

Veröffentlichung zum IGF-Forschungsprojekt

„Untersuchung und Entwicklung konturgenauer Klebstoffauftragstechniken in der Schuhindustrie“

Bewilligungszeitraum: **1. Februar 2010 bis 31. Juli 2012**

AiF-Forschungsvorhaben Nummer: **16361 N**

Forschungsstelle: **Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V.**

Projektleiter: **Dipl.-Ing. Peter Neßler**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V. konnte dieses Forschungsprojekt 16361N dank der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) durchführen, welche das Projekt im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) unterstützte. Wir danken der AiF dafür, uns mit diesem Forschungsprojekt betraut zu haben.

Welche Forschungsergebnisse wurden angestrebt?

Das Projekt befasste sich mit dem Thema *Klebeprozestechnik in der Schuhindustrie* und konzentrierte sich auf den Aspekt, eine *optimale Klebstoffauftragstechnik für lösemittelfreie Klebesysteme* zu entwickeln.

Nach eingehender Recherche zu geeigneten Techniken und Klebesystemen wurde der Schwerpunkt auf die Applikation von herkömmlichen und reaktiven Schmelzklebstoffen gelegt.

Schmelzklebstoffe haben den Vorteil, dass ein einseitiger Auftrag oftmals ausreicht. Zudem sind Schmelzklebstoffe lösemittelfrei und belasten Umwelt und Personal somit geringer als lösemittelhaltige Klebstoffsysteme.

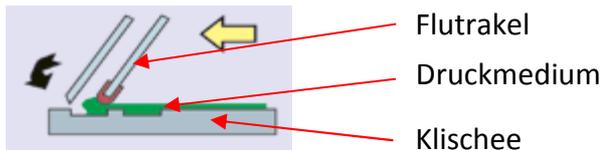
Das Kleben mit thermoplastischen Klebstoffen (Heißklebern) ist bei einer Vielzahl von Anwendungen in der Schuhfertigung Stand der Technik, beispielsweise beim Klebezwickeln, Buggen (Stürzen) und Kaschieren (Hinterbügeln). Schuhhersteller haben somit bereits Erfahrung in der Verarbeitung dieser Klebstoffe. Allerdings sind die Ansprüche an die Konturgenauigkeit der bisher angewendeten Auftragstechniken mit Heißklebern bislang gering. Das wichtigste Kriterium ist derzeit, dass die Verbindungen höchsten mechanischen und thermischen Beanspruchungen standhalten müssen, so zum Beispiel beim Klebezwickeln (Befestigen des Schaftes an der Brandsohle). Das Projekt hatte zum Ziel, ein geeignetes Applikationsverfahren für Heißkleber zu entwickeln, das neben dem Kriterium der Klebegüte auch das der Konturgenauigkeit erfüllt.

Im Projekt wurden als Fallbeispiele für stark belastete funktionelle Klebestellen am Schuh die Sohlenklebung und Absatzfixierung ausgewählt.

Vorversuche hinsichtlich der Auftragstechnik identifizierten prägende sowie abrollende oder abwickelnde Techniken mit Tampons und Stempeln als erfolgversprechend. Da die Schuhindustrie solche Techniken zur Klebstoffapplikation bisher nicht einsetzt, soll in diesem Projekt der mögliche Einsatz erforscht werden. Das Projekt konzentrierte sich daher auf das konturgetreue Aufbringen von Heißkleber mittels des Tampondruckverfahrens.

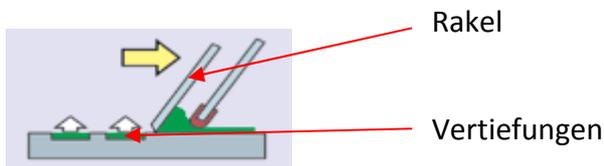
Das Tampondruckverfahren

Das Tampondruckverfahren gliedert sich in fünf Arbeitsschritte:



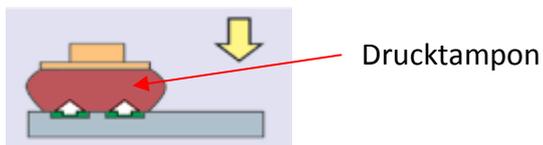
Bildquelle: www.coates.de

1) Eine Flutrakel zieht das Druckmedium über das Klischee.



