

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. an der TU-Chemnitz

Schlussbericht  
zum Verbundprojekt

Wirtschaft trifft Wissenschaft

**Entwicklung neuartiger Organisations- und  
Kommunikationsformen des Technologietransfers am Beispiel  
der Gleisbettmatte**

**Kurztitel  
„Transfer Gleisbett“**

Förderkennzeichen 03WWBE38B

Laufzeit: 01.11.2007 - 30.04.2010

Chemnitz, den 26.11.2010

Dipl.-Ing. Ök. Andreas Berthel  
Geschäftsführender Direktor  
Sächsisches Textilforschungs-  
institut e.V.

Jens Mählmann  
Projektleiter  
Sächsisches Textilforschungs-  
institut e.V.

## Danksagung

Die durchgeführten Entwicklungen und Untersuchungen wurden aus Mitteln des Beauftragten der Bundesregierung für die Neuen Bundesländer (FKZ 03WWBE38B) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Herrn Dr. Seidel, Chemnitzer Verkehrs AG sowie Herrn Rödel, Erfurter Verkehrsbetriebe, danken wir für die praxisnahe Betreuung der Projekte. Herrn Dr. Reidenbach, Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau, Erfurt, für Offenheit und wertvolle Diskussionen.

Ein besonderer Dank geht an Frau Herfort für vielfältige Hilfestellungen und kritische Diskussionen bei der Bearbeitung des Projekts.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 KURZE DARSTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung.....	1
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	4
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens .....	7
1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	8
1.5 Literatur .....	9
1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	10
<b>2 EINGEHENDE DARSTELLUNG .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele.....</b>	<b>14</b>
2.1.1 AP 1. Überprüfung der Vorplanungen im Sinne eines kritischen Ziel-Mittel-Checks ..	14
2.1.1.1 Vermarktungschancen .....	17
2.1.2 AP 2. Auswahl der Praxispartner .....	17
2.1.2.1 „Hersteller“ .....	17
2.1.2.2 „Kunde“ .....	18
2.1.2.3 „Systemanbieter“ .....	18
2.1.2.4 „Supervisor“ .....	18
2.1.3 AP 3. Informationsveranstaltungen, Öffentlichkeitsarbeit.....	19
2.1.4 AP 4. Entwicklung eines Netzwerkes zur Umsetzung der Ergebnisse .....	21
2.1.5 AP 5. Vorbereitung und Durchführung von Demonstrationsvorhaben.....	22
2.1.6 AP 6. Vorbereitung der Marktarbeit .....	24
2.1.7 AP 7. Workshop mit allen Netzwerksteilnehmern.....	25
2.1.7.1 Zusammenfassung des Abschlussworkshops.....	26
2.1.8 AP 8. Vorbereitung der Einführung in die Produktion .....	28
2.1.9 AP 9. Evaluierung des Projektes .....	29
<b>2.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwendbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen.....</b>	<b>31</b>
<b>3 ERFOLGSKONTROLLBERICHT .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens, Nebenergebnisse, wesentliche Erfahrungen.....</b>	<b>33</b>
3.2.1 Transfergedanke .....	34
3.2.1.1 Zieldefinition .....	34

3.2.1.2 Innovation.....	35
3.2.1.3 Produktion/Kosten.....	35
3.2.1.4 Transfer .....	48
3.2.2 Erfahrungen mit grünen Gleisen .....	52
3.2.2.1 Chemnitz .....	52
3.2.2.2 Erfurt .....	54
3.2.2.3 Demoobjekte .....	55
<b>3.3 Fortschreibung des Verwertungsplans.....</b>	<b>57</b>
3.3.1 Erfindungen Patente .....	59
3.3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende, Zeithorizont .....	59
3.3.3 wissenschaftlich-technische Erfolgsaussichten nach Projektende, Zeithorizont .....	59
3.3.4 Wissenschaftlich und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase .....	59
<b>3.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben .....</b>	<b>60</b>
3.4.1 Subjektive Befindlichkeiten zwischen Projektpartnern .....	60
3.4.2 Sprachprobleme.....	60
3.4.2.1 Planum.....	60
3.4.2.2 Gleis-Schiene-Begriff.....	60
3.4.2.3 Regelmäßiger Ein- und Ausbau .....	61
3.4.3 Vorkultur .....	61
3.4.4 Preisgestaltung .....	61
<b>3.5 Präsentationsmöglichkeiten z.B. Anwenderkonferenzen .....</b>	<b>62</b>
<b>3.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung .....</b>	<b>63</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Typische Ausgangssituation beim Transfer von F&E-Ergebnissen auf den Markt mit einer starken Zentralposition der F&E-Einrichtung .....	2
Abbildung 2: Angestrebte Zielsituation für einen gelungenen Transfer von F&E-Ergebnissen auf den Markt mit einem zentralen Systemanbieter und einer F&E-Einrichtung im Hintergrund .....	3
Abbildung 3: Spurweiten und Kammerfüllelemente am Beispiel „Betriebshof Urbicher Kreuz, EVAG“ .....	15
Abbildung 4: Aufteilungsbeispiel für eine produktionsgerechte Modulfertigung am Beispiel „Betriebshof Urbicher Kreuz, EVAG“ .....	16
Abbildung 5: Messemodell in 1-Schienen-Ausführung (BECO) auf dem Präsentationsstand zum Tag der Wissenschaften in Berlin .....	20
Abbildung 6: Gleisbettmodell auf der Garten- und Landschaftsbaummesse Nürnberg (2008 und 2010).....	21
Abbildung 7: Demonstrationsfläche im Betriebshof Urbicher Kreuz, Erfurt im Juni 2009 .....	24
Abbildung 8: Einflussnahme/Anforderungen innerhalb des Systems auf Teilkomponenten .....	34
Abbildung 9 Struktur von kettengewirkten Vegetationsträgern (weitere Details im Text) .....	36
Abbildung 10: Gesamtansicht des Vegetationssystems (links) Querschnitt, (rechts) Draufsicht .....	37
Abbildung 11: Produktions- und transportgünstige „Entloshfertigung“ mit Konfektionserleichterung durch aussetzenden Durchschuss (Fotos: Dr. Christian Schade) .....	42
Abbildung 12: Einbauten in Gleisen (links), Querschnittsveränderungen im Bereich von Gleiswechseln (rechts) .....	43
Abbildung 13: Druckluftbetriebene Clip-Maschine .....	43
Abbildung 14: Gewirkter Vegetationsträger mit geknautschten Vliesstoffstreifen im Schuss; Konfektion in Längsrichtung .....	44
Abbildung 15: Konfektion einer Freiform .....	45
Abbildung 16: Arbeitsschritte bei der Freiform-Konfektion .....	46
Abbildung 17: Diagonalschnitt .....	47
Abbildung 18: Goetheplatz, Chemnitz im Sommer 2007 (links) und Frühjahr 2010 (rechts)....	52
Abbildung 19: Gleisbettbegrünung am Goetheplatz, Chemnitz im Frühjahr 2009 .....	53
Abbildung 21: Demonstrationsfläche im Betriebshof Urbicher Kreuz, Erfurt vor (links) und nach (rechts) der Begrünung 2009 .....	56

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Netzwerkpartner im Projekt „Entwicklung neuartiger Organisations- und Kommunikationsformen des Technologietransfers am Beispiel der Gleisbettmatte“ .....	10
Tabelle 2: Spurweiten bei schienengebundenen Nahverkehrsnetzen in Deutschland .....	15
Tabelle 3: Ausgewählte Kenndaten textiler Vegetationsträger im Vergleich zu zwei erprobten Typen.....	36
Tabelle 4: Textiltechnologische und textilphysikalische Eigenschaften des textilen Vegetationsträgers .....	41
Tabelle 5: Bewertung ausgewählter Materialien und Mattentypen nach langjähriger Vorkultur. ....	61

## Abkürzungsverzeichnis

CVAG	Chemnitzer Verkehrsbetriebe AG
F&E	Forschung und Entwicklung
HU	Humboldt-Universität zu Berlin
IASP	Institut für agrar- und stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin
lfm	laufender Meter
LVG	Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau, Erfurt
o.B.	ohne Befund
ÖPNV	Öffentlicher Personen Nahverkehr
PES	Polyester
SNH	Sächsische Netzwerke Huck GmbH
STFI	Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. an der Technischen Universität Chemnitz

# 1 Kurze Darstellung

Die überwiegende Mehrheit höherer Pflanzen benötigt Böden unterschiedlicher Qualität zur Verankerung sowie als Wasser- und Nährstoffspeicher. Natürliche Böden sind sehr heterogen, beherbergen eine Vielzahl von Lebewesen, die ihrerseits an der Bodenbildung beteiligt sind. Soll jedoch z.B. die Nährstoffgabe für Pflanzen gezielt beeinflusst werden, müssen andere Bodenorganismen, wie z.B. Krankheitserreger ausgeschlossen werden. Steht an technischen oder versiegelten Standorten kein geeignetes Verankerungssubstrat für die Pflanzen zur Verfügung, sind sogenannte „erdelose“ Verfahren zur Kultivierung gefragt. Hier können textile Vegetationsträger als Substratersatz eingesetzt werden und ihre Anwendung z.B. in der hydroponischen Pflanzenzucht (Bartl 1994, 1995; Mählmann, 2009) im Erwerbsgartenbau, bei der Begrünung von versiegelten Flächen oder technischen Flächen, wie Dächer (Arnold, 2000; Kircher et al. 2006a, 2006b), Gleisbetten (Gorbachevskaya et al. 2009) oder gar Wasserflächen (Mählmann und Erth 2008) eingesetzt werden. Beim Einsatz von Naturfasern, pflanzlichen oder tierischen Rohstoffen können verrottbare Strukturen z.B. für eine temporäre Bewehrung erzeugt werden (Helbig et al. 2003; Mählmann et al., 2006; Mählmann, 2009).

Herkömmliche Gleisbettbegrünungssysteme können nicht zerstörungsfrei aus dem Gleisbett entnommen und nach Wartungs- und Gleisbauarbeiten (z.B. Stopfprozess) wieder eingesetzt werden. Daher bleibt ihr Einsatz auf Oberbauformen beschränkt, bei denen die Vegetation dauerhaft im Gleisbett verbleiben kann. Vegetationstragsysteme auf Mineralwoll-Basis entsprechen bereits in einer Reihe von Eigenschaften den Anforderungen an ein mobiles technisches Vegetationstragsystem. Jedoch sind diese Systeme hinsichtlich der Beanspruchung mit Zugkräften, die bei der Entnahme und Wiedereinlage in das Gleisbett auftreten, sehr störanfällig (Gorbachevskaya et al. 2009). Mit dem textilen, ortsveränderlichen, hoch lagestabilen, erdelosen Vegetationstragsystem auf Basis technischer Kettengewirke besteht nun die Möglichkeit, auch die weitverbreitete, kostengünstige Oberbauform „Querschwelle im Schotterbett“ in Begrünungskonzepte aufzunehmen.

Die Entwicklung eines entsprechenden textilen Vegetationsträgers erfolgte in dem F&E-Projekt „Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie: Einsatz neuartiger Textil-Matten als Vegetationstragschicht in Gleisbett-Naturierungen zur Emissionsminderung und Retention von Niederschlagwasser“ (Mählmann und Fuchs, 2005).

## 1.1 Aufgabenstellung

Trotz einer ersten Umsetzung der F&E-Ergebnisse unmittelbar im Anschluss an das Forschungsprojekt durch die Chemnitzer Verkehrs-AG (CVAG) im Zeitraum 2004/2005 konnte das Produkt bis auf kleinere Mustermengen nicht am Markt etabliert werden.

Bei der Überführung von F&E-Projekten aus der Forschung in den Markt treten oft Probleme auf. Daher sollten in dem vorliegenden Vorhaben Transferanstrengungen der Forschungspartner analysiert und am Beispiel des Transfers des textilen Vegetationsträgers aus dem F&E-Projekt in die Praxis mit neuen Methoden untersucht werden.

Als typische Verbundstruktur wirkten in diesem Projekt eine Universität (Humboldt-Universität zu Berlin, HU), zwei An-Institute (Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. an der Technischen Universität Chemnitz, STFI und das Institut für agrar- und stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin, IASP) sowie eine Reihe von Partnern aus der Industrie in Form von möglichen Herstellern und Anwendern mit.

Damit ergänzt das Vorhaben in geeigneter Weise die bisherigen Transferbemühungen der Verbundpartner. Die An-Institute stellen laut Auftrag (Hochschulgesetz, An-Instituts-



Richtlinien der Universität) das Bindeglied zwischen universitärer Grundlagenforschung einerseits und praktischem Anwendungsbezug andererseits dar. Die Projektpartner streben an, die bisherigen, überwiegend projektbezogen-individuellen Transferbemühungen nachhaltig zu erweitern. Das bedeutet, die vorhandene umfangreiche Expertise in konkret unternehmensbezogenen Transfers um den Aspekt der Brancheninnovation zu ergänzen. Auf diese Weise sollen auch komplexe Forschungsvorhaben mit unterschiedlichen Teilaspekten für verschiedene Zielgruppen in der Wirtschaft aufbereitet werden können. So wird ermöglicht, dass einerseits die Wissenschaft die Transferinhalte vorgibt ("Science push"), während andererseits zugleich die Unternehmensbranchen mit ihrer wirtschaftlich ausgerichteten Nachfrage die Realisierung bzw. Umsetzung von Forschungsergebnissen bestimmen ("Technical pull"). Dieses neue, bimodale Transferkonzept basiert damit in vollem Umfang auf der satzungsgemäßen Verpflichtung der An-Institute zur gemeinnützigen, gesellschaftlich relevanten und volkswirtschaftlich bedeutsamen Nutzbarmachung des erworbenen Know-hows.

Das hier vorliegende Projekt stützte sich auf die positiven Erfahrungen der Zusammenarbeit zwischen der Humboldt-Universität zu Berlin, dem IASP, dem STFI und den Industriepartnern bezüglich der Überleitung und Nutzung von Forschungsergebnissen.

Eine häufig zu beobachtende Situation bei der Überleitung von F&E-Ergebnissen auf den Markt stellte sich wie in Abbildung 1 am fiktiven Beispiel „Gleisbettbegrünung“ zusammengefasst dar. Eine zentrale F&E-Einrichtung entwickelt auf Grund einer Problemanalyse und der daraus folgenden Ableitung von Bedürfnissen ein Produkt das dann auf dem Markt einem potentiellen Kunden angeboten wird. Dabei übernimmt die F&E-Einrichtung sämtliche Koordinationstätigkeiten und führt die einzelnen Halbzeughersteller zusammen. Daraus kann sich ein Demonstrationsvorhaben zwischen F&E-Einrichtung und Kunde entwickeln – der direkte Kontakt vom Kunden zu den Herstellern bleibt aus. Der Transfer verläuft von F&E über das Produkt zum Kunden.

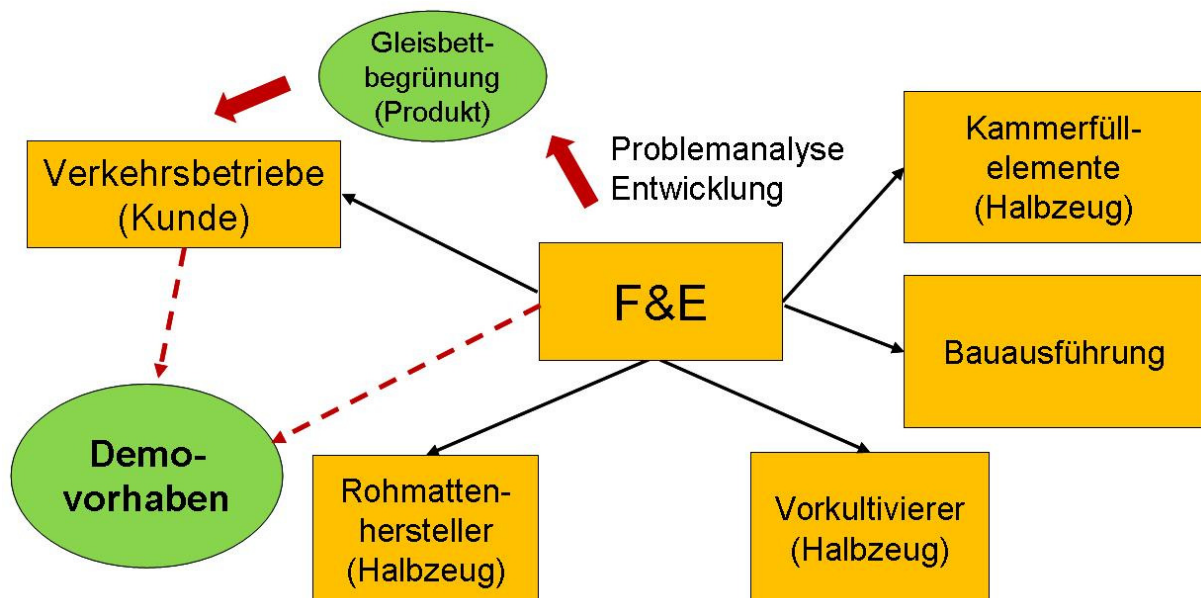


Abbildung 1: Typische Ausgangssituation beim Transfer von F&E-Ergebnissen auf den Markt mit einer starken Zentralposition der F&E-Einrichtung

Ziel des vorliegenden Vorhabens war es, eine neuartige Herangehensweise für den Transferprozess zu gestalten. Dabei wurde als Kernproblem eine fehlende Verbindung vom Kunden z.B. zum Textilhersteller oder vom Gleisbaubetrieb zum Vorkultivierer erkannt. Zur

Verbesserung der Transfersituation sollten alle beteiligten Partner (Halbzeughersteller) sowie der „Kunde“ in ein Netzwerk eingebunden werden (Abbildung 2). Dieses Netzwerk sollte branchenübergreifend gestaltet werden und diene dem Ausräumen von Befindlichkeiten und Konkurrenzgedanken. Darüber hinaus sollte als zentrale starke Position ein Systemanbieter für Gleisbettbegrünung etabliert werden, der dem Kunden gegenüber als Anbieter, Hersteller, Vertreter und Servicedienstleister auftreten kann. Dabei tritt die F&E-Einrichtung in den Hintergrund und fungiert lediglich anfänglich als Vermittler und Koordinator des Informationsnetzwerks. Der Transfer „kehrt sich um“. Über die Bedürfnisformulierung des Kunden (hier Verkehrsbetrieb), ggf. unter Vermittlung der F&E-Einrichtung hinsichtlich eines Produkts (Gleisbettbegrünung) tritt der Systemanbieter als Gesamtkoordinator auf, wird zum Ansprechpartner des Kunden und führt die Einzelkomponenten der Halbzeughersteller für den Kunden unsichtbar zusammen. Das Ergebnis des gelungenen Transfers ist ein abgeschlossenes Bauvorhaben zwischen Systemanbieter und Kunde.

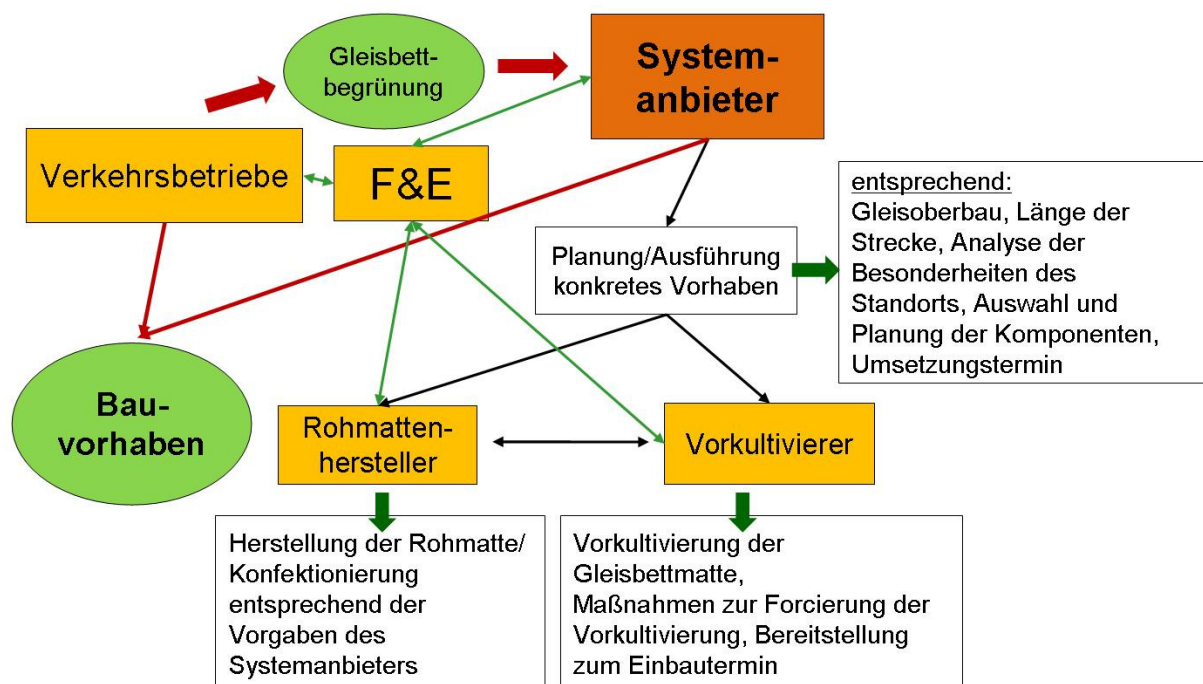


Abbildung 2: Angestrebte Zielsituation für einen gelungenen Transfer von F&E-Ergebnissen auf den Markt mit einem zentralen Systemanbieter und einer F&E-Einrichtung im Hintergrund

Als notwendige begleitende Maßnahmen wurden für dieses Vorhaben die Entwicklung neuer Organisations- und Kommunikationsformen für die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis gesehen, die innerhalb des Netzwerkes einen zentralen Zugriff auf Daten erlauben. Als Hemmnisse wurden dabei Probleme bei der Regelung der Zugangsberechtigungen und die Gefahr einer Informationsüberflutung der beteiligten Partner erkannt (Details hierzu siehe Abschlussbericht IASP). Die Einrichtung von Demonstrationsanlagen diente innerhalb dieses Vorhabens als „Generalprobe“, in der die Abstimmung der Partner untereinander analysiert und erprobt werden konnte. Als Kernergebnisse ließen sich somit gute logistische Abläufe erreichen, das Finden einer gemeinsamen Sprache und schließlich boten die Demonstrationsvorhaben wiederum eine Evaluierungsmöglichkeit und Rückkopplung auf die beteiligten F&E-Partner zur Weiterentwicklung des Produkts (Gleisbettbegrünung). Das Netzwerk wiederum befähigte den Systemanbieter zu individuell notwendigen Anpassungen an die unterschiedlichen Bedürfnisse der/des Kunden und zur Koordinierung der Dienstleister und Produzenten – Ziel war die „Systemlösung aus einer Hand“. Für die beteiligten

Netzwerkpartner erfolgte der Erwerb umfassender Spezialkenntnisse und fachübergreifender Erfahrungen insbesondere im Hinblick auf das neue Produkt aber auch für die Verfahrenszwänge innerhalb des Netzwerks wie z.B. die Ausschreibungspraxis/ Haftungsproblematik sowie Preisgestaltung und Kostenverständnis.

Innerhalb der Kompetenzübertragung von F&E-Einrichtungen zum „Systemanbieter“ wurde dieser in folgenden Punkten geschult und sensibilisiert:

- Kenntnis der Situation bei der Rohmattenherstellung – befähigt zur Beurteilung, in welchem Maße z.B. Passgenauigkeit und Konfektionierbarkeit der Matte realisiert werden können.
- Kenntnis der Bedingungen bei der Vorkultivierung – befähigt z.B. zur Beurteilung der notwendigen Vorkultivierungszeit, die maßgeblich den Termin des Einbaus der Gleisbettmatte bestimmt und im Einklang mit der Ausschreibungspraxis koordiniert werden kann.
- Kenntnis der konkreten Standortbedingungen für die Gleisbettbegrünung und der Vorstellungen/Bedürfnisse der Verkehrsbetriebe befähigt zur Bestimmung des Naturierungssystems und zur Auswahl der Systemelemente

Dies wurde als Voraussetzung für

- die individuelle Anpassung des Systems an konkrete Ausgangsbedingungen,
- die sichere Planung der Arbeiten (Termin, Auftragsvergabe) und für
- einen gelungenen Transfer

gesehen.

Die Besonderheit des beabsichtigten Projektes lag in der Komplexität des Transfervorhabens. Neben der Überleitung eines neuen, innovativen Produktes mit völlig neuen Eigenschaften war auch die Verknüpfung der Insellösungen (einzelne Hersteller) und die Einbindung eines Systemanbieters zu sichern. Bei dieser Verknüpfung wurden die Arbeitsaufgaben des Herstellers des Trägermaterials mit denen der Begrünungsfirma unter Berücksichtigung der Vegetationsperioden aber auch Kundenanforderungen aufeinander abgestimmt. Der Pilotcharakter dieses Projektes zeigte sich in Fragen der Anwendung multimedialer Informations- und Kommunikationsmittel zum Projektmanagement sowie bei der Demonstrations- und Kommunikationsarbeit gegenüber Produzenten und Anwendern. Weiterhin bestand Neuartigkeitswert in Coaching- und Qualifizierungsleistungen als Flankierung der Markteinführung des Produkts für alle Beteiligten.

## **1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Grundvoraussetzung für die Durchführung des Vorhabens war der Zusammenschluss der Projektbeteiligten und die dadurch mögliche gemeinsame Bearbeitung der Thematik unter Nutzung der spezifischen Ressourcen jedes einzelnen Partners. Dem Transferprojekt lag eine intensive Zusammenarbeit der benannten Partner zu Grunde, darunter die Planung und Durchführung mehrjähriger Forschungsarbeiten zur Entwicklung einer geeigneten Technologie zur Herstellung neuartiger multifunktionaler Textilverbundsysteme für die Naturierung von Gleisbetten für den ÖPNV, vor allem im Innenstadtbereich. Projekte, auf denen die zu transferierenden Ergebnisse basieren:

Die **Humboldt-Universität zu Berlin**, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Gärtnerische Pflanzensysteme (HU) ist ein tragendes und eines der vielseitigsten Lehr- und Forschungsgebiete der Gartenbauwissenschaften mit hoher kulturell-ästhetischer und sehr großer wirtschaftlicher Bedeutung. Durch die über die

Welt in unterschiedlichen Klimaten verbreiteten Zierpflanzen steht eine bemerkenswerte Artenvielfalt als Forschungsgegenstand zur Verfügung. Ausgehend von sehr differenzierten morphologischen und entwicklungsphysiologischen Eigenschaften (z.B. Lang- und Kurztagpflanzen) und davon abgeleiteten verschiedenen Verwendungsfunktionen (Topf- und Kübelpflanzen, Schnittblumen, Pflanzen für die Freiflächengestaltung usw.) wird national und international ein ständig steigender Grad der Steuerbarkeit, Regulierbarkeit und Manipulation physiologischer Prozesse angestrebt.

Von besonderem Interesse sind dabei Grundlagenuntersuchungen zu ökophysiologischen Mechanismen unter europäischen Bedingungen und physiologische Reaktionen auf Wachstumsfaktoren im geschützten Anbau und im Freiland (Prozessqualität). Weiterhin nimmt Stress im urbanen Zierpflanzenbau wie Pflanzen auf Dächern, an Wänden oder auch auf Straßenbahngleisen eine zentrale Stellung ein.

Aktuelle profilbildende Forschungsschwerpunkte des Zierpflanzenbaus sind:

1. Neue Zierpflanzen (derzeitige Federführung der bundesdeutschen Arbeitsgruppe)

- Methodik der Sortimentsentwicklung und Entwicklung von Neuheiten
- In vitro Vermehrung schwer vermehrbarer „Neuer Zierpflanzen“
- Untersuchung pflanzenphysiologischer Prozesse wie Wachstum und Entwicklung an "Neuen Zierpflanzen" mitzeitigem Schwerpunkt südafrikanischer energie günstig zu kultivierender Knollenpflanzen für den Angebotszeitraum in den Wintermonaten

2. Urbaner Zierpflanzenbau

- Freilandstauden auf urbanen innerstädtischen Extremstandorten wie Dächern und Gleisbetten: Untersuchungen zu Möglichkeiten der Stressbewältigung bei ungünstigen Licht-, Temperatur-, Wasser- und Windverhältnissen durch Ausnutzung des genetischen Potentials (Wildstauden) und unter Einwirkung von *Bacillus subtilis* und *Lactobacillus*
- Optimierung extensiver Staudenkultivierung mit Hilfe von u. a. Superabsorbern (SAB) und Textilmatten auf Dächern und in Straßenbahngleisbetten
- Innenraumbegrünung: insbesondere Fragen der Akklimatisierung - Stress an Grünpflanzen durch suboptimale Licht- und Temperaturbedingungen unter besonderer Beachtung des Kohlenhydrathaushaltes.

