The practical handbook of composting engineering*. USA: Lewis Publishers, 1993.

- Höbarth, Ulrike. *Konstruktivistisches Lernen mit Moodle - Praktische Einsatzmöglichkeiten in Bildungsinstitutionen*. 3., aktualisierte und ergänzte Auflage 2013. Glückstadt, Deutschland: Verlag Werner Hülsbusch, 2013.
- HOOU. *hamburg open online university - Wie lernen wir in Zukunft?* Herausgeber: Wissenschaftliche Leitung der HOOU an den Hochschulen. 2016. <http://www.hoou.de> (Zugriff am 29. 01 2016).
- IFB. *Lehre laden - Downloadcenter für inspirierte Lehre*. Herausgeber: Interne Fortbildung und Beratung der Ruhr-Universität Bochum. 2015. <https://dbs-lin.ruhr-uni-bochum.de/lehreladen/> (Zugriff am 25. 07 2015).
- ITAB. *Kompetenzwerkstatt*. Herausgeber: Technische Universität Hamburg Harburg, Arbeitsprozesse und Berufliche Bildung Institut für Technik. 2015. <http://www.kompetenzwerkstatt.net/> (Zugriff am 13. 02 2015).
- Iversity. *Iversity - Study Anywhere*. 2015. <https://iversity.org/> (Zugriff am 13. 02 2015).
- Kandler, Maya, und Rudolf Tippelt. „Weiterbildung und Umwelt: Bildung für nachhaltige Entwicklung.“ In *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, von Rudolf Tippelt und Aiga von Hippel, 707-728. Wiesbaden, Deutschland: VS Verlag für Sozialwissenschaften, GWV Fachverlage GmbH, 2010.
- Kehres, Bertram, Birte Mähl, Jürgen Reinhold, und Joachim Müsken. *Betrieb von Kompostierungsanlagen - mit geringen Emissionen klimarelevanter Gase*. Köln: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., 2010.
- Kern, M. *Biotonne versus Eigenkompostierung - Stand und Perspektiven*. Konferenzbeitrag, Witzenhausen, Deutschland: 6. Biomasse-Forum, 2012.
- Kern, M., und T. Raussen. *Biogas-Atlas 2014/15 Anlagenhandbuch der Vergärung biogener Abfälle in Deutschland und Europa*. Witzenhausen, Deutschland: Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, 2014.
- Klaffke, H., Interview geführt von Christina Kühnel. *Arbeitsprozessanalysen am ZLL Hamburg*, (2014).
- Klauer, K. J., und D. Leutner. *Lehren und Lernen: Einführung in die Instruktionspsychologie*. Basel: Beltz Verlag, Weinheim Basel, 2007.
- Knappe, Florian, Regine Vogt, Thomas Turk, Axel Hüttner, Günter Dehoust, und Theo Schneider. *Optimierung des Systems der Bio- und Grünabfallverwertung - Ein Leitfaden*. Baden-Württemberg, Deutschland: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, 2012.
- Knutzen, Sönke, Interview geführt von Christina Kühnel. *Mündliche Mitteilung Vizepräsident Lehre, TUHH*, (07. 04 2015).

- Kocasoy, G., und G. Akgöze-Aydin. „World Environment Congress.“ *Investigation of appropriate initial composition and aeration method for co-composting of yard-waste and market wastes*. Istanbul, Türkei, 2002.
- Kollar, Ingo, und Frank Fischer. „Mediengestützte Lehr-, Lern- und Trainingsansätze für die Weiterbildung.“ In *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, von Rudolf Tippelt und Aiga von Hippel, 1017-1030. Wiesbaden, Deutschland: VS Verlag für Sozialwissenschaften, GWV Fachverlage GmbH, 2010.
- Kompostforum. *Kompostforum Schweiz - Homepage rund um die Grüngutverwertung - Informationen der Branche für Laien und Profis*. 2015. <http://www.kompost.ch/> (Zugriff am 21. 01 2015).
- Körner, Ina. *Stickstoffhaushalt bei der Kompostierung - Bilanzen, Gehalte, Umsetzungs- und Austragsprozesse*. Herausgeber: Rainer Stegmann. Hamburg, Deutschland: Verlag Abfall aktuell Stuttgart, Hamburger Berichte - Band 33, 2009.
- Körner, Ina, Marco Ritzkowski, und Rainer Stegmann. *Nährstofffreisetzung bei der Kompostierung und bei der Vergärung*. Abschlussbericht, Hamburg: Umweltbundesamt Berlin, 1999.
- Kraft, Eckhard. *International Long Distance Study Course at the Bauhaus Universität Weimar*. Herausgeber: Bauhaus Universität Weimar. 2015. <https://elearning.bauing.uni-weimar.de/eem/> (Zugriff am 11. 02 2015).
- Krathwohl, David R. „A Revision of Bloom’s Taxonomy: An Overview.“ In *Theory into practice, Volume 41, Number 4*, von College of Education The Ohio State University. Taylor & Francis Ltd, 2002.
- Krogmann, U. *Kompostierung - Grundlagen der Einsammlung und Behandlung von Bioabfällen unterschiedlicher Zusammensetzung*. Herausgeber: Hamburger Berichte 7 Abfallwirtschaft Technische Universität Hamburg Harburg. Bonn: Economica Verlag GmbH, 1994.
- Krogmann, U., I. Körner, und L. F. Diaz. „9.2 Composting: Technology.“ In *Solid Waste Technology & Management Vol. 2*, von T. H. Christensen, 533-568. Großbritannien: Blackwell Publishing Ltd., 2011.
- Krone, Jonas, Christina Kühnel, und Kerstin Kuchta. *Design und Implementierung eines Lernmoduls zur aeroben biologischen Abfallbehandlung auf dem Learning Management System ILIAS mit dem Ziel nachhaltiger Wissensvermittlung*. Bachelorarbeit, unveröffentlicht, Hamburg, Deutschland : Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg Harburg, 2014.
- KrWG. *Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG)*. Gesetz, Bundesministerium Justiz und Verbraucherschutz, 2012.

