Schlussbericht

zum Forschungsprojekt

ANTIBAK:
„Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung“

Förderkennzeichen: 03WKG05 A-F

Laufzeit: 01. 07. 2001 bis 31. 12. 2003

Kooperationspartner:
- WESOM Textil GmbH
- Heytex Neugersdorf GmbH
- Unitec Helmsdorf GmbH
- Techno Coat Oberflächentechnik GmbH
- FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik
- Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Olbersdorf, den 02. 05. 2004

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung des Forschungsvorhabens ANTIBAK im Rahmen des Innovativen regionalen Wachstumskerns „noa“.

Darüber hinaus gilt unser Dank dem Forschungszentrum Jülich GmbH, Projektträger Jülich PTJ, das uns ebenfalls Hilfe bei der Projektarbeit gab.

Unseren Projektpartnern

Unitec Helmsdorf GmbH; Helmsdorf,
Techno Coat Oberflächentechnik GmbH; Zittau,
FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik; Dresden,
Heytex Neugersdorf GmbH; Neugersdorf und
Hochschule Zittau / Görlitz (FH); Zittau

danken wir für die gute Zusammenarbeit bei der Projektbearbeitung.

Besonderer Dank gilt unserem Partner Techno Coat Oberflächentechnik GmbH für die Organisation und das Management des Innovativen regionalen Wachstumskerns „noa“.

WESOM Textil GmbH

Olbersdorf, den 02. 05. 2004

Inhaltsverzeichnis

Ansprechpartner des Vorhabens ANTIBAK		7
Verzeichnis der Abbildungen		8
Verzeichnis der Tabellen		12
Verzeichnis der Anlagen		15
Abkürzungen		16
1.	**Einleitung**	17
2.	**Zielsetzung**	18
2.1	Gesamtzielsetzung des Verbundvorhabens	18
2.2	WESOM Textil GmbH	19
2.3	Heytex Neugersdorf GmbH	20
2.4	Unitec Helmsdorf GmbH	22
2.5	Techno Coat Oberflächentechnik GmbH	22
2.6	FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik	22
2.7	Hochschule Zittau / Görlitz (FH)	23
3.	**Voraussetzungen**	24
3.1	Voraussetzungen für das Verbundvorhaben in der Region Oberlausitz	24
3.2	WESOM Textil GmbH	24
3.3	Heytex Neugersdorf GmbH	25
3.4	Unitec Helmsdorf GmbH	25
3.5	Techno Coat Oberflächentechnik GmbH	26
3.6	FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik	28
3.7	Hochschule Zittau / Görlitz (FH)	29
4.	**Stand der Wissenschaft und Technik**	31
5.	**Planung und Ablauf des Vorhabens**	35
5.1	Ablaufplanung des Gesamtvorhabens	35
5.2	WESOM Textil GmbH	37
5.3	Heytex Neugersdorf GmbH	38

5.4	Unitec Helmsdorf GmbH	38
5.5	Techno Coat Oberflächentechnik GmbH	39
5.6	FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik	39
5.7	Hochschule Zittau / Görlitz (FH)	40
6.	**Zusammenarbeit mit anderen Stellen**	41
7.	**Erzielte Ergebnisse**	42
7.1	**Experimentelle Arbeiten, Ergebnisse**	42
7.1.1	**Spezifikation einer industriellen Vakuumbeschichtungs-anlage für flexible Träger**	42
7.1.1.1	PVD-Technologien im Vorhaben	42
7.1.1.2	PVD-Beschichtungsanlagen im Vorhaben	45
7.1.1.3	Anforderungen der großflächigen PVD-Textilbeschichtung gegenüber der Folienbeschichtung	53
7.1.1.4	Spezifikation einer industriellen Anlage	56
7.1.2	**Haftfestigkeiten**	58
7.1.2.1	Steigerung der Haftfestigkeit	59
7.1.2.2	Prüfungsmethoden	62
7.1.2.3	Auswertung / Schlussfolgerungen	63
7.1.3	**Funktionale Eigenschaften**	67
7.1.3.1	Abschattung	67
7.1.3.1.1	Grundlagen	67
7.1.3.1.2	Versuchsdurchführung	70
7.1.3.1.2.1	Monosystem	70
7.1.3.1.2.1.1	Substratentwicklung / - produktion	70
7.1.3.1.2.1.2	Beschichtung	90
7.1.3.1.2.1.3	Analyse / Ergebnisse	92
7.1.3.1.2.1.4	Auswertung / Schlussfolgerungen	94
7.1.3.1.2.2	Verbundsystem	96
7.1.3.1.2.2.1	Substratentwicklung	97

7.1.3.1.2.2.2 Beschichtung / Entwicklung des Schicht- und Foliensystems 98
7.1.3.1.2.2.3 Analyse / Ergebnisse 112
7.1.3.1.2.2.4 Auswertung / Schlussfolgerungen 112

7.1.3.2 Wärmedämmung 114
7.1.3.2.1 Substratentwicklung 117
7.1.3.2.2 Beschichtung 124
7.1.3.2.3 Analyse / Ergebnisse 128
7.1.3.2.4 Auswertung / Schlussfolgerungen 129

7.1.3.3 Elektromagnetische Schirmdämpfung 131
7.1.3.3.1 Substratentwicklung 135
7.1.3.3.2 Beschichtung 135
7.1.3.3.3 Analyse / Ergebnisse 137
7.1.3.3.3.1 Prüfung des elektrischen Oberflächenwiderstandes 138
7.1.3.3.3.2 Prüfung der elektromagnetischen Schirmdämpfung 139
7.1.3.3.4 Auswertung / Schlussfolgerungen 141
7.1.3.3.4.1 Elektrischer Oberflächenwiderstand 141
7.1.3.3.4.2 Elektromagnetische Schirmdämpfung 142

7.1.3.4 Antibakterielle / antimykotische Ausrüstung 145
7.1.3.4.1 Substratentwicklung 146
7.1.3.4.2 Beschichtung 146
7.1.3.4.3 Analyse / Ergebnisse 146
7.1.3.4.4 Auswertung / Schlussfolgerungen 148

7.1.3.5 Dekoration 151

7.2 Verwertbarkeit der Ergebnisse 151
7.2.1 Verwertbarkeit der Ergebnisse im Hinblick auf die Gesamtzielstellung 151
7.2.2 WESOM Textil GmbH 152
7.2.3 Heytex Neugersdorf GmbH 153
7.2.4 Unitec Helmsdorf GmbH 155

7.2.5	Techno Coat Oberflächentechnik GmbH	163
7.2.6	FEP Fraunhofer Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik	163
7.2.7	Hochschule Zittau / Görlitz (FH)	164
8	**F & E – Ergebnisse Dritter**	166
9	**Veröffentlichung der Ergebnisse**	169
Literaturverzeichnis		171
Anlagen		173

Ansprechpartner des Vorhabens ANTIBAK

WESOM Textil GmbH
August – Bebel – Str. 6a
02785 Olbersdorf
Herr Jörg Mattheß
Tel: 03853/777446
e-mail: matthess@wesom-textil.com

Heytex Neugersdorf GmbH
Textil- und Kunststoffwerk
Nordstr. 2
02727 Neugersdorf
Herr Gunter Held
Tel.: 03586/780732
e-mail: gheld@heytex.de

Unitec Helmsdorf GmbH
Fabrikstraße 21
01833 Stolpen, OT Helmsdorf
Herr Torsten Lindner
Tel.: 035973/28185
e-mail: torsten.lindner@unitec-helmsdorf.de

TECHNO-COAT Oberflächentechnik GmbH
Hirschfelder Ring 1
02763 Zittau
Herr Dr. Frank Hollstein
Tel.: 03853/772114
e-mail: f.hollstein@techno-coat.com

Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik
Winterbergstraße 28
01277 Dresden
Herr Dr. Nicolas Schiller
Tel.: 0351/2586136
e-mail: schiller.n@fep.fraunhofer.de

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Fachbereich Maschinenbau
Theodor Körner Allee 16
02763 Zittau
Herr Prof. Dr.-Ing. G. Nocke
Tel.: 03583/611616
e-mail: g.nocke@hs-zigr.de

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Einordnung der PVD-Technologien in die allgemeinen Beschichtungsverfahren nach DIN 8580

Abb. 2: Labor-Sputter- und Plasmabehandlungsanlage UltrA S 150

Abb. 3: Schüttgutbeschichtungsanlage SB 2000

Abb. 4: Vier-Kammer-Beschichtungszentrum DeQoTec

Abb. 5: Anlage HTC 1000/4 ABS®

Abb. 6: Schema einer Bandbedampfungsanlage

Abb. 7: Folienbedampfungsanlage mit Elektronenstrahlverdampfer (FOBA 800)

Abb. 8: Folienbedampfungsanlage mit Schiffchenverdampfer (FOBA 1000)

Abb. 9: Folienbedampfungsanlage FOBA 800

Abb. 10: Folienbedampfungsanlage FOBA 1000

Abb. 11: Folienbedampfungsanlage FOBA 1000, Detail des Bandlaufwerkes mit eingelegter Folienrolle

Abb. 12: Schema des Peel-Testes

Abb. 13: Martindale Scheuergerät

Abb. 14: Gegenüberstellung der Haftfestigkeiten mit / ohne Schlichten / Avivagen

Abb. 15: Gegenüberstellung kupferbedampfter Substrate mit / ohne Fluorierung

Abb. 16: Gegenüberstellung kupferbesputterter Substrate mit / ohne Fluorierung

Abb. 17: Gegenüberstellung des Abriebes mit /ohne Fluorierung

Abb. 18: Lichtmikroskopische Aufnahmen der Cu-Oberflächen der textilen Struktur des PES7/7 bei 1% Fluorierung

Abb. 19: Prinzipdarstellung – Sonnenschutz

Abb. 20: Energieschirm ULS H (Wettbewerbsprodukt)

Abb. 21: Spektrum der Solarstrahlung

Abb. 22: Wirkung der Sonnenstrahlung

Abb. 23: Monosystem (Neuentwicklung)

Abb. 24: Bindungsvorgang an der Nähwirkmaschine

Abb. 25: Struktur einer textilen Fläche - hergestellt nach der Nähwirktechnologie

Abb. 26: Polyester

Abb. 27: Einzelfaden

Abb. 28: Vibrillierter PP-Faden

Abb. 29: Isotaktisches Polypropylen

Abb. 30: Diagramm Verformungszustände
Abb. 31: Nähfaden Muster 70% Abschattung
Abb. 32: Muster 40% Abschattung
Abb. 33: Muster 60% Abschattung
Abb. 34: Muster 70% Abschattung
Abb. 35: Fransenbindung rechtslegig
Abb. 36: Aufziehbarkeit der Masche
Abb. 37: Geometrie des Gewirke
Abb. 38: Zugmaschine TIRAtest 2300
Abb. 39: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Einzelfaden
Abb. 40: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 40%, Nähfadenrichtung
Abb. 41: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 50%, Nähfadenrichtung
Abb. 42: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 40%, Nähfadenrichtung
Abb. 43: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 40%, Schussfadenrichtung
Abb. 44: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 60%, Nähfadenrichtung
Abb. 45: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 60%, Schussfadenrichtung
Abb. 46: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 70% Nähfadenrichtung
Abb. 47: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 70% Schussfadenrichtung
Abb. 48: Prinzipdarstellung Schären einer Kette
Abb. 49: Nähwirkmaschine Typ MALIMO 14016
Abb. 50: Prinzip der Transparenzmessung
Abb. 51: Analyseschema zur energetischen Wirksamkeit des Energieschirmes
Abb. 52: Gegenüberstellung der Reflexion (gerichtete Reflexion) des Energieschirmes PP34 zu dem Wettbewerbsprodukt HS 663 – Basis 70 % Abschattung
Abb. 53: Schematische Darstellung des Verbundsystems
Abb. 54: Wärmestrahlung bei Raumtemperatur nach dem Planckschen Strahlungsgesetz
Abb. 55: Simulation der Transmission einer 14 nm dicken Silberschicht ohne (schwarze Kurve) und mit Antireflexschicht aus AlOx (blaue Kurve) bzw. aus TiOx (rote Kurve)
Abb. 56: VIS-Transmission bei verschieden dicken Al-Schichten
Abb. 57: Infrarotreflexion bei verschieden dicken Al-Schichten
Abb. 58: Transmission bei verschieden dicken Ag-Schichten

Abb. 59: Infrarotreflexion bei verschieden dicken Ag-Schichten

Abb. 60: Vergleich der Transmission im sichtbaren Spektralbereich der Silber- und der Aluminiumschicht gleicher IR-Reflexion von 75%

Abb. 61: Infrarottransmission von 2 Sorten Polyesterfolie und 2 Sorten Polypropylenfolie

Abb. 62: Infrarottransmission von Kaschierklebern auf Polyurethanbasis zwischen zwei Polypropylenfolien

Abb. 63: Infrarottransmission von Kaschierklebern auf Epoxydharzbasis zwischen zwei Polypropylenfolien

Abb. 64: Infrarotreflexion der durchgeführten Versuche ohne Kaschierung von der Schichtseite

Abb. 65: Transmission im Sichtbaren der Versuche 1,2,3 und 9 ohne Kaschierung

Abb. 66: Einfluss der Kaschierung auf das Reflexionsverhalten im Infraroten

Abb. 67: Detailansicht Vernähung des Gewirkes mit der Folie

Abb. 68: Einlaufen der Folie in die Nähwirkmaschine

Abb. 69: Nähwirkmaschine – Vernähung des Gewirkes mit der Folie

Abb. 70: Detailansicht Vorspannrahmen

Abb. 71: Vorspannrahmen mit textilem Gitter

Abb. 72: Gegenüberstellung der Reflexionswerte für verschiedene Energieschirme

Abb. 73: Prinzipdarstellung des thermokeramischen Beschichtungssystems

Abb. 74: Reflexionsfähigkeit des thermokeramischen Beschichtungssystems

Abb. 75: Haftvermögen von aufgesputterten Al-Schichten nach einer Fluorierung mit 2% bei 5 m/min bei zwei unterschiedlichen Sputterleistungen

Abb. 76: Strahlenschutzrichtwerte

Abb. 77: Schema elektromagnetischer Wellen

Abb. 78: Funktionsprinzip Schirmdämpfung

Abb. 79: Kalottenschliff einer Monolagenschicht

Abb. 80: Flächenleitwert in Abhängigkeit vom Material und der Beschichtungstechnologie

Abb. 81: Anordnung zur Messung elektrischer Größen an Oberflächen

Abb. 82: Laboraufbau zur Messung der elektromagnetischen Schirmdämpfung.

Abb. 83: Schirmdämpfung für beidseitig kupferbeschichtetes Glasgewebe

Abb. 84: Schirmdämpfung für beidseitig kupferbeschichtetes Basaltgewebe

Abb. 85: Vergleich Schirmdämpfungswerte Wettbewerbsprodukt mit eigener

Entwicklung

Abb. 86: Flächenbewuchs verschiedener Materialien ohne Beschichtung

Abb. 87: Flächenbewuchs der Pilzstämme auf einer Baumwoll-Fläche und einem Baumwoll-Gitter

Abb. 88: Schematische Darstellung der Wirksamkeit einer Beschichtung auf den Flächenbewuchs der verschiedenen Pilzstämme

Abb. 89: Flächenbewuchs der Pilzstämme auf Baumwoll-Gitter bzw. Baumwoll-Flächen nach einer Beschichtung mit Kupfer bzw. Silizium-Keramik-Dispersion

Abb. 90: Bewettern verschiedener Proben im Gewächshaus

Abb. 91: Probe nach 1-jähriger Bewetterung im Gewächshaus

Abb. 92: Flächenbewuchs einer textilen Fläche auf der Basis von Polyester und einer TPU-Zwischenschicht (Vergleichsprobe / Cu-Beschichtung – Bewetterung)

Abb. 93: Auf den Flächendurchsatz an Substrat limitierend wirkende Einflussgrößen

Abb. 94: Kalkulationen der Beschichtungskosten für einen Energieschirm, ein Material zur Herstellung von Ölsperren sowie ein für die EMV-Abschirmung mit Kupfer bedampftes Glasfasergewebe, jeweils für die Versuchsanlage von UNITEC / FEP und eine Industrieanlage; Das PES/TPU-Gewebe ist vom Typ E0625 6014 160.

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Folienbedampfungsanlage FOBA 1000

Tab. 2: Sputter–Roll-Coater (Foliensputteranlage) FOSA 600

Tab. 3: Sputter-Roll-Coater (Foliensputteranlage) LBA 200

Tab. 4: Arbeitsplan zum Projektablauf (Stand zum Projektbeginn)

Tab. 5: Arbeitsplan – WESOM

Tab. 6: Arbeitsplan – HEYTEX

Tab. 7: Arbeitsplan – UNITEC (Stand zum Projektbeginn)

Tab. 8: Arbeitplan für 2003 (Präzisierung gegenüber der ursprünglichen Planung)

Tab. 9: Arbeitsplan – TECHNO COAT

Tab. 10: Arbeitsplan – FEP

Tab. 11: Arbeitsplan – Hochschule

Tab. 12: Arbeitplan (Präzisierung gegenüber der ursprünglichen Planung)

Tab. 13: Anlagenbezogene Restriktionen

Tab. 14: Anlagenbezogene Metallisierungsmöglichkeiten

Tab. 15: Beanspruchung beschichteter Folien verschiedener Anwendungsgebiete im Vergleich zu Textilien

Tab. 16: Spezifikation einer industriellen Bandbedampfungsanlage zur Beschichtung von textilen Flächen und von Folien

Tab. 17: Regime der Extraktion

Tab. 18: Prozessparameter während der Fluorierung

Tab. 19: Technische Daten des eingesetzten Klebebandes

Tab. 20: Gegenüberstellung kupferbesputterter Substrate mit / ohne Fluorierung

Tab. 21: Transparenzmessung

Tab. 22: Materialkennwerte Einzelfaden

Tab. 23: Dauer der UV-Beständigkeit

Tab. 24: Charakteristische Größen des Fadenlagennähgewirkes

Tab. 25: Ergebnisse Kurzzeitzugversuch

Tab. 26: Messergebnisse der geprüften Energieschirme PP34

Tab. 27: Vakuumbedampfung mit TiO_x (TiO_2)

Tab. 28: Vakuumbedampfung mit Aluminium, Aluminiumoxid und Silber

Tab. 29: Übersicht der hergestellten Wärmeschutzfolien

Tab. 30: Messergebnisse der geprüften Energieschirme

Tab. 31: Einteilung des Sonnenlichts

Tab. 32: Parameter der eingesetzten Polyestergewebe

Tab. 33: Wesentliche Parameter der durchgeführten Bedampfungsversuche auf der FOBA II

Tab. 34: Erreichte Schichthaftung bei der Bedampfung der HEYTEX-Substrate; Auszug aus dem Protokoll des Klebebandtestes

Tab. 35: Messwerte von Wärmeleitfähigkeit , Wärmedurchgangskoeffizient und Wärmedurchlasswiderstand ausgewählter Proben

Tab. 36: Messwerte der Reflexionsmessung im nahen IR-Bereich ausgewählter Proben

Tab. 37: Gegenüberstellung elektrischer Kenngrößen der Substrate Glas und Basalt

Tab. 38: Einteilung des Flächenbewuchses

Tab. 39: Kalkulation für eine neue Industrieanlage zur Bedampfung textiler Substrate

Tab. 40: Restriktionen für die technologischen Parameter

Tab. 41: Eckdaten der Industrieanlage als Ausgangsdaten für nachfolgende Kalkulationen der Beschichtungs- bzw. Herstellungskosten

Tab. 42: Abschätzung der Herstellungskosten für Energieschirme (Fa. WESOM) für die Versuchsanlagen von UNITEC und FEP sowie für eine (angenommene) Industrieanlage mittlerer Größe

Tab. 43: Abschätzung der Herstellungskosten (inkl. Gewebe) für EMV-Textilien aus Glasfasergewebe (Fa. WESOM), eingesetzt als Putzträger, für die Versuchsanlagen von UNITEC und FEP sowie für eine (angenommene) Industrieanlage mittlerer Größe

Tab. 44: Abschätzung der Herstellungskosten (inkl. Gewebe) für TPU-beschichtetes PES-Gewebe (Typ E0625 6014 160, Fa. HEYTEX, Vorbehandlung durch Gasphasenfluorierung am FILK, Freiberg) für die Versuchsanlagen von UNITEC und FEP sowie für eine (angenommene) Industrieanlage mittlerer Größe

Tab. 45: Kosten des Folienmaterials, der Bedampfung und der Kaschierung für eine Produktion bei UNITEC / FEP und in einer Industrieanlage

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Textile Substrate der WESOM

Anlage 2: Textile Substrate der HEYTEX

Anlage 3: Bedampfungsversuche der UNITEC / FEP

Anlage 4: PVD-Beschichtung bei der TECHNO COAT

Anlage 5: HTC 1000/4ABS Rezipientenquerschnitt mit eingebautem Substrathalter für textile Flächengebilde

Anlage 6: HTC 1000/4ABS Spezialvorrichtung zur Aufnahme textiler Flächengebilde

Anlage 7: HTC 1000/4ABS Bestückte Spezialvorrichtung zur Aufnahme textiler Flächengebilde

Anlage 8: Erfolgskontrollbericht WESOM Textil GmbH

Anlage 9: Berichtsblatt WESOM Textil GmbH

Anlage 10: Erfolgskontrollbericht Heytex Neugersdorf GmbH

Anlage 11: Berichtsblatt Heytex Neugersdorf GmbH

Anlage 12: Erfolgskontrollbericht Unitec Helmsdorf GmbH

Anlage 13: Berichtsblatt Unitec Helmsdorf GmbH

Anlage 14: Erfolgskontrollbericht Techno Coat Oberflächentechnik GmbH

Anlage 15: Berichtsblatt Techno Coat Oberflächentechnik GmbH

Anlage 16: Erfolgskontrollbericht FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Anlage 17: Berichtsblatt FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Anlage 18: Erfolgskontrollbericht Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Anlage 19: Berichtsblatt Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Anlage 20: Korrekturdruck des Verlages ELSEVIER
J. Scholz, G. Nocke, F. Hollstein, A. Weissbach: Investigation on fabrics coated with precious metals using the magnetron sputter technique with regard to their anti-microbial properties. to be published in: Surface & Coatings Technology (2004).

Abkürzungen

Firmen / Institutionen

WESOM	WESOM Textil GmbH
HEYTEX	Heytex Neugersdorf GmbH
UNITEC	Unitec Helmsdorf GmbH
TECHNO COAT	Techno Coat Oberflächentechnik GmbH
FEP	Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik
Hochschule	Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Textile Abkürzungen nach DIN

CO	Baumwolle
J	Jute
PAN	Polyacryl
PP	Poypropylen
PES	Polyester
AR	Aramid
GF	Glas
BA	Basalt

Sonstige Abkürzungen

PVC	Polyvinylchlorid
PU	Polyurethan
TPU	thermoplastisches Polyurethan
tex	Massenfeinheitsbezeichnung 1tex = 1 g / km
T	Transmission
T_{VIS}	Transmission im sichtbaren Licht
R	Reflexion
R_{IR}	Reflexion des infraroten Spektrums
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit

1 Einleitung

Die mittelständisch geprägte Textilbranche in Deutschland hat in den letzten Jahren ihre Innovationskraft unter Beweis gestellt. Auf der Basis innovativer Produkte können vor allem im Bereich Technischer Textilien kontinuierliche Wachstumsraten erzielt werden.

Textilfirmen der Lausitz bauen auf der Grundlage bestehender Stärken und Kompetenzen der Region auf den Gebieten

- Oberflächenmodifikation flexibler Flächen mittels der PVD-Technologien und
- Einsatz von Basaltfilamenten sowie nachwachsenden Rohstoffen

vorhandene tragfähige Ansätze für Technische und Intelligente Textilien weiter aus und entwickeln diese mittelfristig zu einem bestimmenden Bereich.

Schwerpunkt für eine wissensbasierte Textilproduktion sind hierbei folgende Themenkomplexe:

- Leicht- und Behälterbau,
- Agrar- und Geotextilien,
- Schutztextilien sowie
- intelligente Textilien.

Oberflächenmodifikationen flexibler Flächen auf der Basis umweltfreundlicher Technologien eröffnen der Textilindustrie die Möglichkeit, neue funktionale Qualitäten und damit neue Einsatzfelder zu erschließen.
Im Forschungsvorhaben kommen innovative Verfahren zum Einsatz, die bisher in der Textilveredlung kaum Beachtung fanden. Zum Einen werden PVD-Technologien, insbesondere die Verfahren Elektronenstrahlverdampfung, Vakuumbogen-verdampfung und Magnetron-Zerstäubung eingesetzt. Mittels der Vakuum-beschichtung werden auf flexiblen Materialien, vor allem textilen Strukturen metallische, oxidische und nichtoxidkeramische Materialien im Dünnschichtverfahren appliziert. Zum Anderen kommen neue spezielle Beschichtungsmaterialien auf der Basis vakuumisierter Silizium-Keramik-Hohlkörperchen zum Einsatz.

Im Rahmen der angewandten Grundlagenforschung sollen für die Einsatzbereiche Gärtnereibedarf, Textiles Bauen und Hitzeschutz die Grundlagen für Produkte mit neuen und verbesserten Funktionalitäten, wie Energieschirme, Sonnenschutztextilien, Boots-, Zelt- und Behältermaterialien, Putzträger, Tapeten und Fensterrollos für den EMV-Schutz sowie Hitzeschutzmaterialien u.a. für den Personenschutz entwickelt werden.

2 Zielsetzung

2.1 Gesamtzielsetzung des Verbundvorhabens

Das strategische Ziel des Vorhabens ist die Schaffung neuer Produkte für die Textilindustrie im Bereich Technischer Textilien auf der Basis neuer Oberflächentechnologien. Der technologische Ansatz ist hierbei neben dem Einsatz von vakuumisierten Silizium-Keramik-Hohlkörperchen, vor allem die Vakuumbeschichtung flexibler Flächen durch Bedampfen und Sputtern. Auf der Basis der Beschichtung textiler Flächengebilde mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien werden neue Eigenschaften auf dem Textil appliziert, die zur Erweiterung der Anwendungsfelder führen und damit die Schaffung innovativer und zukunftsfähiger Produkte ermöglichen.

Das wissenschaftlich-technische Projektziel ist die Entwicklung von Technologien zur wirtschaftlichen Modifizierung von textilen Flächengebilden zur Realisierung vorgegebener Funktionalitäten für technische Anwendungen (u.a. für die Bereiche Gärtnereibedarf, textiles Bauen und Hitzeschutz).

Das Vorhaben umfasst folgende Hauptaufgabenstellungen:

- Konstruktion und Produktion verschiedener textiler Substrate entsprechend der speziellen mechanischen, physikalischen, chemischen und hautphysiologischen Anforderungen an die flexible Trägerstruktur,
- Screening von Beschichtungstechnologien und Schichtmaterialien für die angestrebten Funktionalitäten,
- Charakterisierung und Verbesserung des Schicht-Substrat-Verbundes,
- Optimierung der angestrebten Funktionalitäten (Reflexion von Wärmestrahlung, elektrische Leitfähigkeit, elektromagnetische Schirmung, antimikrobielle Ausrüstung, dekorative Eigenschaften),
- Aufskalierung und Abschätzung der wirtschaftlichen Realisierbarkeit.

Neben Untersuchungen zur wirtschaftlichen Applikation von Funktionalitäten (z.B. Abschattung, Wärmedämmung, Hitzeschutz elektromagnetische Schirmung, antibakterielle, fungizide Ausrüstung, dekorative Gestaltung) auf flexiblen Flächen im Rahmen der Grundlagenforschung, stehen folgende spezielle Entwicklungen im Mittelpunkt des Vorhabens:

- Energieschirme / Schattenstoffe für Gewächshäuser mit hohen Energieeinsparungspotentialen,
- Textilien für den Hochbau, wärmedämmende Systeme (z.B. Poolabdeckungen), Bootsware und Zelte.

Während diese speziellen Entwicklungen im Rahmen der angewandten Grundlagenforschung bis zur Schaffung von ersten Demonstratoren geführt werden sollen, sind vor allem für die Funktionalitäten Hitzeschutz, elektromagnetische Schirmung und antibakterielle / antimykotische Wirkung sowie spezielle Kombinationen der Eigenschaften wesentliche Grundlagen zur technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit zu erarbeiten. Unter Einbindung weiterer Oberlausitzer Firmen mit den entsprechenden Produktprofilen, z.B. Asglatex Ohorn GmbH oder Haase GFK-Technik GmbH sind auf dieser Basis, im Anschluss an das Vorhaben, weitere innovative Produkte zu entwickeln und auf den Märkten zu platzieren.

Zur Bewältigung dieser komplexen Aufgabe und zur Erleichterung der Überführung der Erkenntnisse in die Praxis wird im Verlauf des Vorhabens der komplexe Anforderungskatalog des Förderantrages präzisiert.

Im Rahmen der Gesamtzielsetzung stellen sich die einzelnen Kooperationspartner, basierend auf ihren Tätigkeitsprofilen, folgende Ziele:

2.2 WESOM Textil GmbH

Die WESOM, ein kleiner mittelständischer Textilproduzent, entwickelt und produziert Technische Textilien für den Industrie- und Agrarbereich.
Im Rahmen des Vorhabens soll das vorhandene Know-how auf dem Gebiet der Entwicklung spezieller Nähgewirke mit vorgegebenen technischen Anforderungsprofilen sowie hinsichtlich der PVD-Beschichtung textiler Flächen weiterentwickelt werden.

Für den Produktbereich – Gartenbau – produziert die Firma auf der Basis von Eigenentwicklungen Energieschirme / Schattenstoffe mit verschiedenen Abschattungsraten. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit Gartenbaubetrieben wurden Zielvorgaben für die Weiterentwicklung dieser Energieschirme mit hohen Energieeinsparungspotentialen erarbeitet. Im Vorhaben sollen erste Demonstratoren für Energieschirme zum Einsatz in Gewächshäusern entwickelt werden.

Anforderungen an neuartige Energieschirme für Gewächshäuser:
(max. Reduzierung der Wärmetransmission bei vorgegebenen T_{Vis} (Erhöhung der IR-Reflexion und Verringerung des Wärmedurchgangskoeffizienten), fungizide Wirkung)

Schichthaftvermögen der Reflexionsschicht:	> 23 N/5 cm (in Anlehnung an engl. Norm IUF 470),
Lebensdauer:	Witterungsbeständigkeit (DIN EN 12224), mikrobiologische Beständigkeit (DIN EN 12225)), bis zu 15 Jahre,
fungizide Wirkung:	Flächenbewuchs = 0-1 (DIN 53930)
(derzeitige Produkte besitzen keine Ausrüstung)	
Höchstzugkraft:	> 350 N/5 cm (DIN EN ISO 13934-1)
Höchstzugkraftdehnung:	max. 10 – 20 % (DIN EN ISO 13934-1)
Verkaufspreis:	ca. 2,5 - 6 EUR/m² (in Abhängigkeit vom Verhältnis T_{Vis} / R_{IR})

- für den Anbau von Zierpflanzen,
Transmission: T_{Vis} > 25 %,

- für den Anbau von Gemüsepflanzen,
Transmission: T_{Vis} > 70 %,

- für spezielle Anwendungen (z.B. Weihnachtsstern)
Transmission: T_{Vis} < 0 %,
Reflexion: R_{IR} > 80 %,

Auf der Basis statistischer Erhebungen, eigener Befragungen der Gartenbaubetriebe und gegenwärtiger Umsatzentwicklungen können bei Erreichung der technischen und wirtschaftlichen Zielvorgaben wesentliche Umsatzzuwächse nach der Produktüberführung im Anschluss an das Vorhaben prognostiziert werden.

Im Produktbereich Hochbau entwickelte und produziert die WESOM eine Produktfamilie - Putzträger / textile Tapeten - aus nachwachsenden Rohstoffen im Rahmen des ökologischen Bauens.
Für die Schirmung bei speziellen technischen Anwendungen und zur Abschirmung vor EMV-Strahlung im privaten Bereich sollen entsprechende Produkte mit dieser zusätzlichen Funktion ausgestattet werden. Spezielle Sonnenschutztextilien der WESOM und traditionelle Putzträger der Firma Asglatex Ohorn GmbH, ausgerüstet mit dieser zusätzlichen Funktion, können diese neue Produktfamilie ergänzen.
Im Vorhaben soll im Rahmen der Versuchsdurchführung die prinzipielle technische und wirtschaftliche Machbarkeit hinsichtlich der Ausrüstung verschiedener Substrate für diesen Einsatzzweck untersucht werden.

Anforderungen an textile Flächen für den Interieurbereich mit elektromagnetischer Schirmung:

Schirmdämpfung:	> 40 dB bei 0,05 – 1 GHz (MIL-STD 285) -
Schichthaftvermögen:	> 23 N/5 cm (in Anlehnung an engl. Norm IUF 470),
Höchstzugkraft:	> 200 N/5 cm (DIN EN ISO 13934-1)
Höchstzugkraftdehnung:	max. 10 – 20 % (DIN EN ISO 13934-1)

speziell für Sonnenschutztextilien:
Transmission, Reflexion, Absorption (3 Stufen):

halbtransparent:	T < 20 %
	R > 50 %
blickdicht:	T < 10 % (Blendschutzrichtlinie, EU-Richtlinien 90/270/EWG)
	R > 80 %
ab-/verdunkelnd:	T = 0 %
	R > 80 %
Lichtechtheit:	Stufe: min. 6 – 7 (DIN EN ISO 105-B02)
Dekoration:	ansprechendes Design
Brandverhalten:	B1, (A2) (DIN 4102)
Verkaufspreis:	ca. 10 - 15 EUR/m²

Auf der Grundlage textiler Flächen für den Interieurbereich mit elektromagnetischer Schirmung sind im Anschluss an das Vorhaben die Grundlagen für entsprechende Textilien des Exterieurbereiches zu entwickeln.

2.3 Heytex Neugersdorf GmbH

Die Firma HEYTEX entwickelt und produziert Textilien auf der Basis von PVC- oder PU-Beschichtungen bzw. Lackierungen u.a. für Textiles Bauen, Boote, Schwimmbadauskleidungen und Zelte.

Die Firma strebt einen wesentlichen Know-how-Gewinn auf dem Gebiet der PVD-Beschichtung textiler Flächen an und beabsichtigt mit der Beteiligung an diesem Vorhaben, die mittelfristige Integration neuer Beschichtungstechnologien in ihrem Haus zu prüfen.
Besonderes Interesse besteht an der weiteren Veredlung von PVC- bzw. PU-beschichtetem Polyestergewebe für die oben aufgeführten Einsatzgebiete. Auf der Grundlage von Kundenanfragen und langjährigen Erfahrungen wurden folgende Zielsetzungen definiert:

Anforderungen:

Textiles Bauen Typ I (leichte Qualität):

Reißfestigkeit:	DIN EN ISO 1421	3000/3000 N/5cm
Weiterreißfestigkeit:	DIN 53363	300/300 N
Schweißnahthaftung:	DIN 53357	100 N/5cm
Knickverhalten:	DIN 53359	100.000 Knicke
Brennverhalten:	DIN 4102	B 1
Kältebeständigkeit:	DIN EN 1876-1	-30°C bis +70°C
Spezialausrüstung: (antibakteriell)	ISO 846	Note 0

Bootsware:

Reißfestigkeit:	DIN EN ISO 1421	4000/4000 N/5cm
Weiterreißfestigkeit:	DIN 53363	400/400 N
Schweißnahthaftung:	DIN 53357	150 N/5cm
Knickverhalten:	DIN 53359	100.000 Knicke
Kältebeständigkeit:	DIN EN 1876-1	-30°C bis +70°C
Spezialausrüstung: (antibakteriell)	ISO 846	Note 0

Schwimmbadabdeckungen / -auskleidungen:

Reißfestigkeit:	DIN EN ISO 1421	2600/2700 N/5cm
Weiterreißfestigkeit:	DIN 53363	200/300 N
Schweißnahthaftung:	DIN 53357	80 N/5cm
Knickverhalten:	DIN 53359	100.000 Knicke
Kältebeständigkeit:	DIN EN 1876-1	-20°C bis +70°C
Spezialausrüstung: (antibakteriell)	ISO 846	Note 0

Zelte:

Reißfestigkeit:	DIN EN ISO 1421	1100/900 N/5cm
Weiterreißfestigkeit:	DIN 53363	50/50 N
Schweißnahthaftung:	DIN 53357	70 N/5cm

Knickverhalten:	DIN 53359	100.000 Knicke
Kältebeständigkeit:	DIN EN 1876-1	-15°C bis +70°C
Spezialausrüstung: (antibakteriell)	ISO 846	Note 0

Bei Realisierung dieser technischen und wirtschaftlichen Anforderungen sieht die Firma HEYTEX gute Chancen, diese Produkte nach Überführung in die Produktion im Anschluss an das Vorhaben, erfolgreich auf internationalen Märkten zu platzieren.

2.4 Unitec Helmsdorf GmbH

Die UNITEC führt Lohnbeschichtungen von Kunststofffolien, anderen bandförmigen Substraten sowie Flachsubstraten in einer Vakuum-Bandbedampfungsanlage mit Elektronenstrahlverdampfer durch.
Die Firma beabsichtigt, auf der Basis der Forschungsergebnisse, die Geschäftsbereiche Lohnbeschichtung, Technologieentwicklung sowie Fertigung von Schlüsseltechnologien auszubauen.
Ein wesentlicher Know-how-Gewinn bezüglich der Vakuumbeschichtung von textilen bahnenförmigen Substraten soll die Firma in die Lage versetzen, selbständig Beschichtungsleistungen auf diesem Gebiet anzubieten.
Gleichzeitig sind Partner und potentielle Auftraggeber zu gewinnen und durch die Mitarbeit in einem überregionalen Branchenverbund (noa) technologisch und kommerziell neue Einsatzmöglichkeiten für Vakuumtechnologie zu erschließen. Dies schließt die Beteiligung an der kommerziellen Nutzung der im Vorhaben erzielten Projektergebnisse ein.

2.5 Techno Coat Oberflächentechnik GmbH

Die TECHNO COAT führt PVD-Beschichtungen für die Bereiche dekorative Konsumgüter, Sanitärindustrie, Medizintechnik und Maschinenbau sowie Spezialausrüstungen durch. Die Firma beabsichtigt, das vorhandene Know-how zur Textilveredlung mittels PVD-Technologie weiter zu festigen und auszubauen. Für textile Produkte, bei denen die PVD-Beschichtung den finalen technologischen Schritt darstellt, wird die Möglichkeit gesehen, auf der Basis der erarbeiteten Erkenntnisse, als Anbieter eines eigenständigen Endproduktes bzw. als Zulieferer für Konfektionäre aufzutreten.

2.6 FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Das FEP erforscht und entwickelt Verfahren zur Nutzung von Elektronenstrahlen und Plasmen in Produktionsprozessen.
Der im Rahmen der Mitarbeit am Vorhaben angestrebte Know-how-Gewinn soll das FEP in die Lage versetzen, Technologien und Technologieentwicklungen für die Beschichtung von textilen Flächen anzubieten.

2.7 Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Seit 1993 wird an der Hochschule - Fachbereich Maschinenwesen unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. G. Nocke anwendungsorientierte Forschung auf dem Gebiet der PVD-Beschichtung durchgeführt. Auf der Grundlage des zu erwartenden Know-how-Gewinns, vor allem auf den Gebieten der Textilveredlung mittels der PVD-Beschichtung, der Oberflächenanalytik und des Einsatzes der Labor- und Sputteranlage soll die zukünftige Zusammenarbeit der Hochschule mit der regionalen Textilindustrie auf dem Gebiet der Technischen Textilien weiter ausgebaut werden.

3 Voraussetzungen

3.1 Voraussetzungen für das Verbundvorhaben in der Region Oberlausitz

Im Rahmen des „Innovativen Regionalen Wachstumskerns – noa“ wurden im Vorhaben ANTIBAK Wissens-, Kompetenz- und Leistungsbereiche von Textilfirmen, Forschungseinrichtungen, Hochschulen und weiteren innovativen KMU gebündelt, um auf der Basis einer angewandten Grundlagenforschung zukunftsfähige Produkte zu entwickeln, auf nationalen und internationalen Märkten zu platzieren und damit zukunftsfähige Arbeitsplätze in der Region Oberlausitz zu schaffen.
Grundlage hierfür waren bestehende Potenziale in der Region auf den Gebieten Entwicklung und Produktion von Technischen Textilien und der Beherrschung von speziellen PVD-Technologien.
Mit dem Ausbau dieser Potenziale und Stärken der Region Oberlausitz werden wirtschaftliches Wachstum und dauerhafte Wettbewerbsfähigkeit initiiert und damit die Grundlagen für mehr Beschäftigung geschaffen.

Die Vorhabenspartner können den Bereichen:
- Produzent von textilen Flächen (WESOM / HEYTEX),
- Dienstleister für Oberflächenveredlung (UNITEC / TECHNO COAT) und
- Forschungseinrichtung (FEP / Hochschule)

zugeordnet werden.

3.2 WESOM Textil GmbH

Die WESOM wurde im Mai 2000 mit dem Ziel der Entwicklung und Produktion von Technischen und Intelligenten Textilien gegründet. Schwerpunkt sind textile Flächen für die Bereiche Tief-, Straßen- und Hochbau, Garten- und Landschaftsbau sowie spezielle Produkte auf Anforderung der Industrie. Mehrere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sollen in einem wachsenden Markt Technischer und Intelligenter Textilien mit einem hohen Innovationstempo der WESOM einen Wissensvorsprung sichern und damit die Grundlage für eine stabile wirtschaftliche Entwicklung schaffen.
Im Jahr 2000 beteiligte sich die WESOM an einer Studie über den wissenschaftlichen Stand der Entwicklung von Intelligenten Textilien im Zusammenhang mit der PVD-Beschichtung von flexiblen Trägermaterialien, welche von mehreren Kooperationspartnern bei der Hochschule in Auftrag gegeben wurde. Auf der Basis dieser Studie und dem aktuellen Produktionsprogramm der Firma wurde die Entwicklung der Erzeugung funktionaler Schichten auf textilen Substraten mittels der PVD-Technologie aufgenommen.
Auf der Basis der Nähwirktechnologie werden Natur- und/oder Synthesefasern bzw. mineralische Filamente zu Gewirken mit sehr variablen Oberflächenstrukturen und technischen Anforderungsprofilen verarbeitet. Die WESOM ist auf Grund ihrer Erfahrungen und Ausstattung in der Lage, textile Flächen (Gitter / geschlossene Flächen) mit vorgegebenen mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaftsprofilen zu entwickeln und zu produzieren.

3.3 Heytex Neugersdorf GmbH

Die mittelständische Firma HEYTEX entwickelt und produziert Textilien für verschiedene technische Anwendungsbereiche. Schwerpunkt ist die Veredlung von textilen Flächen durch PVC- oder PU-Beschichtungen bzw. Lackierungen. Diese Produkte werden u.a. für das Textile Bauen, für Boote, Poolauskleidungen, LKW-Planen, Persennings, Zelte, Torabdichtungen, Förderbänder, Ölabsperrungen, Cabrioletverdecke und für den militärischen Bereich eingesetzt.
Ständige Neu- und Weiterentwicklungen der Produktpalette der Firma sind ein Garant für innovative Produkte auf höchstem Niveau. Die Firma HEYTEX beabsichtigt mit der Beteiligung an diesem Vorhaben, neue Beschichtungstechnologien in ihren Produktionsprozess zu integrieren, um neue Qualitäten der Produkte zu erzielen. Damit soll die Marktposition der Firma ausgebaut und der Standort Neugersdorf erweitert werden.

3.4 Unitec Helmsdorf GmbH

Die UNITEC stellt in langjähriger Tradition hochwertige Klebstoffe für anspruchsvolle industrielle Anwendungen her. Als zweite Kernkompetenz wurde seit 1991 ein Bereich zur Vakuumbeschichtung von Kunststofffolien und Flachsubstraten aufgebaut. In Zusammenarbeit mit dem FEP wird an der Entwicklung von Beschichtungstechnologien im industriellen Maßstab gearbeitet, wobei die Technik der Firma die unmittelbare Vorbereitung der großtechnischen Herstellung erlaubt - einschließlich Pilotproduktionen. Im Bereich der Folienbedampfung können z.Z. Kunststofffolien von ca. 12 bis 250 µm Dicke mit Einzelschichten oder Schichtsystemen aus Metallen (bevorzugt Al, Cu, Ti), Metalloxyden (meist TiO_x, AlO_x, SiO_x) und anderen, z.T. reaktiv aufdampfbaren Stoffen (TiN_x u.a.) ausgestattet werden. Die gebräuchlichsten Folientypen dafür sind (B)OPP, PET und PC.
Korrespondierend dazu wurde als dritte Kernkompetenz seit 2000 ein Fertigungsbereich für spezielle Komponenten und Baugruppen (Schlüsselkomponenten) der Plasmatechnik aufgebaut. Dies betrifft z.B. folgende Schlüsselkomponenten:

- Magnetrons,
- spezielle Baugruppen zur Modifizierung von Anlagen,
- Transporteinrichtungen,
- Kühlaggregate, z. B. für Magnetrons und
- Inline-Plasmaquellen zur Folienvorbehandlung.

Beschichtungsanlagen der UNITEC

Folienbedampfungsanlage FOBA 800:

Hersteller:	Institut Manfred von Ardenne,
Verdampfer:	Elektronenstrahlkanone, 300 kW, 50 kV, horizontale Anordnung,
Plasmaaktivierung:	Hohlkatoden-Plasmaaktivierung (HAD-Prozess),
Vorbehandlung:	wahlweise mit Inline-Sputterätzer (Flachsubstrate) oder

	Hohlkatodenplasma,
Typ. Beschichtungsrate:	15 nm m/s (TiO_x),
Bsp. Beschichtungs-materialien:	Al, Al_2O_3 (reaktiv), SiO_2 (reaktiv), Ti, TiO_2 (reaktiv), TiN (reaktiv), MgO (reaktiv),
Bandgeschwindigkeit:	0,02 bis 10 m/s,
Max. Bandbreite:	800 mm,
Max. Bedampfungsbreite:	derzeit 400 mm,

HZS Durchlauf-Beschichtungsanlage mit oben angeordneten Magnetrons
(speziell für Schichtsysteme)

Durchlaufanlage mit:	1 Vorbehandlungskammer, 2 Beschichtungskammern mit je 3 Magnetrons, (davon je 1 im DMS-Betrieb möglich); 1 Analysekammer,
Targetgröße:	160 mm x 610 mm,
Substratdicke:	max. 40 ... 50 mm (je nach Prozess),
Substratgröße:	Breite 200 ... 400 mm (je nach Prozess), Länge 300 ... 700 mm (je nach Prozess),
Substratgeschwindigkeit:	0,2 ... 120 mm/s,
Technologie:	Vorbehandlung Glimmen (max. Leistungsdichte 1 W/cm^2), Heizen (Strahlungsheizer; T_{max} = 300°C), metallisches bzw. reaktives DC- oder Puls-Magnetron-Sputtern,
Druckbereich:	1E-4 ... 2E-3 Pa,
Target-Substrat-Abstand:	abhängig von Substratdicke; für dünne Substrate: 50 ... 100 mm oder 130 mm... 180 mm,
Leistungsdichte:	(materialabhängig) max. 10 W/cm^{2,}

Verschiedene Möglichkeiten zur Prozessstabilisierung:
In-situ-Messungen, optische Substrat-Transmission, Substrattemperatur, Target-temperatur, optische Plasmaemission.

3.5 Techno Coat Oberflächentechnik GmbH

Die TECHNO COAT ist ein mittelständisches Unternehmen, welches PVD-Beschichtungen vor allem für die Branchen Dekorative Konsumgüter, Medizintechnik und Maschinenbau durchführt. Der wirtschaftliche Schwerpunkt liegt im Bereich der dekorativen Hartstoffbeschichtung auf diversen Substratmaterialien, vorrangig vorverchromtes Messing, Aluminium und dessen Legierungen, Edelstahl und Kunststoff.
Zum Maschinenpark gehören vier industrielle PVD-Großanlagen vom Typ SB2000, HC19 HAUZER 1000/4-ABS sowie HC27 HAUZER 1000/4-ABS und DeQoTec. Seit der Firmengründung wurde und wird der Weiterentwicklung des beschichtungstechnischen Know-hows große Aufmerksamkeit geschenkt. Etwa 15% der Belegschaft arbeiten im Bereich Forschung und Entwicklung. Durch Forschungskooperationen mit nationalen und internationalen Partnern besteht ein enger Kontakt zur öffentlichen Grundlagen- bzw. Anwendungsforschung.

TECHNO COAT gilt als industrieller Innovationskern in der Region des Dreiländerecks Deutschland / Polen / Tschechien. Der bisher erreichte jährliche Arbeitskräftezuwachs von ca. 20% basiert maßgeblich auf der ständigen Erschließung neuer Anwendungsfelder für die plasmagestützte Oberflächentechnik.

Beschichtungsanlagen der TECHNO COAT

SB 2000 (Von-Ardenne-Anlagentechnik, Vakuumbogenverdampfung)

Beschichtungsverfahren:	Vakuumbogenverdampfung,
Beschichtungsquellen:	10 zylinderförmige Bogenquellen,
max. Quellstrom:	250 A,
Schichtsysteme:	Ti, Al, Ag,
Betriebsart:	vollautomatischer Betrieb, Handbetrieb,
Substratmaterialien:	Glasgranulat, Schüttgut,
Vakuumsystem:	4 Diffusionspumpen, Roots- und Drehschieberpumpe.

HTC 1000/4 ABS (Vakuumbogenverdampfung / DC-Magnetron-Sputtern / ABS)

Beschichtungsverfahren:	Vakuumbogenverdampfung, DC-Magnetron-Sputtern, ABS (Arc-Bond-Sputtering),
Beschichtungsquellen:	4 Rechteck-Magnetron- / Bogenquellen,
Schichtsysteme:	Ti, TiAl, Zr, Cr, Nb, W, TiAlY, deren Nitride u. Carbide, Superlattices,
Betriebsart:	vollautomatischer Betrieb, Handbetrieb,
Substratmaterialien:	nahezu alle leitfähigen Materialien mit Temperaturbeständigkeit > 120 °C,
Vakuumsystem:	2 Turbomolekularpumpen, Roots- und Drehschieberpumpe.

DeQoTec (Magnetron Sputtern)

Beschichtungsverfahren:	PVD Sputterbeschichtung (DC),
Beschichtungsquellen:	5 Planarmagnetrons 1350 mm (Leybold HLK2) Sputterleistung max. 60 kW / Quelle,
Schichtsysteme:	ZrN, CrN, TiN, TiCN, TiAlN u.a.
Farben:	polished-brass, saharagold, edelmessing, grau, schwarz,
Taktzeit für Beschichtung:	wenige Minuten (z.B. ZrN, 0,5 µm in ca. 5 min),
Betriebsart:	vollautomatischer Betrieb,
Substratmaterialien:	Edelstahl, Messing*, Zink-Druckguss*, ABS*, PA* * galvanische Chrom- oder Nickelunterschicht erforderlich,
Substratträger:	Pylon (Säule mit Substrataufnahmen), max. Beschichtungslänge: 970 mm, Hüllkreisdurchmesser max. 300 mm (entspr. max. Substratgröße),

Substrataufnahmen: entsprechend Teilegrößen und –geometrie kundenspezifisch zu fertigen,
Vakuumsystem: 9 Turbomolekularpumpen, 2 Vorvakuumpumpsätze.

3.6 FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Im Vordergrund der Forschungsarbeiten des FEP zur Nutzung von Elektronenstrahlen und Plasmen steht die Einsatzvorbereitung neuer Technologien. Die Nutzung von Elektronenstrahlen hoher Leistung und von dichten Plasmen gilt als Innovationsschub in der Oberflächentechnik. Typische Anwendungen im FEP sind das Veredeln von Oberflächen, wie die Modifikation und die Schichtabscheidung mit hohen Raten auf große Flächen durch Bedampfen und Sputtern. Arbeitsschwerpunkte des Institutes sind Verfahrensentwicklung sowie Prozessführung und alle damit zusammenhängenden Fragen, wie Monitoring, Qualitätskontrolle, Reproduzierbarkeit, Aufskalierung und Wirtschaftlichkeit. Neue Schichtsysteme können an Großanlagen im FEP erprobt werden. Besondere Beachtung erfahren Entwicklung und komplexe Erprobung von „Integrated Packages“ im FEP. So können Dual-Magnetron-Systeme bis zu 3700 mm Länge auf ihr Verhalten im Produktionsbetrieb bereits im FEP auf Herz und Nieren geprüft werden.
Ein Geschäftsfeld des FEP ist die Beschichtung von Kunststofffolien. Diesem Geschäftsfeld ist die Abteilung - Beschichtung Plastik - mit etwa zehn Mitarbeitern zugeordnet. Zwei industrienahe Bandbeschichtungsanlagen erlauben die Entwicklung von Beschichtungstechnologien unter aufskalierbaren und damit industrierelevanten Bedingungen. Diese Anlagen und die Technologien zur Beschichtung von Kunststofffolien lassen sich grundsätzlich für die Beschichtung von textilen Flächen nutzen.

Folgende Anlagentechnik steht am FEP zur Verfügung:

Tab. 1: Folienbedampfungsanlage FOBA 1000

Typ	FOBA 1000: Industrienahe Bandbeschichtungsanlage zum Beschichten von flexiblen Substraten mit hochwertigen Schichten und Schichtsystemen
Technologien	Schiffchenverdampfer
Typische Beschichtungsrate	60 nm m/s (Al)
Plasmaaktivierung	Hohlkatoden-Plasmaaktivierung (HAD-Prozess)
Vakuumvorbehandlung	Sputter-Ätzer
Bandbreite	1000 mm
Bedampfungsbreite	500 mm z.Zt.
Bandgeschwindigkeit	0,1 – 10 m/s
Beschichtungsstationen	6 Stück Schiffchenverdampfer
Schichtmaterialien	Al, AlO_x(Al-reaktiv), Cu, Ag,

Tab. 2: Sputter–Roll-Coater (Foliensputteranlage) FOSA 600

Typ	Industrienahe Bandbeschichtungsanlage zum Beschichten von flexiblen Substraten mit hochwertigen Schichten und Schichtsystemen
Technologien	Dual Magnetron Sputtern
Bandbreite	600 mm
Bandgeschwindigkeit	0,1 – 100 m/min
Beschichtungsstationen	5 Dual Magnetrons
Vakuumvorbehandlung	Magnetrons; RF-Ätzer
Schichtmaterialien	TiO_2, SiO_2, ITO, AL_2O_3, Ag, etc.

Tab. 3: Sputter-Roll-Coater (Foliensputteranlage) LBA 200

Typ	Labor-Bandbeschichtungsanlage zum Beschichten von flexiblen Substraten mit hochwertigen Schichten und Schichtsystemen
Technologien	Dual Magnetron Sputtern
Bandbreite	200 mm
Bandgeschwindigkeit	0,1 – 6 m/min
Beschichtungsstationen	1 Dual Magnetron 2 single Magnetron
Vakuumvorbehandlung	Magnetrons; RF-Ätzer
Schichtmaterialien	TiO_2, SiO_2, ITO, AL_2O_3, Ag, etc.

3.7 Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Seit ca. 6 Jahren werden in Zusammenarbeit mit der Industrie Oberflächen-modifikationen an textilen Substraten durchgeführt und charakterisiert. Die Ergebnisse wurden in Fachartikeln, Forschungsberichten und Vorträgen dokumentiert. An der Hochschule stattfindende Fachkolloquien zur PVD-Beschichtung wurden genutzt, die Ergebnisse der Forschungsarbeiten der Industrie sowie Fachkollegen vorzustellen, um aus der Diskussion die Arbeiten zielgerichtet weiterzuführen.

Seit 2001 ist die Hochschule im Besitz einer Labor-Sputter- und Plasmabeschichtungsanlage UltrA S 150 der Firma SurA GmbH Jena. Diese Anlage ermöglicht es der Hochschule, gegenüber industriellen Batch-Anlagen Beschichtungen flexibler und kostengünstiger durchzuführen. Mit der Sputter-Technik können alle Metalle und eine große Legierungsvielfalt aufgetragen werden. Die Substrate unterliegen einer nur sehr geringen thermischen Belastung.

Zur Schichtcharakterisierung stehen u.a. mikroskopische Apparaturen (Auflichtmikroskop, Rasterelektronenmikroskop) sowie ein Universalhärtemessgerät FISCHERSCOPE H100 zur Verfügung. An der Hochschule liegen umfangreiche Erfahrungen zur Bestimmung der Haftfestigkeit, der Leitfähigkeit und des Schirmungsvermögens von PVD-Schichten auf flexiblen Materialien vor.

4. Stand der Wissenschaft und Technik

Oberflächenmodifizierungen sind in vielen Bereichen ein effizientes Mittel, Eigenschaften von Produkten zu verstärken bzw. zu generieren. Vor allem mit funktionellen Schichten kann ein hoher Wertzuwachs erzeugt werden. Neben der Generierung von passiven Schichten werden in den letzten Jahren aktive Oberflächen, die über chemische, physikalische oder biologische Reaktionen gezielt mit ihrer Umwelt reagieren, erzeugt.
Mit der Weiterentwicklung Technischer Textilien für viele Bereiche des täglichen Lebens gewinnt die Oberflächenmodifizierung flexibler Flächen immer mehr an Bedeutung. Basierend auf dem großen Anwendungsspektrum Technischer Textilien sind die Anforderungen an das Produkt, die textile Fläche und vor allem die funktionelle Schicht sehr breit gefächert.

Die Beschichtung textiler Substrate mit Metallen zur Vermeidung von elektrostatischen Aufladungen wurde neben der Ausrüstung mit Antistatika bereits früh angewendet.
Mit der Metallisierung können u.a. folgende zusätzliche Eigenschaften auf den textilen Flächen appliziert werden:

Aluminium	Leitfähigkeit, Reflexion, Barriere
Kupfer	Leitfähigkeit, herbizide Wirkung
Silber	Leitfähigkeit, Reflexion, bakterizide Wirkung
Gold	Leitfähigkeit
Zinn	Korrosionsschutz, Leitfähigkeit
Chrom	Diffusionssperrschicht, Dekoration
Titan	Dekoration

Quelle: ROWO Gesellschaft für Beschichtung mbH

Einen Überblick über mögliche Veredlungstechnologien gibt folgende Zusammenstellung:

- Bedrucken, Aufspritzen,
- Kaschieren, Laminieren und Bondieren,
- nasschemische Metallisierung,
  - galvanische Metallisierung,
  - stromlose Metallisierung (electroless plating),
  - chemische Beschichtung mit Kupfersulfid,
- Einlagerung von Metallgarnen bzw. Metallfasern / beschichteten Fasern,
- Einsatz von Fasern aus elektrisch leitfähigen Polymeren, (intrinsischen Polymeren),
- PVD-Verfahren (Physical Vapour Deposition),
  - Vakuumverdampfen,

- Elektronenstrahl-Verdampfen,
- Kathodenzerstäuben (Magnetron – Sputtern),
- Lichtbogen-Verdampfen,

? CVD-Verfahren (Chemical Vapour Deposition),

? Kaltgasspritzen.

Zur herkömmlichen textilen Flächenmetallisierung werden vor allem die Verfahren

- Bedrucken,
- Aufspritzen,
- Kaschieren, Laminieren und Bondieren eingesetzt.

Das Bedrucken des Textils mit Metallpulvern oder –flittern ist das einfachste Verfahren. Die erzeugten Schichten sind allerdings wenig reibungsbeständig und mit zunehmender Bedeckung kommt es zum Verlust des textilen Griffes.

Auf der Grundlage der Technologie Aufspritzen können luftdurchlässige Schichten erzeugt werden, die vor allem in der Oberbekleidungsfertigung Verwendung finden. Bei diesem Verfahren wird das Metallpulver in einer Kunstharzlösung dispergiert und auf das Textil aufgespritzt.

Mittels der Kaschierung und Laminierung von Textilien mit Metallfolien entstehen metallische Flächen mit größeren Schichtstärken. Das entstandene Material hat hauptsächlich Metallcharakter.

Des weiteren kommen zur Beschichtung flexibler Substrate chemische und elektrochemische Verfahren zum Einsatz (z.B. Firmen: Monsanto, Fractal).

Nachteil nasschemischer Verfahren ist, dass sich Oberflächen mit einer geringen Oberflächenenergie (z. B. Polyethylen und Polypropylen) nicht zufriedenstellend beschichten lassen und dass Abwässer anfallen, die mit dem Beschichtungsmetall belastet sind.

Für spezielle Gewebe, u.a. für die elektromagnetische Schirmung, werden elektrisch leitfähige Garne, z.B. aus Metall, Kohlenstoff oder einem Polymer nach einer Metallisierung eingesetzt. Die gleiche Wirkung wird durch die Einlagerung von Kohlenstoff- oder Metallfasern bei Vliesstoffen erreicht.

Zur Erzeugung von metallischen Oberflächen auf textilen Flächen wird aus wirtschaftlichen Erwägungen vor allem die textile Flächenmetallisierung eingesetzt.

Neben diesen konventionellen Verfahren haben PVD- und CVD-Technologien bei der Metallisierung von flexiblen Substraten in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen.

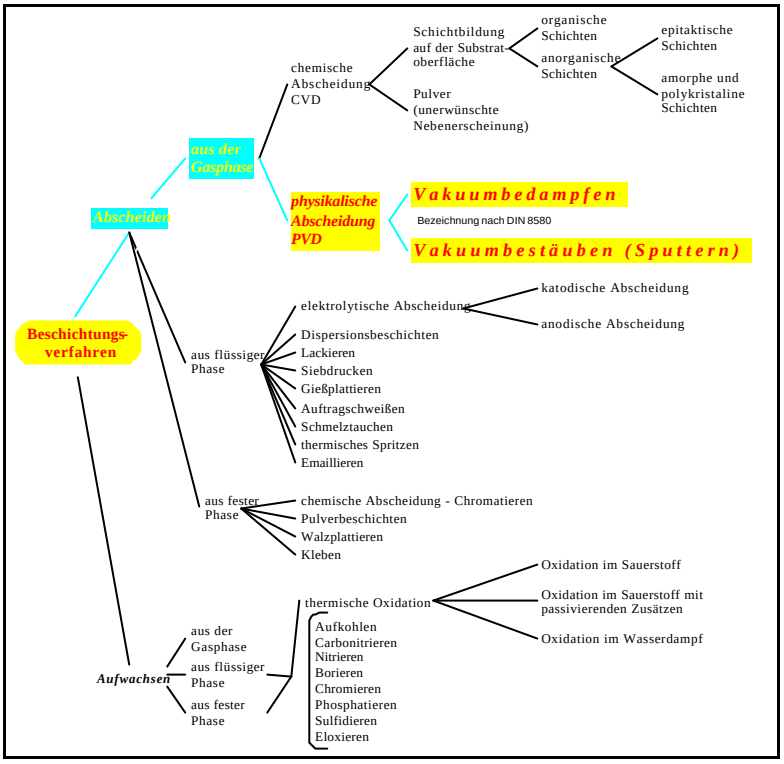


Abb.1: Einordnung der PVD-Technologien in die allgemeinen Beschichtungsverfahren nach DIN 8580

Ausgehend von der Beschichtung von Folien und Papier werden z.B. von den Firmen Tricon, ROWO-Coting, Aaronia und Verosol Gewebe, Gewirke und Vlies bereits in geringem Umfang metallisiert. Als Substrat kommen vor allem PES- und Glasgewebe bzw. -vlies zum Einsatz.

Seit ca. 6 Jahren werden in Zusammenarbeit der Hochschule mit der TECHNO COAT sowie verschiedenen Textilfirmen die Beschichtung textiler Flächen mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien mittels der PVD-Technologien im Versuchsmaßstab erfolgreich vollzogen und charakterisiert.

Im Jahr 1998 wurde eine Marktuntersuchung „Textilveredlung durch PVD-Beschichtung“ durch die Stiftung Innovation und Arbeit Sachsen in Auftrag gegeben. Aus dieser Studie geht hervor, dass es eine Vielzahl nationaler und internationaler Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf dem Gebiet der plasmagestützten Oberflächentechnik gibt. Die Mehrzahl dieser Entwicklungsvorhaben beschäftigt sich aber nicht mit PVD-Beschichtungen wie Magnetron–Sputtern oder Vakuum-Bogenverdampfen, sondern sind der Plasmabehandlung und Plasmapolymerisation bzw. dem plasmagestützten Verdampfen gewidmet. Eine weitere Aussage der Studie ist, dass die PVD-Technologien durch die Erzeugung einer unbegrenzten Vielzahl verschiedenster Mono- und Mehrfachschichten im Nano- und Mikrometerbereich auf

nahezu allen textilen Faserstoffen attraktive, innovative Verfahren mit guten Marktchancen zur Beschichtung technischer Textilien darstellen.
In einer weiteren Studie zum Thema „Funktionelle Veredlung textiler Flächengebilde durch Metallisierung“ wird ein ergänzender Überblick zur oben genannten Studie in Bezug auf die Metallisierung von Faserstoffen gegeben.