Das **Institut für agrar- und stadökologische Projekte** (IASP) ist eine interdisziplinär arbeitende Forschungseinrichtung. Ziel und Aufgaben des IASP sind innovative Arbeiten in Wissenschaft, Forschung und Entwicklung zu speziellen integrativen Problemstellungen und die Überführung in die Praxis. Im Bereich der anwendungsorientierten Grundlagenforschung erarbeitete das IASP in den vergangenen Jahren wissenschaftliche Kernkompetenzen auf den Gebieten "Anwendung biologisch gewachsener Zell- und Gewebestrukturen (zellstrukturiertes Material) im Lebensmittel- und Nichtlebensmittelbereich", "Stoffliche Prozesse der Biogaserzeugung (Substrataufbereitung, Gärrestverwertung)" sowie "Naturierung urbaner Flächen". Im Rahmen der spezifischen Möglichkeiten als gemeinnützige Forschungseinrichtung bemühen sich Institut (IASP) und Verein (A.S.P. e. V.), die Ergebnisse der projektbezogenen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten zweckdienlich umzusetzen. So wurden beispielsweise Forschungsergebnisse im Rahmen der Produkt- und Verfahrensentwicklung zur ökoeffizienten Verwertung von Gärückständen erfolgreich transferiert. Gegenstand der Forschung waren neben einer umfassenden stofflichen Charakterisierung der Gärückstände aus der Vergärung von Kartoffelabprodukten insbesondere Untersuchungen zu ihrem landwirtschaftlichen Einsatz. Die Ergebnisse der grundlegenden Forschungsarbeiten wurden in Form eines Seminars für potenzielle Anwender, verschiedener Beiträge für öffentliche Foren bzw. Tagungen (z. B. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften) sowie durch Beratungsleistungen für

Lebensmittel verarbeitende und Biogas erzeugende Unternehmen verfügbar gemacht. Darüber hinaus verfügt das IASP über Erfahrungen in Grundlagenforschung und Entwicklung von Schienenfahrwegen für den regionalen Personenverkehr - Prognosemodelle ANIRAIL und M3Rail zur Emissionsminderung von schienengebundenen Fahrwegen unter Nutzung von Gleisbett- Naturierungen oder dem Einsatz von *Bacillus subtilis* und *Lactobacillus*-Stämmen zur Entwicklung und Gestaltung technischer Vegetationssysteme für die Gleisbett- Naturierung.

Das **Sächsische Textilforschungsinstitut e.V.** an der TU Chemnitz (STFI) führt anwendungsnahe Forschung und Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet technischer Textilien durch. In den zurückliegenden Jahren konnten eine Reihe von Transferprojekten erfolgreich abgeschlossen und auch produktionswirksam übergeleitet werden. So wurden im Rahmen eines vom SMWA geförderten Transferprojekts (Laufzeit 10/2004-09/2007) 12 Transfermaßnahmen und Direktaufträge geringer Komplexität als einfacher Direkttransfer vom Institut zum Hersteller des Zielprodukts realisiert. Beispielhaft seien hier genannt:

- „Anwendung von mineralischen Filamenten und Rovings in textile Strukturen“ (SDR Biotec Verfahrens GmbH, Pohritzsch)
- „Anti-Smell-Ausrüstung für Futtermaterial für die Schuhindustrie“ (C.H. Müller GmbH, Netschkau)
- „Nadelvliesstoffe für geotextile Anwendungen“ (Geotextil Westsachsen, Crimmitschau)
- „Herstellung gefüllter textiler Strukturen“ (Fa. CITec Concrete Improvement Technologies GmbH, Cossebaude)
- „Verbesserung der Prozesssicherheit bei der Herstellung von knit-de-knit Garnen“ (Textilwerk Mülsen St. Micheln GmbH & Co.KG)
- Spezialgewebe aus gereckter Folie (Spengler & Fürst GmbH & Co.KG, Crimmitschau)

Die Entwicklung, Herstellung und Erprobung flexibler textiler Vegetationstragsysteme als schwimmende textile Pflanzeninseln oder zur Bauwerks- und Dachbegrünung bildet bereits seit vielen Jahren einen wichtigen Forschungsschwerpunkt, so dass fundierte theoretische und experimentelle Grundlagen für die Durchführung des Vorhabens vorlagen. Die erarbeitete technische Lösung, voluminöse textile Materialien oder nichttextile Funktionselemente als Bindungselement Schuss in Kettengewirke einzuarbeiten, ist hierbei die entscheidende Voraussetzung zur Entwicklung von Vegetationsträgern für das Gleisbett wie in dem BMBF-Vorhaben „Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie: Einsatz neuartiger Textilmatten als Vegetationstragschicht in Gleisbett- Naturierungen zur Emissionsminderung und Retention von Niederschlagswasser“ demonstriert.

Die zur Verfügung stehenden Wirkmaschinen konnten im Ergebnis von Modifizierungsarbeiten so umgerüstet werden, dass eine Fertigung der Versuchsmuster problemlos möglich war.

Die im Institut vorhandene Laborausstattung und Prüftechnik wurde genutzt, um sowohl die Ausgangsmaterialien als auch die Mustervarianten textilphysikalisch zu charakterisieren.

Wesentliche Voraussetzung für die Vorhabensdurchführung war auch die langjährige Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner Sächsische Netzwerke Huck GmbH, Heidenau. Dieser Praxis-Partner konnte bereits durch vorangegangene Arbeiten Erfahrungen im Umgang mit textilen Vegetationsträgern sammeln.

### 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Planung des Vorhabens sah die Bearbeitung von 9 Arbeitspaketen sowie die Durchführung von 4 Meetings zum Vorhabensbeginn (Gründung eines Netzwerkes) bzw. anlässlich der konzipierten Meilensteine vor.

Der Vorhabensablauf erfolgte gemäß Arbeitsplan und umfasste für das Sächsische Textilforschungsinstitut e. V. Chemnitz folgende Hauptarbeitsschritte:

- Recherche zu den technischen Anforderungen an ein mobiles Gleisbettbegrünungssystem, Abschätzung des potentiellen Bedarfs sowie Recherche zu Alternativlösungen (Patentrecherche)
- Auswahl von Praxispartnern wie „Herstellern“ insbesondere Textilhersteller (Fa. Sächsische Netzwerke Huck GmbH) und eines potentiellen Systemanbieters (Fa. Bermüller und Co.) sowie Standortsuche für ein Demonstrationsvorhaben unter Einbeziehung von „Kunden“ (Erfurter Verkehrsbetriebe) und Kontaktaufnahme zu einem externen Supervisor (Dr. Reidenbach, Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG), Erfurt)
- Durchführung von Workshops/Meilensteinmeetings (im STFI) am 05.03.2008 zur Netzwerkgründung, am 08.06.2009 bei den Erfurter Verkehrsbetrieben und ein abschließendes Meeting mit einer kritischen Betrachtung des erreichten Standes am 09.12.2009. Darüber hinaus wurde das Projekt durch das STFI einer breiten Öffentlichkeit durch die Präsentation auf der GaLaBau-Messe in Nürnberg 2008 und 2010, durch die Teilnahme am Wettbewerb und Technologie-Preis „wissen.schaft.arbeit“ der TU-Chemnitz, einer Posterpräsentation zur Nacht der Wissenschaft am 20.06.2009 in Dresden und am 28.10.2009 beim Ausbildungstag Textil in Limbach-Oberfrohna. Eine weitere Präsentation gegenüber Entscheidungsträgern und Fördergebern erfolgte auf dem Innovationstag Mittelstand (AiF) in Berlin am 01.07.2009 und schließlich anlässlich des Besuchs von Herrn Minister Tiefensee im STFI am 06.08.2009.
- Verknüpfungen von Insellösungen im Rahmen einer Netzerkennung, Koordination der fachfremden Branchen
- Vorbereitung der Wirkversuche durch Voruntersuchungen an den Versuchsmaterialien und Erstellung eines Versuchsprogrammes
- Mitwirkung bei Tests an ausgewählten Mustervarianten unter praxisnahen Bedingungen mit dem Ziel, Aussagen zum Handling und Verhalten der Textilstrukturen im „eingebauten“ Zustand sowie zur prinzipiellen Eignung der Systemkomponenten, zu erhalten
- Mitarbeit beim Aufbau von Demonstrationsobjekten für den Nachweis der Funktionstüchtigkeit des Gesamtsystems in Form von Erstellung/Koordination zweier Demonstrationsvorhaben in Berlin (20.11.2008) und Erfurt (12.11.2008)
- Charakterisierung der neuen Strukturen anhand textilphysikalischer und hydraulischer Untersuchungen im Labormaßstab,
- Mitwirkung bei der Erarbeitung von Konfektionierungslösungen für die Vegetationsträgermuster,
- Vorbereitung der Marktarbeit durch Kostenanalysen der Gewirkestruktur im Hinblick auf das Gesamtsystem
- Zusammenfassung und Bewertung der Forschungsergebnisse einschließlich Kostenabschätzungen und Vorschlägen für die Fortsetzung der Arbeiten sowie innovative Einsatzrichtungen.

Bei den am 05.03.2008, 26.11.2008, 08.06.2009 und 09.12.2009 durchgeführten Meilenstein-Meetings zur Netzwerkbildung und Evaluierung des Projekts konnte folgende Punkte nachgewiesen werden:

- Der textile Vegetationsträger ist grundsätzlich auch unter Produktionsbedingungen in großer Menge herstellbar.
- Es konnten Probleme hinsichtlich Materialauswahl geklärt und das Anforderungsprofil hinsichtlich der Kostenstruktur verifiziert werden.
- Das grundsätzliche Konzept der Verknüpfung von Insellösungen über einen Systemanbieter sowie das logistische Ineinandergreifen der Teilabläufe konnte erfolgreich anhand der Demonstrationsobjekte nachgewiesen werden.
- Eine Diskussion der Netzwerkteilnehmer untereinander konnte angeregt werden.

Damit wurden die Zielstellungen der Meilensteine erfüllt.

Am Schluss des Vorhabens erfolgte eine Anwenderschulung in Form des Abschluss-symposiums „Grüne Gleise“ am 20.09.2010 zeitnah zu der Fachmesse Innotrans in Berlin. Hier konnte über Fachvorträge zum Thema Gleisbettnaturierung das gesamte derzeitige Spektrum an Begrünungssystemen dargestellt werden.

#### **1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Der wissenschaftliche und technische Stand wurde der nachfolgend aufgeführten Literatur entnommen, wobei auf einige der hier aufgeführten Literaturstellen erst im Teil II Bezug genommen ist. Hierbei erfolgte die Inanspruchnahme des Informations- und Dokumentationsdienstes des Fachinformationszentrums Technik e. V. Frankfurt (fiz technik). Weiterhin dienten Recherchen im Internet und Umfrageaktionen dem Zusammentragen von Informationen, Zahlen und Fakten, um das Marktpotenzial der neuen Strukturen abschätzen zu können.

Wesentlicher Anknüpfungspunkt zu diesem Projekt war ein vorangegangenes Entwicklungsprojekt des STFI und IASP: „Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie: Einsatz neuartiger Textil-Matten als Vegetationstragschicht in Gleisbett-Naturierungen zur Emissionsminderung und Retention von Niederschlagwasser.“ (FKZ 0339947) in dem die textiltechnologischen Grundlagen für die Herstellung eines erdelosen textilen Vegetationsträgers geschaffen wurden und in einem ersten kommerziellen Projekt im Anschluss an das Entwicklungsvorhaben erfolgreich für ein Langzeitdemonstrationsobjekt am Goetheplatz in Chemnitz in Zusammenarbeit mit der Chemnitzer Verkehrsbetriebe AG (CVAG) transferiert werden konnte. Darüber hinaus konnte als wichtige Weichenstellung für den Transferprozess ein bereits 2005 vom STFI angemeldetes Patent zur mobilen textilen Gleisbettbegrünung 2010 zur Veröffentlichung gebracht werden.

Als Hemmnisse für einen bisherigen Transfererfolg wurde ein (auch in Chemnitz) nicht immer zufriedenstellender Deckungsgrad erkannt. Als Ursache dafür wurden vor allem eine ungenügende Vorkultur sowie eine unzureichende Nachsorge verantwortlich gemacht.

## 1.5 Literatur

- Arnold, R., Fuchs, H., Bertl, A.-M., Hufnagl, E. und Arnold, E. 2000. Neuartige textile Pflanzenträgermatten für die ökologische Gestaltung von Wasserbauwerken und Dachflächen. Bauen mit Textilien, No. 2: 33-36
- Bartl, A.-M. 1994. Grundsätzliche Untersuchungen zum Verarbeitungsverhalten von streifenförmigen textilen Recyclingmaterialien bei der Herstellung grober Gewirke. Abschlussbericht AiF, FZK 9143B
- Bartl, A.-M. 1995. Grundlegende Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen Struktur und Verarbeitungsverhalten extrem starker Schussfäden auf Kettenwirkmaschinen für technische Einsatzgebiete. Abschlussbericht AiF, FZK 9728B
- DE 29512729 U1 1995. Naturierungsaufbau für Gleisbettungen. Angemeldet am 31.07.1995, veröffentlicht am 23.11.1995, Anmelder: Verein zur Förderung agrar- und stadtökologischer Projekte e.V., 10115 Berlin, DE
- DE 19654031C2 1998. Schwimmende textile Pflanzeninsel. Angemeldet am 21.12.1996, veröffentlicht am 25.12.1998, Anmelder: Manfred Huck GmbH & Co. KG Netz- und Seilfabrik, 35614 Aßlar, DE, Erfinder: Arnold, R., Bartl, A.-M., Hufnagl, E.
- DE 29918409 U1 1999. Wiederverwendbare Sedum-Vegetationsmatte mit Kunststoffgittergewebe. Angemeldet am 19.10.1999, veröffentlicht am 06.04.2000, Anmelder: Bremer Straßenbahn AG, 28199 Bremen, DE
- DE 102005025791B4 2005. Mobile textile Gleisbettnaturierung. Angemeldet am 02.06.2005, veröffentlicht am 29.07.2010, Anmelder: Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V., Erfinder: Arnold, R., Mählmann, J., Stopp, J., Strauß, W., Bender, S., Siemsen, M., Henze, H.-J., Schade, C., Melzig, H.
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung - Landschaftsbau e. V. (FLL) 2002. Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Bonn
- Gorbachevskaya O., Kappis, C. und Mählmann, J. 2009. Mehr Grün im urbanen Raum. Stadt+Grün 3/2009, Seite 58-61
- Helbig, R., Arnold, R., Hufnagl, E., Tietz, E. und Bickel, S. 2003. Verarbeitbarkeit und Einsatz von nicht verspinnbarer Schafwolle und Bergwiesenheu für das ökologische Bauen. 12.09.03, Narotech, Erfurt
- Hufnagl, E. 1998. Entwicklung extrem grober Gewirkekonstruktionen durch Test der Einsatzgrenzen einer neuartigen Rechts/Rechts-Kettenwirkmaschine, Schlussbericht zum BMWi-Forschungsvorhaben 219/97
- Kircher, W., Mählmann, J. und Lissner, Bernd 2006a. Begrünung modifizierter REPOTEX-Varianten für extensive Dachbegrünung mit Sedum-Sprossen und einer Saatmischung; Dachmatten. Versuche in der Landespflege, HS Anhalt, Fachbereich 1, Bernburg Nr. 1
- Kircher, W., Mählmann, J. und Lissner, Bernd 2006b. Begrünung modifizierter REPOTEX-Varianten für extensive Dachbegrünung mit Sedum-Sprossen und einer Saatmischung; Arten.Versuche in der Landespflege, HS Anhalt, Fachbereich 1, Bernburg Nr. 2
- Mählmann, J. und Fuchs, H. 2005. Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie: Einsatz neuartiger Textil-Matten als Vegetationstragschicht in Gleisbett-Naturierungen zur Emissionsminderung und Retention von Niederschlagwasser. Schlussbericht BMBF 0339947



- Mählmann, J., Arnold, R., Herrmann, L., Morscheid, H., and Mattukat, F. 2006. Künstliche Wiederbesiedlung von submersen Makrophyten in Standgewässern mit Hilfe eines textilen Vegetationstragsystems Artificial recolonization of submerged macrophytes in lotic systems by means of a textile vegetation carrier system. Rostock. Meeresbiolog. Beitr., no. 15 , pp. 133-145
- Mählmann, J. und Erth. H. 2008. Technische Textilien zur (Wieder-)herstellung von aquatischen Lebensräumen . Schlussbericht INNO-WATT IW041197
- Mählmann, J. 2009. Schafwollverarbeitung für technische Zwecke. Schlussbericht INNO-WATT IW061147
- Mählmann, J., Herfert,H. und Arnold, R. 2010. Mobiles textiles Vegetationstragsystem für die Gleisbettbegrünung. Berliner Geographische Arbeiten, Nr. 116.
- Mählmann, J., Arnold, R., Ostertag, C., Arnold, T. (in prep). Textiler Vegetationsträger für erdelose Begrünungen
- WO 02/054852 A2 2002. Matte, bzw. Vorrichtung zur Herstellung einer Matte. Angemeldet am 15.01.2002, veröffentlicht am 18.07.2002, Anmelder: Roess Thomas, DE ; Bartels Dieter, DE, Erfinder: Roess Thomas, DE ; Bartels Dieter, DE

## 1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Forschungsprojekt wurde als Verbundvorhaben realisiert. Neben den Antragstellern Humboldt-Universität, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Gärtnerische Pflanzensysteme, Berlin (HU), Institut für agrar- und stadtökologische Projekte (IASP) und Sächsisches Textilforschungsinstitut e. V. an der TU-Chemnitz (STFI) waren die in Tabelle 1 aufgelisteten Partner z.T. als Netzwerkpartner oder Unterauftragnehmer mit in das Vorhaben eingebunden:

Tabelle 1: Netzwerkpartner im Projekt „Entwicklung neuartiger Organisations- und Kommunikationsformen des Technologietransfers am Beispiel der Gleisbettmatte“

Institution/Adresse	Ansprechpartner
Sächsische Netzwerke Huck GmbH (SNH) Dresdner Str. 107 01809 Heidenau	Hr. Claus Ostertag <a href="mailto:claus.ostertag@huck.net">claus.ostertag@huck.net</a>
BECO Bermüller Co. GmbH Postfach 610245 90222 Nürnberg	Fr. Renate Pemsel <a href="mailto:renate.pemsel@beco-bermueller.de">renate.pemsel@beco-bermueller.de</a>
NIRA GmbH & Co.KG Annen 3 27243 Groß Ippener	Hr. Dr. Christian Schade <a href="mailto:c.schade@xeroflor.de">c.schade@xeroflor.de</a>
RoofControl Schiffbauerdamm 14 10117 Berlin	Hr. Zimmermann <a href="mailto:mail@roofcontrol.de">mail@roofcontrol.de</a>
CVAG PF 114 09001 Chemnitz	Hr. Dr. Seidel, <a href="mailto:reinhard.seidel@cvag.de">reinhard.seidel@cvag.de</a>

Institution/Adresse	Ansprechpartner
Erfurter Verkehrsbetriebe AG AL Infrastruktur Postfach 900332 99106 Erfurt	Hr. Geier, <a href="mailto:florian.geier@stadtwerke-erfurt.de">florian.geier@stadtwerke-erfurt.de</a> Hr. Rödel, <a href="mailto:Uwe.Roedel@stadtwerke-erfurt.de">Uwe.Roedel@stadtwerke-erfurt.de</a>
Berliner Verkehrsbetriebe Anlagen Straßenbahn BS –A2 Fach 32900 Potsdamer Str. 188 10783 Berlin	Hr. Otto, <a href="mailto:Winfried.Otto@bvg.de">Winfried.Otto@bvg.de</a> Hr. Dreger, <a href="mailto:frank.dreger@bvg.de">frank.dreger@bvg.de</a> Hr. Zaehb, <a href="mailto:torsten.zaehb@bvg.de">torsten.zaehb@bvg.de</a>
GefAA Systemberatung mbH Friedrichstr. 63 10117 Berlin	Hr. Weißhuhn <a href="mailto:heinz.weisshuhn@gefaa.com">heinz.weisshuhn@gefaa.com</a>
Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt (LVG) Leipziger Straße 75a 99085 Erfurt	Hr. Dr. Reidenbach <a href="mailto:g.reidenbach@lvg-erfurt.de">g.reidenbach@lvg-erfurt.de</a>
Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP) Invalidenstr. 42 10115 Berlin	Hr. Dr. Köhler <a href="mailto:stefan.d.koehler@agrار.hu-berlin.de">stefan.d.koehler@agrار.hu-berlin.de</a> Fr. Dr. Christel Kappis <a href="mailto:christel.kappis@agrار.hu-berlin.de">christel.kappis@agrار.hu-berlin.de</a> Hr. Dr. Henze <a href="mailto:hjhenze@web.de">hjhenze@web.de</a> Fr. Dr. Olga Gorbachevskaya <a href="mailto:olga.gorbatschewskaja.1@agrار.hu-berlin.de">olga.gorbatschewskaja.1@agrار.hu-berlin.de</a> Hr. Habermann <a href="mailto:boris.habermann@agrار.hu-berlin.de">boris.habermann@agrار.hu-berlin.de</a>
Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. an der Technischen Universität Chemnitz (STFI) Annaberger Str. 240 09125 Chemnitz	Hr. Mählmann <a href="mailto:jens.maehlmann@stfi.de">jens.maehlmann@stfi.de</a> Fr. Herfert <a href="mailto:heike.herfert@stfi.de">heike.herfert@stfi.de</a>
Institut für Gartenbauwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin Fachgebiet Gärtnerische Pflanzensysteme Lentzeallee 75 14195 Berlin	Hr. Dr. Grüneberg <a href="mailto:hgrueneberg@agrار.hu-berlin.de">hgrueneberg@agrار.hu-berlin.de</a>

Schwerpunkte der Arbeiten der Projektpartner (Antragsteller und Unterauftragnehmer) bezogen sich auf:

*Humboldt-Universität:*

- Untersuchungen und Wissenstransfer zur Optimierung der Vorkultivierung beim Einsatz von Sedum
- Untersuchungen zur Verkürzung der sehr langsamen Startphase bei Sedum
- Untersuchungen zur Trittfestigkeit für Bereiche mit hohem Querungsdruck
- Erweiterung der Pflanzenauswahl
- Beratungsleistungen/Anwenderseminare hinsichtlich Umgang mit Vegetation, auftretender Probleme und Schadbilder, Ableitung von Pflegemaßnahmen bei Vorkultivierung und bei Einsatz der Matten im Gleis

*Institut für agrar- und stad ökologische Projekte*

- Testung neuer Kommunikationswege/-mittel hinsichtlich ihrer Effektivität
- Effizienzsteigerung der Abläufe

*GefAA Systemberatung mbH*

- Etablierung und Wartung einer Kollaborationsplattform
- Nutzerberatung/Schulung und Anwendungshilfe

*Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.*

- Wissenstransfer von Erkenntnissen aus dem Entwicklungsprojekt in die Praxis
- Hilfestellung bei der Industrialisierung des Herstellungsprozess der textilen Vegetationsträger
- Ableitung von Impulsen für weitere FuE-Arbeit und Anwendungsmöglichkeiten
- Transfer von Wissen innerhalb des neuen Netzwerkes durch Einrichtung eines Systemanbieters

*Sächsische Netzwerke Huck GmbH*

- Potentieller Rohmattenhersteller und Zulieferer für Begrüner
- Praxispartner für Industrialisierungsversuche

*Bermüller und Co*

- Als Hersteller von Gummiprofilen (Kammerfüllelemente) ist die Firma BECO bereits ein auf dem Markt der Gleisbettbegrünung eingeführtes Unternehmen
- Auf Grund eigener Erfahrungen auf den Gebieten der Arbeit mit Geotextilien, Dachbegrünung, Gleisbettbegrünung, Gleisbau sowie den vorhandenen engen Kontakten mit städtischen Verkehrsbetrieben und vielen anderen Kunden wurde diese Firma als Systemanbieter für das Gesamtsystem „mobile textile Gleisbettvegetation für Schottergleiskörper“ vorgeschlagen

*Chemnitzer Verkehrsbetriebe AG*

- Trug Erfahrungen aus der langjährigen Begleitung des ursprünglichen F&E-Projekts sowie aus dem Unterhalt einer Langzeitdemonstrationsanlage (Chemnitz Goetheplatz) bei.
- Hilfestellung bei Fragen zu Ausschreibungsmodalitäten

### *Erfurter Verkehrs AG*

- Praxispartner für die Errichtung einer Demonstrationsanlage im großtechnischen Maßstab auf einem Betriebshof
  - Nutzung des Zielsystems: „Querschwelle im Schotterbett“
  - Schienenverkehr unter realen Bedingungen
  - Gleiswechsel, Schächte und weitere „Störkonturen“
  - Referenz für geschützten Bereich (kein Querungsdruck)
  - Standort für ein Demonstrationsobjekt in einer klimatisch trockenen Lage

### *Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau, Erfurt*

- unabhängige Supervision durch Dr. Reidenbach

### *Berliner Verkehrsbetriebe*

- Standort und Praxispartner für Demonstrationsanlage im großtechnischen Maßstab im Innenstadtbereich von Berlin
  - Eignungstest des Systems für „Feste-Fahrbahn-Systeme“
  - Schienenverkehr unter realen Bedingungen
  - Standort für ein Demonstrationsobjekt mit extremen stadtklimatischen Bedingungen (nasse Lage)

Die Aufgaben der weiteren am Projekt/Netzwerk beteiligten Partner sind dem Abschlussbericht des IASP zu entnehmen.

## 2 Eingehende Darstellung

### 2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Die im Ablaufplan vorgesehenen Arbeiten zu den Arbeitspaketen wurden planmäßig (im Hinblick auf den verzögerten Projektstart) durchgeführt.

Der Meilenstein I „Gründung des Netzwerkes Mobile Gleisbettmatte“ wurde mit der Netzwerkgründung am 05.03.2008 fristgerecht im 1. Quartal 2008 erfolgreich absolviert. Die „Einrichtung der Demonstrationsanlage (III/2008)“ (Meilenstein II) wurde mit dem Abschluss der Baumaßnahmen am 12.11.2008 in Erfurt und 20.11.2008 in Berlin erreicht. Mit der Durchführung des „1. Workshops zur Evaluierung des Transfersystems (IV/2008)“ am 08.06.2008 wurde der Meilenstein III erfolgreich abgeschlossen. Der Meilenstein IV „2. Workshop zur Evaluierung des Projektes (IV/2009)“ wurde mit den Netzwerkpartnern am 19.12.2009 erreicht.

#### 2.1.1 AP 1. Überprüfung der Vorplanungen im Sinne eines kritischen Ziel-Mittel-Checks

Als Gründe für den Einsatz eines textilen Vegetationssystems für das Gleisbett konnten folgende Punkte herausgearbeitet werden:

- Die zunehmende Einführung der „gesplitteten Abwassergebühr“ durch Kommunen („Regenwasser-Einleitgebühr“). Nach einer aktuellen Recherche ist die Tendenz steigend. Damit ergibt sich für Flächenbetriebe wie Betreiber von schienengebundenen Verkehrsnetzen durch die Einsparung von Niederschlagswassergebühren ein hohes finanzielles Sparpotential.
- Die in Überarbeitung befindliche Emissionsnorm „Schall 03“ erlaubt für Lärminderungsmaßnahmen einen Bonus von -3 dB(A) bei der Verwendung eines sog. „hoch liegenden Rasengleises“.
- In Gesprächen mit Verkehrsbetrieben wurde deutlich, dass sie sich „nur unter Zwang“ auf Grund öffentlichen Drucks oder aber einfach aus ästhetischen Gründen für ein grünes Gleis entscheiden. Um das Bild weiter zu untersetzen, wurde ein Fragebogen entwickelt (vgl. Abschlussbericht IASP).

Dr. Henze, IASP (pers. Mitteilung) gibt eine Anzahl von 137 Städten an, die schienengebundenen öffentlichen Nahverkehr betreiben. Nach einer Internet-Recherche (Stand März 2008), betreiben insgesamt 62 Städte ein öffentliches Nahverkehrsschienennetz. Diese kommen in erster Linie als potentielle Kunden für das zu transferierende Gleisbettvegetationssystem in Betracht. Nach dieser Studie sind in Deutschland bei den ermittelten 62 Städten offenbar 5 Spurweiten relevant (vgl. *Tabelle 2*).

Da eine Konfektion der textilen Vegetationsträger nicht ganz unproblematisch ist, wurde herstellereitig auf eine Fertigung in Zielbreite orientiert. Die derzeit für derartig grobe Strukturen zur Verfügung stehenden Textilmaschinen weisen eine Gesamtarbeitsbreite von maximal 1.200 mm auf. Beim Einsatz der Kammerfüllelemente mit einer typischen Breite von 140 mm pro Schiene ergaben sich für alle ermittelten Spurweiten eine Produktbreite für den Zwischengleisbereich, die unterhalb der maximalen Fertigungsbreite lag (vgl. *Abbildung 3* und *Abbildung 4*). Aus Handhabungsgründen wurde eine Endlänge von 2,5 m festgelegt. Diese Länge gewährleistet auch bei maximaler Wassersättigung der Matten eine mobile Entnahme und das Wiedereinsetzen in das Gleis auch unter Fahrbetrieb.

