



Sachbericht - Kurzbericht und eingehende Darstellung

WIR! - Bündnis: SmartERZ
Smart Composites ERZgebirge

Vorhaben: WIR! - eHeatDigiLine - Verbundvorhaben
Konfiguratorbasierte Produktionslinie individueller
textiler Flächenheizungen für die E-Mobilität; TP1

Förderkennzeichen: 03WIR1409A

Laufzeit: 01.11.2021 bis 31.10.2024

Zuwendungsempfänger: Köstler GmbH
Industriestraße 7
09456 Annaberg-Buchholz
www.koestlergmbh.de

Ansprechpartner: Ulrich Hertel
Tel.: +49 3733 50 777 70
E-Mail: ulrich.hertel@koestlergmbh.com

Datum: 13.11.2024

I.1 Ursprüngliche Aufgabenstellung und wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren wird zum Heizen des Innenraums die über ein Gebläse verteilte Motorabwärme verwendet. Würde der Innenraum in Elektrofahrzeugen vergleichbar, jedoch mit elektrisch erwärmter Luft geheizt, sinkt deren Reichweite drastisch. Für E-Fahrzeuge sind daher hocheffiziente Heizungen nötig, die analog einer bei konventionellen Fahrzeugen bereits üblichen Sitzheizung nahe an den Insassen platziert sind. Mögliche Installationsorte für Flächenheizungen, wie die Sitze aber auch der Fußraum, Armaturen und insbesondere die Tür- und Seitenverkleidungen sind bei jedem Hersteller bis hin zum jeweiligen Fahrzeugtyp individuell gestaltet, so dass entsprechende Heizungen frei konfektionierbar sein müssen.

In den letzten Jahren wurde die Entwicklung solcher Flächenheizungen stark forciert. Aktuelle Lösungsansätze betreffen z.B. die Integration von leitfähigen Materialien (vorzugsweise Drähte) in ein Substrat (vorzugsweise Textil) oder das Bedrucken von Substraten mit leitfähigen Tinten. Die Preise für solche Lösungsansätze nehmen dabei mit der Leistung pro Fläche exponentiell zu, so dass diese bisher selbst in Sitzheizungen nicht flächendeckend zum Einsatz kommen. Durch das Textilforschungsinstitut Thüringen Vogtland e.V. (kurz: TITV) wurde im Vorfeld des vorliegenden FuE-Projektes ein neuer Lösungsansatz entwickelt. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich am Markt verfügbare, leitfähige, z.B. mit Silber oder Kupfer metallisierte Textilien durch eine LASER-Strukturierung prinzipiell zu Flächenheizungen weiterentwickeln lassen. Die Weiterentwicklung erfordert dann aufwendige Synchronisationen von gewünschter Heizleistung und Flächengeometrie sowie Berechnungen und Simulationen der Stromverteilung. Die dazu erforderlichen, ingenieurtechnischen Entwicklungsarbeiten, über die Erstellung und Optimierung von Prototypen bis hin zur Überführung der neuen Technologie auf eine Versuchsanlage waren Gegenstand des vorliegenden Projekts „eHeatDigiLine“.

I.2 Ablauf des Vorhabens

Das FuE-Projekt „eHeatDigiLine“ wurde im Rahmen der WIR!-Initiative „SmartERZ - Smart Composites Erzgebirge“ als Verbundvorhaben der drei Partner Flyacts GmbH, TITV e.V. und Köstler GmbH durchgeführt. Das TITV übernahm dabei die Entwicklung des Fertigungskonzepts und der mathematischen Algorithmen. Die Firma Flyacts entwickelte und optimierte den Konfigurator und damit die Softwarelösungen für die Umsetzung der Algorithmen und des Fertigungskonzepts. Die Firma Köstler als Koordinator des Verbundes übernahm die Anpassung und Optimierung der außerhalb des Projektes realisierten Anlagentechnik sowie die Erstellung, Prüfung und Optimierung von Versuchsmustern und Prototypen und damit im Kern alle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Realisierung der ersten anlagentechnisch hergestellten, individuellen, textilen Heizstrukturen. Das Vorhaben wurde in die folgenden zehn Arbeitspakete gegliedert, die von den drei Partnern gemeinsam, aber jeweils mit unterschiedlicher Gewichtung der Arbeitsanteile bearbeitet wurden:

AP 1: Erstellung des Anforderungsprofils und Materialauswahl für textile Heizmodule

AP 2: Entwicklung der Teilprozessschritte der Fertigungstechnologie

AP 3: Entwicklung der Anlagentechnologie

AP 4: Entwicklung und Erarbeitung der Software

AP 5: Entwicklung des Konfigurators

AP 6: Entwicklung des Steuerungskonzeptes der Anlage

AP 7: Realisierung der Versuchsanlage

AP 8: Übertragung der Technologieentwicklung und des Softwarekonzeptes vom Konfigurator bis zur erfolgreichen simultanen Fertigung unterschiedlichster textiler Heizmodule

AP 9: Entwicklung eines Konzeptes zur Zertifizierung der von der Anlage entwickelten Produkte und Analyse der von der Anlage erzeugten Produkte

AP 10: Ergebnisanalyse und Berichtslegung

Zur Kontrolle des Projektfortschritts wurden für das Vorhaben drei Meilensteine definiert:

MS 1: Abschluss der Entwicklung der Teilprozessschritte (10/2021)

MS 2: Vorlage des Softwarekonzeptes und der Algorithmen zur Berechnung der Heizmodule und Abschluss der Überführung der Teilprozesse in ein Anlagenkonzept (05/2022)

MS 3: Erfolgreicher Testlauf der Anlage (02/2023)

Die zehn Arbeitspakete wurden von den Partnern inhaltlich vollständig bearbeitet. Zeitliche Verschiebungen der Arbeiten ab AP7 resultierten aus einer verspäteten Fertigstellung und Lieferung der außerhalb von „eHeatDigiLine“ durch einen externen Partner realisierten Pilotanlage. MS 3 konnte daher erst Anfang des Jahres 2024 erreicht werden. Die zeitliche Verschiebung hatte jedoch keine negativen Auswirkungen auf die Erreichung der Projektzielstellungen.

I.3 Wesentliche Ergebnisse

Im Ergebnis des Verbundvorhabens konnte einerseits die technisch/technologische Machbarkeit laserstrukturierter, textiler Flächenheizmodule nachgewiesen werden. Das ultradünne Basismaterial für das eHeat-Modul ersetzt dabei die Mehrschichtmodule konventioneller Systeme, die durch Aufbringung von leitfähigen Materialien auf diverse Substrate hergestellt werden. Zum anderen wurde die Technologie zur Serienfertigung der Module entwickelt, konzipiert sowie soft- und hardwaretechnisch unter Nutzung einer Versuchsanlage realisiert. Mit Hilfe des algorithmusbasierten Konfigurators wird hierbei die mit der Laserstruktur zu erzeugende Heizleistung der eHeat-Module für die vorgegebene Heizungsgeometrie, die gewünschte Oberflächentemperatur und unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur automatisch generiert. Damit können die zur Herstellung individueller Module erforderlichen, umfangreichen, ingenieurtechnischen Entwicklungsarbeiten auf ein Minimum reduziert werden. Zum anderen ermöglicht die direkte Schnittstelle zur Pilotanlage die automatische Produktion textiler eHeat-Module. Das eHeat-Flächenheizsystem hat neben der Automobilbranche Potenzial für viele weitere Einsatzbereiche. Das mögliche Einsatzspektrum kann sich vom Sattel des E-Bikes bis zur Schlafkabine im LKW erstrecken. Selbst der Einsatz in Flugzeugen ist denkbar und möglich. Mit den körpernah platzierbaren eHeat-Flächenheizsystemen wird dabei ein hoher Nutzen/Komfort für den Endkunden (Fahrzeugnutzer) erreicht. Darüber hinaus leisten die Systeme auf Grund des vergleichsweise geringen Materialeinsatzes, der guten Recyclingfähigkeit des Textils und des geringen Energiebedarfs im Betrieb wesentliche Beiträge zu aktuellen Zukunftsfeldern wie Rohstoff- und Energieeinsparung und Umweltschutz.