Literatur zum wissenschaftlich-technischen Stand zu Beginn des Projektes

[1] *Verfahren zum Metallisieren von Kettengewirken*, Kettenwirk-Praxis 1/87, Obertshausen, S. 21-23

[2] De Temmerman Luc: *Neue metallisierte Stoffe zur elektromagnetischen Abschirmung und Hochfrequenzabschirmung*, Techtextil Symposium, 1991

[3] *Elektrisch leitfähiges Gewebe*, High Performance Textiles, Mar 1994, S. 3-4

[4] *Stoff statt Stahl: EMV-Tapete revolutioniert Schirmungstechnik*, ntz Telekommunikation und Informationstechnik, Band 49 (1996) Heft 5, S. 40-41

[5] Dockery-A: Ultrafibre’s aluminium foils cold weather. Micro-thin coating blocks radiant heat loss, America’s Textiles International, Band 24 (1995) Heft 11, S. 98

[6] Toma-D, Carpus-E, Visileanu-E: *Protective equipment against heat and/or fire produced from performant fibres*, Konferenz-Einzelbericht: Ergonomics of Protective Clothing: Proc. Of NOKOBETEF 6 and 1st European Conf. on Protective Clothing, Stockholm, S, May 7-10, 2000, Arbete Och Hälsa, Band 2000, 8 (2000) S. 94-97

[7] Payne-J-D: *New finishes for providing antimicrobial treatment of cotton*, Konferenz-Einzelbericht: COTTECH, Cotton Textile Technology Conf., Memphis, USA, Nov 9-10, 1995, (1995) S. 1-9

[8] Sant-S-B, Gill-K-S, Burrell-R-E: *Morphology of novel antimicrobial silver films deposited by magnetron sputtering, Scripta Materialia*, No. 12, pp. 1333-1339, 1999, Elsevier Science Ltd

[9] Vetter-J, Burgmer-W: *PVD-Metallschichten: Herstellung und Anwendungsfelder*, Metallwissenschaft + Technik

5. Planung und Ablauf des Vorhabens

5.1 Ablaufplanung des Gesamtvorhabens

Das Vorhaben wurde gemäß der Vorhabensbeschreibung nach folgender Planung durchgeführt.

Tab. 4: Arbeitsplan zum Projektablauf (Stand zum Projektbeginn)

AP	Gegenstand	Realisierung	Aufwand [MM]	Bearbeitungszeitraum
100	**RECHERCHE, MARKTBEOBACHTUNG, PROJEKTKOORDINATION**	WES	6,75	07/2001-12/2003
	(die Marktbeobachtung erfolgt während der gesamten Projektlaufzeit)	HZG	0,6 0,1 0,1 0,1	07/2001-09/2001 04/2002-06/2002 01/2003-03-2003 10/2003-12/2003
200	**SUBSTRATKONSTRUKTION** Konzeption der Fadengeometrie Konkretisierungen der Leistungen und Anforderungen im Pflichtenheft Modifizierung der Nähwirktechnik	WES HEY	4 0,7	07/2001-12/2001 07/2001-12/2001
300	**VERSUCHSAUFBAU UND SUBSTRATPRODUKTION**	WES HEY	15,5 4,0	10/2001-06/2002 10/2001-09/2003
400	**SCREENING UND ENTWICKLUNG DER BESCHICHTUNGSTECHNOLOGIEN SOWIE BESCHICHTUNGEN** Screening von Beschichtungstechnologien und Schichtmaterialien Entwicklung der Beschichtungstechnologie Grundlegende Anlagenspezifikation Realisierung des Versuchsaufbaus Durchführung von Beschichtungsversuchen Ökonomische Abschätzung	TCZ UNI FEP HZG	7,5 21 15,7 3,6	01/2002-06-2003 10/2001-09/2003 07/2001-09/2003 07/2001-06/2003
500	**CHARAKTERISIERUNG DES SCHICHT-SUBSTRATVERBUNDES** Haftfestigkeit Schichtdicke Oberflächenzusammensetzung	TCZ HEY HZG	1,5 0,7 0,8 0,5 0,7	01/2003-06/2003 07/2002-12-2002 07-2003-12/2003 01/2002-06/2002 04/2003-12-2003
600	**UNTERSUCHUNGEN ZUR FUNKTIONALITÄT DER TEXTILIEN** Leitfähigkeit Schirmungsvermögen/Reflexionsvermögen Dichtheit Temperaturbeständigkeit Chemikalienbeständigkeit Beständigkeit gegenüber Mikroorganismen Abriebfestigkeit Langzeittests	HEY HZG	2,5 2,5	7/2002-12/2003 01/2002-12/2003
700	**ZUSAMMENSTELLUNG DES SPEZIFIZIERTEN ANFORDERUNGSKATALOGES** konkrete Zusammenstellung der erforderlichen Substrat- und Schichtmaterialien sowie der Beschichtungstechnologie die jeweiligen Anwendungen	HZG	0,7	04/2003-12/2003

800	**AUFSKALIERUNG** Überleitung der Ergebnisse Reproduzierbarkeit ggf. Änderung/Neuerprobung Anlagenspezifikation Ökonomische Abschätzung	WES FEP	12 4	10/2002-12/2003 8/2003-12/2003
900	**ERPROBUNG DER MATERIALIEN IN DER JEWEILIGEN SPÄTEREN ANWENDUNG** Erprobungsphase wird sich an die Projektlaufzeit anschließen			

Die späte Erteilung des Zuwendungsbescheides am 18. Januar 2002 führte zu keiner generellen Änderung des Arbeitsplanes. Zum großen Teil wurden die Arbeiten durch die Kooperationspartner auf eigenes Risiko bereits im Herbst 2001 aufgenommen. Bestehende Zeitverschiebungen konnten bis Vorhabensabschluss ausgeglichen werden.
Abstimmungen zu den erreichten Ergebnissen sowie deren Diskussion und Festlegungen zu nächsten Teilzielen wurden durch die Vorhabenspartner im Rahmen von 7 Projekttreffen vorgenommen.

Projekttreffen im Vorhaben ANTIBAK:

- 1. Projekttreffen 27. 09. 2001
- 2. Projekttreffen 10. 12. 2001
- 3. Projekttreffen 22. 02. 2002
- 4. Projekttreffen 14. 06. 2002
- 5. Projekttreffen 19. 09. 2002
- 6. Projekttreffen 23. 01. 2003
- 7. Projekttreffen 10. 04. 2003

Zu einzelnen Projekttreffen wurden Gäste von Wettbewerbern sowie aus dem Kreis zukünftiger Partner für weiterführende angewandte Forschung, Produktüberführungen in die Produktion sowie Vertrieb bzw. zukünftiger Nutzer geladen, um die erreichten Ergebnisse - unter Berücksichtigung des Geheimnisschutzes – vorzustellen und unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten zu diskutieren.
Zusammenfassende Kenntnisstände und Ergebnisse des Vorhabens ANTIBAK wurden auf den 4 Meilensteintreffen im Wachstumskern noa vorgestellt.

Meilensteine im Innovativen Regionalen Wachstumskern „noa“:

- 1. Kick off Treffen 27. 09. 2001
  (Vorstellung des Vorhabens ANTIBAK /
  Vorstellung der Firma Ventex Co Ltd (Korea) – Wettbewerber bei der funktionalen Ausrüstung von Textilien);

- 2. Innovationsforum — 25. 04. 2002
  (Erste Ergebnisse (Substratkonstruktion / Beschichtung) / wirtschaftliche Abschätzung der Bandbeschichtung mittels der PVD-Technologie von Textilien)

- 3. Innovationsforum — 24. / 25. 04. 2003
  (Entwicklung und Ergebnisse – Funktionalität Abschattung (Monosystem / Verbundsystem))

- 4. Abschlussworkshop — 11. 12. 2003
  (Vorstellung der Ergebnisse nach Funktionalitäten (wissenschaftliche Ergebnisse) und beteiligten Firmen (wirtschaftliche Ergebnisse), Verwertungsstrategien)

Das Vorhaben wurde gemäß der Vorhabensbeschreibungen der einzelnen Partner bzw. nach folgenden präzisierten Planungen durchgeführt.

5.2 WESOM Textil GmbH

Die WESOM arbeitete im Wesentlichen entsprechend dem im Rahmen der Antragstellung aufgestellten Arbeitsplan.

Tab. 5: Arbeitsplan – WESOM

	Monate (1.7.2001 – 31.12.2003) – vierteljährige Abschnitte									
Tätigkeiten	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30
Projektkoordination	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
Konstruktion	2,0	2,0								
Versuchsaufbau		3,5	3,0	3,0						
Produktion		2,0	2,0	2,0						
Meilenstein/Bericht					0,5					
Aufskalierung						2	2	3	3	2
Auswertung/Bericht										0,5
Summe MM	*2,7*	*8,1*	*5,6*	*5,6*	*6,5*	*2,6*	*2,6*	*3,6*	*3,6*	*3,2*

5.3 Heytex Neugersdorf GmbH

Die HEYTEX arbeitete im Wesentlichen entsprechend dem im Rahmen der Antragstellung aufgestellten Arbeitsplan.

Tab. 6: Arbeitsplan – HEYTEX

	Monate (1.7.2001 – 31.12.2003) – vierteljährige Abschnitte									
Tätigkeiten	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30
Recherche	1,0	0,3								
Versuchsvorbereitung		0,7	0,5		0,2		0,2			
Versuchsaufbau			0,5							
Versuchsdurchführung				0,5		0,3		0,5		
PVC/PU-Beschichtung				0,5	0,2		0,3		0,3	
Prüfung					0,2	0,4			0,2	0,3
Meilenstein/Bericht					0,1					
Langzeittest					0,1	0,3	0,3	0,5	0,3	
Prüfung/Auswertung					0,2		0,2		0,2	0,2
Abschlussbericht										0,5
Summe MM	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*

5.4 Unitec Helmsdorf GmbH

Die Ausgangsplanung für die von UNITEC zu erbringenden Leistungen zeigt Tabelle 7. Tabelle 8 stellt eine Präzisierung für das Jahr 2003 dar.

Tab. 7: Arbeitsplan – UNITEC (Stand zum Projektbeginn)

Arbeitsschritte	MM	2001						2002												2003											
Screening	1																														
Versuchsaufbau	5																														
Beschichtungstechnologie	13																														
Meilenstein/Bericht																															

Tab. 8: Arbeitplan für 2003 (Präzisierung gegenüber der ursprünglichen Planung)

Arbeitsschritte	MM	2003											
Entwicklung von Technologien und Schichtsystemen für:													
Cu-Verdampfung (Bootsware, textiles Bauen, Energieschirme)	1												
Gewächshausfolie (Sonnenschutzsysteme, Energieschirme)	2												
Al-Verdampfung (Schattenstoffe, Wärmedämmstoffe)	1,3												
Ag-Verdampfung (Sonnenschutzsysteme, Energieschirme)	1												
Anlagenspezifikation	1												
Ökonomische Abschätzung	0,5												

5.5 Techno Coat Oberflächentechnik GmbH

Die TECHNO COAT arbeitete im Wesentlichen entsprechend dem im Rahmen der Antragstellung aufgestellten Arbeitsplan.

Tab. 9: Arbeitsplan – TECHNO COAT

	Monate (1.7.2001 – 31.12.2003) – vierteljährige Abschnitte									
Tätigkeiten	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30
Screening			0,25							
Versuchsaufbau			0,25	0,25	0,1					
Beschichtungstechnol.				0,25	0,2	0,25	0,25			
Meilenstein/Bericht					0,2					
Schichtcharakterisierg.						0,25	0,25	0,5		
Auswertung/Bericht										
Summe MM			*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*		

5.6 FEP Fraunhofer Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Das FEP arbeitete im Wesentlichen entsprechend dem im Rahmen der Antragstellung aufgestellten Arbeitsplan.

Tab. 10: Arbeitsplan – FEP

Arbeitsschritte	MM	2001						2002												2003											
Screening	3,4																														
Versuchsaufbau	1																														
Beschichtungstechnologie	11,3																														
Anlagenspezifikation	2																														
Ökonomische Abschätzung	2																														
Meilenstein/Bericht																															

5.7 Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Die Ausgangsplanung für die von der Hochschule zu erbringenden Leistungen zeigt Tabelle 11.

Tab.11: Arbeitsplan – Hochschule

	Monate (1.7.2001 – 31.12.2003) – vierteljährige Abschnitte									
Tätigkeiten	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30
Bestandsaufnahme	0,3									
Recherche, Marktbeobachtung	0,3			0,1			0,1			0,1
Versuchsaufbau	0,2	0,4								
Materialauswahl	0,2	0,4								
Beschichtungen		0,2	0,5	0,5		0,5	0,4	0,3		
Charakt. Schicht-Substratverbund			0,3	0,2				0,2	0,3	0,2
Prüfung Funktionalität			0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,2	0,4	0,1
Meilenstein/Bericht					0,5					
Anforderungskatalog								0,3	0,3	0,1
Abschlussbericht										0,5
Summe MM	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*

Tab.12: Arbeitplan (Präzisierung gegenüber der ursprünglichen Planung)

Tätigkeiten	2001						2002												2003											
Bestandsaufnahme																														
Recherche, Marktbeobachtung																														
Versuchsaufbau																														
Materialauswahl																														
Beschichtungen																														
Charakt. Schicht-Substratverbund																														
Prüfung Funktionalität																														
Meilenstein / Bericht																														
Anforderungskatalog																														
Abschlussbericht																														

Am Ende des 3. Projekthalbjahres wurde der Arbeitsplan präzisiert. Änderungen wurden hierbei nur hinsichtlich der Recherchearbeiten und Marktbeobachtungen vorgenommen, die projektbegleitend über die gesamte zweite Projekthalbzeit durchgeführt wurden (siehe Tab. 12).

6. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Nur in der kooperativen Zusammenarbeit der Vorhabenspartner war die Umsetzung der gestellten Ziele möglich. In der Bündelung des speziellen Know-hows, der wirtschaftlichen Möglichkeiten, der vorhandenen Ausstattungen der Partner in Verbindung mit der finanziellen Förderung im Rahmen des Vorhabens durch das BMBF und die Einbindung in den Wachstumskern „noa“ ermöglichten es, den kleinen mittelständischen Firmen in Zusammenarbeit mit der Hochschule und dem FEP die nachfolgend aufgeführten wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Ergebnisse zu erreichen.

Spezielle Arbeiten, für die bei den Vorhabenspartnern keine Voraussetzungen bestanden, wurden im Rahmen von Aufträgen an folgende Firmen und Institute mit speziellem Know-how und technischen Ausstattungen vergeben:

- FILK gGmbH Freiberg,
- StfI Chemnitz,
- IDUS Ottendorf Okrilla,
- Kruskopf Heumann GmbH,
- Klettschka GmbH und das
- Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, IVV.

7. Erzielte Ergebnisse

7.1 Experimentelle Arbeiten, Ergebnisse

7.1.1 Spezifikation einer industriellen Vakuumbeschichtungsanlage für flexible Träger

7.1.1.1 PVD-Technologien im Vorhaben

Unter PVD (engl. physical vapour deposition) versteht man die physikalische Abscheidung aus der Dampfphase. Ein festes oder flüssiges Material wird im Vakuum in die Gasphase überführt und zu einem Substrat gelenkt, auf dem es als dünne Schicht im Bereich von wenigen Nanometern bis zu mehreren Mikrometern kondensiert. Durch die Zuführung reaktiver Gase wird die Abscheidung unterschiedlich zusammengesetzter Schichtmaterialien ermöglicht. PVD-Verfahren werden durch die Art der Dampferzeugung unterschieden. Im Projekt ANTIBAK wurden für die PVD-Metallisierung unterschiedliche Verfahren angewandt, die auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien basieren. Diese Verfahren werden im folgenden kurz beschrieben.

Katodische Arc-Verdampfung

Das Prinzip der Arc-Verdampfung beruht auf einer Plasmaentladung mit hohen Strömen und niedrigen Spannungen zwischen zwei metallischen Elektroden im Vakuum. Die Entladung konzentriert als Lichtbogen (engl. arc) auf dem als Katode gepolten Target in 1 – 10 µm im mittleren Durchmesser großen Katodenflecken, die sich sehr schnell und zufällig über das Target bewegen. Hohe Stromdichten in den Katodenflecken im Bereich von 10^6 – 10^8 A*cm-1 führen zu lokaler Erhitzung, schlagartiger Verdampfung und partieller Ionisierung des Targetmaterials. Die gute Haftfestigkeit von Arc-Schichten wird durch den hohen Ionisierungsgrad der Plasmaspots verursacht.
Bei der Arc-Verdampfung werden durch die im Katodenfleck konzentrierten hohen Energien auch geschmolzene Makropartikel (Droplets) aus dem Targetmaterial gerissen. Droplets kondensieren auf dem Substrat als Erhebungen mit geringerer Haftfestigkeit und führen zu Defekten im Schichtwachstum bzw. zu Fehlstellen.

Magnetron-Sputtering (Magnetron-Zerstäuben)

Während das Targetmaterial bei der Arc-Verdampfung auf thermischem Weg unter thermischen Nichtgleichgewichtsbedingungen in die Gasphase überführt wird, wird es beim Sputterverfahren durch den Beschuss mit einem Gas zerstäubt. Beim Auftreffen

der Atome des Sputtergases auf das Target erfolgt eine Impulsübertragung auf die Oberflächenatome des Targets. Wenn ein Oberflächenatom des Targets durch ein Gasatom mit hinreichend hoher Energie getroffen wurde, regt es die Atome in seiner Nachbarschaft an, so dass sich die Impulsübertragung kaskadenartig in der Oberflächenregion des Targets fortpflanzt. Bei einer Impulsrückübertragung auf die Atome direkt an der Oberfläche können diese bei ausreichender Kollisionsenergie aus dem Targetmaterial herausgeschlagen werden. Als Sputtergas wird wegen seiner guten Verfügbarkeit und chemischen Trägheit häufig Argon verwendet.
Beim dc-Diodenzerstäuben, dem einfachsten Sputterverfahren, wird eine hohe negative Spannung an die elektrisch leitfähige Targetoberfläche angelegt. Im Dunkelfeld einer Glimmentladung, kurz vor der Targetoberfläche, wo die elektrische Feldstärke ihr Maximum erreicht und wo die Spannung stark abfällt, werden die Atome des Sputtergases ionisiert und erfahren eine starke Beschleunigung in Richtung der Kathode.
Beim dc-Magnetronzerstäuben wirkt von der Rückseite des Targets ein Magnetfeld auf das Plasma bis in den Bereich des Substrates. So wird vor dem Target ein besonders dichtes, ringförmiges Plasma erzeugt, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftreffens von energiereichen Elektronen auf das Substrat verringert und damit dessen thermische Belastung deutlich reduziert. Die hohe Elektronendichte im Bereich der targetnahen Feldlinien ermöglicht die Erhaltung der Glimmentladung bei geringen Drücken, so dass die Wahrscheinlichkeit von Teilchenkollisionen mit Ladungsaustausch klein bleibt. Mit der hohen Ladungsträgerdichte in der Nähe des Plasmas lassen sich große hochenergetische Ionenströme bei geringen Spannungen (200 – 800 V) verwirklichen, die für hohe Sputterraten sorgen. Die Ausdehnung der Magnetfeldlinien auf den Bereich des Substrates wird beim unbalanced Magnetronsputtering erreicht. Dadurch wird die Ionisationswahrscheinlichkeit der Sputterteilchen auch in diesem Bereich gesteigert. Durch dc-Magnetronzerstäuben können viele leitfähige Materialen in Form von Reinelementen, Legierungen oder Gemischen als Schichtwerkstoffe verwendet werden. Die Sputterschichten zeichnen sich durch besonders gleichmäßiges Wachstum aus. Nachteile von dc-Magnetronsputterverfahren sind die geringen Aufwachsraten im Vergleich zur Arc-Verdampfung sowie die auf den Bereich der Feldlinien beschränkte Ausnutzung des Targetmaterials.

Vakuumbedampfung in Bandbeschichtungsanlagen (Roo-Coater)

Die Technologie der Vakuumbedampfung bandförmiger Substrate ist in den Grundzügen für alle Arten von Substraten gleich und läuft für Folie wie auch für textile Bahnware folgendermaßen ab (zur Funktionsweise der einzelnen Aggregate siehe Abschnitt 7.1.1.2):
Bei geöffneter Anlage wird eine neue Rolle Substrates in das Bandlaufwerk eingespannt, der Verdampfer bestückt und die Anlage geschlossen. Nach einer

anlagenspezifischen sog. Pumpzeit, in der mittels der Vakuumpumpen der erforderliche Betriebsdruck von hier $10^{-3}..10^{-2}$ Pa eingestellt wird, werden Verdampfer, Bandlauf und weitere Aggregate zugeschaltet, während das Substrat noch durch eine gekühlte Blende vor Dampf und Hitze geschützt wird. Das bandförmige Substrat wird dann, von der ersten Rolle – Abwickel – kommend, mit definierter Geschwindigkeit über eine Kühlwalze geführt, durch die Verdampfungszone bewegt (bei geöffneter Blende) und auf der zweiten Rolle – Aufwickel – aufgewickelt. Es durchläuft dabei verschiedene Stationen. Zur Beseitigung störender Adsorbentien (rein physikalisch anhaftende Verunreinigungen), zur chemischen Modifizierung der Substratoberfläche oder deren chemischer Aktivierung lässt man das Substrat entsprechende Geräte zur Plasmavorbehandlung durchlaufen. Unmittelbar danach läuft es auf der Kühlwalze in die Beschichtungszone ein.

Bei beiden Anlagen bildet sich über dem Verdampfer (Tiegel oder Schiffchen) eine keulenförmige, gerichtete Dampfwolke, deren Atome, Moleküle, Ionen etc. dem darüber befindlichen Substrat zustreben und auf diesem kondensieren. Die Art und Weise der Schichtbildung sowie die chemische Zusammensetzung der wenige nm bis einige µm dicken Schicht kann durch Gaszuführung (reaktiver Prozess) und Plasmaaktivierung beeinflusst werden. Plasmaquellen, z.B. Hohlkathoden, dienen dazu, die Atome des Dampfes (Al, TiO_x, Ag,...) in einen angeregten Zustand zu versetzen bzw. zu ionisieren. Außerdem können die Kühlwalze mit dem Substrat sowie der Verdampfer durch Anlegen einer Spannung auf verschiedenem elektrischen Potential gehalten werden. Diese Maßnahmen dienen der Erhöhung von Bedampfungsrate, Schichtqualität, Schichtzusammensetzung und –homogenität. In der Bedampfungszone wird das Substrat Temperaturen von einigen hundert Grad Celsius ausgesetzt. Um seine Zersetzung zu verhindern, wird es durch den Bandzug an die Kühlwalze gepresst und die Kondensationswärme des Dampfes sowie die Strahlungswärme des Verdampfers sofort abgeleitet, das Substrat damit auf einer unkritischen Temperatur unterhalb seiner Erweichungstemperatur gehalten. Über das Walzensystem wird das Band dann auf einen leeren Kern aufgewickelt. Dabei können Systeme zur Messung der Schichtdicke, Schichtqualität, z.B. optische Transmission, und deren Verteilung über die Bandbreite durchlaufen werden. Nach der Bedampfung einer Rolle Substrates muss die Anlage geöffnet, die Rollen gewechselt und neues Substrat eingelegt, Verdampfungsmaterial ergänzt und der Verdampfer grob gesäubert werden. Nach einer Pumpzeit von ca. 60 min kann die nächste Rolle beschichtet werden.

7.1.1.2 PVD-Beschichtungsanlagen im Vorhaben

Im Rahmen des Vorhabens standen den Partnern mehrere spezielle PVD-Beschichtungsanlagen zur Umsetzung der oben beschriebenen Technologien zur Verfügung.

Laborsputter- und Plasmabehandlungsanlage UltrA S 150

Erste Beschichtungsversuche, vor allem zur Steigerung der Haftfestigkeiten wurden auf Grund der geringen spezifischen Beschichtungskosten, der flexiblen Einsatzmöglichkeiten und der hohen Verfügbarkeit auf der Laborsputter- und Plasmabehandlungsanlage UltrA S 150 an der Hochschule durchgeführt. Es ist ein kleines praktisches Tischgerät (siehe Abb. 2) mit dem schnell und flexibel Probebeschichtungen durchgeführt werden können. Als Technologie kommt die Magnetron-Sputterbeschichtung unter Gleichstrom zum Einsatz. Es werden runde Metallscheiben hoher Reinheit mit einer Dicke von max. 1 mm und einem Durchmesser von 51 mm als Targets eingesetzt. Die Beschichtungskammer hat ein Volumen von ca. 1 l und die zu beschichtenden textilen Flächen können eine Fläche von bis zu 100 cm^2 aufweisen. Der Abstand zwischen Target und Substratoberfläche beträgt max. 10 cm und ist frei wählbar. Als Arbeitsgas wird Argon eingesetzt. Über einen zweiten Gaszugang besteht die Möglichkeit, ein Reaktivgas wie beispielsweise Stickstoff oder Sauerstoff einzuleiten, um nitridische oder oxidische Schichten herzustellen. Die Plasmavorbehandlung kann bei Drücken zwischen 10^{-1} und 1 mbar sowohl in Luft als auch im Arbeitsgas durchgeführt werden. Durch eine Drehschieberpumpe und eine Turbomolekularpumpe wird ein Vakuum von < $5*10^{-4}$ mbar erzeugt. Der Beschichtungsdruck liegt zwischen 10^{-2} und 10^{-1} mbar. Ein Durchgang – bestehend aus Plasmavorbehandlung, Evakuierung, Beschichtung und Belüftung – dauert insgesamt 30 bis 60 Minuten. Die Beschaffenheit des Substratmaterials wirkt sich dabei stark auf die Evakuierungszeit aus. Zum Abscheiden von Schichtdicken im Bereich von 200 bis 500 nm werden je nach Art des zu sputternden Metalls Beschichtungszeiten von 10 bis 30 Minuten benötigt.

Es können nachfolgende Parameter beliebig gewählt werden:

- Target,
- beschichtbare Fläche bis 100 cm^2,
- Abstand zwischen Target und Substrat – max. 10 cm,
- Arbeitsgas,
- Plasmavorbehandlung,
- Beschichtungszeit.

Abb. 2: Labor-Sputter- und Plasmabehandlungsanlage UltrA S 150

Für einige Prüfverfahren zur Untersuchung der Funktionalitäten, wie z.B. der elektromagnetischen Schirmdämpfung mussten großflächigere Proben zur Verfügung gestellt werden. Diese Proben, wie auch Untersuchungen zur Steigerung der Haftfestigkeiten durch gesputterte Zwischenschichten sowie experimentelle Versuche zur Erzeugung elektrisch leitfähiger Schichten als Ausgangspunkt für intelligente Textilien wurden an den industriellen Batch-Anlagen vom Typ:

- SB 2000 (Von-Ardenne-Anlagentechnik, Vakuumverdampfung),
- DeQoTec (SYSTEC, Magnetron-Sputtern) und
- HC19 (HAUZER 1000/4-ABS, Vakuumbogenverdampfung) sowie
- HC27 (HAUZER 1000/4-ABS, Magnetron-Sputtern)

bei der TECHNO COAT beschichtet.

SB 2000 (Arc-Verdampfung)

Die Schüttgutbeschichtungsanlage SB 2000 (Von Ardenne Anlagentechnik, Dresden, Baujahr 1995, (siehe Abb. 3) arbeitet nach dem Prinzip der Arc-Verdampfung.

Die Anlage dient industriell der Beschichtung von Schüttgut, dass in einem ringförmigen Behälter mit einem Durchmesser von 1900 mm durch ein Rührwerk umgewälzt wird. Für die Beschichtung der Proben wurde das Rührwerk außer Betrieb genommen und die Substrate stationär am Boden des Rezipienten angeordnet.

Der Rezipient mit dem gekühlten Innenbehälter dient als Anode. Für die Beschichtungen stehen zehn im Deckelflansch montierte katodische Bogenquellen mit einem Targetdurchmesser von 192 mm zur Verfügung, von denen maximal sechs gleichzeitig betrieben werden können.

Zur Erzeugung des Hochvakuums dient ein Pumpstand, bestehend aus 4 Diffusionspumpen, Roots- und Drehschieberpumpe. Zur Unterstützung des Saugvermögens für Wasserdampf ist ein Kälteaggregat Polycold installiert, dessen Funktion in die Prozessabläufe automatisch integriert ist. Eine Glimmeinrichtung ermöglicht die Substratvorbehandlung zur Verbesserung der Schichthaftung. Das erforderliche Prozessgas wird flussgeregelt eingelassen.

Die Bedienung aller Funktionselemente der SB 2000 ist durch eine SIMATIC-Steuerung gewährleistet. Mittels dieser Steuerung sind sowohl der automatische Ablauf von Teilprogrammen als auch ein Handbetrieb der Anlage möglich.

Die verwendeten Al- bzw. Ti-Targets hatten eine Reinheit von 99,99% und stammten von W.C. Heraeus, Hanau.

Die Beschickung erfolgte manuell nach Abnahme des Rezipientendeckels. Die Substrate wurden im Innenbehälter unter den jeweiligen Targets im definierten Abstand zu deren Mittelpunkten so angeordnet, dass sich die gewünschten Schichtdicken bei bekannter Stromstärke und Beschichtungsdauer abscheiden ließen.

Im Vorfeld der eigentlichen Beschichtung wurde im Rezipienten eine Glimmentladung mit einer Spannung von ca. 3 kV und 3 A gezündet, bei der über eine Dauer von 30 min Luft mit einem konstanten Volumenstrom von 1000 ml /min eingelassen wurde. Die Glimmentladung dient der Entfernung des auf den Substratoberflächen adsorbierten Wasserdampfs bzw. der gründlichen Reinigung der Substrate von eventuell verbliebenen Verschmutzungen und sorgt somit für eine Verbesserung der Haftfestigkeit der abgeschiedenen Metallschichten. Für die Beschichtung wurde der Rezipient auf einen Druck von $9{,}4 \cdot 10^{-5}$ mbar evakuiert.

Zur Zündung der Bogenquellen wurden diese mit einer nadelförmigen Zündelektrode kurzgeschlossen. Beim Zurückgehen der Elektrode zündete der entstehende Abreissfunken die Bogenquelle. Die Arc-Bedampfung zur Abscheidung von Ag-, Al- und Ti-Schichten erfolgte bei Stromstärken von 200 A. Ti-Schichten erfolgte bei Stromstärken von 200 A.

Abb.3: Schüttgutbeschichtungsanlage SB 2000

Beschichtungszentrum DeQoTec (Magnetron-Sputtering)

Die DeQoTec wurde erst gegen Ende der Projektlaufzeit in Betrieb genommen und mit ihr eine neue Betriebsstätte von TECHNO COAT in Oberseifersdorf bei Zittau gegründet. In der Projektlaufzeit wurde nur eine einzige Cu-Beschichtung realisiert. Eine Reihe von Experimenten im Sinne von ANTIBAK werden noch nach Abschluss des Projektes realisiert.

Die DeQoTec ist eine Vier-Kammer-Beschichtungsanlage für dekorative Metall- oder Hartstoffschichten auf Metallen oder hochwertigen Kunststoffen mit integrierter Teilereinigung, Fördersystem und automatischer Bestückung der Vakuum-beschichtungsanlage. Der Gesamtflächenbedarf der Anlage beträgt ca. 60 m x 20 m bei einer elektrischen Anschlussleistung ca. 600 kW. Sie ist weltweit eine der produktivsten Beschichtungsanlagen.

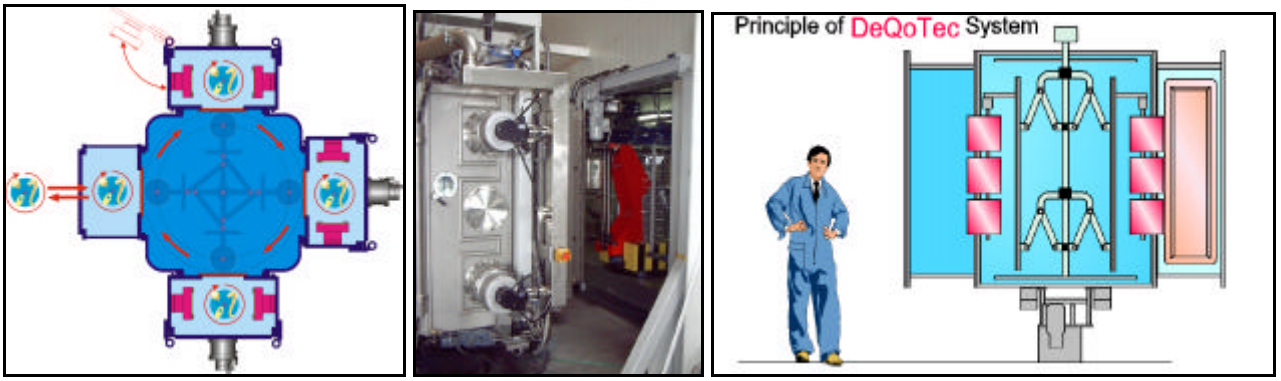


Abb. 4: Vier-Kammer-Beschichtungszentrum DeQoTec

HTC 1000/4 ABS? (Magnetron-Sputtering / Vakuumverdampfung)

Die industriellen Beschichtungsanlagen HTC 1000/4 ABS? (Hauzer Techno Coating, Venlo, Niederlande, siehe Abb. 5) sind mit 4 Targets ausgestattet und wurde für die Abscheidung von Sputter- und Arc-Schichten im Rahmen des Projektes ANTIBAK eingesetzt. Die Anlagen gestatten sowohl die sequentielle als auch die simultane Schichtabscheidung nach dem Prinzip der steered arc-Verdampfung und dem Magnetronsputter- bzw. dem unbalanced Magnetronsputterprinzip. Alle 4 Kathoden können gleichzeitig unabhängig voneinander betrieben werden. In Anlage 5 ist der Querschnitt der Anlagen dargestellt.

Der Abstand der gegenüberliegenden Katoden beträgt 1 m. Die Substrataufnahme wird durch einen Drehtisch realisiert, der die Substrate gegebenenfalls in Dreifachrotation an den Katoden vorbeiführt, um eine homogene Orientierung des Schichtwachstums zu gewährleisten. Durch den Einsatz vertikal angeordneter, 600 mm hoher Rechteckkatoden sind gleichförmige Beschichtungen im größten Teil des Kammerprofils möglich. An die Substrate kann eine negative Vorspannung (Bias) zur Verbesserung der Schichthaftung angelegt werden. Zur Vakuumerzeugung dienen zwei ungedrosselte Turbopumpen mit einer Saugleistung von 2200 ls^{-1}, die durch eine Rootspumpe und eine Drehschieberpumpe mit Saugleistungen vom 500 m^3h^{-1} bzw. 250 m^3h^{-1} unterstützt werden. Die Steuerung der Reaktivgaszuführung wird über die präzise Totaldrucküberwachung durch ein Viscovac-Manometer (Leybold)

verwirklicht. Sämtliche Funktionselemente der Anlagen können durch eine Mitsubishi-PLC-Steuerung sowohl manuell als auch vollautomatisch betrieben werden.

Abb. 5: Anlage HTC 1000/4 ABS®

Ein speziell von der TECHNO COAT im Rahmen des Versuchsaufbaus entwickelter und angefertigter Substrathalter ermöglicht die Beschichtung von mehreren textilen Flächen in einem Arbeitsgang in den Beschichtungskammern der HC 19 bzw. HC 27.

Folgende Merkmale waren zu erfüllen:

- einfacher Halterungsaufbau,
- Umrüstzeiten von einer industriellen PVD-Charge zu einer Forschungscharge (und umgekehrt) so gering wie möglich halten,
- optimaler Befüllungsgrad,
- zweiseitige Beschichtung der textilen Flächengebilde,
- minimaler Aufwand zur Befüllung der Beschichtungskammer,
- minimaler Aufwand bei der Vorbereitung der Substrate,
- optimaler Bedeckungsgrad bei der PVD-Beschichtung.

Als Ergebnis von Vorversuchen und Auswertung der Anforderungen im Variantenvergleich wurde eine sternförmige Form favorisiert. Dabei handelt es sich um drei symmetrische Formteile, welche zu einem Dreieck oberhalb des drehbar gelagerten Substrat-Tisches befestigt werden können. Seitlich angeordnete Bohrungen erlaubten eine zügige Befestigung von Rundstäben, auf denen wiederum die textilen Flächengebilde befestigt waren. Die realisierte Lösung ist in den Anlagen und dargestellt.

Maskierte Beschichtungen von Textilien sind auf diesen Anlagen ebenfalls denkbar. Diese Anlagen eignen sich auch für eine spätere wirtschaftliche industrielle Beschichtung von textilen Flächen, wenn kleinere Flächen mit haftfesten metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Schichten ausgerüstet werden

sollen, wie sie z.B. bei intelligenten Textilien mit sensorischen und / oder aktorischen Fähigkeiten verlangt werden.

Für die PVD-Beschichtung von textilen Flächen auf den Anlagen der TECHNO COAT waren im Rahmen des Screenings Restriktionen hinsichtlich bestimmter Eigenschaften der zu beschichtenden Substratmaterialien festzulegen. Neben der Geometrie unterlagen Temperaturfestigkeit und textile Struktur Beschränkungen (siehe Tab. 13):

Tab. 13: Anlagenbezogene Restriktionen

	Gewebe	Vliess	max. Fläche (cm²)	Fasern	min. Temperatur-beständigkeit (°C)
HC 19	ja	ja	20 x 60	nein	120
HC 27	ja	ja	20 x 60	nein	120
SB 2000	ja	ja	10 x 10	ja	150
DeQoTec	ja	ja	20 x 80	nein	80

Ein weiterer Screeningpunkt beinhaltete die Aufstellung anlagenbezogener Metallisierungsmöglichkeiten (siehe Tab. 14):

Tab. 14: Anlagenbezogene Metallisierungsmöglichkeiten

	Ti	Zr	TiAl	Nb	Ag	Cr	Cu	Al
HC 19		x				x		
HC 27			x	x		x		
SB 2000	x				x		x	x
DeQoTec	x	x	x			x	x	x

Auf der Basis der in den Screeningpunkten festgelegten Möglichkeiten und Restriktionen erfolgte vom Verbundpartner WESOM die Lieferung entsprechender textiler Flächengebilde und Fasermaterialien, die nach einem WESOM-internen Screenings ausgewählt worden sind.

Eine wirtschaftliche großflächige Bandbeschichtung von textilen Flächen mittels der PVD-Technologie ist nur auf Roll-Coatern mit Breiten von mindestens 150 cm möglich (siehe Abb. 6). Das Grundprinzip dieser Rolle zu Rolle Anlagen ist von der PVD-Beschichtung von Folien bekannt. Bandbeschichtungsanlagen stellten im Vorhaben die Firma UNITEC und das FEP zur Verfügung. Auf diesen Anlagen wurden entsprechende großflächige Muster im Rahmen der Aufskalierung hergestellt.

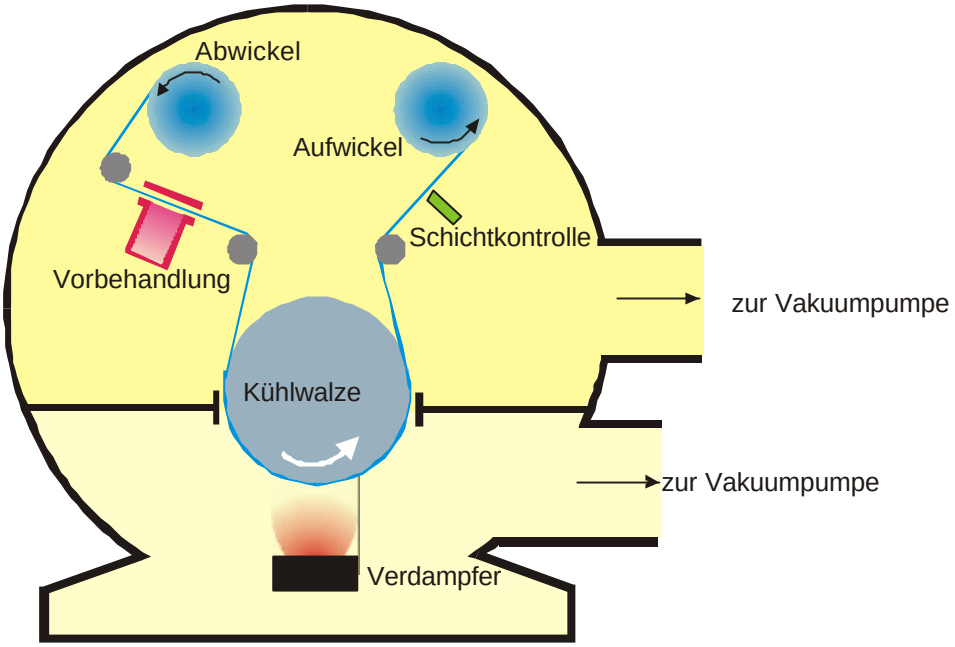


Abb. 6: Schema einer Bandbedampfungsanlage

FOBA 800 (UNITEC) / FOBA 1000 (FEP)

Die Folienbeschichtungsanlagen FOBA 800 und FOBA 1000 dienen der Beschichtung von Kunststofffolien und anderen bandförmigen Substraten geringer Steifigkeit (also keine Metallfolien oder -bänder) im Vakuum. Die Anlagen bestehen aus einem evakuierbaren Behälter von ca. 10 m^3 Volumen, der die Transporteinrichtung für das Substrat (Bandlaufwerk), den Verdampfer sowie Vorbehandlungs- und Hilfsaggregate aufnimmt. Das Substrat wird in Form von Rollen im Bandlaufwerk eingespannt, welches mit dem Öffnen der Anlage erst zugänglich wird. Somit ist ein Chargenbetrieb vorgegeben. Der Erzeugung des Vakuums dient ein Pumpstand, der aus Drehschieber-, Roots- und Diffusionspumpen besteht und von einem Rechner, verbunden mit einer SIMATIC-Steuerung wahlweise voll- oder halbautomatisch oder aber von Hand gesteuert wird. Dem „Ausfrieren“ noch vorhandenen Restwassers zur Verbesserung des Vakuums dient ein spezielles Kälteaggregat, Polycold. Für die Vorbehandlung des Substrates im Sinne einer Feinreinigung, chemischen Oberflächenaktivierung und –modifizierung sind verschiedene Plasmaquellen installiert, die wahlweise genutzt werden können.

Die Anlage FOBA 800 arbeitet mit einem Elektronenstrahlverdampfer. Bei diesem Verfahren wird durch eine sogenannte Elektronenstrahlkanone ein sehr energiereicher Elektronenstrahl im Vakuum erzeugt, der dann über ein magnetisches Ablenksystem auf einen oder mehrere, zumeist gekühlte Tiegel gelenkt wird, die das Verdampfungsgut enthalten. Je nach Verdampfungsgut erzeugt der Elektronenstrahl im Tiegel eine Schmelze, aus der das Verdampfungsgut verdampft wird, oder er

bewirkt eine Sublimation, d.h. eine direkte Verdampfung aus dem festen Aggregatzustand heraus.
Die Anlage FOBA 1000 arbeitet mit einem thermischen Verdampfer, dessen Wärme durch elektrische Widerstandsheizung in keramischen Stäben, den sog. Schiffchen erzeugt wird. Auf diese weißglühenden Schiffchen wird das drahtförmige Verdampfungsgut dosiert, d.h. gleichmäßig und regelbar von Drahtrollen, je nach erforderlicher Verdampfungsrate.
Eine Rolle von Bahnware, gewickelt auf einen Kern mit definiertem Durchmesser – hier 90 mm – wird auf einer Welle arretiert (sog. Abwickel). Ein System von Walzen geringen Durchmessers dient dem faltenfreien Transport und der Zuführung zu allen eingebundenen Mess-, Vorbehandlungs-, Monitorierungs- und Beschichtungssystemen. Teil des Bandlaufwerkes ist weiterhin eine Kühlwalze mit größerem Durchmesser – hier 500 mm - , die in die Beschichtungskammer direkt über dem Verdampfer hineinragt und die Aufgabe hat, das Band während der Bedampfung gleichmäßig mit vorgegebener Geschwindigkeit durch die im Verdampfer erzeugte Dampfkeule zu führen. Der Abstand zum Verdampfer beträgt bei der FOBA 800 und FOBA 1000 ca. 150 mm. Die beiden Anlagen arbeiten mit Drücken von ca. $10^{-3}..10^{-2}$ Pa.

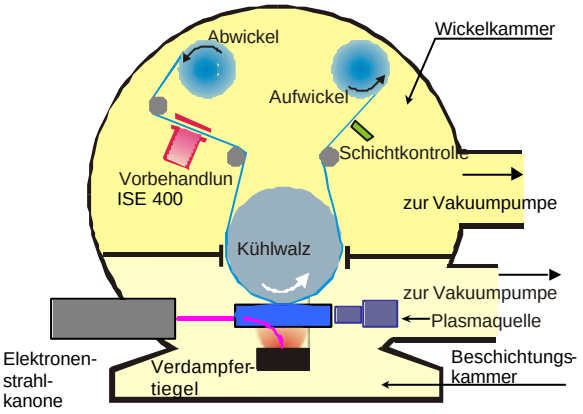


Abb. 7: Folienbedampfungsanlage mit Elektronenstrahlverdampfer (FOBA 800)

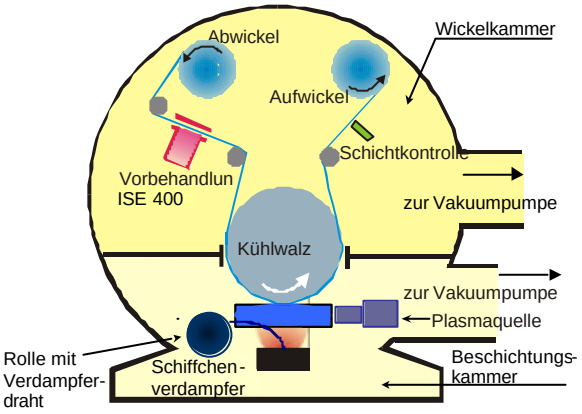


Abb. 8: Folienbedampfungsanlage mit Schiffchenverdampfer (FOBA 1000)

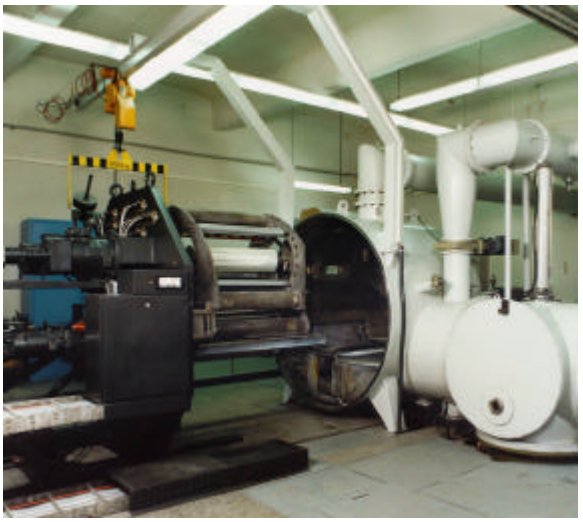


Abb. 9: Folienbedampfungsanlage FOBA 800

Abb. 10: Folienbedampfungsanlage FOBA 1000

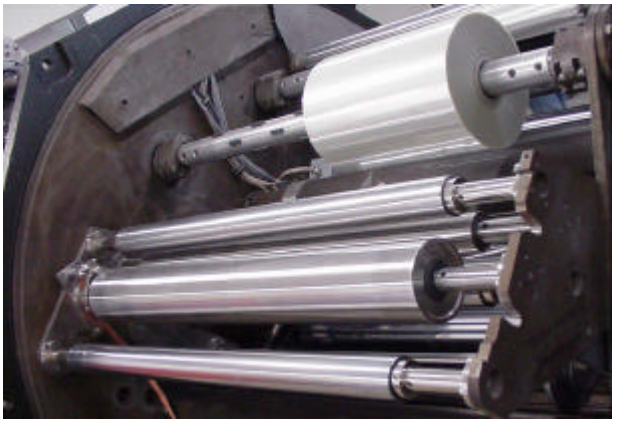


Abb. 11: Folienbedampfungsanlage FOBA 1000, Detail des Bandlaufwerkes mit eingelegter Folienrolle

Eine wirtschaftliche großflächige Beschichtung von textilen Flächen erfordert eine wesentliche Optimierung vorhandener Technologien und Roll-Coater für die speziellen Anforderungen von dreidimensionalen textilen Flächen verschiedenster Ausgangsmaterialien.

7.1.1.3 Anforderungen der großflächigen PVD-Textilbeschichtung gegenüber der Folienbeschichtung:

Eine Folienbeschichtung ist gekennzeichnet durch:

- zweidimensionale Oberflächen, die lediglich eine Mikrostrukturierung aufweisen;
- eine gute Erreichbarkeit der Oberfläche sowohl für eine Plasmavorbehandlung als auch für den Beschichtungsvorgang (keine Abschattungen);

- ein gleichmäßiges Schichtwachstum auf dem Substrat;
- gute Kühlmöglichkeiten des Substrates durch Anpressen an eine gekühlte Walze während des eigentlichen Bedampfungsvorganges.

Die Einsatzbereiche der Folien stellen zumeist nur geringe chemische, mechanische oder thermische Anforderungen an den Substrat-Schicht-Verbund.

Tab. 15: Beanspruchung beschichteter Folien verschiedener Anwendungsgebiete im Vergleich zu Textilien

Beschichtungs-technologie	Schicht-material	Schicht-eigenschaft	Anwendung	Beanspruchung durch: Biegen, Knicken	Scheuern
Thermische Verdampfung Elektronenstrahl-verdampfung	Al	Leitfähigkeit	Kondensatoren	sehr gering	sehr gering
		Permeations-sperre, Lichtschutz	Lebensmittel-verpackungen	gering	gering
		Glanz	Dekorative Anwendungen (z.B. Etiketten)	gering	gering
thermische Verdampfung	Cu	Biozid	Dachabdeckung für Dachbegrünung	gering	gering
		Leitfähigkeit	flexible Leiterplatten	mittel	gering
thermische, reaktive Verdampfung	Al_2O_3	Permeations-sperre, optische Transparenz	Lebensmittel-verpackung	gering	gering
Elektronenstrahl-verdampfung	SiO_2, Al_2O_3				
PECVD*	SiO2				
Sputtern	SiO_2, TiO_2, $Al2O_3$, Nb_2O_5, Ag	Brechungsindex	optische Filter (z.B. für Fenster und Displays)	sehr gering	gering
	ITO	Leitfähigkeit, optische Transparenz	Touchpanels, Antistatik-schichten für Displays	sehr gering	gering

PVD-Beschichtung von textilen Flächengebilden:

- Bei Textilien werden in Abhängigkeit des Einsatzes verschiedene Ausgangsmaterialien (Naturfasern, Kunstfasern, mineralische Fasern) eingesetzt, die vollkommen verschiedene Beschichtungseigenschaften aufweisen.
- Unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten, E-Module etc. der einzelnen Ausgangsmaterialien zu den Beschichtungsmaterialien können Spannungen an den Übergängen und in deren Folge Abplatzung, Risse etc. verursachen.
- Die 3D-Faserstruktur des Textils weist eine wesentlich größere Oberfläche im Vergleich zur Folie auf.
- Die dreidimensionale Struktur des Textils bewirkt Abschattungen, wodurch lokal sehr unterschiedliche Schichtdicken auf dem Substrat abgeschieden werden.
- Geringere Kontaktflächen zwischen Textil und Kühlwalze auf Grund der Substratstruktur schränken im Vergleich zur Folie die Kühlmöglichkeiten während des Bedampfungsvorganges ein.
- Der in der Regel höhere Feuchtegehalt textiler Flächen erschweren den Beschichtungsprozess. Ggf. muss das Material vor der Beschichtung getrocknet werden.
- Textile Flächen sind in der Regel dicker als Kunststofffolien. Die Bandlänge pro Rolle und damit pro Beschichtungslauf ist daher geringer. Dies setzt die Produktivität herab oder es müssen größere Rollendurchmesser bei der Beschichtungsanlage vorgesehen werden.

In vielen Fällen werden gegenüber Folien höhere Anforderungen an den Substrat-Schicht-Verbund gestellt.
Z.B.:

- beim Textilen Bauen, bei Zelten;
- bei Rollläden, Markisen und anderen Sonnenschutztextilien;
- bei Filtermaterialien und
- bei Schutzkleidung.

Diese Anwendungen sind gekennzeichnet durch hohe mechanische Beanspruchungen und/oder chemische/physikalische Extrembelastungen, wie das z.B. bei Filtermaterialien im Hochtemperaturbereich oder bei Hitzeschutztextilien (Schutzanzügen) der Fall ist.

Die Bedampfung von textilen Flächengebilden stellt gegenüber der Folienbedampfung aus zwei Gründen höhere Anforderungen an die Beschichtungstechnologie und die Beschichtungsanlagen. Zum Einen bereitet die Struktur der textilen Substrate technische Probleme, die sich sofort auf die Qualität der Beschichtung auswirken. Zum Anderen stellen die Einsatzbedingungen für

Textilien im Allgemeinen, wie auch in diesem Vorhaben höhere Anforderungen an den Substrat-Schicht-Verbund als bei Folien.
Aus diesen Gründen kann das Verfahren zur Folienbedampfung nicht einfach auf Textilien übertragen werden, sondern muss erheblich modifiziert werden.

7.1.1.4 Spezifikation einer industriellen Anlage

Bei der Konzipierung einer Industrieanlage (UNITEC / FEP) zur Vakuumbedampfung von textilen Flächen wurden auch die Erfordernisse einer Folienbedampfung mit Al und Ag für Sonnenschutzsysteme berücksichtigt. Die Erweiterung des Anwendungsspektrums dieser Anlage, z.B. durch höhere Bandgeschwindigkeiten, als sie für die Textilbedampfung gebraucht würden, führt zu keiner nennenswerten Kostenerhöhung. Sie schafft aber die Möglichkeit, andere Beschichtungen preisgünstig anzubieten und so die Anlage bei zu geringem Bedarf an den o.g. Produkten trotzdem auszulasten. Nachfolgende Aufstellung sowie die Tabelle 16 geben eine Zusammenfassung der wichtigsten Kenngrößen einer entsprechenden Industrieanlage.

Vakuumanlage
Die Vakuumanlage muss mindestens aus zwei Kammern bestehen. In der Wickelkammer wird durch mechanische Pumpen ein Vorvakuum erzeugt. In der Bedampfungskammer wird Hochvakuum durch Öldiffusionspumpen erzeugt. Dadurch kann auch bei ausgasenden Bandmaterial das erforderliche Bedampfungsvakuum mit vertretbarem Aufwand erzeugt werden.

Verdampfer
Für die Kupferbedampfung können Schiffchenverdampfer eingesetzt werden. Die Zahl der Verdampfer richtet sich nach der Bandbreite, wobei pro ca. 100 mm Bandbreite ein Verdampferschiffchen erforderlich ist.

Die Aluminiumverdampfung und die Silberverdampfung können ebenfalls durch Verdampferschiffchen erfolgen. Für die Silberverdampfung muss noch geklärt werden, wie man mehr als 30 min ohne Unterbrechung bedampfen kann. Die Aluminiumoxidbedampfung kann reaktiv durch Aluminiumverdampfung erfolgen. Für diese Anwendung ist zwischen Verdampfer und Kühlwalze ein Sauerstoffeinlass und eine Plasmaanregung beispielsweise durch Hohlkatodenplasma unbedingt erforderlich.

Die Titanoxidverdampfung muss mit dem Elektronenstrahl erfolgen. Es gibt zwei Möglichkeiten. Im Vorhaben wurde die Oxidverdampfung eingesetzt. Preiswerter -

aber technisch schwieriger ist die reaktive Verdampfung von Titan. Auf jeden Fall muss die Titanoxidbedampfung mit Plasmaanregung durchgeführt werden, damit Aufdampfschichten mit ausreichend hohem Brechungsindex entstehen. Ein Sauerstoffeinlass zwischen Verdampfer und Kühlwalze ist ebenfalls erforderlich.

Bandlaufwerk

Bandbreite und Rollendurchmesser richten sich nach den üblichen Bandbreiten (mind. 150 cm) der Textilindustrie und nach den erforderlichen Produktivitäten. Zunehmende Bandbreite und zunehmender Rollendurchmesser erhöhen die Produktivität. Wenn die Materialdicke mehr als 1 mm beträgt, dann ist unter Umständen eine Luft zu Luft Anlage vorzusehen. Über Rollenschleusen, die durch Vorvakuumpumpen evakuiert werden, wird das Band Schritt für Schritt auf Bedampfungsvakuum gebracht. Die Bedampfungskammer muss dann nicht bei jedem Rollenwechsel belüftet werden sondern nur zum Beseitigen von Streuschichten in der Umgebung der Verdampfer und am Bandlaufwerk. Dadurch sinken für sehr dicke Bandmaterialien die Bedampfungskosten.

Messtechnik

Für die Kontrolle der Kupferbedampfung für die antibakterielle Ausrüstung ist für die untersuchten beschichteten Gewebe die Messung der Leitfähigkeit der Aufdampfschichten durch Wirbelstrommessung geeignet. Es muss eine Kontrollmessung mit dem speziellen Substratmaterial durchgeführt und dann berücksichtigt werden. Die Eichung kann mit der Röntgenfluoreszenzanalyse erfolgen. Auch eine in-situ Röntgenfluoreszenzanalyse ist denkbar.

Für die Vermessung des 3-Schichtsystems der Energieschirme ist eine Messung der Transmissions- oder Reflexionsspektren geeignet. Nach Erfahrungen bei der Glasbedampfung können die Systeme Oxidschicht, Oxidschicht + Metallschicht und Oxidschicht + Metallschicht + Oxidschicht an den Spektren erkannt und entsprechend beeinflusst werden. Für die Metallschicht der Energieschirme ist eine Wirbelstrommessung denkbar. Genauso ist eine in-situ Röntgenfluoreszenzanalyse möglich. Die Transmissionsmessung bei 400 nm, wie sie in den Versuchen angewendet wurde, ist weniger geeignet, da die unter der Metallschicht liegende Antireflex-Schicht mitgemessen wird und die Messung verfälschen kann.
(Schwierigkeiten ergaben sich bei der optischen Messung der ersten AlOx-Schicht direkt auf der PP-Folie. Der Kontrast der Spektren war zu gering, weil wahrscheinlich der Brechungsindex der Schicht zu nahe beim Brechungsindex der PP-Folie liegt. Bei der Bedampfung von Polyester mit AlOx gab es keine derartigen Probleme.)

Tab. 16: Spezifikation einer industriellen Bandbedampfungsanlage zur Beschichtung von textilen Flächen und Folien

Parameter	Einheit	Wert	Bemerkung	
1. Produktivität und technische Parameter				
Substrat-Dicke	µm	6...2000		
Bandbreite	mm	1600		
Anzahl der Schiffchen		17	1 Schiffchen je 100 mm	
Hohlkatoden		0	pro m: 5 HK	
Rollenaußendurchmesser	mm	800		
Spannwellenduchmesser	mm	77	3-Zoll-Welle	
Bandlängen (Grenzwerte)	m	41.000 250	>>> (theoretisch) bei 12 µm-Folie >>> bei textilen Flächen, bis 2 mm	
Dampfausnutzungsrate	%	>39		
Bandlaufwerk			Eignung für Textilbedampfung + Folienbedampfung	
Bandgeschwindigkeit	m/s	0,01…10 m/s	Beschichtung bei Vor- und Rücklauf möglich; in beiden Richtungen sind Bandzug und -geschwindigkeit regelbar	
Verdampfungsmaterial		Cu	Al	Ag
Maximale Beschichtungsrate[1]	nm*m/s	152	450	109
✍✍Maximale Drahtzufuhr je Schiffchen	g/min	10	9,6	8,6
2. Auslastung und Bedienung				
Arbeitstage pro Jahr	Tage	365		
Arbeitsschichten	Anzahl/d	3		
verfügbare Arbeitsstunden pro Jahr	h/a	8760		
Anzahl von Bedienern		1		

7.1.2 Haftfestigkeiten

Basierend auf den unterschiedlichen Anwendungsbereichen von beschichteten Textilien ergeben sich sehr breit streuende Anforderungen an den Substrat-Schicht-Verbund. Eine Grundvoraussetzung für die spätere erfolgreiche Platzierung der Produkte am Markt ist neben dem Erreichen der gewünschten Funktionalitäten eine ausreichend haftfeste Abscheidung der Schichten auf dem Substrat. Für die einzelnen Anwendungsgebiete im Vorhaben wurden durch die Textilfirmen entsprechende Anforderungen vorgegeben.

[1] Maximale Beschichtungsrate und Drahtzufuhr sind Erfahrungswerte der UNITEC und sind sehr anlagenspezifisch.

In Abhängigkeit von Substratstruktur, -material, Herstellungstechnologie sowie eingesetztem Schichtmaterial, Beschichtungstechnologie etc. weichen die erzielbaren Haftfestigkeiten sehr stark voneinander ab. Mittels Vor- und / oder Nachbehandlungen sowie Veränderungen des Beschichtungsregimes können für jeden spezifischen Substrat-Schicht-Verbund optimale Haftfestigkeiten erzielt werden.

7.1.2.1 Steigerung der Haftfestigkeit

Die Steigerung der Haftfestigkeit der funktionalen Schichten auf den Substraten kann durch verschiedene Maßnahmen erreicht werden, die im Rahmen der Beschichtungstechnologie aufeinander abzustimmen sind.
Die Optimierung der Haftfestigkeit war unter Einbindung aller Partner ein wesentlicher Schwerpunkt der Arbeiten im Verbundvorhaben.

Von den Kooperationspartnern UNITEC, FEP und TECHNO COAT wurde in Abstimmung mit der Hochschule der Einfluss der einzelnen Beschichtungsparameter auf die Erhöhung der Haftfestigkeit untersucht.
Eine weitere Möglichkeit der Verbesserung der Haftfestigkeit der funktionalen Schichten auf dem Substrat liegt im Substrat selbst. Zum einen wurden auf Anforderung der Hochschule Substratstruktur und -material durch die Textilfirmen im Rahmen der Substratkonstruktion variiert. Zum Anderen wurde durch verschiedene Vor- und / oder Nachbehandlungen der Substrate die Oberfläche modifiziert.

<u>Substratkonstruktion</u>
Schwerpunkt der Substratkonstruktion der WESOM und HEYTEX war die Realisierung der vorgegebenen Anforderungen, z.B. hinsichtlich der mechanischen Kennwerte, Brandverhalten etc. Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben wurden die Substrate hinsichtlich ihrer Ausgangsmaterialien, Herstellungstechnologie, Fadendichte sowie der Schichtmaterialien von Zwischenschichten für eine PVD-Beschichtung optimiert bzw. wurden weitere Zwischenschichten eingefügt. Im Einzelnen werden diese Arbeiten bei den Funktionalitäten im Kapitel Versuchsdurchführung / Substratkonstruktion näher beschrieben.

<u>Vorbehandlungen</u>
Folgende Vorbehandlungen wurden durchgeführt:

- Entfernen von Schlichten und Avivagen

Für die Garnherstellung und den weiteren textilen Verarbeitungsprozess werden Garne mit Schlichten und Avivagen vor Verschleiß geschützt. Diese Schutzschichten

haben großen Einfluss auf das Haftvermögen bei der PVD-Beschichtung. Für Fäden aus natürlichen Polymeren und nachwachsenden Rohstoffen, z.B. Viskose, Baumwolle etc. werden vor allem Schlichtmittel auf Stärkebasis oder Zellulosederivat verwendet. Für Fäden aus synthetischen Polymeren haben sich u.a. Schlichtmittel auf Basis Polyvinylalkohol bewährt.

Im Rahmen der Vorbehandlungen wurden die Schlichten mittels eines Extraktionsgerätes nach Soxhlet entfernt. Als Extraktionsreagenzen kamen dabei Tetrachlormethan (CCl_4) und Aceton (CH_3COCH_3) zum Einsatz. In der nachfolgenden Tabelle ist das Regime der Entfernung der Schlichten und Avivagen aufgetragen.

Tab. 17: Regime der Extraktion

Substrat	Extraktionsreagens	Zyklen
PES	**CCl_4**	**10**
Basalt	**CCl_4**	**10**
	CH_3COCH_3	**3**

Mittels Spektroskopie wurde die Entfernung der Schlichten und Avivagen analysiert. Diese Arbeiten wurden durch die Hochschule in enger Zusammenarbeit mit der TU Liberec realisiert.

- Vorbehandlung durch Gasphasenfluorierung

Eine Vorbehandlung mittels der Gasphasenfluorierung verleiht besonders bei Polyester und Polypropylen den Fasern neue Eigenschaften, wie Polarität und Haftvermögen. Dieses Verfahren der Vorbehandlung zeichnet sich durch eine gute Langzeitbeständigkeit, einen kontinuierlichen Prozess ohne Evakuierung und sehr gute Steigerung des Haftvermögens aus .
Fluor, das Element mit dem größten Elektronegativitätswert des Periodensystems , reagiert als starkes Oxidationsmittel praktisch mit allen anorganischen und organischen Verbindungen. Die Reaktionen an der Polymeroberfläche bei Einwirkung von Fluor führen u.a. zu einer Substitution von Wasserstoffatomen aus der Polymerkette durch Fluoratome und damit zu polaren Gruppen an den äußeren Polymerketten. In Abhängigkeit von der Intensität des Prozesses bilden sich CF, CF_2 oder CF_3 -Gruppen. Hieraus resultiert eine höhere Oberflächenenergie und ein geringerer Kontaktwinkel.
In Abhängigkeit vom Beschichtungsmaterial kann es zu weiteren Veränderungen der Substratoberfläche kommen. XPS Untersuchungen zeigen, dass bei

Gasphasenfluorierungen von Polyester in Verbindung mit Cu-Beschichtungen Änderungen im makromolekularen Aufbau des Substrates erfolgen, die zu neuen Bindungsmöglichkeiten und damit zu einer neuen Haftfestigkeit führen.

Eine Optimierung der Reaktion wird durch die Steuerung der Prozessparameter

- Reagenzkonzentration
- Reaktionstemperatur
- Reaktionszeit

erreicht.
Die Proben wurden im Forschungsinstitut für Leder- und Kunstledertechnologie gGmbH Freiberg mit verschiedenen Fluorkonzentrationen vorbehandelt.

