

43 Über die Unterschiede verschiedener Schuhbesohlungsmaterialien in struktureller und tragehygienischer Hinsicht aus dem Jahre 1963

43 Über die Unterschiede verschiedener Schuhbesohlungsmaterialien in struktureller und tragehygienischer Hinsicht aus dem Jahre 1963

43 Über die Unterschiede verschiedener Schuhbesohlungsmaterialien in struktureller und tragehygienischer Hinsicht *)

Sonderdruck aus LEDER- UND HÄUTEMARKT Beilage „Gerbereiwissenschaft und Praxis“, Oktober u. November 1963

(Leder und seine Austauschstoffe I)

Von H. Herfeld und G. Königfeld

Aus der Versuchs- und Forschungsanstalt für Ledertechnik der Westdeutschen Gerberschule Reutlingen

*) Auszugsweise von H. Herfeld vorgetragen am 26. 8. 1963 auf dem VIII. Kongreß der Internationalen Union der Lederchemiker-Verbände in Scheveningen.

About the Differences of Various Soling Materials with Regard to their Structure and Wearing Hygiene

There has been tested a quite important number of different leather and rubber soles as to their volume weight, fastness properties, expansion quality, bending capacity, resistance to compression, porosity, conducting power for heat and electrostatic diarge. These tests have proved leathersoles to have considerable advantages over rubbersoles with regard to every single property mentioned above.

Sur les differences de divers materiaux pour le ressemelage de la chaussure du point de vue structure et hygiene à Pemploi

On a examine en vue d'une appreciation comparative de leurs proprietes de structure et d'hygiene a l'emploi an manbrc assez eleve de semelles de cuir et caoutchouc par rapport 2 leas sri'ite specifique, proprietes de resistance, la tenue ä l'allongement. U resistance ä la compression, la porosite, la conductibiliti calorifique. et la charge electrostatique. A cette occasion aton pu coastater qaaat ä toutes les qualites enoncees, qu'en principe il y a des considerables des semelles de cuir par rapport au caoutchouc.

Neben Leder als dem klassischen Besohlungsmaterial für Schuhe sind seit Jahren in steigendem Umfange Gummisohlen getreten, und als ihre wesentlichen Vorzüge werden neben geringerem Preis und günstigeren Verarbeitungsmöglichkeiten eines in Fläche und Dicke einheitlichen Materials insbesondere Haltbarkeit und höhere Wasserdichtigkeit angeführt. Der Vorzug längerer Lebensdauer vieler Gummisohlen ist unbestritten, wenn auch neuere systematische Untersuchungen die Faktoren aufzeigen konnten, deren Beachtung selbst bei stark verkürzter Herstellungsdauer Unterleder mit gesteigerter Haltbarkeit zu erhalten gestattet 1). Die Wasserdichtigkeit ist bei einem völlig unporösen Material wie den Gummisohlen zwangsläufig hoher. Leder wird auf Grund seines strukturellen Aufbaus nie „absolut,“ wasserdicht sein, und die modische Entwicklung nach möglichst dünnen und flexiblen Sohlen hat sein Wasserverhalten nicht gerade gefördert. Doch kann auch Leder mit einer für die praktische Beanspruchung völlig ausreichenden Wasserdichtigkeit hergestellt werden, insbesondere seit durch Einsatz von Hydrophobierungsmitteln die wasserabstoßenden Eigenschaften auch bei Sohlleder wesentlich gesteigert werden können, ohne Porosität und andere günstige Eigenschaften zu vermindern). Wir werden zu gegebener Zeit über neuere Untersuchungen berichten, die die Verbesserung der Lebensdauer, der Wasserdichtigkeit und des Rutschverhaltens von Sohlleder zum Ziel haben. Neben diesen Faktoren sind aber für die vergleichsweise Beurteilung verschiedenartiger Besohlungsmaterialien eine Reihe weiterer Werkstoffeigenschaften zu berücksichtigen, die zwar nicht die Lebensdauer des Schuhs beeinflussen, aber für Tragekomfort und Tragehygiene von wesentlicher Bedeutung sind. Der Schuh ist ein zweckgebundenes Bekleidungsstück, das einmal die Aufgabe hat, den Fuß vor Nässe, dem Schmutz der Straße, den klimatischen Einflüssen und mechanischen Verletzungen zu schützen. Er muß aber andererseits der Form des Fußes richtig angepaßt sein und durch gute Fußbettung, die auch nach längerem Tragen formbeständig bleiben muß, dem Fuß den richtigen Halt geben. Er darf die natürliche Abrollbewegung des Fußes nicht beeinträchtigen, den Wärmehaushalt des Körpers nicht stören und schließlich keine Erkrankungen des Fußes entstehen lassen oder fördern. Thomsen 3) hat darauf hingewiesen, daß der Schuh vom gesundheitlichen Standpunkt für das Wohlbefinden wichtiger sei als die ganze übrige Kleidung des Körpers. Es ist daher erstaunlich, daß über die Frage, wie diese an den Schuh gestellten Forderungen durch die Art der Besohlungsmaterialien beeinflußt werden, kaum vergleichbare Zahlen mit wirklich repräsentativer Aussagekraft vorliegen, und daß die Schuhindustrie, die in erster Linie an diesen tragehygienischen Fragen interessiert sein sollte, ihre Bedeutung oft zweitrangig behandelt.