Eingehende Darstellung

Inhaltsverzeichnis

II.1 Ausgangslage, Motivation und ausführliche Darstellung der durchgeführten Arbeiten im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabenbeschreibung	4
II.2 Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	18
II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten	19
II.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	20
II.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	22
II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF	22

Teil II - Eingehende Darstellung

II.1 Ausgangslage, Motivation und ausführliche Darstellung der durchgeführten Arbeiten im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabenbeschreibung

Die Wurzeln der Firma KÖSTLER liegen im Jahr 1891 und gehen auf das von Johann Köstler in Graslitz gegründete Familienunternehmen für den Bau von Musikinstrumenten und entsprechendem Zubehör zurück. Bereits ab 1963 wurde mit der Herstellung von Komponenten für die Automobilindustrie ein neues Geschäftsfeld erschlossen. So blickt KÖSTLER auf über 60 Jahre Tradition und Erfahrung als Automobilzulieferer im Bereich Interieur zurück. Die Standorte von KÖSTLER liegen heute in Annaberg-Buchholz (Sachsen) und Chomutov (Tschechische Republik). Das neu errichtete und im Jahr 2019 eingeweihte Entwicklungs- und Prototypenzentrum in Annaberg-Buchholz ist der Hauptsitz des Unternehmens. Beim Standort in Chomutov handelt es sich um einen reinen Produktionsstandort.

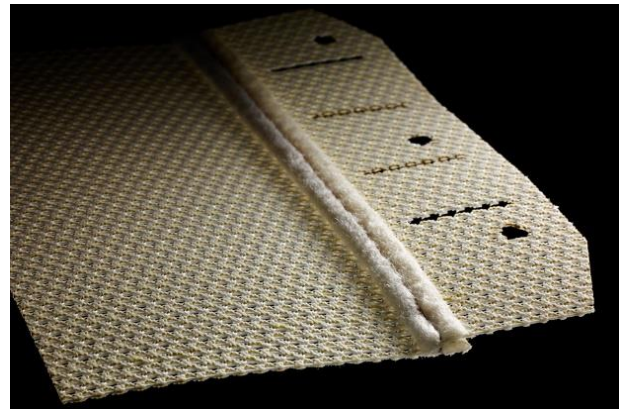


Abb. II.1. KÖSTLER-Entwicklungs- und Prototypenzentrum in Annaberg-Buchholz und das Kernprodukt Airbagnetze

Als mittelständisches Unternehmen mit insgesamt 90 Mitarbeitern in Deutschland und Tschechien ist KÖSTLER einer der führenden Hersteller von Airbag-Scharnieren aus textilem Gewebe. Aktuell erzielt das Unternehmen rund 70% seines Umsatzes mit der Produktion dieser Airbagnetze. Daneben produziert KÖSTLER weitere Interieur-Teile für OEM und deren Systemlieferanten. Hierzu zählen neben Armauflagen, Schalmanschetten, Schaltknäufen, Haltegriffen, Sonnenblenden unter anderem auch Spaltabdeckungen für Lenksäulen. Die KÖSTLER-Produkte werden weltweit vertrieben und in Fahrzeugmodellen zahlreicher Hersteller eingebaut. Ziel von KÖSTLER ist es, neben den im Kundenauftrag realisierten Mustern und Prototypen eigene Produkte zu entwickeln und zugehörige Produktionskapazitäten aufzubauen. Das Produktportfolio soll dadurch deutlich diversifiziert werden, um unabhängiger vom Kerngeschäft am Markt agieren zu können. In einem ersten Schritt wurde dazu über ein Technologietransferprojekt im Jahr 2020 das Basis-Know How für eine lasergestützte Fertigung von textilen Fahrzeugheizungen erworben, welches über das vorliegende Projekt „eHeatDigiLine“ zu einer „konfiguratorbasierten Produktionslinie individueller, textiler Flächenheizungen für die E-Mobilität“ weiterentwickelt werden sollte. Die zur Herstellung von Heizmodul-Prototypen notwendige technische Basis in Form einer Laser-Laminier-Pilotanlage wurde von KÖSTLER dabei außerhalb des FuE-Projektes realisiert.

vom TITV Greiz entwickelten Algorithmus, über die automatische Übertragung der Daten in maschinenlesbare Form bis hin zur Individualisierung der kundenspezifisch erzeugten textilen Heizmodule entwickelt.

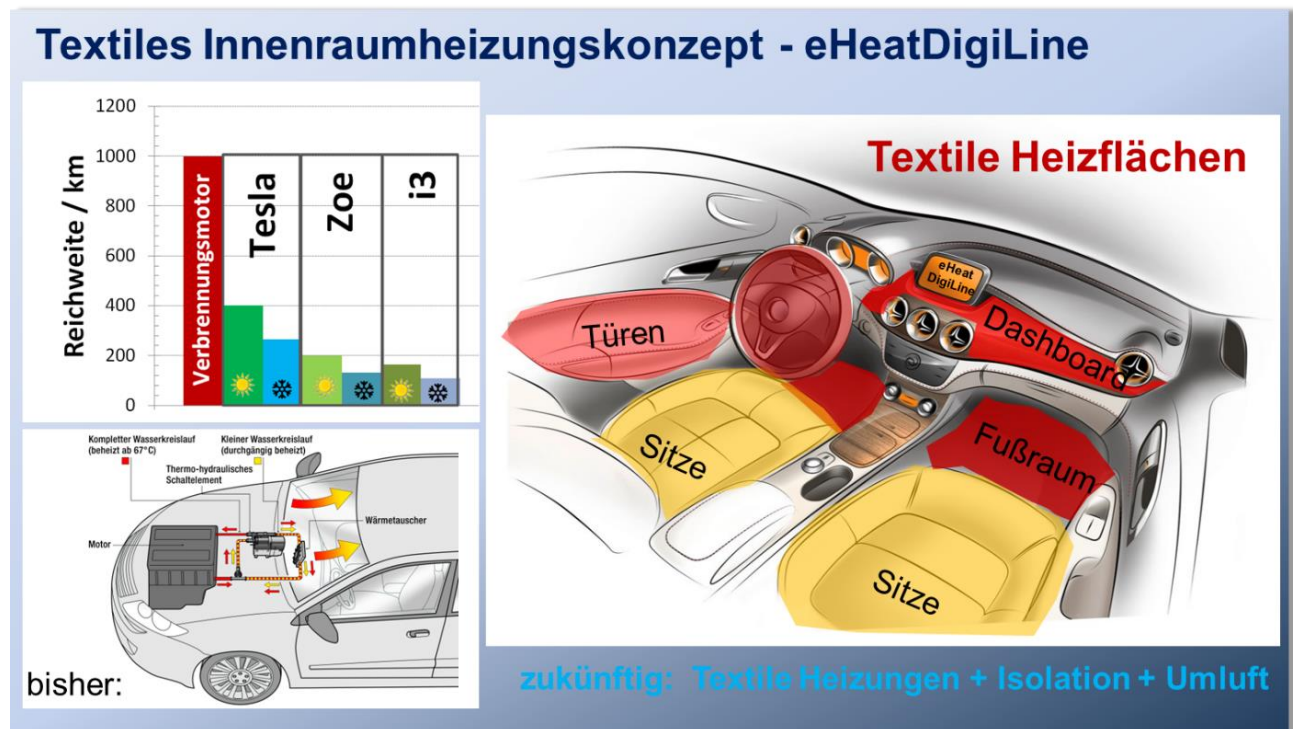


Abb. II.3. Textiles Innenraumheizkonzept zur Minimierung von Reichweitenverlusten

Der Ingenieur gibt dabei im neu entwickelten Konfigurator die Form der Heizung und die gewünschte Oberflächentemperatur bei entsprechender Umgebungstemperatur vor. Die Berechnungssoftware erzeugt aus diesen Vorgaben Mäander- und Doppelspiralstrukturen, optimiert softwareseitig automatisch die Laser-Schnitte und überträgt die Daten direkt an die Pilotanlage.