Tab. 18: Prozessparameter während der Fluorierung

Prozessparameter	**Gasphasenfluorierung**
Fluorkonzentration	1%, 2%, und 3%
Geschwindigkeit (Reaktionszeit) Reaktionstemperatur	5 m/min 25 °C

- In-Line-Vorbehandlung

Als In-Line-Vorbehandlung wird eine Behandlung der Substratoberfläche unmittelbar vor der Beschichtung in der Beschichtungsanlage selbst bezeichnet.
Zu den Plasmavorbehandlungen gehören der Oberflächenabtrag und die Oberflächenaktivierung / -modifikation.
Oberflächenabtrag bedeutet im Wesentlichen die Entfernung der obersten Atom- bzw. Moleküllagen, sowie vorhandener Schmutzschichten.
Die Oberflächenaktivierung dient zur Vorbehandlung von Kunststoffoberflächen, um insbesondere das Haftvermögen von aufzutragenden zusätzlichen funktionellen Schichten zu verbessern.

Es wurden alle Proben unmittelbar vor der Beschichtung in der Labor-Sputter-Anlage Ultr AS 150 an der Hochschule einer Plasmavorbehandlung unterzogen.

Plasmaanregung mittels Hohlkatode während der Bedampfung auf den Folienbedampfungsanlagen FOBA I und II des FEP und der UNITEC wirkten sich nicht grundsätzlich günstig auf die Schichthaftung aus. Eine Erklärung dafür ist das Herauslösen größerer Mengen schwach gebundener Bestandteile aus oberflächennahen Bereichen durch das Plasma. In der Folge wird das Schichtwachstum stark gestört.

7.1.2.2 Prüfungsmethoden

Die Prüfung und Auswertung der Haftfestigkeiten der verschiedenen Substrat-Schicht-Verbunde wurde an der Hochschule vorgenommen.

Klebebandtest

Für eine erste grobe qualitative Einschätzung der Haftfestigkeit der metallischen Schichten auf den verschiedenen Substraten wurde ein Klebebandtest bei allen Proben durchgeführt. Die Parameter des eingesetzten Klebebandes sind in Tabelle 19 dargestellt. Das Prinzip dieses Abrisstests entspricht dem im folgenden beschriebenen Peel-Test (siehe Abb. 12).

Tab. 19: Technische Daten des eingesetzten Klebebandes

Bezeichnung	tesa Dokument-Film
Breite	15 mm
Träger	Polypropylen
Klebemasse	Acrylat
Klebekraft	2,8 N/cm = 4,2 N/15mm

Peel-Test

Für eine genaue Einschätzung der Haftfestigkeit wurden verschiedene Proben einem Peel-Test unterzogen. Diesem Test wurden hauptsächlich die Proben zugeführt, die beim vorangegangenen Klebebandtest Haftfestigkeitswerte über 4,2 N/15mm erreicht hatten. Den Peel-Test führte das Forschungsinstitut für Leder- und Kunststoffbahnen Freiberg (FILK) in Anlehnung an die englische Norm IUF 470 durch. Die Werte der Haftfestigkeit werden in N/15 mm angegeben

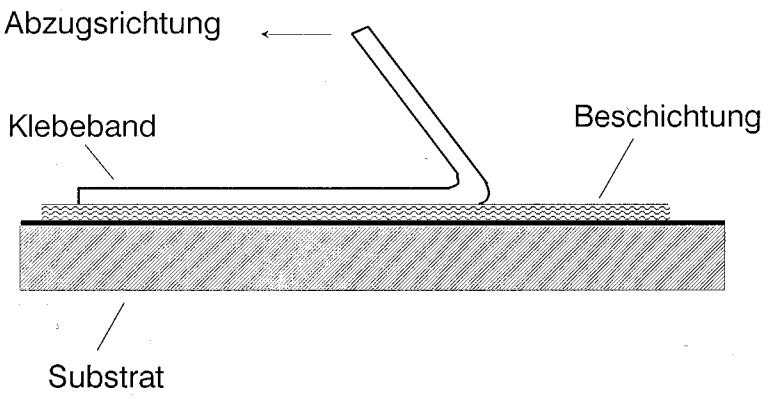


Abb. 12: Schema des Peel-Testes

Scheuertest

Mit Hilfe des Martindale-Scheuertests werden die realen Beanspruchungen von Textilien anwendungsnah nachgestellt. Die Untersuchungen erfolgten nach DIN EN 530 (Abriebfestigkeit von Schutztextilien). Hierbei werden kreisförmige Proben mit einem Durchmesser von 38 mm unter einem einstellbaren Druck (in unserem Fall 9 kPa) gegen ein Standardschleifmittel gerieben. Die sich ständig ändernden Bewegungen (Lissajous-Figur) stellen sicher, dass die Oberflächen der Proben in jeder Richtung mechanisch beansprucht werden. Auf Grund der verschieden einstellbaren Scheuertouren kann die Langlebigkeit des Schicht-Substrat-Verbundes vorausgesagt werden. In den Versuchen wurden 400, 600, 800 und 3000 Scheuertouren geprüft. Die Auswertung erfolgte visuell.

Abb. 13: Martindale Scheuergerät

7.1.2.3 Auswertung / Schlussfolgerungen

Entscheidende Verbesserungen der Haftfestigkeiten wurden für das Substrat Polyester durch die Entfernung der Avivagen erreicht. Für mit Kupfer besputterte Proben konnten durch diese Vorbehandlung die Werte von 2,3 N/15 mm auf 7,3 N/15 mm gesteigert werden. Haftfestigkeitsverbesserungen wurden durch diese Vorbehandlung ebenfalls bei Basaltsubstraten erreicht. Allerdings fielen die Verbesserungen nach Entfernung der Silanschichten etwas geringer als bei den Polyesterproben aus (siehe Abb.).

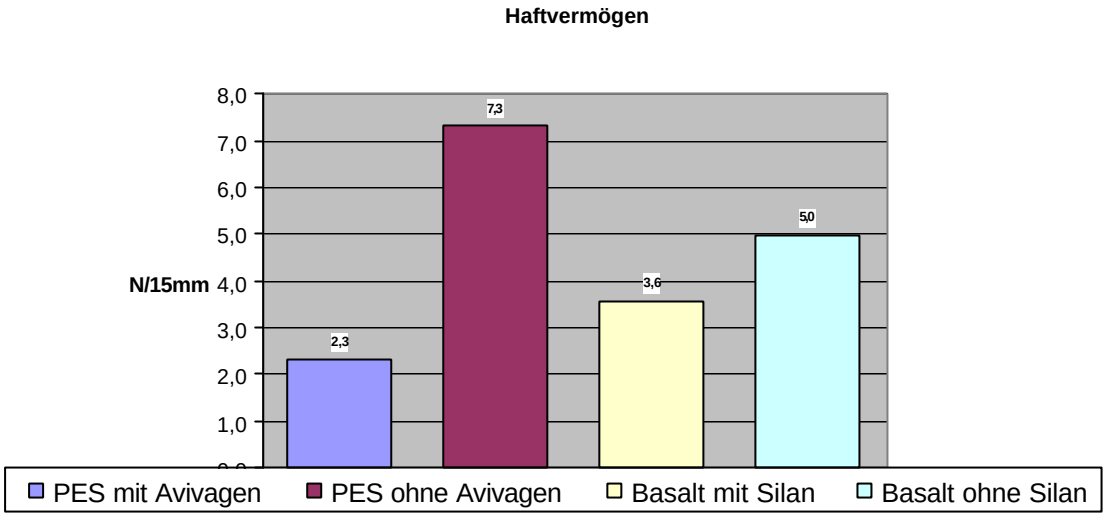


Abb. 14: Gegenüberstellung der Haftfestigkeiten mit / ohne Schlichten / Avivagen

Vorbehandlungen der Substrate mittels der Gasphasenfluorierung hatten ebenfalls eine Erhöhung der Haftfestigkeit zur Folge. In den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen sind die Erhöhungen der mit Kupfer besputterten und der durch das FEP bzw. UNITEC mit Kupfer bedampften Substrate dargestellt.

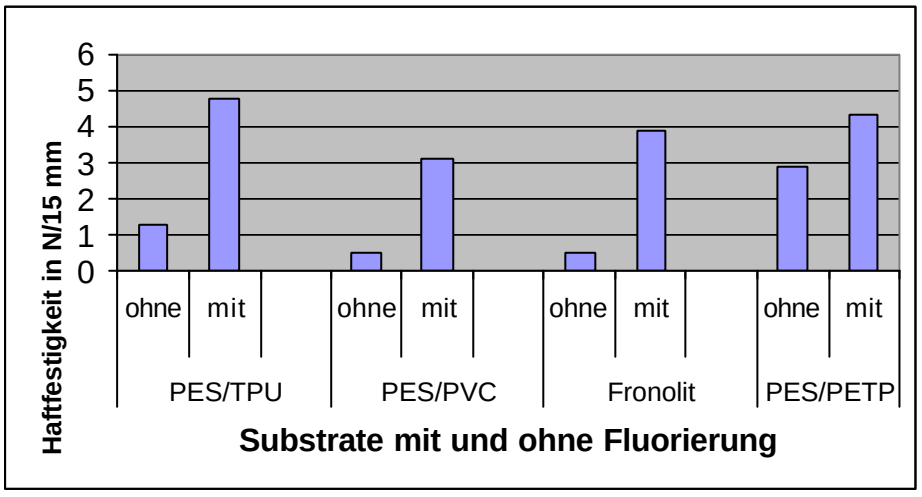


Abb. 15: Gegenüberstellung kupferbedampfter Substrate mit / ohne Fluorierung

Tab. 20: Gegenüberstellung kupferbesputterter Substrate mit / ohne Fluorierung

Substrat	**Vorbehandlung**	**Haftvermögen in N/15 mm**	**Bemerkung**
PES 7/7	Ohne	2,3	Metallschicht z.T. abgelöst
PES 7/7	Fluor 2%; 5 m/min	5,8 bis 6,5	Faserstruktur zerstört, Metallschicht i.O.; maximale Schichthaftung erreicht
BA 10/12	Ohne	3,5	Metallschicht z.T. abgelöst
BA 10/12	Fluor 2%; 5 m/min	3,9 bis 5,7	Faserstruktur zerstört, maximale Schichthaftung erreicht

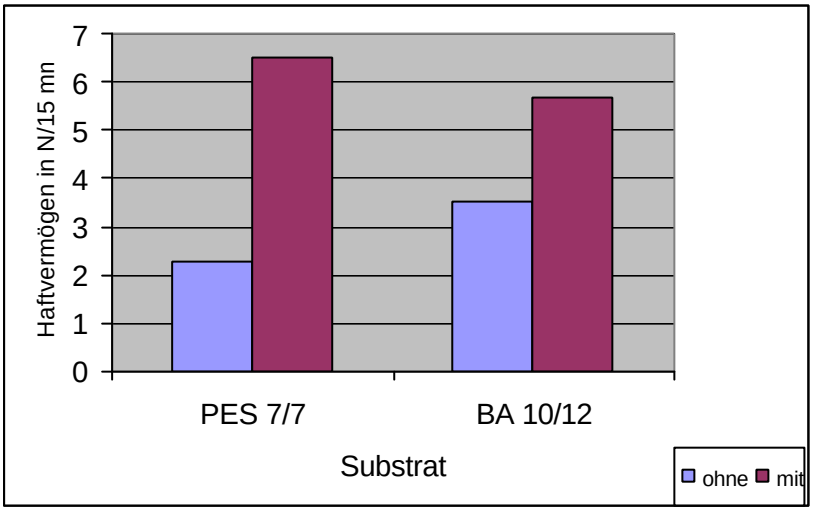


Abb. 16: Gegenüberstellung kupferbesputterter Substrate mit / ohne Fluorierung

Abbildung 17 zeigt am Beispiel des mit Kupfer bedampften Substrates PES die Erhöhung der Haftfestigkeit (Abrieb gemäß Scheuertest) nach einer Vorbehandlung mit 2% Fluor bei einer Durchlaufgeschwindigkeit des Substrates von 5 m/min.

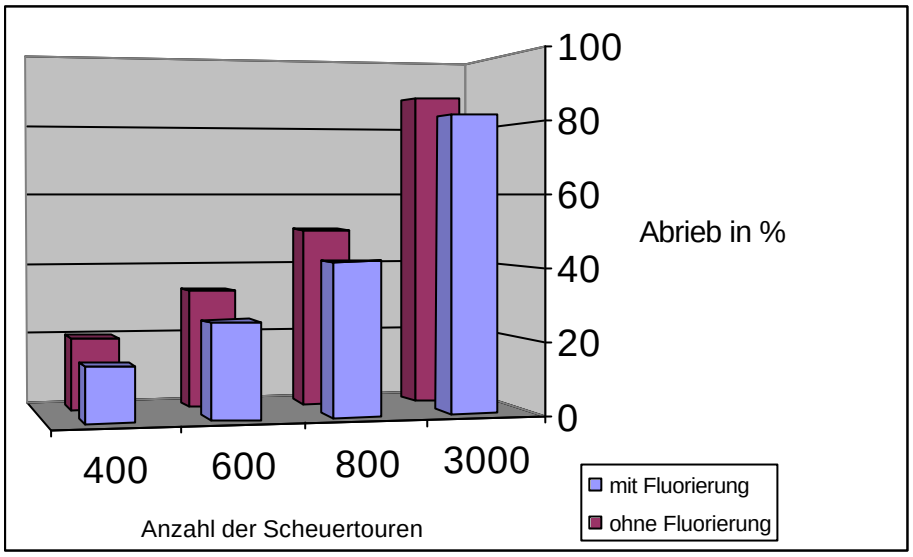
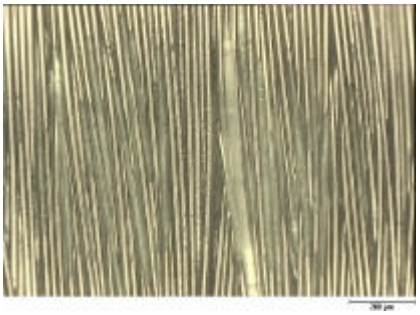
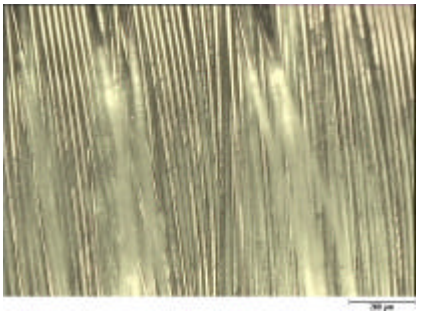


Abb. 17: Gegenüberstellung des Abriebes mit / ohne Fluorierung

Neben den zerstörenden Werkstoffprüfungen wurden mikroskopische Analysen zur Beurteilung der Vorbehandlungen durchgeführt.

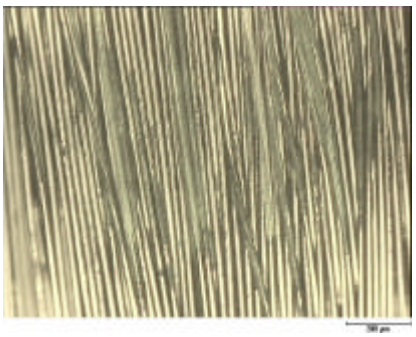


400 Scheuertouren



600 Scheuertouren

800 Scheuertouren



3000 Scheuertouren

Abb. 18: Lichtmikroskopische Aufnahmen der Cu-Oberflächen der textilen Struktur des PES7/7 bei 1% Fluorierung

Die Aufnahmen zeigen nur einen geringfügigen Abrieb der Cu-Schicht. Für die im Vorhaben vorgesehenen Anwendungsbereiche ist das erzielte Haftvermögen (Belastungsfall Abrieb) ausreichend.

7.1.3 Funktionale Eigenschaften

Ziel des Gesamtvorhabens ist vor allem die Applikation der Funktionalitäten Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und antibakterielle Ausrüstung. Entsprechend der späteren Anwendungsbereiche wurden von den Firmen WESOM und HEYTEX entsprechende Anforderungen basierend auf der Kenntnis des jeweiligen Marktes vorgegeben.
Die Textilfirmen konstruierten und produzierten die Substrate unter Berücksichtigung der gestellten Vorgaben hinsichtlich der späteren Einsatzgebiete und einer nachfolgenden optimalen Beschichtung. An der Hochschule, bei TECHNO COAT, UNITEC und dem FEP wurden die PVD-Beschichtungen durchgeführt. Die Hochschule unterstützte auf der Grundlage ihrer Erfahrungen die Produktionsfirmen bei der Materialauswahl und der Konstruktion der textilen Flächen sowie bei der Festlegung der Methoden der Vorbehandlung und des Beschichtungsregimes. Sie führte die Prüfung der Funktionalitäten und die Auswertung der erreichten Ergebnisse durch.

7.1.3.1 Abschattung

7.1.3.1.1 Grundlagen

Energieschirme

Als Energieschirme bezeichnet man textile Flächen, die in Gewächshäusern neben der Abschattung zu einer Reduzierung, des zur Aufrechterhaltung eines optimalen Klimas für das Pflanzenwachstum notwendigen Energieeinsatzes, beitragen (siehe Abb. 19).
Diese Textilien sollen in Verbindung mit entsprechenden Steuer- und Regeleinrichtungen die Sonneneinstrahlung für das Pflanzenwachstum und die Aufrechterhaltung der Raumtemperatur auf ein optimales Maß reduzieren. Neben der Vermeidung einer Aufheizung der Gewächshäuser soll in der kalten Jahreszeit vor allem die Wärmeabstrahlung reduziert werden.

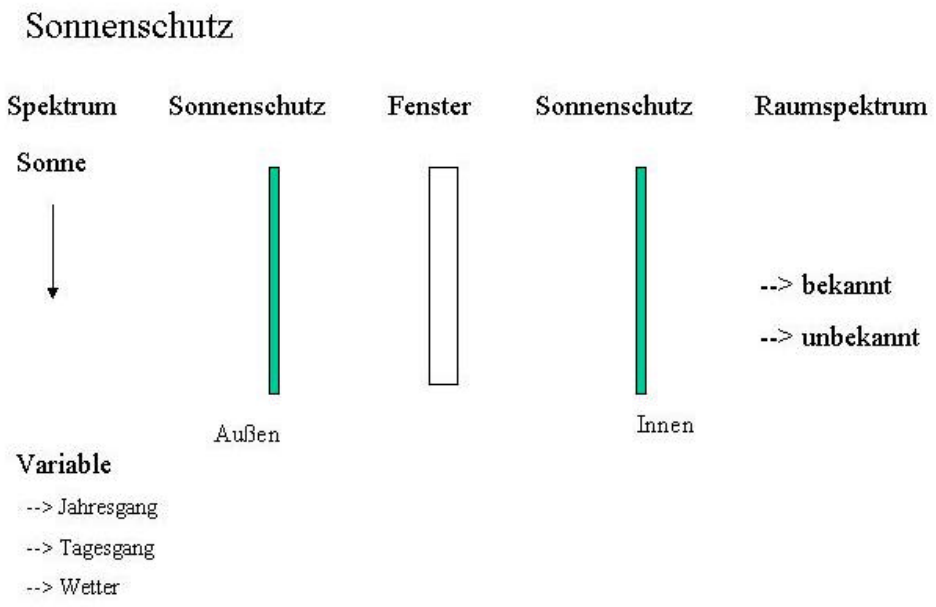


Abb. 19: Prinzipdarstellung - Sonnenschutz

Zur Realisierung dieser Anforderungen werden von der Industrie textile Gitterstrukturen mit unterschiedlichen Öffnungsweiten angeboten. Der Einsatz von zusätzlichen reflektierenden Materialien (zumeist Aluminiumfolienstreifen) zwischen den textilen Grundstrukturen bewirkt die Reflexion der Wärmestrahlung und damit die (wärme)energiereduzierenden Eigenschaften der Schirme. Mit zunehmender Dichte dieser reflektierenden Materialien erhöht sich die Energieeffizienz der Schirme. Allerdings nimmt gleichzeitig die Abdeckung und damit die Abschattung zu (siehe Abb. 20). Für ein optimales Pflanzenwachstum werden von Nutzpflanzen maximal Abschattungen von bis zu ca. 30 % und von Zierpflanzen von bis zu ca. 75 % toleriert. Eine darüber hinausgehende Abschattung reduziert das Pflanzenwachstum und somit den Ertrag des Gärtnereibetriebes.

Abb. 20: Energieschirm ULS H (Wettbewerbsprodukt)

Ziel ist es, bei Gewährleistung des für das optimale Pflanzenwachstum notwendigen sichtbaren Lichtanteiles, ein Maximum an Wärmestrahlung im Infrarotbereich zu reflektieren (siehe Abb. 21 / 22).
Die Beschichtung der textilen Gitterstruktur mit reflektierenden Schichten reduziert das System auf eine Struktur (siehe Abb. 23 – Monosystem), die neben der notwendigen Festigkeit der Schirme die Reflexion der Wärmestrahlung ermöglicht. Somit reduziert sich die Abdeckung der Gesamtfläche bei gleicher Reflexionsfläche und verbessert sich das Verhältnis T_{VIS} / R_{IR} (T_{VIS} - Transmission im visuellen Lichtbereich / R_{IR} - Reflexion im infraroten Lichtbereich).

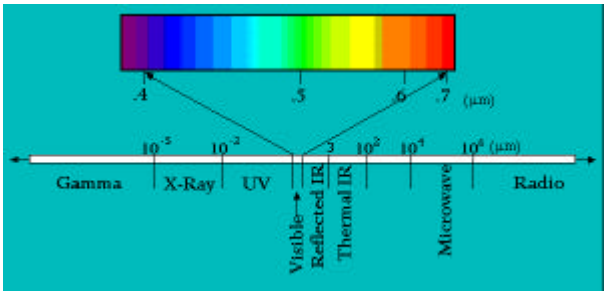


Abb. 21: Spektrum der Solarstrahlung

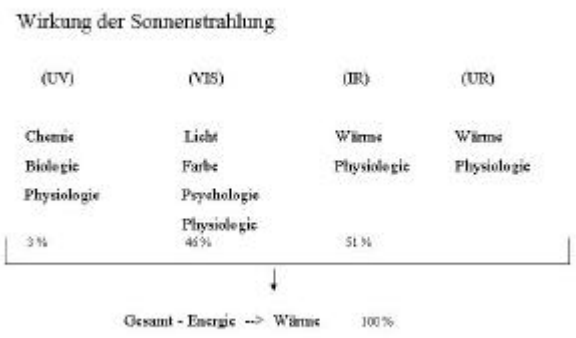


Abb. 22: Wirkung der Sonnenstrahlung

7.1.3.1.2 Versuchsdurchführung

7.1.3.1.2.1 Monosystem

Auf der Basis dieser Vorgaben (Antragstellung) wurde im Vorhaben ein Monosystem entwickelt. Gleichzeitig sollen fungizide Wirkungen der Beschichtung, die Funktionalität Abschattung über einen langen Zeitraum gewährleisten. (Vor allem Pilze reduzieren bei derzeitigen Produkten häufig die energetischen Wirkungen.)

Das System besteht aus einer textilen Gitterstruktur auf die mit Hilfe der PVD-Technologie eine für die Wärmereflexion geeignete Schicht (Al, Cu) aufgebracht wird (siehe Abb. 23). Für verschiedene Anwendungen (Zierpflanzen, Nutzpflanzen, Verkaufsräume) kamen unterschiedliche textile Gitter (Öffnungsweiten (30%-, 40%-, 60%-, 70%-Verschattung)), Ausgangsmaterial (Co, J, PAN, PP, PES,)) zum Einsatz.

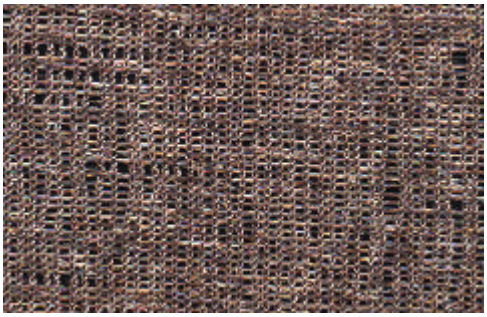


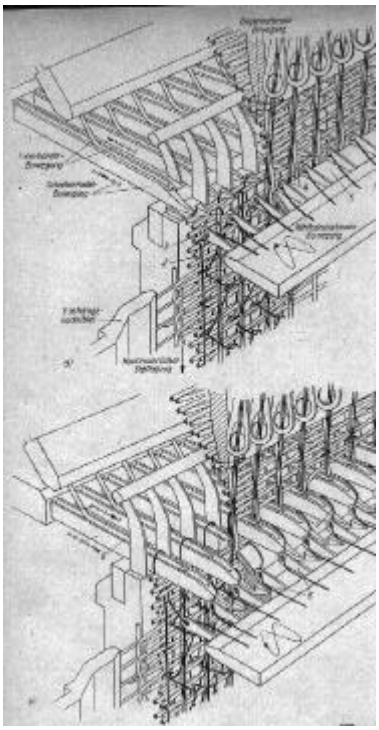
Abb. 23: Monosystem (Neuentwicklung)

7.1.3.1.2.1.1 Substratentwicklung / -produktion

In Absprache mit der Hochschule konstruierte und produzierte die WESOM textile Gitter unterschiedlicher Öffnungsweite auf der Basis von Baumwolle, Jute, Polyacryl, Polypropylen und Polyester.
Die Konstruktion der textilen Gitter beruht auf den mechanischen, chemischen und dekorativen Anforderungen (siehe Abschnitt 2.2) für Energieschirme in Gewächshäusern sowie Optimierungen der Haftfestigkeit für die abzuscheidenden Al- und Cu-Schichten. Die Definition der Anforderungen wurde durch die WESOM auf der Grundlage von Literaturrecherchen und Marktanalysen sowie Untersuchungen der Steigerung der Haftfestigkeiten an der Hochschule erstellt.

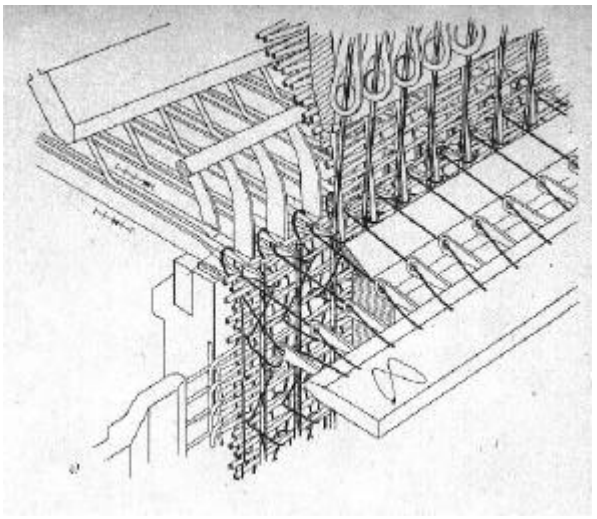
Technologieauswahl

Als textile Technologie für den Herstellungsprozess der Gitter wurde die Nähwirktechnik gewählt (siehe Abb. 24). Die textile Fläche wird hierbei durch das Vernähen der übereinandergelegten Schuss- und Kettfäden erzeugt (siehe Abb. 25). Es entstehen im Gegensatz zum Gewebe an den Kreuzungspunkten formschlüssige Verbindungen. Einige Gitter wurden unter Berücksichtigung der gewünschten Abschattungen ohne Kettfäden allein aus Schuss- und Nähfäden entwickelt.



a)

b)



c)

a) 1. Arbeitsstufe - Vorgehen der Schiebernadeln
b) 2. Arbeitsstufe - Nähfadenlegen
c) 3. Arbeitstufe - Schließen der Nadelhaken

Abb. 24: Bindungsvorgang an der Nähwirkmaschine

Die textilphysikalischen Eigenschaften der Fadenlagennähgewirke sind außer von den eingesetzten Fadenmaterialien und der Ausrüstung von folgenden Parametern abhängig:

- Bindung,
- Schuss- und Kettfadendichte,
- Maschinenfeinheit,
- Stichlänge,
- Fadenspannung,
- Schussfadenlagergeschwindigkeit / Lagewinkel der Schussfäden.

Schuss- und Kettfäden liegen in gestreckter Form in dem Gewirke vor (siehe Abb. 25). Strukturdehnungen, wie sie bei Geweben eintreten, sind ausgeschlossen – die Dehnungsparameter der Nähgewirke entsprechen annähernd denen der eingesetzten Fäden. Die Festigkeit der Nähgewirke in Längsrichtung addiert sich aus dem Anteil

der Kett- und Nähfäden. Die Festigkeit, die die Nähfäden liefern, ist abhängig von der Bindung und der Stichlänge. (Bei Fransebindung wird eine höhere Längsfestigkeit als bei Trikot erreicht. Mit größerer Stichlänge steigt die Festigkeit in Längsrichtung an.)

Die Technologie garantiert:
- eine maximale Ausnutzung der eingesetzten Marken-Garne und damit:
  - hohe Festigkeit,
  - geringe Strukturdehnung und
  - hohe Sicherheit gegen Versagen bei Beschädigung durch hohe Weiterreisfestigkeit.

Die Garne liegen im Flächengebilde in gestreckter Form vor.

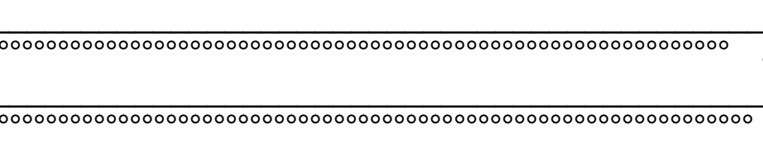


Abb. 25: Struktur einer textilen Fläche - hergestellt nach der Nähwirktechnologie

Materialauswahl

Pflanzenfasern

Es wurden Garne aus Baumwoll- und Jutefasern eingesetzt. Neben ökologischen Aspekten sprechen vor allem große Erfahrungen bei der Verarbeitung und deren physikalischen und chemischen Eigenschaften für den Einsatz dieser Fasern:

Höchstzugkraft:: 30-55 cN/tex,
Höchstzugkraftdehnung: 6-11 %,
Feuchtigkeitsaufnahme: 7-11 % bei 21 °C, 65% r.L.,
Schmelztemperatur: 180 °C-220 °C,
Zersetzungstemperatur: 400 °C,
chemische Beständigkeit: gute bis mäßige Beständigkeit gegen Licht, Laugen und Säuren.

Hauptbestandteil von Pflanzenfaserstoffen ist das Zellulosemolekül. Nach *Staudinger* hat die natürliche Zellulose einen Durchschnittspolymerisationsgrad (DP) von 3000 bis 4000. Mit steigenden DP (Co - 3000) nimmt z.B. die Faserfestigkeit, die Alkalibeständigkeit und die Nassfestigkeit zu. Textile Gitter auf der Basis von Pflanzenfasern wurden als Sonnenschutz / Energieschirme in Verkaufsräumen (Gärtnereien), Ausstellungshallen (Blumenschau) etc. geprüft.

Chemiefasern aus synthetischen Polymeren

Es kamen Polyacryl-, Polypropylen- und Polyester-Garne zum Einsatz.

Polyacrylfasern – Aus den Grundstoffen Kohle, Kalk und Stickstoff werden in chemischen und physikalischen Prozessen Fäden mit einer:

Höchstzugkraft:: 20 - 55 cN/tex,
Höchstzugkraftdehnung: 15 - 40 % (trocken), 100-200 % (nass),

Feuchtigkeitsaufnahme: 1 – 2 %, bei 21 °C, 65% r.L.,
Zersetzungstemperatur: 250 °C,
chemische Beständigkeit: gute bis sehr gute Beständigkeit gegen Licht, Laugen, Säuren und Bakterien
gewonnen.

Polypropylenfasern – gehören zur Gruppe der Polyolefinfasern. Ihre Ausgangsstoffe werden aus Alkenen durch Polymerisation hergestellt. Ihre Eigenschaften
Höchstzugkraft:: 15 -100 cN/tex,
Höchstzugkraftdehnung: 15 -200 %,
Feuchtigkeitsaufnahme: 0,
Zersetzungstemperatur: 175 °C,
chemische Beständigkeit: sehr gute Beständigkeit gegen Säuren, Laugen und Bakterien
ermöglichen einen Einsatz in vielen Anwendungsbereichen.

Polyesterfasern – Erdöl oder Steinkohle sind die Ausgangsstoffe für Polyesterfasern. Diese Fasern zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:
Höchstzugkraft:: 25 -130 cN/tex,
Höchstzugkraftdehnung: 8 - 50 %,
Feuchtigkeitsaufnahme: 0,2 –1,0 %,
Schmelztemperatur: 80 °C - 110 °C,
Zersetzungstemperatur: 250 °C – 260 °C,
chemische Beständigkeit: gute bis sehr gute Beständigkeit gegen Säuren, Laugen und Bakterien.

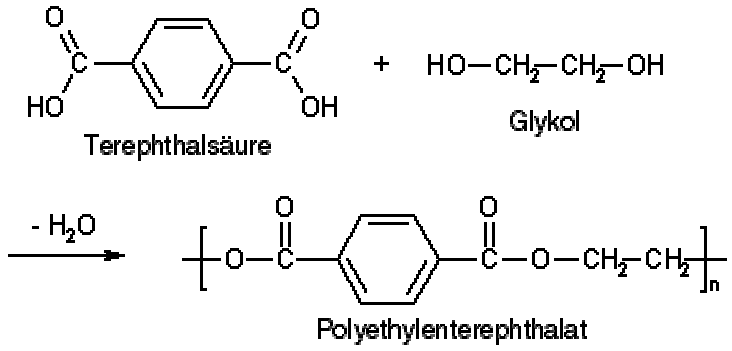


Abb. 26: Polyester

Chemiefaserstoffe können entsprechend ihres Einsatzgebietes für spezielle Anforderungen in weiten Bereichen ausgerüstet werden.

Am Beispiel eines PP-Gitters für das Monosystem soll die Konstruktion der textilen Substrate bei der WESOM dargestellt werden:

Ziel war die Entwicklung einer Produktfamilie PP-Gitter mit abgestuften Öffnungsweiten:

Grundlage war die Konstruktion verschiedener Gitter mit berechneten Öffnungsweiten. Nach Produktion und Messung der tatsächlichen Abschattungen wurden auf der Grundlage der ausgewählten Technologie und handelsüblicher Abstufungen bestimmte Öffnungsweiten festgelegt. In weiteren ein bis zwei Iterationsschritten wurden die gewünschten Abstufungen 40%, 60% und 70% Abschattung erreicht.

Tab. 21: Transparenzmessung

3 Varianten :	Lichtdurchlässigkeit	Streubereich
Abschattung 40 %:	60 %	59 – 61 %
Abschattung 60 %:	42 %	39 – 45 %
Abschattung 70 %:	30 %	29 – 33 %

Materialauswahl

Als Ausgangsmaterial der Muster kam ein gereckter, vibrillierter Polypropylenfaden mit einer Breite von ca. 1,8 mm (siehe Abb. 27) und einer Bändchendicke zwischen 20 – 90 µm zum Einsatz. Dieser Einzelfaden besitzt beim Auseinanderziehen eine netzartige Struktur (siehe Abb. 28).

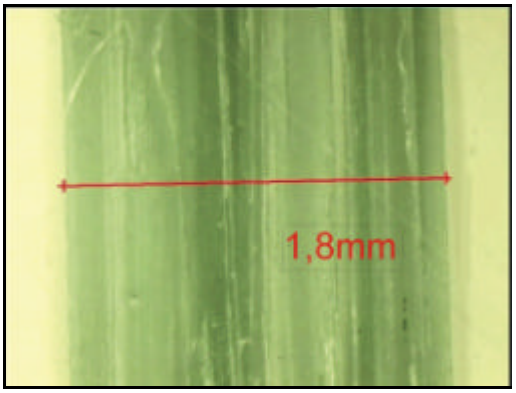


Abb. 27: Einzelfaden

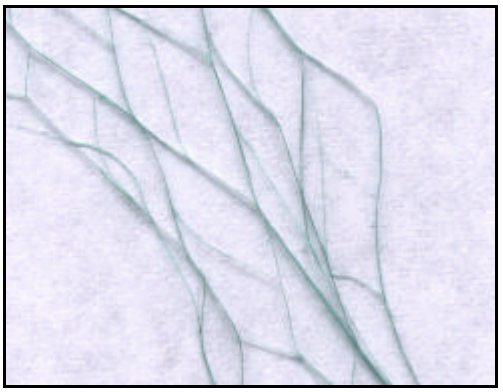


Abb. 28: Vibrillierter PP-Faden

Das Ausgangsmaterial besteht laut Herstellerangaben zu 95% aus Polypropylen, 5% aus Polyethylen (PE-LD) und geringen Farbzusätzen (siehe Tab. 22). Das Material wurde für einen Einsatz in Verbindung mit Cu stabilisiert.

Tab. 22: Materialkennwerte Einzelfaden

Eigenschaft	Kennwert	Bemerkung
Dichte	? = 0,9105 kN/m³	Festlegung für $?_{PP}$ = 0,90 kN/m³
Gewicht	g = 66,5 g/1000m	66,5 tex entsprechen 66,5g pro 1000m Faden
Effektiver Flächenquerschnitt	A_{effE} = 0,73 mm²	Querschnittsabweichung durch unterschiedliche Dichteannahmen liegt bei +/- 1,5%

Polypropylen

PP entsteht durch Polymerisation von Propen mit einer fadenartigen Struktur. Für die technische Anwendung ist nur das isotaktische PP (siehe Abb. 29) von Bedeutung. Bei diesem werden die CH_3-Gruppen im Makromolekül auf der selben Seite der Kohlenstoffkette angeordnet. Die gesamte Kette ist spiralförmig gewunden. Der innere Zusammenhalt von PP kommt nicht über Molekülbindungen zustande, sondern über Reibungskräfte, die bei Erhöhung der Temperatur vermindert werden. Somit liegt ein teilkristalliner Stoff vor.

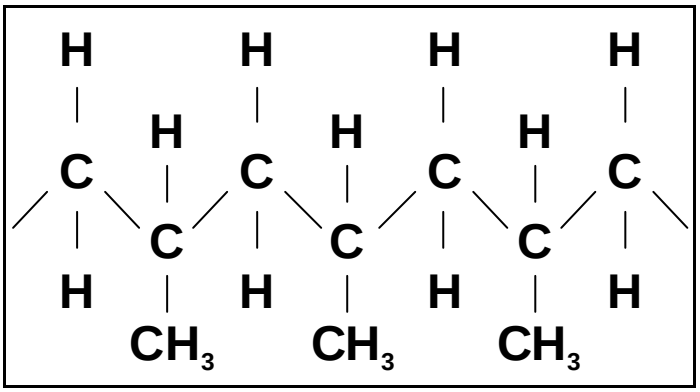


Abb. 29: Isotaktisches Polypropylen

Einfluss der Temperatur

Der langkettige Strukturaufbau des PP zeigt, dass der innere Zusammenhalt des Materials stark von der Temperatur abhängig ist. Bei sehr niedrigen Temperaturen sind die Makromoleküle unbeweglicher und werden bei Erhöhung der Temperatur beweglicher.

Glasübergangstemperatur:	statisch gemessen	– 10 °C
	Dynamisch gemessen je nach Frequenz	0°C – 20°C
Kristallitschmelzbereich:		160°C – 168°C
Rekristallisationstemperatur:	(bei langsamer Abkühlung der ruhenden Schmelze)	115°C – 135°C

Beim Erreichen der Glasübergangstemperatur versprödet PP. Die Bruchfestigkeit nimmt ab. (Eine Nutzung unterhalb einer Temperatur von ca. +5 °C kann nur stark eingeschränkt gewährleistet werden.) Von ebenso entscheidender Bedeutung ist die Temperaturausdehnung von PP. Der Temperaturausdehnungskoeffizient beträgt:. $? _T ? (110 ? 170) ?10^{?6} 1/K$

Wasseraufnahmevermögen

Polypropylen ist wasserabweisend. Es quillt nicht bei Wasserlagerung. Damit ergibt sich auch keine Änderung der Materialeigenschaften bei hoher Luftfeuchtigkeit (Gewächshausklima) / bei langanhaltendem Regen (Bewässerung im Gewächshaus / Außenanwendung) o.ä..

Beständigkeit gegen Chemikalien

Ein chemischer Angriff auf das eingesetzte PP könnte über sauren Regen oder über Düngung und Spritzmittel aus der Landwirtschaft erfolgen. PP besitzt eine hohe Beständigkeit gegen Chemikalien wie Säuren (außer oxidierenden), Laugen, Salzlösungen, Lösungsmittel, Alkohol, Wasser, Fruchtsäfte, Milch, sowie Öle und Fette (bei Raumtemperatur) und Detergenzien. Es ist nicht beständig gegen aromatische und chlorierte Kohlenwasserstoffe wie Benzol und Benzin, Xylol und starke Oxidationsmittel. Bei nicht speziell stabilisierten Typen von PP muss eine Berührung mit Kupfer vermieden werden, z. B. an den Befestigungskonstruktionen. PP ist beständig gegen Mikroorganismen.

UV-Beständigkeit

PP ist nur bei entsprechender Stabilisierung UV - beständig. Als UV-Stabilisatoren werden Amine eingesetzt. Bei Einwirkung von UV – Strahlung verringert sich die Reißdehnung mit der Bestrahlungszeit und Bestrahlungsintensität in Zusammenhang mit unterschiedlichen Temperaturen sowie chemischen und mechanischen Einflüssen. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, präzise Voraussagen über die Verringerung der Bruchfestigkeit zu treffen.

Der Hersteller gibt grobe Angaben zur Orientierung über die UV-Beständigkeit. Es werden fünf verschiedene UV-Stabilisierungsgrade erzeugt. Die angegebene UV-Beständigkeit ist abhängig von der Bestrahlungsintensität und vom Stabilisierungsgrad. Für die UV-Beständigkeit ist eine Dauer in Jahren angegeben, bei welcher die ursprüngliche Reißfestigkeit um 50% abnimmt. Grobe Richtwerte werden in Tab. 4 angegeben. Das eingesetzte PP-Bändchen besitzt den Stabilisierungsgrad UV3 und somit in unserer Region eine Halbwertszeit der Bruchfestigkeit von drei Jahren. (Erfahrungen zeigen, dass bei einem Einsatz „unter Glas“ ein Stabilisierungsgrad UV3 – UV5 für die vorgegebene Einsatzzeit bereits ausreichend ist.) Infolge der PVD-Beschichtung wird eventuell auch eine höhere Halbwertszeit erreicht.

Tab. 23: Dauer der UV-Beständigkeit

Region	Nord-Europa	Zentral-Europa	Süd-Europa	Mittlerer Osten
Strahlung pro Jahr	70-80 kly	80-100 kly	100-140 kly	160-180 kly
UV-Stabilisierungsgrad				
UV 1	1,2 Jahre	1,0 Jahre	0,7 Jahre	0,6 Jahre
UV 2	2,4 Jahre	2,0 Jahre	1,4 Jahre	1,2 Jahre
UV 3	3,6 Jahre	3,0 Jahre	2,1 Jahre	1,8 Jahre
UV 4	4,8 Jahre	4,0 Jahre	2,8 Jahre	2,4 Jahre
UV 5	6,0 Jahre	5,0 Jahre	3,5 Jahre	3,0 Jahre

Dauerwechselfestigkeit

Wind regt den Sonnenschutz zum Schwingen an. Für die Dimensionierung schwingungsanfälliger Bauteile ist die Wechselfestigkeit von entscheidender Bedeutung. Unter der Dauerwechselfestigkeit wird diejenige Spannung verstanden, die bei dauerndem Lastwechsel beliebig oft ohne Zerstörung aufgenommen wird.
Die Dauerwechselfestigkeit sinkt mit steigender Temperatur und mit zunehmender Anzahl der Lastwechsel, sowie bei Vorhandensein von Spannungsspitzen an gekerbten Bauteilen. Im Allgemeinen ist die Wechselfestigkeit von Kunststoffen nicht höher als 30% der Bruchlast. (Spezielle Kenntnisse über die Wechselfestigkeit sind gegebenenfalls in späteren Dauerschwingversuchen am Gewirke zu ermitteln.)

Reibverhalten

Beim Aufbau des Sonnenschutzes muss dieses gespannt werden. Dafür muss die Randseileinfassung eine Verschiebung des Randseiles in Seillängsachse zulassen.

Dabei tritt Reibung zwischen Stahlseil und Kunststoff auf. Der Reibungskoeffizient von geschliffenem Stahl zu Kunststoffen beträgt $\mu = 0{,}25 – 0{,}45$.

Langzeitverhalten

Allgemein gilt für Kunststoffe, dass das Langzeitverhalten von den drei Parametern Beanspruchungsdauer, Beanspruchungstemperatur und der einwirkenden Kraft abhängig ist. Bei Kunststoffen können elastische, viskose und reversible Verformungszustände auftreten (siehe Abb. 30). Zu diesen Verformungszuständen kommt es, wenn über eine Zeit t eine konstante Spannung s_0 eingetragen wird. Der relaxierende Verformungsanteil e_r wird auch als Fließen bezeichnet. Der elastische e_{el} und der relaxierende e_r Anteil sind reversibel, wobei sich der relaxierende Anteil im zeitlichen Verlauf über die Belastungsphase erhöht und über die Entlastungsphase verringert. Der viskose Verformungsanteil e_v ist irreversibel, es ist der Kriechanteil.

Bei Raumtemperatur setzt ein Fließen des Kunststoffes weit unterhalb der Streckgrenze ein. Somit können Kunststoffe nicht mehr mit den herkömmlichen Berechnungsverfahren im Sinne der Elastizitätstheorie wie z.B.: beim Stahl berechnet werden. Kurzzeitreißversuche treffen keine gültigen Aussagen mehr. An ihre Stelle treten Untersuchungen über die kontinuierliche Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften von der Zeit unter Berücksichtigung der Temperatur.

Das Langzeitverhalten von Kunststoffen muss über Zeitstandsversuche ermittelt werden. Mit Zeitstandsversuchen wird das Kriech- bzw. Relaxationsverhalten erforscht. Das Langzeitverhalten des eingesetzten Malimogewirkes ist weiterführenden Untersuchungen vorbehalten.

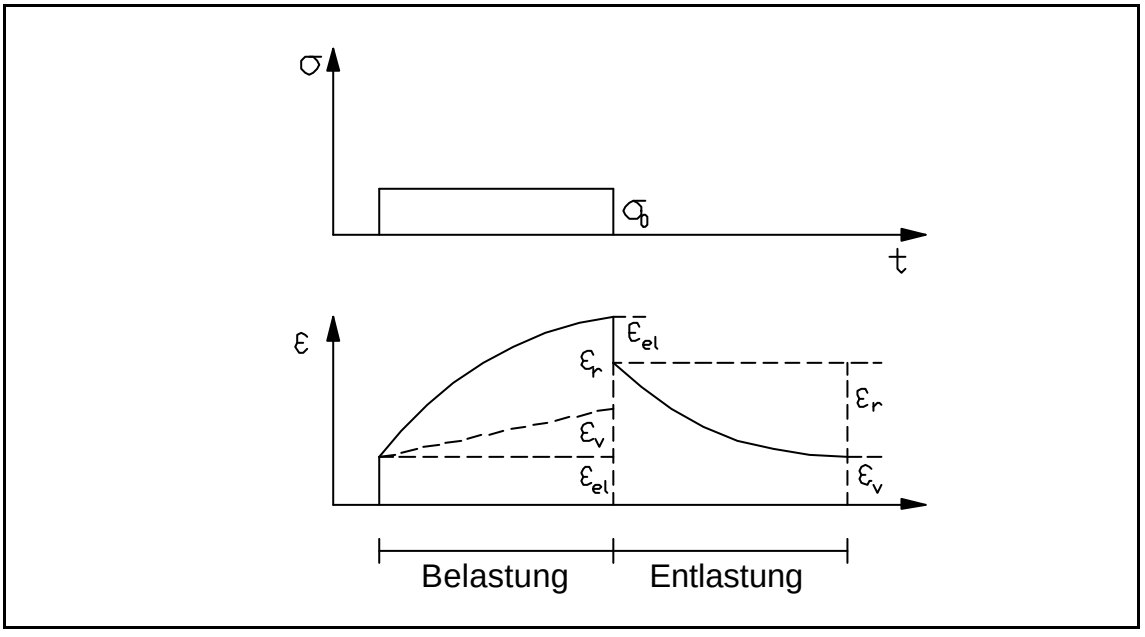


Abb. 30: Diagramm Verformungszustände

Konstruktion

Grundlage der Konstruktion waren verschiedene Gitter mit berechneten Öffnungsweiten. Diese Gitter wurden iterativ – Produktion von Versuchsmustern, Messung der Transmission, Änderung der Fadendichte an die gewünschten Zielvorgaben - Öffnungsweiten mit Abschattungen von 40%, 60% und 70% angenähert.

Die Gewirke bestehen aus Schuss- und Nähfäden (siehe Abb. 31). Die Schuss- und Nähfäden sind bei den drei verschiedenen Gewirken unterschiedlich dicht angeordnet (siehe Abb. 31 - 33). Mit den Schuss- und Nähfäden liegen zwei zueinander orthogonal verlaufenden Hauptspannrichtungen vor.

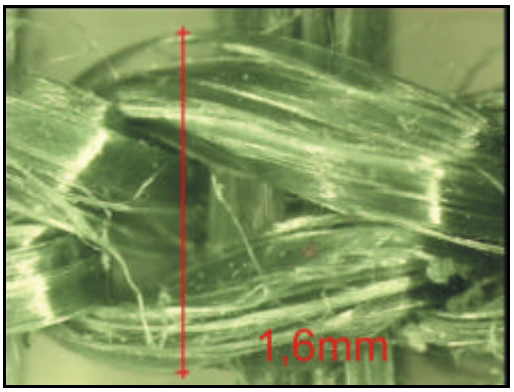


Abb. 31: Nähfaden Muster 70% Abschattung

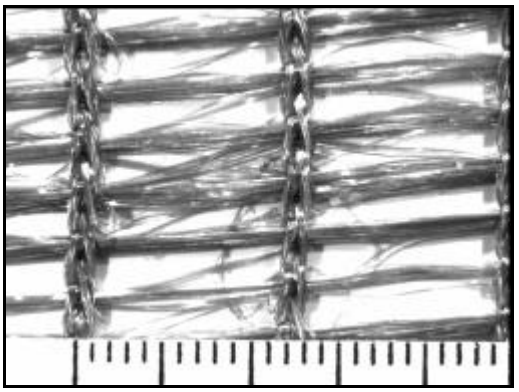


Abb. 32: Muster 40% Abschattung

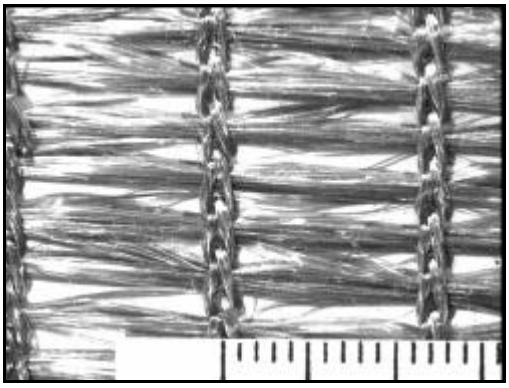


Abb. 33: Muster 60% Abschattung

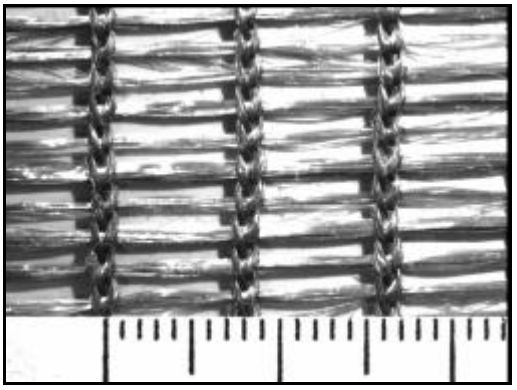


Abb. 34: Muster 70% Abschattung

Fadenlagennähgewirke können u.a. mit den Bindungen: Franse, Trikot, Leinwand und Wechselfranse hergestellt werden. Die betrachteten Muster wurden mit der Bindung Franse ausgeführt (siehe Abb. 31 - 33). Eine Fransenbindung kann linkslegig oder rechtslegig (siehe Abb. 34), offen oder geschlossen erzeugt werden. Die produzierten Gewirkemuster sind linkslegig ausgebildet. Fransen entstehen durch Legen eines

Fadens auf immer die gleiche Schiebernadel ohne Verbindung zum benachbarten Maschenstäbchen. Der Hauptnachteil der Fransenbindung ist ihre Empfindlichkeit hinsichtlich der Laufmaschensicherheit und Aufziehbarkeit (siehe Abb. 36).

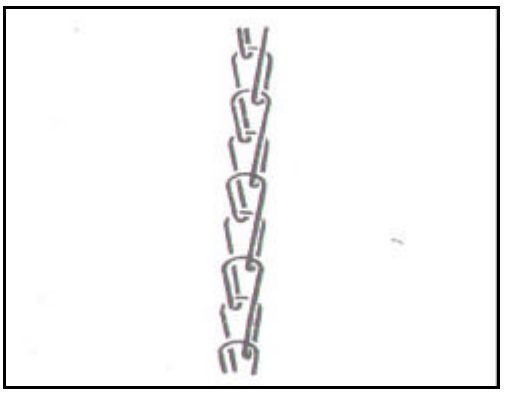


Abb. 35: Fransenbindung rechtslegig

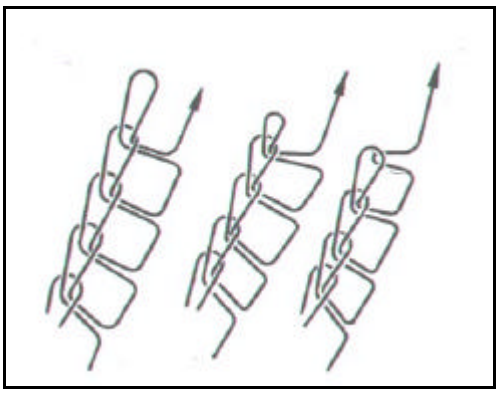


Abb. 36: Aufziehbarkeit der Masche

Der prinzipielle Aufbau eines Fadenlagennähgewirkes (siehe Abb. 37) besitzt typische geometrische Größen (siehe Tab. 24).

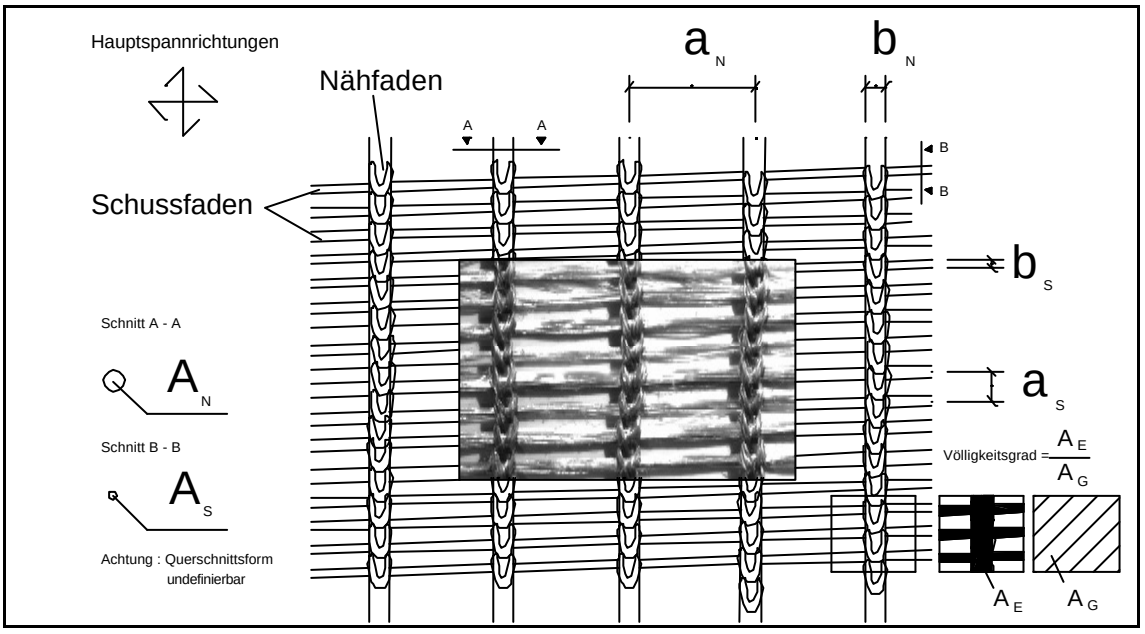


Abb. 37: Geometrie des Gewirke

Legende:

A_N - Querschnittsfläche des Nähfadens
A_S - Querschnittsfläche des Schussfadens
a_N - Achsabstand der Nähfäden
a_S - Achsabstand zwischen den Schussfäden
b_N - Breite des Nähfadens
b_S - Breite des Schussfadens
n_N - Anzahl der Nähfäden pro 5 cm
n_S - Anzahl der Schussfäden pro 5cm
l_N - ausgeknotete Länge eines 1m langen Nähfadens im ungedehnten Gewirke
f - Völligkeitsgrad, Verhältnis von Fläche der Einzelfäden zur Umrissfläche
A_E - Summe aller Flächen der einzelnen Fäden in der Draufsicht des Gewirke
A_G - Gesamtfläche der Draufsicht

Tab. 24: Charakteristische Größen des Fadenlagennähgewirkes

Kurzzeichen		Malimo 50%	Malimo 60%	Malimo 70%	Bemerkungen
b_S	Breite der Schussfäden	1,3 mm	2,1 mm	1,1 mm	Durchschnittswert von 5 Messungen im Auflichtmikroskop Neophon 32 von Zeiss-Jena
b_N	Breite der Nähfäden	1,9 mm	1,9 mm	1,5 mm	
a_S	Abstand der Schussfäden	2,9 mm	2,9 mm	1,9 mm	Verhältnis aus 50 mm / n_S
a_N	Abstand der Nähfäden	13,4 mm	13,4 mm	8,9 mm	Durchschnittswert von 20 Messungen
n_S	Schussfäden pro 5 cm Streifen	17	17	27	Durchschnittswert von 20 Messungen
n_N	Nähfäden pro 5 cm Streifen	4	4	6	Durchschnittswert von 30 Messungen
l_N	Länge eines 1 m langen, ausgeknoteten Nähfadens	3,72 m	3,95 m	4,32 m	

Experimentelle Ermittlung der Kurzzeitzugfestigkeit

Es wurde ein Zugversuch des Gewirkes am breiten Streifen nach DIN EN ISO 10319 sowie ein Zugversuch des Einzelfadens durchgeführt.

Der Kurzzeitzugversuch wird mit einer Spindelprüfmaschine (siehe Abb. 38) durchgeführt. Der Antrieb erfolgt elektromechanisch über Gewindespindeln. Das Gerät arbeitet mit einer konstanten Verformungsgeschwindigkeit des Prüflings. Es

wird die Kraftsteigerung in Newton und Verformungszunahme des Prüfkörpers in Millimetern erfasst. Die Datenerfassung wird mittels PC vorgenommen.

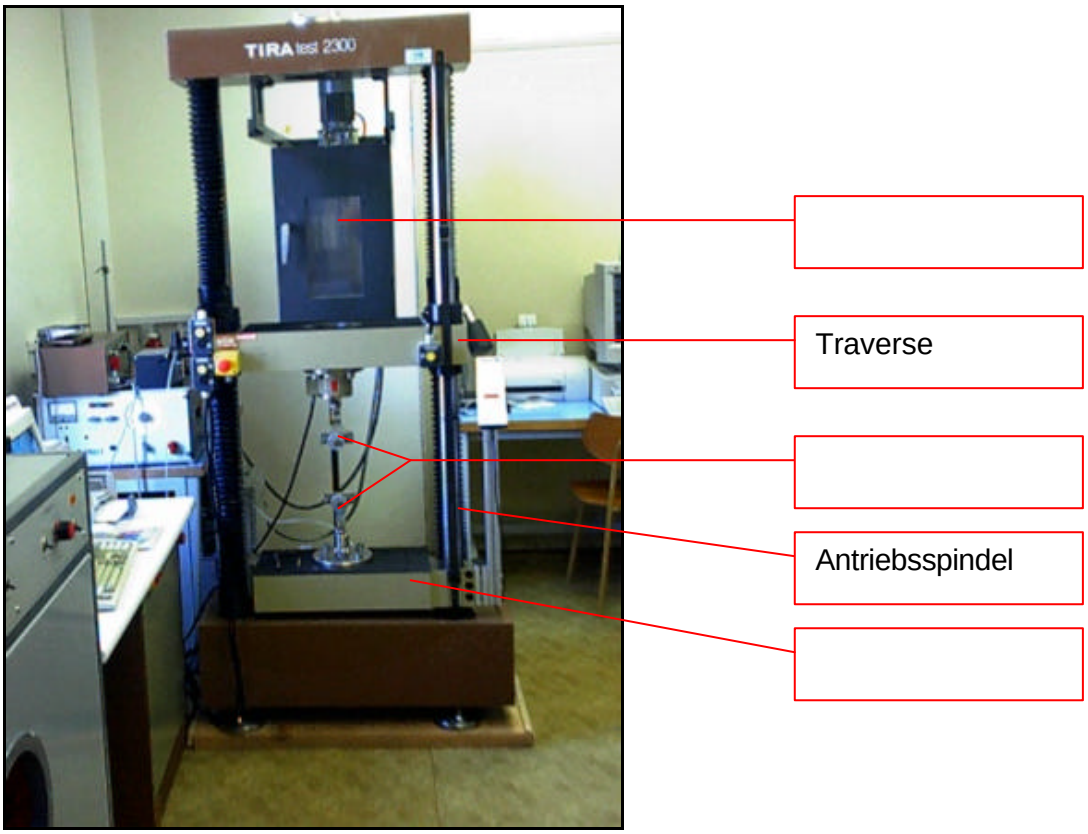


Abb. 38: Zugmaschine TIRAtest 2300

Für eine charakteristische Aussage, wurden 5 Messungen pro Materialrichtung notwendig. Die Prüflinge wurden für die Nähfadenrichtung in einem Mindestabstand von 100 mm von der Webkante gleichmäßig verteilt, über die ganze Breite entnommen. Für die Schussrichtung wurden sie möglichst verteilt über die ganze Länge so entnommen, dass jedes Mal eine andere Schussfadenpartie erfasst wurde.
Die Testgeschwindigkeit des Prüfgerätes beträgt 100 mm/min.
Es wurden die 3 verschiedenen Fadenlagennähgewirke mit 40%, 60% und 70% Verschattung, und der Einzelfaden untersucht. Die Proben wurden in breite Streifen mit den Abmessungen 50 mm * 300 mm geschnitten und auf 200 mm freier Länge in die Zugmaschine eingespannt.
Für den Einzelfaden wurden 50 Einzelmessungen vorgenommen.

Für die Auswertung standen die einzelnen Kraft-Wegbeziehungen zur Verfügung. Diese wurden über die Querschnitte und Längen der Proben zu Spannungs-Dehnungs-Beziehungen umgerechnet. (Für weiterführende Langzeituntersuchungen ergeben sich die Bruchkräfte bzw. Streckgrenzen.)
Die Spannungs-Dehnungsbeziehungen der Nähfäden (siehe Abb. 40 - 42) haben im Bereich der ersten 10 Prozent Dehnung eine konkave Form. Sie besitzen eine hohe

Anfangsdehnung, da der Schlupf der Knoten erst überwunden werden muss. Dann verläuft die Linie linear bis zum Bruchbereich, welcher eine gezackte Form aufweist. Die Zacken kommen durch das Versagen einzelner Nähfäden und neuer Verfestigung der verbleibenden Fäden zustande. Die auftretenden Dehnungen liegen im Bereich von ca.15 – 23 Prozent.

Die Beziehungen der Schussfäden (siehe Abb. 43 -45) bzw. des Einzelfadens (siehe Abb. 39) zeigen im Bereich der ersten 2 Prozent Dehnung einen linearen Anstieg. Damit ist eine sofortige Kraftaufnahme vorhanden. Weiter vollzieht die Linie eine konvexe Form, die Dehnungen treten im Bezug zur Kraftsteigerung verstärkter auf. Es kommt zum klassischen Einschnürbereich, und die Probe versagt.
Für die Prüfkörper wurden die Bruchkräfte, Streckgrenzen und Maximaldehnungen ermittelt (siehe Tab. 48).

