

## PFI Research Project Examines New Approaches

### Alternatives to Conventional Roughing

“Roughing” refers to the process in shoe manufacture in which the grain layer of the upper leather is removed in the region of the lasting edge. This is necessary to allow the cement, i.e. the adhesive, to gain a firm hold deep in the underlying layers of the leather and thus fulfil the conditions for optimum durability of the bonding of the sole. In footwear production roughing is generally performed by trimming or abrasion and is a tool-based, hardly automated process requiring a high degree of precision. An independent research project has now been undertaken by PFI to establish which alternatives to conventional roughing are effective and can also be automated with relative ease and at reasonable cost.

### Why Roughing Is Performed

During lasting, the outer surface of the upper leather, i.e. the grain layer, in the region of the lasting edge faces downwards towards the sole. Studies have shown that the strength of bonding of the grain layer with the lower-lying skin layers of the leather is not so great as that between the lower layers themselves. It is readily shown by tensile tests that the adhesive bond itself holds but the grain layer is torn from the lower-lying layers. If the grain layer is removed prior to cementing, for example by abrasion, and the strength of the adhesive bond is then measured, significantly higher values are recorded. An operation called “roughing” is therefore performed in the course of footwear production.

The term “roughing” thus refers to the abrasion or trimming off of the grain layer of the leather in the vicinity of the lasting edge to permit formation of a permanent ad-

## PFI-Forschungsprojekt untersucht neue Verfahrensansätze

### Alternativen zum herkömmlichen Rauen

„Rauen“ bezeichnet den Arbeitsschritt in der Schuhherstellung, bei dem die Narbenschicht des Oberleders im Bereich des Zwickeinschlages abgetragen wird. Dies ist notwendig, damit der „Zement“, also der Klebstoff, sich tief in den darunter liegenden Schichten des Leders verankern kann und somit die Voraussetzungen für eine optimale Haltbarkeit der Sohlenverklebung geschaffen werden. In der Regel geschieht Rauen in der Schuhherstellung durch Fräsen oder Schleifen und ist ein werkzeuggebundener, wenig automatisierter Vorgang, der hohe Präzision erfordert. Ein Forschungsprojekt des PFI untersuchte nun in einer unabhängigen Studie, welche Alternativen zum herkömmlichen Rauen effizient sind und zudem relativ einfach und kostengünstig zu automatisieren.

### Warum geraut wird

Beim Zwickeln liegt die Außenseite des Oberleders, die Narbenschicht, im Bereich des Zwickeinschlages unten, der Laufsohle zugewandt. Untersuchungen zeigen, dass die Verbindung der Narbenschicht mit den darunter liegenden Hautschichten des Leders nicht die gleiche Festigkeit besitzt wie die Verbindung der darunter liegenden Schichten untereinander. Im Zugversuch ist leicht nachzuweisen, dass die Klebung an sich hält, dass aber dagegen die Narbenschicht von den darunter liegenden Schichten abreißt. Entfernt man vor der Klebung die Narbenschicht, beispielsweise durch Abschleifen, und ermittelt dann die Haftkraft der Klebeverbindung, so misst man deutlich höhere Kräfte. Aus diesem Grund wird in der Schuhherstellung ein Arbeitsgang durchgeführt, der sich „Rauen“ nennt.

hesive bond with the outsole. It is important that roughing is performed as precisely as possible right up to the outer edge of where the sole will subsequently be placed in order that the critical adhesion sites bond well. "Over-roughing" is visible on the upper and entails reworking or may even mean that the shoe is completely useless. A distinction is made between bottom roughing, where only the shoe bottom is roughed, and the more difficult operation of side roughing, where – for example in the case of dished soles – part of the lower region of the upper is roughed. After roughing, adhesive is applied to the shoe bottom, including those places that have previously been roughed. Simple spraying on of the adhesive is usually insufficient. Instead, the adhesive has to be pressed into the roughed upper with a brush to effect deep-seated anchoring of the adhesive in the upper material. This process is known as cementing in the footwear industry.

### Independent PFI Research Project

The roughing operation is not characterised by a particularly high degree of automation, except in the case of a few specific footwear constructions. Although new systems are commercially available as alternatives to conventional tool-based roughing by brushing or trimming they have not yet become widely accepted. As an independent research institution, PFI therefore launched a research project to investigate which comparatively straightforward and cost-effective approaches come into question for anchoring the layer of adhesive in leather in the region of the lasting edge: What are the alternatives to conventional roughing for removal of the grain layer or for bonding it better to the lower layers of the leather? Within this project, PFI has developed solution scenarios and evaluated them for later in-depth study. A distinction was appropriately made between physical and chemical processes.