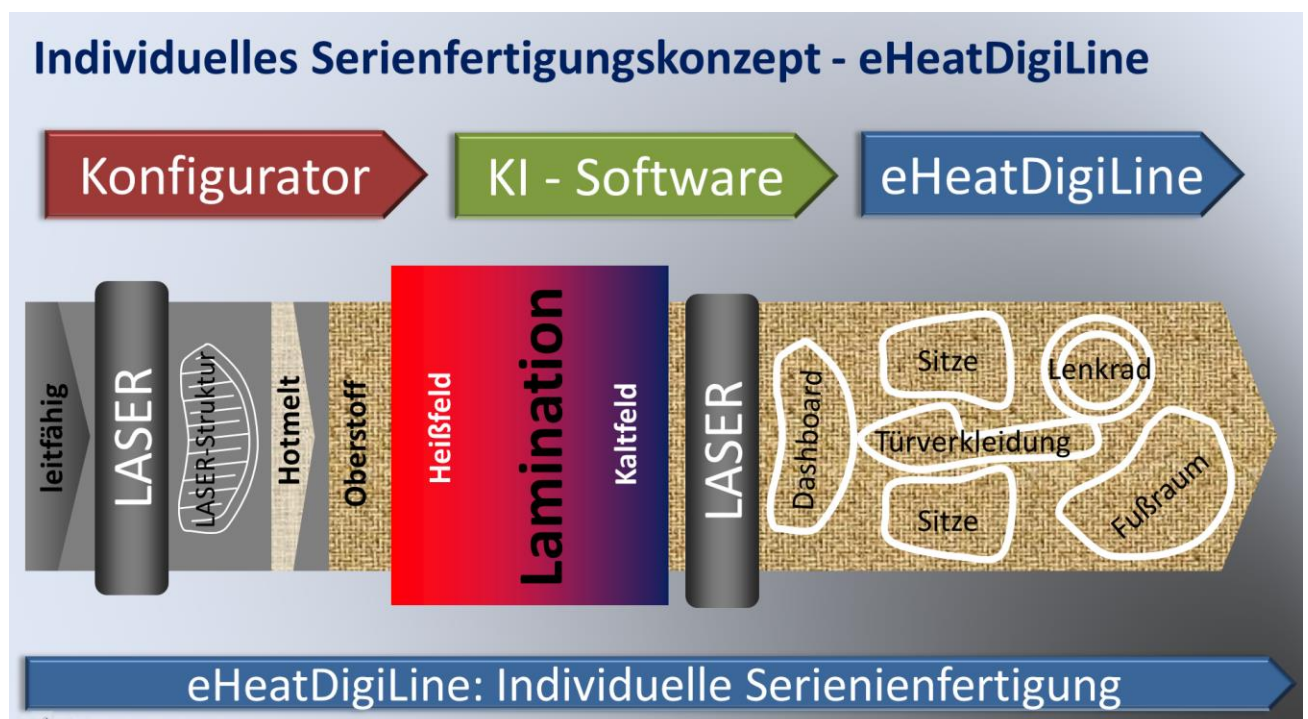


Abb. II.4. Veranschaulichung des Anlagenkonzeptes und der Zielstellung

Im Ergebnis des Verbundvorhabens „eHeatDigiLine“ liegt eine automatisch gesteuerte Pilotanlage vor, die autark Prototypen individueller, textiler Flächenheizungen für Elektrofahrzeuge und für vielfältige andere Applikationen fertigen kann. Die Projektzielstellung wurde damit in vollem Umfang erreicht. Nachfolgend sind die im Teilvorhaben von KÖSTLER zur Erreichung der Projektzielstellung durchgeführten Arbeiten (AP: Arbeitspakete) im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabenbeschreibung ausführlich dargestellt.

AP 1: Anforderungsprofil & Materialauswahl für textile Heizmodule

1.1.1 Anforderungsdefinition

Für die Erfassung und Auswertung von Kundenanforderungen wurden im Projektverlauf zahlreiche Gespräche mit potentiellen Kunden (Tier 1, OEM) durchgeführt. Für die Analyse der Spezifikationen von bestehenden Produkten und deren Konstruktionsprinzipien konnte dadurch neben der Analyse marktüblicher Produkte auch eine Reihe unterschiedlicher Lastenhefte für elektrische Flächenheizungen unserer Kunden analysiert werden (BMW, VW, Land Rover u. a.). Im Ergebnis der Recherchen wurde ein detaillierter Anforderungskatalog mit Parametern, wie z. B. elektrische Leistungen, Sicherheitsanforderungen, Temperaturbereiche, Belastungsparameter u. v. m. als Referenz für die zu entwickelnden textilen Heizungen erstellt.

1.1.2. Auswahl von textilen Substraten (Automotive)

Bei der Fertigung von konventionellen textilen Heizungen kommt derzeit eine Vielzahl von Trägermaterialien (Substrate) zum Einsatz, die im Fahrzeug strengen Normen der Hersteller unterliegen. Bei diesen Flächenheizungen wird auf die Substrate mit unterschiedlichen Verfahren (z. B. Drucken oder Sticken) ein leitfähiges Material (z. B. leitfähige Tinte oder Silberdraht) aufgebracht, welches die Heizleistung bereitstellt. Bei den neuen eHeat-Heizmodulen entfällt ein solcher „Materialmix“, da die leitfähige Struktur direkt mit einem Laser in das Substrat eingebracht wird. Die Laserstrukturierung setzt dabei ein bereits leitfähiges Textil voraus. Somit waren in AP 1.1.2 einerseits die Recherche, Analyse und Zusammenstellung konventioneller Materialkombinationen für den Bereich Automotive erforderlich. Zum anderen waren leitfähige Substrate zu analysieren, die sich einerseits für die Laserstrukturierung eignen. Für systematische Versuche sollten sich diese zum anderen aber auch bezüglich ihres Flächenwiderstandes unterscheiden. Elektrisches Isolationsvermögen und FlammSchutzausrüstung waren weitere Kriterien für den Einsatz im Fahrzeug-Innenraum.

Aktuell ist dabei die Anzahl der Hersteller für metallisierte Textilien, wie z. B. Statex (D), Bochemie (CZ) und Soliani (I) recht gut überschaubar. Die elektrische Ausrüstung leitfähiger Textilien erfolgt hier vorwiegend durch Silber, Kupfer, Nickel, Zinn oder auch eine Kombination mehrerer Metalle. Ein für die Verwendung im Fahrzeuginnenraum geeignetes Material ist z. B. MEFTEX (MEtallized Fine/Functional/Flexible TEXTile) der Firma Bochemie. Das Grundmaterial ist ein Vliesstoff aus 100 % Polyester (PES) und die Metallisierung wird mit Cu/Ni realisiert. Für den Korrosionsschutz erfolgt eine zusätzliche Oberflächenbehandlung. Das Substrat ist aktuell in drei Abstufungen des Metallisierungsgrades verfügbar:

MEFTEX 10: Menge des abgeschiedenen Metalls: $(3 \pm 1) \text{ g/m}^2$

MEFTEX 20: Menge des abgeschiedenen Metalls: $(5 \pm 1) \text{ g/m}^2$

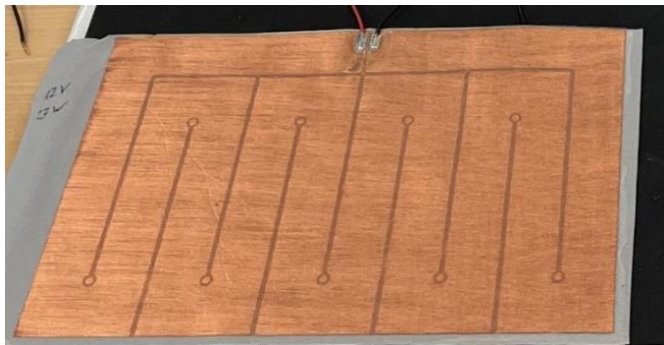
MEFTEX 30: Menge des abgeschiedenen Metalls: $(7 \pm 1) \text{ g/m}^2$

Das im Rahmen von KÖSTLER-Untersuchungen u. a. verwendete MEFTEX 30 ist als Rollenware erhältlich und weist folgende Kennwerte auf:



Flächenmasse:	$(37 \pm 1) \text{ g/m}^2$
Zugfestigkeit:	MD 100/CD 65 N/50 mm
EM-Abschirmung:	bis zu 65 dB (30 MHz - 20 GHz)
Reflexionsvermögen:	ca. 70 % (Infrarotstrahlung)
Leitfähigkeit:	bis $0,1 \Omega$ (Flächenwiderstand).

Abb. II.5. Metallisiertes Textil MEFTEX 30 (Quelle: Bochemie)



Quelle: embro GmbH

Abb. II.6. Laserstrukturiertes MEFTEX (links) und konventionelles Flächenheizsystem (rechts)

AP 2: Entwicklung der Teilprozessschritte der Fertigungstechnologie

2.1.1 Anforderungen Prozessschritte (QM Automotive)

Bei der lasergestützten Fertigung von textilen Heizungen sind wichtige Prozessparameter einzuhalten, die von der Struktur des Heizmoduls und vom Substrat abhängen. In AP 2.1.1 wurden daher die materialspezifischen Anforderungen vom Qualitätsmanagement im Detail analysiert und systematisiert. Die Zusammenstellung der zu den Materialien gehörenden Prozessparameter wurde dem TITV zur Weiterentwicklung des Algorithmus zur Verfügung gestellt.