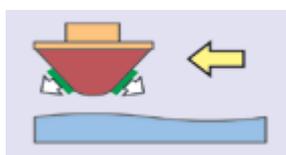
Bildquelle: www.coates.de

2) Die Rakel entfernt das überschüssige Druckmedium vom Klischee. Das Druckmedium verbleibt in den Vertiefungen.



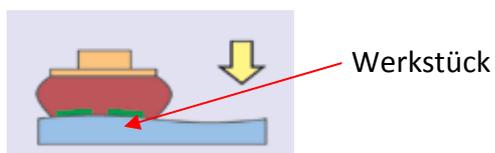
Bildquelle: www.coates.de

3) Der Tampon wird auf das Klischee gepresst.



Bildquelle: www.coates.de

4) Der Tampon nimmt das Druckmedium auf.

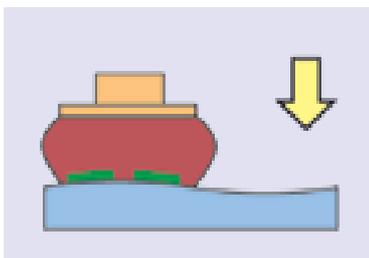


Bildquelle: www.coates.de

5) Der Tampon überträgt das Druckmedium auf das Werkstück

Jeder dieser fünf Schritte ist an den speziellen Anwendungsfall anzupassen. Das Klischee kann verschiedene Formen und Oberflächenstrukturen annehmen. Auch der Drucktampon kann sehr unterschiedliche Geometrien aufweisen. Er kann kegelförmig, flach, spitz ausgeformt oder rund sein. In der Druckindustrie werden auch Rolltampons verwendet.

Diese Variabilität des Tampondruckverfahrens eröffnet viele Möglichkeiten, um es zur Klebstoffbeschichtung von Schuhelementen zu nutzen.



Bildquelle: www.coates.de

Sogar das Bedrucken unebener Flächen ist in gewissen Grenzen möglich.

Vorversuche

In ersten Versuchsschritten wurde mit relativ einfachen Aufbauten Versuche durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wurden

- a) die grundsätzliche Eignung und
- b) die zu erwartenden Probleme der verschiedenen Techniken

bewertet.

Die Auswertung erfolgte mit gängigen messtechnischen und visuellen Methoden (zum Beispiel Randbegrenzung des Auftrags) sowie anhand von Klebproben (zum Beispiel Güte der Adhäsion). Die notwendigen Versuchsaufbauten wurden durch Eigenmittel des PFI realisiert. Die Prüfungen der Klebequalität erfolgten in den Labors des PFI nach einschlägigen Normen.

In den Versuchen wurden folgende Kriterien untersucht:

- Ermittlung des optimalen Materials zur Herstellung von Drucktampons
- Ermittlung der idealen Härte des Drucktampons
- Überdrucken von Kanten
- Verschleppung von Klebstoff durch die Dehnung des Drucktampons
- Darstellung der Druckgenauigkeit
- Oberflächenwölbung des Drucktampons und ihre Auswirkungen
- Rasterung der Klischeeplatte
- Klebstoffübertragung und Temperaturen
- Tampondruck mit Randbegrenzung durch das Werkstück
- Einfluss der Form eines Rolltampons

Entwicklung und Konstruktion von fein dosierbaren Auftragstechniken

Im Rahmen dieses Projekts sollten Auftragstechniken für Schmelzklebstoffe entwickelt werden.