Dabei sind dem Träger der Schuhe die Unterschiede verschiedener Besohlungsmaterialien sehr wohl bekannt, er hat nur nicht die Macht, seine Wünsche gegen die Gesetze der Mode und die von Rationalisierung und betrieblichem Produktionsablauf diktierte Entwicklung durchzusetzen. Eine im Vorjahr in der Bundesrepublik auf breiter Basis durchgeführte Meinungsbefragung hat eindeutig ergeben, daß die Verbraucher der Schuhe zwar die angeführten Nachteile der Ledersohle (höherer Preis, geringere Lebensdauer) durchaus kannten, daß sie demgegenüber aber als deren Vorteil neben der höheren Eleganz (88%) insbesondere Fragen der Fußhygiene wie Verhinderung des Fußschweißes (92%) gesündere Fußbettung (80%) und bequemes Tragen (54%) klar herausstellten. Sie betonten, daß Ledersohlen porös seien, atmen und einen hygienischen, gesunden Schuh garantieren, der sich individuell der Fußform gut anpasse, sich angenehm trage und insbesondere bei Schweißfuß größere Vorteile brächte. In diesem Zusammenhang wurde für die Gummisohle starkes Schwitzen im Sommer und leichteres Entstehen kalter Füße im Winter angeführt, 80% der Befragten bejahten die Frage, ob Gummisohlen den Fußschweiß verstärken und ob Zusammenhänge zwischen Fußbeschwerden und der Art des Sohlenmaterials bestünden (um so ausgeprägter, je älter die befragten Personen), und sie waren durchaus bereit, für Schuhe mit Ledersohlen aus den dargelegten Gründen einen höheren Preis in Kauf zu nehmen. Die vom Schuhhandel häufig angeführte Berufung auf den Käuferwillen erscheint

daher zumindest fragwürdig, die Bevorzugung der Gummisohle durch die Verarbeiter dürfte in erster Linie durch Preis, geringeren Verschnitt und leichtere Verarbeitbarkeit, also kalkulatorische Vorteile ohne Rücksicht auf Tragehygiene und Wünsche des Verbrauchers bedingt sein. Nun können die Ergebnisse solcher Befragungen bis zu einem gewissen Grade durch überlieferte Anschauungen subjektiv beeinflusst sein, und es wird seitens vieler Schuhfabriken oft behauptet, den „Pro-Leder“-Argumenten fehle die Beweiskraft, und die Annahme gesundheitlicher Nachteile beruhe auf einer vorgefaßten, aber unbewiesenen Meinung. Dem stehen allerdings zahlreiche Veröffentlichungen von Ärzten gegenüber, die unter Hinweis auf die ständig wachsende Zahl an Fußkrankungen und Fußleiden darauf hinweisen, daß gesundheitliche Gesichtspunkte bei der modernen Schuhfabrikation nicht genügend berücksichtigt würden, wobei auch immer wieder auf das Fehlen einer Ledersohle hingewiesen wird. Schließlich sei in diesem Zusammenhang auch die vor einigen Jahren veröffentlichte Pressemitteilung in Erinnerung gebracht, daß das Gesundheitsministerium der UdSSR ein Verbot erlassen hat, Kinderschuhe mit anderen als Ledersohlen herzustellen mit dem ausdrücklichen Hinweis auf den Schutz der Füße gerade der heranwachsenden Jugend gegen Fußkrankheiten, was um so größere Aussagekraft hat, als bei einer Planwirtschaft Konkurrenzgesichtspunkte ausscheiden und dem Übergang auf ein auch in der UdSSR teureres und sicher auch knapperes Material kaum das Wort geredet worden wäre, wenn nicht ernste sachliche Gründe für eine solche Maßnahme sprächen. In Deutschland wird dagegen der größte Teil der Kinderschuhe mit Gummisohlen hergestellt.

Bei den stark widersprechenden Auffassungen

erschien es dringend notwendig, zur Klärung dieser Frage aus dem Bereich unklarer und unbewiesener Argumente und Gegenargumente herauszukommen und durch exakte vergleichende Untersuchungen derjenigen Eigenschaften der verschiedenen Besohlungsmaterialien, die mit Tragekomfort und Fußhygiene in Verbindung stehen, die sachliche Berechtigung erhobener Einwendungen zu klären und unter gegenseitiger Abwägung der einzelnen Eigenschaften zu einer objektiven Bewertung zu kommen. Solche Vergleichsuntersuchungen wurden auf breiter Basis durchgeführt; ihre Ergebnisse sollen in den nachfolgenden Ausführungen mitgeteilt und in ihren Auswirkungen diskutiert werden.

1. Untersuchte Materialien

Um einen wirklich exakten Vergleich zu ermöglichen, wurden Leder- und Gummisohlen in größerem Umfange herangezogen und für jede Gruppe eine ganze Reihe von Fabrikaten ausgewählt, die für die betreffende Leder- bzw. Gummisohlenart als repräsentativ gelten können.

Leder ist bekanntlich ein Material, das aus einem biologisch gewachsenen, dreidimensional unregelmäßig verflochtenen Gefüge sehr feiner und zäher, gegenseitig vernetzter Fasern besteht, das dem Leder naturbedingt eine hohe Festigkeit, eine große innere Oberfläche und eine gute Atmungsfähigkeit verleiht. Im Gange der Herstellung des Leders werden die naturgegebenen Eigenschaften der Haut in gewissen Grenzen variiert, das Fasergefüge als solches muß aber intakt bleiben, wenn sachgemäße Lederqualitäten erhalten werden sollen. Im Falle des Leders für Laufsohlen existieren verschiedene Gruppen, die sich in ihrer Herstellungsdauer, aber auch in ihren Eigenschaften, von ausgesprochen harten Sohlen bis zu ausgesprochen flexiblen Materialien unterscheiden und auch in ihren Eigenschaften entsprechende Unterschiede aufweisen. Um diese Unterschiede in ihrer ganzen Breite zu erfassen, wurden insgesamt 13 Lederfabrikate untersucht, und zwar zwei altgrubengegerbte Leder, drei Schnittervacheleder, drei modern gegerbte Vacheleder und