- Kühnel, Christina, Interview geführt von Workshop-Teilnehmende. „Workshop on Solid Waste in Tunis.“ *Mündliche Mitteilungen*. Tunis, (9.-13.. 12. 2013).
- Kühnel, Christina, und Kerstin Kuchta. *E-Learning in the biological waste treatment sector - the design of a web-application for education and training*. Konferenzbeitrag, Istanbul, Türkei: Eurasia Waste Management Symposium, 2014.
- Kühnel, Christina, und Olaf Bade. *learn2compost - a web-application for planning composting facilities*. 2016. <http://cgi.tu-harburg.de/~awsww/cgi-bin/plasacof5/index.php> (Zugriff am 29. 01 2016).
- Last, Steve. *The Wasters Blog - Waste and Resource Management Blog*. 2015. <http://wastersblog.com/> (Zugriff am 11. 02 2015).
- Meyer-Kohlstock, Daniel, Gunnar Hädrich, Werner Bidlingmaier, und Eckhard Kraft. „The value of composting in Germany - Economy, ecology and legislation.“ *Waste Management* 33, 2013: 536-539.
- Moodle. *Moodle*. 2015. www.moodle.de (Zugriff am 18. 04 2015).
- Mostafa, Ahmed, Christina Kühnel, und Kerstin Kuchta. *Potential of composting and opportunities for environmental education for mega cities in the developing world - the case of Cairo*. Projektarbeit, unveröffentlicht, Hamburg, Deutschland: Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg Harburg, 2014.
- MWE. *Municipal Solid Waste Europe (MWE)*. 2015. <http://www.municipalwasteurope.eu/> (Zugriff am 14. 02 2015).
- N.N. „Zuwachs um 900.000 Arbeitsplätze in der Entsorgungswirtschaft möglich.“ *Müll und Abfall* 7, 2014: 402.
- Niegemann, Helmut M., Steffi Domagk, Silvia Hessel, Alexandra Hein, Matthias Hupfer, und Annett Zobel. *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin, Heidelberg, Deutschland: Springer Verlag, 2008.
- Pandyaswargo, A. H., und D. G. J. Premakumara. „Financial sustainability of modern composting: the economically optimal scale for municipal waste composting plant in developing Asia.“ *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* Vol. 3 (2014): 1-11.
- Parraga, Jose Postigo, Christina Kühnel, und Kerstin Kuchta. *Development and guideline for the optimization of the waste management in a less developed region in Southern Europe. Special case for separated collection of biowaste*. Masterarbeit, unveröffentlicht, Hamburg, Deutschland: Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg Harburg, 2014.
- Rachbauer, Tamara. *Adaption von E-Learningsystemen - Moodle im Vergleich zu anderen Open Source Learning Content Management Systemen*. IGEL Verlag GmbH, 2009.