The alternatives to roughing presented in Table 1 were first examined with respect to their general suitability and then with respect to their suitability in industrial practice.

Unter „Rauen“ versteht man also das Abschleifen oder Abfräsen der Narbenschicht des Leders im Bereich des Zwickeinschlages, um eine haltbarere Verklebung der Laufsohle zu erreichen. Wichtig ist dabei, dass möglichst exakt bis an die Außenkante des späteren Sohlenverlaufes geraut wird, damit die kritischen Stellen der Verklebung, nämlich der Kantenverlauf, gut haften. „Überrauen“ ist am Schaft sichtbar und bedeutet Nacharbeit oder gar, dass der Schuh gänzlich unbrauchbar ist. Man unterscheidet zwischen Bodenrauen, also dem ausschließlichen Rauen des Schuhbodens, und dem schwierigeren Seitenrauen, bei dem – zum Beispiel bei Schalensohlen – auch ein Teils des unteren Schuhschaftbereiches geraut wird. Nach dem Rauen erfolgt das Aufbringen des Klebstoffes auf den Schuhboden, das bedeutet unter anderem an den Stellen, an denen vorher geraut wurde. Einfaches Aufsprühen des Klebstoffes reicht hier meist nicht aus. Stattdessen muss der Kleber mit einer Bürste regelrecht in den gerauten Schaft hineingedrückt werden, um eine tiefe Verankerung des Klebstoffes im Schaftmaterial zu bewirken. Diesen Vorgang nennt man in der Schuhindustrie „zementieren“.

### Unabhängiges Forschungsprojekt des PFI

Der Arbeitsgang des Rauens weist, außer bei einigen speziellen Macharten, keinen hohen Automatisierungsgrad auf. Als Alternative zum gängigen werkzeuggebundenen Rauen durch Bürsten oder Fräsen gibt es zwar am Markt bereits neue Systeme, doch diese haben sich noch nicht auf breiter Basis durchgesetzt. Das PFI in seiner Rolle als unabhängiges Forschungsinstitut untersuchte daher in einem Forschungsprojekt, welche relativ einfach zu realisierende und kostengünstig zu automatisierende Lösungen zur Verankerung der Klebeschicht im Leder im Bereich des Zwickeinschlages in Frage kommen: Welche Alternativen gibt es zum herkömmlichen Rauen, um die Narbenschicht abzutragen oder diese mit den unteren Schichten des Leders fester zu verbinden? In diesem Projekt erarbeitete das PFI Lösungsansätze und bewertete sie für spätere, tiefer gehende Untersuchungen. Sinnvollerweise wurde

Procedure Verfahren	Category Zuordnung
Etching away the grain side Wegätzen der Narbenseite	Chemical Chemisch
Saturating the grain side with adhesive Durchtränken der Narbenseite mit Klebstoff	Chemical Chemisch
Injection of a strengthening agent Injektion eines Verstärkers	Chemical Chemisch
Ablation by radiation Ablation mittels Strahlung	Physical Physikalisch
Removal of the grain layer by heat Entfernen der Narbenschicht mittels Hitze	Physical Physikalisch
Consolidation of the grain layer by pressure or embossing Verfestigung der Narbenschicht durch Druck oder Prägung	Physical Physikalisch

- ▶ Table 1: Overview of alternative roughing methods
- ▶ Tabelle 1: Überblick über alternative Raumethoden

## Results

Most of the procedures proved to be unsuitable for practical applications. The exception was laser roughing, which is to be regarded as highly promising and sufficiently practicable (see Figure 1).

Principle of the laser method: The grain layer of the leather is removed by means of a radiation source (laser). Laser roughing has the advantage of great flexibility. The high degree of precision and the finely adjustable diameter of the laser beam permit exact tracking of difficult sole shapes.

Removal of the grain layer by a laser and subsequent cementing gave comparable, and in some cases even better, peel strengths than conventional roughing with the aid of brushes or other abrading tools. Laser roughing was also the only method to show a low selectivity, meaning that the kind of finish of the leather was immaterial for laser processing. That was not always the case for the other processes examined (particularly for the chemical processes).