Tabelle 2: Spurweiten bei schienengebundenen Nahverkehrsnetzen in Deutschland

Spurweite (mm)	Häufigkeit	rel. Häufigkeit (%)	Bemerkung
<b>1.000</b>	32	52	u.a. <b>Erfurt</b>
1.100	1	2	nur Braunschweig
<b>1.435</b>	27	46	sog. „Normalspur“, z.B. <b>Chemnitz, Berlin</b>
1.450	1	2	nur Dresden
1.458	1	2	nur Leipzig

Bezüglich einer höheren Produktivität wurde daher auf die im vorangegangenen F&E-Projekt entwickelte Technik mit sehr störanfälligen „Breithaltern“ verzichtet. Die Zielbreite wurde durch vorheriges Ermitteln des Krumpffaktors (einspringen des Produkts nach der Fertigung) und entsprechender Zugabe bei der Fertigung sichergestellt. Damit ergab sich aus produktionstechnischer Sicht die Möglichkeit, über eine geschickte Mattendimensionierung mit wenigen vorkonfektionierten Mattenbreiten alle benötigten Breiten auch für den Zwischengleisbereich bedienen zu können. Als mögliches Aufteilungsbeispiel ist in Abbildung 4 die Planung für das Demonstrationsobjekt „Betriebshof Urbicher Kreuz, EVAG“ dargestellt.

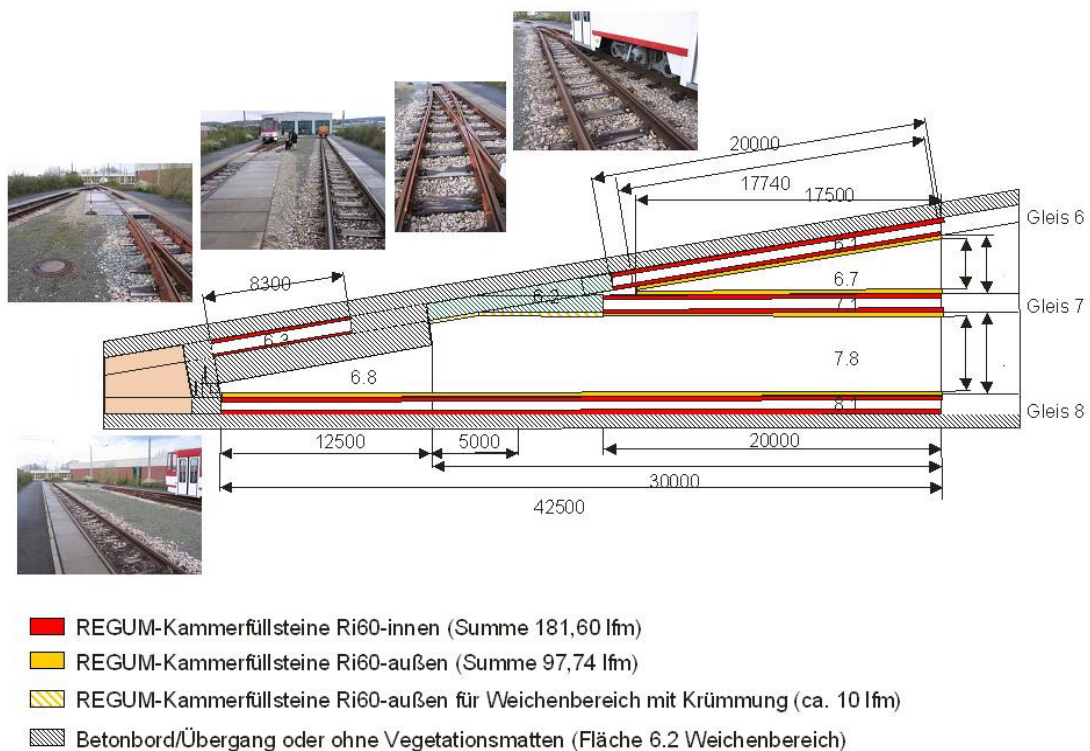


Abbildung 3: Spurweiten und Kammerfüllelemente am Beispiel „Betriebshof Urbicher Kreuz, EVAG“

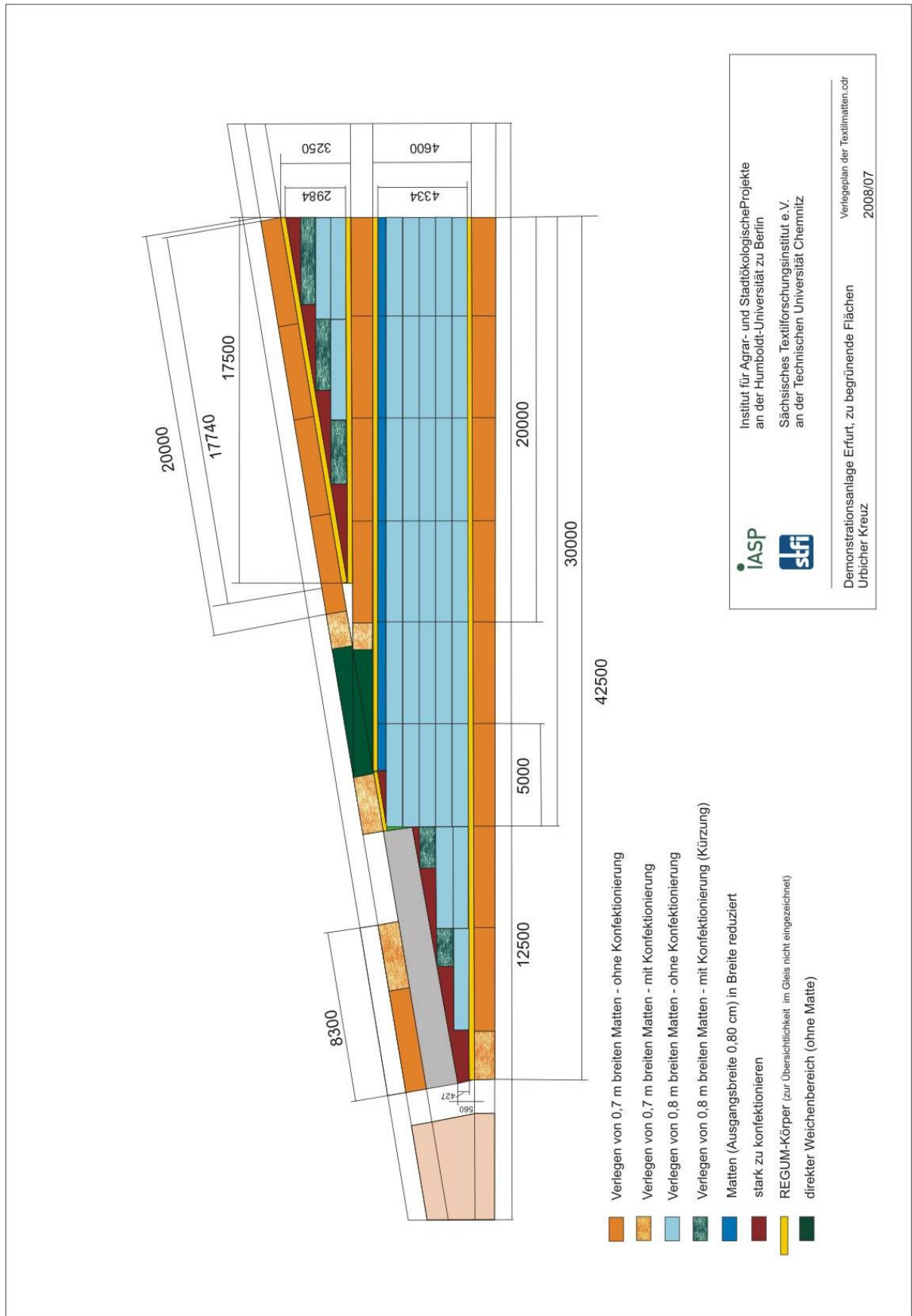


Abbildung 4: Aufteilungsbeispiel für eine produktionsgerechte Modulfertigung am Beispiel „Betriebshof Urbicher Kreuz, EVAG“

### 2.1.1.1 Vermarktungschancen

Nach Prüfung der Patentsituation konnten für Deutschland keine Konkurrenzlösungen ermittelt werden. Ermittelte Alternativlösungen wie z.B. DE 19654031C2, DE 29918409 U1 und DE 29512729 U1 lassen sich nicht für die vorherrschende Bauform Querschwelle im Schotterbett einsetzen. Die bei 29512729 U1 beschriebene lose Anordnung von wurzelfester Abdichtung, Filtervlieschicht, Speicherschicht und Naturierungssubstrat hat im Gegensatz zu dem hier als Grundlage dienenden textilen Vegetationstragsystem keinen einheitlich stabilen Aufbau und ist deshalb nicht ohne eine Zerstörung des Gesamtaufbaus entnehmbar. Ähnlich verhält es sich mit DE 29918409 U1. Hier wird jedoch mehr auf die gleiche Funktion, nicht jedoch auf den konstruktiven Aufbau der Tragschicht selber eingegangen. Bei DE 19654031C2 wird eine sehr offenmaschige Struktur für einen gänzlich anderen Anwendungszweck beschrieben, die auf Grund der Konstruktion nicht die erforderliche Lagestabilität zur Überfahrbarkeit mit Schienenfahrzeugen bietet. Im Weltstandsvergleich mit WO 02/054852 A2 zeichnete sich die zu transferierende textile Vegetationstragschicht durch die Herstellung von räumlich fixierten Hohlräumen, die als Wasser-, Nährstoff- und Wurzelreserve dienen, aus. Darüber hinaus umfasst der hier im Projekt verfolgte Ansatz nicht nur das reine Produkt textiler Vegetationsträger, sondern hat das komplexe Gesamtsystem bestehend aus einer Reihe von Einzelkomponenten (und Einzelherstellern), die aufeinander abgestimmt werden müssen, im Focus.

Damit waren weiterhin gute Vermarktungschancen unter Berücksichtigung der derzeit erkennbaren Entwicklungstrends seitens der Anwendererfordernisse und der Herstellungs-/ Vertriebskosten für das innovative Produkt einerseits und vergleichbarer Parameter für Alternativlösungen andererseits gegeben. Es zeigte sich jedoch auch, dass die Einzelkomponenten alleine auf dem Markt z.T. gar nicht oder zumindest für diesen speziellen Markt nicht bestehen können, sondern nur als zu schaffendes Gesamtsystem dem Kunden angeboten werden kann.

Im Rahmen der Präzisierung der arbeitsteiligen Umsetzung der Arbeitsschritte des Transfervorhabens wurde festgelegt, dass sich das STFI e.V. auf Grund seiner Nähe zu den Herstellern vor allem auf die Fragen zum technologischen Transfer konzentriert, während die Humboldt-Universität/IASP Wissenslücken aus dem Vorgängerprojekt aufgreift und zu einer entsprechenden Lösung weiterentwickelt.

Die Ableitung von Aufgabenstellungen für die Weiterentwicklung des innovativen Produkts sowie seiner Herstellungstechnologie auf der Basis der Ergebnisse der Demonstrationsvorhaben sind weiter unten dargestellt.

### 2.1.2 AP 2. Auswahl der Praxispartner

Um von Anfang an alle beteiligten Gruppen berücksichtigen zu können, wurden folgende Praxispartner nach Vorgesprächen, aber auch nach technologischen und strategischen Voraussetzungen/ ausgewählt:

#### 2.1.2.1 „Hersteller“

Die *Sächsische Netzwerke Huck GmbH* war mit der Aufgabe der Industrialisierung der Gleisbettmatte durch Herstellungsversuche unter Produktionsbedingungen für Demonstrationsvorhaben (Pilotstandorte „Berlin“ und „Erfurt“) in Zusammenarbeit mit dem STFI e.V. betraut. Hierbei wurde der Prozess der Überleitung des Prototypen (STFI e.V.) in die Großproduktion begleitet. Dabei wurden Probleme beim Industrialisierungsprozess analysiert, um rückwirkend die Forschungsinstitute für zukünftige Produktentwicklungen zu qualifizieren. Die dabei ermittelten Parameter des Produktionsprozess wurden zur Kostenkalkulation des Gesamtsystems erfasst.



Die *Niedersächsische Rasenkultur GmbH & Co. KG (NIRA)* als Begründer und damit weiterverarbeitender Betrieb aber letztendlich auch Kunde hinsichtlich spezieller Anforderungen, wurde auf Grund der eigenen Fachkompetenz in Begleitung durch das IASP mit in den Industrialisierungsprozess einbezogen. Weitere Details vgl. Abschlussbericht IASP.

#### 2.1.2.2 „Kunde“

Bei der Errichtung der Demonstrationsanlagen wurden Nahverkehrsbetriebe (hier Erfurter Verkehrsbetriebe AG, Berliner Verkehrsbetriebe AG) als potentielle Kunden direkt mit eingebunden, um frühzeitig Kundenanforderungen in den Industrialisierungsprozess mit aufnehmen zu können. Im Hinblick auf ein transferbegleitendes Marketing wurden im Rahmen der durchgeführten Workshops diese Kundenvertreter qualifiziert und auf die Anforderungen des neuen Produkts vorbereitet. Dadurch konnte herausgearbeitet werden, welche Informationen an den Auftragnehmer weiterzuleiten sind, um den komplexen Prozessen und Wechselwirkungen im Vorfeld wie anpassungsgerechte Herstellung der Matten und Vorkultur Rechnung zu tragen. Weiterhin wurde der Praxispartner aus dem Vorgängerprojekt, die Chemnitzer Verkehrsbetriebe AG, als Erfahrungsträger und „Vermittler“ in den Transferprozess integriert. Rückwirkend auf die Projektpartner, insbesondere aus den Forschungseinrichtungen, wurde das komplexe Ausschreibungssystem und z.T. auf Fördermaßnahmen beruhende Auftragssystem von Kunden, die auf kommunaler Ebene agieren, verdeutlicht.

#### 2.1.2.3 „Systemanbieter“

Die Firma *Bermüller & Co KG (BECO)* wurde als möglicher zukünftiger Systemanbieter in den Qualifizierungsprozess mit einbezogen. Diese Firma verfügt zum einen über Kontakte zu sehr unterschiedlichen Branchen (Garten- und Landschaftsbau, Geotextilhersteller, Hersteller von Kammerfüllelementen) und besitzt darüber hinaus eigene Erfahrungen auf den Gebieten Geotextilien, Dachbegrünung, Gleisbettbegrünung und Gleisbau. Darüber hinaus steht die Firma in engem Kontakt mit städtischen Verkehrsbetrieben und vielen anderen Kunden. Damit schien diese Firma prädestiniert für eine Schulung als (Ver-)Mittler, der die komplexen Einzelkomponenten dem Endkunden (Verkehrsbetrieb) zusammenfassend und aufeinander abgestimmt anbieten kann. Für den Kunden ergibt sich damit ein einzelner Ansprechpartner, der die unterschiedlichen Kompetenzfelder bündelt. Auf diese Weise sollten fehlende Kontakte von Textilherstellern zu Garten- und Landschaftsbauern oder Verkehrsbetrieben als Kunden überbrückt werden.

Neben dem neuartigen Transferkonzept, bei dem Kunden, Anbieter und Produzenten (auch in Teilschritten) innerhalb eines Kommunikationsnetzwerkes schon vor der Phase der Auftragsvergabe zusammenarbeiten, wurden innovative Kommunikations- und Demonstrationsmittel eingeführt (vgl. hierzu Zwischenbericht des IASP).

#### 2.1.2.4 „Supervisor“

Zur unabhängigen und kritischen Begleitung des Projekts wurde Dr. Reidenbach von der Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau, Erfurt mit in das Projekt einbezogen. Dadurch wurde eine unabhängige Begutachtung insbesondere der Demonstrationsanlage in Erfurt gewährleistet und vor allem aus Sicht des Garten- und Landschaftsbaus Entwicklungspotentiale des fertigen Systems aufgedeckt.

### 2.1.3 AP 3. Informationsveranstaltungen, Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen der Projektlaufzeit wurden insgesamt vier Workshops durchgeführt:

- 05.03.2008 im STFI,
- 26.11.2008 im IASP
- 08.06.2009 bei den Erfurter Verkehrsbetrieben
- 09.12.2009 im STFI
- 20.09.2010 im IASP – Symposium „Grüne Gleise“

Die Workshops dienten dem Informationstransfer der wissenschaftlichen Ergebnisse sowie der direkten Abstimmung zwischen allen im Transfernetzwerk zusammengefassten Partnern. Ein Kernthema der Workshops I und II behandelte Anforderungen an das Design der textilen Aufwuchsträger. Neben technischen Anforderungen (Zugkraft, Materialbeständigkeit etc.) und Anforderungen aus der Praxis hinsichtlich Handhabbarkeit und Arbeitsschutz wurde vor allem die optisch ästhetische Komponente auch rein „technischer“ Produkte herausgestellt. Ein entscheidendes Kriterium für eine Kaufentscheidung ist auch bei Artikeln mit ausschließlich technischer Funktion der visuelle Eindruck. Der Kunde kauft „aus dem Regal“ und muss bereits hier anhand des visuellen Eindrucks auf die optimale Funktionalität des Produktes schließen können – hier muss entsprechendes Marketingverständnis auch im F&E-Bereich geschaffen werden, damit ein Produkt schließlich auch die notwendige Kundenakzeptanz erreicht. Diese Einbeziehung von Kunden in den Transferprozess sichert damit bereits in der Herstellungsphase des Produkts eine marktgerechte Produktion und wirkt gleichzeitig auf die Entwicklungsprozesse zurück.

Ein Kernthema des Workshops III behandelte die spezifischen Anforderungen des Marktes an das Produkt. Vertiefend wurden darüber hinaus Designwünsche und -vorschläge aus Anwendersicht (z.B. Farbgebung, Oberflächenstruktur) an die textilen Aufwuchsträger zusammengetragen. In den Fachbeiträgen wurde vor allem auf eine Dokumentation der Gleisbettmatte sowie auf Ausschreibungsmodalitäten von meist öffentlichen Auftraggebern im Bereich des ÖPNV eingegangen. Von Seiten der Entwickler wurden weitere Argumente für Rasengleissysteme im Allgemeinen und der textilen mobilen Gleisbettmatte im Besonderen aus (stadt-)ökologischer Sicht dargestellt. Anhand von Praxisbeispielen (Bericht über Langzeiterfahrungen, Exkursion zur Demonstrationsanlage) wurden die unmittelbaren Effekte zur Diskussion gestellt.

Der IV. Workshop stand vor allem unter dem Thema der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und dem kritischen Vergleich des Entwicklungsprodukts zu bereits auf dem Markt etablierten Systemen.

Für die Öffentlichkeitsarbeit wurden transportable Messemodelle entwickelt. Hierbei zeigte sich, dass z.B. ein Prinzip-Modell mit nur einer Schiene (Abbildung 5) trotz professioneller Gestaltung von den (Fach-)Messebesuchern (Garten- und Landschaftsbau) gar nicht als Modell für Gleisanlagen erkannt wurde und die Betrachtung vom eigentlichen Produkt, der textilen mobilen Gleisbettvegetation, auf die Kammerfüllelemente gelenkt wurde.

Günstiger erwies sich hier die Gestaltung als 2-Schienenmodell, trotz unmaßstäblicher Verkürzungen (vgl. Abbildung 6).



Abbildung 5: Messemmodell in 1-Schienen-Ausführung (BECO) auf dem Präsentationsstand zum Tag der Wissenschaften in Berlin

In Fachzeitschriften und vor allem in Zeitschriften mit fachübergreifendem Charakter (Garten- und Landschaftsbau, Stadtentwicklung) wurden die Forschungsergebnisse praxisnah publiziert und die neuen Produkte den Anwendern vorgestellt. Diese Bekanntmachung wurde durch Präsentationen auf Messen und wissenschaftlichen Tagungen/Veranstaltungen unterstützt. Im Einzelnen wurden folgende Veröffentlichungen im Berichtszeitraum durchgeführt:

- Die lange Nacht der Wissenschaften, Berlin (IASP)
- STFI 2008: Messepräsentation auf der GaLaBau 2008 vom 17.-20.09.2008 in Nürnberg (s. Abbildung 6, links)
- Olga Gorbachevskaya, Christel Kappis, Jens Mählmann 2009: Mehr Grün im urbanen Raum; Mobile Vegetationsmatten zur Begrünung von Straßenbahngleisen. Stadt und Grün, Jg. 58, Heft 3, Seite 58-61; Herausgeber: Patzer-Verlag.
- Messeteilnahme zur Innotrans (23.-26.9.08), Berlin (IASP)
- Teilnahme am Wettbewerb/Technologie-Transfer-Preis: „wissen.schafft.arbeit“, TU-Chemnitz (STFI/IASP)
- Lucchesi, P. Zschage, P. 2009. Forscherverein gibt Stoff für die Zukunft – es grünt so grün wenn diese Stoffe blühen. Morgenpost am Sonntag 01.02.2009, S10-11
- STFI 2009: Transfer Gleisbettnaturierung. Posterpräsentation zur Nacht der Wissenschaft am 20.06.2009 in Dresden
- STFI 2009: Transfer Gleisbettnaturierung. Posterpräsentation zum Innovationstag Mittelstand (AiF) am 1.07.2009 in Berlin
- Besuch von Verkehrsminister Tiefensee im STFI am 06.08.2009, Präsentation von Modell und Herstellungsverfahren sowie Vortrag
- STFI 2009: Transfer Gleisbettnaturierung. Posterpräsentation zum Ausbildungstag Textil am 28.10.2009 in Limbach-Oberfrohna
- Mählmann, J., Herfert, H. und Arnold, R. 2010. Mobiles textiles Vegetationstragsystem für die Gleisbettbegrünung. Berliner Geographische Arbeiten 116.
- STFI 2010: Messepräsentation auf der GaLaBau 2010 vom 14.-18.09.2010 in Nürnberg (s. Abbildung 6, rechts)
- Mählmann, J., Arnold, R., Ostertag, C., Arnold, T. (in prep). Textiler Vegetationsträger für erdelose Begrünungen



Abbildung 6: Gleisbettmodell auf der Garten- und Landschaftsbaumesse Nürnberg (2008 und 2010)

#### 2.1.4 AP 4. Entwicklung eines Netzwerkes zur Umsetzung der Ergebnisse

Das während der Konzeptentwicklung überregional geknüpfte Netzwerk aus produzierenden Unternehmen, wissenschaftlichen Einrichtungen und Multiplikatoren wie z.B. Wirtschaftsverbänden, IHK und Kunden, war die Basis für eine nachhaltige Anwendung der im Projektverlauf gewonnenen Erfahrungen zur rationellen Gestaltung des Transferprozesses von wissenschaftlich-technischen Innovationen in die wirtschaftliche Anwendung.

Neben der Überleitung des neuen, innovativen Produktes zur Sicherstellung der Vermarktung wurde versucht, exemplarisch einen Systemanbieter aufzubauen, der die Verknüpfung der Insellösungen (einzelne Hersteller) koordinieren und als Ansprechpartner gegenüber dem Kunden/Endverwerter auftreten sollte.

Die im Netzwerk mitwirkenden produzierenden Unternehmen erhielten aktive Unterstützung bei der Industrialisierung durch Rationalisierung und Optimierung der internen Prozesse, um die internen Reserven auszuschöpfen. Sie wurden qualifiziert, den Optimierungsprozess systematisch in eigene Verantwortung zu übernehmen und fortzuführen. Parallel dazu wurden die Unternehmen bei ihren Aktivitäten zur ständigen Anpassung an die Veränderungen und Anforderungen des Marktes vor allem im Bereich der Technologieeinführung und der Methodenauswahl und -anwendung unterstützt.

Bei dieser Verknüpfung wurden die Arbeitsaufgaben des Herstellers der textilen Vegetationsträger mit denen der Begrünungsfirma unter Berücksichtigung der Vegetationsperioden, aber auch Kundenanforderungen aufeinander abgestimmt.

Durch die Netzwerkbildung und der damit geschaffenen persönlichen Kontakte konnte ein reibungsloser Ablauf der ineinandergreifenden und voneinander abhängigen Prozesse erreicht werden.

Dabei wurde z.B. deutlich, dass die geltenden Festlegungen zu öffentlichen Ausschreibungen (i.d.R. öffentliche/kommunale Einrichtungen) den im Projekt geplanten Qualifizierungsmaßnahmen z.T. entgegenlaufen oder keine Möglichkeit lassen, entsprechend dem Marktangebot zu reagieren. Ein besonderes Problem beim Transfer von technischen Produkten, die z.B. durch einen notwendigen Vegetationsaufbau erst ihre Endeneigenschaften erhalten, war die enge Bindung an Vegetationsperioden – das ist für technische Produkte unüblich und bei den Kunden unbekannt. Hier liegen auf Grund des Vergaberechts i.d.R. die Zeiträume zwischen Ausschreibung und Vergabe zu dicht beieinander, sodass eine ausreichende Vorkultur der Matten nicht gewährleistet werden kann. Dies führte u.a. zu der Überlegung (vgl. Workshops) einer in-situ Begrünung („online-Begrünung“). Die Folge wäre aber eine erhebliche Verteuerung des Gesamtprodukts durch aufwendige Begleitmaßnahmen.

Neben den im wissenschaftlichen Bereich üblichen Dokumentationen und Prüfzeugnissen wurde die Erarbeitung von Leistungs- oder Ausschreibungstexten als Notwendigkeit für den erfolgreichen Transferprozess und die damit verbundene Vermarktung erkannt. Grundsätzlich sollte der Transfer-Prozess vom vermarktenden Systemanbieter geleitet werden, da dieser bereits über einen Marktzugang verfügt. Bei der Einführung eines neuen Produktes erwies sich eine unabhängige Institution (hier die Forschungsinstitute IASP und STFI) als Akquisepartner vorteilhaft, da hier häufig ein Vertrauensvorschuss gewährt wird, während einem etablierten Anbieter Eigenwerbung unterstellt wird. Damit ist es jedoch erforderlich auch bei Projektpartnern aus der Forschung und Entwicklung ein Grundverständnis für Marketing zu schaffen und schon in der Entwicklungsphase technischer Produkte stärker auf das Design zu achten. Auch wenn Design i.d.R. nicht förderfähig ist, kann durch eine ansprechende Gestaltung die Markteinführung und Kundenakzeptanz eines Produktes erheblich erleichtert werden. Zum Anderen können schon in der Entwicklung spätere kostenträchtige Designanpassungen vermieden und somit der Industrialisierungs- und Transferprozess beschleunigt werden.

### **2.1.5 AP 5. Vorbereitung und Durchführung von Demonstrationsvorhaben**

Die notwendigen Vorbereitungen zur Errichtung von Demonstrationsanlagen in Berlin (Innenstadtbereich Berlin, BVG) und Erfurt (Betriebshof der Erfurter Verkehrsbetriebe AG) wurden im Rahmen des Projekts noch in erster Linie durch die Forschungsinstitutionen koordiniert, um den entsprechenden Abstimmungsbedarf unter den beteiligten Partnern ermitteln zu können. Dabei konnten einzelne Prozesse der Vermarktungskette exemplarisch aufeinander abgestimmt werden. Dies betraf im Einzelnen:

- Produktion und Logistik der Vegetationsmatten in Abstimmung mit der Vegetationsperiode,
- Begrünungsdauer und Terminwünsche der Kunden zur Verlegung der begrüntten Matten in das Gleisbett,
- Verkettung von Vorbereitungsarbeiten am Gleisbett und Verlegung der begrüntten Matten unter Berücksichtigung der besonderen Ansprüche, die das Verlegen der bewachsenen Matten an deren Handhabung stellt.

An zwei Standorten wurden Demonstrationsanlagen zur begleitenden Untersuchung weiterer Fragestellungen eingerichtet: Während für die Demonstrationsanlage Berlin Spandauer Straße ein verkehrsexponierter Standort in stadtklimatischer extremer Lage genutzt wurde (vgl. Zwischenbericht IASP), konnte für die Demonstrationsanlage in Erfurt ein vergleichsweise

geschützter Betriebshof in einer klimatisch eher trockenen Lage gewählt werden. Als Erfolgsvergleich wurde der im Anschluss an das Entwicklungsprojekt eingerichtete Gleisabschnitt am Goetheplatz in Chemnitz (CVAG) herangezogen.

An der **Spandauer Straße, Berlin** wurde die Demonstrationsanlage in eine bestehende Teilbegrünung (von 1998) des Gleisbetts (hier Feste-Fahrbahn, ATD-G- System, Normalspur 1435 mm) aus herkömmlichem Rasengleis integriert. Dadurch konnte ein insgesamt hochliegendes System im Zwischenschienenbereich (Vegetationsmatten) und im Anschlussbereich (Rasenansaat) komplettiert werden. Damit wurde nachgewiesen, dass sich das System auch in andere z.T. vorhandene Systeme einbauen und mit diesen kombinieren lässt und nicht wie viele andere Systeme auf einen bestimmten Fahrbahntyp festgelegt ist (universelle Einsetzbarkeit). Weiterhin sollte gezeigt werden, ob sich das mattenbasierte Begrünungssystem auch zur Sanierung bereits stark degradierter Rasengleissysteme eignet.