2.1.2 Prüfung der gelaserten Versuchsmuster vom TITV

Um die im AP 2.1.1 gefundenen Abhängigkeiten zu verifizieren, waren von KÖSTLER Heizstrukturen mit systematisch variierten Prozessparametern anzufertigen und die zugehörigen Prozessfenster zu bestimmen. Im vorliegenden AP 2.1.2. erfolgten dann die Verifizierung der Einsatzfähigkeit der Materialien und der im Labormaßstab erhaltenen gelaserten, textilen Heizmodule und auf dieser Basis die Absicherung des erweiterten Algorithmus.

2.1.3. Begleitung der Laser-Versuche im Labormaßstab

Auf Basis der in AP 2.1.2 erstellten Heizstrukturen wurden vom TITV Heizmodul-Prototypen im Labormaßstab angefertigt. KÖSTLER begleitete diese Versuche intensiv mit dem Ziel, die Prozesse auch auf der Pilotanlage planen und ausführen zu können. Im Ergebnis von AP 2.1.3 konnte die technologische Basis für die Planung der Pilotanlage abgeleitet werden.



Abb. II.7. Heizstrukturen mit systematisch variierten Prozessparametern (Beispiel Form und Bahntrennung)

AP 3: Entwicklung der Anlagentechnologie

3.1.1 Anlagenplan für das F&E-Zentrum von KÖSTLER in Annaberg-Buchholz

Aus der Analyse der Ergebnisse aus AP 2.1.3 wurde ein Versuchsplan für die Testung der Anlagentechnik bei KÖSTLER erstellt. Der Plan für die Digitalisierung der Anlage wurde mit der Anpassung der Komponenten der Anlage abgeglichen und im Verlauf der weiteren Arbeitspakete aktualisiert.

3.1.2. Konzeption der Umgestaltung des Raumkonzeptes

Für die Digitalisierung der Anlage war es notwendig, die Rechentechnik so zu planen, dass ein nahtloser Fertigungsprozess von der Heizungsauslegung hin zur Anlagensteuerung gewährleistet ist. Durch die Ausstattung der Anlage mit entsprechenden Industrie-PCs und Netzwerkeinbindung

wurde gewährleistet, dass direkt bei der Testung der Anlage in die Softwaresteuerung eingegriffen werden kann. In AP 3.1.2 erfolgte die Planung der Aufstellung der Komponenten im Rahmen der Erstellung des konzipierten Raumnutzungskonzeptes während der Versuchsphase. Gleichzeitig wurden auf der Anlage Prototypen für den Vergleich zu den Labormustern gefertigt.

3.1.3 Prüfung an bei der Technologieentwicklung erstellten Testmustern

Die unter AP 3.1.2 erstellten Prototypen wurden analysiert und die aus den Versuchsmustern abgeleiteten Regeln für die Variation der Prozessparameter in Abhängigkeit von Größe und Form der zu fertigenden textilen Heizung verifiziert.

Über die Prüfung und Systematisierung der unter 3.1.2 mit der Anlage hergestellten Prototypen und dem detaillierten Abgleich dieser Ergebnisse mit den unter AP 2.1.2 manuell erstellten Mustern konnten im vorliegenden AP die anlagentechnischen Besonderheiten im Detail analysiert werden.

3.1.4 Spezifizierung Datenübergabe für die Lasersteuerung

In AP 3.1.4 erfolgte ein Abgleich der Anlagensteuerung mit und der Abgleich zwischen den Einzelkomponenten Laser, Applikations-, Transport- und Laminiereinheit. Aus diesem Abgleich wurde die Softwarespezifikation zur Datenübergabe erstellt und das Datenprotokoll festgelegt.

3.1.5 Auswahl und Testung der Laser

Nach endgültiger Auswahl des Lasers erfolgte der Test der digitalen Ansteuerung des Lasers über die Softwaredaten. Hierzu wurde wie folgt vorgegangen:

- Erstellung von Laser-Testdatensätzen für die Übergabe
- Verifizierung der Daten und deren Interpretation durch die Anlagensteuerung
- Generieren von Datensätzen an den zulässigen Randbereichen und für unzulässige Überschreitungen
- Verifikation der korrekten Interpretation durch die Anlagensteuerung.

3.1.6 Auswahl und Testung der Kaschier- und Laminiereinheit

Nach Auswahl der technischen Komponenten erfolgte der Test der digitalen Ansteuerung der Kaschier- und Laminiereinheit über die Softwaredaten. Die Vorgehensweise erfolgte analog zu AP 3.1.5:

- Erstellung von Laminier-Testdatensätzen für die Übergabe
- Verifizierung der Daten und deren Interpretation durch die Anlagensteuerung
- Generieren von Datensätzen an den zulässigen Randbereichen und für unzulässige Überschreitungen
- Verifikation der korrekten Interpretation durch die Anlagensteuerung.

3.1.7 Abroll- und Bremssysteme für die gesteuerte Materialzuführung

Im vorliegenden AP erfolgten Tests der digitalen Ansteuerung der Abroll- und Bremssysteme für die gesteuerte Materialzuführung über die Softwaredaten wie folgt:

- Erstellung von Testdatensätzen für die Abroll- und Bremssysteme zur Übergabe von der algorithmusbasierten Software an die Anlage

- Verifizierung der Daten und deren Interpretation durch die Anlagensteuerung
- Generieren von Datensätzen an den zulässigen Randbereichen und für unzulässige Überschreitungen
- Verifikation der korrekten Interpretation durch die Anlagensteuerung.

Für die in AP 3.1.5 bis 3.1.7. ausgeführten Test zur digitalen Ansteuerung konnte jeweils sichergestellt werden, dass die von der Software über den Algorithmus generierten Daten zur Ansteuerung des jeweiligen Moduls (Lasereinheit, Kaschier- und Laminiereinheit und Abroll- und Bremssysteme) korrekt übergeben, richtig interpretiert und unzulässige Konstruktionen zurückgewiesen werden.

AP 4: Entwicklung und Erarbeitung der Software

4.1.1 Spezifizierung der Softwaredaten für das finale Schnittmuster

Das vorliegende AP betraf die Spezifikation für sichere Spaltbreiten zwischen den Leiterbahnen, denn sowohl der Mäander als auch der Doppelspiralalgorithmus liefern Heizstrukturen, bei denen die Bahnen nur durch einen schmalen gelaserten Spalt voneinander getrennt sind. Kommt es in Folge der mechanischen Einwirkungen bei der Nutzung der Heizelemente an diesen Stellen zu einem elektrischen Kurzschluss, treten spontan thermische Hotspots auf, die Brände hervorrufen können. Diese Gefahr musste sowohl durch eine sichere Konstruktion als auch durch eine Sicherung beim Laminierprozess verhindert werden. Die Daten aus den Laborversuchen und von der Anlage wurden hierzu analysiert und verglichen, um eine unkritische Schnittbreite einzustellen und den Laserschnitt auch beim Laminierprozess zuverlässig sicherstellen zu können. Auf dieser Basis wurden die Softwaredaten für das finale Schnittmuster zur Separation der Mäander bzw. Spiralen generiert.

AP 5: Entwicklung des Konfigurators

5.1.1 Spezifizierung des Konfigurators aus Kundensicht

Zu weiteren Optimierung wurde der vom Verbundpartner Flyacts erarbeitete Entwicklungsstand des Konfigurators von KÖSTLER unter praktischen Einsatzbedingungen weiter spezifiziert. Hierzu wurden neben der Analyse von Kundenbefragungen auch zahlreiche Gespräche mit den Entwicklungsingenieuren der LSA GmbH (Hersteller der Anlagentechnik) durchgeführt. In einem weiteren Arbeitsschritt wurden die Randbedingungen für das begleitende Qualitätsmanagement definiert. Ziel war es, die bei der Qualitätsüberwachung erhaltenen Prüfergebnisse als Feedback direkt nutzbar zu machen und damit eine selbstlernende Pilotanlage realisieren zu können. In Voruntersuchungen wurde getestet, ob und wie ein solches Feedback direkt in den Prozess eingreifen kann. Im Ergebnis von AP 5.1.1 lag die Weiterentwicklung der Spezifikation für den Konfigurator vor und wurde Flyacts zur softwareseitigen Umsetzung übergeben.