Another advantage of laser roughing is the mechanical reaction-free tracking of profiles. Conventional automatic

zunächst nach physikalischen oder chemischen Verfahren unterschieden.

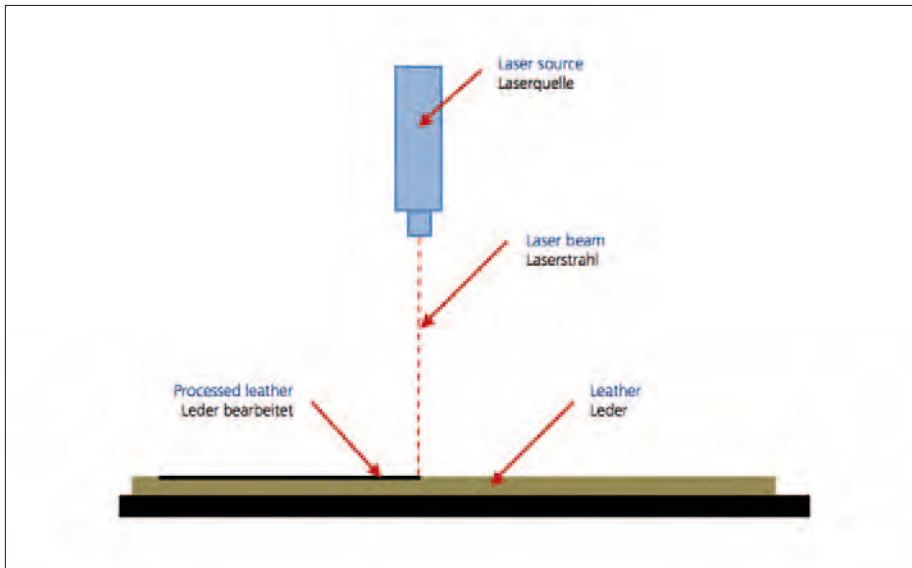
Die in Tabelle 1 aufgeführten Raualternativen wurden zunächst auf ihre generelle Eignung überprüft und dann im Hinblick auf die Praxistauglichkeit getestet.

## Ergebnisse

Die meisten Verfahren erwiesen sich als ungeeignet für die praktische Anwendung. Lediglich das Laserrauen ist als vielversprechend und ausreichend praktikabel zu betrachten (siehe Abbildung 1).

Das Prinzip der Lasermethode: Mittels einer Strahlenquelle (Laser) wird die Narbenschicht des Leders abgetragen. Ein Vorteil des Laserrauens ist die große Flexibilität. Die hohe Präzision und der fein justierbare Durchmesser des Laserstrahls ermöglichen es, auch schwierige Sohlenverläufe exakt zu bearbeiten.

Das Abtragen der Narbenschicht mittels Laser und die anschließende Verklebung erbrachte gleiche, vereinzelt sogar höhere Schälwiderstände als das herkömmliche Rauen mit Hilfe von Bürsten oder anderen Schleifwerkzeugen. Das Laserrauen war zudem das einzige Verfahren,



► Figure 1: Scheme of a laser roughing experiment  
 ► Abbildung 1: Schema eines Laserrauversuches

roughing devices have positioning systems. Mechanical removal of the topmost surface layer requires application of a certain pressure. This means that the handling devices (robots etc.) also have to apply this pressure. This can possibly have a negative effect on tracking accuracy. Since there is no mechanical coupling between the handling device and the workpiece (shoe) in the case of a laser beam, mechanical reaction-free tracking becomes possible. With conventional roughing methods, there is a constant need for complicated tracking corrections to obtain precise profiles.

Figure 2 shows various surfaces after laser treatment. In a subsequent application the increase in surface area could be utilised to enhance the strength of adhesive bonding, meaning that surfaces that are difficult to cement could be subjected to a greater degree of roughing. Figure 3 is a graphical summary of representative results of individual experiments.