Durch die exponierte Innenstadtlage war bei diesem Demonstrationsobjekt ein Querungsdruck nicht auszuschließen. Da die Arbeitsbreite verfügbarer Textilmaschinen auf 1.200 mm begrenzt ist, stellte der Demonstrationsstandort Berlin höhere Anforderungen an logistische Lösungen, da es aus Produzentensicht notwendig war, ein möglichst kleines, modulartig kombinierbares und erweiterbares Repertoire herzustellen.

Hinsichtlich der notwendigen Produktionsbreite waren beim Demonstrationsstandort **Erfurt, Betriebshof Urbicher Kreuz**, die Produktionsanforderungen durch die Spurweite von 1000 mm geringer. Das Schottergleissystem stellt das eigentliche und ursprüngliche Einsatzziel des Vegetationssystems dar. Durch den Betriebshof der Erfurter Verkehrsbetriebe (EVAF) ohne öffentlichen Zugang lag hiermit ein vergleichsweise geschützter Bereich vor, der jedoch durch häufige Abschattungen abgestellter Straßenbahnzüge höhere Ansprüche an die Vegetation stellte. Schließlich stellte Erfurt aus klimatischer Sicht einen Extremstandort (Trockenheit) im Vergleich zum bisher erfolgreichen Standort Chemnitz Goetheplatz.

Die durch die Demonstrationsanlagen geschaffenen Referenzen zeigten sich als wichtiges Argument bei der Markteinführung und Kundengesprächen auf den Messen. Durch einen Unfall in einem der Referenz- und Demonstrationsobjekte (Einfahrt eines PKWs in den begrünten Bereich des Gleises) konnten direkt weitere Anforderungen an das Vegetationssystem aus der Praxis abgeleitet werden. Damit wirkt der Transferprozess auch unmittelbar auf die Entwicklung zurück.

Der Einfluss extremer Sonnenexposition auf das Vegetationssystem konnte 2008/2009 in einem Betriebshof in Erfurt demonstriert werden (Abbildung 7). Bei einer mittleren Temperatur von 11,6°C und einer Jahresniederschlagsmenge von 495 mm in 2009 konnte der anfängliche zu geringe Deckungsgrad von 55 % nicht kompensiert werden und blieb sehr ungleichmäßig. Trotzdem erreichte die Demonstrationsfläche insgesamt ein befriedigendes Erscheinungsbild. Gleiswechsel, Einbauten, wie Gullis oder Schaltkästen sowie nicht parallel zu den Schienen verlaufende Begrenzungen machten eine Konfektion vor Ort notwendig und zeigten bei unsachgemäßer Durchführung, wie z.B. mangelhaftes Abriegeln von Maschenenden, auch Problembereiche auf. Für das bisher nicht beobachtete Hochwölben der Ränder bei extremer Trockenheit wird nach aktuellem Erkenntnisstand eine im Vergleich zur Laborherstellung unterschiedliche industrielle Fertigungsmethode des Vegetationsträgers verantwortlich gemacht.



Abbildung 7: Demonstrationsfläche im Betriebshof Urbicher Kreuz, Erfurt im Juni 2009

Der Pflegeaufwand an den Standorten Chemnitz und Erfurt ist nach den bisherigen Erfahrungen als gering zu bewerten und lässt sich im Rahmen der ohnehin vorgeschriebenen regelmäßigen Sichtkontrollen erledigen. Nach den bisherigen Erfahrungen können gute Wuchsbedingungen bereits mit einer jährlichen Düngung erreicht werden.

### **2.1.6 AP 6. Vorbereitung der Marktarbeit**

In Vorbereitung der Einführung des innovativen Produkts in die wirtschaftliche Anwendung wurden die Praxispartner in ihrer Marktarbeit unterstützt, indem eine Einpassung der nötigen Informationen zum Produkt/seinen Anwendungsmöglichkeiten usw. in die Vermarktungsstrategie erfolgt. Dazu erfolgt der Transfer des nötigen Know-hows im Rahmen von Vorstellungen der neuen Produkte, Beteiligung an Messen, Erstellung von Werbematerialien (Flyer, Poster, Informationsmaterialien), Einbeziehung von Fachverbänden, kommunalen und Wirtschaftsvertretern der Produzenten und Anwender. Die Ausgangspunkte dafür waren:

- Dokumentation und Analyse zu Problemsituationen bei Anwendern, insbesondere in der Region aber auch international (vgl. hierzu Abschlussbericht IASP)
- Bestimmung der konkreten Einsatzgebiete der neuen Produkte und der sich daraus ergebenden neuen Anforderungen.
- Betriebswirtschaftliche Bewertungen auf der Ebene von Anwendern.
- Nutzung von Möglichkeiten der multimedialen Kommunikation, wie Videokonferenzen zur Einbeziehung der Know-how- Träger in die Messearbeit der künftigen Produzenten oder von anderen Multiplikatoren, um Reisekosten und Arbeitszeit der Experten einzusparen. (vgl. hierzu Abschlussbericht IASP)

Als herausragendes Problem für einen erfolgreichen Transfer stellte sich die Preisgestaltung dar. Während aus Entwicklersicht (Hochschulen, Forschungsinstitute) nur Materialkosten angesetzt werden können, fließen in die Preisgestaltung der Hersteller weitere Posten ein. Die Hersteller können nicht in jedem Fall Kosten durch einfache Substitution von Rohstoffen und verwendeten Halbzeugen senken, da von den Substituten i.d.R. die Eigenschaften nicht hinreichend bekannt sind. Auch wurden innerhalb des Netzwerkes unterschiedliche Auffassungen vom Preis-Leistungsverständnis offenbar. So war es weder dem Systemanbieter

noch den Kunden zu vermitteln, dass sich bekannte extrem preiswerte Geovliesstoffe auf Grund ihrer Produktparameter nicht als preiswerter Rohstoff für die Herstellung der textilen Vegetationsträger eignen. Die im Rahmen des vorangegangenen F&E-Projekts ermittelten notwendigen Produkteigenschaften der verwendeten hochwertigen Spezialvliesstoffe sind eng mit den Vliesstoffpreisen gekoppelt. Darüber hinaus zeigte sich bei dem sehr materialintensiven Produkt „textiler Vegetationsträger“ mit Rohstoffen auf Polyolefinbasis eine extreme Abhängigkeit zu den Weltrohöl-Preisen, die allein während der Projektlaufzeit Schwankungen um bis zu 100% unterworfen waren. Die Ermittlung der Eigenschaften während der Überleitungs- und Transferphase wird damit zum geschwindigkeitsbestimmenden Faktor für die Markteinführung.

### **2.1.7 AP 7. Workshop mit allen Netzwerksteilnehmern**

Im Dezember 2009 wurde im Rahmen eines Workshops mit allen Netzwerksteilnehmern vor allem der Wissenstransfers zwischen den Wissenschaftlern, den Produzenten und den Anwendern evaluiert.

Im Vergleich zur bisherigen, üblichen Herangehensweise bei der Umsetzung wissenschaftlicher Ergebnisse wurde in diesem Projekt von Anfang an ein Systemanbieter installiert, der vor der Aufgabe stand, durch seine technische Kompetenz das Fachwissen der Zulieferer zu koordinieren und zusammenzuführen und gegenüber dem Auftraggeber als Ansprechpartner aufzutreten. Als besonders positiv wurde von den Projektpartnern hervorgehoben, dass der Systemanbieter durch die (frühzeitige) Einbindung Zugriff auf alle Ergebnisse des Forschungsprojekts erhielt. Hinsichtlich der Marktarbeit wurden folgende Punkte als notwendiges Begleitmaterial zur Einführung des Produkts auf dem Markt herausgearbeitet:

- Darstellen von Alleinstellungsmerkmalen gegenüber anderen (textilen) Produkten (bessere Marktkenntnis, aber auch Aufgreifen von Produkten, die wissenschaftlich keinen Bezug zum Thema haben).
- Detaillierte Zeichnungssätze als Grundlage für Ausschreibungen
- Vorgabe eines Zeitrahmens für Bestellung, da die hier notwendige Vorkultur unbedingt innerhalb der Ausschreibung mit beachtet werden muss
- Erstellung von Einbauanleitungen für Subunternehmer

Hinsichtlich der Wirksamkeit des Einsatzes innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien konnte keine wesentliche Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung im Transferprozess festgestellt werden. Durch die Nutzung einer gemeinsamen Plattform war es möglich, Dateien zentral abzulegen, darauf zuzugreifen und vor allem Dateien erheblicher Größe (bis zu mehreren 100 MB) allen zugänglich zu machen, ohne die üblichen Beschränkungen z.B. im klassischen Email-Verkehr. Da aber die Logins i.d.R. an die Geschäftsführer und nicht an die Sachbearbeiter vergeben worden waren, kam es hier zu Informationsengpässen und -verlusten. Von allen als sehr belastend wurde das Berichtswesen der verwendeten Workgroup-Lösung empfunden, welches durch eine Informationsüberflutung mit häufig belanglosen Meldungen vom Wesentlichen ablenkte. Die dadurch notwendige, sehr individuelle Konfiguration des Systems überforderte zum einen teilweise die Partner, zum anderen ließ sich das System nicht nahtlos in bestehende Arbeitssysteme und Prozesse integrieren, sodass der potentielle Nutzen dieser Technologie durch die zusätzliche Belastung verschwand (Details hierzu vgl. Abschlussbericht IASP)

Als wesentliches und notwendiges Transferelement erwies sich die Erstellung von Pilotanwendungen in großtechnischem Maßstab. Hier konnten sämtliche Schnittstellen im Herstellungs- und Lieferprozess überprüft und die Netzwerkpartner unmittelbar geschult



werden. Dabei wurde die zentrale Koordination durch die Forschungsinstitute und der damit verbundene reibungslose Ablauf (bis hin zur schriftlichen Übermittlung von Ansprechpartnern mit Namen, Rufnummern und Erreichbarkeit bei Sendern und Empfängern an die Speditionen) als vorbildlich von allen Partnern anerkannt und hervorgehoben. Die dadurch erreichten „selbstständigen“ und realistischen Abläufe bei den Netzwerkpartnern ergaben wichtige Rückinformationen über den technischen Weiterentwicklungsprozess und zeigten Wissenslücken für die Forschungseinrichtungen auf. Dies ermöglichte auch eine kritische Auseinandersetzung mit dem bisher erfolgten Entwicklungsstand der Gleisbettmatte. Die Auswahl klimatisch und seitens der Beanspruchung sehr unterschiedlicher Demonstrationsstandorte (Berlin und Erfurt) sowie die Einbindung eines produktneutralen Supervisors (LFG) ermöglichte weitere Vergleiche und Hinweise auf das Weiterentwicklungspotentials des Produkts.

#### 2.1.7.1 Zusammenfassung des Abschlussworkshops

**STFI/BECO:** Als Kernpunkt wurde nochmals die zentrale Rolle des Systemanbieters als wesentliches Transferelement herausgestellt.

Aus Sicht des Systemanbieters ist die Einbeziehung aller Ergebnisse des Forschungsprojektes in Dokumentation notwendig. Es sind z.B. genaue Zeiträume für die Vorkultivierung zu benennen. Für eine Beteiligung an einer Ausschreibung sind noch entsprechende technische Zeichnungen für die Systemkomponenten notwendig. Im Sinne einer erfolgreichen Vermarktung sind stärker die Alleinstellungsmerkmale herauszuarbeiten. Vor allem sind die spezifischen Vorteile des Begrünungssystems mit der Gleisbettmatte herausarbeiten, da hier z.T. erst ein entsprechend neuer Bedarf geschaffen werden muss.

Die Merkmale sind auch so darzustellen, dass dem Kunden der Unterschied zu ähnlichen Mattenkonstruktionen, die im Internet findbar sind, klar wird und von einem wissenschaftlichen Niveau entsprechend anwenderorientiert „heruntergebrochen“ wird. Mit der angestrebten Patentierung des textilen Vegetationsträgers kann hier vor Nachahmern oder gegenüber ähnlichen Produkten ein gewisser Schutz erreicht werden. Als weiteres wichtiges Kernergebnis wird die Entwicklung eines Zeitrahmens mit den Phasen Planung, Vorkultur in Bestellung angesehen. Für Subunternehmer sind darüber hinaus entsprechende Unterlagen und Videos, ggf. Schulungsprojekte für Galabaubetriebe zu erstellen.

Weiter wurde auch der ursprüngliche Entwicklungszweck als Begrünungssystem für den zerstörungsfreien Ein-/Ausbau im Schottergleis mit einer einfachen Bedien-, Wartbarkeit und manuellen Handhabung als bis dahin alternativloses System konkretisiert. Von dem Ursprungsgedanken der Nutzung von Randstreifen aus der Vliesstoffherstellung als „Recycling“ unmittelbar durch die Textilindustrie selber musste jedoch abgerückt werden, da das Recycling oftmals durch erneute Zuführung der Randstreifen zum Vliesstoffherstellungsprozess selber erfolgt und zum anderen die anfallenden Mengen starken, nicht kalkulierbaren Schwankungen unterliegen. Eine ursprüngliche Kernforderung für das mobile textile Vegetationssystem war die Erhaltung der Zugänglichkeit des Gleises für **regelmäßige** Wartungen/Richt- und Stopfarbeiten am Gleisbett. Als Zusatzeffekte wurde eine Schallminderung durch hochliegenden Einbau im Gleis erwartet. Damit definierten sich die Ziele der Netzwerkarbeit als

- Ausräumen von „Stolpersteinen“ zwischen Wissenschaftlern und Praktikern
- Befähigung des Systemanbieters zu individuell notwendigen Anpassungen – „Systemlösung aus einer Hand“
- Erwerb umfassender Spezialkenntnisse und fachübergreifender Erfahrungen aller Netzwerkteilnehmer

**IASP:** Die Darstellung der Einzelkosten für Einbau, Fertigstellungspflege, Pflegekosten Kosten für den Ausbau des Vegetationssystem, seinen Wiedereinbau und die für diese Phase notwendige Fertigstellungspflege wurden für einen Zeitraum von 20 Jahren mit einmaligem Ausbau des Vegetationssystems z.B. zum Gleisstopfen zusammengestellt. Damit ergab sich im Vergleich mit Alternativsystemen (die eigentlich für das Schotterbett nicht geeignet sind!) folgende Kostenstruktur (bezogen auf 100 m Doppelgleis):

Gesamtkosten klassisches erdbasiertes Rasengleis :	68,8T €
Gesamtkosten textiler erdeloser Vegetationsträger „Gleisbettmatte“:	68,8T €
Gesamtkosten mehrschichtige substratarmer Sedummatte:	62T €

Damit liegt die Anfangsinvestitionen bei der textilen erdelosen Gleisbettmatte etwas höher, während beim klassischen Rasengleis mit einem höheren Pflegeaufwand zu rechnen ist. Wichtig ist für alle drei Systeme der erreichte Entsiegelungseffekt, der hier aber nicht in die Kostenstruktur in Form von Einsparungen bei der Regenwasser-Einleitgebühr mit einbezogen wurde.

**HU:** Hinsichtlich der Intensivierung der Vorkultur konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

Zunächst wurde eine Methode zur Bewertung des Deckungsgrades der Gleisbettmatte mittels Bildanalyse entwickelt. Mit Hilfe dieses computergestützten Verfahrens, welches aus der Darstellung problematische Bildbestandteile (Wurzeln, totes Material, Substrat) herausrechnet, konnte eine prozentuale Einteilung der Sedumabdeckung erfolgen. Das Ziel dieser Methode war ein „Bildschlüssel“, mit dem auch der Laie (hier Kunde und Begrüner) den Deckungsgrad anhand charakteristischer Beispiele einer 5-stufigen Skale beurteilen kann. Dabei gingen verschiedene Beispiele zur Farbigkeit des Sedums als Bewertungsgrundlage für das Leistungsverzeichnis ein. Als Fazit und Empfehlung wurde ein Bedeckungsgrad beim Einbau von mindestens 75% festgelegt, da ein weiterer Bestandsschluss zwar möglich war, jedoch von sehr vielen Randfaktoren abhing. Ein Deckungsgrad von unter 50% wurde als unwahrscheinlich hinsichtlich eines Bestandsschluss oder einer Regeneration angesehen.

Durch Auswahl geeigneter Auflagen konnte die Vorkultivierungszeit verkürzt werden. Das optimale Mischungsverhältnis wurde mit 10 l Splitt und 5 l Weintrester pro Quadratmeter ermittelt. Die Mobilität kann jedoch durch die Splittauflage (6-7 kg) stark eingeschränkt sein wobei Erfahrungen zeigen, dass auch eine Befestigung des Splitts durch das Pflanzenwachstum erfolgen kann. Zu Auswirkungen der Splittauflage hinsichtlich Rollbarkeit und Druckausübung auf die Pflanzen in gerolltem Zustand konnten hingegen keine Aussagen getroffen werden.

Weitere Untersuchungen zur Trittschadlichkeit von Sedummaten ergaben eine grundsätzliche linear ansteigende Schädigung von Sedum abhängig von der Tritthäufigkeit. Während bei geringer Trittzahl eine Regeneration möglich war, war bei höherer Trittfrequenz ein irreversibler Ausfall beobachtbar. „Schlurfschäden“ waren nicht Gegenstand der Betrachtung, werden jedoch als besonders schädigend bewertet.

Das erarbeitete Beispiel eines Leistungsverzeichnis ist im Anhang wiedergegeben.

**IASP:** Bei einer Umfrage zum Stand der Gleisbettbegrünung in Deutschland beteiligten sich von 56 angeschriebenen Unternehmen 36. Im Ergebnis ließ sich abschätzen, dass mindestens 26% der Gleislänge begrünbar ist. Zum Stand 2009 waren bereits 375 km Gleis begrünt. Bis 2012 sind 47,5 km „Grünes Gleis“ als Neubau geplant und weitere 14 km zur Nachrüstung vorgesehen. Als Gründe für die Anlage von grünen Gleisen wurden Lärmschutz, Stadtgestaltung, Feinstaubreduzierung, Verbesserung der Ästhetik sowie ein Imagegewinn der Verkehrsbetriebe bzw. des Verkehrsmittels Straßenbahn angegeben. Durch die bisher in Deutschland geschaffene Gleisbettbegrünung wurden ca. 100 ha Grünfläche geschaffen. Das entspricht einem Niederschlagswasserrückhalt von 235.000 m<sup>3</sup> Regenwasser/a. Eine

Lärminderung erfolgte auf 375 km Gleislänge mit einem Anteil von 34% an Schottergleis und 66% fester Fahrbahn. Damit kann das Potential für begrünbare Schottergleise auf mindestens weitere 300 km abgeschätzt werden.

**STFI/LVG:** Bei einer kritischen Bewertung des Begrünungssystems am Demonstrationsstandort „Urbicher Kreuz“ in Erfurt, wurden folgende Aspekte durch Dr. Reidenbach herausgearbeitet: Die Verlegung und der Einbau der Matten am Betriebshof Urbicher Kreuz erfolgte sehr professionell und ohne Probleme. Es wurde ein Arbeitsbedarf von 15-17 m<sup>2</sup>/AKh ermittelt. Der in 2009 beobachtete Temperaturverlauf und Niederschlag auf sehr niedrigem Niveau mit 495 mm, kann als typisch für kontinentale Klimabedingungen und für den Standort Erfurt angesehen werden. Damit ist dieser Standort sicher im Vergleich zum Standort Chemnitz als extrem einzustufen. Der Flächendeckungsgrad wurde an 100 Stellen bewertet und lag im Einbaustadium bei ca. 55%. Ritzen, die zwischen den Mattenstößen entstanden (durch geringere Deckungsgrade an den Rändern und durch Dimensionsänderungen nach dem Verlegen) waren auch nach einem Jahr noch gut erkennbar. Nach FLL-Richtlinie für Dachbegrünung (FLL, 2002) dürfen 10% Fugen sichtbar sein, in Erfurt waren 80% sichtbar. Die Längsfugen waren z.T. überwachsen und zeigten das grundsätzliche Potential der Begrünung zum Lückenschluss auf. Eine Verbesserung des Bewuchses war offenbar durch Aufbringen von Splitt möglich. Die mechanische Stabilität der Matte war hinreichend, Endstücke müssen jedoch eingegraben/überschottet werden. Das Erscheinungsbildes der Gesamtfläche nach einem Jahr wurde als nur befriedigend bewertet. Insbesondere die ganzjährige Rotverfärbung des Mattenbewuchses war aus gärtnerischer Sicht - „grünes Gleis“ - unbefriedigend. Der Bedeckungsgrad zeigte eine sehr hohe Variabilität auf. Neu war die Beobachtung des Hochwölbens der Mattenränder bei starker Austrocknung. Hier werden erhebliche Gefährdungen durch Stolperstellen oder möglichem Einhaken von Straßenbahnen gesehen. Trittschäden (vgl. Untersuchungen HU) regenerieren sich offenbar nicht. Als Qualitätsminderung wurde ein z.T. nicht sauberes Verlegen der Matten mit sichtbaren Endstücken empfunden. Bei einem Vergleich mit der bisher im Gleisbett nicht erfolgreich eingesetzten Optigrün Verbundmatte für die Steildachbegrünung zeigte sich diese unter Freilandbedingungen bei Parallelansätzen auf Gewächshaustisch-Versuchen im Spätherbst/November vitaler als die Gleisbettmatte bei sonst gleichartigem Vegetations- und -Färbungs-Verlauf. Die Mobilität der schwereren Optigrün Verbundmatte ist jedoch nicht nachgewiesen. Hinsichtlich Kostenstruktur und Begrünungserfolg stellen nichtmobile substratbasierte Vegetationssysteme eine Alternative dar, die jedoch bei einem möglicherweise notwendigen Ausbau schnell unwirtschaftlich werden

### **2.1.8 AP 8. Vorbereitung der Einführung in die Produktion**

Anhand von Marktrecherchen wurden auf dem Markt verfügbare Rohstoffe und Halbzeuge, die in Ihrer Charakteristik und textilphysikalischen Eigenschaften mit den aus der Entwicklung stammenden Materialien vergleichbar waren, festgelegt. Die Daten wurden den Herstellern übermittelt und im Bedarfsfall gemeinsam nach Alternativprodukten recherchiert. Gleichzeitig wurden Anforderungsprofile aus der Praxis und dem Markt generiert und der Forschungsbedarf nach kostengünstigeren Alternativprodukten erarbeitet. Als grundlegende Anforderungen an die einzusetzenden Vliesstoffe wurden folgende Eigenschaften festgelegt:

- Farbigkeit: gedeckte Erdfarben oder grau-schwarz Farbgebung
- Hohe UV-Stabilität
- hohes spezifisches Wasserspeichervermögen
- schwer entflammbar (mindestens Brandklasse B2)
- nicht verrottbar

Trotz Austausch von Fachleuten und eingehender Produktionsberatung wurde offenbar aus Kostengründen und nicht unmittelbar erkannter Notwendigkeit während der industriellen Herstellung der Vegetationsträger auf ein in der Entwicklungsphase eingesetztes Hilfsmittel (sog. „Breithalter“) verzichtet. Dies führte zu einer geringeren Dimensionsstabilität der Vegetationsmatten in einem Demonstrationsobjekt, was aber erst nach länger Lagerzeit im Gleis und damit verbundener Bewitterung sichtbar wurde. Dieser Umstand kann als wesentliches Transferelement im Sinne von Erfahrungsgewinn zur Qualitätssicherung gewertet werden, wobei hier die Erfahrungen noch im „geschützten“ Raum eines Projekts gemacht werden konnten, ohne sofort mit Kundenreklamationen konfrontiert zu werden.

In Abstimmung mit den Netzwerkpartnern konnten in direkter Kommunikation zwischen Entwicklern, Herstellern und Weiterverarbeiter (hier GalaBau) optimale Festlegungen für Lagerung, Transport und Verpackung, aber auch Aufmachung getroffen werden. Nicht restlos vereinbar erschienen in diesem Zusammenhang beim Kunden und Verarbeiter vorhandene Wünsche zur Konfektionierbarkeit auf der einen und Erfordernisse zur Sicherung der Produktqualität durch den Hersteller und Entwickler auf der anderen Seite.

Im Ergebnis der Netzwerkarbeit wurden umfangreiche Dokumentationen zu Produktqualität, Zertifikaten, zur Handhabung und Verarbeitung sowie zu Einbauhinweisen erarbeitet. Darüber hinaus wurden aus diesen Ergebnissen Schulungsunterlagen sowie Materialien für Präsentationen auf Fachtagungen erstellt.

### **2.1.9 AP 9. Evaluierung des Projektes**

Der grundsätzliche Ansatz, Industriepartner in die Entscheidungsprozesse einer Produktentwicklung einzubinden und zwischen wissenschaftlicher Institution (Entwicklung) und Herstellern ein offenes und partnerschaftliches Verhältnis herzustellen, kann allgemein als erfolversprechender Ansatz empfohlen werden.

Es zeigte sich, dass wesentliche Elemente des Transferprozesses, wie z.B. Designanforderungen, Ausschreibungsmodalitäten, anerkannte Prüfzeugnisse und Zertifikate in den wissenschaftlichen Einrichtungen nicht hinreichend bekannt waren. Darüber hinaus sind diese Kriterien i.d.R. nicht förderfähig oder werden auch im Rahmen der wissenschaftliche Reputation vs. Patentierung/Zertifizierung in Ihrer Bedeutung gering geschätzt.

Im Detail konnte in diesem Projekt beobachtet werden, dass sich auch die Auswahl des Systemanbieters bzw. das Konzept der Etablierung eines Systemanbieters als selbst unmittelbar an der Umsetzung beteiligtes Unternehmen mit direktem Marktzugang als unglücklich erwies. Hier muss vermutet werden, dass die Wahrung von Eigeninteressen ein wesentliches Hemmnis darstellte. Offenbar wäre hier ein „neutrales“ Planungsbüro als Koordinator günstiger gewesen, wobei dem Planungsbüro klar der unmittelbare Marktzugang fehlt. Auf der anderen Seite verfügen Planungsbüros über eine gewisse Marktmacht, alleine durch Ihre Entscheidungskompetenz. Auch die Überschneidung von Marktanteilen bei Projektpartnern kann trotz partnerschaftlicher Zusammenarbeit zu einer gegenseitigen Abschottungsmentalität in Folge einer empfundenen Konkurrenzsituation führen, was sich letztendlich sowohl negativ auf den Entwicklungsprozess als auch auf den Transferprozess selber auswirkt.

Schließlich muss festgestellt werden, dass Kostenermittlung und Preisgestaltung nicht im Aufgabenbereich der wissenschaftlichen Institutionen liegen (können) und vom Hersteller der

Vegetationsträger, Begrüner und Systemanbieter gemeinsam erarbeitet werden müssen. Diese Preisgestaltung muss die Bereitschaft des Marktes, einen Preis für eine bestimmte Leistung zu zahlen, berücksichtigen und auch entsprechend kommunizieren. Darüber hinaus fließen jedoch auch strategische Entscheidungen der beteiligten Unternehmen mit in die Preisgestaltung ein. An dieser Stelle können die beteiligten wissenschaftlichen Institutionen nicht mehr eingreifen dennoch kann sich eben dieser Punkt als sehr wesentliches Transferhindernis erweisen.

Eine neutrale prospektive Beurteilung des Transferpotentials eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts durch eine wissenschaftliche Institution gestaltet sich als sehr schwierig und ist nicht immer klar erkennbar bzw. sofort umsetzbar. Häufig werden aus der (sensiblen) Marktbeobachtung Bedürfnissen erkannt und mehr oder weniger individuelle, spezifische Maßnahmen abgeleitet. Diese Konzepte, die forschungsseitig entwickelt werden, stellen z.T. anschließend Technologien im Sinne von Werkzeugen dar, die Ihre Daseinsberechtigung ausdrücklich neben anderen, möglicherweise gleichwertigen, Alternativen haben. Die Auswahl und Anpassung erfolgt jedoch später von Seiten Dritter (potentielle Anwender, Planer, Entscheidungsträger). Wird dann eine bestimmte Maßnahme ausgewählt, ist der Transferumsatz (häufig einmalig) möglicherweise unvergleichlich hoch, da es sich hier i.d.R. um "schwarz-weiß-Entscheidungen" handelt, bei denen die Kosten hinter den Effekt zurücktreten. Hingegen wird das Transferpotential angewandter Grundlagenforschung häufig zu niedrig eingeschätzt. Dabei wird oft übersehen, dass der Umsatz an anderer, z.T. durch den Entwickler nicht kontrollierbarer Stelle durch Dritte (möglicherweise in großer Höhe) anfällt. Nach diesen Erfahrungen sind vielversprechende (F&E-)Ergebnisse nicht notwendigerweise mit einem hohen Transferpotential gekoppelt. Der Transfer wird offenbar eher vom Markt "ausgelöst", der Entwickler wird damit zum reinen Anbieter von Ergebnissen. Hier kann aber ein weniger versprechendes Ergebnis mit schneller und hoher Umsatzerwartung offenbar diesen Transfer eher auslösen, als viele hochwertige gut abgeklärte Ergebnisse. Somit kann ein eingeschränkt funktionierendes Produkt, dass aber im Rahmen genau festgelegter Grenzen zuverlässig seine Funktion erfüllt, trotz seines aus wissenschaftlicher Sicht unausgereiften Status ein höheres Transferpotential besitzen, als ein ausgereiftes mit etlichen Zusatzfunktionen ausgestattetes Produkt, dessen Zuverlässigkeit jedoch fraglich bleibt.