fünf flexible Bodenleder. Die drei erstgenannten Lederarten wiesen innerhalb ihrer Gruppe ähnliche Beschaffenheit auf, so daß die Mittelwerte unter gleichzeitiger Berücksichtigung der festgestellten Schwankungen ein klares Bild über das Verhalten der Gruppe zu erhalten gestatten. Bei den flexiblen Ledern war dagegen schon der Begriff nicht genügend spezifiziert und die Beschaffenheit der einzelnen Fabrikate stark unterschiedlich. Teils waren die Leder dieser Gruppe im Hinblick auf ihre Flexibilität schon anders gegerbt worden, teils hatten sie eine normale Gerbung erfahren, und die höhere Flexibilität war nur durch geringeres Walzen erreicht worden. Daher treten in dieser Gruppe bei einer ganzen Reihe von Eigenschaften größere Schwankungen auf, so daß die Mittelwerte ein falsches Bild ergeben, worauf bei Besprechung der Einzeleigenschaften wiederholt hingewiesen wird.

Über die chemische Zusammensetzung

der einzelnen Gruppen seien folgende Angaben gemacht:

Gummisohlen stellen homogene Materialien dar, die als Grundsubstanz Kautschuk in Form von Naturkautschuk, synthetischem Kautschuk oder anteilig auch Regenerat aufweisen, andererseits Einlagerungen an Ruß, Mineralstoffen, anorganischen Pigmenten und weichmachenden Bestandteilen usw. in unterschiedlicher Menge enthalten, mehr oder weniger stark vulkanisiert sind, teils eine Porosierung erfahren haben und schließlich entweder als glatte Materialien oder mit Oberflächenprofilierung versehen geliefert werden.

27 verschiedene Fabrikate

Um auch hier den gesamten Streuungsbereich zu erfassen, wurden insgesamt 27 verschiedene Fabrikate der folgenden Gruppen herangezogen:

7 Massivgummisohlen, davon 4 glatt, 3 profiliert.

8 Transparentsohlenplatten, alle mehr oder weniger stark profiliert.

4 Hartzellsohlenplatten, sämtlich glatt.

6 Zellsohlenplatten (Porokrepp), sämtlich leicht profiliert.

2 Naturkreppsohlenplatten, glatt bzw. ganz leicht gewellt.

Die Beanspruchung der Sohlenmaterialien am Schuh ist ein sehr komplexer Vorgang, der eine Vielzahl von Einzeluntersuchungen erforderlich macht. Die Untersuchung aller Materialien, gleichgültig ob Leder oder Gummi, erfolgte stets nach der gleichen Methode, auch dort, wo z. B. für Gummisohlenmaterialien üblicherweise andere Methoden oder wie bei der Zugfestigkeit andere Größen der Prüfkörper verwendet werden, da nur bei einheitlichen Prüfverfahren auch ein exakter Vergleich der Prüfergebnisse möglich ist. Bei einigen Eigenschaften war es notwendig, neue Prüfmethoden zu entwickeln. Die erhaltenen Ergebnisse sind in den Tabellen 1 - 17 zusammengestellt, wobei aus dem sehr umfangreichen Zahlenmaterial für jede Leder- und Gummigruppe die Mittelwerte und die Grenzen der Schwankungen angeführt sind.

2. Gewicht und Dicke

Dem Gewicht der Sohlen kommt für die Beurteilung des Tragekomforts eine bedeutsame Rolle zu, da der Wunsch der Käufer nach möglichst leichten Schuhen immer stärker hervortritt. Daher wurde das Raumgewicht nach dem Quecksilberverdrängungsverfahren DIN 53 326 ermittelt und die Ergebnisse in Tabelle 1 zusammengestellt. Bei den Ledern zeigen erwartungsgemäß die altgegerbten Leder als Folge ihrer Kompaktheit das höchste Raumgewicht, die flexiblen die niedrigsten „Werte. Das Raumgewicht der Gummisohlen wird in starkem Maße durch den Grad der Porosierung und die verschiedenen hohen Gehalte an Füllstoffen beeinflusst. Da die Massivgummisohlen nicht porös sind und beträchtliche Mengen an Füllstoffen enthalten, sind sie spezifisch sehr schwer, und ihr Raumgewicht liegt wesentlich über den Werten aller Ledertypen. Das gleiche gilt, wenn auch nicht in demselben Umfange, für die Transparentsohlen. Bei Hartzellsohlen bewirkt die Porosierung eine Herabsetzung des Raumgewichts, die Werte liegen in der Größenordnung der Schnittervacheleder und modern gegerbten Leder, dagegen über denen der flexiblen Leder. Das sehr niedrige Raumgewicht von Naturkrepptsohlen ist in erster Linie auf das Fehlen anorganischer Füllstoffe, das besonders geringe Raumgewicht der Porokrepptsohlen auf eine sehr starke Porosierung zurückzuführen.