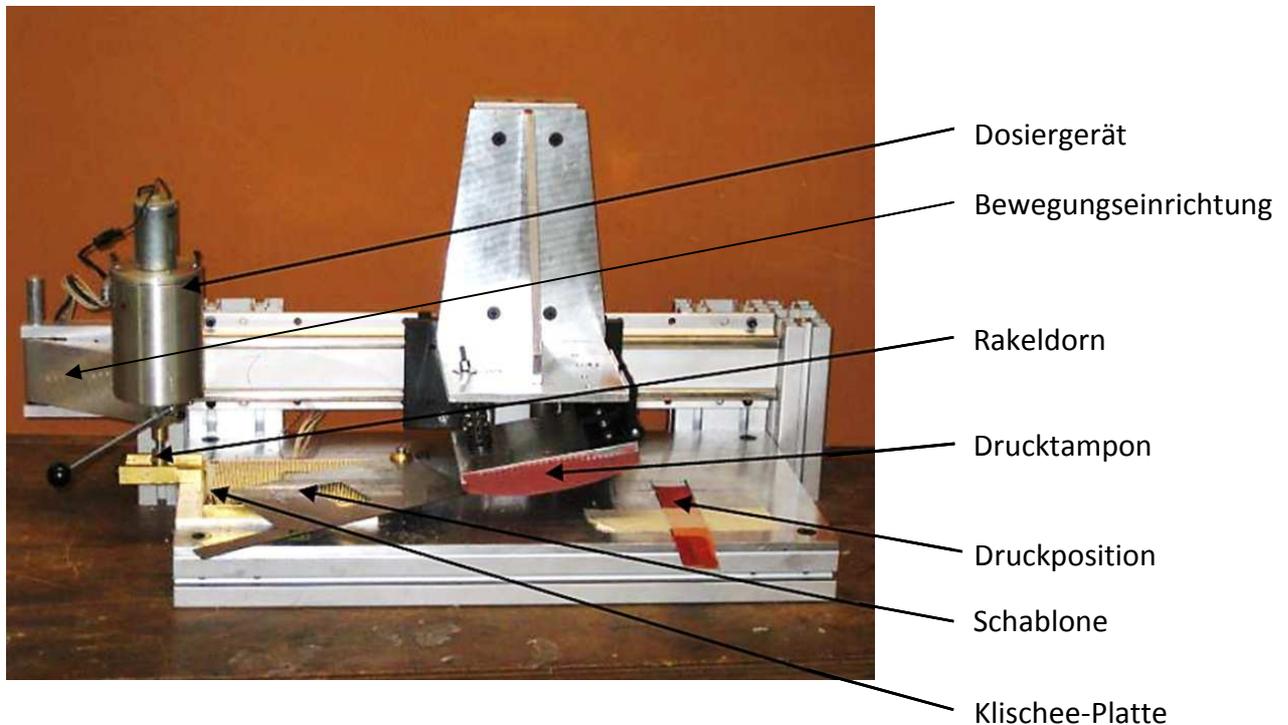
Hierbei waren folgende Anforderungen konstruktiv umzusetzen:

- Exakte Einstellbarkeit der Klebstoffmenge
- Hohe Kantengenauigkeit und örtliche Begrenzung des Auftrags
- Robustheit
- Geringe Kosten, insbesondere geringe Werkzeugkosten
- Geringer Klebstoffverbrauch
- Robuster Prozess
- Einfache Einbindung in eine automatisierte Fertigung
- Einfache Reinigung der Einrichtung
- Einfache Integration in die Produktionslinie
- Breite Anwendbarkeit

Es wurden drei verschiedene Auftragsverfahren entwickelt und getestet. Diese Verfahren können für die Mehrzahl der in der Schuhindustrie anfallenden Klebeaufgaben eingesetzt werden. Es handelt sich um folgende Verfahren:

1. Entwicklung eines Funktionsmodells zum Tampondruck auf flache Teile
2. Rolltampondruck zum Verkleben von Schalensohlen
3. Tampondruck für den Druck mit Randbegrenzung durch das Werkstück

Funktionsmodell zum Tampondruck auf flache Teile



Es wurde ein Funktionsmodell entwickelt, welches es ermöglicht, flache Teile im Tampondruckverfahren mit Klebstoff zu beschichten. Diese Teile dürfen sogar gewisse Unebenheiten aufweisen, wie sie beispielsweise durch Nähte oder unterschiedliche Materialdicken entstehen.