Alle Arbeiten wurden entsprechend dem im Antrag geplanten Arbeitsplan erfolgreich bearbeitet. Der Aufwand war angemessen und zum Erreichen des Forschungsziels notwendig. Die angeforderten Fördermittel wurden dementsprechend verausgabt (vgl. auch Kapitel 3.6).

## **2.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwendbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

- Die Forschungsergebnisse lassen erkennen, dass verschiedene, im Rahmen der Arbeiten geschaffene Lösungen auch für andere Anwendergruppen/-industrien nutzbar sind:
  - So ist die für die Einbindung von Vliesstoffstreifen entwickelte spannungsarme Zuführ- und Einbindungstechnologie mittels sog. Breithalter bei allen voluminösen Kettengewirkkonstruktionen anwendbar, bei denen mehrschichtige Systeme aus hoch dehnbaren Ausgangsmaterialien entstehen. Die Nutzung von Breithaltern während des Einbindungsprozess kann einen postproduktiven Krumpf (Einspringen des Produkts) stark herabsetzen oder gar verhindern. Alternative Anwendungsfelder werden z.B. bei der Herstellung von Dachbegrünungsträgern, textilen Trägern für die Fassaden- oder Bauwerksbegrünung gesehen.

- Weiterhin ist eine Verwertbarkeit der erarbeiteten Transferlösung erkennbar, bei der unterschiedliche Branchen für weitere Zwischenschritte bis zur Endanwendung in Zusammenhang mit textilen Lösungen für technische Entwicklungen entstehen.
- Eine Nutzung der Ergebnisse für Datenbanken ist in der Kommunikationsplattform durch die Projektdatenbank des Verbandes der Innovations- und Technologieberatungs-Organisationen (VITO) Deutschlands e. V. ([www.vito-verband.de](http://www.vito-verband.de)) vorgesehen.
- Bei der kostenseitigen Betrachtung des Gesamtsystems bestehend aus textilem Vegetationsträger, Wurzelschutzfolie, Pflanzenmaterial inkl. Vorkultur und Verlegen (ohne Kammerfüllelemente) wurde ein Preis pro m<sup>2</sup> von 71,60 EUR ermittelt. Bei 100 m Doppelgleis mit jeweils 0,51 m Bordabstand, 1,24 m Zwischengleisabstand und einem Schienenzwischenraum von 1,145m (Maße jeweils exklusive Kammerfüllelemente) ist eine Fläche von 455 m<sup>2</sup> zu begrünen. Das entspricht Gesamtkosten für das textile Begrünungssystem von 32.578 EUR (59% der Gesamtsystemkosten; auf die Rohmatte entfallen damit ca. 30% der Gesamtsystemkosten)
- Für 100 m Doppelgleis belaufen sich die Kosten für Kammerfüllelemente und Einbau auf 56,25 EUR/m Schiene. Die Gesamtkosten für die Kammerfüllelemente belaufen sich auf 22.500 EUR (41% der Gesamtsystemkosten)
- Damit liegen die Investitionskosten des Gesamtsystems für 100 m Doppelgleis bei ca. 55.078 EUR.
- Weitere Kosten entstehen durch Wartung und Pflege. Hier werden 231,80 EUR/a angesetzt.

### **2.3 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Hinsichtlich der zu untersuchenden Transferstrategie sowie zu Entwicklungen auf dem Gebiet der textilen mobilen Gleisbettnaturierung sind keine Fortschritte durch Dritte dem Zuwendungsempfänger bekannt geworden.

### **2.4 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen**

Im Rahmen von Messepräsentation wurde das entwickelte Produkt „Gleisbettmatte“ auf dem Messestand des Sächsischen Textilforschungsinstituts e.V. auf:

STFI 2008 „GaLaBau 2008“, 17.-20.09.08 Nürnberg (Ausstellung von 2 Postern (STFI), Ausstellung der Rohmatten und eines Gleismodells (STFI), Flyer zum Transferprojekt und zur Mobilen Gleisbettmatte (IASP))

BECO, IASP „Innotrans 2008“, 23.-29.08 Berlin, Messestand der Firma BECO) (Flyer zum Transferprojekt und zur Mobilen Gleisbettmatte (IASP))

STFI, IASP 2008 Tag der Offenen Tür des BMWi, 16./17.08.08 Berlin (Ausstellung von 2 Postern (STFI), Ausstellung eines Gleismodells (BECO, IASP, HUB), Informationsflyer zum Transferprojekt (IASP))

STFI 2010 „GaLaBau 2010“, 14.-18.09.2010, Nürnberg (Ausstellung von 2 Postern, Ausstellung einer bewachsenen, vorkultivierten Gleisbettmatte).

präsentiert.

Weitere Publikationen in Fachzeitschriften:

- O. Gorbachevskaya, H. Grüneberg, Ch. Kappis; 2009. „Innovationstransfer – Entwicklung neuer Methoden für den effizienten Transfer wissenschaftlich-technischer Forschungsergebnisse in die wirtschaftliche Praxis“ Humboldt-Spektrum 1/2009, Seite 50-52
- O. Gorbachevskaya, Ch. Kappis; J. Mählmann, 2009. „Mehr Grün im urbanen Raum“ Stadt+Grün 3/2009, Seite 58-61 (Transfer Gleisbett FZK 03WWBE38 A-C)
- Mählmann, J., Herfert, H. und Arnold, R. 2010. Mobiles textiles Vegetationstragsystem für die Gleisbettbegrünung. Berliner Geographische Arbeiten 116. S.
- Mählmann, J., Arnold, R., Ostertag, C., Arnold, T. (in prep). Textiler Vegetationsträger für erdelose Begrünungen

Inhalt von Schulungen im STFI e.V.:

- Mählmann, J. und Arnold, R. 2009. Technische Textilien für das Umweltmanagement. Schulung Technische Textilien STFI am 11./12. März 2009, Chemnitz (Wasserreinigung, Muscheleignung, Biofilter, Hydraulische Barriere, Waldbad, Biotopneubildung, Dittmannsdorf, Olbersdorf, Tex2Top, Gleisbettnaturierung). In: Seminar „Technische Textilien“ (S1/09) R. Helbig, H. Fuchs, I. Sigmund, M. Seeger, W. Schilde, J. Mählmann, R. Arnold, H. Metschies, E. Thiele, H. Illing-Günther, B. Gulich, H. Beier, R. Bochmann, M. Mägel, 11.-12.03.2009 im STFI

## **3 Erfolgskontrollbericht**

### **3.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen**

Mit dem beantragtem Projekt wird ein innovatives Konzept ausgearbeitet, ein neu generierteres Produkt durch einen Transferprozess am Markt zu etablieren. Um größte Effektivität für den Technologietransfer zu erreichen, wird auf der Grundlage der bisherigen Forschungsarbeiten ein komplexes regionales Netzwerk zwischen den Kooperationspartnern angestrebt. Die Partner stellen sich das Ziel, die Forschungsergebnisse in industrietaugliche Technologien umzusetzen, die Mitarbeiter der beteiligten Produktionsfirmen für die einzelnen Prozesse zu qualifizieren, den Systemanbieter bei der Bewerbung der Produkte zu unterstützen und anhand eines Referenzobjektes potentiellen Kunden die Vorteile dieser neuen Generation mobiler Gleisbettmatten vorzustellen.

### **3.2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens, Nebenergebnisse, wesentliche Erfahrungen**

Ziel des Verbundprojektes war die Entwicklung neuer Lösungswege zur effektiven Gestaltung des Transferprozesses wissenschaftlicher Ergebnisse in die wirtschaftliche Anwendung. Zielgruppe sind auf der einen Seite die KMUs, denen über ein Netzwerk neue Märkte erschlossen werden können und auf der anderen Seite der Anwender (hier Betreiber öffentlicher Nahverkehr) der hinsichtlich des Produkts qualifiziert werden soll.

Am Beispiel der Markteinführung der Gleisbettmatte wurden neue Wege des Wissenstransfers entwickelt und ausgetestet. Dabei wurde gezeigt, wie ein Prototyp industrialisiert und auf den Markt gebracht werden kann. Im Mittelpunkt stand die Arbeit innerhalb eines Netzwerkes aller am Transferprozess beteiligten Partner (Wissenschaftler, KMU, Systemanbieter, Anwender).

Hierzu wurde in Zusammenarbeit mit den beteiligten Forschungseinrichtungen das Marktvolumen analysiert und die Verarbeitungskette sowie notwendige Industriezweige zur Herstellung des fertigen Begrünungssystems ermittelt. Damit stellt sich das endgültige System als Zusammenfassung von drei Einzelkomponenten (textiler Vegetationsträger, Vegetation/Pflanzen und Gleis) dar, die sich jedoch gegenseitig beeinflussen (Abbildung 8).

Neben der Überleitung des neuen, innovativen Produktes, mit völlig neuen Eigenschaften, war auch die Verknüpfung der Insellösungen (einzelne Hersteller) und die Einbindung eines Systemanbieters zu sichern. Bei dieser Verknüpfung wurden die Arbeitsaufgaben des Herstellers des Trägermaterials mit denen der Begrünungsfirma unter Berücksichtigung der Vegetationsperioden, aber auch Kundenanforderungen aufeinander abgestimmt. Der Pilotcharakter dieses Projektes wurde deutlich in Fragen der Anwendung multimedialer Informations- und Kommunikationsmittel zum Projektmanagement (vgl. Abschlussbericht IASP) und bei der Demonstrations- und Kommunikationsarbeit gegenüber Produzenten und Anwendern. Weiterhin bestand Neuartigkeitswert in Coaching- und Qualifizierungsleistungen als Flankierung der Markteinführung des Produkts für alle Beteiligten. Durch vorangegangene Forschungsarbeiten (Mähmann und Fuchs, 2005) wurde eine Technologie entwickelt, um aus textilen Produktionsabfällen einen hochwertigen Vegetationsträger herstellen zu können.

Dieser Vegetationsträger stellt die Schlüsseltechnologie für ein mobiles technisches Vegetationssystem dar und vereinigt u.a. Mobilität, Lärminderung und Wasserspeicherung. Trotz der prämierten Projektergebnisse (Techtex Innovationspreis 2005, Innovationspreis Bahntechnik) konnte das Produkt bisher am Markt nicht etabliert werden.

Als Ursachen dafür wurden folgende Punkte herausgearbeitet:

- Fehlender Marktzugang der an der Produktentwicklung beteiligten Unternehmen.
- Unvollständige Industrialisierung des Produkts.



Häufig sind die einzelnen Produzenten innerhalb der Prozesskette zu weit vom Zielmarkt des Endproduktes entfernt, um einen Marktzugang zu erlangen. Daher stand bei dieser Arbeit die Vernetzung aller am Herstellungsprozess beteiligten Partner (Wissenschaftler, KMU) im Mittelpunkt, um das Know-how der einzelnen Produzenten an einen Handelspartner zu transferieren und zu bündeln, der schließlich als Anbieter („Systemanbieter“) auf dem Markt auftritt.

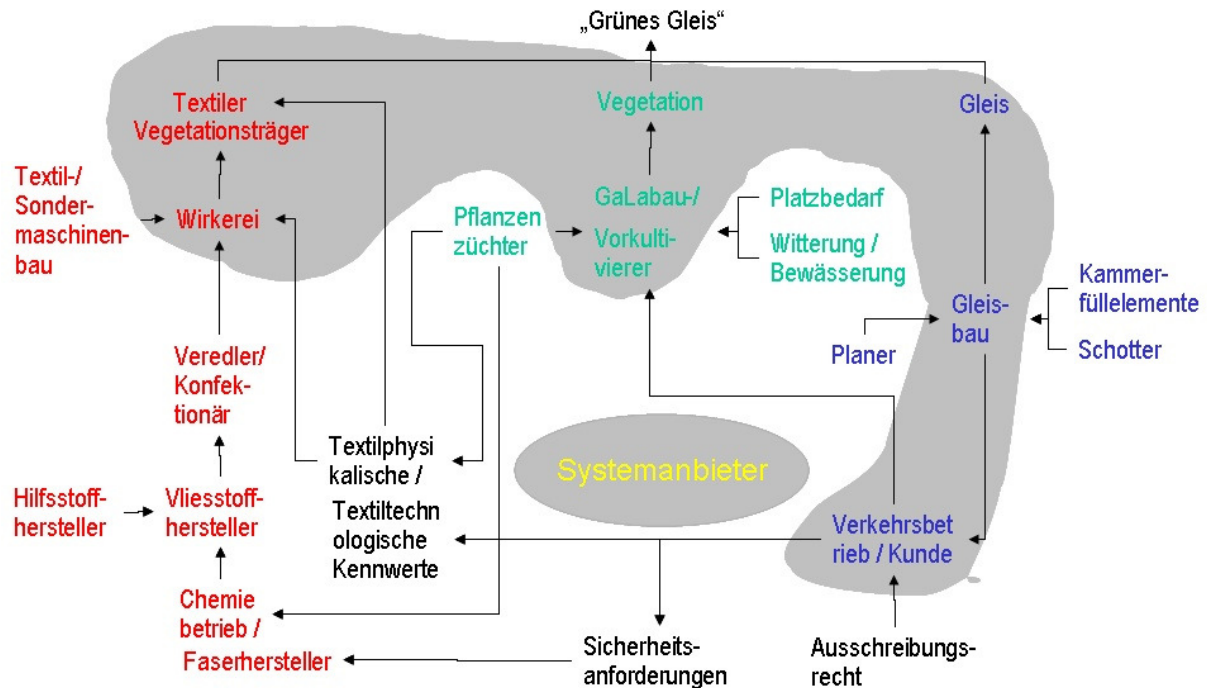


Abbildung 8: Einflussnahme/Anforderungen innerhalb des Systems auf die Teilkomponenten

### 3.2.1 Transfergedanke

#### 3.2.1.1 Zieldefinition

Insgesamt sind projektbezogen zwei Gruppen von Erfolgskriterien zu differenzieren. Es ist zu unterscheiden in Kriterien für die Entwicklung des Transferkonzeptes einerseits und in technische und wirtschaftliche Kriterien für die beispielhaft zu transferierenden Verfahren und Produkte andererseits. Zielkriterien für das Transferkonzept waren:

- Etablierung eines Netzwerkes
- Durchführung von zwei Anwenderseminaren mit mindestens 50 Beteiligten
- schriftliche Publikationen in nutzerorientierten Medien
- Realisierung eines netzwerkinternen Fach-Workshops
- mindestens eine Fachveranstaltung innerhalb der Zielbranche
- Teilnahme an Fachmessen

Als technisches Ziel wurde die Serienreife der mobilen Gleisbettmatte angestrebt. In Zusammenarbeit zwischen den Netzwerkpartnern wurden geeignete Werbe- und Demonstrationsmittel erstellt, um die avisierte Zielgruppe umfassend über die innovativen Eigenschaften des Begrünungssystems zu informieren und das Projekt auf Fachmessen und einschlägigen Fachveranstaltungen überzeugend präsentieren zu können. Auf dieser Basis wurde in wirtschaftlicher Hinsicht eine Umsatzsteigerung der Transferpartner in der Textilbranche um 15% (zwei Jahre nach Projektabschluss) sowie eine Umsatzsteigerung der zu beteiligenden Garten- und Landschaftsbauer um 10% (zwei Jahre nach Projektabschluss) angestrebt. Diese Zielkriterien beziehen sich auf den inländischen Markt; es ist davon auszugehen, dass die Gleisbettmatte zudem ein enormes Exportpotential besitzt.

### 3.2.1.2 Innovation

Der innovative Kern lag in der Etablierung eines Systemanbieters sowie eines Netzwerks, das branchenübergreifend und gleichzeitig Kunden einbeziehend arbeitet. Es wurde ein Kommunikator aufgebaut, der die Aufgabe hatte, die Transferaufgabe im Netzwerk zu moderieren und als Systemanbieter aufzutreten. Die anvisierte Transferstrategie wurde am Beispiel eines innovativen mobilen technischen Vegetationssystems für Gleisanlagen durchgeführt, das bisher konkurrenzlos auf dem Markt ist. Bisherige Lösungen technischer Vegetationssysteme für Gleise sind nicht zerstörungsfrei ausbau- und wieder einbaubar. Mit der gefundenen Lösung ist das nun problemlos möglich. Sie wirkt einerseits erheblich kostenmindernd und andererseits kann mit diesem System ein Großteil (95 %) der bisher nicht oder schwer begrünbaren Gleistrassen mit einem technischen Vegetationssystem ausgestattet werden.

Die Transferstrategien der beteiligten Forschungseinrichtungen zielten darauf ab, die Ergebnisse anwendungsorientierter Grundlagenforschung zur Erzielung eines möglichst hohen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Nutzens durch direkte Kontakte zu den Anbietern und Nutzern innovativer Verfahren, Produkte und Dienstleistungen in konkrete betriebliche und kommunale Anwendungen zu überführen. Mit dem vorliegenden Projekt ist der verfügbare methodische Werkzeugkasten für Transfermaßnahmen nachhaltig und allgemeingültig erweitert worden. Dabei erfolgte der Know-how Transfer branchenoffen sowie unter Verknüpfung herkömmlicher und neuartiger Tools des Wissensaustauschs auf der Basis einer breiten Plattform. Im Ergebnis wurde modellhaft, mithilfe der neuen Ansätze, die Schnittstelle zwischen Universität und Unternehmen in beide Richtungen durchlässiger gestaltet. Somit profitieren beide Seiten – Wirtschaft und Wissenschaft – von der Einbindung dieses Vorhabens in die bestehenden Transferstrategien.

Übergeordnetes Ziel war es, mit der Bildung des Netzwerkes eine breite, nachhaltige Basis für den Innovationstransfer in die vielschichtigen Teilbereiche textiler Vegetationsträger zu schaffen. Dabei sollten die Methoden und Funktionsweisen dieser Wissensüberführung am Beispiel eines mobilen Vegetationssystems für Bahngleise entwickelt, verifiziert und etabliert werden. Im Rahmen der Grundlagenforschung zu einer zukünftigen Gleisbettmatte wurden bereits einige Artikel in Fachzeitschriften veröffentlicht. Das Interesse eines breiten Anwenderspektrums konnte durch Präsentation der Laborversion auf Messen und durch deren Auszeichnung mit Innovationspreisen geweckt werden. An diesen Stand wurde mit dem vorliegenden Projekt angeknüpft. Anfragen von interessierten Anwendern bei den beteiligten Forschungsinstituten zeigten jedoch, dass die einzelnen Projektpartner alleine nicht in der Lage waren, das Verfahren umzusetzen, da sie selber immer nur einen Teil eines Systems bereitstellen konnten. Daher wurde vorgeschlagen, über eine (bessere) Vernetzung und Transferierung des Wissens, gestützt auf neue mediale Formen der Kommunikations- und Präsentationstechnologie und eine begleitende Qualifizierung der Anwender, den Markt für ein Gesamtsystem beispielhaft zu erschließen.

### 3.2.1.3 Produktion/Kosten

#### **Systemaufbau**

Für die Herstellung des textilen Vegetationstragsystems kam eine modifizierte grobe Rechts-Recht-Kettenwirkmaschine (Jakob Müller Frick/CH) zum Einsatz. Die Grundstruktur des kettengewirkten Vegetationstragsystems besteht aus (längsverlaufenden) Maschen des Grundfadensystems, in die (querverlaufende) Schussfäden eingebunden wurden (Abbildung 9). Dabei entstand ein mehrschichtiges dreidimensionales Flächengewirke mit beidseitig profilierter Oberflächenstruktur. Als Ausgangsmaterial für die Speicherelemente kann

streifenförmiges, geknautschtes Vliesstoffmaterial oder Recyclingmaterial aus der Textilindustrie eingesetzt werden. Mit der KEMAFIL-Technologie besteht die Möglichkeit, Recyclingfasern, mineralische Fasern oder Naturfasern (Pflanzenfasern, Stroh, Heu, Holzwolle, nicht verspinnbare Schafwolle) als sogenannten Flockenstrick direkt als Schussmaterial einzusetzen. Die Schussfäden als textile Funktionselemente der oberen Schichten bilden eine durchwurzelbare Tragschicht, in der Wasser und Nährstoffe gespeichert werden können. Durch die Überlappung der Schussfadensysteme wird ein guter Wassertransport in Breitenrichtung ermöglicht.

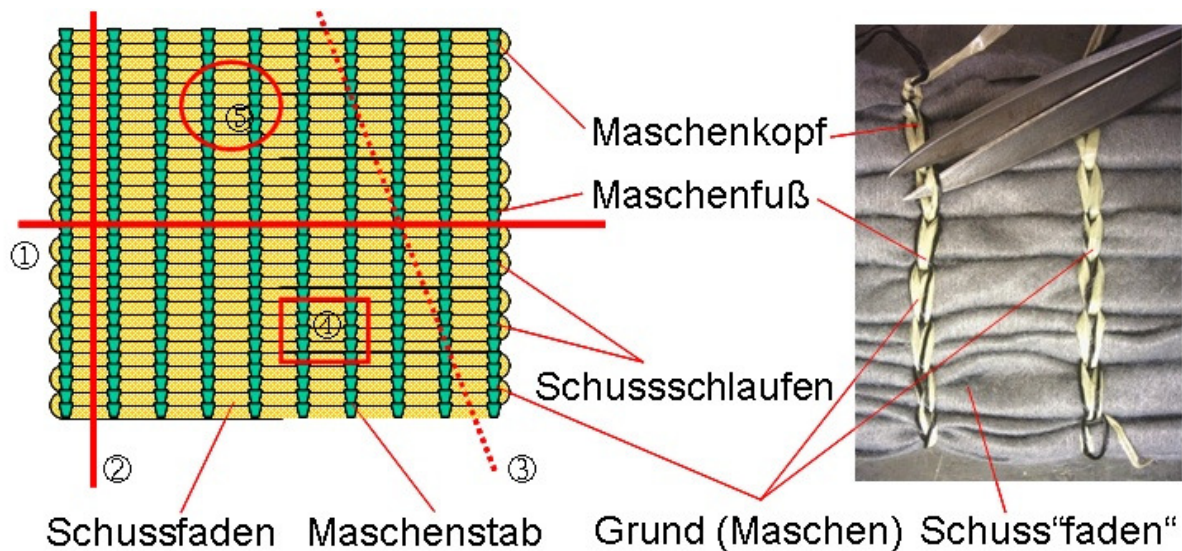


Abbildung 9: Struktur von kettengewirkten Vegetationsträgern (weitere Details im Text)

Für den Einsatz als Gleisbettbegrünungssystem (Arnold et al. 2005, Kircher et al. 2006a) ist als textiles Grundmaterial Polyester zu bevorzugen, um ein möglichst hohes Wasserspeichervermögen und eine brandhemmende Wirkung zu erzielen, sowie eine hinreichende Witterungs- und UV-Beständigkeit zu garantieren.

In Tabelle 3 sind ausgewählte Kenndaten gewirkter Vegetationsträger zusammengefasst.

Tabelle 3: Ausgewählte Kenndaten textiler Vegetationsträger im Vergleich zu zwei erprobten Typen

	textiles Vegetationstragsystem	Typ 9.5	Typ 15
Material	Polyester (PES)- Vliesstoffstreifen	PES-Vliesstoffstreifen (B158 mm; 240 g/m <sup>2</sup> )	PES-Vliesstoffstreifen (B200 mm; 190 g/m <sup>2</sup> )
Flächenbezogene Masse [g/m <sup>2</sup> ]	2.090...5.109	3.900	3.300
Wasserspeicherkapazität t [L/m <sup>2</sup> ]	11...25	18...23	20...25
Wasserhaltedauer (25°C, 60% rel. Feuchte)	6...9 Tage	8 Tage	8 Tage

Durch entsprechenden Materialeinsatz kann die Wasserspeicherkapazität so eingestellt werden, dass es in den Sommermonaten zu einer vollständigen Durchtrocknung des Gesamtsystems kommt, um störenden Beiwuchs (Gräser und Kräuter, Schösslinge) auszutrocknen und die niederwüchsige Zielvegetation einer Sedum-Gesellschaft zu fördern. Somit wird ein pflegearmes System erreicht.

Das Vegetationstragsystem wird in Segmenten von 2,5 m Länge hergestellt, kann aber am Verlegeort noch zugeschnitten werden.

In Abbildung 10 ist der Aufbau des textil basierten Vegetationssystems schematisch dargestellt. Der begrünte textile Vegetationsträger (*v*) mit Wurzelschutzfolie (*w*) wird im Gleis zwischen die Kammerfüllelemente (*k*) zweier Schienen (*s*) oder zwischen Kammerfüllelement und einer anderen Begrenzung (*b*) des Gleisbetts eingebaut. Die Kammerfüllelemente dienen der Streustromisolierung.

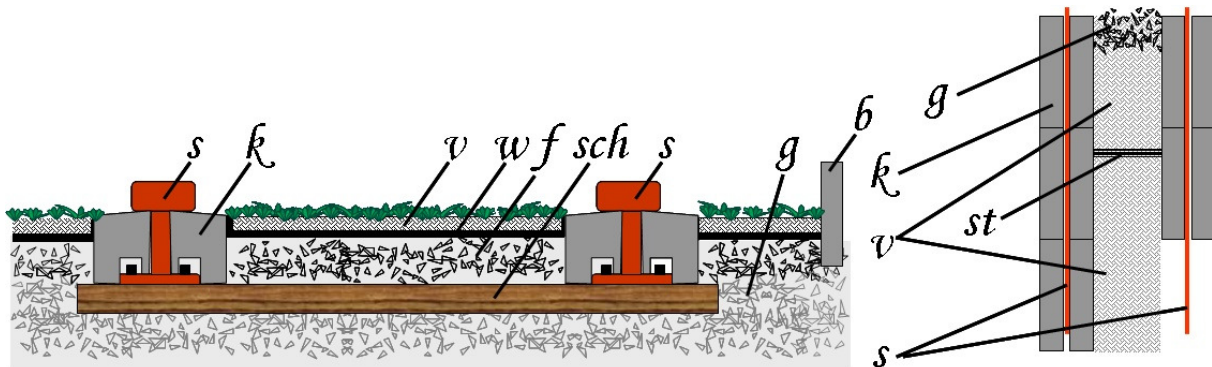


Abbildung 10: Gesamtansicht des Vegetationssystems (links) Querschnitt, (rechts) Draufsicht

Zur Realisierung eines „hochliegenden Rasengleises“ muss der Zwischenraum zwischen Schwelle (*sch*) und Vegetationsträger (*v*) bis zur Oberkante Kammerfüllelement (*k*) mit einem Füllkörper (*f*) verfüllt werden. Zweckmäßigerweise wird als Füllkörper (*f*) Gleisschotter (*g*, Körnung 25/45) verwendet. Das mineralische Füllmaterial bietet zudem den Vorteil, vergleichsweise einfach einen wechselnden Niveauausgleich z.B. in Kurven-Überhöhungen zu schaffen. Durch das grobe Material steigen jedoch die Anforderungen an die Vorbereitung des Füllkörpers, um eine ebene Oberfläche als Auflage für die textilen Vegetationsträger zu erhalten. Hier müssen auf Grund der Staunässeempfindlichkeit von Sedumpflanzen Senken vermieden werden. Die Verwendung feinerer Körnungen birgt die Gefahr der Einwanderung in das Schotterbett (*g*).

Die einzelnen Vegetationsträger (*v*) werden an ihren Enden auf Pressung verlegt, um bei wechselnden Feuchteverhältnissen möglicherweise auftretende Krümmungen des Materials auszugleichen. Darüber hinaus sind die Stöße (*st*) der Vegetationsträgersegmente durch Kabelbinder zu durchgehenden Bahnen zu verbinden. Die kompletten Bahnen sind an ihren Enden ca. 0,5 m einzuschottern, um ein Herausreißen der Vegetationsträger durch den Sog überfahrender Züge zu verhindern.

## **Materialkosten/-Anforderungen**

Im Rahmen der Erstellung der Demonstrationsobjekte wurden ein Bedarf für Erfurt 91 lfm Gleisbettmatten in der Breite 700 mm (64 m<sup>2</sup>) und 183 lfm in der Breite 800 mm (146 m<sup>2</sup>), gesamt 210 m<sup>2</sup> ermittelt. Für Berlin wurden ein Mindestbedarf von 72 lfm in der Breite 1070 mm (77 m<sup>2</sup>) und 66 lfm in der Breite 1150 mm (76 m<sup>2</sup>), gesamt 153 m<sup>2</sup> ermittelt. Aus vorangegangenen Erfahrungen wurde ein Sicherheitsbedarf von jeweils 15% zugeschlagen.