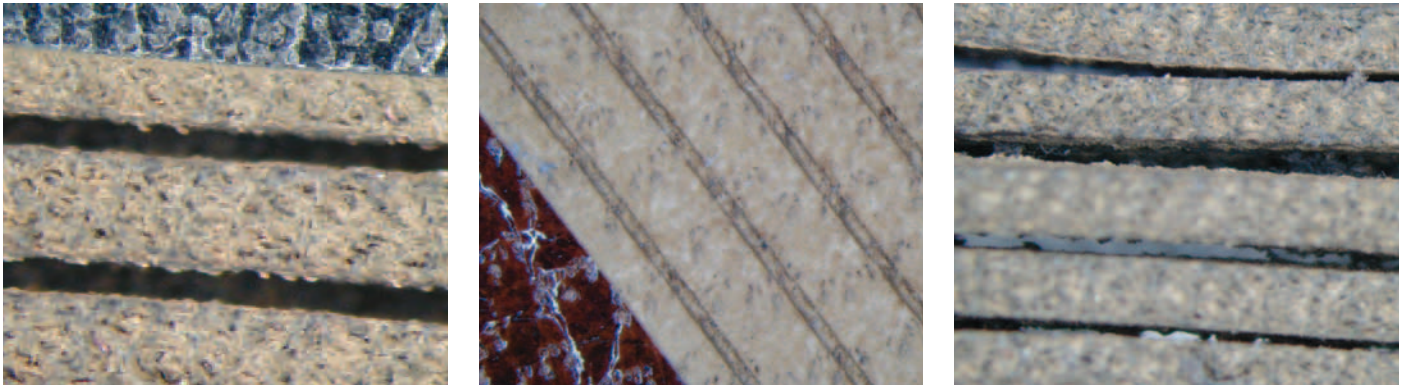
### Outlook

Studies performed within this project show laser ablation of the grain layer to be a highly promising approach for obtaining ideal roughing results while circumventing the drawbacks of classical roughing.

bei dem die Selektivität gering ausfiel, soll heißen, es war für die Laserbearbeitung unbedeutend, welche Zurichtung das bearbeitete Leder hatte. Bei den anderen untersuchten Verfahren war dies nicht immer der Fall (speziell bei den chemischen Methoden).

Ein weiterer Vorteil ist das kraftrückwirkungsfreie Abfahren der Bahnkonturen bei Laserrauen. Herkömmliche Rauautomaten haben ein Positioniersystem. Zum mechanischen Abtrag der oberen Lederschicht ist eine Anpresskraft notwendig. Das bedeutet, dass die Handhabungsgeräte (Roboter etc.) diese Anpresskraft auch aufbringen müssen. Dies kann sich unter Umständen negativ auf die Bahntreue auswirken. Bei einem Laserstrahl besteht keine mechanische Koppelung zwischen Handhabungsgerät und Werkstück (Schuh) und somit ist ein kraftrückwirkungsfreies Abfahren möglich. Bei gängigen Raumethoden sind aufwendige Bahnkorrekturen für präzise Kantenverläufe unablässig notwendig.

Abbildung 2 zeigt verschiedene Oberflächen nach Bearbeitung durch den Laser. In einer späteren Anwendung könnte die Vergrößerung der Oberfläche zur Steigerung der Klebefestigkeit genutzt werden, das heißt schwieriger zu verklebende Oberflächen könnten intensiver geraut



► Figure 2: Examples of structured roughing of leather surfaces  
 ► Abbildung 2: Beispiele für strukturiertes Rauhen von Lederoberflächen

Since laser roughing is not yet established practice in footwear production and a number of related questions still await clarification, PFI is planning to undertake a follow-on project in coordination with footwear manufacturers and suppliers of laser technology. In particular, a new class of lasers with very short pulse durations, known as picosecond lasers, offer a number of distinct advantages and will also be considered in this project.

Picosecond lasers have an extremely short pulse duration of less than one billionth of a second. Compared to other classes of lasers they produce much less charring on the workpieces and offer consistently high processing quality which is relatively independent of the material.

It would also make good sense to undertake studies on further improvement of adhesive bonding by laser treatment (for example, by establishing which laser should be used for which leather) and to test the use of lasers in other areas of the footwear industry.

IGF Project 15230 N at the Test and Research Institute Pirmasens was funded by the Federal German Ministry of Economics and Technology via the German Federation of Industrial Research Associations (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, AiF) within its