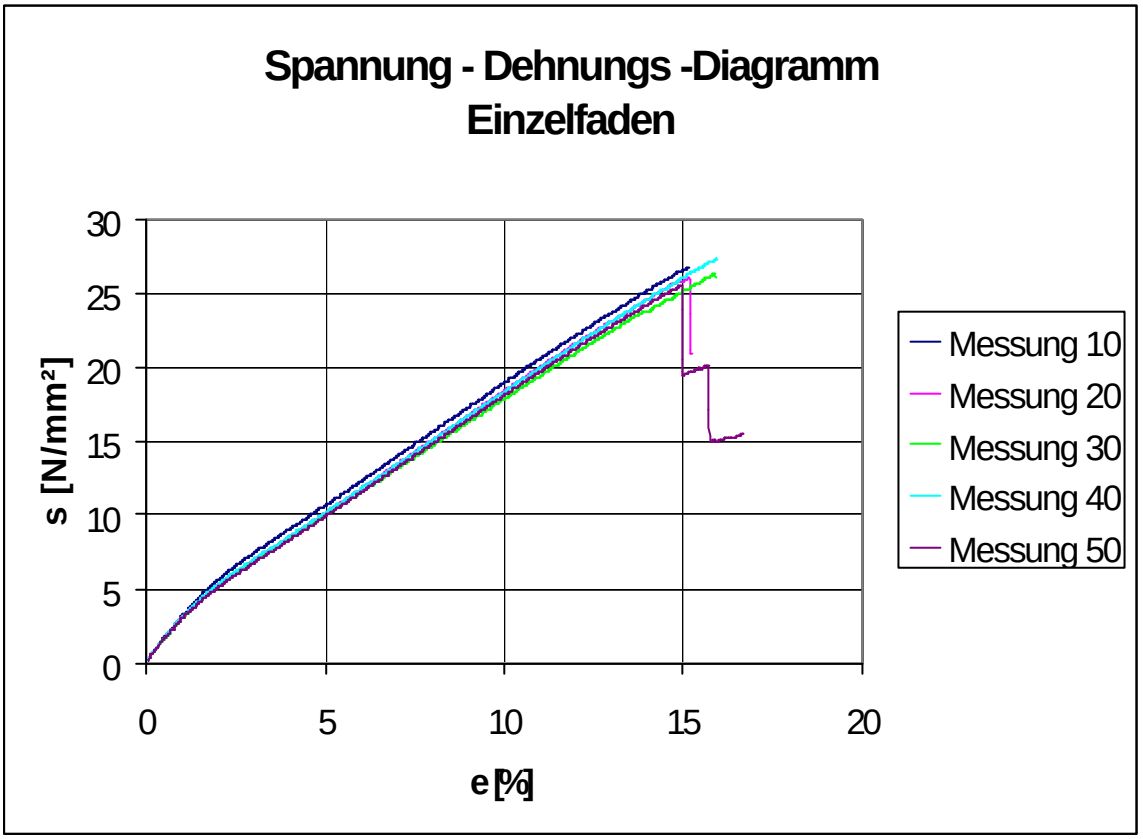


Abb. 39: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Einzelfaden

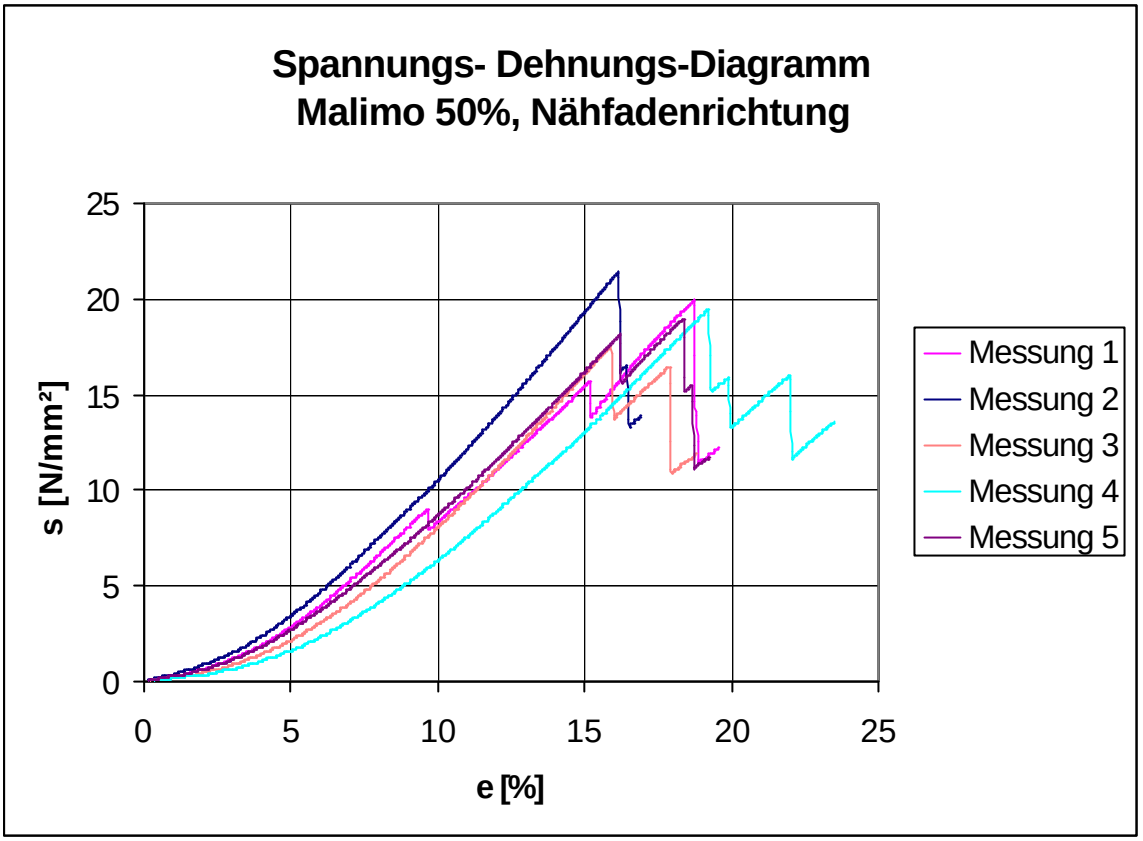


Abb. 40: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 40%, Nähfadenrichtung

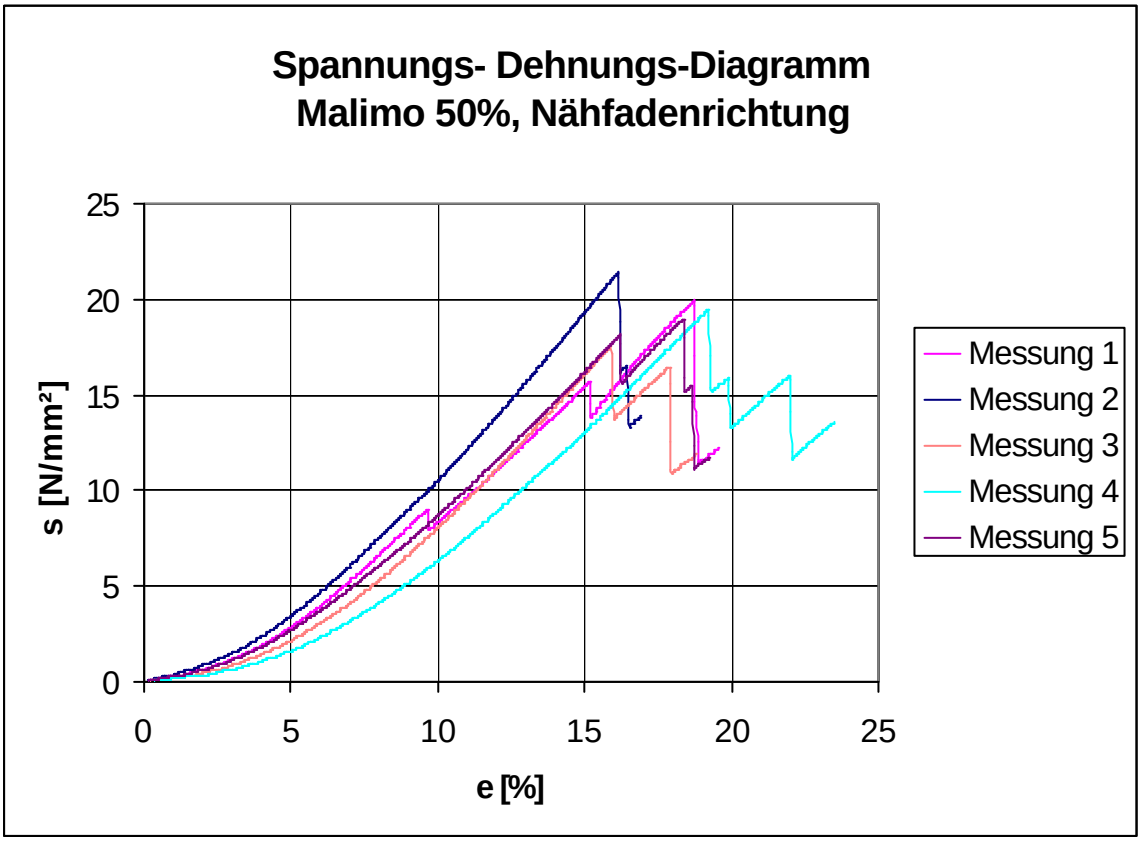


Abb. 41: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 50%, Nähfadenrichtung

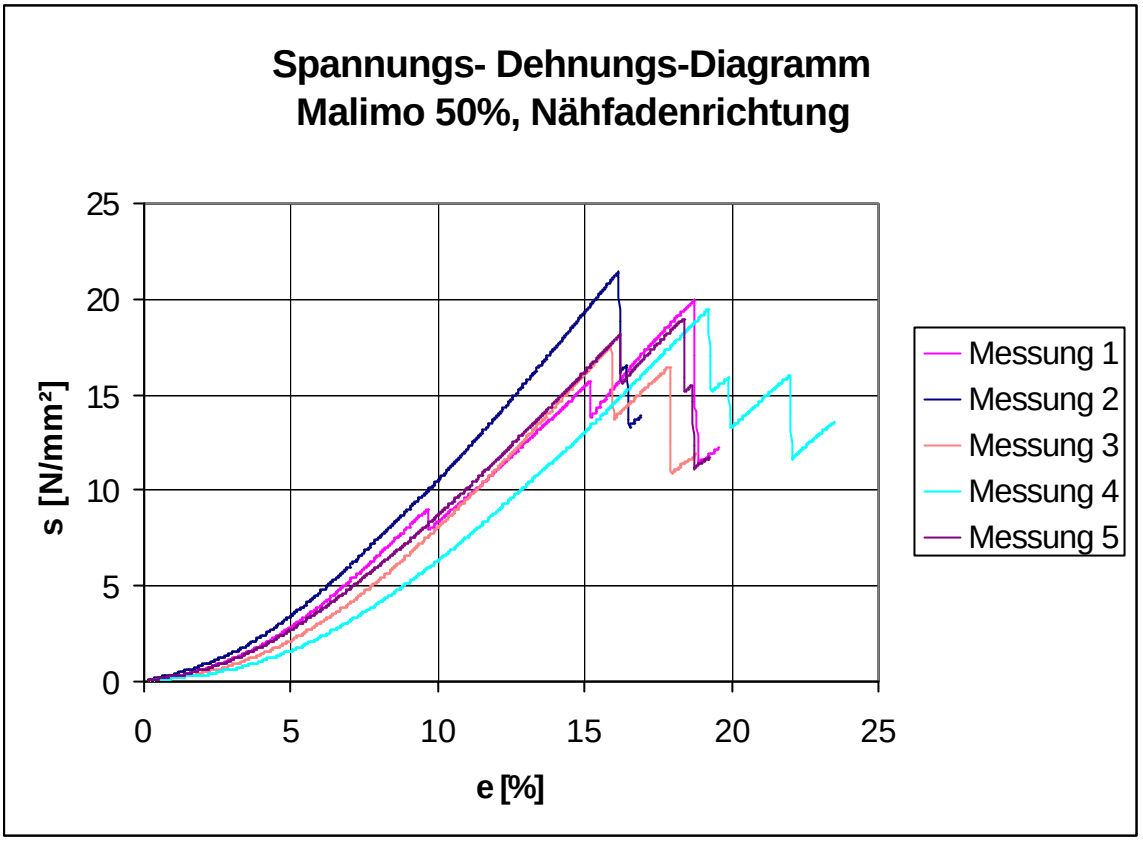


Abb. 42: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 40%, Nähfadenrichtung

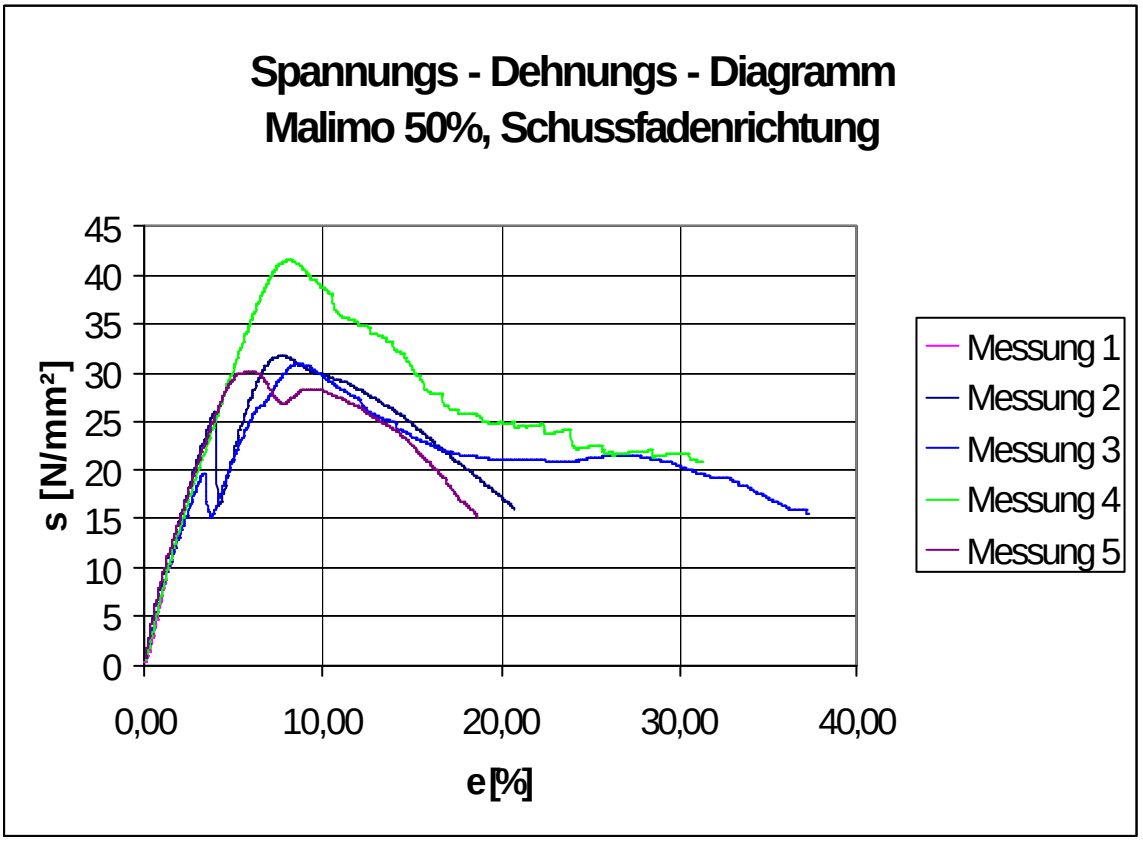


Abb. 43: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 40%, Schussfadenrichtung

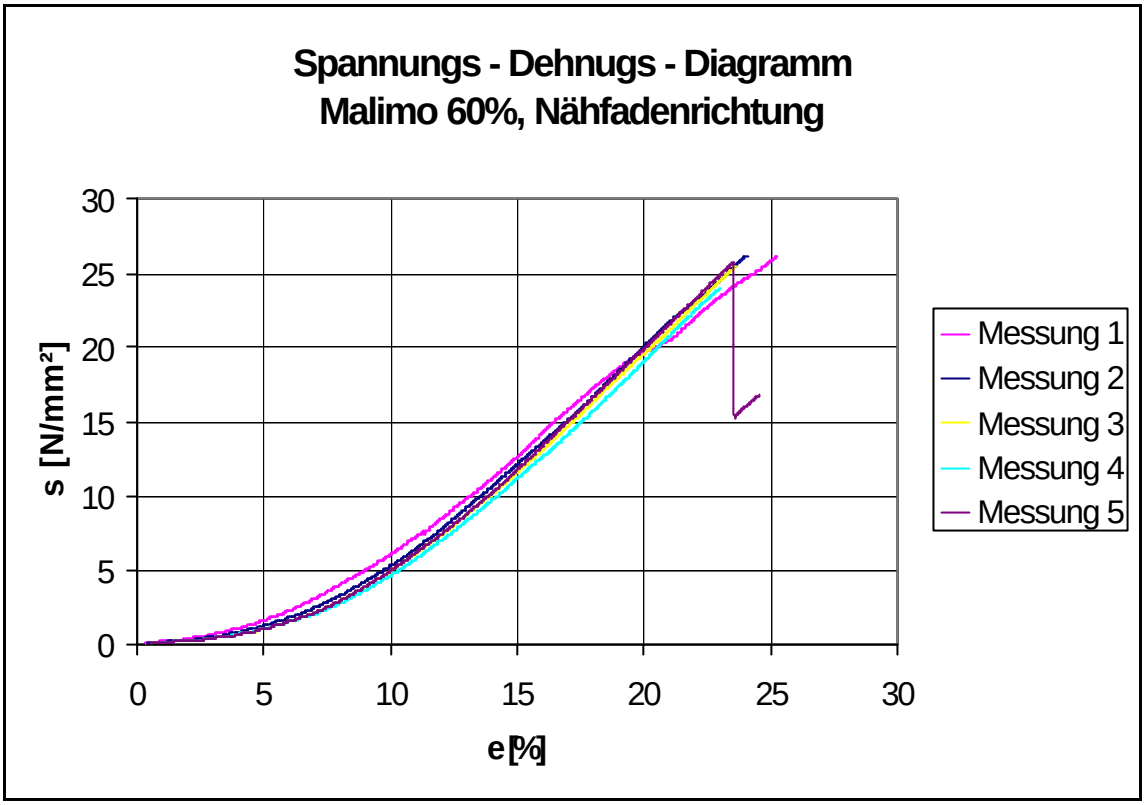


Abb. 44: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 60%, Nähfadenrichtung

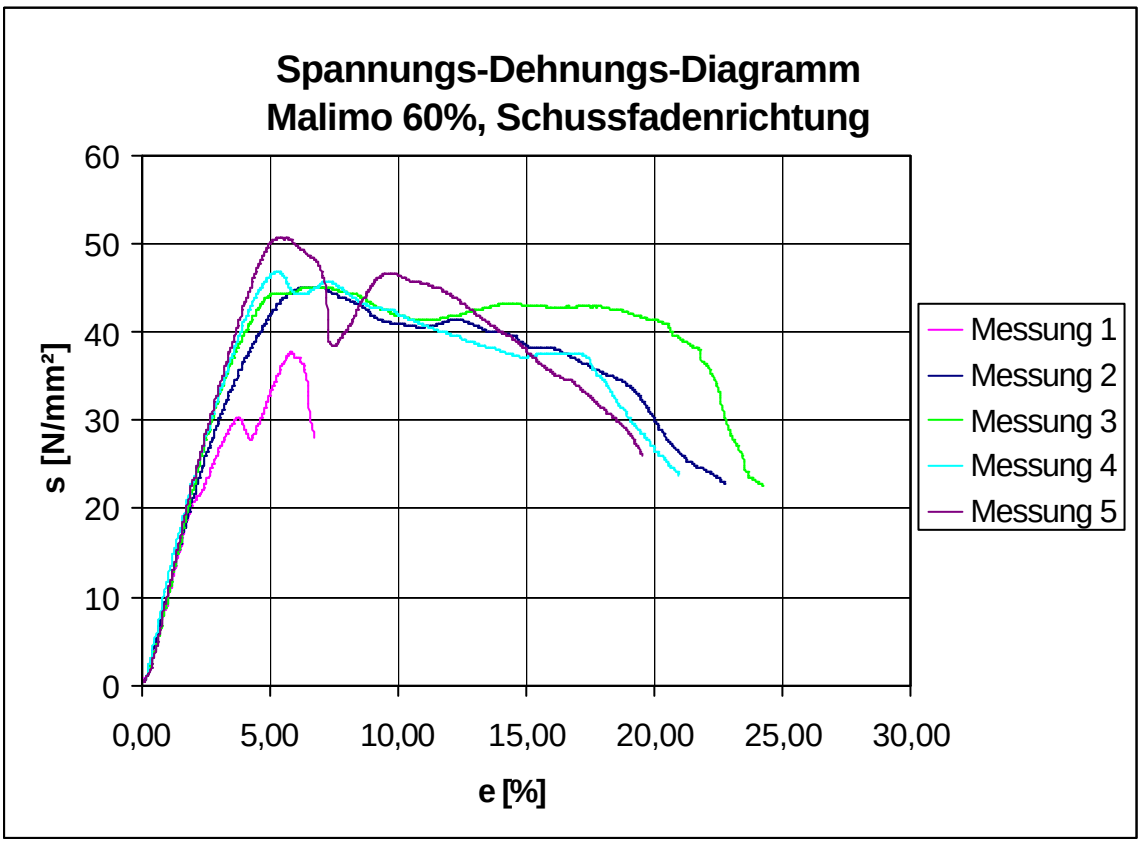


Abb. 45: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 60%, Schussfadenrichtung

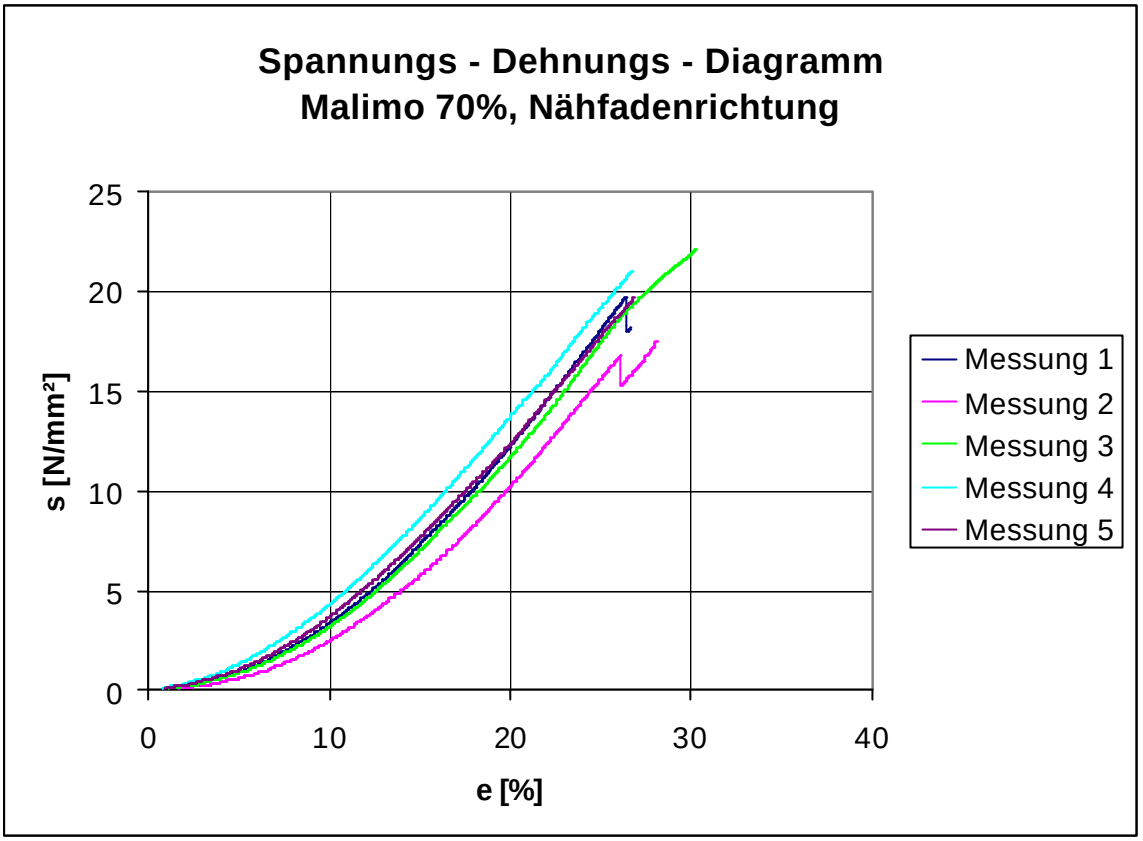


Abb. 46: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 70% Nähfadenrichtung

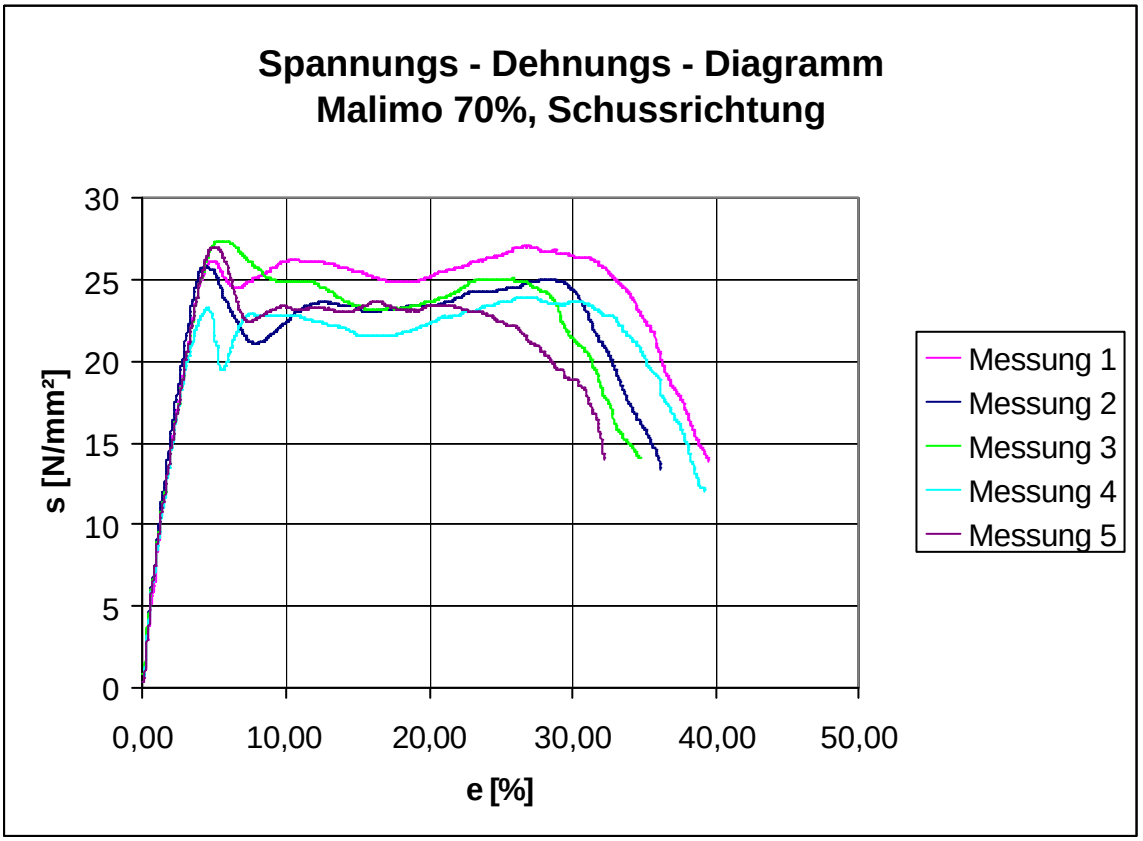


Abb. 47: Spannungs-Dehnungs-Diagramm Muster 70% Schussfadenrichtung

Tab. 25: Ergebnisse Kurzzeitzugversuch

		Bruchkraft N	Streckgrenze s [N/mm²]	Maximaldehnung e [%]
Muster 40%	Schussfadenrichtung	364	29,34	5,35
	Nähfadenfadenrichtung	201	18,48	16,55
Muster 60%	Schussfadenrichtung	510	46,67	5,55
	Nähfadenfadenrichtung	294	25,50	23,87
Muster 70%	Schussfadenrichtung	579	25,85	4,69
	Nähfadenfadenrichtung	376	19,88	27,25
Einzelfaden		19	26,01	15,23

Schlussfolgerung / Ergebnis

Die Schuss- und Nähfadenrichtung weisen erhebliche Unterschiede in den Spannungs- Dehnungsbeziehungen auf. Die Dehnungen der Nähfäden ist im Vergleich zu den Schussfäden um das 4- bis 5-fache größer und die Bruchkraft um ein Drittel geringer. Die hohe Anfangsdehnung der Nähfäden ergibt sich aus der eingesetzten Technologie.

Für den Einsatz als Sonnenschutz / Energieschirm in Gewächshäusern und innerhalb von Gebäuden sind die Muster hinsichtlich der Materialauswahl und der Konstruktion geeignet.

Für den Außenbereich kann das Muster 70% Abschattung eingesetzt werden. Für kleinere Sonnensegel (ca. 5m * 5m), wie sie häufig in den Sommermonaten bei Gärtnereien zur Anwendung kommen, ist das Muster 70% Abschattung gut geeignet.

Bei höheren mechanischen Anforderungen (Höchstzugfestigkeit / Höchstzugkraftdehnung), wie sie bei großflächigen Anwendungen im Außenbereich auftreten, sind Gewirke mit zusätzlichen durchlaufenden Kettfäden einzusetzen. Weitergehende Untersuchungen müssen Probebelastungen im Langzeitversuch zum Inhalt haben.

Für die weiteren Beschichtungsversuche wurde das Muster 70% Abschattung ausgewählt.

✍ **Muster PP34**

Bei der Herstellung der textilen Musterflächen waren jeweils folgende Arbeitsgänge notwendig:

Die angelieferten Garnspulen wurden auf einer Spulmaschine auf Grund der hohen Anzahl der notwendigen Kett- und Nähfäden auf die gewünschte Anzahl vereinzelt.
In einem weiteren Arbeitsgang waren Kettbäume (mind. 1000 - 2000 m Laufmeter) mit den vorgegebenen Fadenzahlen (Kett- und Nähfäden) zu schären (siehe Abb. 48).

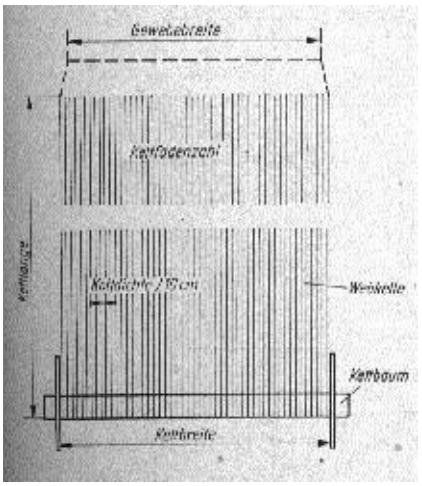


Abb. 48: Prinzipdarstellung Schären einer Kette

Im letzten Arbeitsschritt wurden auf der Nähwirkmaschine (siehe Abb. 49) die textilen Flächengebilde hergestellt. Hierfür wurde die Maschinentechnik jeweils an die Vorgaben der Konstruktion der textilen Flächengebilde angepasst.

Auf der Basis von Rohstoffen aus Pflanzenfasern, Chemiefasern aus natürlichen und synthetischen Polymeren, Mineralfasern und Chemiefasern aus Nichtpolymeren entstand bei der WESOM eine Palette von textilen Gittern und Flächen mit unterschiedlichen chemischen, physikalischen, biologischen und mechanischen Eigenschaften sowie dekorativem Erscheinungsbild.

Abb. 49: Nähwirkmaschine Typ MALIMO 14016

Ausgewählte Substratmuster (textile Flächen) für energetische Effekte wurden mit keramischen Spezialbeschichtungen (Leonhard und Langwieser / Materialbereitstellung Hochschule) beschichtet.
Nach Erreichung der an das Substrat gestellten textilphysikalischen und chemischen Anforderungen wurden die Muster der Hochschule zur PVD-Beschichtung auf der Labor-Sputter- und Plasmabehandlungsanlage UltrA S 150 zur Verfügung gestellt. Nach einer positiven Einschätzung der Beschichtungen wurden die Muster in großflächige (Breite: 2400mm / 1600mm), textile Träger aufskaliert. Insbesondere die Homogenität der textilen Träger standen im Mittelpunkt der Versuchsreihen. Hierbei wurden die Einstellungen der Maschinenparameter weiter „verfeinert“.

Auf der Grundlage der erzielten Ergebnisse wurden durch die WESOM für die Funktionalität Abschattung aus den verschiedenen Chargen im Screening (Gitter aus CO, JCO, PAN und PP mit abgestuften Öffnungsweiten), die aufskalierten Muster der Proben CO27, JCO17, PAN 84 und PP34 für großflächige Beschichtungen der UNITEC ausgewählt. Für diese Beschichtungen wurden jeweils 100 m bis 500 m lange Bahnen in 400 mm Breite konfektioniert.

7.1.3.1.2.1.2 Beschichtung

Erste Beschichtungen der Proben erfolgten mit der Labor-Sputter- und Plasmabehandlungsanlage an der Hochschule. Hierbei wurde mit Hilfe verschiedener Vorbehandlungen die Haftfestigkeit entsprechend den Anforderungen auf bis zu 7,2 N/15 mm (in Anlehnung an die engl. Norm IUF 470) gesteigert. Als Vorbehandlung

kamen folgende Verfahren zum Einsatz:

- Entfernung der Garnavivagen und Schlichten mittels Tetrachlormethan (CCl_4) bzw. Acceton (CH_3COCH_3),
- Plasmavorbehandlung in der Beschichtungsanlage sowie
- Gasphasenfluorierung mit unterschiedlichen Flurkonzentrationen.

Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurden großflächige Muster der Proben CO27, JCO17, PAN 84, PP34 bei der UNITEC mit Kupfer bzw. Aluminium beschichtet.

Die Aufgabe der UNITEC im Gesamtprojekt war vornehmlich die Durchführung von Beschichtungsversuchen an den von den Textilfirmen bereitgestellten Substraten auf einem Roll-Coater. Im Anschluss an das Screening entwickelte die UNITEC mit dem FEP die Beschichtungstechnologie für die Bandbeschichtung mittels thermischer Verdampfung, wobei das FEP federführend war. Die UNITEC und das FEP betreiben in Helmsdorf ein Technikum, in dem gemeinsam an verschiedenen Forschungs- und Industrieprojekten auf dem Gebiet der PVD-Beschichtung gearbeitet wird. Die im Vorhaben durchgeführten Beschichtungsversuche beruhten zum großen Teil auf einer gemeinsamen Arbeit beider Projektpartner. UNITEC führte dabei in jedem Falle den Umbau sowie Anpassungen der Anlagen, die Anlagenbedienung, -reinigung etc. sowie alle logistischen Arbeiten durch. Weiterhin beteiligte sich die UNITEC an der wissenschaftlichen und planerischen Arbeit gemeinsam durchgeführter Versuche. Einige Versuche zur Textilbeschichtung (z.B. Energieschirme - Monosystem) lagen ganz in der Verantwortung der UNITEC.

In Absprache mit der WESOM und der Hochschule sah der Versuchsplan für die Beschichtung der Monosysteme folgende Parameter vor, die entsprechend miteinander kombiniert wurden:

- Schichtdicke (200, 550 und 900 nm),
- mit / ohne Hohlkathoden,
- mit / ohne Vorbehandlung durch die Inverse Sputterätzeinrichtung ISE 400,
- Kupfer/Aluminium als Schichtmaterialien.

Somit ergaben sich für jede Probe 12 Parametersätze.

Bei der Durchführung der Versuche traten Probleme durch Überhitzung der Proben auf. Die Folge waren thermische Schädigungen der Gewirke. Vor allem bei Gewirken auf der Basis von Naturfasern wurden größere Schädigungen festgestellt. Die Schädigungen der Naturfasern könnten durch Oxydationsvorgänge mit dem aus dem anhaftenden Wasser stammenden Sauerstoff hervorgerufen bzw. verstärkt worden sein. Aufgrund der äußerst feinen Faserstruktur der Baumwolle bzw. Jute und der daraus resultierenden Oberfläche ist die adsorbierte Wassermenge bei Baumwoll-

und Baumwoll-Jute-Mischgewirken deutlich größer als bei den Kunststoffgewirken auf der Basis von PAN, PP und PES.
Vor der Kupfer-Bedampfung wurden die Proben CO27 und JCO17 deshalb bei 0,02 m/s Bandgeschwindigkeit (Einwirkzeit etwa 10 s) und einer Schiffchentemperatur von ca. 600 °C vorgetrocknet, indem die Proben ohne Drahtvorschub, d.h. ohne Verdampfung an den geheizten Schiffchen vorbeigeführt wurden.

Die Vortrocknung und eine größere Massenträgheit der Atome bei Kupfer ist wahrscheinlich dafür verantwortlich, dass die Bedampfungsergebnisse auf den Naturfasern mit Kupfer wesentlich besser als die Aluminiumbedampfungen ausgefallen sind. Vor allem auf dem Baumwollmuster konnten sehr gute Schichtqualitäten bei der Kupferverdampfung erreicht werden
Die schlechtere Bedampfung der Naturfasern mit Aluminium ist dagegen mit einer Zurückdrängung des Aluminium-Dampfstromes durch das desorbierte Wasser zu erklären.

Gute bis sehr gute Ergebnisse wurden mit Al und Cu auf den Kunststofffasergewirken erreicht.

Bei den Versuchen wurden Schichthaftungen erreicht, die z.T. nahe am erreichbaren Optimum lagen. – Die Schicht wurde in vielen Fällen nur zusammen mit Substratfasern abgetrennt, was bedeutet, dass sich die Schichthaftung im Bereich der Festigkeit des Faserverbundes bewegt. Durch Optimierung des Beschichtungsverfahrens und der Substratvorbehandlung lassen sich diese Schichten leicht in eine produktionstaugliche Qualität (vor allem Reproduzierbarkeit) überführen.

7.1.3.1.2.1.3 Analyse / Ergebnisse

Die Analyse und Auswertung der Proben oblag der Hochschule.
Energieschirme werden entsprechend ihrer Transparenz bzw. Abschattung eingeteilt. Die Bestimmung der Transparenz der Energieschirme wurde nach den Normen ASTM D 1003 „Standartd Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics“ und ASTM D 1044 „Standard Test Method for Resistance of Transparent Plastics to Surface Arasion“ durchgeführt.

Prinzip der Transparenzmessung:

Ein Lichtbündel trifft auf die Probe und tritt in eine integrierte Kugel ein. Das von der mattweißen Beschichtung der Kugelwand gleichmäßig verteilte Licht wird von einem

Detektor gemessen. Die Gesamttransmission wird bei geschlossenem und die Trübung bei geöffnetem Kugelausgang bestimmt. Ein Ringsensor in der Austrittsöffnung misst die Bildschärfe.

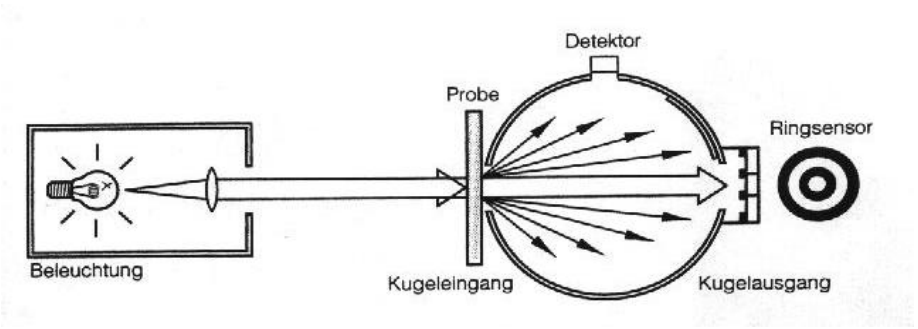


Abb. 50: Prinzip der Transparenzmessung

Transparenzangaben und Reflexionswerte der Energieschirme von Wettbewerbsprodukten auf der Basis zur Verfügung stehender Verkaufsunterlagen der Anbieter sind nicht vergleichbar und wenig aussagekräftig. Deshalb wurden zur späteren Bewertung der Versuchsergebnisse zur Zeit am Markt befindliche Energieschirme in die Prüfungen einbezogen.

Neben den Werten für die Abschattung der Proben wurde die Wärmereflexion im nahen Infrarotbereich von 800 bis 15.000 nm gemessen.

Die NIR-spektroskopischen Messungen / Untersuchungen (NIR - naher Infrarotbereich) erfolgten mit einem FT-NIR-Spektrometer Spectrum IdentiCheck (Perkin-Elmer) unter Verwendung des integrierten Reflexionszubehörs ICRA (IdentiCeck Reflectance Accerory).

Auflösung: < 2 cm^{-1}
Zahl der Scans: 16

Vor der Messung der Proben wurde als Background das Spektrum einer weißen Probe - hier Spektralon - aufgenommen. Die flächigen Proben wurden direkt auf das Probenfenster gelegt und leicht angedrückt.

Für die Analyse der Probenmuster wurden alle Muster incl. der Wettbewerbsprodukte nach folgendem Schema geprüft, analysiert und eingeordnet.

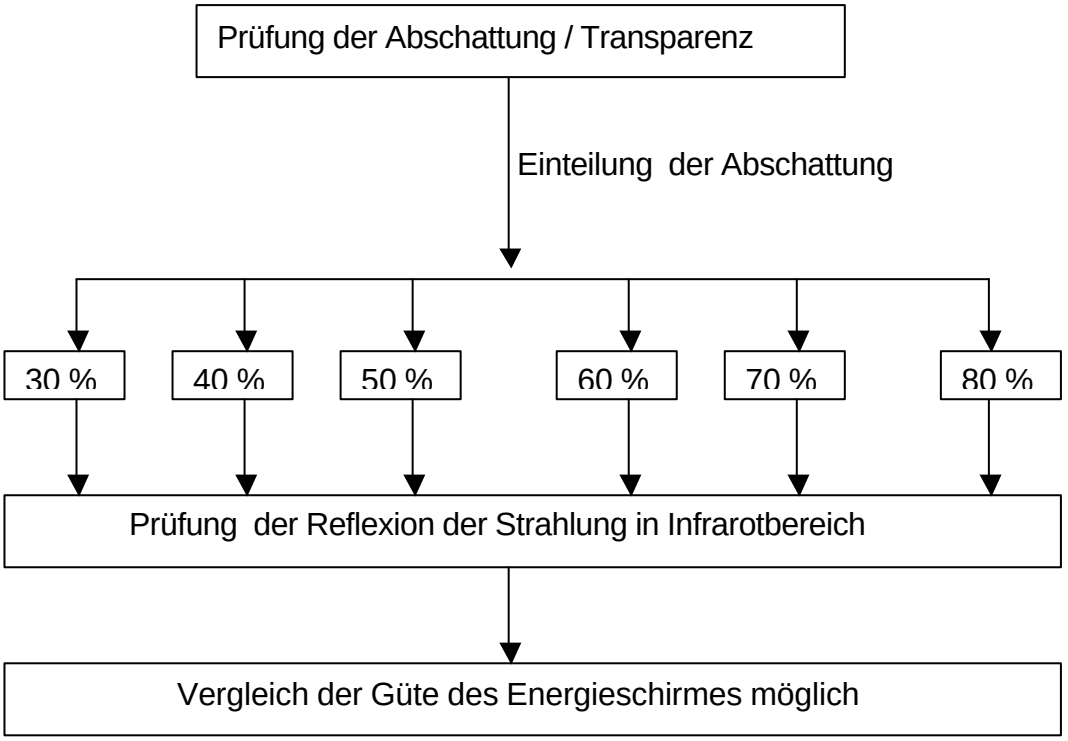


Abb. 51: Analyseschema zur energetischen Wirksamkeit des Energieschirmes

7.1.3.1.2.1.4 Auswertung / Schlussfolgerungen

Wichtige Prüfergebnisse der Probenmuster wurden in nachfolgender Tabelle entsprechenden Wettbewerbsprodukten gegenübergestellt. Vergleichsbasis war hierbei die Abschattung.

Tab. 26: Messergebnisse der geprüften Energieschirme PP34

Abschattung	Wettbewerber		Eigene Entwicklung	
	Bezeichnung	Reflexion in %	Bezeichnung	Reflexion in %
70 %	ULS 18 H	6 bis 13	PP 34/Al PP 34/Cu	11 bis 24 14 bis 21

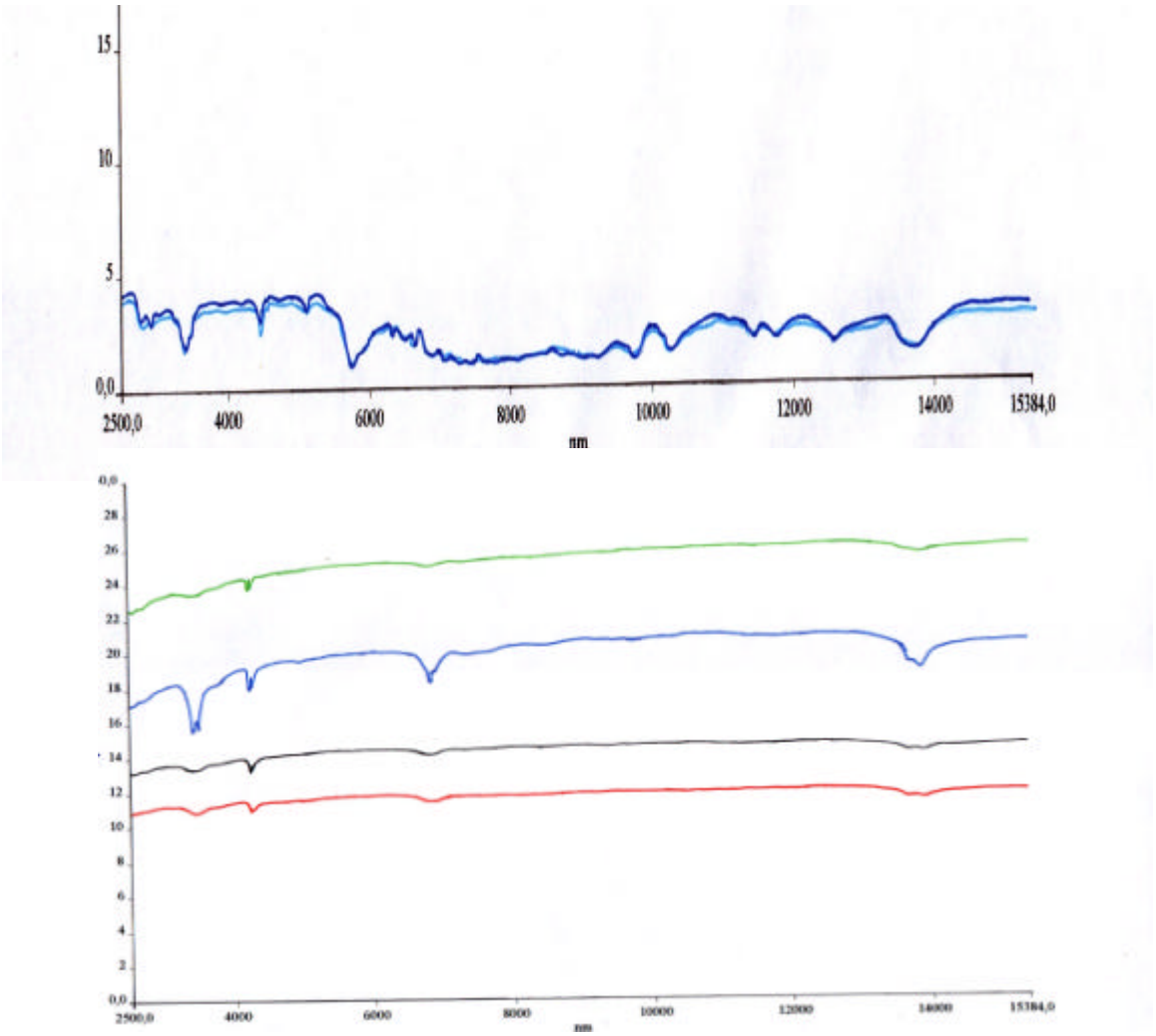


Abb. 52 : Gegenüberstellung der Reflexion (gerichtete Reflexion) des Energieschirmes PP34 zu dem Wettbewerbsprodukt HS 663 – Basis 70 % Abschattung

Die Probe PP34 erzielte sowohl im Ergebnis der Aluminium- als auch der Kupferbeschichtung sehr gute Reflexionswerte, die Wettbewerbsprodukten weit überlegen sind.

Die beschichteten Proben mit Pflanzenfasern als Ausgangsmaterial erreichten nur geringe Reflexionswerte. Für die Abschattung von Verkaufsräumen entstanden vor allem im Ergebnis der Cu-Beschichtung dekorative Gitter. Für einen Einsatz als effektiver Energieschirm sind weiterführende Untersuchungen notwendig. Ein Ansatz für die Steigerung der Reflexion sind entsprechende Zwischenschichten, möglichst auf „natürlicher“ Basis, die die feine Faserstruktur binden und eine glatte Oberfläche erzeugen.

Weitere Steigerungen der energetischen Wirksamkeit durch IR-Reflexion führen zwangsläufig zu einer weiteren Vergrößerung der reflektierenden Fläche. Die Gewährleistung eines Pflanzenwachstums ohne Ertragseinbußen erfordert einen hohen Anteil sichtbares Licht mit Wellenlängen von ca. 440-670 nm (siehe 1.1.1 Zielstellung). Diese Anforderungen lassen sich - mit ausschließlich textilen Technologien - mit dem Einsatz von Garnen aus lichtdurchlässigen Fluorpolymeren oder sehr feinen Gittern, die auf Grund der Gitterabstände kurzwelliges Licht durchlassen und langwelliges Licht reflektieren, realisieren. Aus technischen- bzw. Kostengründen wurden diese Varianten zu diesem Zeitpunkt verworfen.

Auf der Grundlage eines Verbundstoffes aus textilen Gittern und einer IR-reflektierenden Folie lassen sich diese Anforderungen mit einem günstigeren Preis / Leistungsverhältnis umsetzen. (Gleichzeitig werden mit dieser Lösung Energieeinsparungen durch die Reduzierung der Konvektion und der Luftwechselrate erreicht.)

7.1.3.1.2.2 Verbundsystem

Im Verlauf des Verbundvorhabens wurde neben der Entwicklung des ursprünglichen angestrebten Systems, im Ergebnis der Diskussion, ein weiterer Typ neuartiger Energieschirme konzipiert. Dieser Typ basiert auf der Verbindung hochfester textiler Gitter mit einem beschichteten Foliensystem. Neben einer weiteren Verbesserung des Verhältnisses T_{VIS} / R_{IR} infolge der Erweiterung der Reflexionsfläche und Reduzierung der totalen Abschattung durch den Einsatz hochfester Polyesterfilamente, wird durch das geschlossene System die Luftzirkulation zwischen Gewächshaus und kaltem Dachbereich unterbunden. Dieser Effekt kann weitere erhebliche Energieeinsparungspotentiale eröffnen, die in diesem Vorhaben nicht weiter berücksichtigt wurden. Im Rahmen der Produktüberführung sind hierzu weiterführende Untersuchungen notwendig.

Das Grundschema des entwickelten Verbundsystems - eine textile Trägerstruktur (Gitterarmierung) im Verbund mit einer Substratfolie auf der die für die Wärmereflexion verantwortlichen Schichtsysteme mittels der PVD-Technologie aufgetragen und durch eine aufkaschierte weitere Folie geschützt werden - zeigt Abbildung 53.

Abb. 53: Schematische Darstellung des Verbundsystems

Aus Kostengründen konnten derzeit auf dem Markt befindliche beschichtete Folien nicht zum Einsatz kommen. Im Rahmen des Projektes entwickelte das FEP in Zusammenarbeit mit UNITEC eine Folienbeschichtung, die die technischen Anforderungen unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit erfüllt.

7.1.3.1.2.2.1 Substratentwicklung

Basierend auf den Ergebnissen bei der Substratentwicklung des Monosystems konstruierte und produzierte die WESOM textile Gitter auf der Grundlage der Nähwirktechnologie sowie hochzugfester Polyester. Der Einsatz der Nähwirktechnologie und hochzugfesten Polyesterfäden ermöglichte die Konstruktion sehr dünner Gitterstege mit sehr geringer Abschattung bei hoher Zugfestigkeit und geringer Dehnung für die Überspannung großer Flächen – z.B. Muster PES1440/12.

	Höchstzugkraft (kN/m)		Höchstzugkraftdehnung (%)	
längs quer	längs	quer		
PES1440/12	48,9	49,8	16,8	15,6

7.1.3.1.2.2.2 Beschichtung / Entwicklung des Schicht- und Foliensystems

An der Hochschule wurde entsprechend der durchgeführten Arbeiten am Monosystem, die Beschichtung des textilen Gitters optimiert. Die Beschichtung auf einem Roll-Coater erfolgte wiederum bei der UNITEC.

Das FEP entwickelte und produzierte in Zusammenarbeit mit der UNITEC das Schicht- und Foliensystem.

Transparente und wärmereflektierende Schichtsysteme werden zum Beispiel im Bereich der Architekturverglasung eingesetzt. Dabei wird das Schichtsystem direkt durch Sputtern auf dem Glas abgeschieden. Diese Technologie ist jedoch für die Verwendung in Gewächshäusern zu teuer. Als Alternative bietet sich die Folienbedampfung an, da diese sehr produktiv und damit preiswert ist. Durch die Bedampfung können zwar nicht so hochwertige Schichten (Gleichmäßigkeit, Haftung) wie beim Sputtern erzeugt werden, jedoch sollte für die vorliegende Anwendung die Qualität ausreichend sein.

Ein transparenter Wärmereflektor benötigt mindestens ein 3-Schichtsystem. Eine Metallschicht aus Aluminium oder Silber reflektiert die Raumstrahlung im infraroten Wellenlängenbereich. Das Maximum dieser Strahlung bei Raumtemperatur liegt bei einer Wellenlänge von ca. 10 µm, wie in Abb. zu sehen ist. Ausreichend wärmereflektierende Metallschichten aus Aluminium oder Silber haben im sichtbaren Wellenlängenbereich nur eine Lichtdurchlässigkeit unter 50%. Zur Steigerung der Lichtdurchlässigkeit wird diese Metallschicht in zwei Schichten höherer Brechzahl (sogenannte Antireflexschichten) eingebettet. Diese können beispielsweise aus Titanoxid oder Aluminiumoxid bestehen. In Abbildung 54 ist die Transmission einer 14 nm dicken Ag-Schicht ohne und mit zwei AlOx bzw. TiOx Schichten dargestellt. Deutlich ist eine Erhöhung der Transmission im sichtbaren Spektralbereich (380 nm .. 780 nm) zu erkennen. Betrachtet man die Transmission bei 550 nm erkennt man eine Steigerung von 22% auf 37% bei Verwendung von AlOx und 66% bei Verwendung von TiOx als Antireflexschicht. Die Transmission im sichtbaren Wellenlängenbereich kann also durch die Antireflexschichten deutlich vergrößert werden. AlOx hat wegen seines geringeren Brechungsindex eine geringere transmissionserhöhende Wirkung.

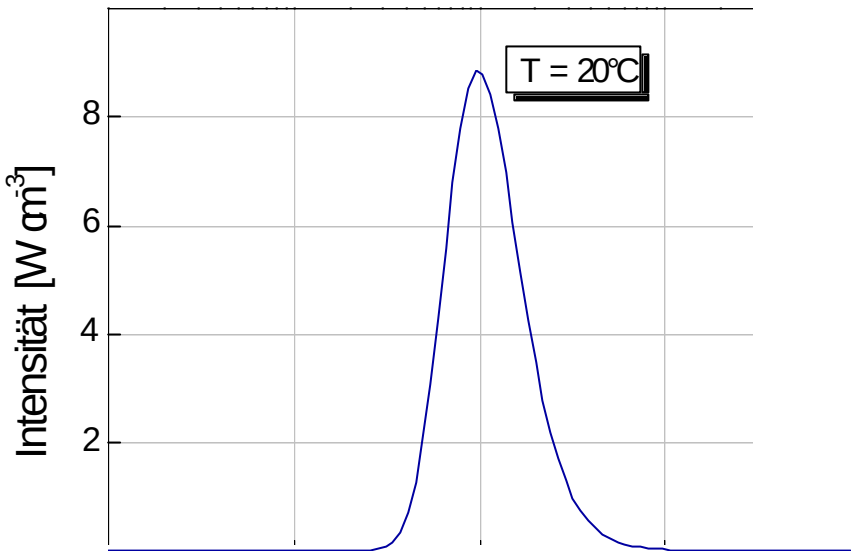


Abb. 54: Wärmestrahlung bei Raumtemperatur nach dem Planckschen Strahlungsgesetz

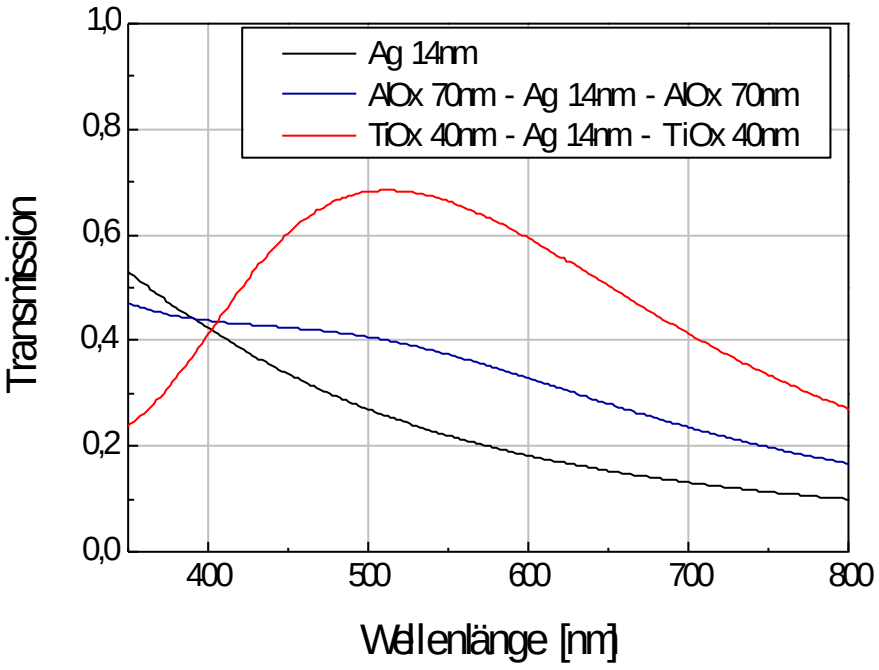


Abb. 55: Simulation der Transmission einer 14 nm dicken Silberschicht ohne (schwarze Kurve) und mit Antireflexschicht aus AlOx (blaue Kurve) bzw. aus TiOx (rote Kurve)

Experimentelle Arbeiten

Die Aluminiumverdampfung erfolgt üblicherweise mit einem Schiffchenverdampfer, auf den kontinuierlich Verdampfungsdrähte aus Al geführt werden. Auch AlO_x lässt sich reaktiv unter Zugabe von Sauerstoff durch dieses Verfahren günstig erzeugen

und auf Folien aufdampfen. Deshalb wurde dafür die Anlage FOBA 1000 verwendet. Dieses Verfahren ist auf Ti nicht anwendbar, so dass eine Verdampfung von TiO_2-Granulat mittels der Elektronenstrahlverdampfung gewählt wurde. Für das Aufdampfen dieser Schichten wurde die Elektronenstrahl-Bedampfungsanlage FOBA 800 benötigt. Die Zwischenschichten aus Al bzw. Ag wurden in der Anlage FOBA 1000 aufgebracht.

FOBA 800 – TiOx-Beschichtung

Tab. 27: Vakuumbedampfung mit TiO_x (TiO_2)

Versuchsanlage	**Folienbedampfungsanlage FOBA 800**	
Verdampfungstechnologie	Elektronenstrahlverdampfung von TiO_2 mit Plasmaanregung durch Hohlkatode	
Basisdruck	0,02 Pa	
Prozessdruck	0,3 Pa	
Bandgeschwindigkeit	0,33 m/s	
Monitorierung	Messung der Interferenzen an Reflexionsspektren ex-situ	Schichtdickenmessung bei geringerer Bandgeschwindigkeit
Strahlleistung	50 kV*1,2 A = 60 kW	
Bandbreite	420 mm	
Bedampfungsbreite	380 mm	

FOBA 1000 – Al-, Ag- und AlO_x-Beschichtung

Tab. 28: Vakuumbedampfung mit Aluminium, Aluminiumoxid und Silber

	Aluminium	**Aluminiumoxid**	**Silber**
Versuchsanlage	Folienbedampfungsanlage FOBA 1000		
Verdampfungstechnologie	Schiffchenverdampfer mit Plasmaanregung durch Hohlkatode	Schiffchenverdampfer, reaktive Verdampfung mit Sauerstoffeinlass und Plasmaanregung durch Hohlkatode	Schiffchenverdampfer mit Plasmaanregung durch Hohlkatode
Basisdruck	0,01 Pa	0,01 Pa	0,01 Pa
Prozessdruck	0,04 Pa	0,3 Pa	0,04 Pa
Bandgeschwindigkeit	1,5 bis 3 m/s	0,5 m/s	1,5 bis 3 m/s
Inline-Monitorierung	Transmissionsmessung bei einer Wellenlänge von 400 nm; Messung der Interferenzen in Reflexion (Schichtdickenmessung bei geringer Bandgeschwindigkeit)		
Verdampfungsrate	ca.1,1...1,4 g/min je Schiffchen bei 6 Verdampferschiffchen		
Bandbreite	420 mm		
Bedampfungsbreite	380 mm		

Anlage 3 gibt eine vollständige Übersicht über die zur Erzeugung der Energieschirme durchgeführten Bedampfungsversuche. Diese Versuche wurden in gemeinsamer Arbeit von FEP und UNITEC durchgeführt. Die UNITEC führte dabei alle Umbauten und Anpassungen der Anlagen, die Anlagenbedienung, -reinigung etc. sowie alle logistischen Arbeiten durch, während das FEP sich auf die wissenschaftliche Seite der Technologieentwicklung konzentrierte. In die wissenschaftliche und planerische Arbeit gemeinsam durchgeführter Versuche war UNITEC z.T. involviert. Die Versuchsdurchführung erforderte die Mitarbeit beider Projektpartner.

Voruntersuchungen

Infrarotreflexion und Transmission im Sichtbaren von verschieden dicken Aluminiumschichten

Zur Herstellung eines transparenten wärmereflektierenden Schichtsystems wurden zunächst unterschiedliche Metallschichtdicken auf ihre optischen Eigenschaften im sichtbaren und infraroten Spektralbereich untersucht. Dazu wurden Al-Schichten bei 5 verschiedenen Bedampfungsgeschwindigkeiten auf Polyesterfolie abgeschieden und vermessen. Eine in-situ Messeinrichtung zur Bestimmung der Transmission bei 400 nm bezogen auf die Transmission des Substrates („100%“), ermöglicht eine reproduzierbare Einstellung der Schichtdicke während der Verdampfung für alle anschließenden Versuche. In den Diagrammen wurde die in-situ gemessene Transmission angegeben. Diese ist mit der ex-situ gemessenen Transmission qualitativ, jedoch nicht quantitativ vergleichbar (siehe Abb. 56). Ursache für diese Abweichung könnte die Alterung durch das Belüften der Bedampfungsanlage sein.

Die Schichten sind nach dem Belüften teilweise oxidiert und dadurch transparenter. In Abbildung 57 ist der Einfluss der Schichtdicke auf die Infrarotreflexion über einen Wellenlängenbereich von 1250 nm .. 25500 nm dargestellt. Für eine ausreichende Infrarotreflexion von Wärmeschirmen wird ein unterer Grenzwert von 75% als vernünftig angesehen. Um diesen zu gewährleisten, ist eine Al-Schichtdicke mit einer in-situ gemessenen Transmission von weniger als 39% zu realisieren.

Eine Wiederholung der Spektrenmessung nach ca. einem Jahr ergab eine Änderung der Transmission und Infrarotreflexion um 5-10 %. Auf Grund von Oxidationen wurde die Transmission höher und die Infrarotreflexion niedriger.

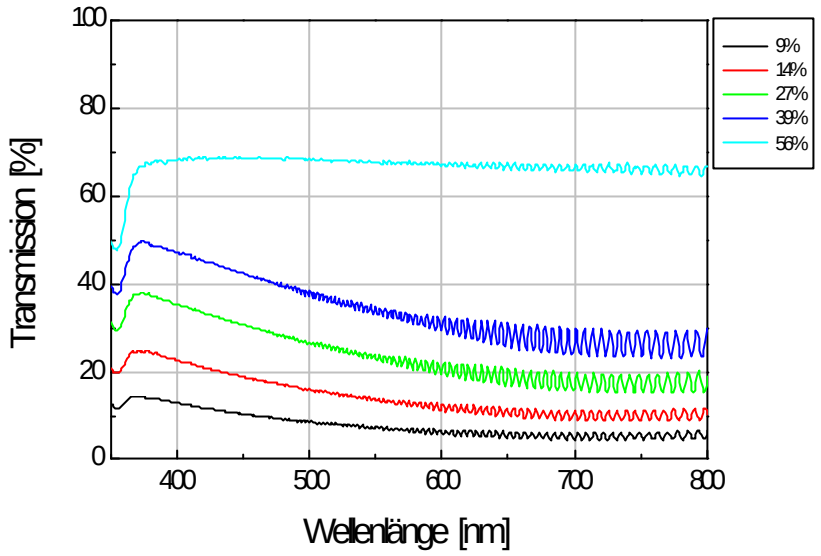


Abb. 56: VIS-Transmission bei verschieden dicken Al-Schichten

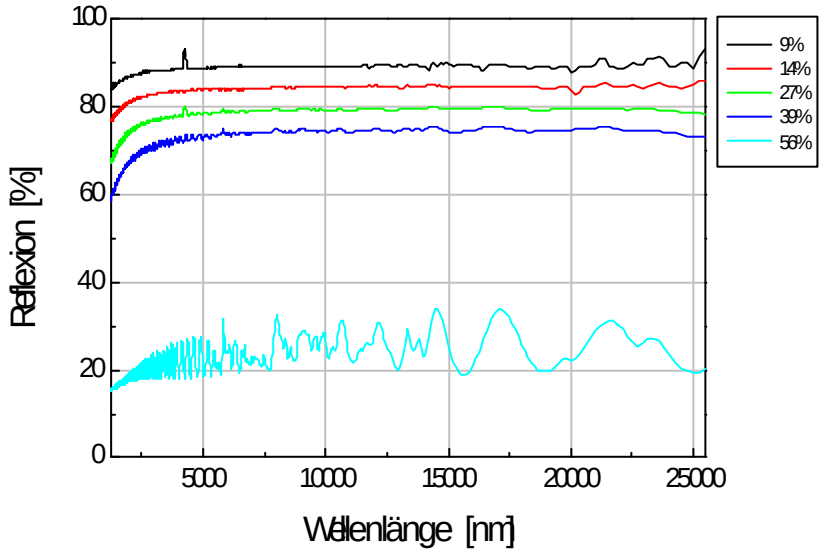


Abb. 57: Infrarotreflexion bei verschieden dicken Al-Schichten

Infrarotreflexion und Transmission im Sichtbaren von verschieden dicken Silberschichten

Zur Ermittlung geeigneter Ag-Schichtdicken für Wärmeschirme wurden als Vorversuche bei 8 verschiedenen Bedampfungsgeschwindigkeiten einfache Ag-Schichten auf Polyesterfolie abgeschieden.