Im Rahmen des Industrialisierungsprozess wurde für Gleisbettmatten der Breite B=0,7 m ein Bedarf von 88 m Vlies/1 m Gleisbettmatte (Streifenbreite B=148-158 mm) ermittelt. Das entsprach 126 lfm Vliesstoffstreifen/m<sup>2</sup> Gleisbettmatte oder rund 20-23 m<sup>2</sup> Vliesstoff/m<sup>2</sup> Gleisbettmatte.

Die Vliesstoffauswahl erfolgte anhand der im Entwicklungsprojekt (Mählmann und Fuchs, 2005) als günstig ermittelten Vliesstoffkonstruktionen und –varianten der Firma Techtex GmbH, Mittweida, analog zu den Mustern M9.5 und M15.1. Diese Vliesstoffe auf Polyester-Basis (PES) hatten sich entsprechend des geforderten Anforderungsprofils als witterungsbeständig, hinreichend UV-beständig, verrottungsfest und brandhemmend erwiesen. Mit diesen Vliesstoffen ließ sich für die fertige Gleisbettmatte eine Wasserspeicherkapazität von 23-25 L/m<sup>2</sup> (im Vergleich zur Steinwoll-Reverenzmatte mit 20 L/m<sup>2</sup>) erzielen.

Für die Gleisbettmattenherstellung für die Demonstrationsobjekte wurde für Berlin ausschließlich Vliesstoff vom Typ AHMV24 bzw. der gleichwertige X052MV27, ein PES - Vliesstoff mit hohem Anteil an Recyclingfasern eingesetzt. Für Erfurt wurden Vliesstoffe vom Typ X052MV45 (Recyclingfaseranteil) sowie TRMV08<sup>1</sup> eingesetzt.

Da jeder Vliesstofftyp ein deutlich unterschiedliches Verarbeitungsverhalten zeigte, war eine Mischzuführung unterschiedlicher Vliesstoffe innerhalb einer Matte nicht möglich um das daraus folgende Krumpfverhalten in den Griff zu bekommen.

Hinsichtlich der aufgetretenen Lieferschwierigkeiten bei der Vliesstoffbestellung und im Hinblick auf Kostensenkungspotential beim eingesetzten Vliesstoff ist für die Zukunft auf einen einfachen, preiswert(er)en Nadelvlies zu orientieren. Das theoretische Kostensenkungspotential ergibt sich aus der Tatsache, dass die bisher eingesetzten hochkomplexen Vliesstoffkonstruktionen vor allem vom Typ Malivlies Eigenschaften bereitgestellten, die für die Gleisbettmatte gar keinen nutzbaren Vorteil bringen. Zu entsprechenden gleichwertigen Nadelvliesstoffen konnte jedoch im Rahmen der Projektbearbeitung keine anforderungsgerechte Alternative gefunden werden oder es lagen die entsprechenden Kenndaten – insbesondere zum Wasserspeicher- und –haltevermögen vor. Als aussichtsreiche Alternativlösung wurde eine Matten-Konstruktion mit einem voluminösen Faser-Flocken-Strick nach der KEMAFIL-Technologie getestet. Für diese Matten konnten im Laborversuch Wasserspeicherkapazitäten von 12,8 bis 23,5 L/m<sup>2</sup> (nach 2h Abtropfen) ermittelt werden. Hinsichtlich UV- und Witterungsbeständigkeit sowie zum Brandverhalten und zu den Kosten konnten keine Aussagen getroffen werden, da es sich um Material (für einen gänzlich anderen Anwendungszweck) aus einem aktuellen Entwicklungsprojekt des STFI handelte. Die als preislich alternativ vorgeschlagenen Geovliesstoffe der Fa. BECO erscheinen als ungeeignet, da das eingesetzte Fasermaterial (Polypropylen) nur eine geringe Brand-/Bewitterungs- und UV-Stabilität erwarten lässt. Weiterhin konnten vom Hersteller

---

<sup>1</sup> Die unterschiedlichen Typenbezeichnungen rühren z.T. lediglich aus Farbvarianten her.

keine Angaben zur Wasserspeicherfähigkeit gemacht werden. Die beigefügten kf-Werte sprachen jedoch für ein sehr geringes Speichervermögen (entsprechend des vorgesehenen Einsatzgebiets als Geofilter).

### **Herstellung Füllkörper**

Um ein „hochliegendes Rasengleissystem“ zu erhalten, war es notwendig den Zwischenraum zwischen den Kammerfüllelementen und den Schwellenfächern soweit aufzufüllen, dass ein Abschluss des textilen Vegetationsträgers mit der Oberkante der Kammerfüllelemente erreicht wurde. Als günstiges Material eignet sich hierfür der übliche Gleisbettschotter. Die Nutzung von Gleisbettschotter verhindert bei Richt- und Stopfprozessen das Einwandern von feinkörnigerem Material in das Schotterbett und ermöglicht durch die günstigen Reibungseigenschaften (Korn an Korn) des Schotterkörpers die Übertragung hoher Lasten. Wird feineres Material ein- oder aufgebracht, wandert dieses feinere Korn nach und nach durch die Erschütterungen infolge von Überfahrten und z.B. Regen in das Grobkorn ein. Damit wird der Winkel zwischen den Grobkörnern verändert, die Keilfunktion der groben Schotterkörner aufgehoben und das Schotterbett beginnt zu "schwimmen". Der Lastübertrag geht verloren und der Schottergleiskörper wird zerstört. Dabei ist es unerheblich ob oder wie häufig gestopft wird. Diesem Problem kann mit dem im Bauwesen bekannten Einsatz von Geotextilien (meist Vliesstoffe) als Trennschicht begegnet werden, war hier aber nicht Gegenstand des Projekts. Diese Schutzfunktion übernimmt die Gleisbettmatte in Verbindung mit der Wurzelschutzfolie als wesentliche Zusatzfunktion. Sie fungiert als trennendes und schützendes Geotextil und verhindert das Einspülen von Feinmaterial, wie z.B. Staub- und Gummiabrieb von Straßen, Streusplitt und Brems sand der Straßenbahnen sowie Blattmaterial in das Schotterbett. Für die Verdichtung des Füllkörpers gibt es keine Vorschriften; die Schwellenfächer und das Schotterbett vor den Schwellenköpfen ist "ausreichend zu verdichten". Ein Abrütteln dient hier vornehmlich dazu, einen möglichst homogenen Oberflächenabschluss ohne Erhebungen (Trockenheit) und Senken (Staunässe) zu erhalten. Bei der Erstellung der Demonstrationsobjekte zeigte sich zudem, dass eine Verwendung von nicht aufbereitetem Altschotter als Füllkörper trotz geringer Kosten problematisch sein kann. Daher muss für den Füllkörper unbedingt aufbereiteter oder neuer Schotter empfohlen werden.

### **Industrialisierung**

Im Rahmen der Industrialisierung wurden vor allem Optimierungsmöglichkeiten des Produktionsprozess untersucht. Dabei wurden Probleme analysiert, die sich z.B. durch schneller arbeitende Maschinen (im Vergleich zu den Versuchsmaschinen des STFI) ergeben oder die logistischen Anforderungen bei einer Großmengenproduktionen im Vergleich zu Versuchsmengen betrachtet.

So müssen bei der Produktion des textilen Vegetationsträgers die Schussfäden auf beiden Warensseiten möglichst spannungsfrei eingebunden werden, um ein Einspringen der Warenbahnen oder später bei wechselnden Feuchteverhältnissen ein Schüsseln der Vegetationsträger zu vermeiden. Diese Spannungsfreiheit kann neben dem Einsatz geeigneter Schlussleger auch durch Breithalteeinrichtungen, die in die Maschinensteuerung eingebunden werden, erreicht werden. Ein weiterer Vorteil des Einsatzes der Breithalteeinrichtungen ist die Ausnutzung der gesamten Arbeitsbreite als Warenbreite, was bei unveränderter Maschinenlaufgeschwindigkeit zu einer maximalen Produktivität führt.

Dabei erwies sich die komplexe Ansteuerung der Breithalter als geschwindigkeitsbestimmender Schritt. Im Gegensatz zu den langsam laufenden Versuchsmaschinen stieg die Fehlerrate mit höheren Drehzahlen überproportional an, sodass schließlich auf den Einsatz der Breithalter zugunsten einer erhöhten Produktivität verzichtet wurde. Im Vergleich zu den bisher eingesetzten Labormaschinen konnte die Arbeitsgeschwindigkeit von ca. 20 Umdrehungen/min (vgl. auch Hufnagl, 1998) auf 26 Umdrehungen/min (+30%!) gesteigert werden. Damit war inklusive Vorkonfektion ein Warenausstoß von 1 Rolle/d entsprechend 35-40 lfm/d möglich. Durch den Ausbau der Maschinenkapazität beim Hersteller erscheint so eine Jahresproduktionsmenge von 12-25 Tm/a als realistisch. Bei einem vorkalkulierten Rohmattenpreis von 36 EUR/m<sup>2</sup> (bei einer Breite von 1,15 m) ergab sich damit ein potentielles Volumen von 432.000-1.530.000 EUR.

Im Rahmen des Industrialisierungsprozesses wurden die Schnittstellen zu anderen „Herstellern“, wie z.B. zu den Begründern geschaffen. Weiterhin wurden mit den Kunden und dem Systemanbieter fertigungstechnische Möglichkeiten und Bedürfnisse untereinander abgestimmt. Als Beispiel für eine dieser Lösungen sei die produktionstechnisch günstigere „Endlosfertigung“ der textilen Vegetationsträger genannt. So wurde durch eine spezielle Programmierung der Wirkmaschine nach jeweils 2,5 m (festgelegte optimal handhabbare Modullänge) mehrere Leermaschenreihen eingefügt, die die Konfektion der Matten wesentlich vereinfachen (vgl. Abbildung 11) und zugleich eine für Produktion, Transport und Vorkultur günstige Herstellung von „Endlosware“ erlauben. Zur weiteren Konfektionserleichterung wurden die so entstandenen Leermaschen schon im Produktionsprozess mittels einer Druckluftclip-Maschine abgeriegelt.

Die ermittelten und dokumentierten Daten zu den textiltechnologischen und –physikalischen Eigenschaften sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Weitere Details vgl. Dokumentation (IASP).

**Tabelle 4:** Textiltechnologische und textilphysikalische Eigenschaften des textilen Vegetationsträgers

<b>Parameter / Arbeitsschritte</b>	<b>Daten</b>	<b>Prüfverfahren/Zertifizierung Bemerkungen</b>
eingesetztes textiles Grundmaterial	PES-Vliesstoff (Malivlies), 240-260 g/m <sup>2</sup> , als Streifen 145-155 mm	Die Grundmaterialien müssen witterungsbeständig, flammhemmend und mit einer hohen Wasserspeicherkapazität ausgestattet sein. Statt Vliesstoffstreifen eignen sich auch Flocken-Stricke nach der KEMAFIL®-Technologie
mögliche Mattenbreite	max.: 1180 mm min.: 200 mm in Schritten von 18 mm	Mattenbreite durch Wirkmaschine vorgegeben, Matten schmäler als 200 mm werden instabil; Produktivität sinkt bei schmalen Matten
Mattenlänge (von –bis)	max.: 5,00 m; min. : 2,50 m	Längere Matten sind schwer zu handhaben, bei kürzeren steigt Aufwand für Verriegelung der Matten sowie für ihre Fixierung
Mattendicke	ca. 30 mm	
Trockenmasse Rohmatte kg/m <sup>2</sup>	ca. 3,5 kg/m <sup>2</sup>	
<b>textiltechnologische/ strukturmechanische Eigenschaften</b>		
Reißfestigkeit	ca. 20 kN in Längsrichtung 1,8 kN/Maschenstäbchen	Abschätzung aus Prüfung einer ähnlichen Konstruktion (Eigenprüfverfahren Netzprüfstand) Maschenstäbchen: DIN EN ISO 2062)
Verrottbarkeit	nach 4 Jahren Bewitterung o.B.	nicht geprüft
UV-Stabilität	nach 4 Jahren Bewitterung o.B.	nicht geprüft
Farbe	grau/grauschwarz	
Dimensionsstabilität	Prüfmuster ohne Vegetation: Nach 22 h bei 100°C ΔLänge:1,7%; ΔBreite: 1,3 %	nach 4 Jahren Bewitterung ohne Reklamationen durch CVAG
Brandverhalten	B2	nach DIN EN 4102/Teil 1
Lagestabilität im Gleis	bis max. 70 km/h	Mattenenden einschottern, guter Stoßschluss erforderlich
<b>vegetationstechnische Eigenschaften</b>		
Wasseraufnahmefähigkeit/ max. Wasserkapazität	18-20 l/m <sup>2</sup>	
Spitzenabflussbeiwert / Abflusskennzahl C	C = 0,62	
Wasserhaltefähigkeit/ Rück- trocknungsdauer	8 Tage	
Durchwurzelungsfähigkeit	ist gegeben	



## Konfektionsaufwand

Als vorteilhafte Aufmachung für den Versand wurde die Rollenware mit abgeriegelten Leerschüssen erkannt, stehend auf Einwegpalette und eingestreckt.

Bei den üblicherweise eingesetzten Vegetationsträgern mit einer Breite von 1 m und 14-15 Maschenstäbchen wurde folgender Konfektionsaufwand zur Ablängung bei einer intermittierenden Produktion mit „Leermaschen“ (aussetzender Durchschuss) nach den jeweiligen Mattenmodulen ermittelt: Beim Trennen der mittels Leermaschen verbundenen Matten und abknoten der Trennstellen konnte in 8 h von 3 Personen eine Konfektionsleistung von 100 Matten (im Durchschnitt 9 min/Matte) erreicht werden. Die Produktivität konnte hier durch ein Sichern der Maschenstäbchen mittels Metallclips der „Leermaschen“ schon während des Produktionsprozesses gesteigert werden (Abbildung 11).



Abbildung 11: Produktions- und transportgünstige „Endlosfertigung“ mit Konfektionserleichterung durch aussetzenden Durchschuss (Fotos: Dr. Christian Schade)

Die Passgenauigkeit des textilen Vegetationstragsystems wird in der Regel durch eine Fertigung in der jeweiligen Zielbreite sichergestellt und ist bei der Ausführungsplanung zu berücksichtigen. Die maximale Herstellungsbreite beträgt 1180 mm, sodass bei breiteren Flächen, wie sie in der Regel im Zwischengleisbereich auftreten, durch Kombination unterschiedlich breit gefertigter Matten die Zielgröße erreicht wird. Durch die Drapierbarkeit des textilen Vegetationstragsystems können Breitenschwankungen von bis zu 5% im Einbauprofil des Gleisbettes ausgeglichen werden.

Einbauten in den Gleisen, die bei der Produktion der Gleisbettmatten nicht berücksichtigt werden können, sowie Querschnittsverengungen im Bereich von Gleiswechsellern und Boden, die nicht parallel zum Gleis verlaufen, erfordern eine Konfektion der Matten vor Ort. Typische Störstellen sind in Abbildung 12 dargestellt.



Abbildung 12: Einbauten in Gleisen (links), Querschnittsveränderungen im Bereich von Gleiswechselln (rechts)

Schließlich besteht noch in eingeschränktem Maß die Möglichkeit einer passgenauen Konfektion vor Ort. Die Maschenstruktur des Vegetationstragsystems erfordert einige Vorsichtsmaßnahmen bei der Konfektion.

Beim Durchtrennen der Maschen (Abbildung 13, rechts) besteht die Gefahr der Laufmaschenbildung in Richtung Maschenkopf zu Maschenfuß. Daher müssen die Maschen des Grundfadensystems abriegelt werden. Das Abknoten von Hand ist immer noch eine praktikable und adäquate Methode, eine entsprechende Abriegelung der Maschen zu erreichen. Jedoch ist dieses Verfahren sehr aufwendig und bedarf grundlegender textiltechnologischer Kenntnisse. Daher wird im Folgenden die Konfektion mittels einer druckluftbetriebenen Clip-Maschine (Abbildung 13) vorgeschlagen und beschrieben.

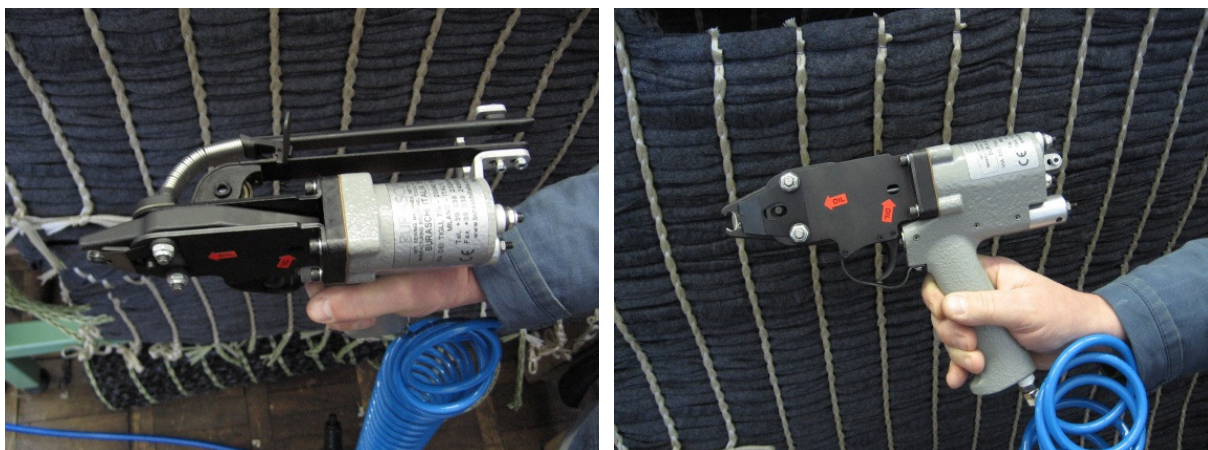


Abbildung 13: Druckluftbetriebene Clip-Maschine

Bei Schnitten längs (Abbildung 9) (2) oder diagonal (3) der Matte besteht die Gefahr, dass die Maschen auf Grund der fehlenden Schusschlaufen vom Schussfadensystem abrutschen, wie in

Abbildung 14, oben, dargestellt.



Abbildung 14: Gewirkter Vegetationsträger mit geknautschten Vliesstoffstreifen (grau) im Schuss und verstärktes Foliebändchenmaterial (oliv) als maschenbildendes Grundfadensystem; oben: Konfektion in Längsrichtung; unten: Gefahr des

Abrutschens des Grundfadensystems vom Schussmaterial bei unterlassener Verschiebesicherung.

Im Folgenden wird schrittweise die Herstellung einer Freiform (Kreis oder Rechteck innerhalb einer Matte) dargelegt (Abbildung 15 und Abbildung 16):



Abbildung 15: (1) Einzeichnen des Ausschnitts; (2) Freilegen des Grundfadensystems ohne das Grundfadensystem zu durchtrennen (3) und (4); (5) und (6) Abriegeln aller Maschen rund um die vorgesehene Ausschnittsstelle

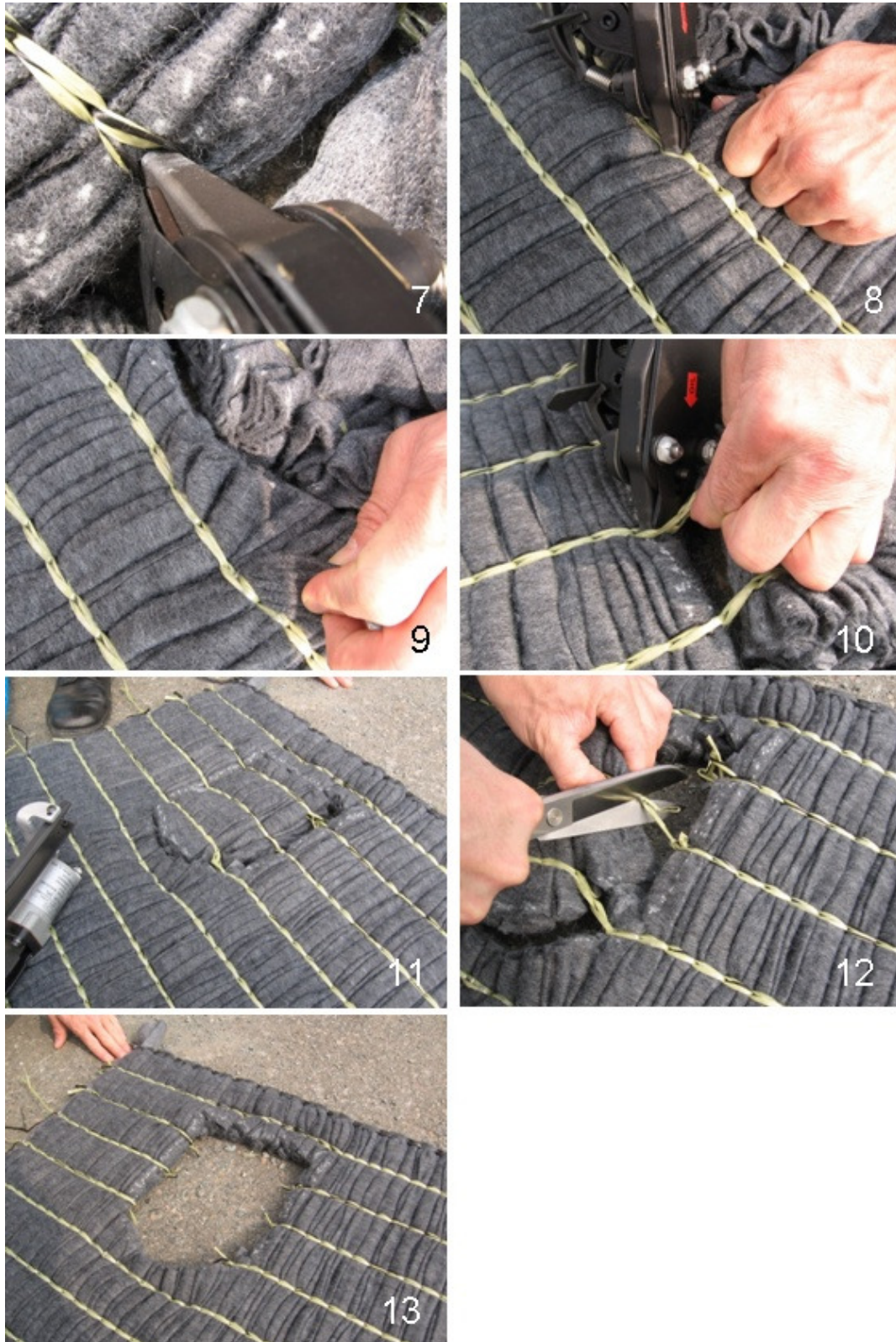


Abbildung 16: (7) und (8) Die Clip-Zange muss in eine Masche eingeführt werden und sollte möglichst viel Vliesstoff mit erfassen; (9) und (10) das Abrutschen des Grundfadensystems wird bei (Längs-) Schnitten, die parallel zum Grundfadensystem verlaufen durch verklammern jeder Masche mit dem Vliesstoff verhindert. (11) Vollständig abgeriegelter Ausschnitt; (12) Durchtrennen des Grundfadensystems; (13) Im Ergebnis liegt ein sauber ausgeschnittener und gegen Maschenlauf gesicherter Ausschnitt vor.

Die Konfektion von Diagonal- (oder Längs-)schnitten erfolgt nach Abbildung 17.

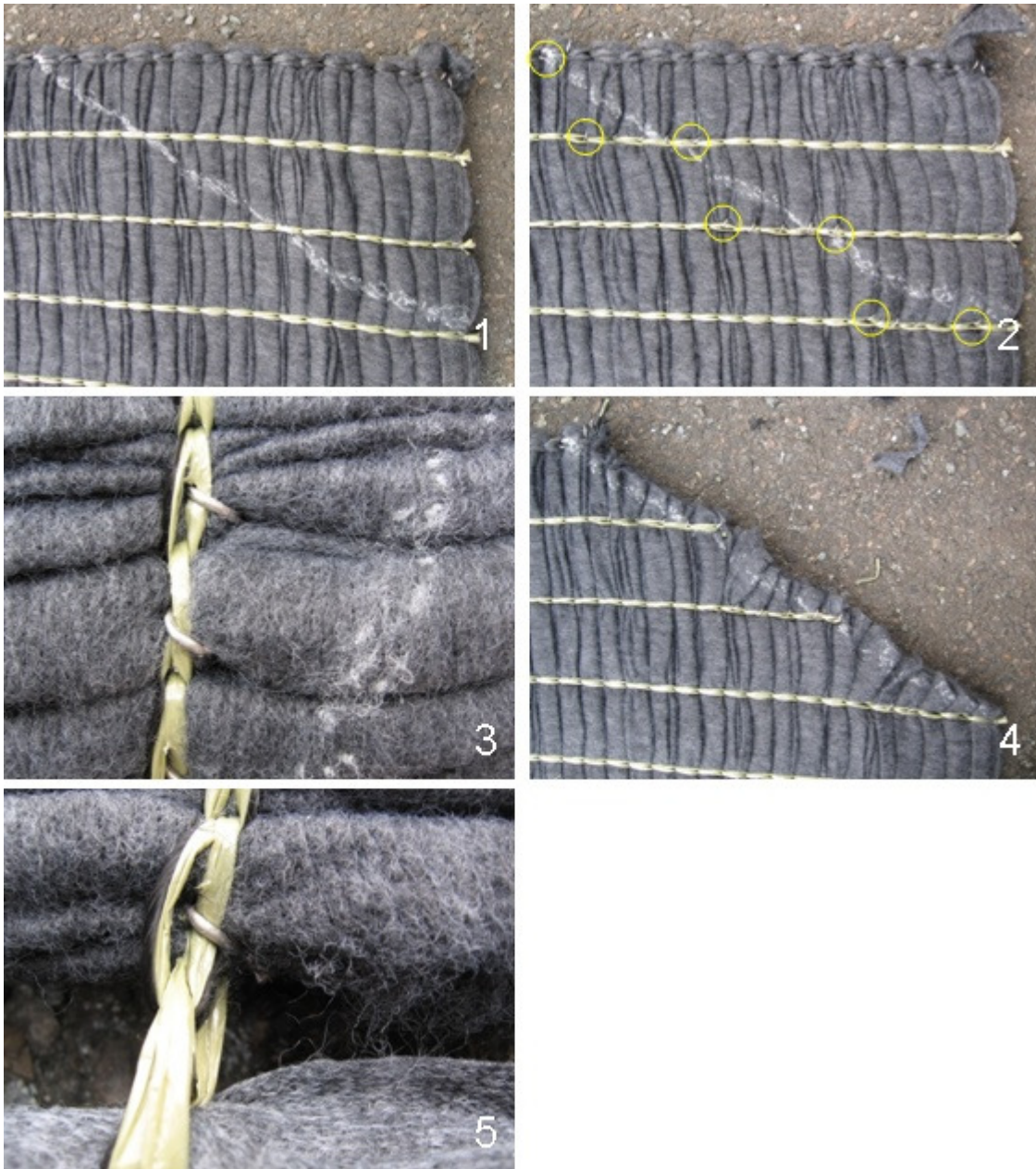


Abbildung 17: (1) Einzeichnen der gewünschten Schnittkante; (2) Abriegeln der Schussfäden; (3) Beim Abriegeln ist darauf zu achten, dass immer ein Maschenschenkel erfasst wird. Anschließend (4) kann sicher entlang der Schnittkante abgetrennt werden. (5) Detail zum Abriegeln: Im Idealfall wird neben der oberen Maschen zusätzlich die untere Masche fest mit dem Vliesstoffstreifen verbunden.

### **Begrünung**

Um Alternativlösungen zu einer langwierigen Vorkultur zu finden, wurden von der LVG an einem Versuchsstandort unterschiedliche Vegetationssysteme neben dem textilen Vegetationsträger ohne Vorkultivierung im Gleis eingebaut. Hier wurde die Initalbegrünung durch Anspritzung vorgenommen. Die Vegetation entwickelte sich zunächst recht vielversprechend. Nach etwa 1 Jahr lag der sehr inhomogene Fächendeckungsgrad jedoch immer noch bei 50%.

Daraus ergaben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Die Mindestkultivierungsdauer beträgt 5 Monate, bei einer Kultivierung über Winter 12 bis 14 Monate
- Mindestdeckungsgrad bei der Abnahme durch den Kunden beträgt 60 -70 % oder 90 % im Herbst, da dann keine Weiterentwicklung mehr zu erwarten ist.
- Sprossendichte zur (Vor-)Kultur sollte zwischen 200-300 g/m<sup>2</sup> betragen
- Bei der Anlieferung/Einbau sollte eine Lagerdauer der begrünten Vegetationsträger von 48 Stunden nicht überschritten werden.