5.1.2 Zusammenstellung der Parameter für den Laminier-Prozess und Erweiterung der Datenbank

Der Einstellung der Parameter für den Laminierprozess ist unmittelbar abhängig von den zu verarbeitenden Materialien. Zum Abgleich der Prozessparameter für unterschiedliche Kombina-

tionen von Substrat (Textilvariante) und Laminat (Folienvariante) wurden umfangreiche Laborversuche durchgeführt, in deren Ergebnis die Analyse und Zusammenstellung der material-spezifischen Parameter für den Laminierprozess erfolgen konnte. Die Arbeiten umfassten im Einzelnen:

- Erstellung eines Versuchsplans zur Ermittlung der optimalen Parameter (Spaltbreite, Druck, Temperatur und Verweilzeit) mit den ausgewählten Materialien und Materialkombinationen
- Durchführen der systematisch geplanten Laborversuche
- Prüfung der Eigenschaften der Lamine
- Optimierung der Parameter
- Verifizierung der optimierten Parameter in entsprechenden Testläufen im kontinuierlichen Betrieb.

AP 6: Entwicklung des Steuerungskonzeptes der Anlage

6.1.1 Konzeption und Verifizierung des Steuerungskonzeptes und der Eingriffsmöglichkeiten an der Versuchsanlage

Das ursprüngliche Steuerungskonzept der Pilotanlage sah vor, dass im ersten Schritt die Laserstrukturierung des Substrats erfolgt und in Schritt 2 die Laminierung des laserstrukturierten Textils. Die systematischen Versuche mit unterschiedlichen Substraten zeigten hierbei, dass ein sehr dünnes Substrat wie z. B. MEFTEX 30 beim Laserschnittvorgang durch die Luftzufuhr der Absaugung vom Anlagentisch „abgehoben“ werden kann und im schlechtesten Fall eine korrekte Laserstrukturierung unmöglich ist. Abhilfe konnte hierbei mit einer Vertauschung der Prozessschritte geschaffen werden, indem im ersten Schritt die Laminierung und in Schritt 2 die Laserstrukturierung des laminierten und damit stabileren Materials erfolgt. Weiterhin war für das Steuerungskonzept eine über Kundenbefragungen eruierte Anforderung, die beidseitige Beschichtung (Ober- und Unterseite) des eHeat-Moduls zu berücksichtigen. Die beiden neuen Anforderungen waren in die Entwicklung des Steuerungskonzeptes zu integrieren und zogen umfangreiche technisch- technologische und auch softwareseitige Anpassungen für die Pilotanlage nach sich. Zur Entwicklung des Steuerungskonzeptes der Anlage waren im Einzelnen folgende Arbeiten auszuführen:

Um die Fertigungslinie für die digitale Steuerung vorzubereiten war es erforderlich, die in den Arbeitspaketen 3.1.1 und 3.1.2 erstellte Raumplanung durch ein Konzept zu ergänzen, dass es gestattet die Anlage, auch unter Berücksichtigung der oben dargestellten, neuen Rahmenbedingungen digital zu steuern und gleichzeitig ein sicheres manuelles Eingreifen unter Versuchsbedingungen zu ermöglichen.

6.1.2 Entwicklung eines geeigneten Steuerungskonzeptes der Anlage inklusive der Datenübernahme für die Laser-Steuerung

Neben dem Konzept zum digitalen Betreiben der Anlage unter manueller Kontrolle war das Konzept für die Datenübernahme für den Laser im Detail zu entwickeln, da hier nicht zuletzt aus sicherheitstechnischen Gründen ein manuelles Eingreifen ausgeschlossen werden muss.

6.1.3 Entwicklung und Konzeption der Anlagensteuerung

In diesem Arbeitspaket wurden die Module einzeln getestet und aufeinander abgestimmt sowie die finale Anpassung der Konzeption der digitalen Ansteuerung vorgenommen.

6.1.4 Aufbau der Anlagentechnik

Im vorliegenden AP erfolgte die Anpassung der Anlagentechnik auf die digitale Fertigung, die Prüfung des Sicherheitskonzepts sowie der manuellen Eingriffsmöglichkeiten.

6.1.5 Aufbau der Steuerungstechnik

Den Abschluss der konzeptionellen Phase bildete die Anpassung der Steuerungstechnik auf die digitale Fertigung. Dabei wurden fortlaufend die Erkenntnisse aus den Materialversuchen und den Erkenntnissen zur Fertigungstechnologie berücksichtigt.

AP 7: Realisierung der Versuchsanlage

7.1.1 Planungsarbeiten zur Anlageaufstellung im F&E Gebäude der Fa. Köstler

Die Arbeiten betrafen die Vorbereitung der Anlage auf die Umbauten für die Digitalisierung und den Aufbau der notwendigen Rechentechnik. Ebenso wurden die zugehörigen Peripheriegeräte, die notwendigen Medienanschlüsse sowie die spätere Einbindung in den gesamten Fertigungsprozess berücksichtigt.

7.1.2 Planung der Umbauarbeiten

Um bei den geplanten Testläufen eingreifen zu können, wurde die Technik, die für den digitalisierten Entwurf und die digitale ingenieurtechnische Auslegung der Heizmodule vor Ort auf direkt mit der Anlage verbundene Rechentechnik aufgebaut. Aus den über Vorversuche gesammelten Erfahrungen wurde anschließend das Konzept für die über sichere Netzwerke erfolgende Datenübertragung auf die Anlage erstellt.

7.1.3. Realisierung der Umbauarbeiten

Im Arbeitspaket erfolgte die Realisierung der Umbauarbeiten für den Einsatz der Pilotanlage zur vollautomatischen Fertigung von eHeat-Modul-Prototypen inklusive der Verarbeitung der über den Konfigurator bereitzustellenden digitalen Daten. Dies betraf die Verlegung von Medienleitungen, die Bereitstellung der Aufstellfläche und die Umgestaltung des Anlagenumfeldes. Zudem musste eine sicherheitstechnische Abnahme erfolgen. Im Ergebnis von AP 7.1.3 war die Pilotanlage für die digitalen Testläufe vorbereitet.

7.1.4 Testung der Anlagentechnik und Sammeln von Daten für die Optimierung der Steuertechnik

Im Anschluss erfolgten zahlreiche Testläufe auf der Anlagentechnik und die Sammlung von Daten für die Optimierung der Steuertechnik und der materialabhängigen Parameter. So wurden z. B. die Laserschnittgeschwindigkeit sowie Temperatur und Kraft im Laminiervorgang überprüft.

7.1.5 Optimierung der Steuertechnik

In Auswertung der digitalen Testläufe wurde das Konzept und der Versuchsplan zur Optimierung der Steuertechnik erstellt. Nach der Absolvierung des im Versuchsplan festgelegten Testprogramms

und der Analyse der Testergebnisse erfolgte die Optimierung der Steuertechnik durch Anpassung der voreingestellten Werte, Hinzufügen zusätzlicher Parameter oder Umprogrammierung von Prozessabläufen.

7.1.6 Testläufe der Anlagentechnik

Die Testläufe der Anlagentechnik zur Optimierung des Laminierprozesses mit digitalen Daten wurden wie folgt durchgeführt:

- Auswertung der ersten digitalen Testläufe (siehe AP 7.1.4) bezüglich der Übergabe der Parameter und Einstellungen für den Laminierprozess
- Erstellen eines Planes zur Optimierung der Laminiertechnik
- Durchführung des Versuchsplans und Herstellung von Versuchsmustern
- Analyse und Optimierung des Zusammenspiels Digitaler Entwurf, Algorithmus, Datenübergabe, Anlagensteuerung und Laminiertechnik.

Im Ergebnis wurde das Zusammenspiel von digitalem Entwurf, Algorithmus, Datenübergabe, Anlagensteuerung und Laminiertechnik optimiert.

7.1.7 Sammeln von Parametern für die Softwaresteuerung des Laminierprozesses

Im vorliegenden AP erfolgte die Prüfung der Versuchsmuster aus AP 7.1.6 sowie die Analyse der Ergebnisse zur Gewinnung von Parametern für die Optimierung der Softwaresteuerung des Laminierprozesses.