Die Spektren für die Transmission im Sichtbaren (siehe Abb. 58) und die Reflektion im Infraroten (siehe Abb. 59) wurden gemessen. Eine Kennzeichnung der Kurven wurde dabei analog zu den Al-Versuchen anhand der in-situ gemessenen Transmission bei 400 nm bezogen auf die Substrattransmission vorgenommen.

Unter Beachtung des unteren Grenzwertes der IR-Reflexion von 75% muss eine Ag-Schichtdicke gewährleistet werden, die eine in-situ Transmission von weniger als 79% aufweist (siehe Abb. 59).

Zur Beurteilung der Alterung wurden Wiederholungsmessungen nach 6 Monaten durchgeführt. Dabei zeigte sich eine im Vergleich zu den Aluminiumschichten stärkere Abnahme der Infrarotreflexion. Die Alterung der Silberschichten ist somit stärker ausgeprägt, als dies bei Aluminium der Fall ist.

In Abbildung 60 sind die Transmissionsspektren im Sichtbaren der Aluminium- und der Silberschicht dargestellt, deren Infrarotreflexion gerade dem Grenzwert von 75% entspricht. Der deutliche Unterschied zwischen den Spektren zeigt klare Vorteile bei der Verwendung von Silber für die Verwendung als Wärmeschirm auf, da neben der hohen IR-Reflexion auch eine hohe VIS-Transmission gefordert ist.

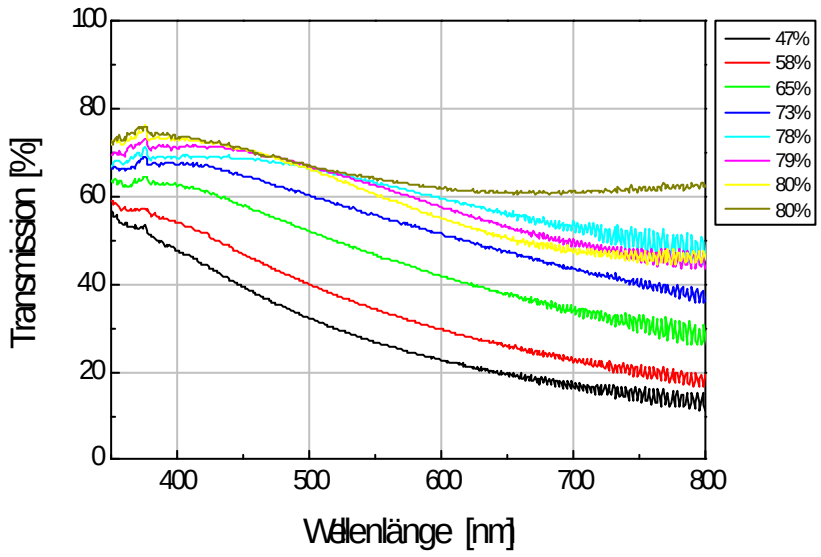


Abb. 58: Transmission bei verschieden dicken Ag-Schichten

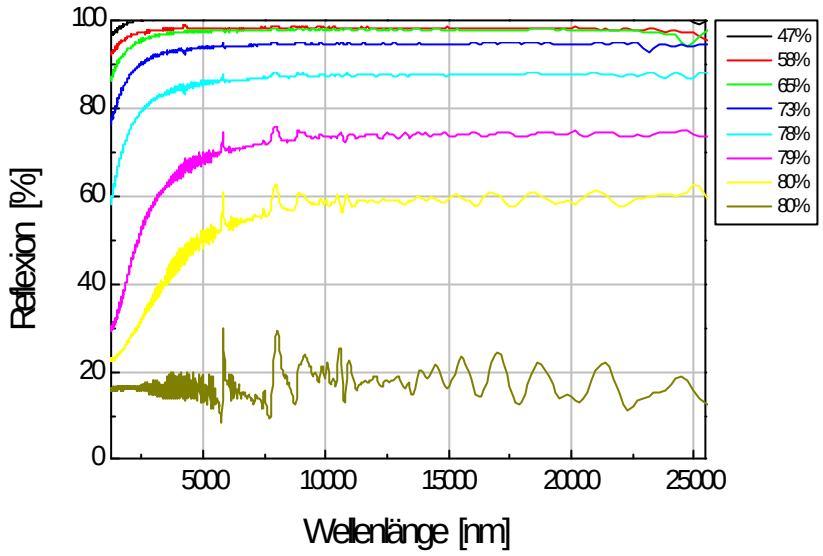


Abb. 59: Infrarotreflexion bei verschieden dicken Ag-Schichten

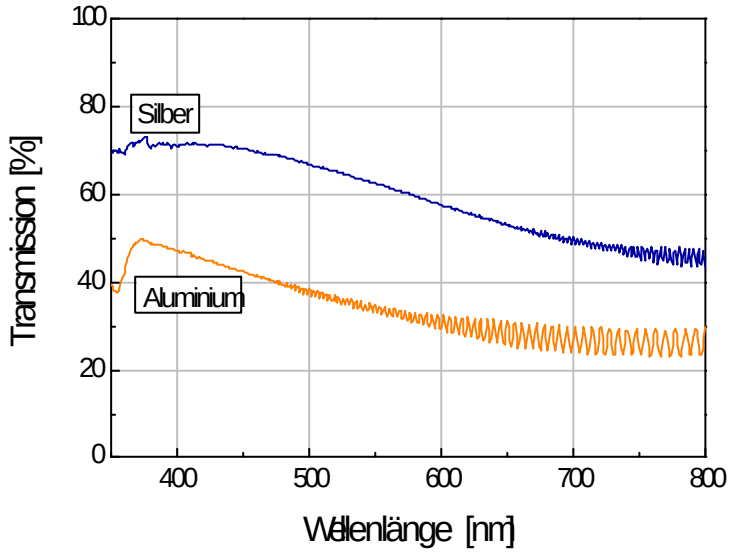


Abb. 60: Vergleich der Transmission im sichtbaren Spektralbereich der Silber- und der Aluminiumschicht gleicher IR-Reflexion von 75%

Auswahl des Folienmaterials

Als Substratfolie für die Abscheidung des Schichtsystems wurde auf Grund der sehr guten Erfahrungen bei der Beschichtung Polyester gewählt. Zum Schutz vor mechanischen und chemischen Belastungen des Schichtsystems soll eine zweite Folie gegenkaschiert werden. Hervorzuheben ist, dass entweder die Substratfolie

oder die gegenkaschierte Folie nach innen zum Gewächshaus hin angeordnet ist. Um die Effektivität des wärmereflektierenden Schichtsystems nicht zu beeinträchtigen, muss diese nach innen gerichtete Folie eine geringe Absorption im infraroten Bereich besitzen.

Ausgehend von bisherigen Erfahrungen wurden als Folienmaterialien Polyester und Polypropylen betrachtet. Optische Messungen an diesen Materialien sind in Abbildung 61 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die Polyesterfolie im Infraroten stärker als die Polypropylenfolie absorbiert. Damit sollte die Polypropylenfolie die nach innen gerichtete Folie sein.

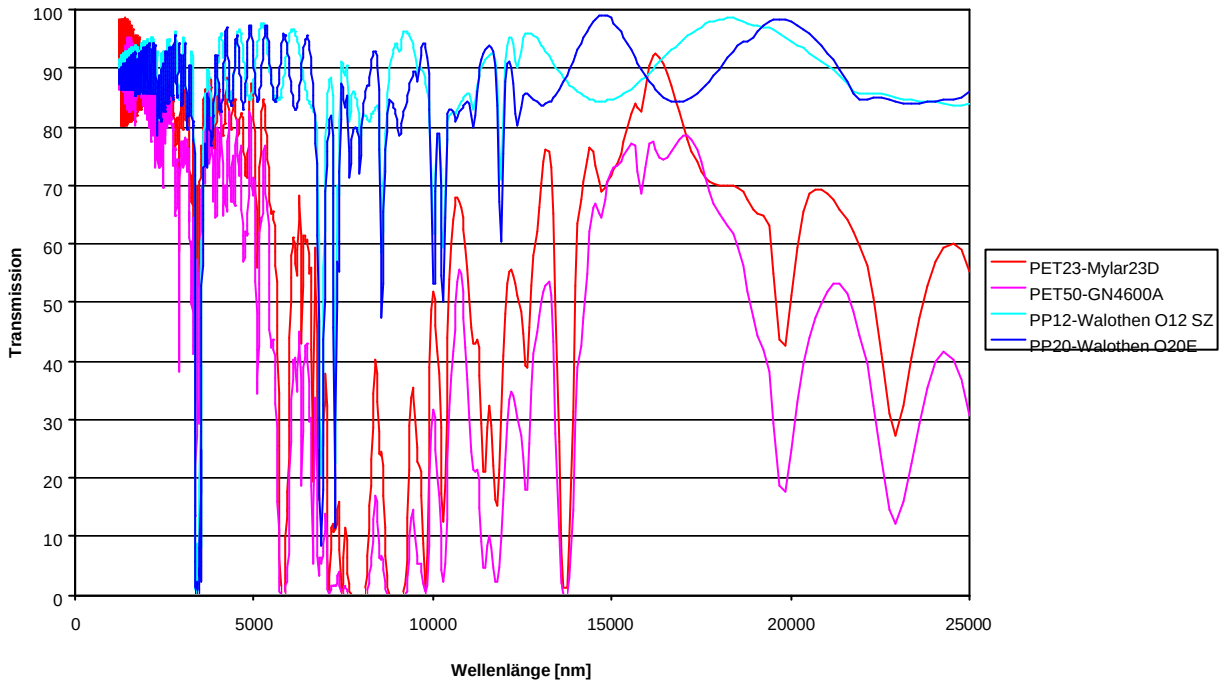


Abb. 61: Infrarottransmission von 2 Sorten Polyesterfolie und 2 Sorten Polypropylenfolie

Auswahl des Kaschierklebers

Die meisten Kaschierkleber haben eine gute Transmission im Sichtbaren. Durch eigene Messungen konnte diese Aussage bestätigt werden. Die Transmission im Infraroten konnte von den Herstellern nicht angegeben werden. Deshalb wurden zwei Polypropylenfolien mit verschiedenen Kaschierklebern gegeneinander kaschiert und dann im FEP optisch vermessen. In den Abbildungen 62 und 63 sind die gemessenen Infrarottransmissionen der getesteten Kaschierkleber aufgetragen. Unterschieden wurde dabei in Kleber auf Polyurethanbasis und Epoxidharzbasis.

Die Kleber auf Polyurethanbasis zeigen alle eine relativ starke Absorption im Infraroten. Aus diesem Grund wurde für die weiteren Versuche der Kaschierkleber Lamal HSA/C auf Epoxidharzbasis ausgewählt.

Die geringe Absorption des Kaschierklebers im Infraroten spielt selbstverständlich nur dann eine Rolle, wenn die mit dem Kleber versehene Seite nach innen zeigt. Für die Beschichtungsversuche bedeutet dies, auch die direkte Beschichtung von Polypropylen zu untersuchen. Vorteil der Polypropylenbedampfung ist, dass der Kaschierkleber dann nach seinen übrigen Eigenschaften wie beispielsweise der UV-Beständigkeit ausgewählt werden kann und nicht gut transparent im Infraroten sein muss.

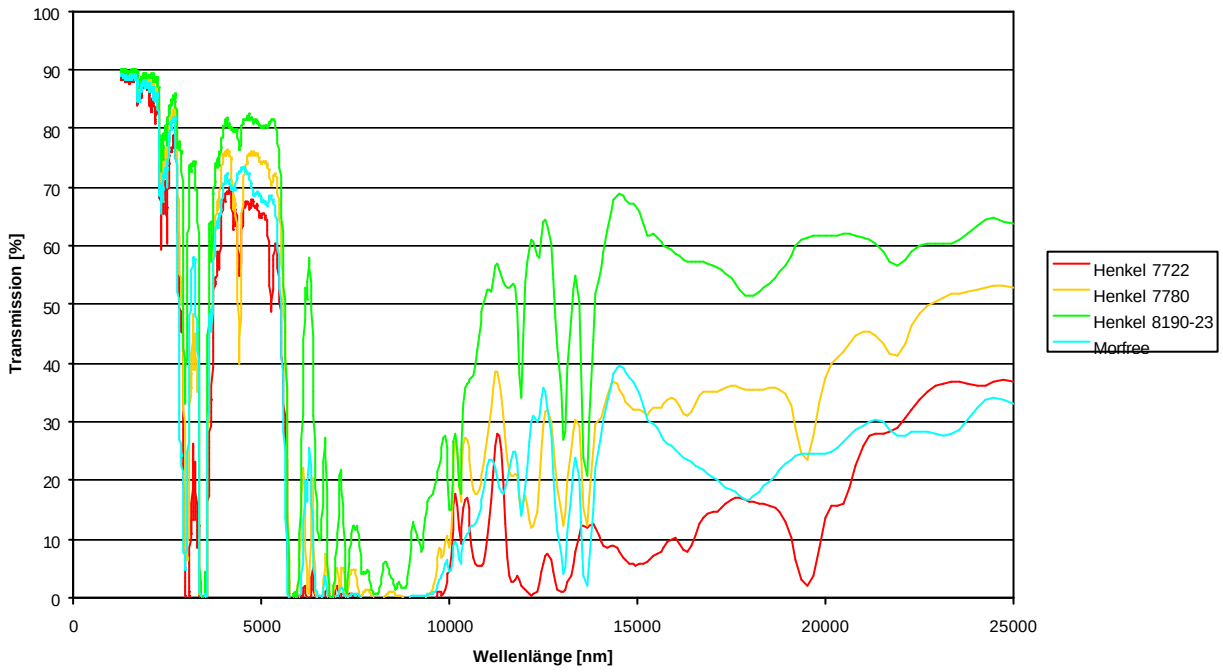


Abb. 62: Infrarottransmission von Kaschierklebern auf Polyurethanbasis zwischen zwei Polypropylenfolien

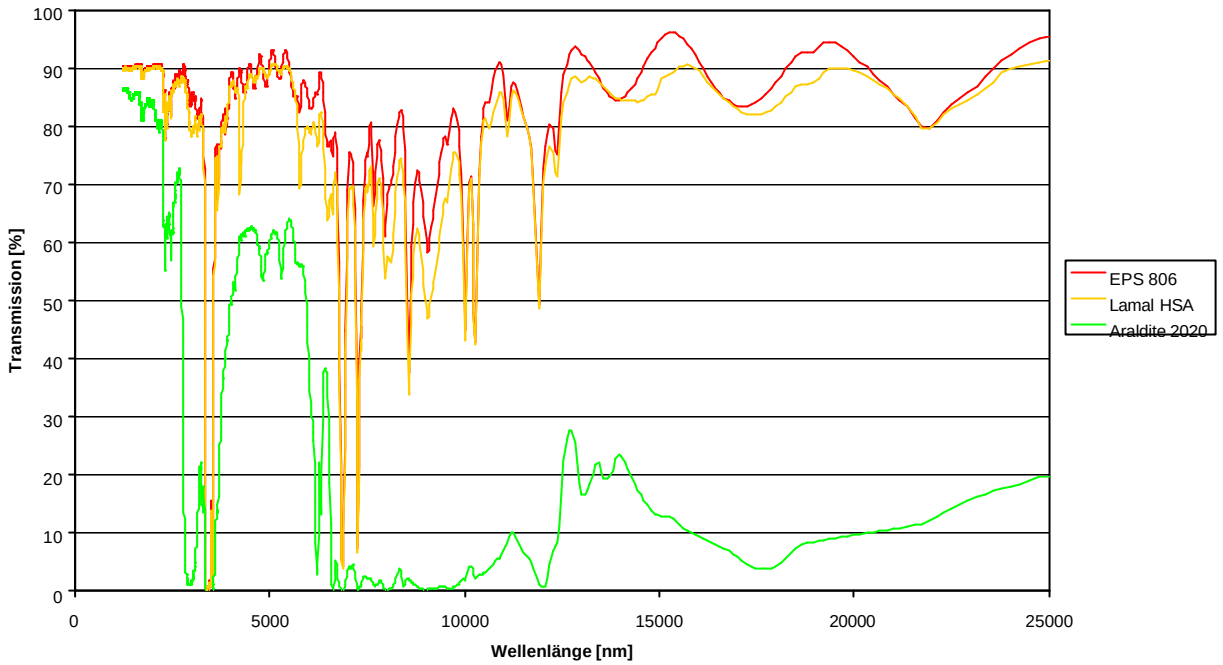


Abb. 63: Infrarottransmission von Kaschierklebern auf Epoxydharzbasis zwischen zwei Polypropylenfolien

Ergebnisse

Insgesamt wurden 9 verschiedene Wärmeschutzfolien hergestellt. Resultierend aus dem aus drei Schichten bestehenden Schichtsystem waren dazu 27 Bedampfungsvorgänge notwendig. In Tabelle 29 sind die wichtigsten Versuchsparameter eingetragen. Die Änderung der Schichtdicke der Metallschicht kommt in der Angabe der in-situ gemessenen Transmission bei 400nm zum Ausdruck.

Tab. 29: Übersicht der hergestellten Wärmeschutzfolien

Versuch	Schichtsystem – Material und Schichtdicke		Substratfolie	Kaschierfolie
	Metallschicht	AR-Schicht		
1	Al – 15%	TiOx	PET	PP
2	Al – 42%	AlOx	PET	PP
3	Ag – 70%	TiOx	PET	PP
4	Ag – 76%	TiOx	PET	PP
5	Ag – 79%	TiOx	PET	PP
6	Al – 40%	TiOx	PET	PP
7	Al – 53%	TiOx	PET	PP
8	Al – 45%	AlOx	PP	PET
9	Ag – 72%	TiOx	PP	PET

In den Abbildungen 64 und 65 sind die optischen Eigenschaften der aufgedampften Schichtsysteme dargestellt. Die Spektren wurden vor dem Kaschierprozess gemessen. Die Infrarotreflexion wurde von der Schichtseite her bestimmt. Für die Verwendung als wärmereflektierende Folien sind die Infraroteigenschaften maßgebend. Betrachtet man den oben definierten Grenzwert der Infrarotreflexion von 75%, so erfüllen nur die Versuche 1,2,3 und 9 diese Bedingung. Die Transmissionsspektren in Abbildung 65 zeigen für die Versuche 3 und 9 eine sehr hohe Transmission im Sichtbaren. Die beiden anderen Schichtsysteme weisen eine geringere Transmission auf. Nach Auskunft von WESOM sind diese geringen Transmissionen für eine Nutzung bei Zierpflanzen geeignet. Für den Einsatz bei Nutzpflanzen sind nur die Schichtsysteme hoher Transmission zu verwenden. An diesen (Versuch 3 und 9) werden im weiteren die Einflüsse der Kaschierung untersucht.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die gewählten Materialien Ag und Al für die Metallschicht bzw. TiOx und AlOx für die Antireflex-Schicht verwendbar sind. Einschränkend ist hervorzuheben, dass Aluminium und Aluminiumoxid als Materialien des Schichtsystems nicht für die Nutzung im Bereich der Nutzpflanzen verwendet werden können. Für den Bereich der Zierpflanzen sind die erreichbaren optischen Eigenschaften jedoch ausreichend. Der Einfluss der kostenintensiveren Materialien Ag und TiOx auf die gesamten Produktkosten wird in 7.2 abgeschätzt.

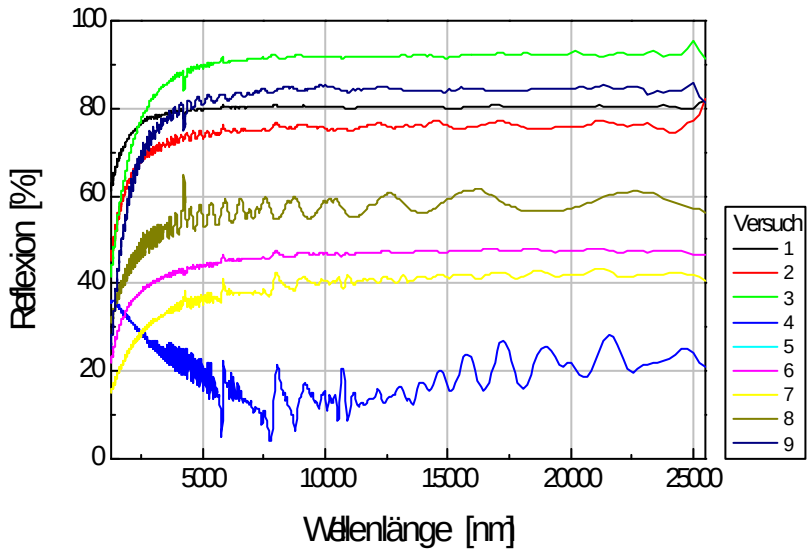


Abb. 64: Infrarotreflexion der durchgeführten Versuche ohne Kaschierung von der Schichtseite

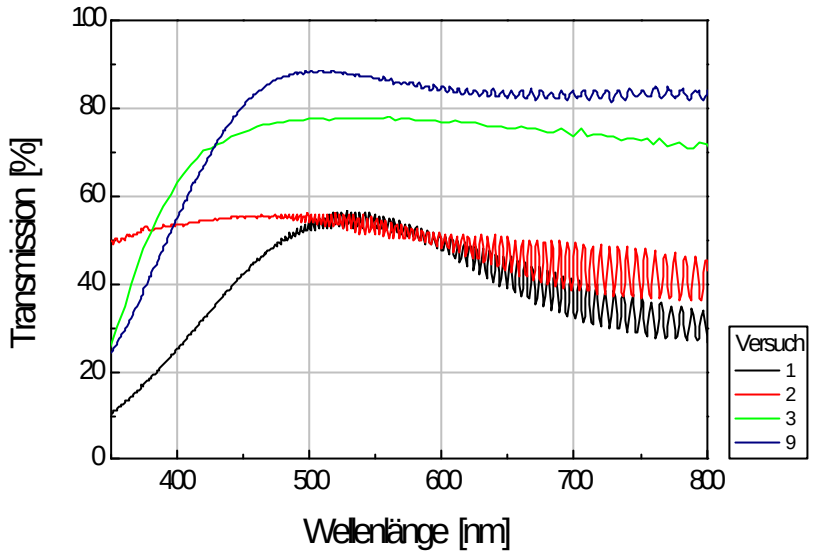


Abb. 65: Transmission im Sichtbaren der Versuche 1,2,3 und 9 ohne Kaschierung

Zur Beurteilung des Einflusses der Kaschierung auf das Reflexionsverhalten im Infraroten wurden Messungen an der Folie aus Versuch 3 vor und nach dem Kaschieren durchgeführt. Der gesamte Folienverbund besitzt nach dem Kaschieren folgenden Aufbau: PP-Folie – Kaschierkleber – Schichtsystem – PET-Folie.

In Abbildung 66 sind mehrere IR-Reflexionsspektren eingetragen. Zum einen ist dies das Spektrum der Reflexion des bloßen Schichtsystems vor dem Kaschieren. Zum anderen sind die Reflexionsspektren eingetragen, die jeweils von beiden Seiten des Folienverbundes gemessen wurden. Hierbei wurde entweder durch die PP-Folie und den Kaschierkleber (blaue Kurve) bzw. durch die PET-Folie (orange Kurve) hindurch gemessen.

Man erkennt eine deutliche Verringerung der Reflexion durch die Kaschierung. Des weiteren zeigt sich die stärkste Verringerung der IR-Reflexion, wenn durch die PET-Folie hindurch gemessen wird. Damit werden die aus den Messungen an Rohfolien und Kaschierklebern gewonnenen Erkenntnisse bestätigt. Der Folienverbund muss also bei der Verwendung in Gewächshäusern so ausgerichtet werden, dass die PP-Folie nach innen zeigt.

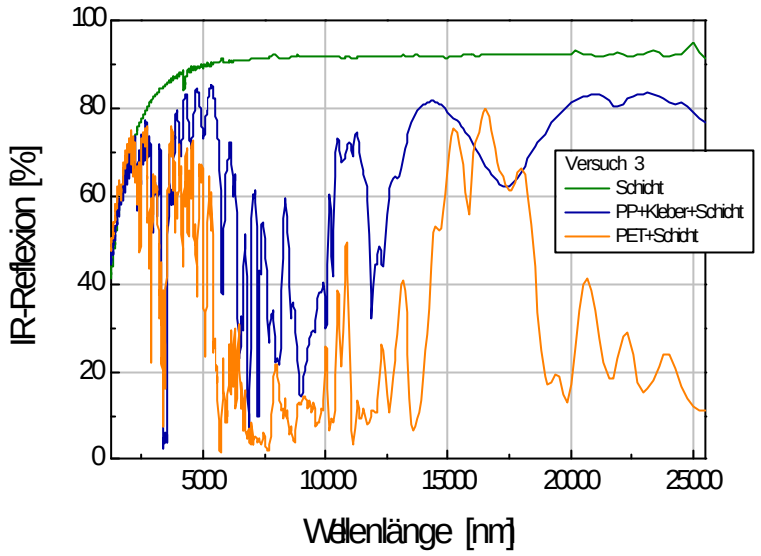


Abb. 66: Einfluss der Kaschierung auf das Reflexionsverhalten im Infraroten

Weiteren Langzeituntersuchungen im Rahmen der Produktüberführung ist es vorbehalten zu prüfen, ob sich die stärkere Alterung blanker Ag-Schicht gegenüber der Al-Schicht, wie angenommen, im 3-Schichtsystem und im kaschierten Folienverbund auch zeigt. Dazu müssten die vorhandenen Versuchsmuster in größeren Abständen optisch vermessen werden.

Entsprechend dem Modellaufbau des Verbundsystems der neuartigen Energieschirme sind das Foliensystem und das Armierungsgitter zu verbinden.

Die WESOM favorisierte zwei Varianten:

1. Verbindung durch direktes Einlaufen der Folie in die Nähwirkmaschine bei der Herstellung des textilen Gitters.
   Erste Versuche bei der WESOM mit unterschiedlichen Nadelsystemen und Stichlängen haben die technische Realisierbarkeit bestätigt. Im Rahmen der Produktüberführung müssen die Parameter des Armierungsgitters hinsichtlich der Vernähung der Folie noch optimiert werden.

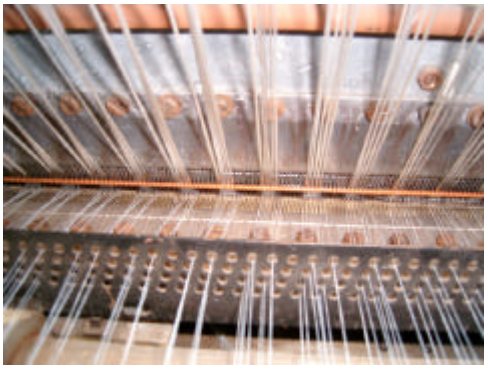


Abb. 67: Detailansicht Vernähung des Gewirkes mit der Folie

Abb. 68: Einlaufen der Folie in die Nähwirkmaschine

Abb. 69: Nähwirkmaschine – Vernähung des Gewirkes mit der Folie

2. Verbindung durch Aufkleben

   Hierzu muss das Armierungsgitter entsprechend der zukünftigen Zugbeanspruchung vorgespannt werden. Im Labormaßstab wurde durch die WESOM hierzu eine entsprechende Vorrichtung gebaut.

   Für eine industrielle Umsetzung muss diese Technologie in einen kontinuierlichen Prozess überführt werden.

Abb. 70: Detailansicht Vorspannrahmen

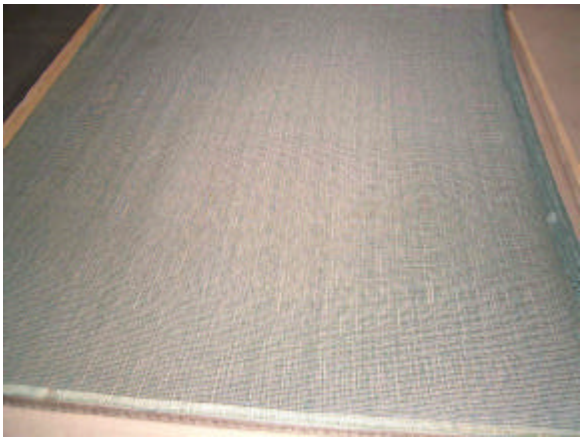


Abb. 71: Vorspannrahmen mit textilem Gitter

7.1.3.1.2.2.3 Analyse / Ergebnisse

Die Analyse und Auswertung der Verbundsysteme oblag der Hochschule. Die Transparenz bzw. Abschattung der Systeme wurde nach den Normen ASTM D 1003 „Standard Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics“ und ASTM D 1044 „Standard Test Method for Resistance of Transparent Plastics to Surface Arasion“ bestimmt (siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1.3 Analyse / Ergebnisse – Monosystem).

Neben den Werten für die Abschattung der Proben wurde die Wärmereflexion im nahen Infrarotbereich von 800 bis 15.000 nm gemessen.
Die NIR-spektroskopischen Messungen / Untersuchungen (NIR - naher Infrarotbereich) erfolgten mit einem FT-NIR-Spektrometer Spectrum IdentiCheck (Perkin-Elmer) unter Verwendung des integrierten Reflexionszubehörs ICRA (IdentiCeck Reflectance Accerory) - siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1.3 Analyse / Ergebnisse – Monosystem.

7.1.3.1.2.2.4 Auswertung / Schlussfolgerungen

Wichtige Prüfergebnisse (Reflexion) der Probenmuster (Monosystem / Verbundsystem) wurden in nachfolgender Tabelle entsprechenden Wettbewerbsprodukten gegenübergestellt. Vergleichsbasis war die Abschattung des Energieschirms.

Tab. 30: Messergebnisse der geprüften Energieschirme

Abschattung	Wettbewerber Bezeichnung	Reflexion in %	Eigene Entwicklung Bezeichnung	Reflexion in %
70 %	ULS 18 H	6 bis 13	PP 34/Al PP 34/Cu G2 / PP G2 / PES	11 bis 24 14 bis 21 35 bis 60 6 bis 53
60 %	HS 880 HS 885	20 bis 40 30 bis 36	G3 / PP	5 bis 80
50 %	HS 950	0,5 bis 1,7	G3 / PES	5 bis 52

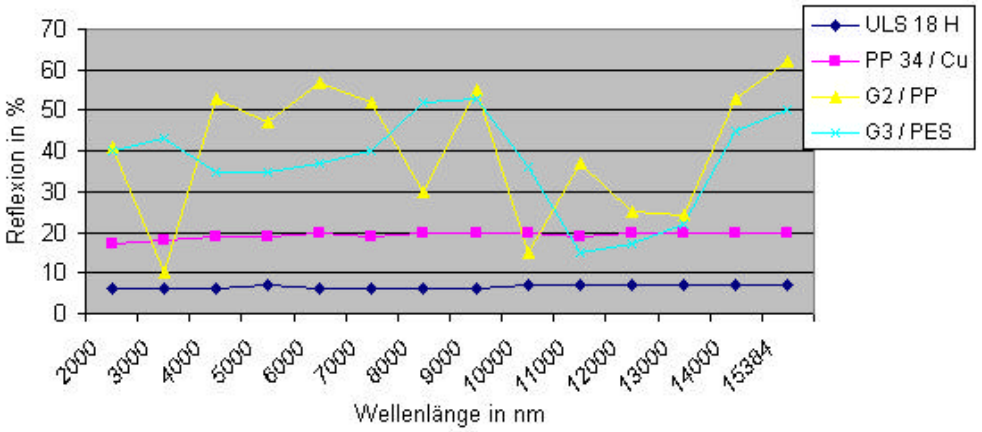


Abb. 72: Gegenüberstellung der Reflexionswerte für verschiedene Energieschirme

Tabelle 30 und Abbildung 72 zeigen , dass die in diesem Vorhaben entwickelten Energieschirme nach dem Mono- und Verbundsystem eine deutliche Verbesserung des Verhältnisses T_{VIS} / R_{IR} gegenüber Wettbewerbsprodukte (z.B. ULS 18 H) erreichen. Damit wird nachgewiesen, dass diese Energieschirme für den Gärtnereibetrieb wesentlich höhere Energieeinsparungspotentiale ermöglichen ohne Einbusen bei dem Ertrag in Kauf nehmen zu müssen.

Im Anschluss an das Vorhaben ist eine Weiterführung der Entwicklung bis zu einem Gewächshaus „neuen Typs“, bestehend aus drei Komponenten (Konstruktion, Hülle, Breitstellung alternativer Energien) in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Bauwesen der Hochschule Zittau / Görlitz (FH) vorgesehen. Das vorgestellte Modell ist in diesem Zusammenhang für eine Außenanwendung zu modifizieren und weiter zu optimieren.

7.1.3.2 Wärmedämmung

Textiles Bauen / Spezialanwendungen

Zunehmend werden neben Camping- und „Bierzelten“ große Veranstaltungshallen, Stadienüberdachungen etc. aus Textilien errichtet. Daneben entstanden und entstehen eine Vielzahl Spezialanwendungen. Ein spezieller Einsatzfall sind z.B. Poolabdeckungen, an die immer höhere Anforderungen hinsichtlich der Wärmedämmung und der Sicherheit gegen Ertrinken gestellt werden. Neben hohen mechanischen Kennwerten werden an Textilien für den Hochbau zusätzliche Anforderungen z.B. hinsichtlich Langzeitbeständigkeit (z.B. fungizide Ausrüstung, UV-Beständigkeit, Alkalibeständigkeit), Wärmedämmung, -reflexion oder elektromagnetische Schirmung gestellt.
Ein spezieller Bereich der Hochbau-Textilien sind Textilien für den Interior-, Exterioreinsatz zur Steuerung des Lichteinfalls (z. B. Reduzierung von Blendung – Arbeitsstättenrichtlinie) sowie zur Reduzierung der Heiz- und Kühllasten.
Für die Entwicklung des Marktes von Hochbau-Textilien wird in Deutschland, wie auch weltweit, ein Wachstum von 5 – 8 % in den nächsten Jahren vorausgesagt.

Mit entsprechenden Oberflächenmodifizierungen auf der Basis der PVD-Technologie können diese zusätzlichen Funktionalitäten erreicht werden, wie erste Ergebnisse im Rahmen des Vorhabens ANTIBAK zeigen.

Im Anwendungsbereich Textiles Bauen wurden im Vorhaben zwei Anforderungen an den zu entwickelnden Schicht-Substrat-Verbund gestellt:

1. Eine hohe Wärmereflexion der textilen Flächen soll einer starken Aufheizung von textilen Bauten durch Sonneneinstrahlung entgegenwirken.
   Der Anteil der Infrarotstrahlung beträgt bis zu ca. 43 % der Gesamtsonnenstrahlung. Eine möglichst hohe Reflexion in diesem Wellenbereich kann die Aufwärmung der textilen Flächen stark reduzieren. Dadurch wird eine bessere Klimatisierung unter diesen Flächen erreicht.

Strahlungsart	Wellenlängenbereich
UV-Strahlen	
UV-C	100 - 280 nm
UV-B	280 - 315 nm
UV-A	315 - 380 nm
Sichtbares Licht	380 - 780 nm
Infrarotstrahlung	780 nm - 1mm

Tab. 31: Einteilung des Sonnenlichts /15/

2. Vermeidung von Schimmelbildung bei Zelten im Ergebnis einer Tauwasserbildung an der Zeltinnenseite.
   Kondenswasser tritt an der Innenseite von Zelten bei Unterschreitung des Taupunktes infolge einer starken Abkühlung der Zelthaut auf. Dieser Vorgang kann dadurch gemindert werden , dass:
   - der Temperaturgradient in unmittelbarer Nähe der Zelthautinnenseite reduziert wird (hohe Wärmereflexion nach innen und außen) und
   - bei Gewährleistung der Wasserdampfdurchlässigkeit der Wärmedurchgang trotz Einsatzes sehr leichter und dünner Materialien minimiert wird.

   Da auf Grund der physikalischen Rahmenbedingungen eine Kondenswasserbildung nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, soll das Material eine fungizide Ausrüstung zur Vermeidung eines Schimmelbefalls erhalten.

Hitzeschutz

Bei Anwendungen des Hitzeschutzes werden an den Schicht-Substrat-Verbund hohe Anforderungen an die Hochtemperaturbeständigkeit gegenüber Strahlungswärme (bis 1000 °C) und / oder Kontaktwärme (bis 500 °C) gestellt. Neben der Höhe der Temperatur ist hierbei die angestrebte Belastungsdauer eine wesentliche Einflussgröße. Eine hohe Wärmereflexion an der Oberfläche der textilen Flächen soll einer starken Aufheizung der darunter liegenden Schichten bzw. Bauteilen entgegenwirken.
Ziel ist es, im Rahmen der Grundlagenforschung geeignete Substrate und Schichtmaterialien auszuwählen, die den entsprechenden Anforderungen an den Schicht-Substrat-Verbund gerecht werden.

Textilien für den Personenschutz

Das geschätzte Marktvolumen für Schutztextilien wird für Westeuropa mit 644 Mill. Dollar und einem Wachstum von ca. 5,6 % (Westeuropa) angegeben (DAVID RIGBY ASSOCIATES).
Bei der Entwicklung und Produktion von Hitzeschutzmaterialien für den Personenschutz hat die Oberlausitzer Firma Asglatex Ohorn GmbH eine lange Tradition.

Neben dem Vermögen, der Materialien ihre Funktion auch bei hohen Temperaturbelastung über einen bestimmten Zeitbereich aufrechtzuerhalten, werden folgende Anforderungen an Hitzeschutztextilien für den Personenschutz gestellt:

- hohe Haftfestigkeiten (ca. 7-9 N/15 mm) der Reflexionsschichten,
- hohe Festigkeit des textilen Trägers,

- hohe Wärmedämmung durch Schichtaufbau bei Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit,
- physiologische Verträglichkeit des Materials auf der Innenseite.

Thermische Isolierung im PKW

Nach Prognosen wird die weltweite Automobilproduktion von 38,5 Mio. Einheiten im Jahr 2001 auf 43 Mio. Einheiten im Jahr 2008 steigen (Industrial Fabrics Bulletin, März 2003, S. 44).
Im gleichen Zeitraum wird die Steigerung der Umsätze von technischen Textilien für den Automobilbau **in Europa** mit jährlich 2,2 % auf das prognostizierte Marktvolumen von 1,28 Mrd. Dollar angegeben (Frost & Sullvan, Report B 085).
Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Entwicklung neuer Produkte, die zum großen Teil in dieser Form heute noch nicht auf dem Markt vertreten sind.

Die Asglatex Ohorn GmbH als Mitglied der mittelständischen Unternehmensgruppe DBW Advanced Fiber Technologies verfügt über ein hohes Know-how bei speziellen Komponenten für die PKW-Produktion im Bereich thermische Isolierung, akustische Absorption und elektrostatische Abschirmung. Die Gruppe entwickelt und vertreibt weltweit Produkte in diesem Segment und hat sich international eine bedeutende Marktposition erarbeitet .

Neben einer hohen Temperaturbeständigkeit (< 1050 °C) werden an diese Materialien, Anforderungen hinsichtlich einer

- akustischen und thermischen Wirksamkeit,
- gesundheitlichen Unbedenklichkeit,
- Recycelfähigkeit sowie
- Konfektionierbarkeit

gestellt.

Spezialanwendungen für textile Wärmedämmung

Kundenanfragen belegen einen wachsenden Bedarf an Spezialbehältern in vielen Bereichen der Wirtschaft und auf dem Privatsektor.
Für die effektive Wärmespeicherung werden großvolumige Speicher > 2000 l in Serienfertigung, mit einer sehr guten Wärmedämmung, verlangt. In diesem Bereich wird u.a. auf Grund der zunehmenden Durchsetzung von Solaranlagen, eine 20 %ige Steigerung in den nächsten Jahren erwartet.

In der Verbindung bestehender Alleinstellungsmerkmale der Oberlausitzer Firma Haase GFK-Technik GmbH mit den Vorteilen funktionaler Schichten auf flexiblen Flächen, sieht die Firma ein riesiges Marktpotential. Für die Vor-Ort-Montage von wärmegedämmten, antibakteriellen und fungiziden Behälter- und Abdeckungssystemen gibt es keine vergleichbaren Lösungen auf dem Markt.

An textile Flächen mit funktionalen Eigenschaften werden für die Ausrüstung von großvolumigen GFK-Spezialbehältern u.a. folgende Anforderungen gestellt:

- hohe Wärmereflexion,
- Drapierfähigkeit - hohe Flexibilität (> 5 % Dehnung) sowie
- chemische und mechanische Beständigkeit des Verbundes Matrix – Textil.

7.1.3.2.1 Substratentwicklung

In der Kombination einer Beschichtung aus einer metallischen Dünnschicht und einem thermokeramischen Beschichtungssystem sehen die Vorhabenspartner neue Möglichkeiten der Veredlung von Technischen Textilien zur Realisierung der oben genannten Anforderungen.
Im Rahmen der Versuchsdurchführung wurden textile Flächen auf der Basis von Baumwolle, Polyester und Glas- sowie Basaltfilamenten einseitig sowie beidseitig mit metallischen Dünnschichten oder thermokeramischen Beschichtungssystemen veredelt. In der Kombination beider Systeme wurde zum Einen jeweils ein System pro Seite eingesetzt und zum Anderen wurde auf eine thermokeramische Beschichtung eine metallische Dünnschicht aufgetragen.
Textile Flächen der HEYTEX waren mit PVC- bzw. PU-Zwischenschichten versehen.

Das thermokeramische Beschichtungssystem, eine sogenannte Flüssigkeramik, ist ein Dispersion spezieller Acrylharze, in denen vakuumisierte Keramik-Mikrokörper (Ceramic-Bubbles) aus Siliziumverbindungen eingelagert sind.

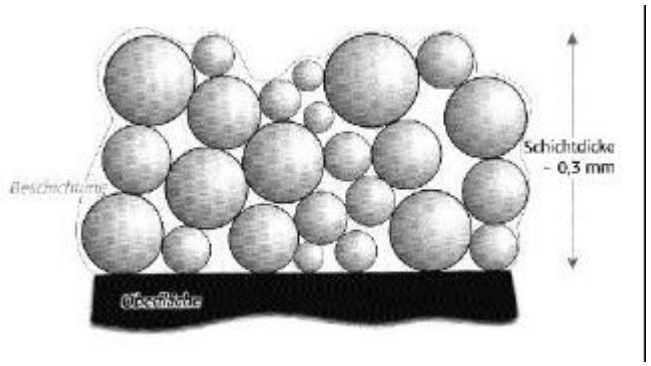


Abb. 73: Prinzipdarstellung des thermokeramischen Beschichtungssystems

Nach der Abtrocknung besteht die Schicht aus vakuumisierten Keramik-Bubbles, die durch einen feinen Acrylfilm verbunden sind. Die Oberfläche weist eine erhöhte Rauhigkeit auf.

Vor allem im Bereich von 400 – 2500 nm erzielt dieses System, auf Grund der chemischen Beschaffenheit und der Morphologie der Bubbles, eine sehr hohe Reflexionsfähigkeit.

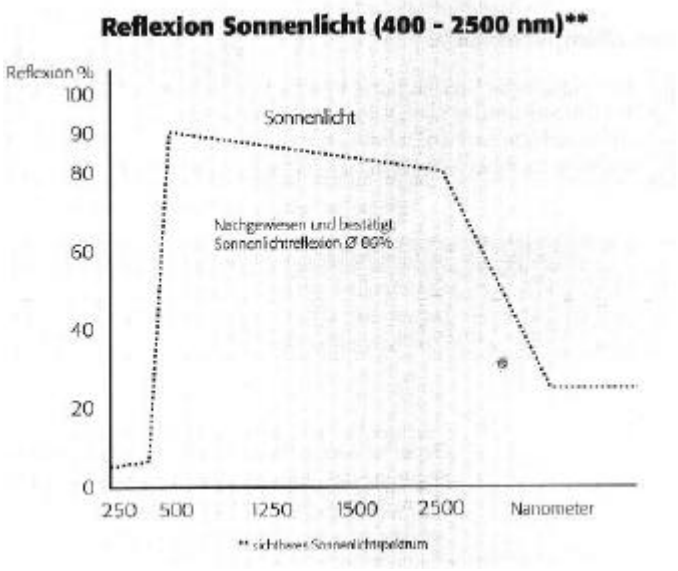


Abb. 74: Reflexionsfähigkeit des thermokeramischen Beschichtungssystems

Textiles Bauen / Spezialanwendungen

In Absprache der Hochschule mit den Firmen HEYTEX und WESOM sowie den Beschichtern (UNITEC / FEP / TECHNO COAT) wurden für diese Anforderung Substrate, die hinsichtlich ihrer textilphysikalischen und chemischen Eigenschaften den Beanspruchungen der vorgesehenen Einsatzgebieten entsprechen und hinsichtlich einer PVD-Beschichtung optimiert wurden, ausgewählt. Die HEYTEX und WESOM erstellten hierzu auf der Basis von Literaturrecherchen, Markanalysen und Erfahrungen ein Grundgerüst für die zu entwickelnden Materialien – bestehend aus Substrat, Zwischenschicht und Oberschicht.

Auf Grund des hohen Wärmereflexionsvermögens in Verbindung mit einem guten antimykotischen Verhalten sowie dekorativem Erscheinungsbild und geringen Materialkosten wurden Kupfer, Aluminium sowie die Silizium-Keramik-Dispersion als Schichtmaterial ausgewählt.

Die Hochschule und die Firma HEYTEX führten Beschichtungen auf der Basis der Silizium-Keramik-Dispersionen im Labormaßstab durch. Die Dispersion wurde in zwei verschiedenen Ausführungen (Exterieur / Top-Shield) von der Fa. Leonardt & Langwieser GmbH bezogen. Eine Maschinentechnologie für die Beschichtung von Textilien auf der Lackanlage bei der HEYTEX wurde diskutiert. Hierbei wurden keine

grundlegenden Probleme für einen industriellen Einsatz der Beschichtung von Textilien mit dieser Dispersion gesehen.

Auf Grund zu erwartender weiterer Eigenschaftsverbesserungen schlug die Hochschule eine Kombination aus thermokeramischer Beschichtung und metallischer Dünnschicht vor.
Die von der Hochschule und HEYTEX mit einer thermokeramischen Zwischenschicht versehenen Labormuster beschichteten die UNITEC und die TECHNO COAT anschließend mittels PVD-Technologie mit Kupfer bzw. Aluminium.

Substratentwicklung der HEYTEX
Auf der Grundlage der erstellten Anforderungsprofile wurden spezielle Polyestergewebe als textiles Substrat ausgewählt. Diese Muster erhielten zunächst im Labor einen Grundstrich mit verschiedenen Haftvermittlern, um eine bestmögliche Haftung der vorgesehenen Zwischenschichten zu erzielen. Dabei konnten die bereits vorhandenen Erfahrungen bei der Beschichtung von textilen Flächen sowohl mit PVC-Plastisolen, wässrigen Dispersionen und thermoplastischen Kunststoffen genutzt werden.
Auf dem Laborwalzwerk wurden danach erste „Felle“ von Deckstrichrezepturen hergestellt und auf die Gewebemuster mit Grundstrich aufgeprägt. Auf diese Weise konnten erste textilphysikalische Parameter einer simulierten Ware bestimmt werden. Gleichzeitig wurden Untersuchungen für eine Konfektion, wie eine Hochfrequenz- und Heißluftverschweißbarkeit getestet.

Nach Abschluss dieser Untersuchungen bereitete die HEYTEX Maschinenversuche auf der industriellen Walzenschmelzanlage – WSA vor. Die Versuchsparameter wurden mittels SAP gemäß ISO 9001 in ein Datensystem gestellt, so dass jederzeit eine Reproduzierbarkeit der Versuche inklusive Prüfungen möglich ist.
Notwendige technologische und rezeptive Änderungen im Rahmen dieser Aufskalierung wurden diskutiert und für Folgeversuche im Datensystem festgehalten.
Auf die hergestellten Zwischenschichten wurde zunächst im Labor als Finish eine Lackschicht aufgebracht, wobei Lacke mit unterschiedlicher chemischer Basis zum Einsatz kamen:

- Acrylatlacke (lösemittelhaltig sowie auf Wasserbasis)
- PU-Lacke (lösemittelhaltig) und
- PVDF-Lacke (lösemittelhaltig).

Nach einem Screening wurden die Lacke, die sich im Labor am besten verarbeiten ließen (Fließverhalten, Filmbildung und Haftung auf der Beschichtung) und die besten Eigenschaften zeigten (Anschmutzverhalten, Slip, Flexibilität, UV-Beständigkeit und Chemikalienresistenz), für Versuche auf der industriellen Lackanlage verwendet.

Von den hergestellten Mustern wurden Prüflinge entnommen und für PVD-Beschichtungsversuche der Hochschule bereitgestellt.
Bei diesen Beschichtungen zeigte sich, dass das Material ausgast, wodurch es sehr lange dauerte, bis das Vakuum erreicht werden konnte. Die Ausgasungen wurden zunächst auf die Lackschichten zurückgeführt.
Ausgehend von den ersten Beschichtungsersuchen an der Hochschule erfolgten Kupfer-Beschichtungen bei UNITEC / FEP mit unlackierten Musterbahnen von 60,- m Länge und ca. 50,-cm Breite. Während der Versuche traten keinerlei Probleme hinsichtlich des Warenlaufes, des Vakuums und der Warenwicklung auf. Die PVD-Schicht sah jedoch nicht kupfern, sondern schwarz aus und besaß ein sehr geringes Haftvermögen zur PVC-Schicht. Die Ursache wurde in dem Weichmacher (WM) der PVC-Schicht gesehen, weshalb bei weiteren Versuchen Rezepturen mit geringerem WM-Anteil bzw. WM-freie Polymere (z.B. TPU, TPO oder TPE) zum Einsatz kamen.

In Vorbereitung der Durchführung weiterer Maschinenversuche auf der Lackanlage (LA) wurden im Labor Versuchserien erstellt, wobei gelöste thermoplastische Polyurethane (TPU) gestrichen wurden.
Für die Versuche standen unterschiedliche gelöste Polyurethane zur Verfügung, die von der Firma Noveon (Belgien) bezogen wurden. Das Lösen der Polyurethane nahm die Firma Rowa (Pinneberg) vor. Bei den Versuchen kamen Polyesterurethane (bessere Chemiekalienbeständigkeit) und Polyetherurethane (erhöhte Hydrolysebestängigkeit) zum Einsatz. Nach Rücksprache mit dem Lieferanten wurde der Einsatz von Haftvermittlern auf Isocyanatbasis für die TPU-Lösung der Versuche E0441 296 190 und E0625 6014 160 in Betracht gezogen.
Für diese Versuche kamen verschiedene Gewebe auf Polyesterbasis mit Zwischenschichten auf der Grundlage weiterentwickelter Rezepturen in Auswertung der Ergebnisse der vorhergegangenen Versuche zum Einsatz (siehe Tab. 32).

Tab. 32: Parameter der eingesetzten Polyestergewebe

- 7/7 1100/1100 dtex T0/T0 L 1/1
- 9/9 1100/1100 dtex Z60/Z60 L 1/1 und
- 12/13 1100/1100 dtex Z60/Z60 P 2/2

Erläuterungen:
- die ersten beiden Zahlen geben die Anzahl der Fäden in Kette / Schuss pro Zentimeter an,
- die folgenden beiden Zahlen stellen ein Maß für die Garnfeinheit dar,
- T0 bzw. Z60 stehen für ungedrehtes bzw. gedrehtes Garn (60 Drehungen),
- L 1/1 bzw. P 2/2 bedeutet Leinwand- bzw. Panamabindung.

Die im Labor als beste Variante (Verarbeitbarkeit, Haftung zum Grundgewebe, schnelle Trocknung) ermittelte TPU-Lösung + Trägergewebe wurde als Basis für

einen Maschinenversuch auf der LA verwendet. Die Bezeichnung des im SAP erfassten Versuches lautet E0625 6014 160.

Eine Kupferbeschichtung (nach Gasphasenfluorierung) dieses Substrates bei UNITEC / FEP zeigt eine deutlich verbesserte Haftung der Kupferschicht. Es konnte ein Haftvermögen von > 55 N/5cm erreicht werden.

Folienkaschierungen

Die Versuche blieben auf die o.g. PES/PU- bzw. PES/PVC-Gewebe beschränkt, weil PVD-Beschichtungen gerade für diese, in der Praxis für die beabsichtigten Einsatzgebiete bewährten Gewebetypen gefunden werden sollten. Eine Alternative stellen Zwischenschichten dar.
Sehr gute Haftungen einer PVD-Beschichtung sind auf Polyesterfolien zu erwarten. Hiefür liegen bereits umfangreiche Untersuchungen vor und vielfältige Anwendungen werden in der Industrie genutzt.
Auf der Grundlage von Literaturquellen und praktischen Erfahrungen am FEP wurde untersucht, ob ein Material hergestellt werden kann, das aus einem Polyesterschichtträger und einer aufkaschierten Polyesterfolie besteht. Die technische Umsetzbarkeit einer Folienkaschierung wurde auf der LA mit PU-Folien positiv getestet. Die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der technologischen Prozessführung können mit einigen folienspezifischen Änderungen auf Polyesterfolien übertragen werden. Für die Versuche kamen Polyesterfolien der Fa. Sarna (Buxtehude) zum Einsatz.

Substratentwicklung der WESOM

Die WESOM entwickelte und produzierte geschlossene textile Flächen auf der Basis von Baumwolle-, Baumwolle-/Viskose- und Polyesterfasern sowie Basalt- und Glasfilamenten.

Technologieauswahl

Als textile Technologie für den Herstellungsprozess der Flächen wurde zum Einen die Nähwirktechnik (siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1) und zum Anderen die Webtechnik gewählt. Beim Weben werden zwei rechtwinklig zueinanderstehende Fadensysteme nach bestimmten Regeln verkreuzt. Im Gegensatz zum Formschluss bei Gewirken werden beim Weben die Fäden reibschlüssig verbunden.

Die textilphysikalischen Eigenschaften der Gewebe sind außer von den eingesetzten Fadenmaterialien und der Ausrüstung von folgenden Parametern abhängig:

- Bindung,

- Schuss- und Kettfadendichte,
- Maschinenfeinheit und
- Fadenspannung.

Materialauswahl

Neben reinen Pflanzenfasern (Baumwolle – siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1.1) wurden Chemiefasern aus natürlichen Polymeren - Viskosefasern (Zellulose) ausgewählt.

Höchstzugkraft::	18 - 115 cN/tex,
Höchstzugkraftdehnung:	7 - 30 %,
Feuchtigkeitsaufnahme:	11 - 28 % bei 21 °C, 65% r.L.,
Zersetzungstemperatur:	205 °C,
chemische Beständigkeit:	gute bis mäßige Beständigkeit gegen Licht, Laugen und Säuren.

Als Chemiefaser aus synthetischen Polymeren (siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1.1) kam hochzugfestes Polyester zum Einsatz.

Vor allem bei hohen Anforderungen an die Zugfestigkeit in Verbindung mit hohen Betriebstemperaturen und / oder Beständigkeit gegen Bakterien lassen textile Flächen aus Basaltfasern oder Glasfasern hinsichtlich ihrer Eigenschaften ein weites Einsatzfeld erwarten.

Vergleich Basalt- und Glasfasern:

	Basaltfasern	Glasfasern
Hitzebeständigkeit:		
Einsatztemperatur:	-200 °C – 700 °C	-60 °C – 460 °C
Agglomerationstemperatur:	1050 °C	600 °C
Wärmeleitfähigkeit:	0,033 – 0,038 W/mK	0,8 – 1,0 W/mK
chemische Beständigkeit:	sehr hoch	mäßig
biologische Beständigkeit:	sehr hoch	sehr hoch

Basalt als Basismaterial ist ein schwarzes, basisches Lavagestein. Aus einer Schmelze, ähnlich der Glasfaserherstellung wird ein endloses Filament produziert. Bei nur 5% höherer Dichte gegenüber gebräuchlichen E-Glas, bietet die Basaltfaser eine um 15% höhere Zug-, Druckfestigkeit und Steifigkeit. Die thermische Belastbarkeit ist außerordentlich hoch. Die Faser selbst schmilzt erst bei 1450°C. Die chemische Beständigkeit, insbesondere gegen starke Säuren und Laugen sowie Lösungsmittel ist sehr gut. Gegen UV-Strahlung, biologische Einwirkungen und Korrosion ist das Material resistent. Basalt-Fasern sind zu 100% natürlich und inert, d.h. als ungiftig und nicht carcinogen eingestuft.

Glasfasern werden in einem breiten Spektrum mit verschiedenen Ausrüstungen (E-Glas, S-Glas) produziert und werden in einem guten Preis- / Leistungsverhältnis angeboten.

Für den Einsatzbereich textiles Bauen wurden von der WESOM im Screening sechs geschlossene textile Flächen ausgewählt und zur Beschichtung an die Hochschule / TECHNO COAT / UNITEC und FEP übergeben.

Muster	Benmerkung
Co1032/168	- Gewirke / Baumwolle
Co168	- Gewirke / Baumwolle / Viskose
PES7/7	- Gewirke / hochzugfestes Polyester
PES2880/12F	- Gewirke / hochzugfestes Polyester
GF12	- Gewebe / Glasfilamenten,
BA10/12	- Gewebe / Basaltfilamenten,

Hitzeschutz

In Abstimmung der Hochschule mit der WESOM wurden textile Träger mit einer hohen Festigkeit und Temperaturbeständigkeit ausgewählt. Für die Innenseite von Schutzkleidung kamen Materialien mit hoher physiologischer Verträglichkeit bei hoher Temperaturbeständigkeit zum Einsatz.

Die WESOM stellte als Substrat Gewebe auf der Basis von Basalt-, Aramid- und Glasfilamenten sowie verschiedene Baumwollgewirke für die Untersuchungen zur Verfügung.

Aramid – auf der Basis von Erdöl oder Kohle entsteht ein Chemiefaserstoff aus synthetischen Polymeren der sehr hohe Zugfestigkeiten (bis 400 cN/tex) und hohe Temperaturbeständigkeit (Zersetzungstemperaturen von bis zu 550 °C) besitzt. Die Beständigkeit gegenüber Säure, Laugen und Bakterien ist gut bis sehr gut.

Neben Geweben auf Aramidbasis wurden die oben aufgeführten Basalt- und Glasgewebe sowie Baumwollgewirke auch für den Einsatz als Hitzeschutzmaterial untersucht.

7.1.3.2.2 Beschichtung

HEYTEX-Substrat

Im Screening bestimmte die Fa. HEYTEX 6+1 (1 - Vorversuch) verschiedene textile Flächen als Substrat für PVD-Beschichtungen bei UNITEC / FEP. Die Bedampfung mit Kupfer erfolgte auf der Bandbeschichtungsanlage FOBA 1000. Die Materialien wurden mit jeweils zwei Schichtdicken und mit und ohne Plasmaanregung (Hohlkatode) bedampft (siehe Anlage 3). Aufgrund der teilweise ungenügenden Schichthaftung wurden am FILK Untersuchungen zur Vorbehandlung der Ausgangsmaterialien durchgeführt.

Tab. 33: Wesentliche Parameter der durchgeführten Bedampfungsversuche auf der FOBA II

Versuchsanlage	**Folienbedampfungsanlage FOBA 1000**	
Verdampfungstechnologie	6 Verdampferschiffchen mit Drahtzufuhr und Plasmaanregung durch Hohlkatode	
Basisdruck	0,01 Pa	
Prozessdruck	Ca. 0,05 Pa	
Bandgeschwindigkeit	0,1 bis 0,4 m/s	
Inline-Monitorierung	Keine	Die Schichtdicke wurde aus der Verdampfungsrate extrapoliert.
Verdampfungsrate	6,6 g/min je Verdampferschiffchen bei Kupfer; 2,0 g/min je Verdampfer-schiffchen bei Aluminium (insgesamt 6 Schiffchen)	
Bandbreite	400...500 mm	je nach Substrat
Bedampfungsbreite	380 mm	bei diesen Versuchen

Die aufgedampften Metallschichten wiesen anfangs eine schlechte Haftung auf dem Substrat auf. Mit den folgenden Verfahren wurde die Schichthaftung und Schichtqualität im Rahmen der Beschichtung verbessert:

Eine Plasmaanregung mittels Hohlkathoden während der Bedampfung wirkte sich nicht grundsätzlich günstig auf die Schichthaftung aus. Die Evaluierung durch die Hochschule bestätigte diese erste Einschätzung bei der UNITEC. Eine Erklärung wäre das Herauslösen größerer Mengen schwach gebundener Bestandteile aus oberflächennahen Bereichen durch das Plasma mit der Folge einer starken Störung des Schichtwachstums. Basierend auf den Vorversuchen zur Verbesserung der Haftfestigkeiten (siehe Abschnitt 7.1.2) kam als weitere Vorbehandlung die Gasphasenfluorierung zum Einsatz. Als optimale Parameter wurden für diese Proben ein Fluoranteil von 2 % und eine Bandgeschwindigkeit von 5 m/min ermittelt. In Abbildung ist der Einfluss der Fluorierung auf die Haftfestigkeit aufgesputterter Schichten dargestellt. Deutlich ist eine Verbesserung der Haftung zu erkennen.

Weitere Untersuchungen am FILK zeigten, dass der Effekt der Haftungsverbesserung in einem größeren Bereich von der Behandlungsdosis der Fluorierung unabhängig ist.

Ausgehend von den Ergebnissen der Voruntersuchungen wurden die von HEYTEX gelieferten Materialien incl. der optimierten Substrate des Versuches E0625 6014 160 (HEYTEX) im FILK vorbehandelt und anschließend mit Kupfer bedampft.

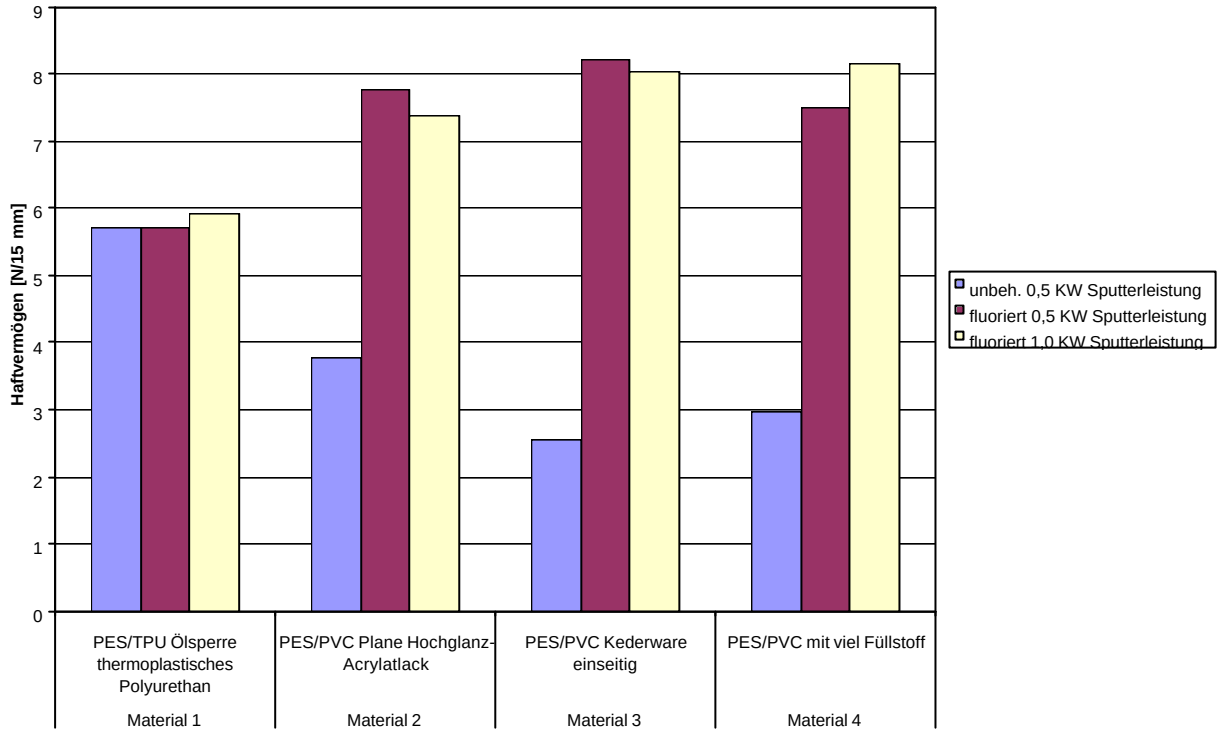


Abb. 75: Haftvermögen von aufgesputterten Al-Schichten nach einer Fluorierung mit 2% bei 5 m/min bei zwei unterschiedlichen Sputterleistungen

Bei weiteren Bedampfungen nach Vorbehandlungen mittels Gasphasenfluorierung konnten metallisch glänzende Schichten, die eine signifikant höhere Haftung auf dem Substrat aufwiesen, abgeschieden werden.

An der Hochschule wurden die in Tabelle wiedergegebenen Haftungen mittels Klebebandtests ermittelt (Auswahl).