### **Einbau**

Im September bis November erfolgte der Einbau der vorkultivierten textilen Vegetationsträger in das Demonstrationsobjekt „Betriebshof Urbicher Kreuz“, Erfurt (analog wurde für das Demonstrationsobjekt in Berlin verfahren, Details vgl. Schlussbericht IASP). Für den Einbau waren folgende Arbeitsschritte notwendig:

1. Mechanische Reinigung des Gleises von Verkrustungen und Vorbereitung der Fläche durch EVAG, dabei wurden auch Einbauten im Gleis oder Zwischengleisbereich entsprechend hochgelegt
2. Einbau der Kammerfüllelemente (BECO)
3. Auffüllen mit Schotter in den Gleisen und den Zwischengleisbereichen bis max. 3 cm unter Oberkante des REGUM-Körpers und Herstellung eines ebenen Oberflächenabschlusses (EVAG)
4. Einbau der Wurzelschutzfolie einschließlich Einbringen der Drainageöffnungen (NIRA)
5. Einbau der vorkultivierten Gleisbettmatten einschließlich Fixierung und Auffüllen der nicht mit Matten belegten Fläche mit Schotter (NIRA)

Durch die (hier von den Forschungsinstituten initiierte und übernommene) Gesamtkoordination des Vorhabens wurde eine optimale Abstimmung der beteiligten Partner erreicht. Insgesamt wurde die Zusammenarbeit und der reibungslose Ablauf von den Projektpartnern positiv bewertet.

#### **3.2.1.4 Transfer**

Das Konzept der hier verfolgten Transferstrategie sah vor, die voneinander abgekoppelten Hersteller der Systemkomponenten, die üblicherweise keine Berührung miteinander haben (Textil vs. ÖPNV) mit Hilfe eines Systemanbieters zusammenzuführen.

Im Sinne des Transfergedankens wurden folgende Fragestellungen herausgearbeitet:

- Welche Schnittstellen müssen zwischen den Entwicklern und den Transferempfängern definiert werden?
- Welche Informationen benötigen Wirtschaft und Anwender von Hochschulen/FuE-Instituten, um deren Entwicklungen in die Praxis umsetzen zu können (Transfer!)?
- Wo scheiterte diese Übergabe/Schnittstelle üblicherweise
- Sind die Institute Ihrer Rolle und Vermittler zwischen Anwendern, Kunden, Herstellern gerecht geworden?
- Welchen Nutzen hat die Kollaborationsplattform erbracht?
  - Ist ein Nutzen/Mehrwert gegenüber der klassischen Kommunikation via Email und anderen etablierten Kommunikationsformen erkennbar geworden?
  - Führte die Kollaborationsplattform zu einem Informationsüberfluss, zu einer Belastung?

- Wie vereinbarten sich Sicherheitsbedenken und Informationskontrolle beim Einsatz der Plattform?
- Warum fand das Produkt Gleisbettmatte bisher keine Akzeptanz auf dem Markt?
- Wo lagen aus Sicht der Hersteller, Anwender, Kunden die Probleme?

Wann ist ein Produkt als „fertig“ zu betrachten, wann ist eine Produktentwicklung abgeschlossen? Die Netzwerkarbeit zeigte hier, dass aus Sicht der Forschungs- und Entwicklungsebene ein Produkt wahrscheinlich nie einen „fertigen“ Zustand erreicht. Auch innerhalb des Netzwerks wurde dieser Begriff sehr vielschichtig betrachtet. Mit dem Abschluss der Arbeiten zur Industrialisierung der Rohmatte stellte sich aus Sicht des Herstellers (Huck) das Produkt als „fertig“ dar. Ebenso betrachtete der Begrüner (NIRA) das Produkt als geeignet für den gesamten Prozess der Vorkultur, Transport, Ein- und Wiedereinbau. Aus Kunden und Entwicklungssicht zeigte sich ein differenziertes Bild. Während die technischen Anforderungen als erfüllt angesehen werden können und auch mit dem Demonstrationsvorhaben Goetheplatz in Chemnitz sowohl positive Langzeiterfahrungen wie auch Kundenzufriedenheit (CVAG) erreicht werden konnten, blieben die erzielten Ergebnisse hinsichtlich Deckungsgrad, Vegetationsaspekt, Reparaturfähigkeit und Dimensionsstabilität aus Sicht der EVAG und LVG unbefriedigend.

Der Transferprozess als solcher wurde aus Sicht der beteiligten Netzwerkpartner wie folgt beurteilt:

### **Hersteller (Huck)**

Die Netzwerkarbeit führte insbesondere im Bereich der Logistik zu sehr positiven Erfahrungen. Durch eine genaue Schnittstellendefinition, gute Vorbereitung durch die Koordinatoren (hier noch Forschungsinstitute) via E-mails mit allen Adressen, Telefonnummern und Ansprechpartnern vor Ort konnten die weiteren beteiligten Unternehmen wie BECO und NIRA sofort reagieren. Der hergestellte persönliche Kontakt unter den Netzwerkpartnern führte auch zu einem Mitdenken der Kunden/Besteller. Diese beobachtete „Eigenverantwortung“ verdeutlichte die neue Qualität des Transfers und unternehmerischen Handelns.

### **Systemanbieter**

Als bedeutendste Ergebnisse des Kooperationsprojekts aus Sicht des Systemanbieters (BECO) wurden die optimale Vorbereitung und Koordinierung der Demonstrationsobjekte gewertet. Der Neuheitsgrad des hier vorgestellten Transferkonzepts lag vor allem in der unmittelbaren Schulung aller beteiligten Netzwerkpartner und der direkten Einbeziehung in den wissenschaftlichen Entwicklungsprozess. Damit wurden für alle Beteiligten auch Einzelprozesse wie z.B. die Industrialisierung der Gleisbettmattenproduktion transparent. Ein fein abgestimmtes Zusammenspiel der einzelnen Handelnden unterstützte die im Rahmen der Netzwerkarbeit erzielte Offenheit der einzelnen Beteiligten. Gleichzeitig konnte Konkurrenzdenken und eine bloße Fixierung auf wirtschaftliche Aspekte des Vorhabens zunächst in den Hintergrund gedrängt werden. Insbesondere der Transfer der Gleisbettmatte zeigte anhand eines repräsentativen Beispiels, wie aus einer wissenschaftlichen Idee ein Produkt entstehen kann. Für den Systemanbieter (hier BECO) wurde durch das neuartige Konzept eine zusätzliche Akzeptanz bei den Verkehrsbetrieben geschaffen. Durch seine Mitarbeit in der Entwicklungsphase tritt der Systemanbieter nicht mehr nur als reiner Verkäufer sondern auch als Berater und Wissensvermittler auf.

Aus Marketingsicht wurde bisher zu wenig die Prämisse „Grünes Gleis“ in Verbindung mit dem Konzept einer grünen Lunge für eine grüne Stadt betont. Dazu gehörte auch der zu Beginn im Focus stehende Recyclinggedanke, denn sowohl die eingesetzten



Kammerfüllelemente als auch die Gleisbettmatten wurden aus Recyclingmaterial produziert. Beide Systemelemente, wie auch die anderen zusätzlich notwendigen Dienstleistungen haben ihren Ursprung in Deutschland und stärken damit nachhaltig den Wirtschaftsstandort.

Als Zusatznutzen wurde der allgemein erreichte Wissenszuwachs, z.B. durch die Zusammenführung mit Fachleuten anderer Branchen, gewertet. Hierdurch konnte das Know-how des Systemanbieters, der bisher mit ähnlichen Systemen auf Dachbegrünungen beschränkt war, nachhaltig erweitert werden.

Eine Bewertung der unmittelbaren wirtschaftlichen Effekte kann noch nicht abgegeben werden. Dies wird frühestens nach den ersten Verkäufen des Gesamtsystems im Anschluss an die Demonstrationsobjekte erfolgen. Ein grundsätzlicher, wenn auch monetär nicht bezifferbarer Gewinn wurde allein im durch den Transferprozess ausgelösten Ideengewinn aller Beteiligten gesehen.

Die Idee des Systemanbieters ließ sich mit BECO nach dem derzeitigen Stand nicht endgültig verwirklichen. Hier kam es zu Interessenskonflikten zwischen Vertrieb eigener Produkte (Kammerfüllelemente) und dem Produkt-Vertrieb von Drittanbietern. Die Idee einer neutralen Gesamtsystemsicht war so offenbar nicht zu verwirklichen. Nach diesen Erkenntnissen erscheint ein unabhängig agierender Systemanbieter, der selber nicht produziert zielführender. Alternativ könnte ggf. ein neutral arbeitendes Planungsbüro diese Rolle übernehmen. Sonst besteht die Gefahr, dass der Systemanbieter nur seine eigenen Produkte umsetzen wird. Darüber hinaus steht ein am Markt agierender Systemanbieter im Wettbewerb, während einem Planungsbüro allein durch seine (ihm eingeräumte und zugebilligte) Entscheidungskompetenz, eine gewisse Marktmacht, insbesondere für innovative Produkte, zukommt.

### **Kunde**

FuE-Einrichtungen, die nicht traditionell mit dem Markt verbunden sind, für den sie etwas entwickeln, haben es nach Ansicht der CVAG immer schwer, ihre Ergebnisse zu etablieren.

Dies kann sicher dann erfolgreich sein, wenn F&E mit der Industrie (Gleisbauunternehmen, Projektanten, Systemanbietern) zusammengeht und an Hand von real existierenden Beispiellösungen (Demonstrationsobjekten) die Vorteile und die speziellen Einsatzbedingungen aufzeigen kann. Dabei sind vor allem auch Fachmessen und die Medien zu nutzen.

Zu verzeichnen ist weiter, dass Nahverkehrsbetriebe und Gebietskörperschaften, die eine Gleisbegrünung umsetzen wollen (und das auch finanziell können), in vielen Fällen eigenständige spezielle Bauformen entwickelt haben und diese auch beibehalten, wenn sie sich bewährt haben. Dies wird als weiteres Hemmnis für „fremde“ Entwickler gesehen, insbesondere da der (kleine) Markt z.T. stark traditionell gewachsen und überprägt ist.

Für fast alle Straßenbahn- und Stadtbahnunternehmen spielen die Kosten eine herausragende Rolle. Zu den Unterhaltungskosten bestehen umfangreiche eigenen Erfahrungen. Ein hoher Einstiegspreis für neue Produkte hält aber potentielle Nutzer ab, Innovationen auszuprobieren. Diesen nachvollziehbaren Vorbehalten sollte mit einer intelligenten Preispolitik beim Markteinstieg Rechnung getragen werden.

Die EVAG sahen keinen substantiellen Mehrgewinn im Konzept der Etablierung eines Systemanbieters. Die Koordinierung unterschiedlicher Gewerke und Anbieter stellt für den Träger des ÖPNV kein Problem dar und ist auch aus anderen technischen Gebieten bekannt. Ohnehin besteht für den ÖPNV bei einer geplanten Auftragsvergabe die Verpflichtung zur Ausschreibung der einzelnen Leistungen. Mittlerweile hat die EVAG eine Vorreiterrolle in „Grünen Gleisen“ übernommen und wird zunehmend von anderen Verkehrsbetrieben nach Erfahrungen befragt. Die Vorreiterrolle wurde durch Investitionen von bisher 120 Mio EUR in den Ausbau der Erfurter Stadtbahn, darunter viele „Grüne Gleise“, erreicht. Bisher

sind ca. 10% im Netz (ca. 7 km) als Rasengleis ausgeführt. Allerdings werden auch in Erfurt, trotz des besonderen Anspruchs sich als grüne Stadt darzustellen, Rasengleise nur ausgeschrieben wenn im Planfeststellungsverfahren entsprechende Strecken ausgewiesen sind, wie z.B. in einem Neubaugebiet. Aus Betreibersicht werden offene Gleise auf Grund des geringeren Pflegeaufwands nach wie vor bevorzugt.

## **F&E**

Es zeigte sich, dass ein Patent die kommerzielle Vermarktung/den Transfer einer Entwicklung nicht zwangsläufig fördert. Das Patent hat hier den geringsten Anteil denn ein Ideen-Schutz kann auch durch die „neuheitsschädliche Veröffentlichung“, die gleichzeitig eine höhere Reputation bei Forschungseinrichtungen genießt, erreicht werden, zumal der Prozess zur Erteilung der Schutzrechte im gegebenen Beispiel „Gleisbettmatte“ sich mit einer Verfahrensdauer von über 10 Jahren als außerordentlich langwierig gestalten kann. Dies erfordert eine hohe personelle Kontinuität, die bei Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen durch das Hochschulrahmengesetz häufig gar nicht gegeben ist. Daher ist es im Sinne einer schnellen wirtschaftlichen Umsetzung viel wichtiger das Marktinteresse oder eine entsprechende Lobby zu treffen. Sonst besteht die Gefahr, wie im Beispiel des Transfers der Gleisbettmatte, dass bei den beteiligten Transferempfängern der Preis zum hauptsächlichen Diskussionspunkt wird. Dies ist aber gerade im vorliegenden Fall sehr schwierig, da seitens der Entwickler kaum Einfluss auf das Preisgefüge genommen werden kann. Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit sind insofern spekulativ, da sich die Gleisbettmatten kostenseitig erst bei einer längeren Nutzungsdauer gegenüber preiswerteren Alternativsystemen behaupten können. Zum Langzeitverhalten liegen aber naturgemäß noch keine Erkenntnisse vor. Für den ÖPNV, bei dem Baumaßnahmen in erster Linie durch Fördermittel finanziert werden, ist die Anfangsinvestition das herausragende Kriterium zum Kaufentscheid. Später anfallende, ggf. höhere Pflegekosten preiswerterer Systeme, treten in der Investitionsentscheidung stark zurück.

Erfahrungsgemäß ist bei technischen Textilien mit einer Marktetablierung innerhalb von 10 Jahren zu rechnen, wie das Beispiel der weitgehend ähnlichen und erfolgreich transferierten schwimmenden textilen Pflanzeninsel (DE 19654031C2 1998) zeigt. In den letzten 10 Jahren hat jedoch die Bedeutung der Oberbauform Querschwelle im Schotterbett zugunsten mittlerweile kostenseitig alternativer Oberbauformen vom Typ feste Fahrbahn abgenommen. Damit verlor aber auch ein entscheidendes Alleinstellungsmerkmal der textilen Vegetationslösung zugunsten substratbasierter Alternativlösungen an Bedeutung.

Es zeigte sich jedoch auch, dass das ursprüngliche Transferkonzept in der Unkenntnis von Ausschreibungsmodalitäten im Vergleich zu direkter Auftragserteilung nicht in jedem Fall vollständig durchsetzbar ist. In der Praxis erfolgt eine Ausschreibung für ein „grünes Gleis“ ca. ein Vierteljahr vor Beginn der Maßnahme öffentlich, teilweise europaweit. Nach neuer Vergabeordnung seit April 2009 erfolgt diese Ausschreibung mittelstandsnah. Dabei wird der Auftragnehmer erst nach Bestätigung der Fördermittel gesucht. Hier arbeitet z.B. die EVAG grundsätzlich ohne Generalauftragnehmer – somit kann ein vorgesehener/geplanter Systemanbieter kein Generalunternehmer werden.

Viele produktspezifische Probleme konnten im Rahmen des FuE-Projektes zur Entwicklung der textilen Gleisbettvegetation nicht gelöst werden. So gab es im ursprünglichen Entwicklungsprojekt keine Möglichkeit für großflächige Feldversuche. Die an den Demonstrationsstandorten in diesem Projekt aufgetretenen Extrembedingungen sind im ursprünglichen F&E-Projekt nicht aufgetreten – somit konnten erst mit den Demonstrationsobjekten erweiterte Aussage zu den Produkteigenschaften der Gleisbettmatte getroffen werden. FuE-Projekte sind in vielen Fällen durch Ihre Anlage und aus förderpolitischen/subventionsrechtlichen Gründen nicht hinreichend geeignet alle

Produkteigenschaften unter realen Bedingungen zu ermitteln und damit „fertige“ Produkte für den Transfer zu liefern.

Die erarbeitete umfangreiche Dokumentation (vgl. Abschlussbericht IASP) wurde als „gutes Arbeitsmaterial“ (EVAG) gewertet und bietet eine umfangreiche Beschreibung nicht nur des Produkts Gleisbettmatte, sondern des Gesamtsystems „Gleisbettbegrünung“. Für Verkehrsbetriebe stellt dies jedoch kein geeignetes Arbeitsinstrument dar. Die Hauptprobleme bei der Anwendung bestehen, lt. EVAG, im wirtschaftlichen Bereich – zu hohe Kosten der textilen Vegetationsträger. Der Wille sei da, Argumentationsbasis sei ausreichend, aber bei der bestehenden Kostenstruktur sei das Vegetatiostragsystem für die EVAG nicht einsetzbar.

### 3.2.2 Erfahrungen mit grünen Gleisen

Mithilfe begrünter textiler Vegetationsträger konnte seit 2004 die durch den parkähnlich gestalteten Goetheplatz (Abbildung 18 und Abbildung 19) führende Straßenbahntrasse (Schottergleis) im Anschluss an das Entwicklungsprojekt zur Gleisbettmatte (vgl. Mähmann und Fuchs 2005) und im Rahmen eines Demonstrationsobjekts innerhalb dieses Projekts der Betriebshof „Urbicher Kreuz“ der Erfurter Verkehrsbetriebe (Abbildung 20) optisch-ästhetisch aufgewertet werden. Eine weitere Demonstrationsanlage entstand in Berlin „Spandauer Straße“.

#### 3.2.2.1 Chemnitz



Abbildung 18: Goetheplatz, Chemnitz im Sommer 2007 (links) und Frühjahr 2010 (rechts)

Die grundsätzliche Mobilität des textilbasierten Begrünungssystems wurde bereits bei der Umlagerung der vorkultivierten Vegetationsträger aus der Teststrecke des F&E-Projekts an den Goetheplatz in Chemnitz (Abbildung 18) demonstriert. Dadurch wurde die seit 2004 durch den parkähnlich gestalteten Goetheplatz führende Straßenbahntrasse (Schottergleis) optisch-ästhetisch aufgewertet. 2007 erfolgte teilweise ein Austausch von Vegetationsträgersegmenten, die einen unbefriedigenden Deckungsgrad aufwiesen. Der überwiegend halbschattige Standort mit teilweise stärker sonnenexponierten Abschnitten ist fast durchgehend begrünt und weist je nach Einstrahlungsintensität auch größere Abschnitte, die mit Moos bewachsen sind, auf. Aufkeimende Gräser und höherwüchsige Beikräuter sind nach Trockenperioden schnell wieder verschwunden.



Abbildung 19: Gleisbettbegrünung am Goetheplatz, Chemnitz im Frühjahr 2009

Im Vergleich zu der ebenfalls in Chemnitz verlegten "Rasengitter-Begrünung" ist der Aufwand für Unterhaltung und Pflege nach den bisherigen Erfahrungen der CVAG deutlich geringer. Beim Rasengittersystem fallen, je nach Vegetationsverlauf, zwei- bis viermalige Mäharbeiten an; das Substrat in der Gitterstruktur wird durch Spritzwasser der benachbarten Fahrbahnen teilweise ausgespült und müsste wieder nachgefüllt werden. Der Rasen wird durch Unkraut verdrängt.

Andererseits sind die Rasengitter-Flächen in Verbindung mit der Oberbauart "Infundo", wie vorgesehen, in bestimmten Situationen durch Einsatzfahrzeuge der verschiedenen Dienste gut befahrbar. Auch Arbeitsfahrzeuge der CVAG nutzen dies, so entfällt bei Turmwagen zum Beispiel das Ein- und Ausgleisen oder man kann mit der Technik völlig problemlos bei herannahenden Straßenbahnen in angrenzende Flächen ausweichen.

Das Mattensystem im Goetheplatz ist mittlerweile fast durchgehend begrünt, wobei größere Flächen auch mit Moos bedeckt sind. Am Beispiel Goethepark ließen sich Entwicklungsunterschiede zwischen sonnigen (geringer Deckungsgrad, Moosentwicklung) und schattigen Bereichen feststellen. Insgesamt wurde der Zustand als gut bewertet. Unter den Buchen (Eintrag organischer Stoffe) wurde zunehmender Bewuchs mit Löwenzahn beobachtet. Aufwachsende Gräser und Unkräuter waren nach Trockenperioden schnell wieder verschwunden. Insgesamt erscheint das Vegetationssystem sehr widerstandsfähig; so lagen die Temperaturschwankungen in 2006 zwischen +35°C im Sommer bis -18°C im Winter. Die Schneehöhe betrug z.T. bis zu 38 cm.

Die letzte Düngung am Goetheplatz erfolgte 2007, für 2009 war eine weitere vorgesehen. Der bisherige Pflegeaufwand beschränkte sich darüber hinaus auf reine Sichtkontrollen, die aber mit den normalen vorgeschriebenen Gleisbegehungen erledigt sind.

## **Handhabung**

Bei der Profilierung der Oberfläche für die Matten wurde vom Lichtraumprofil für die im Personenverkehr eingesetzten Straßenbahnfahrzeuge ausgegangen (Aufschotterung und Matten). Der zu begründende Gleisabschnitt im Goetheplatz befindet sich in einem Bogen mit Überhöhung, so dass die Oberfläche im Querschnitt der Gleisanlage nicht eben ist, sondern zwischen dem Innen- und dem Außengleis ein Höhenversatz besteht. Dieser wurde bei der Herstellung der Gleisbegrünung so angelegt, dass im normalen Fahrbetrieb keine Probleme auftraten. Im Winterdiensteinsatz zeigte sich jedoch, dass der Arbeitswagen mit abgesenktem Schnee-Räumschild beim Befahren des Außengleises an der Bogeninnenseite die Vegetationsträger zwischen den Gleisen berührte und abgetragen hätte. Die Matten wurden deshalb kurzfristig mit geringem Aufwand entfernt und über den Winter auf einem Betriebshof gelagert. Im Frühjahr wurde der entsprechende Abschnitt neu profiliert und die Matten nach Austausch der beschädigten wieder eingebaut. Dieser Fehler war nicht im System Gleismatte begründet, sondern in der Nichtbeachtung des Sonderfalles im Lichtraumprofil eines einzelnen Arbeitswagens.

## **Akzeptanz**

Aus der Bevölkerung gab es keinerlei Reaktionen auf den Einsatz der Gleismatte. Wie es ohne Gleisbegrünung ausgesehen hätte, kann nicht eingeschätzt werden. Auf der anderen Seite steht der Goetheplatz auch keinesfalls im Mittelpunkt des allgemeinen Interesses. Auch aus Bereichen der Stadtverwaltung, die sich im Rahmen des Baurechtsverfahrens und der Vorbereitung der Baumaßnahme sehr intensiv und ausführlich mit der Frage Begrünung des Gleises beschäftigt hatten, wurden bisher keine offiziellen Reaktionen bekannt. Zumindest sind von keiner Seite bisher negative Einschätzungen bekannt geworden.

Die BVAG wies in diesem Zusammenhang auf die „Zwangslage“ der Verkehrsbetriebe hin, „grüne Gleise“ zu installieren, um Fördermittel bei Neuanlagen oder Instandhaltungsmaßnahmen zu erhalten.

### **3.2.2.2 Erfurt**

In Erfurt besteht ein kombiniertes Verkehrsangebot bestehend aus Straßenbahn und Bus. In den Jahren 1997-2007 erfolgte der Ausbau der Erfurter Straßenbahn zur Stadtbahn. In ehemaligen Industriegebieten wurden moderne Bahnen zusammen mit urbaner Infrastruktur gebaut zur Einbindung der Randgebiete und Schließung des Ringes. Die geplante Trasse zum Flughafen ist mit vielen grünen Gleisen (Rasengleis) vorgesehen. Insgesamt werden grüne Gleise von der Erfurter Bevölkerung akzeptiert. Der Hauptgrund „grüne Gleise“ anzulegen bestand für die EVAG vor allem in der ästhetischen Anpassung des Gleiskörpers an das Stadtbild. Bislang wurde nur Rasengleis praktiziert. In Planung sind drei Bereiche mit Rasengleis (Schwellengleis ausgeschottert, 11-12 cm Substrat, Rollrasen oder Rasenansaat). An der mobilen Gleisbettmatte besteht großes Interesse auf Grund der technologischen Vorteile: So bereiten herkömmliche Rasengleissysteme Probleme bei der Überwachung der Anlagen. Instandsetzungen bei den nicht mobilen Systemen erfordern einen hohen Aufwand. Bei turnusmäßigen Kontrollen ist eine bessere Zugänglichkeit durch das mobile textile Gleisbettvegetationssystem gegeben und schließlich wird ein geringerer Pflegeaufwand bei Begrünung mit Gleisbettmatten erwartet. Seitens der EVAG besteht eine langjährige Erfahrung und Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Gleisbettbegrünung mit Dr. Reidenbach von der LVG Erfurt. Ein Beispiel ist die Versuchsanlage mit verschiedenen Sedum-Begrünungen an der Haltestelle „Am Kreuzchen“. Auch hier hat sich gezeigt, dass bei Begrünung mit Sedum eine technologische Vorkultivierung bis zum befriedigenden Zustand

notwendig ist. Die Demonstrationsanlage in Erfurt wird als eine Entwicklungsrichtung gesehen. Die EVAG möchte so den ökologischen Anforderungen gerecht werden.

### 3.2.2.3 Demoobjekte

#### Berlin

Eine Demonstrationsanlage befand sich in Berlin. Für die eigentliche Vorkultivierung standen nur 3 Monate zur Verfügung. Darüber hinaus konnte die Vorkultivierung nicht kulturgerecht erfolgen: Es wurde zu stark gewässert, 700-800 g Sprossen wurden eingesetzt, das Düngeregime erwies sich als problematisch. Somit erfolgte keine Pflanzenabhärtung. Der Deckungsgrad beim Einsatz im Gleis lag unter 60%-70% und war stark inhomogen. Durch den Einsatz von Mypexunterlage erfolgte während der Vorkultur eine Durchwurzelung der Unterlage verbunden mit Wurzelabrissen bei der Mattenernte. In das Demonstrationsgleis wurde eine Mischung aus älteren Matten, die bei NIRA vorkultiviert worden waren und sehr neue Matten aus Dahlem (HU) eingesetzt.

Nach Analyse der HU (vgl. Abschlussbericht HU/IASP) lagen die Ursachen für den schlechten Zustand der Vegetation der Demonstrationsanlage „Spandauer Straße“ wie folgt begründet:

Die Standortbedingungen am Demonstrationsstandort waren als sehr anspruchsvoll zu bewerten. Am Standort wurde eine sehr hohe Befahrungsdichte beobachtet. Darüber hinaus befand sich der Standort in unmittelbarer Nähe mehrerer Baustellen (Gebäude- und Asphaltarbeiten). Schließlich war der Gleisabschnitt, gelegen in einer Straßenschlucht von ständigem starken Wind gekennzeichnet. Wiederholtes Einfahren (Fahrspuren in allen 3 Gleisabschnitten) durch PKWs in den Gleisbereich und offenbar auch Querfahrten mit LKW kam erschwerend dazu. Schließlich machte ein Unfall den (problemlosen) Ausbau der Matten auf einem Gleis notwendig. Weitere Standortfaktoren waren eine hohe Verschmutzung durch Regenwassereintrag aus der Straße, viel Brems sand und abgelagerte Schmiere. Am Standort wurden zwar verhältnismäßig wenig Querungen durch Fußgänger beobachtet, jedoch erlitt die Demonstrationsanlage eine extreme Belastung durch eine Großkundgebung am 28.03.09. Ebenfalls ungünstig wirkten sich die ungewöhnlich schweren Wetterbedingungen für die Pflanzen aus. So folgte der Großdemonstration eine sechswöchige Trockenperiode, in der die Pflanzen sich nach der erfolgten extremen Schädigung durch die Trittbelastung nicht erholen konnten. Die geringe Trittfestigkeit von *Sedum* führte schließlich zu einem Totalverlust der Vegetation an diesem stark frequentierten Standort. Das textile Tragsystem hingegen überstand sogar unbeschadet Ein- und Überfahrten von Fahrzeugen in den begrünten Gleisabschnitt, obwohl das System für diese Belastung nicht konzipiert war.

Somit könnten folgende Einsatzbedingungen für die textilen Vegetationsträger formuliert werden: Notwendig ist eine ausreichende Vorkultivierung mit hohem Deckungsgrad vor dem Einbau. Ein Einfahren von KFZ muss ausgeschlossen werden, ebenso eine Begehung. Das Eindringen von verschmutztem Wasser aus dem Straßenbereich ist zu begrenzen, ebenso sollte die Belastung mit Brems sand gering gehalten werden. Zwischen Vorkultur und Einbau sollte die Lagerung sehr kurz erfolgen, um Pflanzenstress bei Transport und Lagerung zu verringern.

Damit ist das textile Vegetationstragsystem insgesamt als lagestabil und mit funktionierendem Bewuchs (siehe Mattenprobe in Dahlem) zu bewerten, der bei ausreichendem Deckungsgrad erreicht werden kann.