Aus diesen Feststellungen kann aber nicht gefolgert werden, daß die handelsüblichen Sohlen aus den verschiedenen Gummimaterialien leichter oder schwerer als Ledersohlen seien, da die Unterschiede im Raumgewicht durch Variation der Sohlendicke ausgeglichen sein können. Zur Klärung dieses Einflusses ist daher in Tabelle 1 auch die Dicke der verschiedenen Materialien (nach DIN 53 326), bei den profilierten Materialien sowohl für Profiltiefe wie Profilhöhe angeführt, und außerdem enthält Tabelle 1 die Absolutgewichte flächengleicher Muster der verschiedenen Typen von Sohlenmaterialien. Diese Gewichte liegen bei den untersuchten Schnittervacheledern, modern gegerbten Ledern und flexiblen Ledern sowohl in den Mittelwerten wie in den Schwankungen dicht beieinander, im Mittel zwischen 21 und 23 g, während die altgegerbten Leder mit 26,2 g entsprechend ihrem höherem Raumgewicht auch im Durchschnitt schwerer sind. Es ist nun interessant, da er gewicht der Naturkrepptsohlen und der Porokrepptsohlen mit 21,9 bzw. 21,5 g nicht niedriger ist als das der drei erstgenannten Lederarten, da das wesentlich geringere Raumgewicht durch die handelsüblich erheblich größere Stärke bis zu rund 7mm völlig ausgeglichen wird. Man kann bei dieser, weichen Materialien auch die Stärke nicht nennenswert vermindern, wem. r. irr: irrere ungünstige Eigenschaften wie hohe bleibende Verformbarkeit und geringer Kompressionswiderstand, über die wir in späteren Abschnitten noch berichten, noch stärker hervortreten sollen. Das Umgekehrte gilt für die unprofilierten Massivgummisohlen, deren Gewichte mit im Mittel 21,8 g auch in der Größenordnung der drei erstgenannten Lederarten liegen, da hier das wesentliche höhere Reingewicht zumeist durch die geringere Dicke ausgeglichen wird. Bei einem solchen Gewichtsausgleich der spezifisch schwereren Sohlen durch geringere Stärke wird aber zugleich auf den Vorteil längerer Tragefähigkeit verzichtet, denn der höhere Abnutzungswiderstand von Gummisohlen kommt natürlich nur bei gleicher Stärke voll zur Auswirkung. Da bei den profilierten Massivgummisohlen und den Transparentgummisohlen die Stärke wegen der Profilierung nicht so vermindert werden kann, liegen hier die Gewichte mit den Mittelwerten 28,5 bzw. 25,0 tatsächlich höher als bei den vorgenannten Ledersohlen und teilweise noch über den Werten altgegerbter Leder. Bei den Hartzellsohlen schließlich wurde mit im Mittel 19,0 das geringste Gewicht flächengleicher Proben festgestellt, wenn man bei gleichem Raumgewicht wie bei den Ledersohlen grundsätzlich eine geringere Stärke annimmt, was sich dann aber auf die Tragedauer wieder in gleicher Weise wie bei den Massivgummisohlen vermindern auswirkt.

Diese Feststellungen machen verständlich, daß bei der eingangs erwähnten Meinungsbefragung nur ein Teil der Befragten Leder- oder Gummisohle als schwerer empfanden, und die Feststellungen in diesem Punkte stark streuten. Aus der Sicht des Verbrauchers brauchen sich die unterschiedlichen

Raumgewichte nicht vor- oder nachteilig auszuwirken, da sie durch die verschiedenartige Dicke der Sohle weitgehend kompensiert sein können. Diese Feststellungen beziehen sich jeweils auf Plattenmaterialien. In diesem Zusammenhang wurden aber auch analoge Feststellungen über die Gewichte flächengleicher Muster an handelsüblichen, relativ stark profilierten Formsohlen getroffen, wobei die gleiche Probengröße wie bei den Sohlenplatten verwendet wurde. Die Werte in Tabelle 2 liegen insbesondere im Falle der Massivgummi und Transparentformsohlen zumeist wesentlich höher als für das entsprechende Plattenmaterial und bestätigen, daß Schuhe mit Formsohlen stets relativ schwer sind, zumal die gewogenen Proben nur aus der vorderen Sohle gestanzt wurden, der noch ein schwerer, mehr oder weniger massiver Absatz angegliedert ist.

In diesem Zusammenhang sind auch Versuche interessant, bei denen mit dem Luftvergleichspyknometer Modell 930 der Beckman Instruments GmbH - München für einige Ledersohlen und einige Porokreppsohlen als den Materialien mit geringstem Raumgewicht auch das wahre spezifische Gewicht ermittelt wurde. Die Werte in Tabelle 3 zeigen, daß bei Leder das wahre spezifische Gewicht der Ledersubstanz als solcher wesentlich höher als das Raumgewicht und bei allen Materialien etwa in gleicher Größenordnung liegt, die Unterschiede der verschiedenen Lederarten im Raumgewicht also durch eine mehr oder weniger starke Auflockerung des Fasergefüges bedingt und damit bereits ein Ausdruck für die Strukturdichte bzw. Porosität sind. Bei den Porokreppsohlen liegen dagegen Raumgewicht und wahres spezifisches Gewicht dicht beieinander, das ermittelte spezifische Gewicht ist gar nicht das wirklich wahre spezifische Gewicht der Gummisubstanz. Das zeigt bereits, daß die blasenförmigen Hohlräume porosierter Gummiwerkstoffe nicht miteinander in Verbindung stehen, und daß daher eine solche Porosierung zwar eine Verminderung des Gewichts bewirkt, nicht aber eine echte Porosität, wie sie der Laie begrifflich stets mit einer Durchlässigkeit und Atmungsfähigkeit in Verbindung setzt 4). Diese Frage wird bei Besprechung der Porosität der verschiedenen Besohlungsmaterialien nochmals behandelt.