Tab. 34: Erreichte Schichthaftung bei der Bedampfung der HEYTEX-Substrate; Auszug aus dem Protokoll des Klebebandtestes (Quelle: Hochschule)

Versuchs-Nr.	**Substrat**	**Schicht**	**Vorbehandlung**	**Aktivierung bei der Bedampfung**	**Haftfestig-keit** [N/15 mm]	**Bemerkungen**
030324A 1	PES/PU-Lack	Cu	Chem. Gasphasen-fluorierung	Mit Hohlkathode	> 4,2	
030324A 2	PES/PU-Lack	Cu	Chem. Gasphasen-fluorierung	Mit Hohlkathode	> 4,2	
030324A 3	PES/PU-Lack	Cu	Chem. Gasphasen-fluorierung	Keine	> 4,2	
030324A 4	PES/PU-Lack	Cu	Chem. Gasphasen-fluorierung	Keine	< 4,2	Minimaler Abrieb von obenliegenden Fäden
030324B 1	PES/PU-Lack	Cu	Keine	Mit Hohlkathode	< 4,2	Abrieb von obenliegenden Fäden
030324B 2	PES/PU-Lack	Cu	Keine	Mit Hohlkathode	< 4,2	Starker Abrieb über die gesamte Fläche
030324B 3	PES/PU-Lack	Cu	Keine	Keine	< 4,2	Starker Abrieb über die gesamte Fläche
030324B4	PES/PU-Lack	Cu	Keine	Keine	< 4,2	Abrieb von obenliegenden Fäden

In Verbindung der durchgeführten Optimierungen des Substrates, der Vorbehandlung mittels Gasphasenfluorierung und der Prozessführung konnte die Schichthaftung bis in den unteren technisch akzeptablen Bereich erhöht werden. Für eine industrielle Anwendung muss für einige Einsatzbereiche die Schichthaftung im Rahmen der Produktüberführung weiter erhöht werden. Neben weiteren Optimierungen des Substrates, der Fluorierung und der Bedampfung, ist der Test eines Vorbehandlungs-verfahrens aussichtsreich, welches der UNITEC vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung Golm (Potsdam) während eines wissenschaftlichen Kolloquiums empfohlen und hierfür eine entsprechende Zusammenarbeit angeboten wurde.

WESOM-Substrate

Nach ersten PVD-Beschichtungen auf der Labor- und Plasmabehandlungsanlage der Hochschule, die entsprechende Untersuchungen zur Verbesserung der Haftfestigkeit einschlossen (siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1.2), wurden die Muster nach den Empfehlungen der Hochschule hinsichtlich der Vorbehandlungsmethode und des Beschichtungsregimes bei der TECHNO COAT und der UNITEC / FEP beschichtet.

Auf der Grundlage der Vorversuche an der Hochschule bestimmte die WESOM im Screening ein Baumwollsubstrat mit und ohne einer Zwischenschicht auf der Basis einer Silizium-Keramik-Dispersion für Beschichtungen bei der TECHNO COAT (siehe Anlage 4). Hierbei kamen zwei unterschiedliche Dispersionen zum Einsatz - Exterieur (Ex/Co1032/168) und Topshild (Top/Co1032/168). Ziel der Beschichtungen war die Untersuchung des Einflusses einer Kombination aus einer thermokeramischer Beschichtung und einer metallischen Dünnschicht auf das Reflexionsvermögen.
Für einen weiteren Beschichtungsversuch wurde ein Baumwollsubstrat einseitig mit Silizium-Keramik-Dispersion ausgerüstet (Co1032/168/Ex). Auf der gegenüber-liegenden unbehandelten Seite wurde anschließend durch die TECHNO COAT im Rahmen der PVD-Beschichtung eine metallische Dünnschicht abgeschieden.
Bei der TECHNO COAT erfolgte auf der Grundlage der unter Abschnitt 7.1.1.2 aufgezeigten Restriktionen hinsichtlich der Beschichtung von textilen Substraten eine Zuordnung zu den Beschichtungsanlagen HC19, SB 2000 und DeQoTec. Kupferschichten wurden bei allen Substraten auf der Batch-Anlage HC19 durchgeführt. Zu Vergleichszwecken wurden die Muster Ex/Co1032/168 und Co1032/168 zusätzlich auf der neu in Betrieb genommenen Anlage DeQoTec mit Kupfer beschichtet. Aluminium- und Titanbeschichtungen aller Substrate fanden auf der Anlage SB 2000 statt.

Im Rahmen einer Aufskalierung wurden zu Vergleichszwecken die gleichen Proben bei der UNITEC auf der Bandbeschichtungsanlage FOBA 800 bedampft.
Zusätzlich wurden ein Baumwoll/Viskose-Substrat sowie zwei Polyestersubstrate (PES2880/12F, PES7/7) mit und ohne thermokeramischer Zwischenschicht (ein- und beidseitig), ein Basaltgewebe (BA10/12) und ein Glasgewebe (GF12) für die PVD-Beschichtung bei der UNITEC ausgewählt.

In Absprache mit der WESOM und der Hochschule sah der Versuchsplan für die Beschichtung der Substrate bei der UNITEC folgende Parameter vor, die entsprechend miteinander kombiniert wurden:

- Schichtdicke (200, 550 und 900 nm),
- mit / ohne Hohlkathoden,
- mit / ohne Vorbehandlung durch die Inverse Sputterätzeinrichtung ISE 400,
- Kupfer/Aluminium als Schichtmaterialien.

Somit ergaben sich für jede Probe 12 Parametersätze.

Nach einer Trocknung der Baumwollsubstrate im Rahmen der Beschichtung (siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1.2) konnten auf allen Substraten metallisch glänzende Schichten, die eine ausreichende Schichthaftung auf dem Substrat aufwiesen, abgeschieden werden.
Bei den Versuchen wurden Schichthaftungen erreicht, die z.T. nahe am erreichbaren Optimum lagen. – Die Schicht wurde in vielen Fällen nur zusammen mit Substratfasern abgetrennt, was bedeutet, dass sich die Schichthaftung im Bereich der

Festigkeit des Faserverbundes bewegt. Durch Optimierung des Beschichtungsverfahrens und der Substratvorbehandlung lassen sich diese Schichten leicht in eine produktionstaugliche Qualität (Reproduzierbarkeit) überführen.

7.1.3.2.3 Analyse / Ergebnisse

Die Wärmedämmung eines Materials im Bereich Textiles Bauen wird im Gegensatz zu Baustoffen des Hochbaus in der Summe aus Wärmedurchgang und Wärmereflexion bestimmt. Auf Grund der geringen Materialstärken kann der Anteil des Wärmedurchgangs zumeist vernachlässigt werden.

Für die Beurteilung des Wärmedämmverhaltens der beschichteten Prüfmuster wurden durch die Hochschule die Wärmereflexion und der Wärmedurchgang bestimmt.

Das Verfahren zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Stoffen oder des Wärmedurchlasswiderstandes geschichteter Materialien wird mit dem Plattengerät nach Norm ISO 2581 (DIN 52616) durchgeführt. Das Plattengerät ist geeignet für die Prüfung ebener plattenförmiger Proben aus senkrecht zum Wärmestrom geschichteten Stoffen.

Messprinzip:
Die Wärmeleitfähigkeit von plattenförmigen Proben wird durch Ermittlung des Wärmestromes und der Temperaturdifferenz im stationären Zustand sowie der Maße der Proben bestimmt. Je nach Richtung des Wärmestromes kann das Messergebnis durch Konvektion in der Probe beeinflusst werden.

Die Reflexionsmessung der Strahlung im IR-Bereich der beschichteten Muster wurde mit dem FT-NIR-Spektrometer Spectrum IdentiCheck entsprechend der Messungen für die Muster der Funktionalität Abschattung (siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1.3) durchgeführt.

Die Analyse des Wärmedämmverhaltens der einzelnen Prüfmuster realisierte die Hochschule in enger Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für Leder- und Kunststoffbahnen gGmbH.

7.1.3.2.4 Auswertung / Schlussfolgerungen

Die wichtigsten Prüfergebnisse zur Funktionalität Wärmedämmung enthalten die Tabellen 35 und 36. Zur besseren Darstellung der erreichten Ergebnisse im Hinblick auf die Erzeugung der angestrebten Funktionalität wurden zusätzlich zwei Wettbewerbsprodukte (Proben-Nr. ASH 1 und ASH 2) aufgenommen. Die Kennwerte dieser Produkte wurden zur besseren Vergleichbarkeit mit den gleichen Prüfverfahren ermittelt.

Tab. 35: Messwerte von Wärmeleitfähigkeit , Wärmedurchgangskoeffizient und Wärrmedurchlasswiderstand ausgewählter Proben

* Wettbewerbsprodukt

Proben-Nr.	**Substrat**	**Beschichtung**	**? in W/mK * 10^{-2}**	**k in W/m^2K**	**1/ ? in m^2K/W * 10^{-2}**
ASH1*	PES	Al-Folie	1,2744	34,44	2,903
ASH2*	AR	Al-Folie	2,5447	28,92	3,458
BAS	Basalt	Cu	0,7277	29,11	3,435
PESHEY	PES	Cu	1,0797	26,99	3,704
PESWES	PES	Cu	1,5247	26,75	3,738
CO/EX	CO1032/168	EX	3,4493	23,78	4,203
CO168/EX	CO168	EX	3,6159	24,94	4,010
PES/EX	PES 7/7	EX	1,4850	27,50	3,626
HEY/TOP	PES 7/7/PVC	TOP	3,2580	32,58	3,069
HEY/TERRA	PES 7/7/PVC	EX	3,2115	32,11	3,113
CO/TOP/CU/T	CO1032/168	TOP/Cu	3,2809	23,43	4,267
CO/EX/CU/F	CO1032/168	EX/Cu	3,2298	24,84	4,025
CO/EX/CU/T	CO1032/168	EX/Cu	3,4847	23,23	4,304
PES/EX/AL	PES	EX/Al	1,6218	32,43	3,083

Tab. 36: Messwerte der Reflexionsmessung im nahen IR-Bereich ausgewählter Proben

Proben-Nr.	Substrat	Beschichtung	Reflexion in % bei			
			1.000 nm	1.500 nm	2.000 nm	2.500 nm
ASH1	PES	Al-Folie	91	95	96	93
ASH2	AR	Al-Folie	96	100	101	102
BAS	Basalt	Cu	71	74	78	84
PESHEY	PES	Cu	82	85	88	96
PESWES	PES	Cu	69	72	77	85
CO/EX	CO1032/168	EX	92	77	66	40
CO168/EX	CO168	EX	95	80	70	42
PES/EX	PES 7/7	EX	94	91	77	40
HEY/TOP	PES 7/7/PVC	TOP	87	81	66	35
HEY/TERRA	PES 7/7/PVC	EX	91	84	73	44
CO/TOP/CU/T	CO1032/168	TOP/Cu	71	72	76	82
CO/EX/CU/F	CO1032/168	EX/Cu	69	86	95	100
CO/EX/CU/T	CO1032/168	EX/Cu	93	95	97	100
PES/EX/AL	PES	EX/Al	73	82	85	89

Die Kombination der Beschichtung mit Silizium-Keramik-Dispersion und Kupfer mittels der PVD-Technologie zeigt eine wesentliche Erhöhung der Reflexion im Wellenlängenbereich von 1.000 bis 2.500 nm gegenüber der Einzelschichten (siehe gelb unterlegte Felder).
Der Einsatz einer Schichtkombination (Seite 1: Silizium-Keramik-Dispersion / Seite 2: metallische Dünnschicht) wird auf Grund der erzielten Ergebnisse von der Hochschule für die Außen- bzw. Innenanwendung von Zeltflächen zur Reduzierung der Schwitzwasser- / Schimmelbildung vorgeschlagen.

Die erreichten Werte der Proben für den Hitzeschutz liegen im Bereich der Wettbewerbsprodukte (ASH1 und ASH2), die als Schutzkleidung im Feuerwehrbereich oder in Giesereien Anwendung finden.

Die Erzeugung hoch reflektierender Schichten auf hochtemperaturbeständigen Basaltsubstraten und physiologisch / hautverträglichen Baumwollsubstraten bilden die Ausgangsbasis für Hitzeschutzmaterialien für verschiedene Einsatzgebiete.

7.1.3.3 Elektromagnetische Schirmdämpfung

Elektromagnetische Strahlung wird durch ihre Wellenlänge und Quantenenergie bestimmt. Mit steigender Frequenz nimmt die Quantenenergie des Feldes zu – von technischen Wechselstrom, Radiowellen (UKW, MW, LW) über Mikrowellen, Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung), sichtbaren Licht, UV-Strahlung bis zu Röntgen- und Gammastrahlung.

Strahlung mit Wellenlängen < 0,1 mm (Röntgen- und Gammastrahlung) wird eine Quantenenergie zugerechnet, die Molekularverbindungen aufbrechen und biologisches Material schädigen kann. Kritisch für den Menschen sind ebenfalls UV-Strahlung und Mikrowellen. Gesundheitliche Schäden durch niederenergetische elektromagnetische Schirmdämpfung (Wechselstrom, Radiowellen) werden zunehmend diskutiert (Elektrosmog).

Maßgebend für eine biologische Schädigung ist die vom Körper aufgenommene Strahlungsleistung. Basisgröße für die thermische Wirkung der Strahlung ist die spezifische Absorptionsrate SAR (W/kg). (Der SAR-Basisgrenzwert für die allgemeine Bevölkerung für Dauerbelastungen wurde international auf 0,08 W/kg festgelegt.)

Mit der vielfältigen Nutzung von elektrischen Strom vor allem in den Industrieländern nehmen die Belastungen durch Elektro-Smog zu. Im Jahr 1997 trat die „Verordnung über elektromagnetische Felder“ zur Durchführung des Bundesimmissionsschutz-gesetzes (26. BImSchV) in Kraft.

Ziel von Strahlenschutzmaßnahmen, zur Vermeidung von Gesundheitsschäden, ist die sichere Reduzierung der Strahlung auf ein Maß, dass eine Erhöhung der Gewebetemperatur von Lebewesen von mehr als 0,5 – 1,0 °C vermeidet.

Quelle	**Frequenz**	**Messabstand**	**Typischer Messwert der Exposition**	**Strahlen-schutz-richtwert**	**Grenzwert (26. BImSchV)**
Rundfunksender					
Mittelwelle	1,4 MHz	Bei Leistung 1,8 MW		73,5 V/m	
		50 m	450 V/m		
		300 m	9 V/m		
	Richtwerte ab ca. 350 m eingehalten				
Kurzwelle	6 - 10 MHz	Bei Leistung 750 kW		27,5 - 36 V/m	
		50 m	121,5 V/m		

		220 m	27,5 V/m		
	Richtwerte ab ca. 220 m eingehalten				
UKW	88 - 108 MHz	Bei Leistung <= 100 kW		2 W/m²	27,5 V/m
		ca. 1,5 km	< 0,05 W/m²		
	Grenzwert ab ca. 250 m eingehalten				
CB-Funk					
Antennen-anlage*	27 MHz	Leistung wenige W	2 W/m²	27,5 V/m	
Fernsehsender					
VHF	174 - 216 MHz	Bei Leistung <= 300 kW		2 W/m²	27,5 V/m
		ca. 1,5 km	< 0,02 W/m²		
	Grenzwert ab ca. 150 m eingehalten				
UHF	470 - 890 MHz	Bei Leistung <= 5 MW		2 - 4 W/m²	30 - 41 V/m
		ca. 1,5 km	< 0,05 W/m²		
	Grenzwert ab ca. 75 m eingehalten				
Mobilfunk Basisstationen					
D-Netz*	890 - 960 MHz (GSM 900)	4 Kanäle, je 15 W**		4,5 W/m²	41 V/m
		50 m	0,06 W/m²		
E-Netz*	1710 - 1880 MHz (GSM 1800)	4 Kanäle, je 10 W**		9 W/m²	58 V/m
		50 m	0,04 W/m²		
UMTS	um 2 GHz	2 Kanäle, je 20 W**		10 W/m²	61 V/m
		50 m	0,04 W/m²		
	Grenzwert nach wenigen Metern eingehalten				
Radargeräte					
Flugüber-wachung (zivil und militärisch)***	1 - 10 GHz	Leistung 0,2 kW - 2,5 MW		10 W/m²	61 V/m, zusätzliche Begrenzungen der Spitzenwerte (§ 2 Pkt. 2)
Wetterradar	1 - 10 GHz	Leistung 0,1 - 0,25 MW			61 V/m
		100 m	10 W/m²		
		1 km	0,1 W/m²		
	Grenzwert in öffentlich zugänglichen Bereichen eingehalten				
Verkehrsradar	9 - 35 GHz	Leistung 0,5 - 100 mW		10 W/m²	61 V/m
		3 m	0,25 W/m²		
		10 m	< 0,01 W/m²		
	Grenzwert in öffentlich zugänglichen Bereichen eingehalten				

HF-Diebstahlsicherung					
	1 MHz - 10 GHz	Zugänglicher Bereich	< 0,002 W/m²	28 - 87 V/m je nach Frequenz	

*) Für Handgeräte werden die SAR-Werte bei folgenden Leistungsbegrenzungen eingehalten:
CB-Funk bis 4 W,
D-Netz bis 2 W (bezogen auf den Spitzenwert),
E-Netz bis 1 W (bezogen auf den Spitzenwert),
UMTS bis 1 W.

**) Typische Leistungswerte, wie sie in Standortverfahren bei der RegTP beantragt werden.

***) Die Strahlenbelastung, die bei leistungsstarken Radaranlagen durch Röntgenstrahlung entsteht, wird bei bestimmungsgemäßem Gebrauch durch Abschirmung auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert.

Abb. 76: Strahlenschutzrichtwerte /22/
Quelle: BfS, Strahlenthema: „Radio- und Mikrowellen“

Gleichzeitig sind elektronische Geräte anfällig gegenüber elektromagnetischer Strahlung und müssen zur Vermeidung von Fehlfunktionen entsprechend geschirmt werden.

Neben gesundheitlichen Gefährdungen ist die ungewollte Abstrahlung elektromagnetischer Wellen auch über größere Entfernungen von Dritten zu empfangen und auszulesen. Hieraus leitet sich ein Schutz vor Spionage ab.
Auf Grund der zunehmenden Nachfrage von Industrie, Militär etc. bis zum Privatbereich beschäftigt sich die Wirtschaft seit den 90iger Jahren verstärkt in Forschung und Entwicklung mit dem Schutz vor elektromagnetischer Strahlung.

Elektromagnetische Strahlung (elektromagnetische Wellen) sind Schwingungen elektrischer und magnetischer Felder, die sich mit Lichtgeschwindigkeit im Raum ausbreiten. Die Schwingungen breiten sich dabei transversal zur Ausbreitungsrichtung als Welle aus.

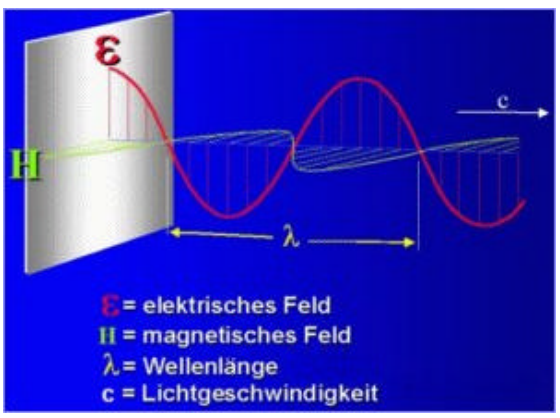


Abb. 77: Schema elektromagnetischer Wellen

Zur Reduzierung elektromagnetischer Strahlung werden Schirme eingesetzt. Diese elektromagnetischen Schirme dämpfen oder verringern die elektromagnetische Feldstärke. Die Schirmdämpfung ist das Maß für das Verhältnis einer Signalgröße an einem Messort ohne Schirm zur Signalgröße am selben Messort nach Einfügen eines Schirmes. Üblicherweise wird die elektromagnetische Schirmdämpfung in dB angegeben und mit folgender Gleichung beschrieben:

$$SE\ (dB) = 20 \log (P_1 / P_2) .$$

P_1 – empfangene Leistung ohne Schirm
P_2 - empfangene Leistung mit Schirm

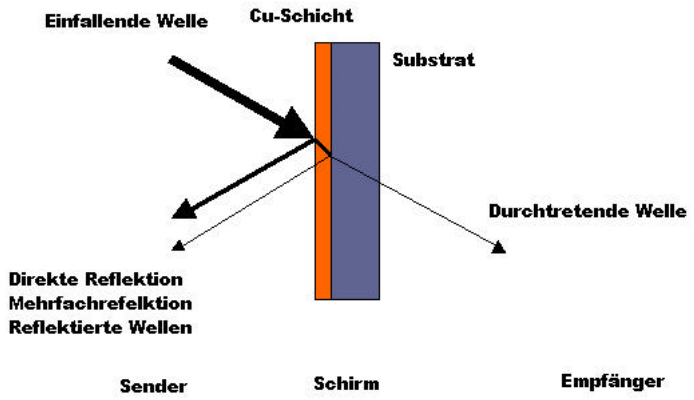


Abb. 78: Funktionsprinzip Schirmdämpfung /20/
(Quelle: Modifizierung von Kunststoffen durch PVD-Verfahren; Dr. S. Griehl, T. Müller; R. Winkler; Workshop – Moderne Oberflächentechnologien im Automobilbau; Mai 2003)

Elektrisch leitfähige Textilien werden auf dem Anwendungsgebiet EMV vor allem für:

- Schutzkleidung (Personen die sich in hochfrequenten elektromagnetischen Feldern aufhalten, Vermeidung von elektrostatischer Aufladung),
- Tapeten, Vorhänge, Rollos und Putzträger zur Verhinderung ungewollter Abstrahlung, Schutz vor Strahlung vor allem im Privatbereich,
- Verpackungen und Hüllen von empfindlichen elektronischen Geräten sowie
- flexible Antennen und Radarreflektoren

eingesetzt.

Im Vorhaben sollen im Rahmen der Grundlagenforschung elektrisch leitfähige Textilien vor allem für die EMV-Anwendungen:

- Tapeten, Vorhänge, Rollos und Putzträger zur Verhinderung ungewollter Abstrahlung, Schutz vor Strahlung vor allem im Privatbereich

(✍ Fa. WESOM, Fa. Asglatex Ohorn GmbH) und
- Vermeidung von elektrostatischer Aufladung bei Spezialbehältern
(✍ Fa. Haase GFK-Technik GmbH)

als Ausgangspunkt weiterführender Produktentwicklungen untersucht werden.

7.1.3.3.1 Substratentwicklung

In Absprache der Hochschule mit der WESOM wurden auf der Basis von Baumwolle, Baumwolle/Viskose, Jute, Polyester, Polypropylen, Polyacryl, Aramid, Glas und Basalt textile Flächen unter Berücksichtigung der Anforderungen der vorgesehenen Einsatzgebiete entwickelt und produziert. Es kamen Gewirke als textiles Gitter und geschlossene Fläche sowie Gewebe zum Einsatz. Des weiteren stellte die HEYTEX textile Substrate mit Zwischenschichten aus PVC und PU zur Verfügung, die auf Grund der glatten, geschlossenen Zwischenschichten sehr gute Ergebnisse hinsichtlich einer hohen elektrischen Leitfähigkeit erwarten liesen (analog Abschnitte Substratentwicklung - Abschattung / Wärmedämmung).

Die Funktionalität - elektromagnetische Schirmung – sollte im Vorhaben ausschließlich durch elektrisch leitfähige Oberflächen (einseitig / beidseitig) auf der Basis der PVD-Technologie erreicht werden. Sollte die wirtschaftliche Herstellung der notwendigen Schichtstärken mit dieser Technologie an Grenzen stoßen, war eine galvanische Beschichtung nach einer Bekeimung mittels der PVD-Technologie vorgesehen.
Der Einsatz von Metallfäden, Garn mit einer Metallseele oder Metallfasern war im Rahmen des Vorhabens nicht vorgesehen. Die Verwendung von elektrisch leitfähigen Kohlefasern, vor allem im Zusammenhang mit den guten mechanischen Eigenschaften der Fasern, war im Rahmen der Antragstellung geplant, sollte aber auf Grund des hohen Preises der Kohlefasern möglichst vermieden werden.

7.1.3.3.2 Beschichtung

Als Schichtmaterial wurde auf Grund der guten Leitfähigkeit in Verbindung mit dem Materialpreis und den gewonnenen Erfahrungen bei der Abscheidung haftfester Schichten durch die Hochschule Kupfer ausgewählt.

Nach erfolgreicher Abscheidung haftfester Cu-Schichten auf den oben genannten Substraten mit der Laborsputter- und Plasmabehandlungsanlage an der Hochschule wurden großflächige Muster bei den Firmen TECHNO COAT und UNITEC hergestellt.

Bei TECHNO COAT wurden die Substrate:
- Co1032/168,
- PES2880/12F,
- PES7/7,
- GF 12 und
- BA10/12

mit Cu, Ti und Nb beschichtet. Für die Durchführung der PVD-Beschichtung kamen die Anlagen SB 2000 und HC 27 zum Einsatz. Gleichzeitig wurde mit diesen Beschichtungsversuchen die Möglichkeit untersucht Schichtsysteme aus mehreren abgeschiedenen Dünnschichten auf textilen Flächen aufzutragen.

Die Analyse und Auswertung der Funktionalität erfolgte an der Hochschule. Die TECHNO COAT ermittelte pro Charge einzig die Schichtdicke an Referenz-probekörpern aus Edelstahl (hochpolierter Zylinder mit ? = 20 mm, H = 0,5 mm) nach dem Kalottenschliffverfahren.
Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe einer Hartmetallkugel die Oberfläche des beschichteten Probekörpers bis zum Substratmaterial durchschliffen und anschließend die Kalottenradien (siehe Abb.) unter einem Mikroskop ausgemessen. Bei Kenntnis des Schleifkugelradius ergibt sich dabei die Schichtdicke d bspw. einer Monolagenschicht zu $d ? \frac{(r_a ? r_i)*(r_a ? r_i)}{2R}$ mit r_a bzw. r_i als äußerer bzw. innerer Kalottenradius und R als Schleifkugelradius.

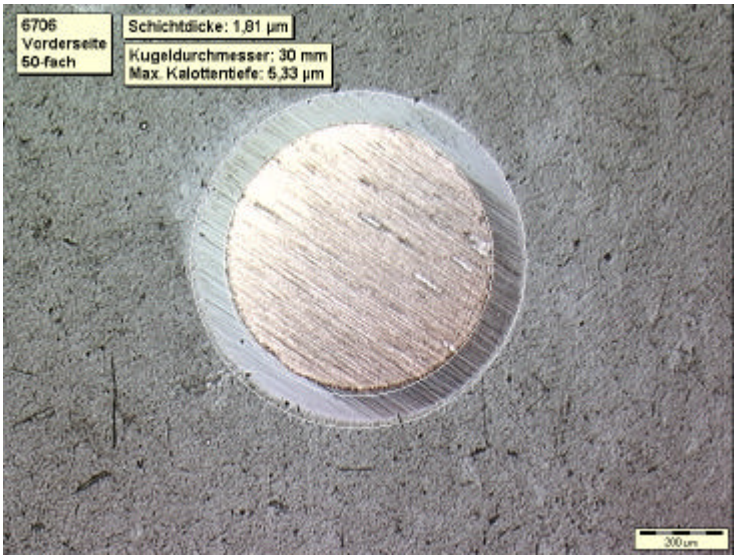


Abb. 79: Kalottenschliff einer Monolagenschicht

In Abbildung ist exemplarisch eine typische lichtmikroskopische Aufnahme eines mit Cu beschichteten textilen Probesubstrates dargestellt.

Bei UNITEC wurden entsprechend der Beschreibung der Abschnitte 71.3.1.2.1.2 und 7.1.3.2.3 Substrate auf der Basis von Baumwolle, Baumwolle/Viskose, Polyester, Polypropylen, Glas und Basalt mit Cu bedampft.

Als Grundlage für weitergehende Untersuchungen von textilen Flächen auf der Basis von Kohlefasern, wurden einzelne Fasern mittels der PVD-Technologie mit metallischen Dünnschichten beschichtet. Hierbei konnten haftfeste Schichten auf den Kohlefasern abgeschieden werden.

7.1.3.3.3 Analyse / Ergebnisse

In die Analyse der Funktionalität elektromagnetische Schirmdämpfung wurden alle im Vorhaben erfolgreich beschichtete Substrate einbezogen.

Erste Untersuchungen zum elektrischen Leitwert der metallischen Dünnschichten auf Substraten der Firma HEYTEX führte das FEP durch.
In Abbildung 80 ist der Einfluss des Substratmaterials auf den elektrischen Leitwert der Kupferschicht dargestellt. Die Schichtdicken, die mit Röntgenfluoreszenzanalyse bestimmt wurden, liegen in einem vergleichbaren Wertebereich von 175 nm ±20 nm. Auffällig ist der starke Einfluss des Substratmaterials auf die elektrische Leitfähigkeit. Dieser ist wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Rauhigkeiten der Substrate zurückzuführen. Abbildung 80 zeigt weiterhin einen deutlichen Einfluss der Beschichtungstechnologie auf den Leitwert der abgeschiedenen Schicht.
Bei Einsatz der plasmagestützten Bedampfung ergibt sich eine geringere elektrische Leitfähigkeit der erzeugten Schichten im Gegensatz zu Schichten, welche ohne Plasmaunterstützung aufgedampft wurden.
Der optische Eindruck des metallischen Erscheinungsbildes der Schicht zeigt bei Verwendung der Plasmaaktivierung einen Trend zu leicht dunklerem Aussehen. Wahrscheinlich ist dies auf eine stärkere Erwärmung des Substrates und ein damit verbundenes verstärktes Ausgasen zurückzuführen. Dadurch verursacht, kann es zu teilweisen Oxidationen innerhalb der Schicht kommen, die in erwähntem dunkleren Aussehen resultieren.

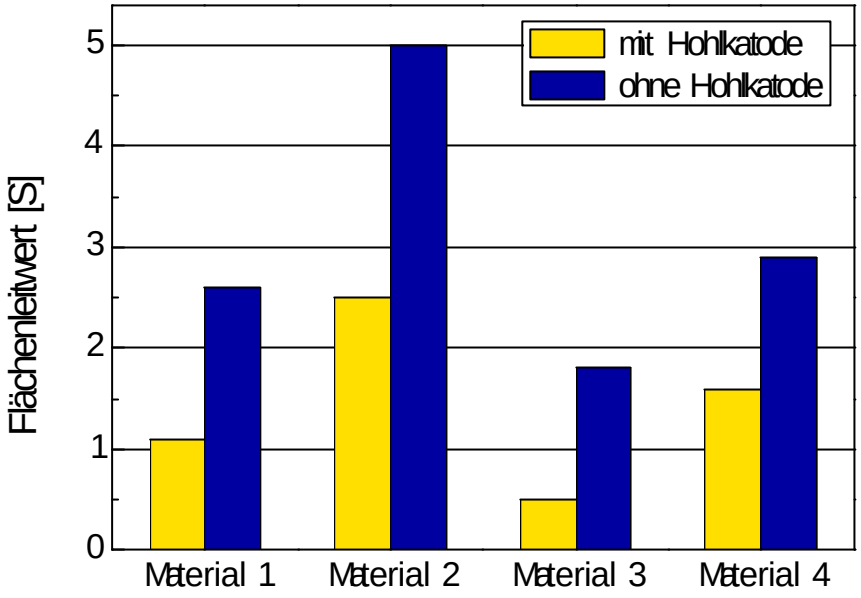


Abb. 80: Flächenleitwert in Abhängigkeit vom Material und der Beschichtungstechnologie

Material 1: PES/TPU Material 2: PES/PVC/Acrylatlack
Material 3: PES/PVC Material 4. PES/PVC mit viel Füllstoff

Die Auswertung der Muster hinsichtlich einer Eignung für die zukünftigen Einsatzgebiete, vor allem die Prüfung des elektrischen Widerstandes und der elektromagnetischen Schirmung wurde durch die Hochschule in Zusammenarbeit mit dem Stfi Chemnitz durchgeführt.

7.1.3.3.3.1 Prüfung des elektrischen Oberflächenwiderstandes

Eine gute elektrische Leitfähigkeit auf der Oberfläche der textilen Flächengebilde ist unter den gestellten Prämissen die Vorraussetzung für eine gute elektromagnetische Schirmdämpfung. Aus diesem Grund wurde der elektrische Oberflächenwiderstand aller Proben nach DIN EN 1149-1 gemessen.

Prinzip der Messung des elektrischen Oberflächenwiderstandes:

Die textile Probe wird auf eine isolierende Grundplatte gelegt und eine Elektrodenanordnung aufgesetzt. Nach dem Anschluss der Elektrodenanordnung an eine Gleichspannungsquelle kann der Oberflächenwiderstand der Probe gemessen werden. Die Elektrodenanordnung besteht aus einer zylindrischen und einer ringförmigen Elektrode, die konzentrisch zueinander angeordnet sind. Für die

Messung der elektrischen Größen wurde im Fachbereich Maschinenwesen der Hochschule ein SourceMeter® Modell 2400 der Firma KEITLEY angeschafft. Nachfolgende Abbildung zeigt die Messanordnung für die Bestimmung des elektrischen Oberflächenwiderstandes.

Abb. 81: Anordnung zur Messung elektrischer Größen an Oberflächen

7.1.3.3.3.2 Prüfung der elektromagnetischen Schirmdämpfung

Der Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Studienrichtung Nachrichten- und Kommunikationstechnik der Hochschule untersucht u.a. elektromagnetische Eigenschaften von Körpern. Versuche zur Bestimmung der Schirmdämpfung an textilen Flächengebilden schlugen mit der vorhandenen Messtechnik im Fachbereich trotz verschiedener Versuchsanordnungen fehl. Aus diesem Grund wurden die Schirmdämpfungsmessungen am Sächsischen Textilforschungsinstitut in Chemnitz (Stfl) durchgeführt.

Prinzip der Messung der elektromagnetischen Schirmdämpfung:

Für die Messung der elektromagnetischen Schirmdämpfung wurde ein Messplatz nach Abbildung 82 aufgebaut. Der Spektrumanalysator vom Typ Advantest R3361C mit integriertem Mitlaufgenerator (100 Hz – 2,6 GHz) erzeugt ausgangsseitig ein Sinussignal dessen Frequenzband frei einstellbar ist und der Messapparatur (TEM-Zelle, TEM = *t*ransversal *e*lectro*m*agnetic) eingangsseitig zugeführt wird. Das ausgangsseitige Messsignal wird dem Analysatoreingang wiederum zugeführt und ausgewertet. Vorteilhaft erweist sich das zeitsynchrone Verhalten von Mitlaufgenerator und Analysator, so dass eine spezielle manuelle Abstimmung

beider Komponenten nicht notwendig ist. Ein- und Ausgänge sowie die Messkabel haben eine Impedanz von 50 Ohm, womit Fehlanpassungen ausgeschlossen werden können. Der Spektrumanalysator ist vollständig rechnersteuerbar, aber auch die manuelle Parametereinstellung ist möglich.

Die verwendete TEM-Zelle ist als aufgeweiteter Koaxialleiter mit einem Wellenwiderstand von 50 Ohm zu verstehen. Über die eingebauten dielektrischen Linsen wird erreicht, dass die E- und H-Feldkomponenten parallel zur Oberfläche des zu prüfenden kreisförmigen Probenmaterials verlaufen. Über einen Frequenzbereich von 0,01...1000 MHz ist eine Messdynamik von größer 80 dB erreichbar. Die verwendete TEM-Zelle besteht aus zwei verschraubten Halbschalen mit einem gestoßenen Innenleiter. /16/

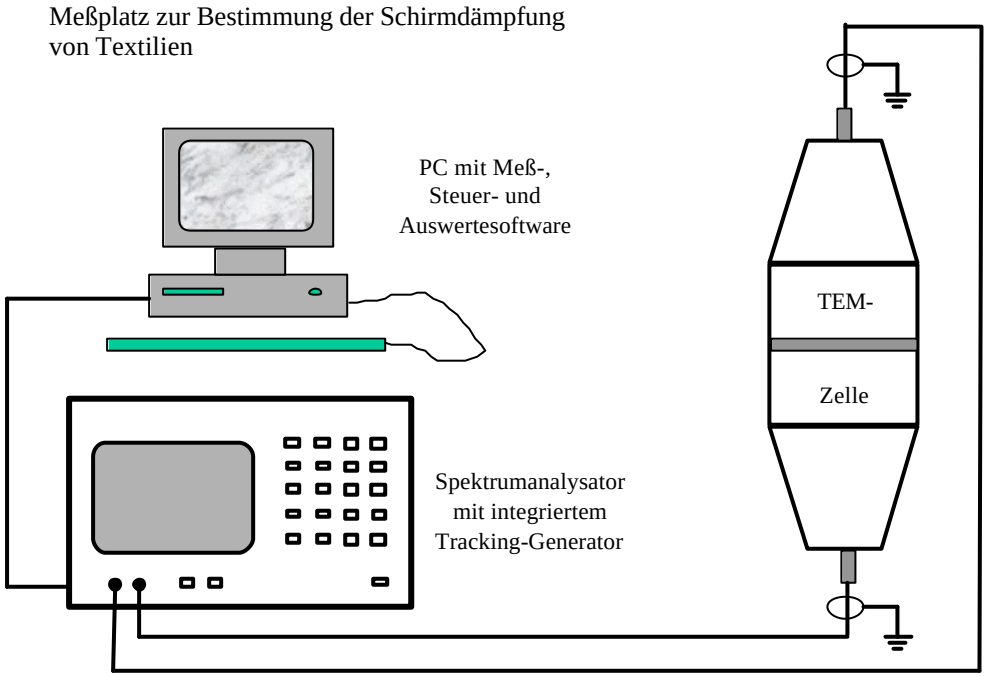


Abb. 82: Laboraufbau zur Messung der elektromagnetischen Schirmdämpfung.

7.1.3.3.4 Auswertung / Schlussfolgerungen

7.1.3.3.4.1 Elektrischer Oberflächenwiderstand

Für eine erste Aussage hinsichtlich der zu erreichenden elektromagnetischen Schirmdämpfung, wurde von allen beschichteten Proben die elektrische Leitfähigkeit der Beschichtung geprüft. Je kleiner der gemessene elektrische Widerstand ist, desto größer ist der Wert der zu erwartenden Schirmdämpfung.

Die gemessenen Oberflächenwiderstände streuen in einem sehr breiten Bereich von ca. 1 O bis > 1 GO.
Wesentlichen Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit beschichteter textiler Flächen haben folgende Faktoren:

- Konstruktion des textilen Substrates (Gitter / geschlossene Fläche, Anzahl der Schuss- und Kettfäden, Herstellungstechnologie (Gewebe, Nähgewirke / Bindung etc.)),
- Oberflächenbeschaffenheit des Substrates,
- Leitfähigkeit des aufgebrachten Metalls,
- Schichtdicke.

Vor allem bei textilen Proben mit geschlossenen Flächen konnten Werte kleiner 1 Ohm gemessen werden. Dies lässt den Schluss zu, dass bei diesen Proben gute Schirmdämpfungswerte erreicht werden.

Muster mit relativ glatten Oberflächen sowie höhere Schichtdicken hatten, wie zu erwarten, einen positiven Einfluss auf die Leitfähigkeit.
Bei textilen Flächen mit einer PVC- oder PU-Zwischenschicht konnten allerdings keine wesentlichen Verbesserungen erzielt werden. Der Einsatz dieser Materialien für die Funktionalität elektromagnetische Schirmung ist nur in Verbindung mit weiteren Anforderungen z.B. im Zusammenhang mit textilen Hochbauten zu empfehlen.

Der Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit der Substrate kann durch die Anpassung der Schichtdicke in bestimmten Bereichen egalisiert werden.
Substrate mit relativ glatten Oberflächen und Schichtdicken von ca. 200 nm wiesen ähnliche Leitfähigkeiten, wie textile Flächen mit relativ groben Strukturen und Schichtdicken von ca. 600 nm auf.

Textile Gitter, sowohl als Gewebe als auch als Nähgewirke, ergaben unabhängig vom verarbeiteten Ausgangsmaterial sehr hohe Oberflächenwiderstände. Der Grund hierfür liegt in der geringen Anzahl an Kreuzungspunkten (elektrischen Kontakten) von Schuss- und Kettfäden. Auch der Einsatz eines dritten Fadensystems bei Nähgewirken - dem Nähfäden - und die Vernähung aller drei Systeme am

Kreuzungspunkt ergaben keine wesentlichen Verbesserungen. Es ist davon auszugehen, dass erst bei höheren Schichtstärken (> 1µm) wesentlich geringere Oberflächenwiderstände auftreten. (Diese Schichtstärken wurden im Rahmen des Vorhabens nicht untersucht, da auf vollflächigen Textilien bereits sehr gute Leitfähigkeiten erreicht wurden und eine wirtschaftliche Herstellung mittels der PVD-Technologie mit zunehmender Schichtstärke abnimmt.)

7.1.3.3.4.2 Elektromagnetische Schirmdämpfung

Für die Beurteilung der erreichten Schirmdämpfungen wurde die Klassifikation der Firma Swiss Shield® herangezogen. Die Firma Swiss Shield® teilt dabei die Reduktion der elektromagnetischen Strahlung in 5 Klassen ein. Grundlage der Klassifizierung ist eine Frequenz der Strahlung von 1,9 GHz. /17/

Klasse A	> 99,99%	(> 40 dB)
Klasse B	> 99,9 %	(> 30 dB)
Klasse C	> 99 %	(> 20 dB)
Klasse D	> 95 %	(> 13 dB)
Klasse E	> 90 %	(> 10 dB)

Die Prüfung der Schirmdämpfung wurde auf Proben mit sehr guter Leitfähigkeit und zwei textile Gitter begrenzt. Untersucht wurden u.a. folgende Materialproben:

- PES 2880 / 12F (vollflächiges Polyestergewirke / einseitig Cu-beschichtet),
- GF Cu / Cu (Glasfasergewebe / beidseitig Cu-beschichtet),
- Ba Cu (Basaltgewebe / einseitig Cu-beschichtet),
- Ba Cu / Cu (Basaltgewebe / beidseitig Cu-beschichtet),
- 030623 C4 (Polyestergewebe / PETP kaschiert / einseitig Cu-beschichtet),
- 020503 A1 (Polyestergewebe / PU lackiert / einseitig Cu-beschichtet),
- 020909 B4 (Polyestergewebe / PVC / einseitig Cu-beschichtet),
- PAN/Cu (Polyacryl-Gitter / einseitig Cu-beschichtet),
- PP/Cu (PP-Gitter / einseitig Cu-beschichtet).

Die besten Schirmdämpfungswerte wurden für das Substrat aus Glasfaser mit einer beidseitigen Kupferbeschichtung erreicht. Über den gesamten Messbereich von 0,1 bis 2 GHz konnten Werte über 50 dB Schirmdämpfung gemessen werden (siehe Abb. 83). Dies entspricht der Klasse A nach Swiss Shield®.

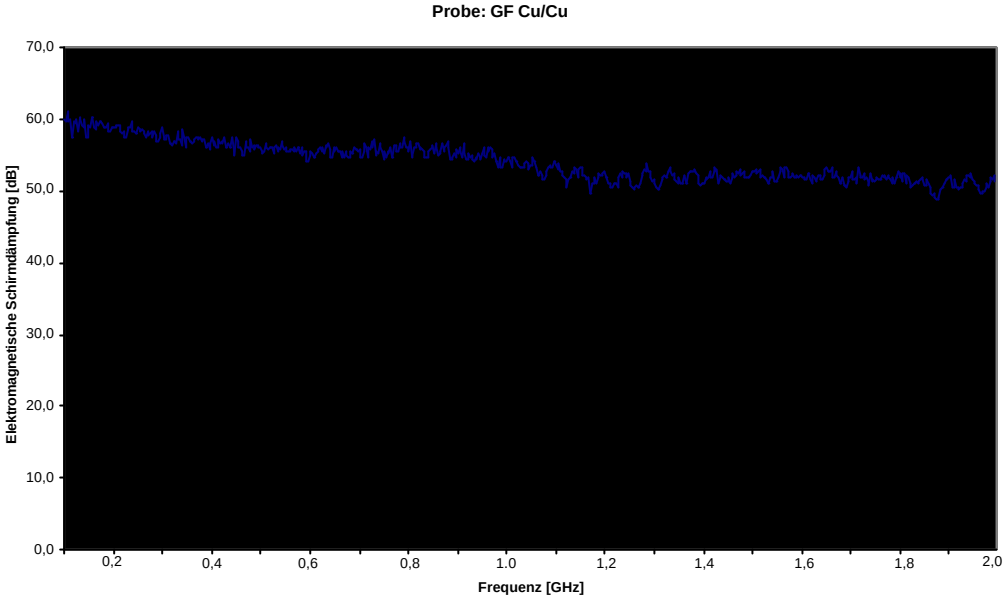


Abb. 83: Schirmdämpfung für beidseitig kupferbeschichtetes Glasgewebe

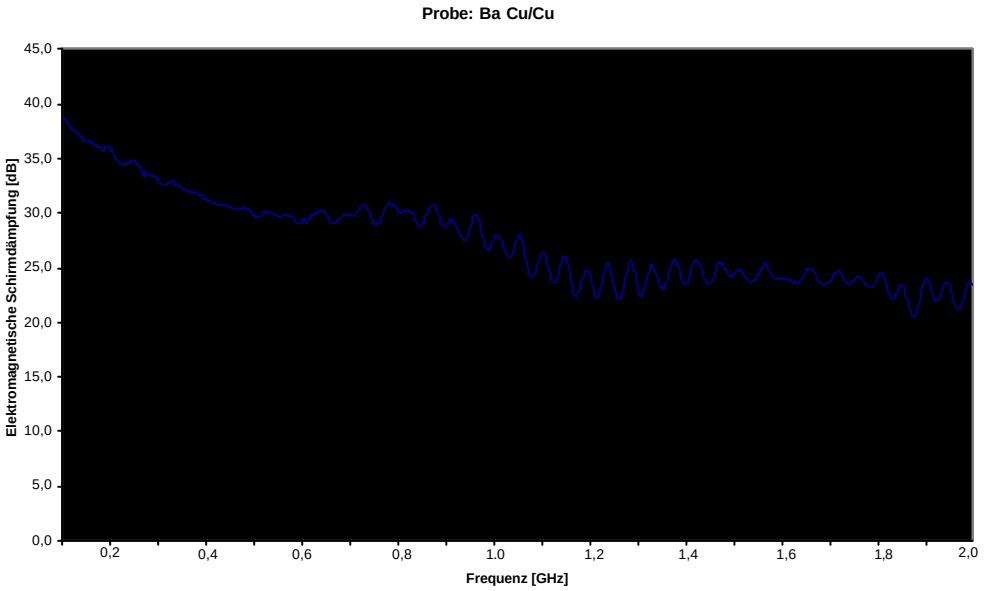


Abb. 84: Schirmdämpfung für beidseitig kupferbeschichtetes Basaltgewebe

Bei nahezu gleichem konstruktiven Aufbau des textilen Flächengebildes und der gewählten Cu-Beschichtung ergeben sich erhebliche Unterschiede in der Schirmdämpfung für die Substrate Glas und Basalt. Dies könnte mit dem spezifischen elektrischen Durchgangswiderstand der Substratmaterialien erklärt werden, der sich um eine Zehnerpotenz unterscheidet.

Tab. 37: Gegenüberstellung elektrischer Kenngrößen der Substrate Glas und Basalt

	Schirmdämpfung in dB			Klasse	el. Widerstand in Ohm	Schichtdicke in nm	spez. Durchgangs-widerstand in Ohm*m
	0,1 GHz	1 GHz	2 GHz				
BA beidseitig Cu	38	27	24	Klasse C	1,38	600 / 600	1 * 10^12
GF beidseitig Cu	60	54	52	Klasse A	1,27	600 / 600	1 * 10^11

Zur Bewertung der erreichten Ergebnisse wurden textile Flächen mit eingewebten Kupferfilamenten der Firma Elektro-Feindraht AG herangezogen. Nach eigenen Angaben liegen die Schirmdämpfungswerte je nach Dichte des eingewebten Metallgitters im vergleichbaren Frequenzbereich zwischen 15 dB und 55 dB. /18/

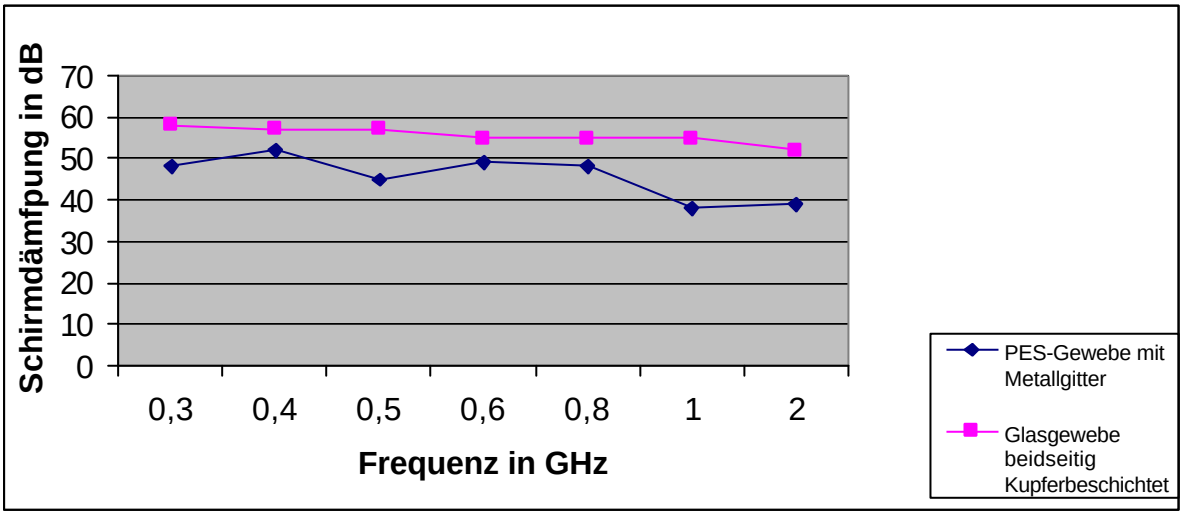


Abb. 85: Vergleich Schirmdämpfungswerte Wettbewerbsprodukt mit eigener Entwicklung

Mit beidseitiger Kupferbeschichtung von Glasgewebe mittels der PVD-Technologie wurden höhere Schirmdämpfungen als bei den Geweben mit Metallgittern erreicht. Die aufgetragenen Schichtstärken betrugen hierbei nur ca. 350 nm – 600 nm und können auf entsprechenden Bandbeschichtungsanlagen für Textilien sehr wirtschaftlich hergestellt werden

Auf den Einsatz von Kohlefasern wurde in Anbetracht der guten Ergebnisse bei der Funktionalität – elektromagnetische Schirmdämpfung - im Vorhaben vorerst verzichtet.

Die aufgetragenen Schichten konnten im Rahmen des Vorhabens durch entsprechende Vorbehandlungen sehr haftfest auf verschiedenen textilen Substraten abgeschieden werden. Ein weiterer Schutz der Schichten ist im Rahmen von Nachbehandlungen durch das Auftragen von Schutzfolien bzw. Lackierungen etc. möglich.

Für die angestrebten Einsatzfälle kann somit eine Palette unterschiedlicher Substrat-Schichtverbunde auf der Basis vollflächiger Textilien zur Verfügung gestellt werden. Für textile Gitter sind im Rahmen weiterführender Versuche, nach einer Bekeimung mittels PVD-Technologie, metallische Schichten > 1 µm auf einer galvanischen Bandanlage (z.B. bei der Firma Fractal) wirtschaftlich herzustellen.

7.1.3.4 Antibakterielle / antimykotische Ausrüstung

Textilien sind bereits bei ihrer Herstellung, bei der Lagerung und während ihres Einsatzes dem Befall von Mikroorganismen und Mikroben wie Pilzen und Bakterien ausgesetzt. Im Ergebnis können die Textilien durch Verfärbungen, Fleckenbildung und Festigkeitsminderung bis hin zur völligen Auflösung geschädigt werden. Mittels Kupfer- und / oder Silizium-Keramik-Dispersionsbeschichtungen von textilen Flächen unterschiedlicher Ausgangsmaterialien soll dieser Schädigung entgegengewirkt werden. (Auf den Einsatz herkömmlicher Bakterizide / Fungizide wird verzichtet.) Vor allem bei funktionalen Textilien sind zur Erhaltung der Eigenschaften entsprechende Schutzmechanismen zu installieren, die für sich selbst gesehen eine funktionale Ausrüstung darstellen.

In der Textilbranche werden für diese funktionale Ausrüstung verschiedene Begriffe verwendet, u.a.:

- *Antibakterielle Ausrüstung*
  Die Ausrüstung bewirkt eine Abtötung (bakterizid) bzw. eine Hemmung (bakteriostatisch) der Vermehrung vorhandener Bakterien.
- *Antimykotische Ausrüstung*
  Ausrüstung zur Abtötung von Pilzen oder zur Verhinderung des Pilzwachstums – Überbegriff für fungizid und fungistatisch. /14/

Bei den angestrebten Einsatzbereichen im Rahmen dieses Vorhabens spielen im Gegensatz zu Schimmelpilzen, Bakterien eine untergeordnete Rolle. Im Vorhaben stehen deshalb antimykotische Ausrüstungen im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Im Vorhaben werden vor allem Möglichkeiten zur:

- Verhinderung des Bewuchses von Schimmelpilzen an der Innenseite von Zelten,
- Aufrechterhaltung der Wirksamkeit von Energieschirmen und
- Verhinderung eines Bewuchses bei Textilien für das Textile Bauen bzw. speziellen Anwendungsbereichen der Firma HEYTEX

untersucht.

7.1.3.4.1 Substratentwicklung

Neben Substraten auf der Basis von Jute, Baumwolle, Baumwolle/Viskose, Polyester, Polypropylen, Polyacryl, Glas und Basalt wurden spezielle textile Flächen für den Einsatz in der Zeltherstellung, für das Textile Bauen sowie die unter 6.2.1 beschriebenen Energieschirme untersucht.
Die Firmen WESOM und HEYTEX stellten die oben genannten textilen Substrate zur Verfügung (analog Abschnitte Substratentwicklung - Abschattung / Wärme-dämmung).

7.1.3.4.2 Beschichtung

Die Beschichtung der Substrate wurden an der Hochschule, der TECHNO COAT sowie bei UNITEC und FEP durchgeführt (siehe Abschnitt 7.1.3.1.2.1.2. und 7.1.3.2.3). Auf der Grundlage vorangegangener Untersuchungen an der Hochschule kamen als wirksame Oberflächenbeschichtung Kupfer und Silizium-Keramik-Dispersionen zum Einsatz.

7.1.3.4.3 Analyse / Ergebnisse

Neben Untersuchungen im Labormaßstab wurden kupferbeschichtete textile Muster für das Textile Bauen sowie Muster der im Vorhaben entwickelten Energieschirme über den Zeitraum von einem Jahr in einem vollbewirtschafteten Gewächshaus der Firma Krusekopf und Heumann GmbH unter protokollierten klimatischen Bedingungen bewettert.
Die Hochschule realisierte in Zusammenarbeit mit der IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH die mikrobiologischen Untersuchungen.

Die fungizide Wirkung wurde auf der Basis der „Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Textilien gegen Schädigung durch Mikroorganismen“ – nach DIN 53930 / 53931 – an Hand von verschiedenen Schimmelpilzen untersucht. Die Prüfungen führte das Biologisch Analytische Umweltlabor (IDUS) in Ottendorf-Okrilla durch.

Prinzip der Analyse:

Die textilen Proben werden auf Nährböden ausgelegt, die mit bekannten textilschädigenden Schimmelpilzen beimpft wurden. Nach einer angemessenen Wartezeit – hier 14 Tage - wird festgestellt, ob die Schimmelpilze die Textilproben befallen haben. Neben fungizid ausgerüsteten, beschichteten Proben werden zur Auswertung der Wirksamkeit entsprechend unbeschichtete Vergleichsproben untersucht.
Die Prüfung erfolgte an Hand von drei Pilzstämmen:

- Aspergillus niger (A.n.), ein Pilzstamm der sich im Wesentlichen von Inhaltsstoffen von Schlichten und Appreturen ernährt,
- Chaetomium globosum (Ch.g.) und Penicillium funiculosum (P.f.), zwei Pilzstämme die im Wesentlichen Zellulose zersetzen.

Die Proben werden nach:

- Flächenbewuchs,
- Sporenbildung auf der Platte und dem Gewebe,
- Bildung eines Hemmhofes,
- Wachstum auf dem Gewebe und
- Wachstum unter dem Gewebe

ausgewertet. Für die Beurteilung des Flächenbewuchses steht hierbei eine Einteilung von 0 bis 5 entsprechend nachfolgender Tabelle zur Verfügung.

Tab. 38: Einteilung des Flächenbewuchses

00	Platte frei von Bewuchs
0	Hemmhof
(0)	bis an die Probe gewachsen
1	Probe am Rand bewachsen
2	< 25 %
3	25 – 75 %
4	verbreitet bewachsen (< 100 %)
5	vollständig bewachsen

Die im Langzeittest im Gewächshaus bewetterten Proben wurden im Anschluss an den Test nach dem gleichen Bewertungsprinzip ausgewertet.

7.1.3.4.4 Auswertung / Schlussfolgerungen

Die verwendeten Vergleichsproben wiesen erwartungsgemäß entsprechend der textilen Ausgangsstoffe und Ausrüstungen unterschiedliche Anfälligkeiten gegenüber den einzelnen Pilzstämmen auf (siehe Abb. 86).
Grund hierfür sind, die bei den Basalt- und den PES-Proben im Herstellungsprozess aufgebrachten Schlichten, Avivagen bzw. Silan und bei den Jute, Baumwoll- und Viskoseproben der hohe Zellulosegehalt.

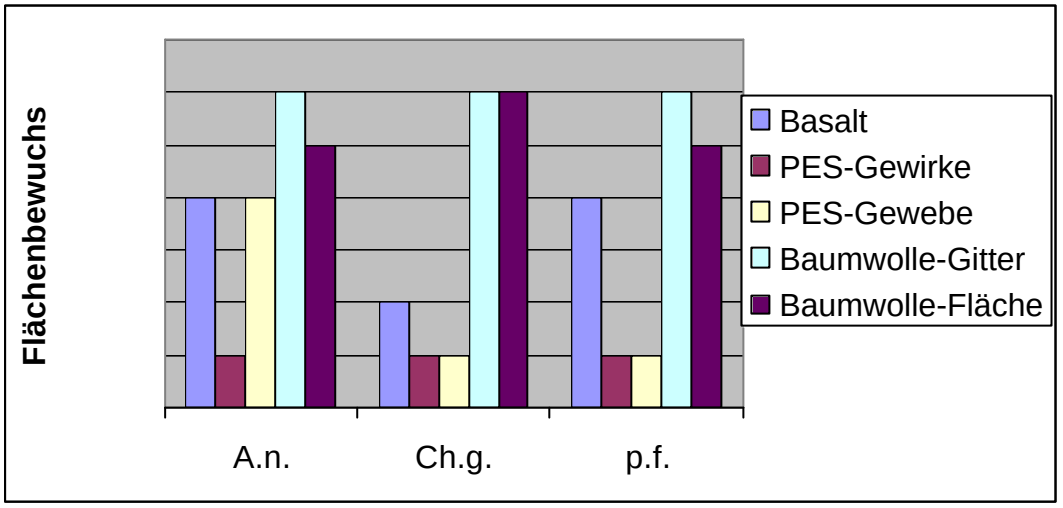


Abb. 86: Flächenbewuchs verschiedener Materialien ohne Beschichtung

Abb. 87: Flächenbewuchs der Pilzstämme auf einer Baumwoll-Fläche und einem Baumwoll-Gitter

Die Beschichtungen mit Kupfer bzw. Silizium-Keramik-Dispersionen der textilen Proben bewirkte einen sehr guten fungistatischen Schutz der Textilien. Das

Flächenwachstum der Pilzstämme wurde im Vergleich zu den unbeschichteten Proben stark gehemmt (siehe Abb. 88 und 89).

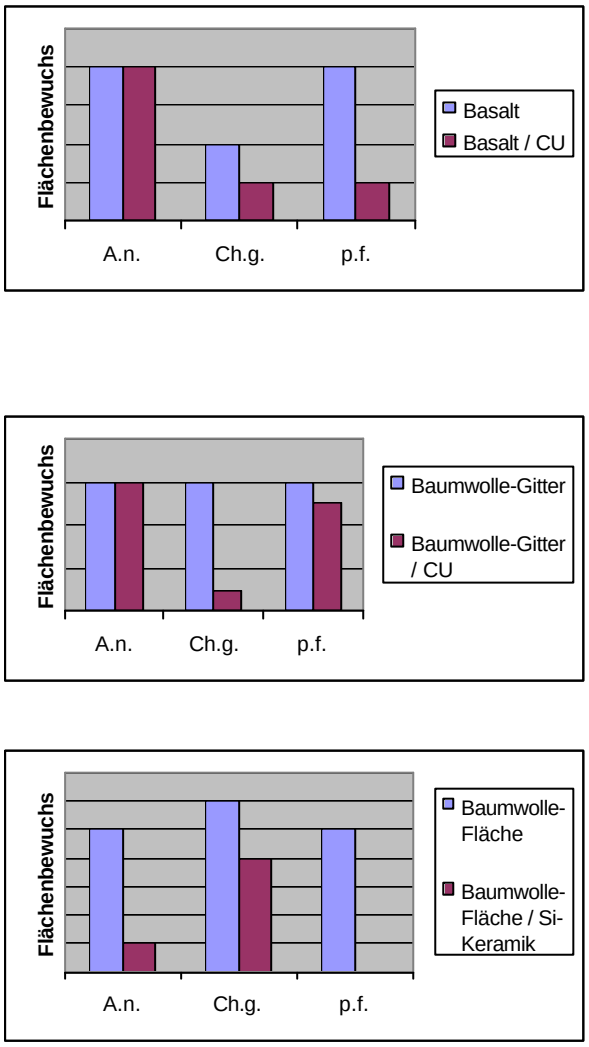


Abb. 88: Schematische Darstellung der Wirksamkeit einer Beschichtung auf den Flächenbewuchs der verschiedenen Pilzstämme

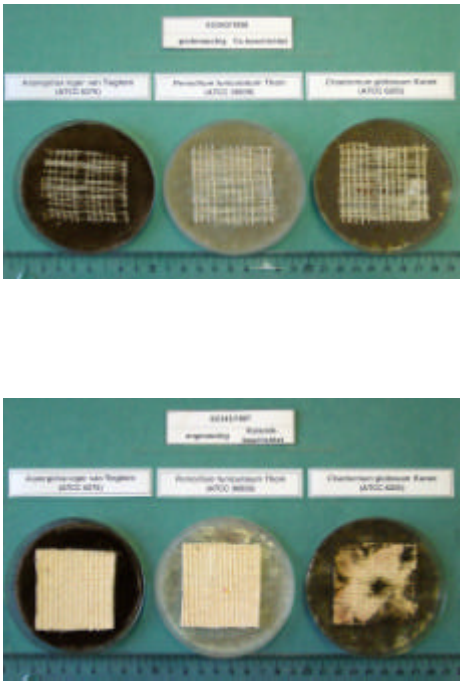


Abb. 89: Flächenbewuchs der Pilzstämme auf Baumwoll-Gitter bzw. Baumwoll-Flächen nach einer Beschichtung mit Kupfer- bzw. Silizium-Keramik-Dispersion

Je nach Verwendungszweck der Textilien kann eine Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Mikroorganismen nach einer Vorbehandlung z.B. Bewettern (DIN 53930) notwendig sein.

Zur Beurteilung der fungistatischen Wirkung der Kupferbeschichtung nach extremen Beanspruchungen wurden Materialproben in einem vollbewirtschafteten Gewächshaus der Firma Krusekopf und Heumann GmbH in Hirschfelde bewettert. Die Proben waren dabei im Langzeittest über ein Jahr einem Klima von 60 – 95 % relativer Luftfeuchte bei Temperaturen zwischen 8 und 38 °C ausgesetzt (siehe Abb. 90).

Die ungeschützten Cu-Schichten (ca. 350 nm) begannen vor allem im letzten Quartal des Tests zu korrodieren (siehe Abb. 91). Die Korrosion zerstörte dabei zunehmend auch den fungistatischen Wirkmechanismus des Kupfers.

Ansätze für eine weitere Verbesserung des Langzeitschutzes:

- Entsprechend der vorgesehenen Einsatzzeiten der textilen Flächen sind stärkere Cu-Schichten vorzusehen.
- Auswirkungen einer „neutralen“ Schutzschicht (z.B. Kunststofffolie) auf den fungistatischen Wirkmechanismus des Kupfers gegenüber der darunter liegenden textilen Fläche bleiben zukünftigen Untersuchungen, die entsprechende Langzeittests einschließen, vorbehalten.