- Raussen, T. „Bioabfallvergärung: wichtiger Baustein der Energie- und Ressourcenwende.“ *Müll und Abfall* 3, 2014: 113 Editorial.
- Ridner, Adrian, und Ben Wilson. *Education Portal*. 2015. <http://education-portal.com/> (Zugriff am 12. 02 2015).
- Rothenberger, Silke, und Christian Zurbrügg. *Decentralised Composting for Cities of Low- and Middle-Income Countries - A Users' Manual*. Bangladesh; Switzerland: Waste Concern; Eawag, 2006.
- Schomerus, Thomas. *Abfall ist Wertstoff*. Herausgeber: Deutschland Leuphana Universität Lüneburg. 2012. <http://www.leuphana.de/forschung/wissenstransfer/forschung-entwicklung/ressourceneffizienz.html> (Zugriff am 09. 02 2015).
- Schüßler, I. „Nachhaltigkeit – nachhaltiges Lernen – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung – Gestaltungskompetenz.“ Tagungsbeitrag, Bonn, 2006.
- Siederer, Wolfgang. „Bioabfallfassung nach KrWG ab 01.01.2015 - Was, wie und wann nicht?“ In *Bio- und Sekundärrohstoffverwertung IX stofflich - energetisch*, von Klaus Wiemer, Michael Kern und Thomas Raussen, 111-119. Witzenhausen: Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, 2014.
- STCC. *Environmental Technology Courses (web-based)*. Herausgeber: Springfield Technical Community College und Kirkwood Community College. 2015. http://www.stcc.edu/wd/descriptions/environmental_technology_online.asp#solid (Zugriff am 13. 02 2015).
- Stegmann, Rainer. *Education in Waste Management*. Konferenzbeitrag, Sardinien, Italien: Sardinia Conference, 2014.
- Stentiford, Edward, und Marco de Bertoldi. „9.1 Composting Processes.“ In *Solid Waste Technology and Management Vol. 2*, von T. H. Christensen. Großbritannien: Blackwell Publishing, 2011.
- Sultana, Norin, Muhammad Asim Ibrahim, und William Hogland. *Web Usability Evaluation to Promote Public Responsibility for Municipal Waste and Resource-Efficiency*. Tagungsbeitrag, Kalmar, Schweden: Linnaeus ECO-TECH 2012, 2012.
- Sweepnet. *The Regional Solid Waste Exchange of Information and Expertise Network in Mashreq and Maghreb Countries*. 2015. <http://www.sweep-net.org/> (Zugriff am 16. 02 2015).
- Ting Tan, Sie, Haslenda Hashim, Chew Tin Lee, Jeng Shiun Lim, Wai Shin Ho, und Jinyue Yan. „SMART: An Integrated Planning and Decision Support Tool for Solid Waste Management.“ Herausgeber: Petar Sabev Varbanov and Peng Yen Liew Jiří Jaromír Klemeš. *Proceedings of the 24th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE 24*. Budapest, Ungarn, 2014. 271-276.

- Treumann, K. P., S. Ganguin, und M. Arens. *E-Learning in der beruflichen Bildung - Qualitätskriterien aus der Perspektive lernender Subjekte*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften/Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2012.
- TUHH. *TUHH entwickelt Hamburg Open University mit*. Pressemitteilung, Hamburg, Deutschland: Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)-Pressestelle: Ait-Djoudi, Jasmin, 2015.
- Turan, N. G. „Municipal Solid Waste Management Strategies in Turkey.“ Herausgeber: Elsevier Ltd. *Waste Management* 29, 2009.
- UNESCO. 2014. http://www.unesco.de/ioc_kapazitaeten.html (Zugriff am 08. 01 2015).
- . *Eine kurze Geschichte der Nachhaltigkeit*. Herausgeber: Deutsche UNESOC-Kommission e.V. 03 2009. <http://www.unesco.de/3419.html> (Zugriff am 20. 02 2015).
- UNESCO-IHE. *Online Course on Solid Waste Management*. Herausgeber: UNESCO-IHE Institute for Water Education. 2015. <http://www.unesco-ihe.org/online-course-solid-waste-management> (Zugriff am 12. 02 2015).
- Vogtmann, H., K. Fricke, B. Kehres, und T. Turk. *Bioabfall-Kompostierung - Kompostierung biogener Abfallstoffe aus der getrennten Sammlung organischer Haushalts- und Gartenabfälle im Modell Witzhausen*. Wiesbaden, Deutschland: Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit, 1989.
- WasteConcern. *Waste Management and Recycling in Bangladesh*. 2015. <http://www.wasteconcern.org/> (Zugriff am 13. 02 2015).
- Weltbank. *E-Institute for Development*. Herausgeber: The Worldbank. 2011. <http://einstitute.worldbank.org/ei/> (Zugriff am 12. 02 2015).
- Wiegrefe, Carsten. *Das Moodle 2 Praxisbuch - Gemeinsam online lernen in Hochschule, Schule und Unternehmen*. München, Deutschland: Addison-Wesley Verlag, 2011.
- Williams, Ian D. „The importance of education to waste (resource) management.“ *Waste Management*, 2014: 1909-1910.
- Wolverhampton, University of. *University of Wolverhampton*. 2015. <http://www.wlv.ac.uk/> (Zugriff am 12. 02 2015).
- Zeuner, Christine. „Internationale Perspektiven der Erwachsenenbildung.“ In *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, von Rudolf Tippelt und Aiga von Hippel, 583-598. Wiesbaden, Deutschland: VS Verlag für Sozialwissenschaften, GWV Fachverlage GmbH, 2010.