3. Festigkeitseigenschaften

Für die Beurteilung der Festigkeitseigenschaften wurden die Zugfestigkeit nach DIN 53328 und die Stichausreißfestigkeit und Weiterreißfestigkeit nach DIN 53 329 bestimmt. Dabei wurden für die Weiterreißfestigkeit die geschlitzten Prüfkörper verwendet, die in den neuen internationalen Vorschriften (IUP / 8 5)) vorgesehen sind. Da die Festigkeitswerte in kp/cm Querschnitt bzw. kp/cm Dicke ausgedrückt werden, wurde bei den profilierten Gummiwerkstoffen grundsätzlich die Dicke des Profiltals für die Berechnung und damit der günstigste Wert für die Beurteilung verwendet. Die Festigkeitswerte weisen bei Leder wie bei Gummimaterialien nach Längs- und Querrichtung oft erhebliche Unterschiede auf, was bei Ledern wachstumsbedingt ist, bei den Gummisohlen herstellungsbedingt, insbesondere bei den auf Kalandern in fortlaufenden Bahnen gearbeiteten massiven Sohlenplatten, weniger bei den in Pressen gearbeiteten Materialien. Daher wurden alle Merkmstoffe längs und quer geprüft und die Mittelwerte für die Beurteilung verwendet, wobei unter „längs“ hier wie an späteren Stellen stets die höheren Werte angegeben sind. Bei den Transparentsohlen konnte die Zugfestigkeit nur teilweise bestimmt werden, da bei einigen Materialien infolge der außerordentlich hohen Dehnung die Prüfweite der Apparatur nicht ausreichte. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen in Tabelle 4-6 zeigen für Leder gewisse Unterschiede, wobei in den Mittelwerten ein deutliches Absinken von den altgegerbten über Schnittervache - und modern gegerbten Ledern zu den flexiblen Ledern festzustellen ist, die Einzelwerte sich allerdings stark überschneiden. Diese Unterschiede stehen ohne Zweifel mit der unterschiedlichen Flexibilität und dem damit zusammenhängenden mehr oder weniger starken Aufschluß des Fasergefüges und damit zugleich auch mit dem unterschiedlichen Raumgewicht in Beziehung. Je höher das Raumgewicht, um so geringer sind nach den obigen Feststellungen die Faserzwischenräume, um so größer ist damit die Zahl der Fasern und die Festigkeit pro Querschnitteinheit. Bei den Gummisohlen liefern bei allen 3

Festigkeitseigenschaften die Massivsohlen und Transparentsohlen die relativ höchsten Werte, dann folgen Hartzell- und Zellsohlen, also die porierten Materialien, und die geringsten Werte haben die Naturkrippsohlen. Grundsätzlich liegen aber die Festigkeitswerte bei allen Gummimaterialien ganz wesentlich niedriger als bei Leder: Das hängt ohne Zweifel mit der netzartigen dreidimensionalen Verflechtung des Lederfasergefüges zusammen, die, wie Graßmann 6) früher zeigen konnte, zwar kleinen Beanspruchungen spielend nachgibt, großen dagegen erheblichen Widerstand entgegensetzt, eine Eigenschaft, die allen Gummiwerkstoffen vollkommen fehlt. Außerdem wird durch die zumeist hohen Einlagerungen an Füllstoffen und durch eine Porosierung das Gerüstgefüge des Kautschuks weiter aufgelockert, und die Vernetzung durch Vulkanisation reicht nicht aus, um diesen erheblichen Nachteil zu beheben. Den Gummisohlen fehlt die innere Gefügefestigkeit, die Leder strukturell bedingt besitzt und in dieser Eigenschaft allen Gummiwerkstoffen weit überlegen macht. Es ist bekannt, wie außerordentlich ungünstig sich die schlechten Werte der Stichausreißeigenschaft und Weiterreißeigenschaft bemerkbar machten, als Gummisohlen noch durch Nageln oder Nähen am Schuh befestigt wurden, und wie viele Reklamationen wegen Ausbrechens der Naht- und Nagelstellen hierauf zurückzuführen waren. Erst durch die Entwicklung der Sohlenverklebung für Gummisohlen konnten diese Schwierigkeiten behoben werden. Man ist andererseits versucht zu folgern, daß die hohen Festigkeitswerte des Leders für die Lebensdauer von Sohlen nicht erforderlich seien, da die Gummisohlen mit ihrer wesentlich geringeren Gefügefestigkeit doch eine ausgezeichnete Haltbarkeit besäßen. Das ist aber nur bedingt richtig, d. h. nur unter der Voraussetzung einer hohen Dehnbarkeit und schlechten Formbeständigkeit, die die Gummisohle befähigt, der Zugbeanspruchung bei jedem Abrollvorgang der Gehbewegung nachzugeben statt ihr Widerstand entgegenzusetzen. Das bedeutet aber, daß die geringe innere Festigkeit nur tragbar ist, wenn man die schlechtere Formbeständigkeit mit allen Nachteilen, die im folgenden Abschnitt noch besprochen werden, unabänderlich in Kauf nimmt, während bei dem Versuch, Gummisohlen die gleiche Formbeständigkeit wie Ledersohlen zu geben, die geringe Strukturfestigkeit sich sehr bald ungünstig auf die Lebensdauer auswirken und zu einem Zermürben führen würde.