Dieses Funktionsmodell besteht aus folgenden Komponenten:

1. Dosiergerät mit angebautem Rakeldorn

Diese Kombination ermöglicht es, den Klebstoff genau zu dosieren und auf die Klischeeplatte zu bringen. Der Rakeldorn besitzt hier eine Doppelfunktion: die einer Düse und die des Rakels.

2. Klischeeplatte

Sie hat eingravierte Vertiefungen (auch Nöpfchen, Dübel oder Dimples genannt), die in einem zuvor festgelegten Raster angeordnet sind und der Aufnahme des Klebstoffes dienen.

3. Schablone

Sie dient zum konturgenauen Auftrag des Klebstoffes auf die Klischeeplatte.

4. **Drucktampon**

Er ist mit einer Wölbung versehen zwecks besserer Klebstoffaufnahme und zur Vermeidung von Lufteinschlüssen beim Aufdrücken auf die Klischeeplatte.

5. **Motorisierte Bewegungseinrichtung**

Sie gewährleistet einen gleichmäßigen Klebstoffauftrag.

6. **Fläche zur Befestigung der mit Klebstoff zu beschichtenden Teile**

Auf dieser Fläche können Vorzeichnungen zur Positionierung aufgebracht oder Schablonen befestigt werden.

Versuchsdurchführungen mit dem Funktionsmodell

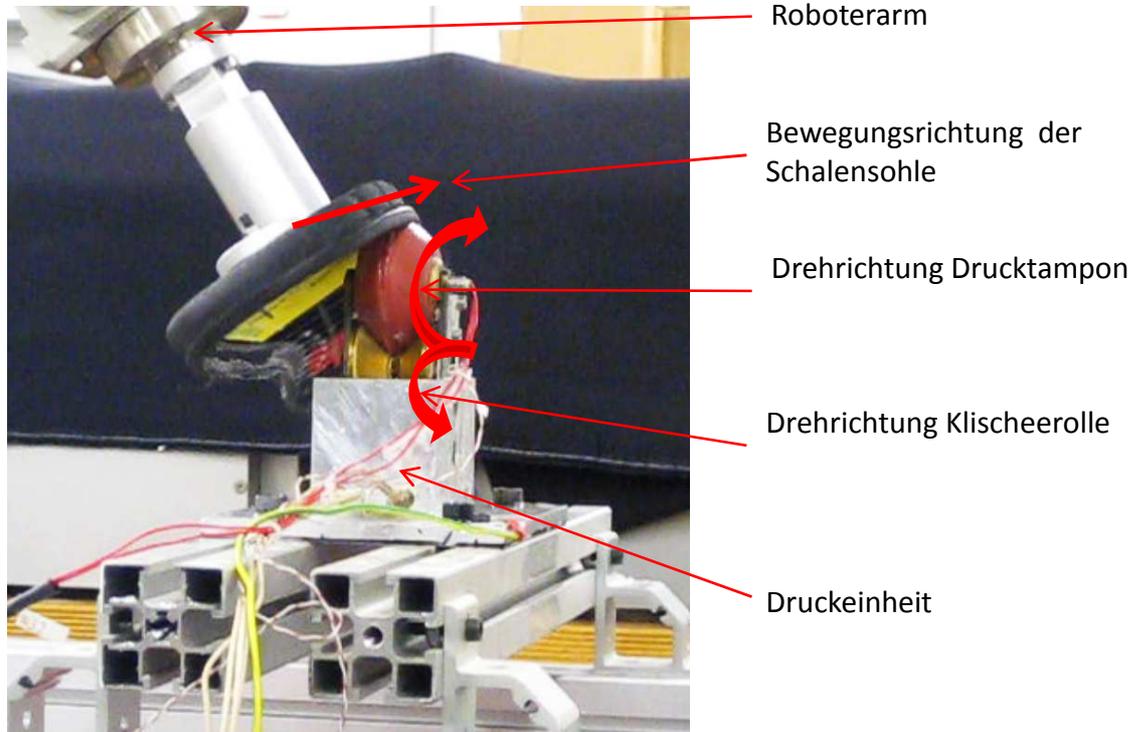
Die verschiedenen Komponenten wurden erprobt, optimiert und mit verschiedenen Maschineneinstellungen getestet. Druckproben mit unterschiedlichen Material-Klebstoffkombinationen wurden angefertigt und folgende Parameter ermittelt:

- Aufgetragene Klebstoffmenge
- Schälwiderstand
- Scherwiderstand
- Kantengenauigkeit

Für Obermaterialien wird der Klebstoff in der Regel flächig und eben aufgetragen. Hier kommen verschiedene Klebstoffrezepturen zur Anwendung, je nach gewünschter Funktion des aufgetragenen Heißklebers. Es wurden Heißkleber getestet, die einzelne Teile lediglich leicht fixieren sollen, um sie später besser verarbeiten zu können. Weiterhin wurden Heißkleber getestet, die auf eine hohe Endfestigkeit ausgelegt sind. Die Versuche zeigten, dass alle getesteten Klebstofftypen mit dem Funktionsmodell grundsätzlich gut zu verarbeiten sind.

Im Ergebnis können zwar allgemeine Richtlinien zum Bedrucken verschiedener Materialien sowie zur Fehlervermeidung beim Drucken gegeben werden. Diese können jedoch nur richtungsweisenden Charakter haben. Letztlich werden die für jeden Anwendungsfall optimalen Einstellungen nur durch Versuche zu ermitteln sein.

Klebstoffauftrag am Innenrand von Schalensohlen

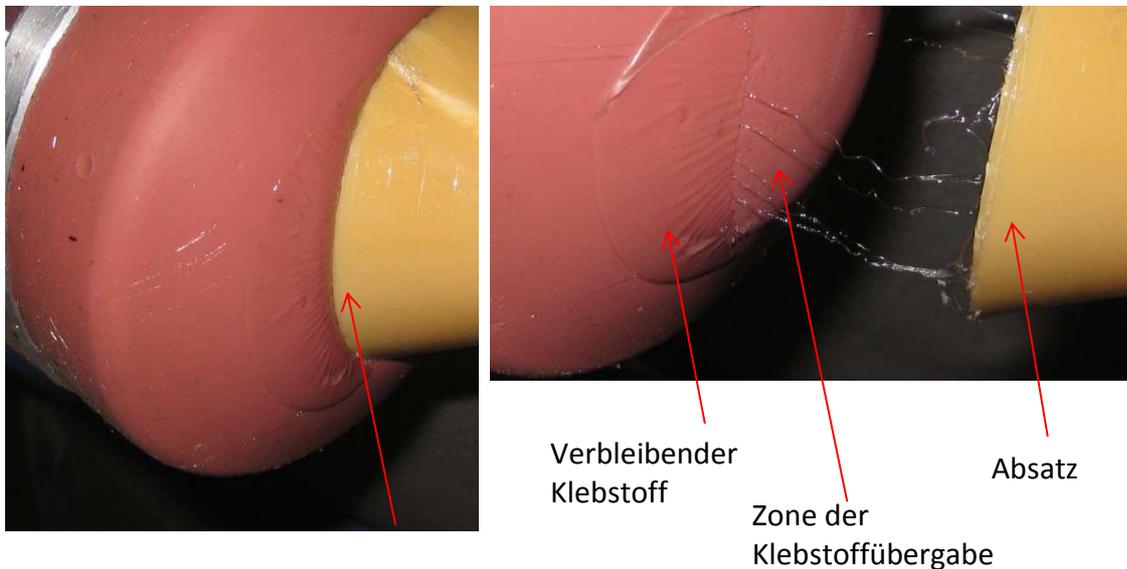


Die oben gezeigte Druckeinheit ist stationär montiert. Die Schalensohle ist an einem Roboterarm befestigt und wird von diesem tangential über die Druckrolle geführt.