Abb. II.8. Auf die Herstellung von textilen Flächenheizungen zugeschnittene Versuchsanlage

AP 8: Übertragung der Technologieentwicklung, des Softwarekonzeptes vom Konfigurator bis zur erfolgreichen simultanen Fertigung unterschiedlichster textiler Heizmodule

8.1.1 Betreuung der Testläufe an der Anlage als Endanwender

Nach dem erfolgreichen Umbau der Versuchsanlage und dem Nachweis der anlagentechnischen Herstellbarkeit funktionsfähiger Flächenheizungen konzentrierten sich die weiteren Arbeiten darauf,

die simultane Fertigung unterschiedlicher eHeat-Module zu ermöglichen. Die dazu notwendigen Arbeitsschritte waren in Arbeitspaket 8 wie folgt strukturiert:

- Erstellung digitaler Versuchspläne zur Verifizierung der simultanen Fertigung sich deutlich unterscheidender textiler Heizmodule
- Analyse der Grenzbereiche der digitalen Fertigung
- Optimieren der Positionierung der unterschiedlichen Heizungsmuster.

8.1.2 Aufstellen von Versuchsplänen zur Testung der Anlage

- Simulation der Fertigung der am Konfigurator nach den Versuchsplänen systematisch entworfenen Versuchsmuster entsprechend der in AP 8.1.1 aufgestellten Versuchspläne und Analyse der an die Anlage übergebenen Daten.

8.1.3. Betreuung der ersten kompletten Versuchsläufe des Systems

- Durchführung von Testserien und Herstellung von Versuchsmustern entsprechend der in AP 8.1.1 erarbeiteten Planung.
- Vergleich der automatisch gefertigten Muster mit den im Labormaßstab (vgl. AP 2.1.2) und manuell auf der Anlage hergestellten Versuchsmustern (vgl. AP 3.1.3)
- Verifizierung des Algorithmus und der Steuerung der Anlagenparameter in Abhängigkeit der individuellen Heizstrukturen.

Im Ergebnis des AP konnte das Tool zur Koordinierung der digitalen Fertigung fertiggestellt werden, dass eine optimierte Fertigung textiler Heizmodule ermöglicht.



Abb. II.9. Prototyp eines auf der Pilotanlage gefertigten eHeat-Flächenheizsystems für eine PKW-Armauflage

8.1.4. Optimierung der Anlagentechnik

- Untersuchung des Zusammenspiels von Konfigurator, Algorithmus, Software, Steuerungsautomatik und der Komponenten sowie Verifizierung des Koordinierungstools

Im Ergebnis lag die Versuchsanlage vollständig digitalisiert vor und die Prozesse waren soweit verifiziert, so dass eine Zertifizierung der Anlage und der Bauteile erfolgen kann.

8.1.5. Betreuung von Versuchsläufen zur Zertifizierung der Anlagentechnik als Basis der Zertifizierung von automatisiert gefertigten, textilen Heizungen

- Festlegung und Durchführung der Versuchsabläufe zur Vorbereitung der Zertifizierung
- Herstellung und Analyse von Versuchsmustern
- Optimierung und Zertifizierung der Anlage.

AP 9: Entwicklung eines Konzeptes zur Zertifizierung der von der Anlage entwickelten Produkte und Analyse der von der Anlage erzeugten Produkte

Für die Zertifizierung der von der Anlage entwickelten Produkte waren insbesondere spezifische Kundenanforderungen zu berücksichtigen. Beispielsweise waren für die von vielen Kunden geforderte Integration von Temperatursensoren in die gelaserte Flächenheizung umfangreiche Versuche notwendig. Gemeinsam mit dem TITV Greiz wurde hierzu ein Konzept entwickelt (s. Abb. II.10).

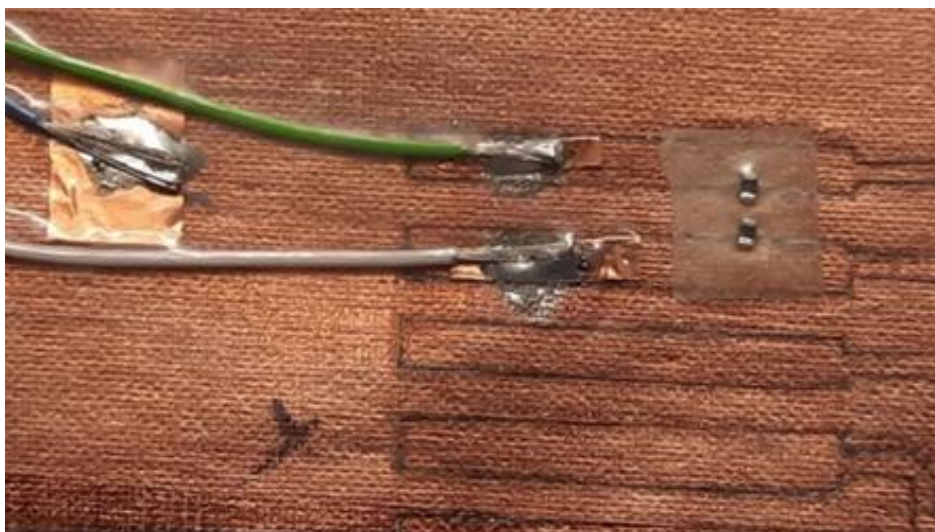
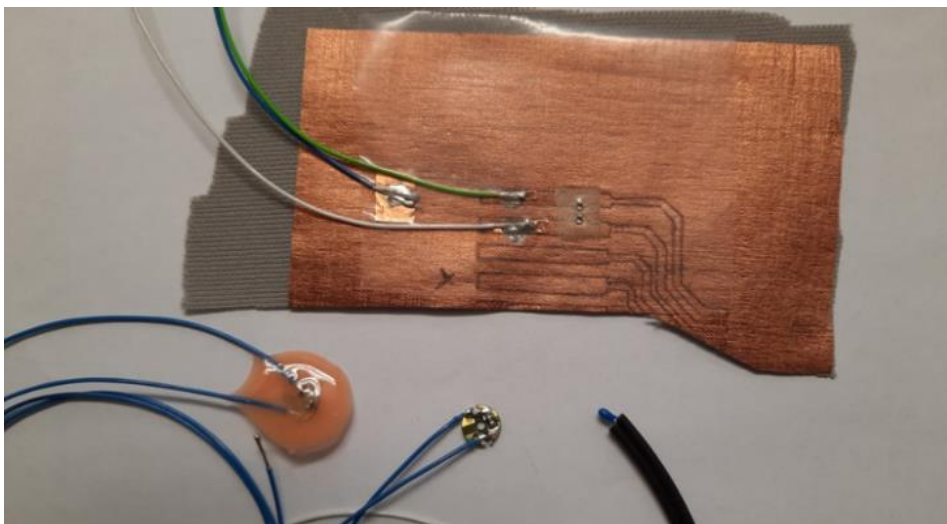


Abb. II.10. Kontaktierung kommerzieller Temperaturfühler auf der in MEFTEX 30 gelaserten Heizstruktur

Mit dem entwickelten Konzept sind die Temperaturfühler direkt mit dem geheizten metallisierten Textil (hier MEFTEX 30) verbunden. Die Kontakte und Zuleitungsbahnen können beim Lasern der Heizstruktur mit erzeugt und die Sensoren so direkt über das gelaserte Textil kontaktiert werden.

Im Arbeitspaket 9 wurden im Einzelnen die folgenden Arbeiten durchgeführt:

9.1.1 Aufstellen von Versuchsplänen zur Produktverifizierung

- Analyse der bisher erzeugten Heizmodule und Bestimmung der Grenzbereiche der Fertigungstechnologie
- Aufstellen von umfangreichen Versuchsplänen zur Produktverifizierung anhand von Kundenvorgaben und gesetzlicher Regelungen

9.1.2 Betreuung der ersten kompletten Testserien

Im vorliegenden AP erfolgte die Umsetzung der Versuchspläne zur Produktzertifizierung über die Durchführung der ersten kompletten Testserien und Erstellung der Testmuster.

9.1.3 Prüfungen und Produktverifizierung der Testmuster

Prüfungen für die Produktzertifizierung (produktseitig)

Prüfungen und Produktverifizierung der Fertigungsmuster

Ergebnis: Es wurde ermittelt, für welche Produktpalette die digitale Fertigung zertifizierbar ist, und die entsprechende Zertifizierung durchgeführt.