4. Dehnbarkeit

Bei Beurteilung der Dehnbarkeit müssen zwei verschiedene Größen berücksichtigt werden, die Gesamtdehnung und die bleibende Dehnung, d. h. die Dehnung, die nach Entlastung der Prüfmuster bestehen bleibt. Eine gewisse Gesamtdehnung ist für Sohlenmaterialien erwünscht, denn nur ein Material, das sich zu dehnen vermag, kann sich bei der Schuhherstellung der Leistenform richtig anpassen und der Dehnungsbeanspruchung beim Abrollen der Sohle während des Gehvorgangs reibungslos nachgeben. Gerade im Hinblick auf die Bestrebungen nach einem möglichst flexiblen Schuhwerk, das einen guten Abrollvorgang beim Gehen ohne Spannung ermöglicht, kommt einer genügenden Gesamtdehnung besondere Bedeutung zu. Aber die Schuhe und damit auch die Sohlen müssen nachher wieder in den ursprünglichen Zustand zurückkehren, eine größere bleibende Dehnung ist unerwünscht, da sie insbesondere nach einiger Tragdauer zu einer Deformierung des Schuhs führt, damit sein Aussehen beeinträchtigt und dem Fuß im Schuh nicht mehr den richtigen Halt gewährt.

Die Werte der Bruchdehnung in Tabelle 7 zeigen zunächst für Leder, daß die altgegerbten Leder infolge ihrer festen Beschaffenheit und des geringeren Äscheraufschlusses auch die niedrigste Gesamtdehnung aufweisen, daß es sich hierbei also um ein verhältnismäßig festes und hartes Sohlenmaterial handelt. Bei den Schnittervacheledern liegen die Dehnungswerte etwas höher, bei den modern gegerbten Ledern noch höher, und in der Gruppe der flexiblen Leder sind die Schwankungen aus den früher dargelegten Gründen außerordentlich groß, und es gibt Leder, die infolge ihrer echten Flexibilität die höchsten Dehnwerte aller Leder aufweisen, während andere Leder dieser Gruppe so

niedrige Dehnungswerte haben, daß sie eigentlich nicht als Flexibelleder deklariert werden sollten.

Grundsätzlich sind demgegenüber die Gummisohlen durch eine ungewöhnlich hohe Bruchdehnung gekennzeichnet. Namentlich die füllstoffarmen Transparentsohlen zeigen so hohe Werte, daß bei einem Teil der Proben der Arbeitsbereich der Meßmaschine nicht ausreichte, sondern mit ringförmigen Prüfkörpern gearbeitet werden mußte. Ähnliches gilt auch für die Naturkrepptsohlen, aber auch alle übrigen Gruppen von Gummisohlen weisen im Vergleich zum Leder eine ganz ungewöhnlich hohe Bruchdehnung auf. Wichtiger als die Bruchdehnung ist indessen für die Bewertung des Dehnungsverhaltens die Dehnung bei geringer Belastung, die der praktischen Beanspruchung besser entspricht. Daher wurden auch die Dehnungswerte bei einer Belastung von 10 kp/cm ermittelt (Tabelle 8). Auch hier ist bei den Ledern ein Anstieg der Dehnbarkeit von den altgegerbten Ledern mit den weitaus geringsten Werten über die Schnittervacheleder zu den modern geerbten Ledern und Flexibelledern festzustellen. Bei den Gummimaterialien liegen die Dehnungswerte der Massivgummisohlen und insbesondere Hartzellsohlen bei geringer Belastung im Dehnungsbereich der Ledersohle, die Transparentsohlen, die Zellsohlen und insbesondere die Naturkrepptsohlen weisen dagegen auch schon bei geringer Belastung eine sehr viel höhere Dehnbarkeit als Leder auf.

Wie oben angeführt, ist nicht so sehr die Gesamtdehnung für die Beurteilung maßgeblich, und eine gewisse Gesamtdehnung ist durchaus vorteilhaft, wenn sie vorwiegend elastisch ist das Material also nach Entlastung wieder in die ursprüngliche Form zurückkehrt. Viel entscheidender für den Tragekomfort ist die bleibende Dehnung. Daher wurden entsprechende Zugelastizitätsversuche in gewisser Anlehnung an die Prüfungsmethode bei Treibriemenledern (RAL 066 A 3 vom Januar 1956) durchgeführt, wobei mit Streifen von 20 mm Breite und einer Einspannlänge von 50 mm gearbeitet wurde, um auch bei der teilweise enormen Längung der Gummiprüfstreifen noch zahlenmäßige Werte zu erhalten. Es wurde von einer Grundspannung von 4 kp ausgegangen, und die Prüfstreifen wurden nacheinander auf die Prüfspannungen von 6, 12, 16 und 20kp gebracht, bei jeder Spannung 1 Minute stehen gelassen und dann die Gesamtdehnung gemessen. Dann wurde nach jeder Prüfspannung wieder auf die Grundspannung von 4kp entlastet, jeweils nach 1 Minute die zugehörige bleibende Dehnung ermittelt und anschließend die Prüfspannung auf die nächst höhere Stufe erhöht. Auch diese Versuche wurden in Längs- und Querrichtung durchgeführt, die Werte für die ermittelte Restdehnung (bleibende Dehnung) in Prozent der Streifenlänge bei 4 kp sind in Tabelle 9 enthalten. Mit zunehmender Belastung steigt erwartungsgemäß bei allen untersuchten die Restdehnung an. Bei den Ledern ist auch die Dehnung wie die Gesamtdehnung bei den altgegerbten Ledern geringsten, steigt über die Schnittervacheleder geerbten Ledern an, und in der Gruppe der Flexibelleder zeigen sich wieder sehr starke Streuungen, so daß mit geringer neben Materialien mit höherer bleibender Dehnung enthalten sind. Demgegenüber weisen die Werte der Gummimaterialien durchweg eine höhere bleibende Dehnung auf. Bei den Hartzellsohlen liegt die Dehnung noch am niedrigsten und bei einer Belastung von 8 und 12 kp für einige Materialien dieser Gruppe im Lederbereich, während sie bei höherer Belastung auch in dieser Gruppe wesentlich über die bleibende Dehnung bei Leder ansteigt. Bei den Massivgummisohlen liegen nur wenige Einzelwerte in der Größenordnung der Ledersohlen, der Durchschnittswert liegt selbst bei geringer Belastung bereits erheblich höher, und bei höherer Belastung nimmt auch in dieser Gruppe die bleibende Dehnung sehr stark zu. Ganz besonders stark ist die bleibende Dehnung bei den Transparentsohlen, den Zellsohlen und insbesondere den Naturkrepptsohlen, wo schon bei geringster Belastungsstufe Mittelwerte erhalten werden, die bis zum zehnfachen, bei Naturkrepptsohlen bis zum 40 fachen der Werte für die Ledersohlen liegen und bei höherer Belastung noch erheblich stärker über die Lederwerte ansteigen. Das ist ein Zeichen dafür, daß die meisten Gummisohlen, insbesondere wenn sie stärker auf Dehnung beansprucht werden, viel stärker zur Verformung neigen und ein irreversibles Wachsen zeigen.