Abb. 90: Bewettern verschiedener Proben im Gewächshaus

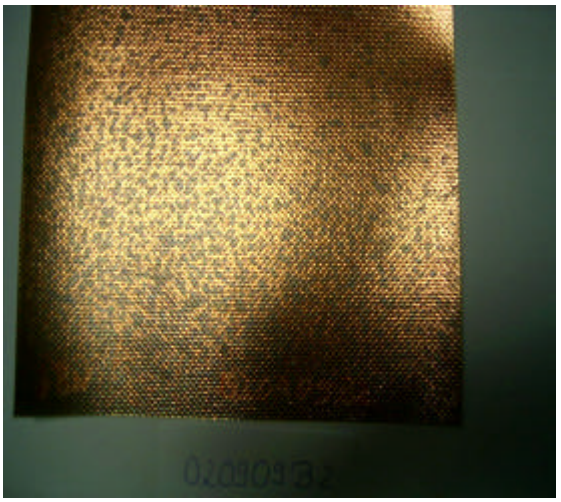


Abb. 91: Probe nach 1-jähriger Bewetterung im Gewächshaus

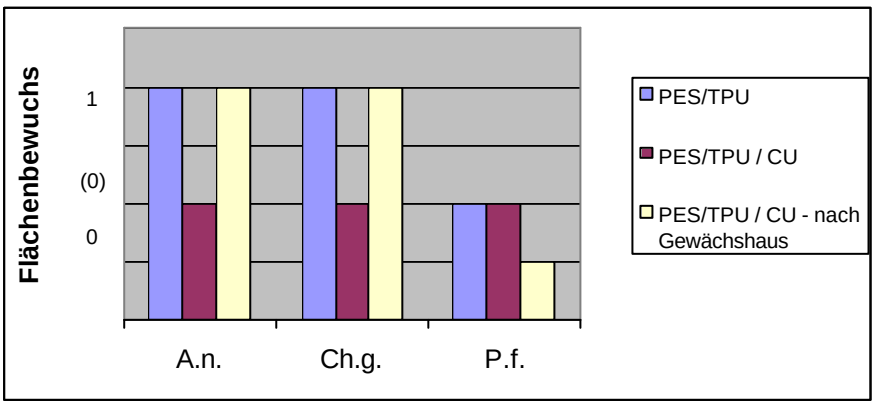


Abb. 92: Flächenbewuchs einer textilen Fläche auf der Basis von Polyester und einer TPU-Zwischenschicht (Vergleichsprobe / Cu-Beschichtung – Bewetterung)

Durch Beschichtungen textiler Flächen aus nachwachsenden oder mineralischen Rohstoffen sowie Kunststoffen mit und ohne TPU- oder PVC-Zwischenschichten mit Kupfer und / oder Silizium-Keramik-Dispersion konnten nach DIN 53930 / 53931 sehr gute fungizide Wirkungen nachgewiesen werden. In der Kombination Substrat / Beschichtung kann gezielt für spezielle Beanspruchungen ein Flächenbewuchs von 0 eingestellt werden.

7.1.3.5 Dekoration

Grundlage für die Erzielung der angestrebten Funktionalitäten sind metallisch glänzende Oberflächen. Die Auswertung der Wirksamkeit der Funktionalitäten hat eine prinzipielle Übereinstimmung zwischen Schichtaussehen und Wirksamkeit ergeben.
Im Rahmen des Vorhabens konnten durch Vor- und Nachbehandlungen bzw. der Optimierung der Prozessparameter die Haftfestigkeit wesentlich gesteigert werden.

Unterschiedlichste Farben und Effekte lassen sich mit PVD-Beschichtungen erzeugen. In Verbindung mit entsprechenden Substratkonstruktionen – Gitter bzw. geschlossene Fläche, Fadenzahl, Ausgangsmaterialien, verschiedene Oberflächen im Ergebnis der eingesetzten Textiltechnologie bzw. Bindung etc. wurden verschiedene dekorative Oberflächen erzielt, die für vielfältige Anwendungen u.a. in Verbindung mit den Funktionalitäten zum Einsatz kommen können.

Schwerpunkt im Vorhaben waren auf Grund der funktionalen Eigenschaften vor allem Dünnschichten aus Kupfer, Aluminium, Titan und Niob. Das dekorative Erscheinungsbild der Schichten stand nur im Zusammenhang mit dem zukünftigen Einsatzbereich der funktionalen Schicht im Vordergrund.

7.2 Verwertbarkeit der Ergebnisse

7.2.1 Verwertbarkeit der Ergebnisse im Hinblick auf die Gesamtzielstellung

Das Verbundvorhaben im Rahmen des „Innovativen Regionalen Wachstumskerns – noa“ bot den beteiligten kleinen und mittelständischen Firmen die Chance, auf der Basis der Zusammenarbeit von KMU, Instituten und Hochschulen auf dem Gebiet der plasmagestützten Oberflächenbeschichtung von Bahnenware weitere

Applikationsfelder zu erschließen und damit wirtschaftliches Wachstum in den Firmen zu generieren. Die Einbindung weiterer Unternehmen mit neuen Anwendungsgebieten im Anschluss an das Vorhaben (z.B. Asglatex Ohorn GmbH, Haase GFK-Technik GmbH) verstärkt die Basis für den Einsatz dieser innovativen Technologie in der Region wesentlich.

Mit der Überführung der Ergebnisse dieses Verbundvorhabens in die Produktion im Anschluss an den Förderzeitraum werden die beteiligten Firmen ihre Produktpalette mit innovativen Produkten, die sich durch eine hohe Wertschöpfung auszeichnen, erweitern und damit wirtschaftlich weiter wachsen.
Gleichzeitig wird auf der Grundlage einer weiteren Kooperation dieser Firmen mit dem Beschichter UNITEC die Voraussetzung für die Investition in eine Industrieanlage zur Beschichtung von Bandware geschaffen.

Ziel des Vorhabens war die Schaffung neuer innovativer Produkte für die Textilindustrie. Die Applikation neuer Eigenschaften auf textilen Flächen durch die Beschichtung mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien führt zur Erweiterung der Anwendungsfelder und damit zur Schaffung intelligenter und zukunftsfähiger Produkte und Lösungen.
Im Rahmen der Grundlagenforschung waren im Vorhaben für verschiedene Anwendungsbereiche Technischer Textilien (Textiles Bauen, Gärtnereibedarf, Hitzeschutz etc.) Beschichtungstechnologien zu entwickeln und technisch sowie wirtschaftlich zu optimieren.

Die wirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten der Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden in der praktischen Umsetzung in der Industrie, vorrangig bei den Partnern des Vorhabens, gesehen. Ziel ist es, die Forschungsergebnisse und die hieraus resultierenden Empfehlungen einer industriellen Nutzung zuzuführen, wobei die Partner beabsichtigen, bei der Produktion und dem Vertrieb zu kooperieren.
Die Umsetzung, der unter Laborbedingungen gewonnenen Erkenntnisse auf industriellen Anlagen, erscheint, ausgehend von den vorliegenden Ergebnissen des Vorhabens ANTIBAK, sehr realistisch. Ein spürbarer Effekt für die Region (neue Produktionsmöglichkeiten, Produktionssteigerungen, Arbeitskräftesituation usw.) ist zu erwarten.

7.2.2 WESOM Textil GmbH

Im Vorhaben wurden die wissenschaftlichen Voraussetzungen für die mittelfristige Produktüberführung einer Produktgruppe hocheffektiver Energieschirme auf der Basis eines Monosystems und des durch die Entwicklungspartner zum Patent (Deutsches Patent- und Markenamt (DPMA) in München unter der Nr. 10318877.0)

angemeldeten Verbundsystems geschaffen. Damit wurden die Grundlagen für eine weitere Steigerung des Umsatzes der Firma mit innovativen Produkten gelegt.

Die WESOM entwickelt, produziert und vertreibt Agrar- und Bautextilien vorrangig in Deutschland und den angrenzenden EU-Staaten.
Im Bereich Agrartextilien gehören u.a. Energieschirme für Gewächshäuser zum Produktsortiment. Im Rahmen des Vorhabens ANTIBAK konnten entsprechende Schirme für die Innenanwendung bis zu Demonstratoren entwickelt und durch ein Gemeinschaftspatent geschützt werden. Alle bekannten Wettbewerbsprodukte erreichen nicht das im Projekt ANTIBAK erzielte Verhältnis, von maximaler Reduktion der Wärmetransmission und optimaler Transmission im sichtbaren Spektralbereich. Die Ausrüstung mit fungizider Wirkung ist bei Wettbewerbsprodukten noch nicht Stand der Technik.

Im weiteren Verlauf ist nach Abschluss laufender Langzeittests in Zusammenarbeit mit der Firma UNITEC die Überführung dieser Schirme in die Produktion geplant.
Die Wirksamkeit von Energieschirmen für Gewächshäuser entscheidet wesentlich über die Wirtschaftlichkeit eines Gartenbaubetriebes. Die aktuellen Entwicklungen auf dem Energiemarkt einerseits und die Wettbewerbssituation bei Gärtnereiprodukten andererseits, verstärken den Handlungsdruck bei Gartenbaubetrieben, alle Reserven bei der Reduzierung der Betriebskosten auszuschöpfen. Die Heizkosten liegen bei deutschen Gartenbaubetrieben zur Zeit bei ca. 5,1 % des Umsatzes. Dies bedeutet zum stärksten Wettbewerber (Niederlande) ein Verhältnis von fast 2:1.
Hieraus leitet sich ein hoher Bedarf an energetisch sehr wirksamen Energieschirmen mit einem günstigen Preis-Leistungsverhältnis ab.

Des weiteren ist im Zusammenwirken mit den Firmen HEYTEX und der Asglatex Ohorn GmbH, auf der Basis der erreichten Ergebnisse im Vorhaben ANTIBAK, die Weiterentwicklung von Schichtverbunden für das Textile Bauen und Putzträger, Tapeten, Rollos mit elektromagnetischer Abschirmung geplant.
Gleichzeitig eröffnen die gewonnenen Erkenntnisse der WESOM die Möglichkeit, weitere Einsatzfälle auf der Basis der PVD-Beschichtung von textilen Flächen für die Firma zu erschließen.

7.2.3 Heytex Neugersdorf GmbH

Im Bereich Textiles Bauen sowie Spezialausrüstungen von Technischen Textilien zählt die Firma HEYTEX zu den führenden Herstellern in Deutschland mit einem weltweiten Vertrieb. Renommierte Objekte, wie die letzten beiden Weltausstellungen, zählen zur Referenzliste der Firma.

Im Rahmen des Verbundvorhabens wurden neue beschichtete Materialien entwickelt und bestehende Produkte durch verbesserte Eigenschaften wesentlich weiterentwickelt. Folgende Bereiche standen im Vordergrund:

Textiles Bauen: Hierbei wurden bestehende Artikel aus einem Polyestergewebe und PVC-Beschichtung mit zusätzlichen Funktionalitäten, wie Wärmedämmung und elektromagnetische Schirmung ausgerüstet. Auf der Grundlage dieser Funktionalitäten können neue Einsatzgebiete erschlossen werden.
Im Vorhaben konnten die entsprechenden Funktionalitäten auf den textilen Flächen abgeschieden werden. Die hierbei erreichten Haftfestigkeiten der abgeschiedenen Schichten liegen an der unteren Grenze der technischen Anforderungen und sind im Rahmen der Produktüberführung weiter zu steigern. Ausgehend von der letzten Versuchsserie mit PET-Folienkaschierungen wird das Erreichen der Zielstellung als realistisch eingeschätzt.

Im Spezialbereich wärmedämmende Systeme für Poolabdeckungen konnten in den letzten Monaten bereits neue Materialien in die Produktion überführt werden. 2004 sollen auf der Basis dieser Eigenentwicklungen voraussichtlich 800.000 lfd m/a insbesondere für den amerikanischen Markt produziert werden.

Zelte: Entwicklungsziel im Vorhaben waren neuartige Materialverbunde, die insbesondere verbesserte Eigenschaften hinsichtlich Wärmedämmung (Kondenswasserbildung) sowie fungizide Ausrüstung und damit verbundene Langlebigkeit aufweisen. In besonderen Einsatzfällen ist eine elektromagnetische Schirmung von Bedeutung, die durch die zu entwickelnden Materialien gewährleistet werden soll.
Auf der Basis einer Schichtkombination aus Silizium-Keramik-Dispersion und metallischer Dünnschicht konnte in den Versuchen eine wesentliche Steigerung der Wärmedämmung erreicht werden. Gleichzeitig gewährleisten diese Schichten eine antimykotische Wirkung zur Verhinderung einer Schimmelbildung und eine elektromagnetische Schirmung. Damit wurden die wissenschaftlichen Voraussetzungen für die mittelfristige Produktüberführung textiler Flächen mit dem geforderten Anforderungsprofil geschaffen.

Boote: Auch bei diesen Materialien stand die Verbesserung der Langlebigkeit im Vordergrund. Neben der UV- und Hydrolysebeständigkeit ist die Beständigkeit gegenüber Mikroorganismen von ausschlaggebender Bedeutung.
Auf der Basis der erreichten Verbesserung der Qualitäten der Bootsware sowie der Erhöhung von deren Lebensdauer wird für den französischen, russischen und fernöstlichen Markt ein Produktionszuwachs von ca. 400.000 lfd m/a prognostiziert.

Auf der Grundlage eines wesentlichen Wissenszuwachses hinsichtlich der PVD-Beschichtung textiler Flächen, der Verbesserung der Haftfestigkeiten (Substrat / Schichtverbund) sowie des Einsatzes und der Wirkung der Silizium-Keramik-Dispersion sollen im Anschluss an das Vorhaben neue Materialien, z.B. für Biogasmembranen, Behältermaterialien, Ölsperrenmaterial und Tunnelaus-kleidungen, entwickelt bzw. weiterentwickelt werden.

7.2.4 Unitec Helmsdorf GmbH

Als Kernkompetenz der UNITEC wurde seit 1991 der Bereich zur Vakuumbeschichtung von Kunststofffolien und Flachsubstraten aufgebaut.
Die Firma ist somit in der Lage, mittels Elektronenstrahlverdampfung flexible und bandförmige Substrate sowie Flachsubstrate als Lohnbeschichter zu veredeln.
Des weiteren können Beschichtungstechnologien im industriellen Maßstab und in unmittelbarer Vorbereitung der großtechnischen Herstellung, einschließlich einer Pilotproduktion, entwickelt werden.
Bezüglich der Einsatzmöglichkeiten und der Auslastung der Elektronenstrahl-Bedampfungsanlage werden durch die gemeinsame Verwertung der Projektergebnisse des Vorhabens ANTIBAK deutliche Impulse erwartet. Insbesondere an der Fortsetzung dieser Zusammenarbeit mit dem Ziel der gemeinsamen Nutzung der Forschungsergebnisse ist die UNITEC sehr interessiert.
Mittelfristiges Ziel ist die großtechnische Produktion im Rahmen der Lohnbeschichtung flexibler Substrate mittels der PVD-Technologie.
Die Ergebnisse des Vorhabens versetzen UNITEC in die Lage, Lohnbeschichtung für Kunden der Textilbranche durchzuführen. Auf der Grundlage zukünftiger realistischer Umsatzprognosen der Vorhabenspartner kann in eine entsprechende Bandbedampfungsanlage investiert und Textilbeschichtungen mittels PVD-Verfahren im großen Maßstab angeboten werden.

Im Rahmen des Vorhabens ANTIBAK erarbeitete die UNITEC folgende Ergebnisse:

- In kommerzieller / strategischer Hinsicht wurde ein wesentlicher Know-how-Gewinn bezüglich der Vakuumbeschichtung von textilen bahnförmigen Substraten erzielt, der die Firma in die Lage versetzt, selbständig auf diesem Gebiet Beschichtungsleistungen anzubieten.
- Die Forschungsergebnisse sind u.a. Grundlage für den Ausbau der Geschäftsbereiche Lohnbeschichtung, Technologieentwicklung sowie Fertigung von Schlüsselkomponenten.

Mittelfristig ist die Lohnbeschichtung von Energieschirmen auf der Basis des angemeldeten Gemeinschaftspatentes (DPMA Aktenzeichen 10318877.0) für den Interieurbereich geplant, die in Kooperation mit der WESOM durchgeführt werden

soll. Die gewonnenen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Energieschirme für Gewächshäuser verschaffen der UNITEC und den anderen Projektpartnern einen Wettbewerbsvorteil, den es im Rahmen der Produktüberführung auszubauen und kommerziell zu nutzen gilt.

Im Rahmen des Vorhabens wurden durch die UNITEC und das FEP während der gesamten Laufzeit parallel zu den technischen Entwicklungen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt. Diese Betrachtungen, die einen Vergleich zu derzeitigen Wettbewerbsprodukten einschlossen, sind neben den erreichten technischen Ergebnissen die Grundlage für eine nachfolgende wirtschaftliche Verwertung.

Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen:

Die Tabelle 39 zeigt eine Kalkulation für eine neue Industrieanlage zur Bedampfung textiler Substrate:

Tab. 39: Kalkulation für eine neue Industrieanlage zur Bedampfung textiler Substrate (Produktivität [m²/a], Beschichtungskosten [EUR/m²])

Personalkosten	
Kosten je Stunde und Person	40 EUR/h
Zahl der Anlagenbediener	2
Personalkosten	80 EUR/h
Materialkosten	
Verdampfungsmaterial	Cu: 100 EUR/kg Al: 4 EUR/kg Ag: 250 EUR/kg
Verdampferschiffchen: (Lebensdauer ca. 10 h, 1 Schiffchen je 10 cm Bandbreite)	25 EUR/Stück
Kalkulatorische Kapitalkosten	2.000.000 EUR
Abschreibungszeitraum	5 Jahre
Zinssatz	5 % p.a.
Jährliche Gesamtkosten	**462.000 EUR/a**

Die jährlichen Gesamtkosten liegen somit relativ fest, da Materialkosten und Durchsatz nur einen geringen Einfluss haben, wie aus Abbildung 94 hervorgeht. Bei ziemlich unveränderlichen Gesamtkosten ist der Durchsatz aber für die Höhe der Herstellungskosten entscheidend. Auf den Durchsatz wirken folgende Einflüsse limitierend:

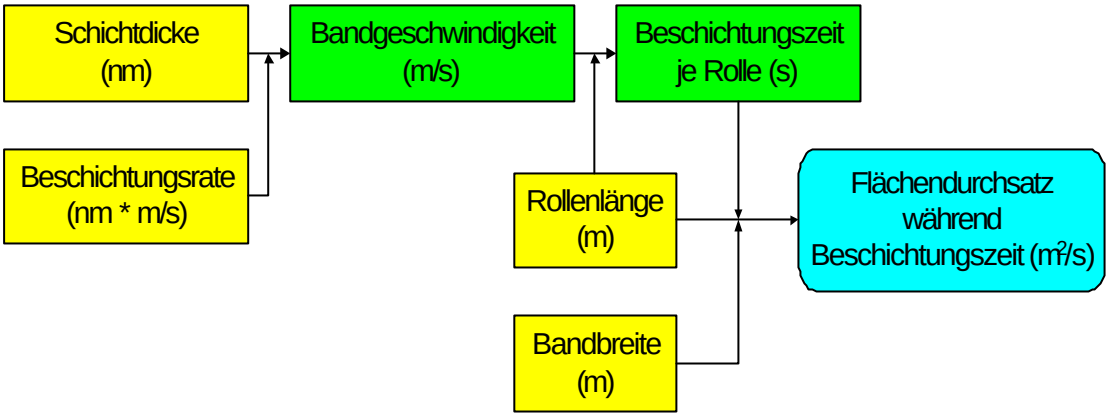


Abb. 93: Auf den Flächendurchsatz an Substrat limitierend wirkende Einflussgrößen

Diese Einflussgrößen sind in ihrer Quantität technologisch bestimmt, d.h. von den Anforderungen des jeweiligen Prozesses vorgegeben und weisen folgende grundsätzliche Abhängigkeiten auf:

Tab. 40: Restriktionen für die technologischen Parameter

Schichtdicke	nm	bestimmt durch ?? applikative Schichteigenschaften
Beschichtungsrate	nm*m/s	begrenzt durch ?? thermische Belastbarkeit des Substrates ?? Schichteigenschaften (Verdampfer: z.B. für Al 300 nm·m/s)
Bandgeschwindigkeit	m/s	begrenzt durch ?? Wickelverhalten des Substrates ?? (Bandlaufwerk, max. ca. 15 m/s)
Rollenlänge	m	anlagentechnisch begrenzt durch ?? max. Außendurchmesser der Rolle (ca. 1 m) ?? Substratdicke
Bandbreite	m	anlagentechnisch begrenzt (max. 2 - 3 m, typisch 1,65 m und 2 m)

Für die Kalkulationen wurde unter Nutzung der Erfahrungen durch langjährige Kundenkontakte und Marktbeobachtung seitens des FEP eine Bandbeschichtungs-anlage mit typischen Dimensionen und Leistungsparametern ausgewählt.

Die folgenden Eckdaten dieser typischen Anlage liegen den Kalkulationen zugrunde:

Tab. 41: Eckdaten der Industrieanlage als Ausgangsdaten für nachfolgende Kalkulationen der Beschichtungs- bzw. Herstellungskosten

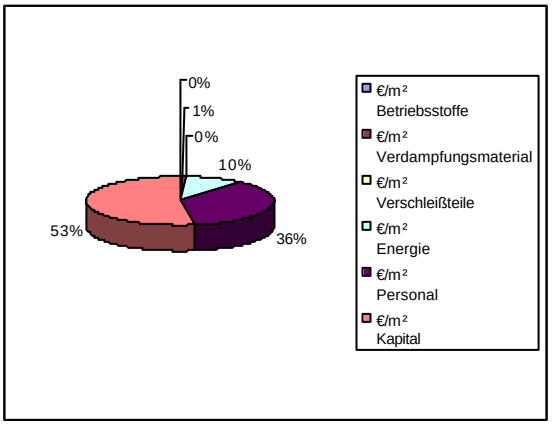
Bandbreite	m	1,6
Rollenaußendurchmesser	m	0,8
Schichtdicke	nm	200..250
Arbeitstage pro Jahr	h/a	250
Arbeitsschichten pro Tag		3

Beschichtungskosten

Es wurden die Beschichtungskosten und teilweise die gesamten Herstellungskosten für einen Schattenstoff, ein Material zur Herstellung von Ölsperren sowie ein für die EMV-Abschirmung mit Kupfer bedampftes Glasfasergewebe analysiert. Diese Berechnungen spiegeln einerseits die Kosten für die Anlagen von UNITEC und FEP wider, d.h. unter Berücksichtigung der im Versuchsbetrieb eingeschränkten Bandbreite sowie des geringen Rollenaußendurchmessers. Die bei den Versuchen niedrigeren Werte von Bandgeschwindigkeit und Verdampfungsrate wurden hier bereits auf die derzeit technologisch gesicherten Daten erhöht. Andererseits wurden mit diesen Werten die Beschichtungskosten von Industrieanlagen bestimmt. Die Abbildung 94 zeigt für die drei Beispielprodukte jeweils eine Kalkulation für die Versuchsanlage von UNITEC / FEP und eine für die Industrieanlage, wie sie in Tabelle 41 sowie im Abschnitt 7.1.3 beschrieben wurden.

Schattenstoffe (PP34, Fa. WESOM)
FEP-Anlage FOBA 1000

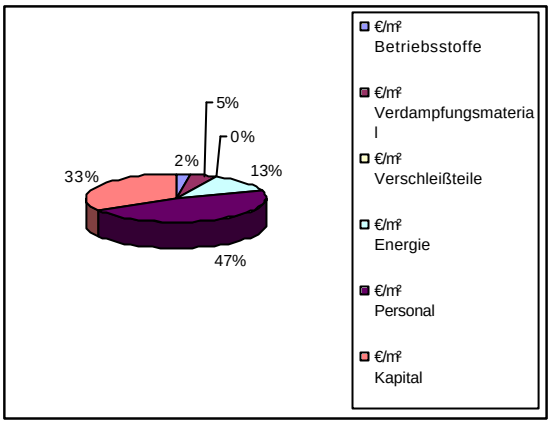
Verdampfungsmaterial		Al
Rollenaußendurchmesser	mm	600
Bandbreite	mm	500
Bandgeschwindigkeit	m/s	2,3
Substratdicke	µm	400
Schichtdicke	nm	200
Arbeitstage pro Jahr	d/a	250
Schichten pro Arbeitstag	/d	1
Beschichtungskosten	**€/m²**	**0,75**
Produktivität	**m²/a**	**589.539**



Schattenstoffe (PP34, Fa. WESOM)

Industrieanlage mit 1600 mm Beschichtungsbreite

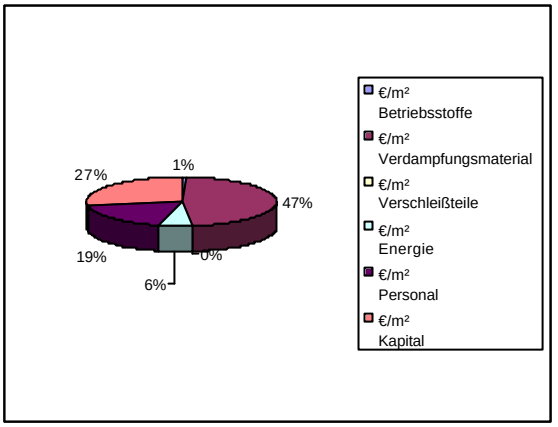
Verdampfungsmaterial		Al
Rollenaußendurchmesser	mm	800
Bandbreite	mm	1.600
Bandgeschwindigkeit	m/s	2,3
Substratdicke	µm	400
Schichtdicke	nm	200
Arbeitstage pro Jahr	d/a	250
Schichten pro Arbeitstag	/d	3
Beschichtungskosten	**€/m²**	**0,11**
Produktivität	**m²/a**	**9.562.913**



EMV-Schirmung (Glas, einseitig Cu-bedampft, Fa. WESOM)

FEP-Anlage FOBA 1000

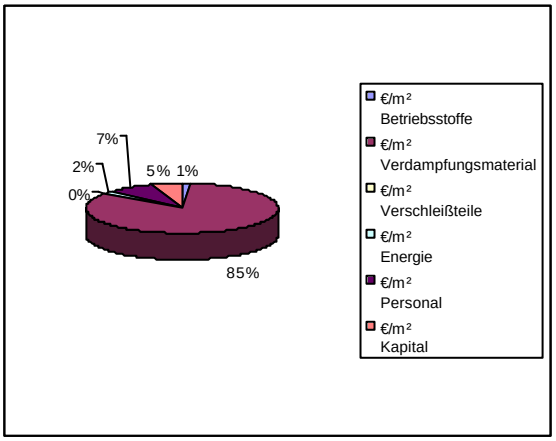
Verdampfungsmaterial		Cu
Rollenaußendurchmesser	mm	600
Bandbreite	mm	500
Bandgeschwindigkeit	m/s	0,6
Substratdicke	µm	250
Schichtdicke	nm	250
Arbeitstage pro Jahr	d/a	250
Schichten pro Arbeitstag	/d	1
Beschichtungskosten	**€/m²**	**1,23**
Produktivität	**m²/a**	**690.792**



EMV-Schirmung (Glas, einseitig Cu-bedampft, Fa. WESOM)

Industrieanlage mit 1600 mm Beschichtungsbreite

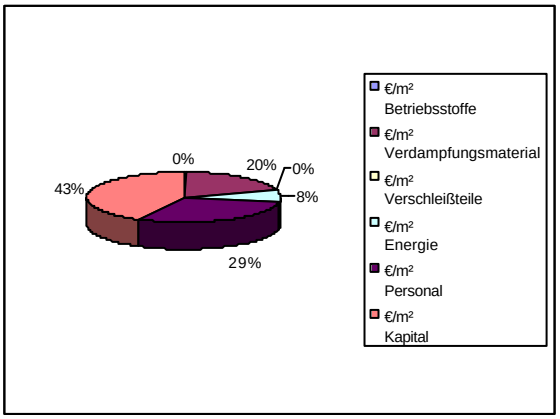
Verdampfungsmaterial		Cu
Rollenaußendurchmesser	mm	800
Bandbreite	mm	1.600
Bandgeschwindigkeit	m/s	0,6
Substratdicke	µm	250
Schichtdicke	nm	250
Arbeitstage pro Jahr	d/a	250
Schichten pro Arbeitstag	/d	3
Beschichtungskosten	**€/m²**	**0,70**
Produktivität	**m²/a**	**9.362.230**



Gewebe: PES/TPU von Heytex Neugersdorf GmbH

FEP-Anlage FOBA 1000

Verdampfungsmaterial		Cu
Rollenaußendurchmesser	mm	600
Bandbreite	mm	500
Bandgeschwindigkeit	m/s	0,8
Substratdicke	µm	1.000
Schichtdicke	nm	200
Arbeitstage pro Jahr	d/a	250
Schichten pro Arbeitstag	/d	1
Beschichtungskosten	**€/m²**	**2,34**
Produktivität	**m²/a**	**232.953**



Gewebe: PES/TPU von Heytex Neugersdorf GmbH
Industrie-Anlage mit 1600 mm Beschichtungsbreite

Verdampfungsmaterial		Cu
Rollenaußendurchmesser	mm	800
Bandbreite	mm	1.600
Bandgeschwindigkeit	m/s	0,8
Substratdicke	µm	1.000
Schichtdicke	nm	200
Arbeitstage pro Jahr	d/a	250
Schichten pro Arbeitstag	/d	3
Beschichtungskosten	**€/m²**	**0,73**
Produktivität	**m²/a**	**3.739.327**

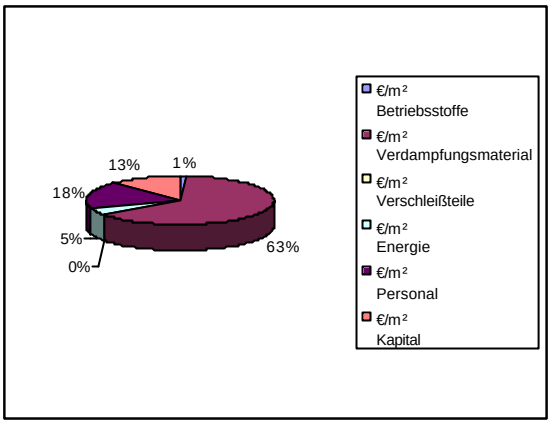


Abb. 94: Kalkulationen der Beschichtungskosten für einen Energieschirm, ein Material zur Herstellung von Ölsperren sowie ein für die EMV-Abschirmung mit Kupfer bedampftes Glasfasergewebe, jeweils für die Versuchsanlage von UNITEC / FEP und eine Industrieanlage; Das PES/TPU-Gewebe ist vom Typ E0625 6014 160.

Nach erfolgreicher Markteinführung soll über eine Investition in eine neue Anlage nachgedacht werden, die dann eine industrieübliche Bandbreite von z.B. 1600 mm haben könnte, ausreichenden Absatz der Produkte vorausgesetzt. Die Gegenüberstellung beider Anlagen wurde für jedes der Beispielprodukte vorgenommen. Die Berechnungen weisen gegenüber den Versuchsbedingungen (siehe Zwischenberichte ANTIBAK) sowie mit steigender Bandbreite eine erhebliche Kostensenkung aus, insbesondere durch höhere Auslastung sowie eine relative Absenkung von Totzeiten, in denen durch Rollenwechsel, das Pumpen etc. nicht beschichtet werden kann. Erwartungsgemäß hat die Effektivität der Bedampfungsanlage einen umso höheren Einfluss, je niedriger die Kosten des Verdampfungsmaterials (z.B. Al, siehe Tab. 42) sind. Anders ausgedrückt, je höher die Effektivität der Bedampfungsanlage ist, desto größer ist der Einfluss von Materialpreisen.

Entscheidend für einen gewinnbringenden Verkauf der Produkte sind die gesamten Herstellungskosten, die neben den Beschichtungskosten auch die Kosten für die Herstellung der Gewebe enthalten. Die Tabellen 42 bis 44 stellen dies beispielhaft für die oben bereits behandelten Produkte dar.
Unter Einbeziehung der Kosten für die Gewebeherstellung fällt die Kostensenkung durch die Effektivitätssteigerung der Anlagen, relativ gesehen, geringer aus, weil die Herstellungskosten stark vom Gewebepreis dominiert werden. Im Falle der 1600 mm-Industrieanlage macht die PVD-Beschichtung nur 15 % der gesamten Herstellungskosten aus. Bei dem Beispiel für EMV-Textilien beträgt dieser Anteil 20 bzw. 33 %.

Tab. 42: Abschätzung der Herstellungskosten für **Energieschirme** (Fa. WESOM) für die Versuchsanlagen von UNITEC und FEP sowie für eine (angenommene) Industrieanlage mittlerer Größe

Anlage	**Unitec/FEP**		**Industrieanlage 1600 mm**	
Bandbreite	500 mm		1600 mm	
Arbeitsschichten pro Tag	1		3	
Rollenaußendurchmesser	600 mm		800 mm	
Schichtsystem	**Cu**	**Al**	**Cu**	**Al**
Gewebetyp	PP34	PP34	PP34	PP34
Gewebepreis €/m²	0,50	0,50	0,50	0,50
Bedampfungskosten €/m²	1,32	0,75	0,60	0,11
Kosten Gewebe + Schichtsystem €/m²	1,82	1,25	1,10	0,61

Tab. 43: Abschätzung der Herstellungskosten (inkl. Gewebe) für **EMV-Textilien** aus Glasfasergewebe (Fa. WESOM), eingesetzt als Putzträger, für die Versuchsanlagen von UNITEC und FEP sowie für eine (angenommene) Industrieanlage mittlerer Größe

Anlage	**Unitec/FEP**		**Industrieanlage 1600 mm**	
Bandbreite	500 mm		1600 mm	
Arbeitsschichten pro Tag	1		3	
Rollenaußendurchmesser	600 mm		800 mm	
Schichtsystem	Cu, einseitig	Cu, beidseitig	Cu, einseitig	Cu, beidseitig
Gewebetyp	Gfas/EMV	Gfas/EMV	Gfas/EMV	Gfas/EMV
Gewebepreis (Mittelwert) €/m²	2,75	2,75	2,75	2,75
Bedampfungskosten €/m²	1,23	2,46	0,70	1,40
Kosten Gewebe + Schichtsystem €/m²	3,98	5,21	3,45	4,15

Tab. 44: Abschätzung der Herstellungskosten (inkl. Gewebe) für **TPU-beschichtetes PES-Gewebe** (Typ E0625 6014 160, Fa. HEYTEX, Vorbehandlung durch Gasphasenfluorierung am FILK, Freiberg) für die Versuchsanlagen von UNITEC und FEP sowie für eine (angenommene) Industrieanlage mittlerer Größe

Anlage	**Unitec/FEP**	**Industrieanlage 1600 mm**
Bandbreite	500 mm	1600 mm
Arbeitsschichten pro Tag	1	3
Rollenaußendurchmesser	600 mm	800 mm
Schichtsystem	Cu	Cu
Gewebetyp	E0625 6014 160[2]	E0625 6014 160
Gewebepreis €/m²	3,43	3,43
Bedampfungskosten €/m²	2,34	0,73
Kosten Gewebe + Schichtsystem €/m²	5,77	4,16

[2] E0625 6014 160…PES-Gewebe, mit TPU-Lack beschichtet (also aus einer Lösung, nicht aus einer Schmelze), keine nachträgliche Lackierung zur Haftungsverbesserung der PVD-Schicht, Farbe: olivgrün

Geschätzte Beschichtungskosten für Energieschirme

Für die beiden Schichtsysteme TiO_x_Ag_TiO_x und AlO_x_Al_AlO_x wurden die Beschichtungskosten abgeschätzt. Die optischen Eigenschaften dieser Schichtsysteme sind für Nutzpflanzen bzw. für Zierpflanzen geeignet. Die Folienkosten und die Kaschierkosten wurden ebenfalls einbezogen. Es wurden zwei Fälle unterschieden:

- Kleinproduktion bei UNITEC,
- Großproduktion in einer industriellen Anlage.

Für die Produktion bei UNITEC wurden die Bedampfungsbedingungen (Verdampfungsraten, Bandgeschwindigkeiten und Geometrie des Bandlaufwerkes) entsprechend den durchgeführten Versuchen angenommen. Für die Produktion in einer Industrieanlage wurden typische Verdampfungsraten und Bandgeschwindigkeiten vorausgesetzt.
Als Polyesterfolie wurde eine 50 µm dicke UV-stabilisierte Folie gewählt. Durch die notwendige UV-Beständigkeit verteuert sich die Folie. Die Kosten des Folienmaterials können durch die Verwendung einer dünneren Folie reduziert werden.
Als Kaschierkosten wurden die vom Fraunhofer-Institut IVV geschätzten Kosten von 1,00 €/m² für kleintechnische Kaschierungen und von 0,10 €/m² für großtechnische Kaschierungen angenommen.

Tab. 45: Kosten des Folienmaterials, der Bedampfung und der Kaschierung für eine Produktion bei UNITEC / FEP und in einer Industrieanlage

Verwendung		Nutzpflanzen	Zierpflanzen
Schichtsystem		TiOx – Ag – TiOx	AlOx – Al – AlOx
Folienkosten für PET 50µm + PP 20µm		0,60 €/m²	
Kleinproduktion Beschichtung Unitec 100 000 m²/a	Bandbreite	400 mm	
	Rollenaußen-durchmesser	400 mm	600 mm
	Arbeitsschichten pro Tag	1	
	Bedampfungskosten	2,71 €/m²	1,12 €/m²
	Kaschierkosten	1,00 €/m²	
	Gesamtkosten	**4,31 €/m²**	**2,72 €/m²**
Großproduktion 1 000 000 m²/a	Bandbreite	1600 mm	
	Rollenaußen-durchmesser	800..1000 mm	
	Arbeitsschichten pro Tag	3	
	Bedampfungskosten	0,97 €/m²	0,12 €/m²
	Kaschierkosten	0,10 €/m²	
	Gesamtkosten	**1,67 €/m²**	**0,82 €/m²**

Zur Steigerung der Wärmereflexion kann bei einer Verwendung für Zierpflanzen die Aluminiumschicht durch eine Silberschicht ersetzt werden. Durch die höheren Materialkosten ergibt sich ein um ca. 0,10 €/m² höherer Produktionspreis.

7.2.5 Techno Coat Oberflächentechnik GmbH

Im Rahmen der aktiven Mitarbeit im Vorhaben konnte die TECHNO COAT das vorhandene Know-how zur Textilveredlung mittels PVD-Technologien, vor allem hinsichtlich der Abscheidung haftfester Schichten und der Erzeugung spezieller Funktionalitäten festigen und weiterentwickeln.

Im Ergebnis des Projektes ANTIBAK sind für TECHNO COAT besonders die neuen Applikationsfelder interessant, bei denen textile Substrate die Grundlage bilden, die in den Beschichtungs-Anlagen der Firma veredelt werden können. Beispiele dafür kommen aus der textilen Konfektion (Reißverschlüsse ...) und Chirurgie (Wundnähfäden ...).
Auf der Basis der entwickelten Lösungen für funktionale Textilien können spezielle Produkte abgeleitet werden, die bei der TECHNO COAT wirtschaftlich hergestellt werden können.

Für textile Produkte, bei denen die PVD-Beschichtung den finalen technologischen Schritt darstellt, wird die Möglichkeit gesehen, als Anbieter eines eigenständigen Endproduktes bzw. als Zulieferer für Konfektionäre (z.B. Herstellung von Sensoren für Temperatur und Feuchte auf flexiblen Trägermaterialien) aufzutreten.

7.2.6 FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung und der praktischen Arbeiten bei der Beschichtung konnte das FEP einen wesentlichen Know-how-Gewinn im Bereich Textilbeschichtung mittels PVD-Technologien erlangen. Vorhandenes Wissen und Erfahrungen bei der funktionalen Beschichtung von Folien konnten erweitert und um die Komponente textile Flächen ergänzt werden. Vor allem wurde ein Zuwachs an physikalisch-technischen Erkenntnissen zu den durchgeführten Bedampfungen und den optischen Eigenschaften von PE- und PP-Folien sowie von Kaschierklebern erzielt.

Die gewonnenen Erkenntnisse versetzen FEP in die Lage, Technologien und Technologieentwicklungen für die Beschichtung textiler Flächen anzubieten. Die

Verwertung durch das FEP als Forschungsinstitut erfolgt über die Durchführung von F & E-Projekten vorrangig in Zusammenarbeit mit KMU.

Innerhalb der Projektergebnisse konnten vier vielversprechende Produktklassen (Funktionalitäten) identifiziert werden. Bis zur Umsetzung in der Produktion muss jedoch noch weitere Entwicklungsarbeit geleistet werden. Es ist vorgesehen, diese Arbeiten in Zusammenarbeit der Projektpartner des Vorhabens weiterzuführen.

Zusätzlich plant das FEP die Durchführung eines Workshops in Dresden, der das Thema Vakuumbeschichtung flexibler Substrate zum Thema hat. Damit sollen mögliche weitere Anwendungen für die entwickelte Technologie identifiziert werden.

7.2.7 Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Die Nutzung und Verwertung der Ergebnisse des Vorhabens wird vor allem in der industriellen Umsetzung bei den Industriepartnern gesehen.
Im Rahmen der angewandten Grundlagenforschung wurden für Energieschirme, Boots-, Zelt- und speziellen Poolabdeckungen wesentliche Verbesserungen der Funktionalitäten erreicht. Nach Überführung der Ergebnisse in die Produktion können die Industriepartner einen deutlichen Wettbewerbsvorsprung in diesen Produktsegmenten erzielen.

Die gewonnenen Erkenntnisse bei Energieschirmen wurden mit der Anmeldung des Gemeinschaftspatentes „Lichtdurchlässiges Bespannmaterial“ beim Deutschen Patentamt unter der Registriernummer 103 18 877.0 gesichert. Neben der Hochschule sind das FEP, die WESOM und die UNITEC Patentinhaber.

Die erzielten Ergebnisse in den Bereichen textiles Bauen, Hitzeschutz sowie elektrische Leitfähigkeit und EMV-Schutz bieten die Möglichkeit unter Einbeziehung weiterer Spezialfirmen der Oberlausitz neue Anwendungen der PVD-Beschichtung auf textilen Flächen zu entwickeln. Hierzu zählen u.a. energetisch hochwirksame Gewächshäuser, intelligente Textilien, spezielle Ausrüstungen von großvolumigen GFK-Behältern sowie elektrisch leitfähige Strukturen auf flexiblen Trägern (Sensoren, Aktoren).

Die unter Punkt 1. – Aufgabenstellung – gestellten Ziele der Hochschule konnten im Rahmen des Vorhabens alle realisiert werden.
Für die Hochschule standen hierbei folgende Teilziele im Vordergrund:

- Gewinn weiteren Spezialwissens auf dem Gebiet der PVD–Technik,
- Erschließung neuer Anwendungsfelder für die PVD–Technik für weitere Grundlagen- und Anwendungsforschung,

- Erweiterung der Möglichkeiten der Textilveredlung für neue innovative Anwendungsgebiete,
- Erweiterung des Kenntnisstandes der Oberflächenanalytik ,
- Weiterentwicklung spezieller Prüftechniken,
- Ausbau der Möglichkeiten des Einsatzes der Labor-Sputter- und Plasma-beschichtungsanlage.

8 F & E – Ergebnisse Dritter

Bereits in der Vorhabensbeschreibung zu diesem Verbundprojekt wird auf vielfältige Bestrebungen zur Weiterentwicklung Technischer Textilien hingewiesen. Vor allem größere Beschichtungsfirmen und Anlagenhersteller verfügen über eigene industrienahe Versuchsanlagen (z.B. die Firmen von Ardenne Anlagentechnik, Leubold, Applied Films (ehem. Leupold), Amcor (UK), Tetrapak). Die überwiegende Zahl der Entwicklungsarbeiten ist aber der Beschichtung von Kunststofffolien gewidmet. Die PVD-Beschichtung von Textilien ist derzeit noch wenig verbreitet und steht offenbar nicht im Mittelpunkt der F & E-Tätigkeiten von Instituten und Unternehmen, was auch die nachfolgende Patentrecherche widerspiegelt.
Den Projektpartnern sind keine Entwicklungen oder Produkte bekannt, die über die bereits beschriebene Wettbewerbssituation hinaus von uns angewandte Lösungen oder Verfahren für die gleichen Anwendungen nutzen oder gleichartige Produkte entwickeln.

Der zum Patent angemeldete lichtdurchlässige Energieschirm stellt ein innovatives Produkt dar, Konkurrenzentwicklungen sind nicht bekannt.

In Vorbereitung der Patentanmeldung „Lichtdurchlässiges Bespannmaterial – Aktenzeichen 10318877.0) wurde eine Patentrecherche (Stand Oktober 2002) durch das FEP durchgeführt, deren Ergebnisse nachfolgend geordnet nach den verschiedenen Suchbegriffen angegeben werden:

Suchbegriffe : textile, fabric, vapour (vacuum), deposition

GB774223 Heberlein und CO AG 1957
„Verbesserungen in Bezug auf die Herstellung von Metalleffekten auf Textilien“

- Metallisierung mit Al, Cu, Ag, Au. Die Metallisierungen sind von der Rückseite aus örtlich durch die Gewebezwischenräume hindurch sichtbar.

GB774439 Heberlein und CO AG 1957
„Verbesserungen in Bezug auf den Prozess der Herstellung von Metalleffekten auf textilem Material“

- Imprägnierung des Gewebes mit einem Mittel, das das Aufquellen im Wasser reduziert.

GB796138 Heberlein und CO AG 1958
„Methode zur Metallisierung von Textilien“

- Erzeugen von Metallisierungsmustern durch örtliches Bedrucken mit einer wasserlöslichen Paste und örtliches Auswaschen nach der Metallisierung oder durch örtliches Bedrucken mit einem Haftvermittler und örtliches Auswaschen der Metallisierung

GB792072 Heberlein und CO AG 1958

„Verbesserungen in Bezug auf die Herstellung von Farbeffekten auf textilen Geweben“

- ?? Aufdampfen eines Metalls und eines Oxides und dazwischen eines Farbstoffes. Teilweise auch Glätten mit einem Harz.

GB1024943 = DE1182631 INTERMETALON AG
1966,1961
„Verfahren zur Metallisierung von Textiloberflächen durch Dampfabscheidung von Metallen im Hochvakuum“

- ?? Vorbehandlung mit einem härtbaren Kunstharz für gute Haftung

GB1105734 = OF1469672 CASSELLA FARBWERKE MAINKUR 1965
„Verfahren zum Färben von textilen Geweben, Folien und Fasern aus synthetischen Materialien durch Dampfabscheidung im Hochvakuum“

- ?? Färben von Flächengebilden oder Fasern durch Bedampfen mit wasserunlöslichen organischen Farbstoffen

Suchbegriffe: textile, fabric, reflection

US4320403 = DE2847485 BAYER AG 1978
„Verwendung von metallisierten, textilen Flächengebilden als Reflexionsmedien für Mikrowellen“

- ?? Nasschemisches stromloses Aufbringen von 0,02...2,5µm dicken Metallschichten

RU2127194 = EP0820379 GORE & ASS (US) 1996
“Infrarot reflektierende Bekleidung”

- ?? Löchrige Membran aus PTFE mit Aluminiumbedampfung verbunden mit Gewebe

Suchbegriffe: textile, fabric, reflective, coating

EP1101417 IBENA TEXTILWERKE BECKMANN (DE) 2001
„Textiles Gewebe als Schutzkleidung mit wärmereflektierender Beschichtung“

- ?? Gewebe wird mit einer Folie kaschiert, die mit Goldfarbpigmenten beschichtet ist (Gold aufgedampft).

Bei den angegebenen Patenten wurden keine direkten Bezüge zu den innerhalb des Projektes durchgeführten Arbeiten gefunden.

Durch das FEP werden außerdem regelmäßig Patente der Klasse 23C 14 recherchiert. In dieser Klasse sind Methoden der Vakuumbeschichtungen einschließlich der dabei zum Einsatz kommenden Materialien enthalten. Innerhalb

des Berichtszeitraumes wurden dabei keine Patente gefunden, die für die Vorhabensbearbeitung relevant sind.

Neben dem FEP hat vor allem die Hochschule Marktbeobachtungen und Recherchen mit dem Schwerpunkt F & E-Ergebnisse, über den gesamten Verlauf des Vorhabens durchgeführt. Es wurden hierbei keine identischen Arbeiten an dritter Stelle festgestellt.

9 Veröffentlichung der Ergebnisse

Mögliche Nutzer können den Schlussbericht „Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)“ bei den einzelnen Verbundpartnern einsehen bzw. erwerben.
Zusätzlich wird der Bericht der Technischen Informationsbibliothek – Deutsche Forschungsberichte – (TIB) zur Verfügung gestellt.

Projekttreffen
Im Rahmen des Vorhabens wurden Projektziele und Projektergebnisse mit Textilunternehmen der Lausitz diskutiert und gemeinsame Produktentwicklungen analysiert.
Auf den Meilensteintreffen des Innovativen Regionalen Wachstumskerns „noa“ wurde das Vorhaben und erzielte Ergebnisse durch Vorträge der WESOM präsentiert.

Posterpräsentationen
Bei Ausstellungen des Innovationsverbundes Textil Lausitz präsentierten die Partner das Vorhaben und Ergebnisse im Rahmen von Posterausstellungen auf den Regionalmessen in Zittau, Löbau und Bautzen sowie verschiedenen Veranstaltungen der Textilindustrie in 2002, 2003 und 2004.

Vorträge
Überregional hat die Hochschule Teilergebnisse des Vorhabens im Rahmen nachfolgender Vorträge in New Delhi (Indien) und Jelinia Gora (Polen) präsentiert:

- „Methoden zu Haftfestigkeitsuntersuchungen von PVD-Schichten auf flexiblen Substraten“; 10. Internationales Studentensymposium der Hochschulen in der Euroregion Neiße (16.05-18.05.03) in Jelenia Gora, Polen; H. Kabir, J. Mattheß, Y. Dietzel, P. Offermann, G. Nocke, K. Mattheß,
- “PVD- Coating for processing of textiles”; 7 th Asian Textile Conference December 1-3, 2003, New Delhi, India; H. Kabir, J. Mattheß, Y. Dietzel, P. Offermann, G. Nocke, K. Mattheß, V. Kovacic.

Patentanmeldungen
Teilergebnisse des Vorhabens wurden durch die Patentanmeldung „Lichtdurchlässiges Bespannmaterial“ gesichert. Eine Offenlegung des Patentes wird etwa für Oktober 2004 erwartet.

Veröffentlichungen
Die Hochschule und die TECHNO COAT sind im Rahmen des Projektes ANTIBAK an folgender Veröffentlichung beteiligt:

J. Scholz, G. Nocke, F. Hollstein, A. Weissbach: Investigation on fabrics coated with precious metals using the magnetron sputter technique with regard to their anti-microbial properties. to be published in: Surface & Coatings Technology (2004).

Eine Kopie des vorliegenden Korrekturdrucks des Verlages ELSEVIER ist dem Schlussbericht beigefügt.

Literaturverzeichnis

(1) Bäckmann, R.; ''Energietransmissionsfunktionen von architektonischen Sonnenschutztextilien'', Zeitschriftenaufsatz, Textilveredlung, Band 35 (2000) Heft 7/8, S. 21-29

(2) Bäckmann, R.; Solartextilien und Solarkonstruktionen, Zeitschriftenaufsatz Kettenwirk-Praxis, Band 35 (2001) Heft 3, S. 69-71

(3) Bäckmann, R.; Sonnenschutz Teil 2, Kleffmann Verlag, 1999, S. 65-67

(4) Quistorp, C.; Hitze- und Lichtschutz an Gebäuden und in Büroräumen, Zeitschriftenaufsatz: Sicherheitsingenieur, Band 32 (2001) Heft 5, Seite 20-22,24,26-27

(5) Bäckmann, R.; Sonnenschutz- und Solartextilien, Zeitschriftenaufsatz: Textilveredlung, Band 36 (2001) Heft 1/2, Seite 13-14,16-18

(6) Anonym; Hitzeaktivierbare Folien für anspruchsvolle Verbindungsaufgaben Zeitschriftenaufsatz: Adhäsion - Kleben & Dichten, Band 43 (1999) Heft1/2, Seite 24-25

(7) Haerri-H-P; UV-Absorber für Sonnenschutztextilien, Zeitschriftenaufsatz: TUT Textiles a Usages Techniques, (2001) Heft 40, Seite 26-29

(8) Näf, U.; Schützende Gewebe in großen Breiten, Zeitschriftenaufsatz: International Textile Bulletin Vliesstoffe -Technische Textilien, Band 46 (2000) Heft 4, Seite 58-59

(9) Anonym; Das Ganze ist mehr als die Summe einzelner Teile. Effizienter Sonnenschutz plus intelligente Steuerung. Zeitschriftenaufsatz: Der Rolladen-Jalousiebauer, Band 35 (2000) Heft 7,Seite 20-24

(10) Bäckmann, R.; Sonnenschutz. Systeme, Technik und Anwendung, Automation Monographie: (1998) Seite 1-311 (311 Seiten, Bilder, Tabellen, Quellen), Bochum: Kleffmann Verl.,http://www.kleffmann-verlag.de

(11) Anonym; Tageslicht-Jalousien 'besonders empfehlenswert'. Beschattung von Bildschirmarbeitsplätzen. Zeitschriftenkurzaufsatz: Der Rolladen-Jalousiebauer, Band 34 (1999)

(12) Böhme, T; Krautz, H; Thielsch, R; Vakuumbeschichtung von PET-Folie mit Solar-Control-Schichten Konferenz-Einzelbericht: In-Line-Vakuum-Beschichtung und Plasmabehandlung von flexiblen Materialien, Workshop, DVG Dt. Vakuum-Ges., EFDS Europ. Forschungsges. Dünne Schichten Dresden, Magdeburg, D,17. Jun, 2002, (2002) Seite 1-8 (nicht paginiert)

(13) Kindle-Hasse, B.; Siefert, W.; Beschichten von Polymerfolien und –textilien Konferenz-Einzelbericht: 14. Fachforum Neue Oberflächen für Kunststoffe,

Vorbehandlung und Beschichtung, OTTI Technologie-Kolleg, Regensburg, D, 25.-26. Sep, 2001, (2001) Seite 71,73-86

(14) Dr. M Swerev; „Entwicklung von Beurteilungsrastern als Hilfestellung für die Optimierung von antimikrobiell ausgerüsteten Textilien“; Abschlussbericht AiF 13026/GAG V 2002; Bekleidungsphysiologisches Institut Hohenstein e.V.

(15) www.optik-21.de

(16) Untersuchungsbericht 1040/03 des Stfi Chemnitz zur elektromagnetischen Schirmdämpfung

(17) Dokumentation der Firma Swiss Shield AG; Bergstraße 31; 8890 Flums; Schweiz

(18) Jürg Rupp; Textile Drähte; Zeitschriftenaufsatz: Indusrial Fabrics Bulletin; 2/2003 Seiten 49 –51

(19) Vladimir Kurkov, Dr. Vladimir Labok; Gewebe aus Stein; Zeitschriftenaufsatz: Indusrial Fabrics Bulletin 2/2003, Seiten 42,43

(20) Dr. S. Griehl, T. Müller; R. Winkler; Modifizierung von Kunststoffen durch PVD-Verfahren; Workshop – Moderne Oberflächentechnologien im Automobilbau; Mai 2003

(21) G. Nocke,J. Scholz, W. Przyborowski; Edelmetall-Sputterbeschichtung an textilen Flächengebilden; BMBF-Vorhaben 1703000; Abschlussbericht;2002

(22) http://www.bfs.de/Strahlenthema/Radio-undMikrowellen.htm

(23) Fa. Fluor Technik System GmbH Altebergstraße 25-27, 36341 Lauterbach

(24) Jelinek, T. W. und 10 Mitautoren; Prüfung von funktionellen metallischen Schichten, Eugen G. Leuze Verlag, D-88348 Saulgau / Württ, Verlag der Fachzeitschrift ,,Galvanotechnik",1997

(25) http://www.fds.tz-dd.de/dl.html

(26) Dietzel, Y.; Przyborowski, W.; Nocke, G.; Veredlung von textilen Flächengebilden mittels PVD-Technologien; Abschlussbericht für den Zeitraum 01.07.98 – 31.12.2001, Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

(27) http://www.iue.tuwien.ac.at/publications/PhD%20Theses/strasser/node55.html http://www.iue.tuwien.ac.at/publications/PhD%20Theses/strasser/node58.html#SECTION00822000000000000000

(28) http://www.2piweb.physik.rwth-aachen.de/prak/anleit/vers210.pdf

(29) Garrison, M. D. ; Ratner, B. D.:Ann NY Acad Science, 1997, S. 831, 13-101

Anlage 1 Textile Substratmuster der WESOM

Proben-Nr.	**Substratmaterial** Kett- / Schuss- / Nähfaden	**Einsatzgebiet** (siehe Fußzeile)
CO 1032/168	Baumwolle / Baumwolle / Viskose und Schichtkombinationen	01c,02,03,04,05
CO 168	/ Baumwolle / PAS und Schichtkombinationen	01c,03,04
CO 148	/ Baumwolle / PAS	01c,03,04
CO 128	/ Baumwolle / PP	01c,03,04
CO 27	/ Baumwolle / Baumwolle verschiedene Öffnungsweiten der Gitter	01c,04
JCO 17	/ Jute / Baumwolle verschiedene Öffnungsweiten der Gitter	01c,04
J 600/37	Jute / Jute / Baumwolle	01c
J 17	/ Jute / Jute	01c
J3/3	Jute / Jute / verschiedene Öffnungsweiten der Gitter	01c,04
PP 34	/ Polypropylen / Polypropylen verschiedene Öffnungsweiten der Gitter	01a,01d,01e,01f,02
PP 30	/ Polypropylen / Polypropylen	01a,01d,01e,01f,02
PES 1440/12	Polyester / Polyester / Polyester	01a,01d,01e,02
PES 2880/12	Polyester / Polyester / Polyester	01a,01d,01e,02
PES 2880/12F	Polyester / Polyester / Polyester und Schichtkombinationen	01b,02,03,04
PES7/7	Polyester / Polyester / und Schichtkombinationen	01b,02,03,04

Proben-Nr.	**Substratmaterial** Kett- / Schuss- / Nähfaden	**Einsatzgebiet** (siehe Fußzeile)
PAN 84	/ Polyacryl / Polyacryl	01a,01d,01e,01f,02,03
PESGF 720/12	Polyester / Glas / Polyester	01d,01e,01f,02
GF 2	/ Glas / Glas	01a,01d,01e,01f,02,03,04
GF 16	/ Glas / Glas und Schichtkombinationen	01b,02,03,04,05
AR 12/16	Aramid / Aramid / und Schichtkombinationen	05.
BA10/12	Basalt / Basalt /	01b,02,03,04,05
BA17/8	Basalt / Basalt / und Schichtkombinationen	01b,02,03,04,05
CF	Kohlefaser	04.

Entwicklungsrichtung:

01 - Energieschirme Gewächshaus
01a-Gitter, 01b-Fläche, 01c-Verkauf, 01d-Blumen hochwertig,
01e-Gemüse hochwertig, 01f-Außenanwendung
02 - Energieschirme text. Bauen Außenbereich
03 - Sonnenschutz/Energieschirme text. Bauen Innenbereich
04 - elektromagnetische Schirmung
05 - Hitzeschutz

Anlage 2 Textile Substratmuster der Heytex

Folgende Muster wurden den Verbundpartnern zur PVD-Beschichtung zur Verfügung gestellt:

Bezeichnung	Beschreibung
E5559 290 150	PVC-Beschichtung unlackiert
E8574 420 210	thermoplastisches Polyurethan
E2520 290 205	PVC-Beschichtung + Acrylatlack glänzend
E5533 290 204	PVC-Beschichtung einseitig
E0441 296 190	TPU-Lösung gestrichen
E0625 6014 160	TPU-Lösung gestrichen.
E0625 6014 160	Wiederholungsversuch
E0676 000 150	PET-Folienkaschierung

Anlage 3 Bedampfungsversuche der Unitec / des FEP

Durchgeführte Bedampfungsversuche zur Erzeugung von Energieschirmen

Bezeichnung	**Versuchs-Nr.**	**Substrat und Substratoberfl.**	**Schicht-system**	**Bemusterung, Umfang**	**Bemerkungen**
Vorversuch	020910A	PET, 23 µm	Al	5 Muster	Vorversuche zur Bestimmung der geeigneten Dicke der Al-Reflexionsschicht
G2 – AlO_x_Al"42%"_AlO_x	030113A 030114A 030114B	PET, 23 µm	AlO_x-Al-AlO_x	1 Muster, 1000 m	Aufdampfen des Schichtsystems in drei aufeinanderfolgenden Versuchen
G1 – TiO_x_Al"15%"_TiO_x	030114a 030115A 030115a	PET, 23 µm	TiO_x-Al-TiO_x	1 Muster, 1000 m	Aufdampfen des Schichtsystems in drei aufeinanderfolgenden Versuchen
Energieschirme (Gewebebeschichtung)	030310A 030313A 030314A	Verschiedene Gewebe: Baumwolle, Baumw./Jute, PAN, PP	Cu, Al	4 Rollen á 12 Muster zu je 5 Einzelproben DIN A4;	Ausrüstung mit reflektierenden/fungiziden Schichten (**Schattenstoffe** ohne selektive Reflexions- und Transmissionseigenschaften); 4x ca. 80 m Ausgangsmaterial
G3 – TiO_x_Ag"70%"_TiO_x	030210a 030217C 030219b	PET, 23 µm	TiO_x-Ag-TiO_x	1 Muster, 500 m	drei einzelne Versuche auf FOBA I und FOBAII
G4 – TiO_x_Ag"76%"_TiO_x	030211a 030217D 030224a+b	PET, 23 µm	TiO_x-Ag-TiO_x	1 Muster, 450 m	drei einzelne Versuche auf FOBA I und FOBAII
G5 – TiO_x_Ag"79%"_TiO_x	030211b 030218A 030225b+c	PET, 23 µm	TiO_x-Ag-TiO_x	1 Muster, 500 m	drei einzelne Versuche auf FOBA I und FOBAII
G6 – TiO_x_Al"40%"_TiO_x	030218a 030219A 030225a	PET, 23 µm	TiO_x-Al-TiO_x	1 Muster, 500 m	drei einzelne Versuche auf FOBA I und FOBAII
G7 – TiO_x_Al"53%"_TiO_x	030219a 030219B 030303a	PET, 23 µm	TiO_x-Al-TiO_x	1 Muster, 500 m	drei einzelne Versuche auf FOBA I und FOBAII
G8 – AlO_x_Al"45%"_AlO_x	030617A 030617B 030618A	PP, 20 µm	AlO_x-Al-AlO_x	1 Muster, 250 m	drei einzelne Versuche auf FOBA I
G9 – TiO_x_Ag"72%"_TiO_x	030618b 030619A 030619a	PP, 20 µm	TiO_x-Ag-TiO_x	1 Muster, 340 m	drei einzelne Versuche auf FOBA I und FOBAII

Durchgeführte Bedampfungsversuche zur Erzeugung einer fungiziden / reflektierenden Ausrüstung

Versuchs-Nr. Anz. der Muster	**Substrat** (Gewebe/Beschich-tung/ggf. Lack)	**Substrat-oberfläche**	**Vorbehandlung, Plasmaaktivierung**	**Schicht system**	**Bemerkungen**
011205A1 bis – A4 4	PES/PVC, Bootsware	PVC	Keine	Kupfer	Farbe: schwarz Schlechte Haftung
011206A1 bis – A3 3	PES/PVC, Bootsware	PVC	Keine	Kupfer	Farbe: schwarz Schlechte Haftung
020403A1 bis -A4 4	PES/TPU, Ölsperre	TPU[3]	Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	Geringe Haftung (genaue Daten siehe PEEL-Tests der HS Zittau/Görlitz)
020403B1 bis -B4 4	PES/PVC, Plane, Hochglanz	Lösemittel-haltiger Acrylatlack	Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	Geringe Haftung (genaue Daten siehe PEEL-Tests der HS Zittau/Görlitz)
020403C1 bis -C4 4	PES/PVC, Kederware, einseitig	PVC	Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	Geringe Haftung (genaue Daten siehe PEEL-Tests der HS Zittau/Görlitz)
020403D1 bis -D4 4	Frontlit MP	PVC	Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	Geringe Haftung (genaue Daten siehe PEEL-Tests der HS Zittau/Görlitz)
020503A1 bis – A4 4	PES/PU-Lack, armeegrün	PU-Lack	Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	
020503B1 bis – B4 4	PET-Folie, 36 µm	PET	Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	Folienbedampfung als Vergleichsversuch, weil damit große Erfahrungen vorliegen
020909A1 bis -A4 4	PES/TPU, Ölsperre	TPU	Fluorierung mit 2% Fluor bei 5 m/min; Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	
020909B1 bis -B4 4	PES/PVC, Plane, Hochglanz	Lösemittel-haltiger Acrylatlack	Fluorierung mit 2% Fluor bei 5 m/min; Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	
020909C1 bis -C4 4	PES/PVC, Kederware, einseitig	PVC	Fluorierung mit 2% Fluor bei 5 m/min; Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	
020909D1 bis -D4 4	Frontlit MP	PVC	Fluorierung mit 2% Fluor bei 5 m/min; Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	
030623A1 bis – A4 4	PES/PU-Lack	PU-Lack	Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	Vergleichsversuch (ohne Fluorierung) für Versuch Nr. 030623B

[3] TPU...**T**hermoplastisches **P**oly**u**rethan

030623B1 bis – B4 4	PES/PU-Lack	PU-Lack	Fluorierung mit 2% Fluor bei 5 m/min; Mit und ohne Hohlkatode	Kupfer	mit Hohlkathode dunkel, nicht metallisch; ohne Hohlkathode metallisch kupfern

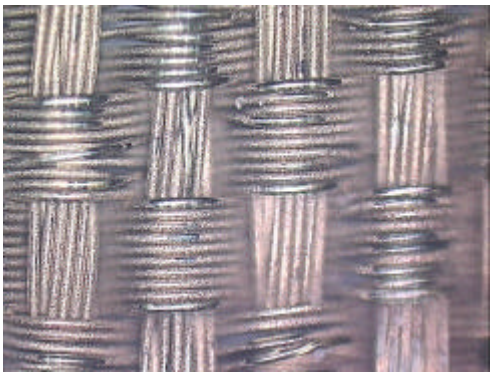
Versuche zur Bedampfung von Wärmedämmstoffen Mittels Metallisierung sollen Reflexionsvermögen und / oder Resistenz gegen die Besiedelung und Zerstörung durch Mikroorganismen, insbes. Pilze erhöht werden.					
40 DIN A 4-Muster 030313A25...-A32 030314A25...-A32	Baumwolle, PES	Keramikpartikel, als Suspension aufgetragen und getrocknet	Mit/ohne Hohl-kathoden, HF-Ätzer	Cu, Al	Ausrüstung mit reflektierenden/fungiziden Schichten (**Wärmedämmstoffe**).
Rolle, 50 m 031204A1 bis A2	PP34	Gewebe	Mit/ohne HF-Ätzer	Cu	Ausrüstung mit reflektierenden/fungiziden Schichten **(Energieschirme)**.
Rolle, 60 m 031204A3 bis A5	PP (Polypropylen), grobmaschig	Gewebe	Mit/ohne HF-Ätzer	Cu	Ausrüstung mit reflektierenden/fungiziden Schichten **(Energieschirme)**.
Rolle, 15 m 031204A6 bis A7	Basalt	Gewebe	Mit/ohne HF-Ätzer	Cu	Ausrüstung mit reflektierenden/fungiziden Schichten (**Wärmedämmstoffe, Hitzeschutz**).
Rolle, 100 m 031204A8 bis A12	Glasfaser	Gewebe	Mit/ohne HF-Ätzer	Cu	Ausrüstung mit reflektierenden/fungiziden Schichten (**Wärmedämmstoffe, Hitzeschutz**).
Rolle, 300 m 031204B1 bis B8	PP34	Gewebe	Mit/ohne HF-Ätzer	Cu	Ausrüstung mit reflektierenden/fungiziden Schichten **(Energieschirme)**.