9.1.4 Anlagentechnische Verifizierung der Produktzertifizierung

- Prüfungen für die Produktzertifizierung aus anlagentechnischer Sicht

AP 10: Zusammenfassende Ergebnisanalyse und Anlagen- sowie Projektdokumentation

10.1.1 Analyse der Ergebnisse auf der Versuchsanlage (Muster), Verifizierung der Muster und Anlagendokumentation

- Analyse der auf der Versuchsanlage hergestellten Prototypen
- Produktzertifizierung der mit Hilfe des Algorithmus konstruierten, textilen Flächenheizungen
- Dokumentation der Anlagentechnik

10.1.2. Analyse der Ergebnisse, CE-Kennzeichnung und Projektdokumentation

- Verifizierung der Anlagentechnik
- Vorbereitung und Durchführung der notwendigen Kennzeichnung
- Erstellung der Projektdokumentation.

Zur Kontrolle des Projektfortschritts wurden für das Vorhaben drei Meilensteine definiert:

MS 1: Abschluss der Entwicklung der Teilprozessschritte (10/2021)

MS 2: Vorlage des Softwarekonzepts und der Algorithmen zur Berechnung der Heizmodule und Abschluss der Überführung der Teilprozesse in ein Anlagenkonzept (05/2022)

MS 3: Erfolgreicher Testlauf der Anlage (02/2023).

Die zehn Arbeitspakete einschließlich der Unterarbeitspakete wurden von KÖSTLER inhaltlich vollständig und erfolgreich bearbeitet. Zeitliche Verschiebungen der Arbeiten ab AP 7 resultierten aus einer verspäteten Fertigstellung und Lieferung der außerhalb von „eHeatDigiLine“ durch einen externen Partner realisierten Pilotanlage. MS 3 konnte daher erst Anfang des Jahres 2024 erreicht werden. Die zeitliche Verschiebung hatte keine negative Auswirkung auf die Erreichung der Projektzielstellungen.

II.2. Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Teilprojekt von KÖSTLER wurden ausschließlich die Kostenpositionen 0813-Material, 0837-Peronalkosten und 0838 Reisekosten geplant und verbraucht. In der folgenden Tabelle sind die Werte der mit dem Zuwendungsbescheid genehmigten Gesamtvorkalkulation den tatsächlich angefallenen Kosten (Gesamtnachkalkulation) gegenübergestellt.

1.1 Position	Gesamtvorkalkulation (€)	Gesamtnachkalkulation (€)
0813 Material	25.350,00	26.591,27
0837 Personalkosten	969.650,74	844.322,92
0838 Reisekosten	45.010,00	15.205,92
0855 Summe unmittelbare Vorhaben- kosten (Pos. 0813 – 0850)	1.040.010,74	886.120,41
0856 Kosten innerbetrieblicher Leistungen	0,00	0,00
0860 Verwaltungskosten	0,00	0,00
0881 gesamte Selbstkosten des Vorhabens (Summe Pos. 0855 – 0860)	1.040.010,74	886.120,41

Tab.II.1. Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Pos. 0813 - Material

Die im Projektverlauf angefallenen Materialkosten decken sich nahezu 1:1 mit der Projektplanung. Alle Materialaufwendungen sind dabei dem Projekt „eHeatDigiLine“ direkt zuordenbar, da für die spezifischen F&E-Aufgaben nicht auf Bestandsmaterialien von KÖSTLER zurückgegriffen werden konnte. Die größten Kostenpositionen betrafen dabei die Anschaffung von metallisierten Grundmaterialien (Substrate) und von Folienmaterialien zur Laminierung der Substrate. Die in der Regel als Rollenware verfügbaren Substrate und Folien wurden zur Prüfung der Eignung der Materialien sowie für die Herstellung der zahlreichen eHeat-Prototypen mit z.B. unterschiedlicher Form (einfache Linie, Mäander, Doppelspirale etc.) und variierten Abständen der Laserstrukturen benötigt. Darüber hinaus war umfangreiches Rollenmaterial zur Einrichtung, Erprobung und Optimierung der Einzelkomponenten der Pilotanlage (Materialzuführung, Lasereinheit, Laminiereinheit, Materialausgabe, Anlagensteuerung, Konfigurator etc.) und deren Zusammenspiel

erforderlich. Auch die weiteren abgerechneten Materialpositionen (z.B. Kontaktierungsmaterial oder gebrauchte Interieurteile) betreffen durchgängig Verbrauchsmaterial, das im Projektverlauf zur Prototypenerstellung nötig war. Die nach Projektende noch in geringem Maße verfügbaren Materialreste betreffen Substrate (MEFTEX 30) und Folien zur Laminierung der Substrate. Diese werden im Rahmen der weiteren Arbeiten zur Markteinführung der eHeat-Module ausschließlich für die Herstellung optimierter Prototypen genutzt, die in Analogie zu den im Projekt „eHeatDigiLine“ erstellten Mustern keiner Verwertung zugeführt werden können.

Pos. 0837 - Personalkosten

Durch die mittlerweile nicht nur in Industriebetrieben verstärkte Fluktuation (spontane Personalabgänge und dadurch notwendige, oftmals jedoch stark verzögerte Neueinstellungen) resultierten im Projektverlauf zum einen zeitweise Personalengpässe. Andererseits war dadurch zwangsläufig der Einsatz von zur ursprünglichen Projektplanung abweichenden Mitarbeitern erforderlich. In Kapitel III.4 (Tab.III.1) ist der tatsächliche Personaleinsatz im „eHeatDigiLine“-Teilprojekt von KÖSTLER der ursprünglichen Planung im Antrag gegenübergestellt.

Insgesamt resultiert aus den temporären Personalengpässen und dem im Kap.II.3 näher erläuterten Lieferverzug der Anlage entgegen der Projektplanung eine Verringerung der abrechenbaren Personalkosten bei KÖSTLER in Höhe von 13 %.

Pos. 0838 - Reisekosten

Die Corona-Beschränkungen in der „eHeatDigiLine“-Projektlaufzeit sind der Grund für die entgegen der Planung deutlich geringer ausgefallenen Reisekosten. Insbesondere die geplanten Auslandsreisen zu Kundengesprächen konnten nicht wie geplant realisiert werden. Die tatsächlichen Reisekosten fallen daher entgegen der Gesamtvorkalkulation um ca. zwei Drittel geringer aus.

Pos. 0881 - gesamte Selbstkosten des Vorhabens

Aus den genannten Gründen für die Verringerung der Personal- und Reisekosten im Vergleich zur Projektplanung fallen die gesamten Selbstkosten des Teilvorhabens von KÖSTLER entgegen der Gesamtvorkalkulation um 15 % geringer aus. Die Verringerung der Selbstkosten hatte dabei keine negativen Auswirkungen auf die Erreichung der Projektzielstellungen.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die durchgeführten Arbeiten sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da die geleisteten Projektarbeiten der im Projektantrag detailliert dargestellten Planung entsprachen und alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet werden konnten. Darüber hinaus mussten keine zusätzlichen Ressourcen zur Durchführung des beschriebenen Vorhabens aufgewandt werden. Unabdingbare Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung des Verbundvorhabens war jedoch die Konzeption, Entwicklung und letztendlich die Realisierung der Pilotanlage, die durch KÖSTLER auf eigene Kosten erfolgte. Auf Grund von Corona-Beschränkungen und Lieferkettenschwierigkeiten verspätete sich die Vor-Ort-Installation

der Anlage um ca. ein dreiviertel Jahr. Diese Tatsache führte auch zu einem zeitlichen Verzug im Erfüllungsstand des Arbeitsplans bei KÖSTLER, so dass bis zur Verfügbarkeit der Anlage weniger Personaleinsatz als geplant realisierbar war. Dieser Verzug konnte jedoch durch ein hohes Engagement der Projektmitarbeiter und die damit verbundene Intensivierung der Projektarbeiten bei KÖSTLER im Jahr 2024 vollständig kompensiert und so die Erreichung der Projektzielstellungen zu jedem Zeitpunkt sichergestellt werden.