Es kann für die Beurteilung des Leders der Einwand erhoben werden, daß nach Durchnässen der

Ledersohle höhere Werte erhalten würden, was bei Gummisohlen infolge der fehlenden Wasseraufnahme ausscheiden würde. Wir haben daher Lederproben zunächst einer vierstündigen Wasserlagerung unterzogen und dann in entsprechender Weise geprüft, doch wurden dabei Zahlen erhalten, die nur wenig über denen der Trockenversuche lagen (Tabelle 9). Durch Nässeeinwirkung wird also bei Leder die Neigung zu bleibender Deformierung nicht sehr erhöht und durch eine sachgemäße Hydrophobierung kann auch diese geringe Zunahme, wie in einer späteren Veröffentlichung gezeigt werden wird, völlig unterdrückt werden. Nun ist die Dehnung im praktischen Gebrauch nur zum Teil eine lineare, im wesentlichen eine flächenhafte Verdehnung, und viele Materialien können sich bei linearer Dehnung nur so stark dehnen, weil die Prüfstreifen gleichzeitig entsprechend schmaler werden. Dieses Schmälerwerden ist aber bei der am Schuh verarbeiteten Sohle nicht möglich, so daß hier unter Umständen ganz andere Verhältnisse vorliegen. Wir haben daher auch die flächenhafte Verdehnung im Berstdruckprüfer ermittelt. Dabei wurden Prüfscheiben von 85 mm Durchmesser bei 50 cm² Prüffläche jeweils innerhalb einer halben Minute bis zum Druck von 3 atü belastet, nach 1 Minute Stehenlassen wurde die Wölbbhöhe abgelesen, dann wurde wieder auf 0 atü entlastet und nach einer weiteren Minute die Restwölbbhöhe festgestellt. Diese Be- und Entlastung wurde fünfmal wiederholt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind für die 1. und 5. Be- und Entlastung in Tabelle 10 enthalten und gleichzeitig sind in den letzten Spalten die Differenzen angeführt, die sich zwischen den Werten der 1. und 5. Beanspruchung ergeben haben. Beim Leder liegen die Werte beim 1. Hochwölben im Mittel zwischen 3,1 und 5,8%. Wie bei der linearen Prüfung ergaben die altgegerbten Leder die geringsten Werte, dann folgten Schnittervacheleder und modern gegerbte Leder und ein sehr starker Streuungsbereich lag bei den flexiblen Ledern vor. Demgegenüber zeigen alle Gummimaterialien eine wesentlich höhere Auswölbung, ganz besonders stark die Naturkrepsohlen (51,5), Transparentsohlen (44,4), Porokrepsohlen (27,6), aber auch die Werte der Hartzellsohlen (14,1) und Massivgummisohlen (13,5) liegen erheblich über denen des Leders. Das gilt sowohl für die Durchschnittswerte als auch für alle Einzelwerte mit Ausnahme von zwei Massivgummisohlen. Während nach fünfmaliger Wiederholung dieser Beanspruchung die Ledersohlen kaum eine stärkere Auswölbung erfuhren, steigerte sich bei den Gummisohlen die Auswölbung von Mal zu Mal, so daß erhebliche Unterschiede zwischen der 1. und 5. Auswölbung auftreten. Noch wichtiger ist die Restwölbbhöhe als Maß für die bleibende Deformierung. Die Werte in Tabelle 10 zeigen, daß die Restwölbbhöhe bei allen Ledern wesentlich niedriger liegt als bei Gummimaterialien, d. h. selbst die beste Gummisohle beim 1. Hochwölben eine stärkere bleibende Deformation erfährt als das nach dieser Richtung hin ungünstigste Leder. Auch die Restwölbbhöhe steigert sich vom 1. bis zum 5. Hochwölben bei den Gummimaterialien im Gegensatz zu den Ledermaterialien in starkem Maße, so daß sich die Unterschiede zwischen 1. und 5. Hochwölben in noch wesentlich stärkerem Maße auswirken (Leder 0,3 - 0,5; Gummi 1,6 - 5,2). Gerade diese zusätzliche Weiterverformung ist als erheblicher Nachteil zu werten. Eine einmalige Verformung in mäßigen Grenzen kann noch von Vorteil sein und wirkt sich gerade bei Ledersohlen dahingehend aus, daß sie sich dem sanften Schwung der Leistenform gut anpassen und nicht wie ein Brett am Schuh haften, eine dauernde Weiterverformung ist dagegen als grundsätzlicher Nachteil zu werten.