Anlage 4 PVD-Beschichtung bei der TECHNO COAT

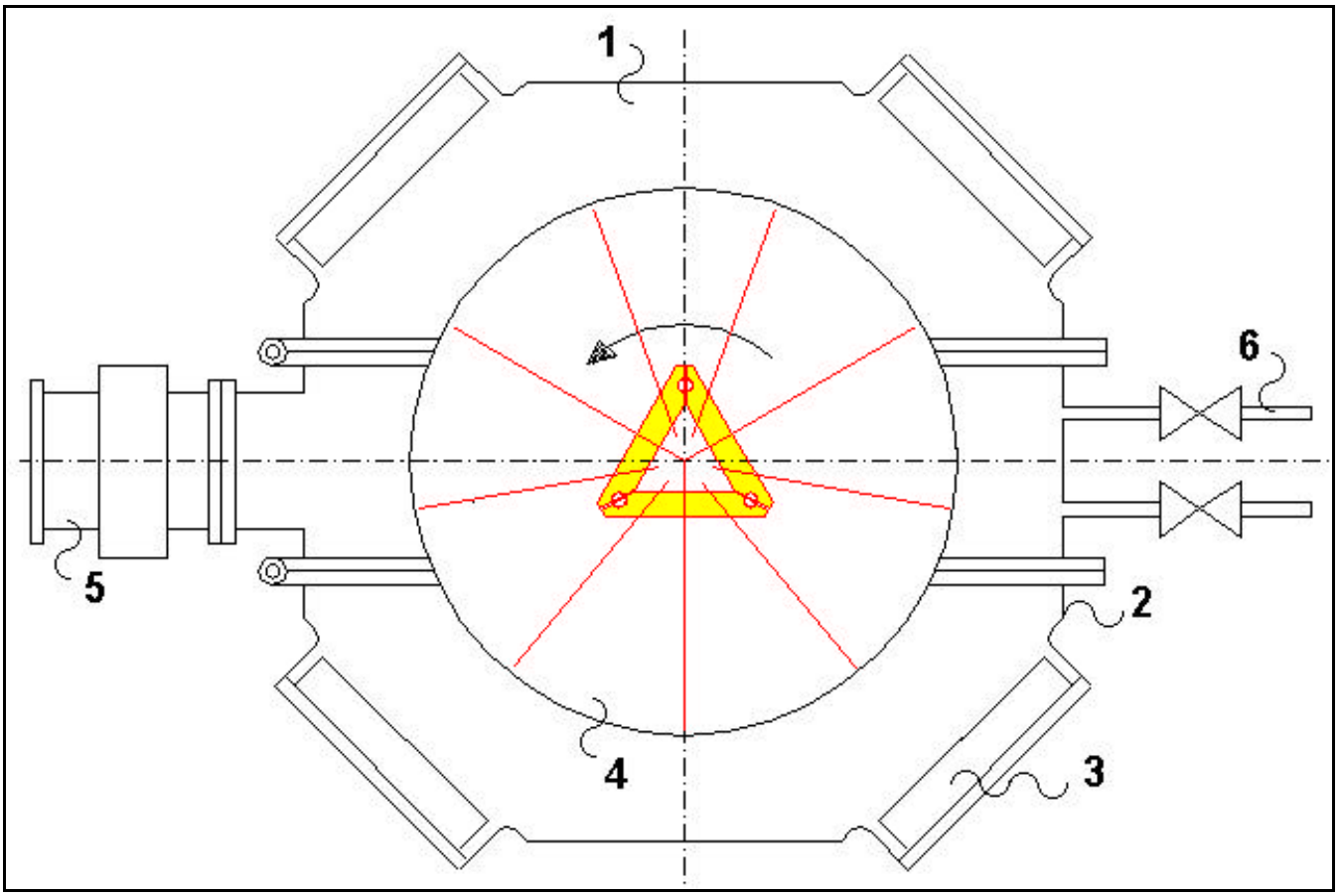
Übersicht der realisierten PVD-Beschichtungen

Substrat	*Schicht*	*Anlage*
CO 1032/168	Cu	HC19
	Cu	DeQoTec
	Al	SB 2000
	Ti	SB 2000
Ex/CO 1032/168	Cu	HC 19
	Cu	DeQoTec
	Al	SB 2000
	Ti	SB 2000
CO 1032/168/EX	Cu	HC 19
	Cu	DeQoTec
	Al	SB 2000
	Ti	SB 2000
TOP/CO 1032/168	Cu	HC 19
	Al	SB 2000
	Ti	SB 2000
PES Gewirke	Cu	SB 2000
	Ti	SB 2000
PES Gewebe	Cu	SB 2000
	Ti	SB 2000
Basalt Gewebe	Cu	SB 2000
	Ti	SB 2000

Lichtmikriskopische Aufname eines mit Cu beschichteten textilen Probesubstrates



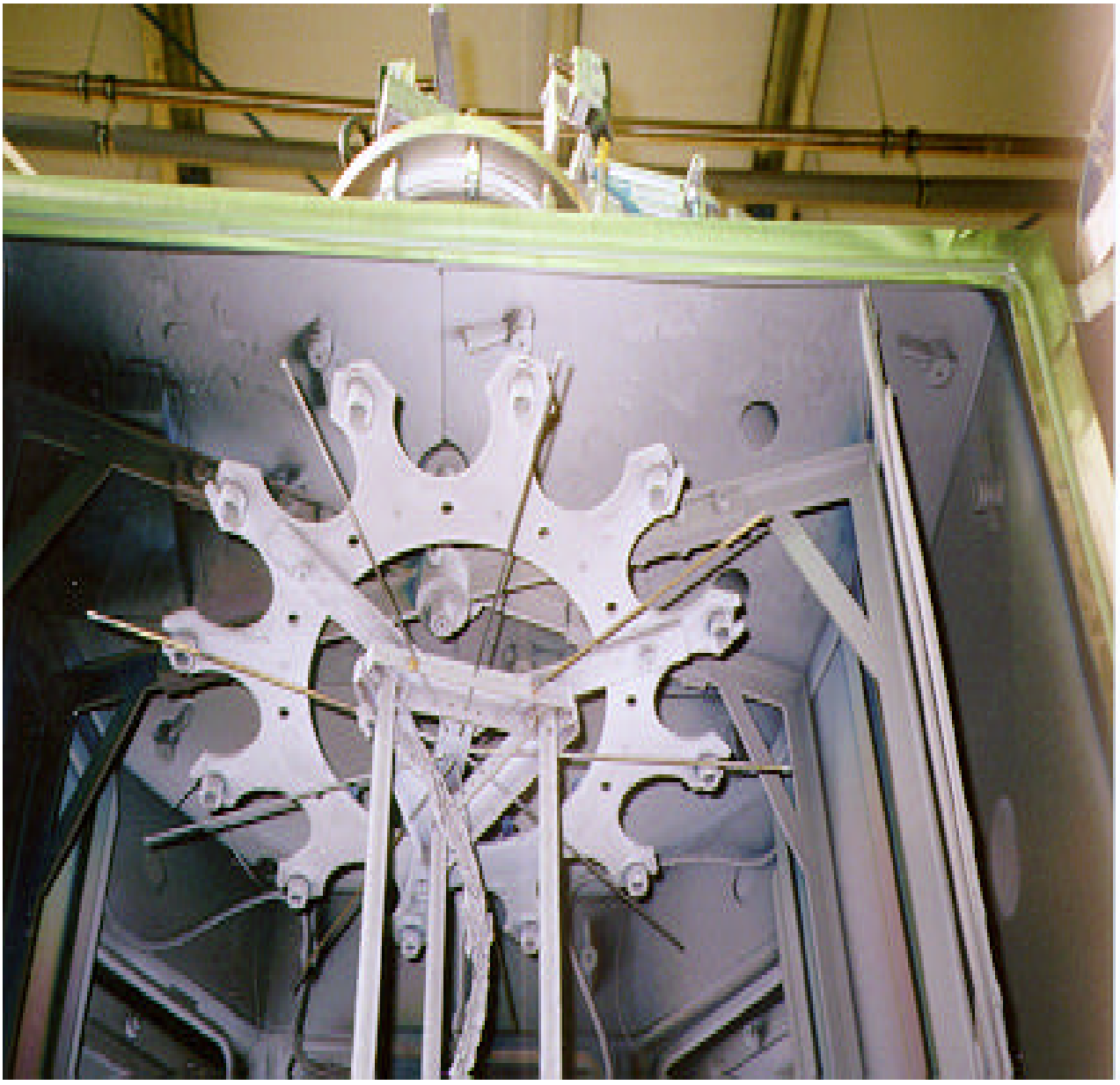
Anlage 5 HTC 1000/4 ABS® Rezipientenquerschnitt mit eingebautem Substrathalter für textile Flächengebilde



Schematische Darstellung des Rezipientenquerschnitts einer PVD Anlage vom Typ HTC 1000/4 ABS® mit eingebautem Substrathalter für textile Flächengebilde

1 - Rezipient	2 - Rezipientenwand	3 - ABS-Quelle
4 - Substrathaltertisch	5 - Vakuumanschluß	6 – Gasanschluß

Anlage 6 HTC 1000/4 ABS®
Spezialvorrichtung zur Aufnahme textiler Flächengebilde



Spezialvorrichtung zur Aufnahme textiler Flächengebilde für die PVD-Beschichtungen in der HTC 1000/4 ABS®

Anlage 7 **HTC 1000/4 ABS®**
Bestückte Spezialvorrichtung zur Aufnahme textiler Flächengebilde

Bestückte Substrathalterung mit textilen Flächengebilden vor der Beschichtung in der HTC 1000/4 ABS®

Anlage 8 Erfolgskontrollbericht WESOM Textil GmbH

Erfolgskontrollbericht zum Vorhaben

Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektrische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)

Teilprojekt: Substratmodifikation und Aufskalierung

gefördert über das Programm „Innovative Regionale Wachstumskerne“

Förderkennzeichen: 03WKG05A
Zeitraum: 01.07.2001 - 31.12.2003

WESOM Textil GmbH

August-Bebel-Straße 6a
02785 Olbersdorf

Inhalt

1	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen	2
2	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	2
3	Fortschreibung des Verwertungsplanes	3
4	Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	3
5	Präsentationsmöglichkeiten	4
6	Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung	4

1 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Das Vorhaben ANTIBAK war Bestandteil des Innovativen Regionalen Wachstumskernes „noa“ (Netzwerk für Innovative Oberflächentechnik und Anlagenbau). Die Vision des Wachstumskerns besteht in der Etablierung eines Kooperationsverbundes für Oberflächentechnik einschließlich Anlagenbau in der Oberlausitz, der perspektivisch europaweit als Komplettanbieter agieren kann.
Schwerpunkt des Teilvorhabens ANTIBAK war die Erzeugung verschiedener Funktionalitäten auf flexiblen Flächen. Oberflächenmodifikationen von Textilien auf der Basis umweltfreundlicher Technologien eröffnen der traditionellen Textilindustrie der Oberlausitz die Möglichkeit, neue funktionale Qualitäten und damit neue Einsatzfelder im Bereich Technischer Textilien zu erschließen.
Im Forschungsvorhaben kamen innovative Verfahren zum Einsatz, die bisher in der Textilveredlung kaum Beachtung fanden. Mittels der Vakuumbeschichtung wurden auf flexiblen Materialien, vor allem textilen Strukturen metallische, oxidische und nichtoxidkeramische Materialien im Dünnschichtverfahren appliziert. Zum anderen kamen neue spezielle Beschichtungsmaterialien auf der Basis vakuumisierter Silizium-Keramik-Hohlkörperchen zum Einsatz.

Mit der Überführung der Ergebnisse dieses Verbundvorhabens in die Produktion im Anschluss an den Förderzeitraum werden die beteiligten Firmen ihre Produktpalette mit innovativen Produkten, die sich durch eine hohe Wertschöpfung auszeichnen, erweitern und damit wirtschaftlich weiter wachsen.
Die Einbindung weiterer Unternehmen mit neuen Anwendungsgebieten im Anschluss an das Vorhaben (z.B. Asglatex Ohorn GmbH, Haase GFK-Technik GmbH) verstärkt die Basis für den Einsatz dieser innovativen Technologie in der Region wesentlich.
Damit werden neue Wertschöpfungsketten in der Oberlausitz gebildet und bestehende erweitert. Für die Verbesserung der wirtschaftlichen Situation in der Region wurden mit der Umsetzung des Vorhabens ANTIBAK relevante Beiträge geleistet.

2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Auf der Grundlage weiterentwickelter textiler Substrate, spezieller thermokeramischer Beschichtungen sowie mittels der PVD-Technologie abgeschiedener Dünnschichten konnten Textilen mit den Funktionalitäten – Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetischer Schirmung sowie antimykotischen Eigenschaften und dekorativem Erscheinungsbild erzeugt werden.
Für die avisierten Einsatzbereiche entstanden im Vorhaben Demonstratoren in Form von speziellen Substrat-Schicht-Kombinationen mit ausreichend haftfesten Schichten.

Im Rahmen der angewandten Grundlagenforschung wurden für die Einsatzbereiche Gärtnereibedarf, textiles Bauen und Hitzeschutz die Grundlagen für Produkte mit neuen und verbesserten Funktionalitäten, wie Energieschirme, Sonnenschutztextilien, Boots-, Zelt- und Behältermaterialien, Putzträger, Tapeten und Fensterrollos für den EMV-Schutz sowie Hitzeschutzmaterialien für den Personenschutz entwickelt.

Die WESOM Textil GmbH entwickelt, produziert und vertreibt Agrar- und Bautextilien vorrangig in Deutschland und den angrenzenden EU-Staaten.

Im Bereich Agrartextilien gehören u.a. Energieschirme für Gewächshäuser zum Produktsortiment. Im Rahmen des Vorhabens ANTIBAK konnten entsprechende Schirme für die Innenanwendung bis zu Demonstratoren entwickelt und durch ein Gemeinschaftspatent (Deutsches Patent- und Markenamt (DPMA) in München unter der Nr. 10318877.0) geschützt werden. Alle bekannten Wettbewerbsprodukte erreichen nicht das im Projekt ANTIBAK erzielte Verhältnis, von maximaler Reduktion der Wärmetransmission und optimaler Transmission im sichtbaren Spektralbereich. Die Ausrüstung mit fungizider Wirkung ist bei Wettbewerbsprodukten noch nicht Stand der Technik.

Mit den erreichten Ergebnissen in den Bereichen Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und antimykotische Ausrüstung wurden die Grundlagen für Schichtverbunden für das textile Bauen sowie Putzträger, Tapeten und Rollos mit elektromagnetischer Abschirmung geschaffen.

3 Fortschreibung des Verwertungsplanes

Im Vorhaben wurden die wissenschaftlichen Voraussetzungen für die mittelfristige Produktüberführung einer Produktgruppe hocheffektiver Energieschirme auf der Basis eines Monosystems und des durch die Entwicklungspartner zum Patent angemeldeten Verbundsystems geschaffen.
In Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern, vor allem der UNITEC sind weitere Entwicklungsarbeiten für diese Energieschirme bis zur Produkteinführung geplant. Hierzu gehören u.a.

- weitere Bewitterungstests in Klimakammern sowie unter Praxisbedingungen,
- Technologieoptimierung auf der Basis der Tests z.B. Verstärkung der Cu-Schichten / zusätzliche Schutzschichten,
- Pilotproduktion mit Bedampfungsbreiten von 800 mm für Bemusterung,
- Entwicklung einer wirtschaftlichen industriellen Technologie zur Verbindung von textilem Gitter und Schichtverbundsystem,
- Optimierung eines eigenen Montagesystems für die Energieschirme im Gewächshaus sowie
- Marketingaktivitäten.

Des weiteren ist im Zusammenwirken mit den Firmen HEYTEX und der Asglatex Ohorn GmbH, auf der Basis der erreichten Ergebnisse im Vorhaben ANTIBAK, die Weiterentwicklung von Schichtverbunden für das textile Bauen und Putzträger, Tapeten, Rollos mit elektromagnetischer Abschirmung geplant.
Gleichzeitig eröffnen die gewonnenen Erkenntnisse der WESOM die Möglichkeit, weitere Einsatzfälle auf der Basis der PVD-Beschichtung von textilen Flächen für die Firma zu erschließen.

4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Alle Arbeiten haben zu einer Lösung geführt.

5 Präsentationsmöglichkeiten

Im Rahmen des Vorhabens wurden Projektziele und Projektergebnisse mit Textilunternehmen der Lausitz diskutiert und gemeinsame Produktentwicklungen analysiert.
Auf den Meilensteintreffen des Innovativen Regionalen Wachstumskerns „noa“ wurde das Vorhaben und erzielte Ergebnisse durch Vorträge der WESOM präsentiert.

Bei Ausstellungen des Innovationsverbundes Textil Lausitz präsentierten die Partner das Vorhaben 2002, 2003 und 2004 mit Posterausstellungen auf den Regionalmessen in Zittau, Löbau und Bautzen sowie verschiedenen Veranstaltungen der Textilindustrie.

Teilergebnisse des Vorhabens wurden durch die Patentanmeldung „Lichtdurchlässiges Bespannmaterial“ gesichert. Eine Offenlegung des Patentes wird etwa für Oktober 2004 erwartet.

6 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Der gemäß Gesamtvorkalkulation geplante Höchstbetrag der Selbstkosten des Vorhabens wurde eingehalten. Abweichungen in den Einzelpositionen schränkten die Aufgabenstellung nicht ein und waren für die erfolgreiche Durchführung erforderlich.
Der Gesamtzeitplan wurde ebenfalls entsprechend der Antragstellung eingehalten.

Anlage 9 Berichtsblatt WESOM Textil GmbH

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung – ANTIBAK Teilprojekt: Substratmodifikation und Aufskalierung	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Mattheß, Jörg	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12. 2003
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) WESOM Textil GmbH August-Bebel-Straße 6a 02785 Olbersdorf	9. Ber. Nr. Durchführende Institution 10. Förderkennzeichen *) 03WKG05A 11a. Seitenzahl Bericht 172 11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. Literaturangaben 29 14. Tabellen 45 15. Abbildungen 94
16. Zusätzliche Angaben „Innovativer regionaler Wachstumskern“	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

18. Kurzfassung

Die wirtschaftliche industrielle PVD-Beschichtung von Textilien ist im Gegensatz zur Beschichtung von Folien und Papier derzeit noch wenig verbreitet und steht offenbar nicht im Mittelpunkt der F&E-Tätigkeiten von Instituten und Unternehmen.
Ziel des Vorhabens war die Applikation neuer Eigenschaften auf textilen Flächen durch die Beschichtung mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien mittels der PVD-Technologie sowie Silizium-Keramik-Dispersionen. Damit sollen intelligente und zukunftsfähige Produkte und Lösungen geschaffen und die Anwendungsfelder Technischer Textilien erweitert werden.
Im Rahmen der Grundlagenforschung waren im Vorhaben für verschiedene Anwendungsbereiche Technischer Textilien (Textiles Bauen, Gärtnereibedarf, Hitzeschutz etc.) Beschichtungstechnologien zu entwickeln und technisch sowie wirtschaftlich zu optimieren. Im Mittelpunkt der Untersuchungen der WESOM stand die Entwicklung von Demonstratoren für hocheffektive Energieschirme aber auch die Schaffung von Grundlagen für Technische Textilien für die Wärmedämmung, den Hitzeschutz, die EMV-Schirmung und / oder mit einer antimykotische Ausrüstung.
In der Zusammenarbeit der Verbundpartner konnten die gestellten Ziele erreicht und auf verschiedenen textilen Substraten auf der Basis nachwachsender, synthetischer und mineralischer Rohstoffe haftfeste Schichten mit funktionalen Eigenschaften erzeugt werden. Entesprechende Beschichtungstechnologien wurden wirtschaftlich wie technisch optimiert.
Mit der Überführung der Ergebnisse dieses Verbundvorhabens in die Produktion, im Anschluss an den Förderzeitraum, werden die beteiligten Firmen, u.a. die WESOM ihre Produktpalette mit innovativen Produkten, die sich durch eine hohe Wertschöpfung auszeichnen, erweitern und damit wirtschaftlich weiter wachsen.

19. Schlagwörter

Textile Flächengebilde, Schattenstoffe, antimykotische, fungizide Ausrüstung, Energieschirme für Gewächshäuser und Hochbau, EMV-Abschirmung, PVD-Beschichtung, Vakuumbedampfung, IR-Reflexion, thermokeramische Beschichtung, Silizium-Keramik-Dispersion

20. Verlag	21. Preis

Anlage 10 Erfolgskontrollbericht Heytex Neugersdorf GmbH

Erfolgskontrollbericht zum Vorhaben

Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektrische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)

Teilprojekt: Erzeugniscarakterisierung

gefördert über das Programm „Innovative Regionale Wachstumskerne“

Förderkennzeichen: 03WKG05C
Zeitraum: 01.07.2001 - 31.12.2003

Heytex Neugersdorf GmbH

Nordstr. 2,
02727 Neugersdorf

Inhalt

1	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen	2
2	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	2
3	Fortschreibung des Verwertungsplanes	3
4	Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	4
5	Präsentationsmöglichkeiten	4
6	Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung	4

*) Auf das Förderkennzeichen des BMBF soll auch in der Veröffentlichung hingewiesen werden.

1 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Das Verbundvorhaben im Rahmen des „Innovativen Regionalen Wachstumskerns“ – „noa“ - bot den beteiligten kleinen und mittelständischen Firmen die Chance, auf der Basis der Zusammenarbeit von KMU, Instituten und Hochschulen auf dem Gebiet der plasmagestützten Oberflächenbeschichtung von Bahnenware weitere Applikationsfelder zu erschließen und damit wirtschaftliches Wachstum in den Firmen zu generieren.
Ziel des Vorhabens war die Schaffung neuer innovativer Produkte für die Textilindustrie. Die Applikation neuer Eigenschaften auf textilen Flächen durch die Beschichtung mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien führt zur Erweiterung der Anwendungsfelder und damit zur Schaffung intelligenter und zukunftsfähiger Produkte und Lösungen.
Im Rahmen der Grundlagenforschung waren im Vorhaben für verschiedene Anwendungsbereiche Technischer Textilien (Textiles Bauen, Gärtnereibedarf, Hitzeschutz etc.) Beschichtungstechnologien zu entwickeln und technisch sowie wirtschaftlich zu optimieren.

Mit der Überführung der Ergebnisse dieses Verbundvorhabens in die Produktion im Anschluss an den Förderzeitraum werden die beteiligten Firmen ihre Produktpalette mit innovativen Produkten, die sich durch eine hohe Wertschöpfung auszeichnen, erweitern und damit wirtschaftlich weiter wachsen.

2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Im Rahmen des Verbundvorhabens wurden Demonstratoren für die Bereiche:

- Textiles Bauen,
- Zelte und
- Boote entwickelt.

Damit wurde im Rahmen der Grundlagenforschung die Basis für neue beschichtete Materialien entwickelt und bestehende Produkte durch verbesserte Eigenschaften wesentlich weiterentwickelt. Folgende Bereiche standen im Vordergrund:

Textiles Bauen: Hierbei wurden bestehende Artikel aus einem Polyestergewebe und PVC-Beschichtung mit zusätzlichen Funktionalitäten, wie Wärmedämmung und elektromagnetische Schirmung ausgerüstet.
Im Vorhaben konnten die entsprechenden Funktionalitäten auf den textilen Flächen abgeschieden werden. Die hierbei erreichten Haftfestigkeiten der abgeschiedenen Schichten liegen an der unteren Grenze der technischen Anforderungen und sind im Rahmen der Produktüberführung weiter zu steigern.
Im Spezialbereich wärmedämmende Systeme für Poolabdeckungen konnten in den letzten Monaten bereits neue Materialien in die Produktion überführt werden. 2004 sollen auf der Basis dieser Eigenentwicklungen voraussichtlich 800.000 lfd m/a insbesondere für den amerikanischen Markt produziert werden.

Zelte: Entwicklungsziel im Vorhaben waren neuartige Materialverbunde, die insbesondere verbesserte Eigenschaften hinsichtlich Wärmedämmung

(Kondenswasserbildung) sowie fungizide Ausrüstung und damit verbundene Langlebigkeit aufweisen. In besonderen Einsatzfällen ist eine elektromagnetische Schirmung von Bedeutung, die durch die zu entwickelnden Materialien gewährleistet werden soll.
Auf der Basis einer Schichtkombination aus Silizium-Keramik-Dispersion und metallischer Dünnschicht konnte in den Versuchen eine wesentliche Steigerung der Wärmedämmung erreicht werden. Gleichzeitig gewährleisten diese Schichten eine antimykotische Wirkung zur Verhinderung einer Schimmelbildung und eine elektromagnetische Schirmung. Damit wurden die wissenschaftlichen Voraussetzungen für die mittelfristige Produktüberführung textiler Flächen mit dem geforderten Anforderungsprofil geschaffen.

Boote: Auch bei diesen Materialien stand die Verbesserung der Langlebigkeit im Vordergrund. Neben der UV- und Hydrolysebeständigkeit ist die Beständigkeit gegenüber Mikroorganismen von ausschlaggebender Bedeutung.
Auf der Basis der erreichten Verbesserung der Qualitäten der Bootsware sowie der Erhöhung von deren Lebensdauer wird für den französischen, russischen und fernöstlichen Markt ein Produktionszuwachs von ca. 400.000 lfd m/a prognostiziert.

Kernstück der wissenschaftlich-technischen Arbeit im Vorhaben war die erfolgreiche Testung neuer Beschichtungen auf bereits vorhandener Technik sowie eine Weiterverarbeitung bestehender Produkte mittels PVD-Beschichtung mit dem Erreichen neuer qualitativ höherer Eigenschaften. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Einführung von Folienkaschierungen als Erweiterung zu den bestehenden Beschichtungen. Diese Folienkaschierung kann sowohl als „Grundierung“ für weitere Aufbauten des Fertigartikels verwendet als auch als Außenseite mit PVD-Beschichtungen versehen werden.

3 Fortschreibung des Verwertungsplanes

In Fortschreibung des Verwertungsplanes werden insbesondere durch die verbesserten Eigenschaften der entwickelten neuen Produkte mittels PVD-Beschichtung, wärmeisolierenden Auftragssystemen und der Folienkaschierungen wirtschaftliche Erfolge durch eine Erweiterung der Produktpalette gesehen. Schon jetzt nach wenigen Monaten nach Abschluss des Verbundprojektes hat z.B. die Folienkaschierung zu zwei völlig neuen Produkten geführt.

Auf der Grundlage eines wesentlichen Wissenszuwachses hinsichtlich der PVD-Beschichtung textiler Flächen, der Verbesserung der Haftfestigkeiten (Substrat / Schichtverbund) sowie des Einsatzes und der Wirkung der Silizium-Keramik-Dispersion sollen im Anschluss an das Vorhaben neue Materialien, z.B. für Biogasmembranen, Behältermaterialien, Ölsperrenmaterial und Tunnelauskleidungen, entwickelt bzw. weiterentwickelt werden.

4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Die zu Beginn des Projektes vorgesehene PVD-Beschichtung, auf die in unserer Firma durchgeführten PVC-Beschichtungen, brachten in Abhängigkeit der Rezeptur keine oder nur bedingt zufriedenstellende Ergebnisse. Deshalb wurde nach anderen Lösungen gesucht, die in Form von PU-Streichpasten und Foliengrundierungen erfolgreich umgesetzt werden konnten.

5 Präsentationsmöglichkeit für mögliche Nutzer

Möglichkeiten der Präsentation für denkbare Nutzer der entwickelten Produkte ergeben sich durch intensive Kontakte zu bestehenden Kunden als auch durch Ausstellungen auf verschiedenen Messen.

6 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Die Kosten- und Zeitplanung konnte weitestgehend eingehalten werden.

Anlage 11 Berichtsblatt Heytex Neugersdorf GmbH

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts „Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung“ Teilprojekt: Erzeugnischarakterisierung	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Held, Gunter	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2003
	6. Veröffentlichungsdatum
4b. Autoren der Publikationen (Name, Vorname(n))	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Heytex Neugersdorf GmbH Textil- und Kunststoffwerk Nordstr. 2 02727 Neugersdorf	9. Ber.Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen *) 03WKG05C
	11a. Seitenzahl Bericht 172
	11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse)	12. Literaturangaben 29
	14. Tabellen 45
	15. Abbildungen 94
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

18.Kurzfassung

Die wirtschaftliche industrielle PVD-Beschichtung von Textilien ist im Gegensatz zur Beschichtung von Folien und Papier derzeit noch wenig verbreitet und steht offenbar nicht im Mittelpunkt der F&E-Tätigkeiten von Instituten und Unternehmen.

Ziel des Vorhabens war die Applikation neuer Eigenschaften auf textilen Flächen durch die Beschichtung mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien mittels der PVD-Technologie sowie Silizium-Keramik-Dispersionen. Damit sollen intelligente und zukunftsfähige Produkte und Lösungen geschaffen und die Anwendungsfelder Technischer Textilien erweitert werden.

Im Rahmen der Grundlagenforschung waren im Vorhaben für verschiedene Anwendungsbereiche Technischer Textilien (Textiles Bauen, Gärtnereibedarf, Hitzeschutz etc.) Beschichtungstechnologien zu entwickeln und technisch sowie wirtschaftlich zu optimieren. Im Mittelpunkt der Untersuchungen der HEYTEX im Rahmen des Gesamtvorhabens stand die Weiterentwicklung von bestehenden Artikeln aus Polyestergeweben mit PVC- bzw. TPU-Beschichtungen mittels PVD-Technologie, wäßrigen Dispersionen und Folienkaschierungen. Ziel für die Firma war die Herstellung von Demonstratoren für neue Produkte mit verbesserten Eigenschaftsprofilen für die Bereiche Textiles Bauen, Zelte und aufblasbare Boote.

In der Zusammenarbeit der Verbundpartner konnten die gestellten Ziele erreicht und auf textilen Substraten haftfeste Schichten mit funktionalen Eigenschaften (Wärmedämmung, EMV-Schirmung, antimykotische Wirkung) erzeugt werden. Entesprechende Beschichtungstechnologien wurden wirtschaftlich wie technisch optimiert.

Mit der Überführung der Ergebnisse dieses Verbundvorhabens in die Produktion im Anschluss an den Förderzeitraum werden die beteiligten Firmen, u.a. die HEYTEX ihre Produktpalette mit innovativen Produkten,

die sich durch eine hohe Wertschöpfung auszeichnen, erweitern und damit wirtschaftlich weiter wachsen.	
19. Schlagwörter Antibakteriell ausgestattete Textilien, EMV - wirksame Textilien, lichtdurchlässige Wärmeschirme auf textiler Basis	
20. Verlag	21. Preis

Anlage 12 Erfolgskontrollbericht Unitec Helmsdorf GmbH

Erfolgskontrollbericht zum Vorhaben

Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektrische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)

Teilprojekt: Beschichtungstechnologie

gefördert über das Programm „Innovative Regionale Wachstumskerne“

Förderkennzeichen: 03WKG05B
Zeitraum: 01.07.2001 - 31.12.2003

Unitec Helmsdorf GmbH

Fabrikstraße 21
01833 Stolpen, OT Helmsdorf

Inhalt

1	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen	2
2	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	2
3	Fortschreibung des Verwertungsplanes	3
4	Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	4
5	Präsentationsmöglichkeiten	4
6	Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung	4

1 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Durch die Beschichtung textiler Flächengebilde mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien wurden neue Eigenschaften auf dem Textil appliziert, die zur Erweiterung der Anwendungsfelder führen und damit die Schaffung hochwertiger und zukunftsfähiger Produkte und Lösungen ermöglichen. Die entwickelten Lösungen stellen Neuheiten dar, wie z.B. die zum Patent angemeldeten Energieschirme für Gewächshäuser, oder sind Weiterentwicklungen des bestehenden Standes der Technik, z.B. die Schattenstoffe oder die fungizide Ausrüstung von Boots- und Planenware.
Während der Projektarbeit entwickelte sich eine gute Zusammenarbeit unter den Netzwerkpartnern. Die UNITEC konnte zu potentiellen Kunden und Zulieferern aus der Region Kontakte knüpfen, die das Potential für eine erfolgreiche kommerzielle Zusammenarbeit haben. Als Beispiel seien die Firmen WESOM, HEYTEX und das FILK Freiberg genannt.
Auf diese Weise ist ein Interessensverbund von sächsischen Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen im Sinne eines Wachstumskerns entstanden, der auch über dieses Fördervorhaben hinaus wirksam sein wird. Einerseits sollen die erzielten Ergebnisse kommerziell verwertet werden, andererseits eröffnen diese die Möglichkeit, weitere Anwendungsfelder zu erschließen und neue Geschäftspartner zu gewinnen, wie z.B. die HAASE GFK-Technik, mit der zurzeit Entwicklungsarbeiten zur Einbringung verschiedener PVD-Funktionsschichten in GFK-Behälter und –Tanks geplant werden.

2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Substrate HEYTEX:
Nach einer Optimierung der Substrate hinsichtlich der verwendeten Zwischenschichten (TPU-Oberflächen), einer Vorbehandlung mittels chemischer Gasphasenfluorierung und Optimierung des Beschichtungsregimes konnten metallisch glänzende Kupferschichten abgeschieden werden. Die Proben wiesen Schichthaftungen von bis zu 55 N/5cm auf. Für die vorgesehenen Einsatzgebiete stellt dies den unteren technisch akzeptablen Bereich dar. Für weitere Steigerungen der Haftfestigkeiten wurden zwei Lösungsansätze erarbeitet:

- eine neuartige Vorbehandlung der TPU-Schichten (Vorschlag FAP) und
- die Einfügung einer Zwischenschicht auf der Basis einer Polyesterfolie.

Hinsichtlich der angestrebten Funktionalitäten (Wärmedämmung, elektromagnetischer Schirmung und antimykotischer Wirkung) konnten sehr gute Ergebnisse erzielt werden.

Substrate WESOM:
Gute bis sehr gute Ergebnisse wurden mit Al und Cu auf textilen Flächen auf der Basis von PES, PP und Glas erzielt. Nach einer vorangestellten Trocknung im Vakuum konnten mit Kupfer auch auf Baumwolle sehr gute Schichtqualitäten erreicht werden. Bei den Versuchen wurden Schichthaftungen erreicht, die z.T. nahe am erreichbaren Optimum lagen. Hinsichtlich der angestrebten Funktionalitäten (Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetischer Schirmung und antimykotischer Wirkung) konnten im Vergleich zu Wettbewerbsprodukten sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Beispielhaft seihen hier die Energieschirme erwähnt. Die Al- und Cu-

Schichten waren metallisch blank und wiesen bei 2.500...15.000 nm Wellenlänge > 13% (Cu) bzw. >22% (Al) Reflexion auf. Damit konnte das Reflexionsvermögen der mittels anderer Verfahren hergestellter Wettbewerbsprodukte (2.500...15.000 nm, Al: < 5%) deutlich übertroffen werden.
Im April 2003 wurde von den Verbundpartnern WESOM, FEP, Hochschule und UNITEC, das für die Funktionalität Abschattung entwickelte Verbundsystem (Energieschirm) zum Schutz beim Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA Nr. 10318877.0) in München angemeldet. Die Patentanmeldung wurde unter dem Titel „Lichtdurchlässiges Bespannmaterial“ eingereicht.

Grundlage für eine erfolgreiche Verwertung der Forschungsergebnisse ist eine wirtschaftliche Erzeugung der funktionalen Schichten. Im Rahmen des Vorhabens wurden durch UNITEC Abschätzungen von Beschichtungs- und Herstellungskosten vorgenommen. Mit steigender Bandbreite der Beschichtungsanlage höhere Auslastung der Anlage sowie einer relativen Absenkung von Totzeiten, in denen durch Rollenwechsel, das Pumpen etc. nicht beschichtet werden kann, können die Beschichtungskosten gegenüber den Beschichtungversuchen wesentlich gesenkt werden.
Bei der *Konzipierung der Industrieanlage* mit 1600 mm Bandbreite zur Vakuumbedampfung der in Punkt 7.1.1.4 des Schlussberichts genannten Materialien wurden auch die Erfordernisse der Folienbedampfung mit Al und Ag für die Sonnenschutzsysteme berücksichtigt, um die Anlage flexibler zu machen und eine hohe Auslastung durch ergänzende Aufträge zu ermöglichen. Auf der spezifizierten Anlage kann somit auch die Folie für die Energieschirme für Gewächshäuser hergestellt werden.

3 Fortschreibung des Verwertungsplanes

Substrat HEYTEX:
Im Rahmen einer Produktüberführung in die Produktion sind folgende Arbeiten vorgesehen:

- Test eines weiteren Verfahrens zur Vorbehandlung in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung Golm (Potsdam) / Abscheidung von funktionalen Schichten auf Zwischenschichten auf der Basis einer Polyesterfolie,

Substrat WESOM:
Im Rahmen dieses Projektes wurden von den Partnern FEP, WESOM, Hochschule und UNITEC die neuartigen Energieschirme (Verbundsystem) für Gewächshäuser beim DPMA zum Patent angemeldet. Dieses Patent wollen die Projektpartner gemeinsam verwerten. Dabei sind folgende Arbeitsschritte vorgesehen:

- weitere Bewitterungstests in Klimakammern sowie unter Praxisbedingungen,
- Technologieoptimierung auf der Basis der Tests z.B. Verstärkung der Cu-Schichten / zusätzliche Schutzschichten,
- Pilotproduktion mit Bedampfungsbreiten von 800 mm für Bemusterung,
- Entwicklung einer wirtschaftlichen industriellen Technologie zur Verbindung von textilem Gitter und Schichtverbundsystem,
- Optimierung eines eigenen Montagesystems für die Energieschirme im Gewächshaus sowie

?? Marketingaktivitäten.

Neben Energieschirmen als Verbundsystem sollen weitere Ergebnisse im Rahmen einer Produktüberführung verwertet werden. Grundsätzlich die gleichen Arbeitsschritte, wie bei den Verbundsystemen sind hierbei in Zusammenarbeit der Vorhabenspartner zur Produktentwicklung der Monosysteme vorgesehen.

Des weiteren ist im Zusammenwirken mit den Firmen WESOM und der Asglatex Ohorn GmbH, auf der Basis der erreichten Ergebnisse im Vorhaben ANTIBAK, die Weiterentwicklung von Schichtverbunden für das textile Bauen und Putzträger, Tapeten, Rollos mit elektromagnetischer Abschirmung sowie den Personenschutz geplant.

Hitzeschutztextilien für den Personenschutz:

?? Zur Aufbringung ausreichend dicker, haftfester und scheuerbeständiger PVD-Schichten für Hitzeschutztextilien sind weitere Untersuchungen vorgesehen. Laut Angaben von Wettbewerbern sind zur Erzielung der gewünschten Eigenschaften Schichtdicken von 10...200 µm erforderlich. Schichten dieser Stärke können u.E. nach unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten mit PVD-Technologien bisher nicht appliziert werden. Ein Ausweg und ggf. Ziel weiterer Entwicklung wäre es, durch Bedampfung / Sputtern im Vakuum eine Basisschicht zu erzeugen und diese dann galvanisch auf die erforderliche Schichtdicke zu verstärken.

4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Bisher ist es nicht gelungen, Naturfasergewebe, wie Baumwolle und Jute mit Aluminium in zufriedenstellender Qualität zu bedampfen. (Die Erzeugung der angestrebten Funktionalitäten wurden mit Kupferbeschichtungen erreicht. In speziellen Fällen, z.B. Korrosionsschutz kann eine Al-Beschichtung notwendig werden.)

5 Präsentationsmöglichkeiten

Auf den Konferenzen und Kolloquien, die von Mitarbeitern der Unitec Helmsdorf GmbH im Berichtszeitraum besucht wurden, wurde unser Projekt bereits durch Vorträge der Hochschule oder der WESOM vertreten, so dass wir auf eigene Präsentationen verzichteten.

6 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Der Ablauf der Projektarbeit erfolgte im Wesentlichen gemäß der Planung. Speziell für das Jahr 2003 wurden diese Vorgaben in der im Schlussbericht unter Punkt 3 beschriebenen Weise präzisiert.
Der Kostenplan wurde insgesamt eingehalten. Kleinere Verschiebungen ergaben sich nur innerhalb der Kostenarten. So wurden die Mittel für Material nicht wie vorgesehen, sondern für Folie verwendet, die in Folge der Entwicklung der Energieschirme auf der Basis von PET-Folie benötigt wurde.

Anlage 13 Berichtsblatt Unitec Helmsdorf GmbH

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung – ANTIBAK Teilprojekt: Beschichtungstechnologie	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Lindner, Torsten	5. Abschlussdatum des Vorhabens Dezember 2003
	6. Veröffentlichungsdatum
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Unitec Helmsdorf GmbH Fabrikstraße 21 01833 Stolpen OT Helmsdorf	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen *) 03WKG05B
	11a. Seitenzahl Bericht 172
	11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. Literaturangaben 29
	14. Tabellen 45
	15. Abbildungen 94
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

18. Kurzfassung

Durch die Beschichtung textiler Flächengebilde mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien wurden, gemäß der Zielstellung, neue funktionelle Eigenschaften erzeugt, die zur Erweiterung der Anwendungsfelder führen und damit die Schaffung hochwertiger und zukunftsfähiger Produkte und Lösungen ermöglichen. Zur Erzielung fungizider Eigenschaften wurden PES-Gewebe mit Beschichtungen aus TPU (aus Schmelze oder Lösung) bzw. PVC plus Acrylatlack im Vakuum mittels industrieller Versuchsanlagen großflächig mit Kupfer bedampft. Die naturgemäß schlechte Schichthaftung wurde durch geeignete Vorbehandlungsverfahren auf praxistaugliche Werte stark angehoben. Einsatzgebiete sind z.B. Bootshäute, flexible Behälter, Zeltbahnen und Planen für textiles Bauen. Für Gewächshäuser wurden Schattenstoffe entwickelt, die als fungizide Ausrüstung und zur Erzielung hoher Reflexionswerte (2.500...15.000 nm, Cu: ? 13 %, Al: ? 22 %) mit Kupfer bzw. Aluminium bedampft wurden. Das Reflexionsvermögen der mittels anderer Verfahren hergestellten Konkurrenzprodukte (2.500...15.000 nm, Al: ? 5 %) konnte deutlich übertroffen werden. Eine Neuentwicklung, die zum Patent angemeldet wurde, stellen die Energieschirme für Gewächshäuser dar, welche aus einem mittels Vakuumbedampfung beschichteten Gewebe-Folien-Verbund bestehen, dessen verschiedene Schichtsysteme bei hoher Transmission des sichtbaren Lichtes (bis 70...80 %)bis zu ca. 90 % der Infrarotstrahlung aus dem Inneren des Gewächshauses reflektieren. Für die Versuchsanlagen, sowie eine Industrieanlage (1600 mm Bandbreite) wurden die Herstellungskosten für Bedampfung und Gesamtprodukt abgeschätzt. Für eine 1600 mm-Industrieanlage wurde die technische Spezifikation zur Herstellung o.g. Produkte erarbeitet. Anwendungsmöglichkeiten: Die bisherige Technologieentwicklung wird zur konkreten Produktentwicklung, zusammen mit den Projektpartnern genutzt, ggf. im Rahmen eines Folgeprojektes.

19. Schlagwörter

Textile Flächengebilde, Schattenstoffe, fungizide Ausrüstung von Textilien, Energieschirme für Gewächshäuser und Hochbau, EMV-Abschirmung, PVD-Beschichtung, Vakuumbedampfung, IR-Reflexion

20. Verlag	21. Preis

Anlage 14 Erfolgskontrollbericht Techno Coat Oberflächentechnik GmbH

Erfolgskontrollbericht zum Vorhaben

Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektrische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)

Teilprojekt: PVD-Metallisierung

gefördert über das Programm „Innovative Regionale Wachstumskerne“

Förderkennzeichen: 03WKG05D

Zeitraum: 01.07.2001 - 31.12.2003

TECHNO COAT Oberflächentechnik GmbH

Hirschfelder Ring 1
02763 Zittau

Inhalt

1	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen	2
2	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	2
3	Fortschreibung des Verwertungsplanes	2
4	Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	2
5	Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer	2
6	Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung	3

*) Auf das Förderkennzeichen des BMBF soll auch in der Veröffentlichung hingewiesen werden.

1 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Das Projekt war Bestandteil der Entwicklung des Wachstumskernes ***noa*** (Netzwerk für Innovative Oberflächentechnik und Anlagenbau). Die Vision des ***noa*** bestand in der Etablierung eines Kooperationsverbundes für Oberflächentechnik einschließlich Anlagenbau, der perspektivisch europaweit als Komplettanbieter agieren kann. Konkrete wirtschaftliche Zielstellungen waren die Entwicklung und Vermarktung völlig neuartiger komplexer Oberflächenveredelungsverfahren inklusiv der dazugehörigen Anlagentechnik, die nur im Verbund von regional punktuell vorhandenen und überregionalen Kernkompetenzen realisiert werden können. Lokales Zentrum ist die derzeit ökonomisch schwache Region um Zittau in der Oberlausitz. Durch die Schaffung neuer bzw. Erweiterung bestehender Wertschöpfungsketten sind relevante Beiträge zur Verbesserung der regionalen wirtschaftlichen Situation erbracht worden.

2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Aufgabe des Verbund-Projektes ANTIBAK war die Schaffung neuer innovativer Produkte für die Textilindustrie. Der Part von TECHNO-COAT innerhalb des Forschungsverbundes lag in dem Teilprojekt *PVD-Metallisierung* in der Entwicklung von Beschichtungstechnologien sowie der Durchführung von Beschichtungen mit industriellen PVD-Batchanlagen nach den Verfahren Vakuumbogenverdampfung („arc“) und Magnetron-Zerstäubung („mag“) und in der Charakteresierung mechanischer Eigenschaften der Schicht-Substratverbunde. Insgesamt sind 21 verschiedene Schicht-Substratverbund-Typen hergestellt und den Projektpartnern aus der Textilindustrie für spezielle Untersuchungen zur Verfügung gestellt worden. Bei Einhaltung von Restriktionen an das Substratmaterial hinsichtlich der Temperaturbeständigkeit (< 120 °C) lassen sich praktisch alle textilen Flächengebilde mit den vier eingesetzten industriellen Batch-Anlagen (HTC 1000/4 (arc), HTC 1000/4 (mag), SB 2000 (arc) und DeQoTec (mag)) bei guter Haftfestigkeit beschichten. Erzeugt wurden metallische Schichten unterschiedlicher Stärke aus Cu, Al, Ti und Nb/Cu (Superlattice).

3 Fortschreibung des Verwertungsplanes

Nach Auswertung der Ergebnisse des Gesamtverbund-Projektes ANTIBAK sind der erreichte Erkenntnisstand und die Marksituation für eine Investition von TECHNO-COAT in eine neue Bandbeschichtungsanlage noch mit einem zu hohen wirtschaftlichen Risiko behaftet. Eine Verwertung der Ergebnisse wird in Kooperation mit den Verbundpartnern aus der Textilindustrie erfolgen.

4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Alle Arbeiten haben zu einer Lösung geführt.

5 Präsentationsmöglichkeit für mögliche Nutzer

Bei TECHNO-COAT liegt eine Präsentationsmappe mit diversen PVD-beschichteten textilen Flächengebilden vor.

6 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Kosten- und Zeitplan sind entsprechend den Vorgaben in der Vorhabensbeschreibung und der Mittelzuweisung realisiert worden.

Anlage 15 Berichtsblatt Techno Coat Oberflächentechnik GmbH

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts: Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektrische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK), Teilprojekt: PVD-Metallisierung	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Scholz, Burkhard	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2003
	6. Veröffentlichungsdatum 01.07.2004
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) TECHNO-COAT Oberflächentechnik GmbH Hirschfelder Ring 1 D-02763 Zittau	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen *) 03WKG05D
	11a. Seitenzahl Bericht 172
	11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. Literaturangaben 29
	14. Tabellen 45
	15. Abbildungen 94
16. Zusätzliche Angaben Förderprogramm “Innovative Regionale Wachstumskerne”	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

18. Kurzfassung

Aufgabe des Verbund-Projektes ANTIBAK war die Schaffung neuer innovativer Produkte für die Textilindustrie. Der Part von TECHNO-COAT innerhalb des Forschungsverbundes lag in dem Teilprojekt PVD-Metallisierung in der Entwicklung von Beschichtungstechnologien sowie der Durchführung von Beschichtungen mit industriellen PVD-Batchanlagen nach den Verfahren Vakuumbogenverdampfung (“arc”) und Magnetron-Zerstäubung (“mag”) und in der Charakteresierung mechanischer Eigenschaften der Schicht-Substratverbunde. Insgesamt sind 21 verschiedene Schicht-Substratverbund-Typen hergestellt und den Projektpartnern aus der Textilindustrie für spezielle Untersuchungen zur Verfügung gestellt worden. Bei Einhaltung von Restriktionen an das Substratmaterial hinsichtlich der Temperaturbeständigkeit (< 120 °C) lassen sich praktisch alle textilen Flächengebilde mit den vier eingesetzten industriellen Batch-Anlagen (HTC 1000/4 (arc), HTC 1000/4 (mag), SB 2000 (arc) und DeQoTec (mag)) bei guter Haftfestigkeit beschichten. Erzeugt wurden metallische Schichten unterschiedlicher Stärke aus Cu, Al, Ti und Nb/Cu (Superlattice).

19. Schlagwörter PVD-Beschichtung, Textilveredelung	
20. Verlag	21. Preis

Anlage 16 Erfolgskontrollbericht FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Erfolgskontrollbericht zum Vorhaben

Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektrische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)

Teilprojekt: Großflächenbeschichtung von Textilien

gefördert über das Programm „Innovative Regionale Wachstumskerne“

Förderkennzeichen: 03WKG05F
Zeitraum: 01.07.2001 - 31.12.2003

Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik,

Winterbergstraße 28,

01277 Dresden

Inhalt

1	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen	2
2	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	2
3	Fortschreibung des Verwertungsplanes	2
4	Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	3
5	Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer	3
6	Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung	3

1 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Die Forschungsaufgabe ist Teil der BMBF-Förderinitiative „Innovative Regionale Wachstumskerne“. Aufgabe ist die Schaffung neuer innovativer Produkte für die Textilindustrie.

Im Rahmen des Projektes wurde eine Technologie zur Großflächenbeschichtung von Textilien mittels Vakuumverfahren entwickelt. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur Entwicklung der Textilindustrie aber auch des Anlagenbaus geliefert

2 Wissenschaftlich- technische Ergebnise

Wesentliche wissenschaftlich- technische Ergebnisse sind:

- Technologie zur Vakuumbeschichtung von Textilien mit Kupfer. Diese Schichten sind als EMV und antibakteriell wirksame Schichten einsetzbar. Verschiedene Fragestellungen wie Haftfestigkeit der Schichten und thermische Substratbelastung wurden untersucht.
- Entwicklung eines optisch wirksamen 3 Schichtsystems auf Kunststofffolie und einer hochproduktiven Technologie zur Herstellung dieses Schichtsystems. Das Schichtsystem besteht aus einer Metallschicht (Aluminium, Silber) und einem Oxid (Aluminiumoxid, Titanoxid). Die beschichtete Kunststofffolie wird mit einem textilen Gitter verstärkt und kann als Abschattungsmaterial in Gewächshäusern eingesetzt werden.
- Weiterentwicklung von Verfahren zur Prozesskontrolle beim Beschichten von flexiblen Materialien in Bandbedampfungsanlagen.
- Technologische Basisspezifikation einer Vakuumbeschichtungsanlage zum Beschichten von textilen Materialien.

3 Fortschreibung des Verwertungsplanes

Schutzrechtsanmeldung
Gemeinsam wurde von den beteiligten Institutionen ein Patent „Lichtdurchlässiges Bespannmaterial“ mit dem Amtaktenzeichen 10318877.0 beim Deutschen Patentamt angemeldet.

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Vorhabensende:
Die entwickelten Technologien stellen für die Textilbranche eine Innovation dar. Für eine Produktentwicklung bis zur Markteinführung sind jedoch noch Entwicklungsarbeiten notwendig.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit
Es wurden wesentliche technologische und apparative Voraussetzungen zur Vakuumbeschichtung von textilen Materialien geschaffen, die eine gezielte Fortführung der Entwicklungsarbeit ermöglichen.

4 Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben

Nicht zutreffend.

5 Präsentationsmöglichkeit für mögliche Nutzer

Teilergebnisse des Vorhabens wurden durch die Patentanmeldung „Lichtdurchlässiges Bespannmaterial“ gesichert. Eine Offenlegung des Patentes wird etwa für Oktober 2004 erwartet.

6 Die Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Der generelle Kosten- und Zeitplan wurde im Wesentlichen eingehalten.

Zwischen Kostenkategorien Material und Personal kam es zu Verschiebungen:

- Es wurden weniger Materialkosten benötigt, da Silber in geringerem Maße als geplant benötigt wurde.
- Für die Untersuchungen zum 3-Schichtsystem für Wärmeschirme wurden mehr Personalkosten benötigt.

Anlage 17 Berichtsblatt FEP Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung. Großflächenbeschichtung von Textilien.	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Schiller Dr., Nicolas Zeißig, Gerhard	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.03
4b. Autoren der Publikationen (Name, Vorname(n))	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation Schlussbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Fraunhofer Institut Elektronenstrahl- und Plasmatechnik Winterbergstr.28 01277 Dresden	9. Ber.Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen *) 0 3 W K 0 5 F
	11a. Seitenzahl Bericht 172
	11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. Literaturangaben 29
	14. Tabellen 45
	15. Abbildungen 94
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

18. Kurzfassung

Ziel des Projektes war die Entwicklung von Vakuumverfahren zur Oberflächenveredelung von textilen Materialien. Technologischer Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten waren hierbei hochproduktive Verfahren zur Beschichtung von bandförmigen Materialien in Bandbeschichtungsanlagen ("Rolle-zu-Rolle-Verfahren"). Ergänzt wurden diese Technologien durch Verfahren zur Oberflächenvorbehandlung. Als Schichtmaterialien wurden sowohl Oxide (TiO_2, Al_2O_3) als auch Metalle (Al, Cu, Ag) unersucht.

Durch die Oberflächenveredelung wurden textile Materialien für:

- EMV Abschirmung
- antibakterielle Ausrüstung
- Gewächshausabdeckungen mit optischer Filterwirkung

entwickelt.

Es wurden Lösungen zur Aufskalierung der Technologien für die Produktion entwickelt. Dies beinhaltet z.B. auch Fragen der Beschichtungsrate, die die Produktivität direkt bestimmt.

Im Ergebnis des Projektes liegt eine Technologie für die genannten Anwendungen vor. Diese Technologie wurde in Pilotbeschichtungsanlagen implementiert.

19. Schlagwörter Antibakteriell ausgestattete Textilien, EMV - wirksame Textilien, lichtdurchlässige Energieschirme auf textiler Basis

20. Verlag	21. Preis

Anlage 18 Erfolgskontrollbericht Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Erfolgskontrollbericht zum Vorhaben

Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektrische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)

Teilprojekt: Antibakteriellität – Erzeugung und Prüfung (Funktionalitätsprüfung)

gefördert über das Programm „Innovative Regionale Wachstumskerne“

Förderkennzeichen: 03WKG05E
Zeitraum: 01.07.2001 - 31.12.2003

Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

02763 Zittau

Inhalt

1	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen	2
2	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	2
3	Fortschreibung des Verwertungsplanes	2
4	Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	3
5	Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer	3
6	Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung	4

1 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Das Netzwerk „noa“ – Netzwerk für innovative Oberflächentechnik und Anlagenbau - beteiligte sich im Jahr 2001 an der Ausschreibung zum Programm „Innovative Regionale Wachstumskerne„ des BMBF. Mit Hilfe dieser Innovationsförderung sollen erfolgsversprechende Initiativen in den neuen Bundesländern unterstützt werden, um ihre Kompetenzen und innovativen Konzepte auf Märkten umsetzen zu können. Das Netzwerk umfasst sechs Projekte. In dem Teilprojekt „Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)“, arbeiteten eine Fachhochschule, ein Fraunhofer-Institut, zwei Beschichtungsfirmen und zwei Textilfirmen zusammen. Ziel dieses Projektes war die Schaffung der Grundlagen für neue Veredlungsmöglichkeiten von textilen Flächen zur Erzeugung verschiedener Funktionalitäten mittels der PVD-Technologie und der Beschichtung mit thermokeramischer Acryl-Dispersion.

Im Ergebnis der 2 ½ jährigen Projektlaufzeit konnten Grundlagen für die Oberlausitzer Textilindustrie zur Erzeugung von funktionalen Schichten auf textilen Flächengebilden erarbeitet werden, die in marktfähige Produkte überführt werden können.

2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Das an der Hochschule vorhandene Spezialwissen konnte während des Vorhabens ausgebaut werden. Die in der Antragstellung des Vorhabens ANTIBAK gestellten Ziele der Hochschule wurden hierbei alle realisiert.
Für die Hochschule standen folgende Teilziele im Vordergrund:

- Gewinn weiteren Spezialwissens auf dem Gebiet der PVD –Technik,
- Erschließung neuer Anwendungsfelder für die PVD – Technik für weitere Grundlagen- und Anwendungsforschung,
- Erweiterung der Möglichkeiten der Textilveredlung für neue innovative Anwendungsgebiete,
- Erweiterung des Kenntnisstandes der Oberflächenanalytik ,
- Weiterentwicklung spezieller Prüftechniken,
- Ausbau der Möglichkeiten des Einsatzes der Labor-Sputter- und Plasma-beschichtungsanlage.

3 Fortschreibung des Verwertungsplanes

?? Erfindungen, Schutzrechtsanmeldungen

Im April 2003 wurde von den Verbundpartnern WESOM, UNITEC, FEP und der Hochschule ein Ergebnis (Verbundsystem – Energieschirm) des Vorhabens zum Schutz beim Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA) in München angemeldet. Die Patentanmeldung wurde unter dem Titel „Lichtdurchlässiges Bespannmaterial“ eingereicht.

?? Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Die Nutzung und Verwertung der Ergebnisse des Vorhabens wird vor allem in der industriellen Umsetzung bei den Industriepartnern gesehen.
Im Rahmen der angewandten Grundlagenforschung wurden für Energieschirme, Boots-, Zelt- und spezielle Poolabdeckungen wesentliche Verbesserungen der Funktionalitäten erreicht. Nach Überführung der Ergebnisse in die Produktion können die Industriepartner einen deutlichen Wettbewerbsvorsprung in diesen Produktsegmenten erzielen.

?? Wissenschaftliche - technische Erfolgsaussichten

Im Rahmen des Vorhabens wurden wesentliche Verbesserungen der Haftfestigkeiten von PVD-Dünnschichten auf textilen Flächen auf der Basis von nachwachsenden, synthetischen und mineralischen Rohstoffen erreicht.
Für die Funktionalitäten – Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung, antimykotische Wirkung und dekorative Erscheinung – konnten Substrat-Schicht-Verbunde mit sehr guten Eigenschaften im Hinblick auf die gestellten Anforderungen für spezielle Einsatzfälle erzeugt werden.
Die im Vorhaben im Rahmen der Grundlagenforschung erzielten Ergebnisse bieten darüber hinaus die Möglichkeit einer vielfältigen Verwertung in der Industrie bei der Produktion von Technischen Textilien.

?? Wissenschaftliche und technische Anschlussfähigkeit

Die erzielten Ergebnisse in den Bereichen textiles Bauen, Hitzeschutz sowie elektrische Leitfähigkeit und EMV-Schutz bieten die Möglichkeit unter Einbeziehung weiterer Spezialfirmen der Oberlausitz neue Anwendungen der PVD-Beschichtung auf textilen Flächen zu entwickeln. Hierzu zählen u.a. energetisch hochwirksame Gewächshäuser, Intelligente Textilien, spezielle Ausrüstungen von großvolumigen GFK-Behältern sowie elektrisch leitfähige Strukturen auf flexiblen Trägern (Sensoren, Aktoren).

4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Alle geplanten Arbeiten führten zu einer Lösung.

5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Mögliche Nutzer können den Schlussbericht „Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung (ANTIBAK)“ bei den einzelnen Verbundpartnern einsehen bzw. erwerben.
Zusätzlich wird der Bericht der Technischen Informationsbibliothek – Deutsche Forschungsberichte – (TIB) zur Verfügung gestellt.

6 Einhaltung der Kosten – und Zeitplanung

Der gemäß Gesamtvorkalkulation geplante Höchstbetrag der Selbstkosten des Vorhabens wurde eingehalten. Abweichungen in den Einzelpositionen schränkten die Aufgabenstellung nicht ein und waren für die erfolgreiche Durchführung erforderlich.
Der Gesamtzeitplan wurde entsprechend der Antragstellung eingehalten. Während der Bearbeitung des Vorhabens erfolgte eine Präzisierung hinsichtlich der Recherchearbeiten und Marktbeobachtungen, die ständig projektbegleitend durchgeführt wurde.

Anlage 19 Berichtsblatt Hochschule Zittau / Görlitz (FH)

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Beschichtung textiler Flächengebilde für die Abschattung, Wärmedämmung, elektromagnetische Schirmung und Dekoration mit antibakterieller Ausrüstung.	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Prof. Dr.-Ing. G. Nocke Katrin Matthеß 4b. Autoren der Publikationen (Name, Vorname(n))	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.03 6. Veröffentlichungsdatum 7. Form der Publikation Schlussbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Hochschule Zittau/Görlitz (FH) Fachbereich Maschinenwesen Theodor Körner Allee 16 02763 Zittau	9. Ber.Nr. Durchführende Institution 10. Förderkennzeichen *) 03WKG05E 11a. Seitenzahl Bericht 172 11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. Literaturangaben 29 14. Tabellen 45 15. Abbildungen 94
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

18. Kurzfassung

Die wirtschaftliche industrielle PVD-Beschichtung von Textilien ist im Gegensatz zur Beschichtung von Folien und Papier derzeit noch wenig verbreitet. An der Hochschule werden seit ca. 6 Jahren PVD-Beschichtungen von textilen Substraten durchgeführt und analysiert.
Ziel des Vorhabens war die Applikation neuer Eigenschaften auf textilen Flächen durch die Beschichtung mit metallischen, oxidischen und nichtoxidkeramischen Materialien mittels der PVD-Technologie sowie Silizium-Keramik-Dispersionen. Damit sollen intelligente und zukunftsfähige Produkte und Lösungen geschaffen und die Anwendungsfelder Technischer Textilien erweitert werden.
Im Rahmen der Grundlagenforschung waren im Vorhaben für verschiedene Anwendungsbereiche Technischer Textilien (Textiles Bauen, Gärtnereibedarf, Hitzeschutz etc.) Beschichtungstechnologien zu entwickeln und technisch sowie wirtschaftlich zu optimieren. Im Mittelpunkt der Arbeiten der Hochschule stand die Untersuchung von Vorbehandlungen zur Steigerung der Haftfestigkeiten sowie die Analyse der erreichten funktionalen Eigenschaften (Abschattung, Wärmedämmung, Hitzeschutz, EMV-Schirmung, antimykotische Wirkung).
In der Zusammenarbeit der Verbundpartner konnten die gestellten Ziele erreicht und auf verschiedenen textilen Substraten auf der Basis nachwachsender, synthetischer und mineralischer Rohstoffe haftfeste Schichten mit funktionalen Eigenschaften erzeugt werden. Entesprechende Beschichtungstechnologien wurden wirtschaftlich wie technisch optimiert.
Mit der Überführung der Ergebnisse dieses Verbundvorhabens in die Produktion, im Anschluss an den Förderzeitraum, werden die beteiligten Firmen ihre Produktpalette mit innovativen Produkten, die sich durch eine hohe Wertschöpfung auszeichnen, erweitern und damit wirtschaftlich weiter wachsen.

19. Schlagwörter Textile Flächengebilde, Schattenstoffe, antimykotische, fungizide Ausrüstung, Energieschirme für Gewächshäuser und Hochbau, EMV-Abschirmung, PVD-Beschichtung, Vakuumbedampfung, IR-Reflexion, thermokeramische Beschichtung, Silizium-Keramik-Dispersion	
20. Verlag	21. Preis