Durch das Aufrollen des Klebstoffes an der Innenseite der Schalensohle endet der Klebstoffauftrag exakt an der Sohlenkante. Die Schalensohle wird konturgenau bis zur Sohlenkante mit Klebstoff beschichtet.

Klebeverfahren, bei dem die Klebstofffläche durch das zu bedruckende Werkstück begrenzt wird



Rand des
Druckbereiches

Verbleibender
Klebstoff

Zone der
Klebstoffübergabe

Absatz

Um die Palette der Druckverfahren zu vervollständigen, wurde eine Vorrichtung entwickelt, die es ermöglicht, Teile bis zur Werkstückkante mit Klebstoff zu beschichten.

Der mit Klebstoff benetzte Drucktampon wird auf die zu bedruckende Fläche gedrückt und überträgt dabei den Klebstoff auf das Werkstück. Beim Erreichen der Werkstückkante erhöht sich die Druckbelastung um ein Vielfaches, der auf dem Drucktampon befindliche Klebstofffilm wird abgetrennt. Nur überschüssiger Klebstoff verbleibt auf dem Drucktampon.

Die Versuche wurden an Damenabsätzen durchgeführt. Diese Methode ist jedoch auch bei beliebigen anderen Werkstücken anwendbar, bei denen eine Materialkante gleichzeitig den Rand der Klebefläche darstellt.

Bei diesen Versuchen wurde das „Absatzbett“ (die Kontaktfläche zum Schuh unter der Ferse) mit Klebstoff beschichtet. Diese Klebstoffbeschichtung dient zur Vorfixierung der Absätze in der Produktion, bevor eine endgültige Befestigung durch Schrauben oder Nägel erfolgt.



Mit Klebstoff beschichtetes
Absatzbett

Absatz

Je nach Temperatureinstellungen und verwendetem Klebstoff konnten Klebstofffilme mit Dicken von 0,2 bis 0,5 mm aufgetragen werden. Die Filmdicke ist von der Härte des Drucktampons, der Viskosität des Klebstoffes, der Temperatur und der Anpressdauer abhängig. Diese Parameter sind nur schwer rechnerisch zu bestimmen und müssen durch Tests ermittelt werden.

Einbindung in eine automatisierte Fertigung

Eine exemplarische Herstellung eines Schuhpaares soll die unterschiedlichen Drucktechniken, welche in diesem Vorhaben entwickelt wurden, demonstrieren und deren potentielle Anwendbarkeit in einem industriellen Umfeld zeigen.



Die in diesem Projekt entwickelten Klebstoff-Auftragstechniken ermöglichen es, Schuhteile (wie Schafteile oder Schalensohlen) an den entsprechenden Stellen mit Klebstoff zu beschichten und zu verkleben.

Ausblick

- **Entwicklung geeigneter Klebstoffe**

Um die im Projekt entwickelten Technologien voranzubringen, wäre es erforderlich, spezielle Klebstoffe für den Tampondruck zu entwickeln, die auf die besonderen Anforderungen dieser Auftragstechnik optimiert sind.

Um solche Klebstoffentwicklungen zu erleichtern, wäre es möglich, ein Testgerät zur Ermittlung der Anwendbarkeit beziehungsweise zur Ermittlung der Druckparameter beim Tampondruck mit Heißklebern zu entwickeln. Dieses Testgerät sollte durch standardisierte Druckverfahren die Möglichkeit geben, die neuen Klebstoffe auf gute Verarbeitbarkeit zu testen. Das hier durchgeführte Projekt stellt die Basisinformationen für eine solche Entwicklung bereit.