II.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die Automobilindustrie steht derzeit mit dem elektrischen Fahren vor großen Herausforderungen, die nicht allein die Batteriesysteme und den Antrieb betreffen. Aktuelle Studien zeigen, dass auch das Interieur betroffen ist. Hier muss ein komplett neues Konzept für die Heizung der Fahrgastzelle greifen, bei dem die Heizelemente in Körpfernähe positioniert werden und auch die Wärmeisolation der Fahrgastzelle nicht mehr vernachlässigt werden kann. Gerade die individuellen elektrischen Heizungen, die sich in Form und Heizleistungen deutlich unterscheiden, führen zu einer Vielzahl individueller Produkte mit sinkenden Losgrößen. Nur wer hier schnell und flexibel auf die Kundenanforderungen reagieren kann, wird in Zukunft als Zulieferer eine Chance auf dem Markt haben.

KÖSTLER konnte in diesem Zusammenhang mit dem Verbundvorhaben „eHeatDigiLine“ das vom TITV Greiz entwickelte technologische Fertigungskonzept für individuelle, textile Flächenheizungen mit Fokus auf seine Anwendungen im Bereich E-Mobilität erfolgreich umsetzen und eine Pilotanlage zur automatischen Fertigung entsprechender Prototypen realisieren. In enger Zusammenarbeit mit der Firma Flyacts und dem TITV wurden dabei die technologischen Algorithmen des TITV durch eine professionelle Softwarelösung (Flyacts) auf der Pilotanlage von KÖSTLER umgesetzt und erste Prototypen für individuelle, textile Heizungen für E-Fahrzeuge erstellt.

Mit der Inbetriebnahme der Pilotanalagen-Fertigungsstrecke konnten die unmittelbar am Projekt beteiligten Partner zahlreiche Erfahrungen sammeln, um später vergleichbare Industrie-4.0-Fertigungsanlagen gemeinsam zu konzipieren, aufzubauen, in Betrieb zu nehmen und betreiben zu können.

Im Rahmen des Bündnisses SmartERZ planen wir darüber hinaus im kommenden Jahr ein Unternehmerforum zur Live-Vorstellung der Pilotanlage und der „eHeatDigiLine“-Projektergebnisse für weitere interessierte Anwender aus den Reihen des Netzwerkes. Wir erwarten, dass die entwickelte Technologie für viele SmartERZ-Partner von erheblichem Nutzen sein wird, da mit ihr der zeitliche Aufwand für die Entwicklung ähnlicher Smart Composite Anwendungen deutlich reduziert wird. Weiterhin ergibt sich für KÖSTLER dadurch die Möglichkeit, weitere Kooperationen vorzugsweise mit regionalen Unternehmen einzugehen. In diesem Zusammenhang sind bereits Vorführungen der Technologie und erste zielführende Gespräche mit Partnern der SmartERZ-Projekte „SmartBoard“ und „CoCoHeat“ erfolgt.

KÖSTLER verfolgt nach Abschluss des Projektes im Rahmen der Ergebnisverwertung folgende konkreten Zielstellungen für die nähere Zukunft:

- Weitere Optimierung der Anlagentechnik und insbesondere der Softwaresteuerung bis zur Serienreife der eHeat-Module über eine maximal zwölfmonatige Markteinführungsphase (Förderung über das SAB-Programm „Markteinführungsprämie“)
- Weiterführung und Intensivierung der breit angelegten Kunden- und Projektakquise mit einer Kombination aus modernster, effizienter Herstellungstechnologie und kürzester Umsetzungszeit im Bereich Prototypenbau
- Parallele Bewerbung von Produkt- und Herstellungstechnologie
- Implementierung von ersten Serienanwendungen ab Ende 2025 (mehrere Kundenanfragen liegen vor)
- Projekte für Kunden bzw. mit Branchenpartnern zur Umsetzung ähnlicher Fertigungskonzepte bei anderen Produkten. Erste Gespräche sind bereits z. B. mit SmartERZ- Partnern erfolgt.
- Eingehen von Projektkooperationen mit Kunden und Partnern im Bereich Automotive in der frühen Entwicklungsphase von neuen Fahrzeugmodellen.

Das eHeat-Flächenheizsystem hat zudem das Potenzial, völlig neue Perspektiven für die Elektromobilität zu eröffnen, da es eine energieeffiziente, materialsparende und kostengünstige Alternative zu konventionellen Heizsystemen darstellt. Entscheidende Vorteile sind die freie Konfektionierbarkeit und die Integrierbarkeit in unterschiedlichste Fahrzeug-Innenraumbereiche. Das mögliche Einsatzspektrum erstreckt sich dabei vom Sattel des E-Bikes bis zur Schlafkabine im LKW. Selbst der Einsatz in Flugzeugen ist denkbar und möglich.

Mit den eHeat-Flächenheizsystemen der Firma Köstler wird zudem ein hoher Nutzen für den Endkunden (Fahrzeugnutzer) und damit ein gesellschaftlicher Impact erreicht.

Darüber hinaus leisten die Systeme auf Grund des vergleichsweise geringen Materialeinsatzes und der guten Recyclingfähigkeit des Textils wesentliche Beiträge zu den aktuellen Zukunftsfeldern Ressourceneinsparung und Umweltschutz:

Umwelt: Material- und Ressourceneinsparung bei der Herstellung des Produktes

Rohstoffe: Materialeinsparung im Vergleich zu bestehenden Produkten

Energie: Deutlich bessere Energieeffizienz als konventionelle Flächenheizungen.

Das Verfahren der Laserstrukturierung leitfähiger, textiler Materialien besitzt neben den im Projekt „eHeatDigiLine“ erforschten Flächenheizungen ein hohes Potenzial für die Entwicklung weiterer Anwendungen. Die Projektpartner KÖSTLER und TITV e.V. haben mit weiteren Partnern in diesem Zusammenhang bereits das Forschungsvorhaben „BioFunktion“ im Rahmen der Initiative Technologietransfer Leichtbau des BMWK gestartet. In diesem Forschungsvorhaben sollen die individuell gefertigten textilen Heizmodule in neuartigen vom TITK in Rudolstadt entwickelten biokompatiblen Leichtbauteilen für das Fahrzeuginterieur zur Integration neuer Funktionen weiterentwickelt werden.

II.5. Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Parallel zu der Projektarbeit erfolgten durchgängig Recherchen im Internet sowie in relevanten Zeitschriften als auch in der Datenbank TOGA® Textil, WTI-Frankfurt. Darüber hinaus wurde ein Messeauftritt auf der „Automotive Interiors Expo 2022“ (Stuttgart, 8.-10. Nov. 2022) genutzt, um die bisherigen Entwicklungen im Rahmen von „eHeatDigiLine“ vorzustellen und auf der Messe vorgestellte, aktuelle Entwicklungen anderer mit der eigenen Zielstellung zu vergleichen. Basierend auf diesen umfangreichen Recherchen sind von anderen Stellen keine weiteren F&E-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant waren.

II.6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF

Der Projektfortschritt von „eHeatDigiLine“ wurde den interessierten SmartERZ-Partnern und dem Beirat jeweils im Rahmen der jährlich stattfindenden Bündnisversammlung (2021 - 2024) präsentiert. Darüber hinaus wurden folgende Messeauftritte genutzt, um das neue Prinzip der textilen e-Heat-Module einem breiten Fachpublikum vorzustellen:

- Anwenderforum Smart Textiles - #SMART TEXTILES, Zwickau, 11.-12. Mai 2022.
- Automotive Interiors Expo, Stuttgart, 08.-10. November 2022
- 11. Anwenderforum Smart Textiles, St. Gallen (CH) 15.-16.03.2023.

Die Teilnahme an der „Automotive Interiors Expo“ in Stuttgart vom 12.-14. November 2024 ist in Planung.

Anzumerken ist, dass KÖSTLER im Projektverlauf auf Grund der Neuartigkeit der entwickelten Technologie und der erstellten Prototypen bezüglich der Öffentlichkeitsarbeit vorsichtig agierte. Für die Fertigungstechnologie verfügt KÖSTLER zwar seit Beginn des Projektes über die Verwertungsrechte der Schutzrechtsanmeldungen. In Bezug auf die Prototypen konnten jedoch erst zum Ende des Projektes, d. h. mit dem Nachweis funktionsfähiger, frei konfigurierbarer Prototypen Maßnahmen zu Schutzrechten ergriffen werden. Aktuell ist die Anmeldung eines Gebrauchsmusterschutzes für die eHeat-Module in Arbeit. Während in Kundengesprächen auf Basis von Geheimhaltungsvereinbarungen die Kommunikation seit Projektstart weitestgehend uneingeschränkt möglich war, ist dies mit Erteilung des Gebrauchsmusterschutzes künftig auch für die breite Öffentlichkeit möglich.