### Erfurt

Die zweite Demonstrationsanlage wurde in Erfurt eingerichtet. Der Einfluss extremer Sonnenexposition auf das Vegetationssystem konnte 2008/2009 in einem Betriebshof in Erfurt demonstriert werden (Abbildung 20). Bei einer mittleren Temperatur von 11,6°C und einer Jahresniederschlagsmenge von 495 mm in 2009 konnte der anfängliche (zu geringe) Deckungsgrad von 55 % nicht kompensiert werden und blieb sehr ungleichmäßig. Trotzdem erreichte die Demonstrationsfläche insgesamt ein befriedigendes Erscheinungsbild. Gleiswechsel, Einbauten, wie Gullis oder Schaltkästen sowie nicht parallel zu den Schienen verlaufende Begrenzungen machten eine Konfektion vor Ort notwendig und zeigten bei unsachgemäßer Durchführung, wie z.B. mangelhaftes Abriegeln von Maschenenden auch Problembereiche auf. Für das bisher an anderen Standorten nicht beobachtete Hochwölben der Ränder bei extremer Trockenheit wird nach aktuellem Erkenntnisstand eine im Vergleich zur Laborherstellung unterschiedliche industrielle Fertigungsmethode des Vegetationsträgers verantwortlich gemacht, bei der zur Steigerung der Produktivität auf die Breithalter verzichtet wurde (s.o.). Damit erfolgte offenbar die Einbindung von vorderem und hinterm Schlussystem mit unterschiedlichen Materialspannungen, sodass bei Feucht-Trocken-Wechseln ein dem Bimetall vergleichbarer Effekt auftrat.



Abbildung 20: Demonstrationsfläche im Betriebshof Urbicher Kreuz, Erfurt vor (links) und nach (rechts) der Begrünung 2009

Der Standort in Erfurt ermöglichte darüber hinaus noch einen Vergleich des mobilen textilen Vegetationsträgers mit anderen substratgebundenen (nicht mobilen!) Kultursystemen am Versuchsstandort der EVAG/LVG „Am Kreuzchen“. Der Einbau im Gleis erfolgte hier mit einer Gesamtdeckung von nur 30%. Weiterhin bestand am Versuchsstandort ein hoher Querungsdruck. Auf Grund des leichten Gefälles an der Versuchsstrecke und der Trockenheit 4 Bewässerungen im Jahr nötig. Die Flächendeckung stieg zuerst bis 50%, dann wurde jedoch eine rückläufige Entwicklung mit einem unbefriedigenden Deckungsgrad von maximal 20% Deckung der Zielvegetation und Moos in 2009 beobachtet. (Reidenbach pers. Mitt.). Der Einbau muss grundsätzlich bei wesentlich höherem Deckungsgrad erfolgen. Die am Demonstrationsstandort „Urbicher Kreuz“ beobachtete Rotverfärbung der Vegetation wurde auf der Versuchsfläche nur auf den textilen Gleisbettmatten beobachtet; bei den drei anderen untersuchten Varianten entwickelten sich die Pflanzen deutlich besser. Auf der anderen Seite erfolgte bei den Reservematten auf dem Versuchsgelände eine gute Entwicklung. Im Vergleich der Standorte Erfurt und Chemnitz wird für die bessere Pflanzenentwicklung auf

den Matten in Chemnitz eine deutlich höhere durchschnittliche Niederschlagsmenge im Vergleich zu den 500 mm in Erfurt verantwortlich gemacht. Eine Algenbildung ist nicht aufgefallen; eine mögliche Ursache ist wieder die Trockenheit des Erprobungsstandorts. Offenbar kann eine Substratauflage auf den Matten das Vegetationswachstum positiv beeinflussen. Da durch Anflug aufkeimende Unkräuter aus der Matte schwer zu entfernen sind, sollte keine organische, sondern eine rein mineralische Keimschicht aufgebracht werden.

### **Fazit**

Das Vegetationstragsystem muss in einem Fachbetrieb über mindestens 12 Monate mit Sedumprossen vorkultiviert werden und kann nach Erreichen eines Bedeckungsgrads von mindestens 80-90% im Gleis verlegt werden.

Der Pflegeaufwand an den Standorten Chemnitz und Erfurt war als gering zu bewerten und lässt sich im Rahmen der ohnehin vorgeschriebenen regelmäßigen Sichtkontrollen erledigen. Nach den bisherigen Erfahrungen können gute Wuchsbedingungen bereits mit einer jährlichen Düngung erreicht werden.

Für extrem trockene Standorte erscheint nach jetzigem Stand der Erkenntnis die Wasserspeicherkapazität/-Haltedauer des textilen Vegetationssystems mit den ausgewählten Materialien nicht ausreichend.

## **3.3 Fortschreibung des Verwertungsplans**

### **Definition der Zielmärkte**

Zielgruppe für den Verkauf der mobilen Gleisbettmatten sind die Betreiber des öffentlichen Nah-Verkehrs. Des Weiteren sollen Produzenten, Systemanbieter und Kunden (Verkehrsbetriebe) durch die Nutzung multimedialer Informations- und Kommunikationsmittel qualifiziert werden, das jeweils für sie optimale Begrünungssystem auszuwählen. Als Zielmarkt für das anvisierte Transfervorhaben werden in zwei Stufen der deutsche sowie der mittel-, nord-, und westeuropäische Markt anvisiert. Allein in Deutschland ist ein Streckennetz von ca. 50.000 km Schienenweg entwickelt. Davon entfallen 2.100 km auf Tram-Strecken. Von diesen sind 95% mit der Oberbauform Querschwellen im Schotterbett ausgestattet, für welche die Gleisbett-Matte konzipiert wurde. Auch wenn nur etwa 30% dieser Strecken zur Anwendung eines mobilen Vegetationssystems geeignet sind, entspricht dies allein im innerstädtischen Straßenbahnnetz immerhin einer Gesamtfläche von etwa 150 ha. Europaweit ist der Markt um ein Mehrfaches größer.

### **Darstellung der Nachfrage**

Die Begrünung von Gleisbettanlagen wird auf Grund des Klimawandels und als Feinstaubfilter in den kommenden Jahren eine immer stärkere Bedeutung erlangen. Mobile Gleisbettmatten tragen aktiv zum Hochwasserschutz durch Niederschlagsrückhalt bei. Durch die Feinstaubbindung und die hohe Schallabsorption, Verbesserung des Bioklimas und Minderung des Wärmeinseleffektes ergeben sich Vorteile, welche in der Zukunft für den urbanen Ballungsraum von enormer Bedeutung sind. Dies wird zukünftig zu einer erheblichen Steigerung der Nachfrage nach technischen Vegetationssystemen führen, zu denen auch die Gleisbettmatte gehört.



### Analyse des Wettbewerbs

Die kostengünstige, vorherrschende Oberbauform der Schienenverlegung im ÖPNV, die „Querschwelle im Schotterbett“, ist mit herkömmlichen Methoden nicht zu begründen. Die mobile textile Gleisbettmatte ermöglicht erstmals den für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten notwendigen zerstörungsfreien Ein- und Ausbau des gesamten Vegetationssystems. Damit wird es nachhaltig möglich, alle bereits zuvor dargestellten Vorteile der Gleisbett-Begrünung auch für diese Art der Schienenverlegung zu nutzen. Bisherige Systeme, die ebenfalls für das Schotterbett angeboten werden, sind weder mobil noch weisen sie unter den Bedingungen im Gleisbett eine für die Vegetation ausreichende Dimensionierung auf. Aus letzterem Punkt resultiert ein erheblicher Pflegeaufwand, daher sind konkurrierende Systeme nicht als nachhaltig zu bezeichnen. Nur die zu transferierende Entwicklung stellt bisher eine realistische Lösung für das Schottergleis dar.

Das während der Konzeptentwicklung zu knüpfende Netzwerk aus produzierenden Unternehmen, wissensintensiven Dienstleistern und akademischen Bildungseinrichtungen, von dem jeder Partner profitieren kann, war die Basis für eine nachhaltige Anwendung der im Projektverlauf gewonnenen Erfahrungen zur rationellen Gestaltung des Transferprozesses von wissenschaftlich-technischen Innovationen in die wirtschaftliche Anwendung.

Die im Netzwerk mitwirkenden produzierenden Unternehmen erhielten aktive Unterstützung in ihren Bemühungen, die internen Prozesse der Produktentwicklung zu optimieren und damit die internen Reserven auszuschöpfen. Sie wurden qualifiziert, die kontinuierlich weiter zu entwickelnden Optimierungsprozesse systematisch in eigene Verantwortung zu übernehmen und fortzuführen. Damit werden die Unternehmen bei ihren Aktivitäten zur ständigen Anpassung an die Veränderungen und Anforderungen des Marktes vor allem im Bereich der Technologieeinführung und der Methodenauswahl und -anwendung unterstützt. Die Unterstützung der Unternehmen bei der Entwicklung des Gesamtsystems "Gleisbettmatte" war ausgerichtet auf die Verbesserung des Aufwand-Nutzenverhältnisses im Vergleich zu Lösungen, die ausschließlich in eigener Verantwortung durchgeführt werden. Diese Verbesserung des Aufwand- Nutzenverhältnisses bildete die Basis für den Aufbau selbst tragender Prozesse.

Für die akademischen Ausbildungsstätten wurden durch die Umsetzung des zu entwickelnden Konzeptes die Möglichkeiten einer praxisbezogenen Ausbildung der Studierenden wesentlich erweitert und verbessert. Die Ausbildung der zukünftigen Produktentwickler wird durch die intensive Zusammenarbeit mit den Unternehmen des Netzwerkes effektiver und attraktiver. Die Studenten werden bereits frühzeitig in reale betriebliche Prozesse eingebunden und können damit erste praktische Erfahrungen sammeln. So können die Studierenden zusätzliche Erfahrungen auf ingenieurtechnischen Gebieten wie Konstruktion, Technologie und Logistik, aber auch im Marketing und Product-Life-Cycle-Management erwerben. Gleichzeitig besteht durch die Mitwirkung an den angestrebten betrieblichen Projekten die Chance, sich in interessierten Unternehmen vorzustellen und somit die eigenen Berufschancen wesentlich zu erhöhen.

Eine Langzeitwirkung dieses Transferprojekts wird darin bestehen, dass die entwickelten Konzepte zur Effizienzsteigerung von Produktentwicklungen unter Nutzung externer wissenschaftlich-technischer Innovationen praktisch umgesetzt werden können und so eigene Erfahrungen in den KMU aufgebaut werden.

Dies betrifft beispielsweise die Realisierung des interaktiven Innovationstransfers, sowohl aus den wissenschaftlichen Einrichtungen bzw. Demonstrations-Laboren in die Industrie, als auch in umgekehrter Richtung sowie zwischen den wissenschaftlichen Einrichtungen bzw. verschiedenen Praxispartnern selbst. Ggf. können Koordinatoren im Netzwerk genutzt werden, die als Transferzentrum und als Schnittstelle für den Einsatz von Fachkräfte/Fachkräftenachwuchs fungieren.

### **3.3.1 Erfindungen Patente**

Das Zusammenführen der Hersteller von Einzelkomponenten sowie die Etablierung eines Systemanbieters machen die Verwertung von Schutzrechten überhaupt erst möglich. Das textile Vegetationstragsystem selbst ist bereits im Vorgängerprojekt zum Patent angemeldet worden (DE 102005025791B4 2005). Als grundsätzliches Transferhindernis erwies sich jedoch die außerordentlich lange Prüfdauer nach §44 Patentgesetz durch das Deutsche Marken- und Patentamt. Bis zur Erteilung des Patents waren bereits mehr als 10 Jahre seit der Antragstellung vergangen. Dieser Zeitraum kann in Forschungs- und Entwicklungszentren (Universitäten, Hochschulen, Forschungsinstitute) oftmals durch eine hohe Fluktuationsrate der Mitarbeiter (Hochschulrahmengesetz) personell gar nicht kontinuierlich abgedeckt werden. Auf der anderen Seite wird eine Erteilung eines Patents innerhalb eines F&E-Projekts als erleichternd auf den Transferprozess erkannt, da beim Verwerter aufwendige und kostenintensive Patentrecherchen sowie die aufwendige Anmeldeprozedur entfallen.

### **3.3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende, Zeithorizont**

- Das mobile textilbasierte Vegetationssystem für Gleisanlagen in der Bauform „Querschwelle im Schotterbett“ ist derzeit konkurrenzlos auf dem Markt. Bisherige Lösungen technischer Vegetationssysteme für Gleise sind nicht zerstörungsfrei aus- und wieder einbaubar. Mit der gefundenen Lösung ist das nun problemlos möglich, sie wirkt damit einerseits erheblich kostenmindernd und andererseits kann mit diesem System ein Großteil (95 %) der bisher nicht oder schwer begrünbaren Gleistrassen mit einem technischen Vegetationssystem ausgestattet werden.
- Die Transferstrategie bezieht bei der Entwicklung und Markteinführung sowohl den Kunden als auch die Halbzeughersteller und Zulieferer von Teilprodukten innerhalb eines Netzwerks mit ein. Durch Einblick in firmenfremde Produktionsabläufe können Kosten bei Halbzeugherstellern dadurch vermieden werden, dass bei den Endproduktherstellern kostenneutrale Umstellungen der Fertigungstechnologie vorgenommen werden. Dieser Prozess ist natürlich auch in umgekehrter Reihenfolge möglich und bisher lediglich aus Kunden-Hersteller-Beziehungen bekannt.
- Im Ergebnis der durchgeführten Umfrage (Details vgl. Abschlussbericht IASP) besteht ein aktueller Marktbedarf an mobilen textilen Vegetationsträgern für mindestens 235 km Gleis. In unmittelbarer zeitlicher Nähe zum Projekt sind für 2011-2012 derzeit 33 km grüne Gleise in Planung. Hinzu kommt ein weiterer Anteil für sanierungsbedürftige Gleisanlagen sowie weitere Neubauten.
- Somit ist nach bestehender Kalkulation (Gesamtkosten 77,60EUR/lfm Gleis) von einem kurzfristigen Umsatz von mindestens 2,5 MioEUR bis 2015 und langfristig von einem Umsatzpotential von 18 MioEUR auszugehen.

### **3.3.3 wissenschaftlich-technische Erfolgsaussichten nach Projektende, Zeithorizont**

Insbesondere die Erfahrungen mit den Demonstrationsobjekten zeigen noch Verständnislücken im Begrünungssystem, die eine wissenschaftliche Untersuchung bestimmter Detailfragen nahe legen. Darüber hinaus kann aber eine wirtschaftliche Vermarktung eines Produkts nach dem zum jetzigen Zeitpunkt erreichten Entwicklungsstand unter bestimmten – nun besser definierbaren – Bedingungen erfolgen.

### **3.3.4 Wissenschaftlich und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase**

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt fehlen noch Lösungen zur Sanierung der textilen Vegetationssysteme bei unbefriedigendem Begrünungserfolg. Eine so genannte „Online-

Begrünung“ unter Verkehr am Einbaustandort war bisher erfolglos. Weitere Einflussfaktoren, die einer wissenschaftlichen Klärung bedürfen sind das partielle Auftreten von Algenkrusten, die zu erheblichen Vegetationsausfällen führen können. Aus wirtschaftlicher Sicht sind alternative Halbzeuge für die Herstellung der textilen Rohmatte zu entwickeln und zu erproben. Es offenbarte sich bei den bisher verwandten Produkten eine zu hohe Abhängigkeit der Rohstoffe vom Rohölpreis. Eine Alternative können hier aktuelle Entwicklungen im Bereich der Biopolymere, die nicht auf Rohölbasis synthetisiert werden, darstellen. Ziel muss eine marktfähigere Kostenstruktur der textilen Vegetationsträger sein.

### **3.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Im Folgenden werden Aspekte, die sich aus Sicht des Transferkonzepts – Etablierung eines Systemanbieters als zentrale Anlaufstelle für Hersteller unterschiedlichster Branchen und Kunden – als problematisch oder derzeit nicht lösbar darstellen, betrachtet:

#### **3.4.1 Subjektive Befindlichkeiten zwischen Projektpartnern**

Trotz gewissenhafter Auswahl der Projektpartner und dem Versuch nur Partner entlang der Wertschöpfungskette auszuwählen, wurde während der Projektlaufzeit Konkurrenzdenken als Hemmnis für eine Zusammenarbeit offenbar. So muss in der Rückbetrachtung festgestellt werden, dass möglicherweise ein unabhängiges Planungsbüro als Systemanbieter einem selbst produzierenden Unternehmen als Systemanbieter vorzuziehen ist. Darüber hinaus konnte es nicht vermieden werden, dass Projektpartner aus der Herstellergruppe ein Konkurrenzgefühl gegenüber dem ausgewählten potentiellen Systemanbieter entwickelten, was zu einer gewissen Abschottung innerhalb des Netzwerks führte und den Transfer behinderte.

#### **3.4.2 Sprachprobleme**

Bei branchenübergreifenden Projekten kann immer wieder beobachtet werden, dass es zu Sprach- und Verständigungsproblemen unter den Projektpartnern kommen kann. Häufig wird allein auf Grund unterschiedlichen Sprachgebrauchs oder unterschiedlicher Bedeutung von Fachtermini in den einzelnen Branchen der Transfer stark behindert. Dieses Problem verschärft sich, wenn branchenübergreifend und interdisziplinär gearbeitet wird. Zur Illustration seien im Folgenden 3 Beispiele genannt:

##### **3.4.2.1 Planum**

Während im vorangegangenen Entwicklungsprojekt "Gleisbettmatte" und anfänglich im Transferprojekt der ebene Oberflächenabschluss des Füllkörpers (vgl. Kapitel Herstellung Füllkörper, S. 39) als Untergrund für das textile Vegetationssystem, entlehnt aus dem Garten- und Landschaftsbau, als „Planum“ bezeichnet wurde, wird dieser Begriff im Gleis-Bau für die Grenze von Unterbau oder Untergrund zu Oberbau bezeichnet. Hier gibt es also ein Planum und ein Erdplanum. Das Planum muss einen gewissen (vorgeschriebenen) Mindestverdichtungsgrad in Anhängigkeit der Oberbaubauweise (z.B. Schotteroberbau, feste Fahrbahn) und der geplanten Belastung aufweisen (Dipl.-Ing. Frank Bader, pers. Mitteilung). Hingegen ist für den Füllkörper keine Verdichtung notwendig (vorgeschrieben). Hier dient ein ggf. durchgeführtes Abrütteln lediglich zur Glättung der Oberfläche insbesondere bei der Verwendung von grobem (Gleis-)Schotter.

##### **3.4.2.2 Gleis-Schiene-Begriff**

Erstaunlich viel Verwirrung wurde durch die unterschiedliche Verwendung des Gleis-Schiene-Begriffs erzeugt. Insbesondere in Verbindung mit den für Rasengleissysteme unabdingbaren Kammerfüllelementen. So besteht ein Gleis aus zwei Schienen. Typischerweise besteht ein Gleiskörper aus einem Doppelgleis. Das Doppelgleis weist demnach einen Zwischengleisbereich abhängig von Lichtraumprofil der eingesetzten

Straßenbahnwagen und einen in der Regel durch Borde nach außen abgeschlossenen Bereich auf. Je nach Bauart des Rasengleises (außen offen, innen offen, oder, außen und innen geschlossen) werden demnach pro Gleis 2 oder 4 Kammerfüllelemente, bei Doppelgleisen entsprechend 4 oder 8 Kammerfüllelemente notwendig.

### 3.4.2.3 Regelmäßiger Ein- und Ausbau

Als ganz entscheidendes Missverständnis im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des Systems erwies sich die bereits zu Beginn des „Entwicklungsprojekts“ gemachte Forderung, dass Vegetationstragsystem müsse für „regelmäßig durchgeführte Richt- und Stopfarbeiten“ zerstörungsfrei aus dem Gleis entnommen und wieder eingesetzt werden können. Erst zum Ende des Transferprojekts konnte klar gestellt werden, dass die Richt- und Stopfarbeiten außerordentlich abhängig von der Belastung des Gleises sind und durchaus Zyklen von 10 und mehr Jahren aufweisen können. Lange Richt- und Stopfzyklen führen jedoch bei den hochpreisigen textilen Vegetationsträgern trotz geringerer Pflegeaufwendungen zu einem Wettbewerbsnachteil gegenüber herkömmlichen Rasengleissystemen. Für einen Betrachtungszeitraum von 15 Jahren kann das wieder verwendbare textile System erst nach 3 Richt- und Stopfzyklen auch wirtschaftlich seine Vorteile ausspielen.

### 3.4.3 Vorkultur

In der Vorkultur zeigten die Gleisbettmatten einen sehr heterogenen Bewuchs. Durch die Projektmittel bedingte knapp bemessene Produktion von textilen Vegetationsträgern stand kaum Kompensationsmasse bei Ausfällen zur Verfügung. Es zeigte sich, dass 25 % der Matten nach der ersten Vorkultivierungsphase für das Projekt nicht nutzbar waren. Hersteller können im Gegensatz zu F&E-Einrichtungen Material zur Kompensation zwischenlagern. Nach bisherigem Stand der Erkenntnis lässt sich kein Zusammenhang zwischen den textilen Vegetationsträgertypen und Bewuchserfolg erkennen. Selbst Materialien die im „Entwicklungsprojekt“ und in vergleichenden Untersuchungen (Kircher et al. 2006a, 2006b) als ungünstig bewertet wurden, wie z.B. ID0232282, zeigten nach mehrjähriger Vorkultur ein gutes Erscheinungsbild, wohingegen nach den bisherigen Erfahrungen als gut eingestufte Mattentypen ebenfalls unbefriedigende Wachstumsergebnisse aufwiesen (z.B. ID0232225). Die Zuordnung der Bewertung zu den Matten-/und Materialtypen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Bewertung ausgewählter Materialien und Mattentypen nach langjähriger Vorkultur.

Beispiel	Material	Bewertung
ID0232282	PP	+
ID0232267	PP	--
ID02322225	PES	-
ID0232243	PES	+
ID0232292	PES	+
ID0232296	PES	+

Grundsätzlich bleibt jedoch festzustellen, dass ein Begrünungserfolg nur bei einer ausreichend langen Vorkultivierungsphase von wenigstens 5 Monaten, bei einer Kultivierung über Winter sogar 12 bis 14 Monate mit einem Mindestdeckungsgrad 70-90%, gewährleistet werden kann.

### 3.4.4 Preisgestaltung

Für (fast) alle Straßenbahn- und Stadtbahnunternehmen spielen die Kosten für ein Gleisbegrünungssystem eine herausragende Rolle. Dies wird z.T. durch eine Förderpolitik unterstützt, die vor allem auf niedrige Anfangsinvestitionen achtet und ggf. spätere Aufwendungen für Pflege und Unterhalt nicht oder nur geringfügig berücksichtigt. Darüber

hinaus hält ein hoher Einstiegspreis auch potentielle Nutzer ab, in risikobehaftete Neuentwicklungen zu investieren. Mit einer intelligenten Preispolitik beim Markteinstieg ließe sich sicher einiges bewegen. Diese Marketingstrategien stehen jedoch nicht im Fokus von Forschung und Entwicklung. Hier bleibt nur die Suche nach Optimierungsmöglichkeiten sowie ggf. die Suche nach alternativen Endprodukten. Auch innerhalb des Netzwerks war es nicht möglich, die einzelnen Partner soweit zu einem konzertierten Handeln zu bewegen, dass derzeit unvermeidbare Preisspitzen bei einzelnen Produktionspartnern durch Nachlässe bei anderen Partnern hätten kompensiert werden können.

### 3.5 Präsentationsmöglichkeiten z.B. Anwenderkonferenzen

Als Umsetzungs- und Transferstrategien sind neben der Errichtung von zwei Demonstrationsanlagen in Berlin und Erfurt, Präsentationen auf Messen und wissenschaftlichen Tagungen/Veranstaltungen durch die Netzwerkpartner erfolgt. Dazu wurden zahlreiche Veröffentlichungen im Berichtszeitraum durchgeführt:

IASP, HU, STFI 2008 „Lange Nacht der Wissenschaften“, 14.06.08 Berlin ( Ausstellung von 3 Postern (IASP, STFI), Powerpoint-Präsentation (HUB), Ausstellung eines Gleismodells (BECO, IASP, HUB), Informationsflyer zum Transferprojekt (IASP)

IASP 2008 „Runder Tisch Wirtschaft-Wissenschaft“ des Berliner Senats, 12.03.08

N.N. 2008. Forschen für die Scheichs und die Formel 1; Innerhalb von 15 Jahren meldeten Chemnitzer Textilforscher hunderte Patente an. Chemnitzer Blick, 26.03.2008. S3

STFI, IASP 2008 Tag der Offenen Tür des BMWi, 16./17.08.08 Berlin (Ausstellung von 2 Postern (STFI), Ausstellung eines Gleismodells (BECO, IASP, HUB), Informationsflyer zum Transferprojekt (IASP))

STFI, IASP 2008 „GaLaBau 2008“, 17.-20.09.08 Nürnberg (Ausstellung von 2 Postern (STFI), Ausstellung der Rohmatten und eines Gleismodells (STFI), Flyer zum Transferprojekt und zur Mobilen Gleisbettmatte (IASP)

BECO, IASP „Innotrans 2008“, 23.-29.08.2008 Berlin, Messestand der Firma BECO) (Flyer zum Transferprojekt und zur Mobilen Gleisbettmatte (IASP))

Teilnahme am Wettbewerb/Technologie-Transfer-Preis: „wissen.schafft.arbeit“, TU-Chemnitz 2008 (STFI/IASP)

Olga Gorbachevskaya, Christel Kappis, Jens Mählmann (2009): Mehr Grün im urbanen Raum; Mobile Vegetationsmatten zur Begrünung von Straßenbahngleisen.-Stadt und Grün, Jg. 58, Heft 3, Seite 58-61; Herausgeber: Patzer-Verlag.

IASP, HU 2009. „Transfer wissenschaftlich-technischer Forschungsergebnisse in die wirtschaftliche Praxis effektiver gestalten“ gemeinsame Veröffentlichung von IASP und HUB im „HUMBOLDT-Spektrum“, Heft 1 /2009

Lucchesi, P. Zschage, P. (2009): Forscherverein gibt Stoff für die Zukunft – es grünt so grün wenn diese Stoffe blühen. Morgenpost am Sonntag 01.02.2009, S. 10-11

Schwarz, H. 2009. Straßenbahn im grünen Bereich. (Interview mit Dr. Henze und Dr. Kappis), Thüringer Landeszeitung 9.06.2009

STFI 2009. Transfer Gleisbettnaturierung. Posterpräsentation zum Innovationstag Mittelstand (AiF) am 1.07.2009 in Berlin

STFI 2009. Besuch von Verkehrsminister Tiefensee 06.08.2009 im STFI, Präsentation von Modell und Herstellungsverfahren sowie Vortrag

Mit der bewusst breiten Informationsstreuung und der Präsentation auf branchenfremden Veranstaltungen sollen auch Firmen mit dem Produkt vertraut gemacht werden, deren Leistungsprofil den Inhalt des Forschungsprojektes nur tangiert. Dadurch wird ein Rücklauf von Ideen und Anregungen für Weiterentwicklungen oder den Transfer in andere Branchen/Anwendungen erwartet. Weiterhin wurde auch die Politik in den Transfer einbezogen, um bei den politischen Entscheidungsträgern das Bewusstsein für dieses neue Produkt zu schaffen.

### **3.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung**

Alle Arbeiten wurden entsprechend dem im Antrag geplanten Zeitraum und der formulierten Ziele durchgeführt. Laut Arbeitsplan konnten alle Aufgaben erfolgreich bearbeitet werden und waren zum Erreichen des Forschungsziels notwendig. Bestehende Defizite in der Funktion der textilen Vegetationsträger waren nicht Gegenstand des Transferauftrags, waren jedoch notwendiger Untersuchungsgegenstand, um im Rahmen des Gesamtkonzepts einen transparenten Wissenstransfer innerhalb des Netzwerks zu leisten. Der Aufwand war angemessen. Es waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt notwendig.

Die angeforderten Fördermittel wurden dementsprechend verausgabt und deren Verwendung konnten durch die erreichten Arbeitsergebnisse fachlich untersetzt dargestellt werden.

Der Personaleinsatz war angemessen und notwendig, obwohl es aufgrund von Neuverteilungen der Aufgaben innerhalb des beantragten Personals Verschiebungen aus der Position 0812 in die Position 0817 gab.

Die Vergabe von Aufträgen erfolgte an die Firma Sächsische Netzwerke Huck GmbH in Heidenau zur Herstellung von Gleisbettmatten sowie an die Firma Bermüller GmbH & Co. KG in Nürnberg zum Herstellen und Verlegen von Kammerfüllelementen zur Herstellung eines Rasengleissystems an den Demonstrationsstandorten Berlin, „Spandauer Straße“ und Erfurt, Betriebshof „Urbicher Kreuz“.

Mit der Erstellung der Demonstrationsflächen konnten die für den Transfer notwendigen Schnittstellen zwischen den Netzwerkpartnern analysiert und definiert werden. Weiterhin konnten aus den Demonstrationsvorhaben wichtige Erkenntnisse und Rückschlüsse für zukünftige Entwicklungen und weitergehende wissenschaftliche Fragestellungen gewonnen werden.

Beide Aufträge wurden erfolgreich ausgeführt und mit den dafür beantragten Fördermitteln finanziert.