- **Entwicklung eines Gerätes zur Pulverbeschichtung von Flächenmaterialien**

Im Zuge der Projektdurchführung entstand die Idee, thermoplastische Klebstoffe auf eine ganz andere Weise aufzubringen, und zwar indem flache Schuhteile mit Klebstoffpulver bestreut werden. Mit Hilfe von Schablonen kann die Beschichtung begrenzt werden. Durch kurze Hitzebeaufschlagung wird der Klebstoff auf der Oberfläche des Werkstückes fixiert. Das so beschichtete Teil kann auf herkömmliche Art weiterverarbeitet werden.

- **Klebstofffolien**

Es besteht die Möglichkeit, Folien aus thermoplastischem Klebstoff in vorgegebener Form und Dicke vorzufertigen. Solche Klebstofffolien werden in der Produktion, von Hand oder maschinell aufgelegt und an mehreren Punkten thermisch fixiert. Der so aufbrachte Klebstoff kann dann in einem Aktiviergerät aufgeschmolzen und das so beschichtete Werkstück der Weiterverarbeitung zugeführt werden. Diese Methode ist sehr flexibel und einfach einzusetzen.

- **Tampondruck für andere lösemittelfreie Klebstoffe**

Die hier entwickelten Tampondruckverfahren sind – nach entsprechender Modifikation – auch für andere lösemittelfreie Klebstoffe anwendbar und befinden sich teilweise schon in der Anwendung. Maßgeblich für den Einsatz eines Klebstoffes im Tampondruckverfahren sind seine Verarbeitbarkeit und die zu erwartenden Festigkeitswerte der Klebeverbindung.

Folgeprojekt

Die zuletzt genannten Punkte enthalten weiteres Entwicklungspotential für ein neues Projekt. Dies befürworten auch die Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses.

Das PFI will sich mit Klebstoff- und Schuhherstellern sowie Herstellern von klebstoffverarbeitenden Anlagen in Verbindung setzen, um die Notwendigkeit und die wirtschaftlichen Aussichten von Entwicklungen neuartiger thermoplastischer Klebstoffe und den oben angesprochenen Geräten zu diskutieren.

Ein Anschlussprojekt soll die Schwerpunkte auf die Entwicklung

- a) der benötigten speziellen Tampondruck-Klebstoffe und
- b) der Geräte zum Testen dieser Klebstoffe

legen. Die Ergebnisse, die der Projektabschlussbericht beschreibt, zeigen das Potential der neuen Auftragstechnik per Tampondruck. In einem Anschlussprojekt könnten in Zusammenarbeit mit der Industrie entsprechende Klebstoffe entwickelt und wirtschaftlich vermarktet werden.

Weitere Details der Entwicklungen und Untersuchungen im Rahmen dieses Projekts sind im Abschlussbericht nachzulesen, der beim PFI unter dem Titel AiF Projekt 16361 N „Untersuchung und Entwicklung konturgenauer Klebstoffauftragstechniken in der Schuhindustrie“ angefordert werden kann. PFI-Projektleiter Peter Neßler steht für Beratungsgespräche in Sachen Tampondruck mit thermoplastischen Klebstoffen gerne zur Verfügung.

Danksagung

Wir bedanken uns für die Unterstützung durch das BMWi, welches über die Industrielle Gemeinschaftsforschung, IGF, dieses Projekt erst ermöglicht hat.

Den Mitarbeitern und der Leitung des ISC- Pirmasens gebührt Dank für die technische Unterstützung, Beratung und die Bereitstellung von Materialien und Betriebseinrichtungen. Den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses danken wir für die kompetente Unterstützung, die Bereitschaft beratend tätig zu sein und die engagierte Mitarbeit in den Projektsitzungen.