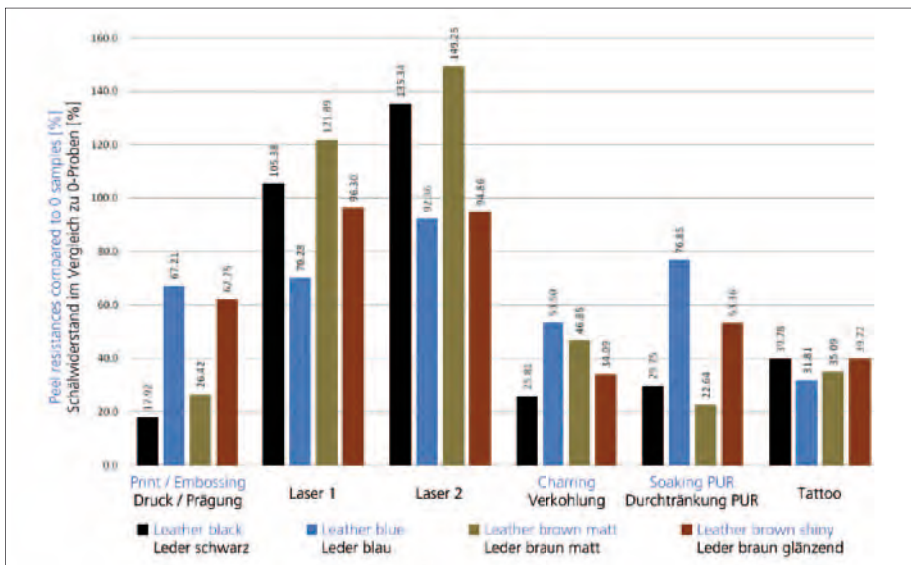
werden. Abbildung 3 zeigt repräsentativ die einzelnen Versuchsergebnisse in einer grafischen Zusammenfassung.

### Ausblick

Die Untersuchungen zu diesem Projekt haben ergeben, dass das Abtragen der Narbenschicht mit Laser ein vielversprechender Ansatz ist, um ein optimales Rauergebnis zu erzielen und dabei gleichzeitig die Nachteile des klassischen Rauens zu eliminieren.

Da das Laserrauen allerdings trotz der zu erwartenden Vorteile in der Schuhherstellung noch nicht etabliert ist und eine Reihe damit verbundener Fragen noch zu klären sind, plant das PFI in Abstimmung mit Schuhherstellern und Anbietern von Lasertechnologie ein Anschlussprojekt. Insbesondere eine neue Klasse von Lasern mit sehr kurzen Pulsdauern, sogenannte Picosekundenlaser, weisen eine Reihe von vorteilhaften Eigenschaften auf und sollen im Rahmen des Projektes mit untersucht werden.

Picosekundenlaser haben eine äußerst kurze Impulsdauer von weniger als einer Milliardstel Sekunde. Sie zeichnen sich gegenüber anderen Laserklassen durch eine wesentlich geringere Neigung zu Verbrennungsrückständen auf den Werkstücken und einer konstant hohen und dabei relativ materialunabhängigen Bearbeitungsqualität aus.



- ▶ Figure 3: Peel resistance values of laser-roughed samples compared to conventionally roughed reference samples
- ▶ Abbildung 3: Schälwiderstandswerte von lasergerauten Proben im Vergleich zu mit dem herkömmlichen Verfahren optimal gerauten Referenzproben

Programme for the Promotion of Industrial Cooperative Research (Programm zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung, IGF). The final report and further details are available from PFI. Our thanks go to all those who have made this project possible.

Contact:

Dipl.-Ing. Peter Schultheis or M. Eng. Ronny Weis  
Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V.

Marie-Curie-Str. 19

66953 Pirmasens / Germany

Tel.: +49 6331 249040

E-Mail: [peter.schultheis@pfi-germany.de](mailto:peter.schultheis@pfi-germany.de) or  
[ronny.weis@pfi-pirmasens.de](mailto:ronny.weis@pfi-pirmasens.de)

Sinnvoll wären darüber hinaus Untersuchungen zur weiteren Verbesserung der Verklebung mittels Laser (beispielsweise welche Laser für welche Leder) sowie das Erproben des Lasereinsatzes in weiteren Bereichen der Schuhindustrie.

Das IGF-Vorhaben 15230 N des Prüf- und Forschungsinstituts Pirmasens e. V. wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung/IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert. Der Abschlussbericht sowie weitere Details können beim PFI angefordert werden. Unser Dank geht an alle, die dieses Projekt ermöglicht haben.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Peter Schultheis oder M. Eng. Ronny Weis  
Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V.

Marie-Curie-Str. 19

66953 Pirmasens / Germany

Tel.: 06331 249040

E-Mail: [peter.schultheis@pfi-germany.de](mailto:peter.schultheis@pfi-germany.de) oder  
[ronny.weis@pfi-germany.de](mailto:ronny.weis@pfi-germany.de)