Tabelle 10 enthält auch entsprechende Zahlen für Versuche, bei denen die Proben im Berstdruckprüfer mit Narben- bzw. Laufseite nach innen ausgewölbt wurden. Diese Werte liegen für Leder im allgemeinen etwas niedriger als bei den Untersuchungen mit der Narbenseite nach außen, während die entsprechenden Werte für die Gummisohlen gleich oder meist etwas höher liegen, so daß bei diesen Versuchen die Unterschiede zwischen Leder- und Gummimaterialien noch stärker hervortreten. Man kann auch diesem Vergleich entgegenhalten, daß die Leder beim Tragen in der Nässe infolge ihrer Wasseraufnahme eine stärkere Deformierung erfahren, Gummisohlen dagegen nicht. Daher wurden die Leder auch nach vierstündiger Wasserlagerung in entsprechender Weise mit

der Narbenseite nach außen geprüft und Tabelle 11, die eine Gegenüberstellung der besonders interessierenden Restwölbbhöhe der Leder im trockenen und im durchfeuchteten Zustand nach fünfmaliger Be- und Entlastung gibt, bestätigt die Vermutung, daß nasse Ledersohlen stärker als das trockene Leder zur flächenmäßigen Deformation neigen. Vergleicht man allerdings die Werte mit den entsprechenden Gummiwerten in Tabelle 10, so liegen selbst die Naßwerte in den Mittelwerten noch bei weitem nicht so hoch wie die Trockenwerte der Gummimaterialien, und selbst bei den Massivgummisohlen, die sich unter den Gummiwerkstoffen in dieser Hinsicht am günstigsten verhalten, ergeben sich nur in wenigen Einzelwerten gewisse Überschneidungen. Immerhin zeigen diese Werte, daß beim Durchnässen des Leders der Vorteil guter Formbeständigkeit der Ledersohle etwas verlorengehen kann, so daß auch unter diesem Gesichtspunkt einer sachgemäßen Hydrophobierung von Sohlleder, über die später berichtet wird, besondere Bedeutung zukommt.

Da auch Bedenken geltend gemacht werden könnten, daß die Belastung von 3 atü zu hoch sei, wurden weitere Versuche mit Narben- bzw. Laufseite nach außen bei Belastung von 1 und 2 atü durchgeführt. Die entsprechenden Ergebnisse in Tabelle 12 zeigen erwartungsgemäß für alle Materialien niedrigere Verformungswerte als bei 3 kg, doch liegen auch hier nach fünfmaligem Hochwölben die Mittelwerte der Wölbbhöhe bei allen Gummimaterialien nach wie vor höher als diejenigen des Leders, wenn auch bei 1 atü in einigen Einzelwerten der Massivgummisohlen und Hartzellsohlen gewisse Überschneidungen vorhanden sind. Für die Restwölbbhöhe gilt das gleiche, lediglich bei einigen Einzelwerten der Hartzellsohlen ist eine Überschneidung mit den Lederwerten festzustellen. Bei 2 atü Druck liegen alle Werte der Gummimaterialien grundsätzlich höher als diejenigen des Leders. Selbst bei einer Minderung des Drucks neigen also Gummisohlen wesentlich stärker zur bleibenden Verformung als Ledersohlen, wobei insbesondere die Differenzwerte zwischen dem 1. und 5. Hoch wölben, denen wir aus den dargelegten Gründen besondere Bedeutung beimessen, bei den Gummisohlen auch bei geringerer Belastung viel ungünstiger als bei den Ledersohlen liegen. Die Untersuchungen über die Dehnbarkeit, gleichgültig, ob linear oder flächenmäßig ermittelt, lassen demgemäß eindeutig erkennen, daß die Gesamtdehnung, vor allem aber die bleibende Dehnung bei Gummisohlen wesentlich höher liegt als bei Ledersohlen. Leder hat, wie bereits oben angeführt, die Eigenschaft, kleinen Beanspruchungen spielend nachzugeben, größeren dagegen erheblichen Widerstand entgegenzusetzen 6), was auch bei diesen Untersuchungen eindrucksvoll bestätigt wird. Es besitzt eine der praktischen Beanspruchung angepaßte Dehnung und Verformbarkeit, so daß es sich bei der Verarbeitung am Schuh der Leistenform und beim Tragen der individuellen Fußform gut anpassen kann und damit eine gesunde Fußbettung und ein fußgerechtes Gehen gewährleistet. Es gewährleistet gleichzeitig aber auch bei längerem Tragen eine günstige Formbeständigkeit des Schuhs. Gummisohlen haben beide Eigenschaften nicht, sie lassen sich bei der Verarbeitung nicht gut dauerhaft verformen, und sie neigen beim Gebrauch in starkem Maße zu einer bleibenden Verformung, was insbesondere nach einigem Tragen zu einem Verziehen der Schuhe führt. Darauf ist ohne Zweifel auch die Ansicht der Verbraucher, Schuhe mit Gummisohlen seien nicht elegant, die bei der Befragung sehr eindeutig zum Ausdruck kam, zurückzuführen. Dabei fällt für Gummisohlen besonders nachteilig ins Gewicht, daß die bleibende Verformung nicht nur einmalig eintritt, sondern bei einer Dauerbeanspruchung ständig fortschreitet. Schließlich hängt mit der starken bleibenden Verformung auch die Erscheinung zusammen, daß sich Gummisohlen, wenn sie nicht sachgemäß am Schuh verklebt sind, hochwölben und damit eine Blasenbildung unter der Sohle entstehen kann. Deswegen müssen Gummisohlen über die ganze Fläche verklebt werden, während bei Ledersohlen ein Verkleben über den äußeren Rand genügt, um eine genügende Haltbarkeit der Verklebung zu erreichen, ohne ein Verziehen und Hochwölben der Ledersohle befürchten zu müssen. Auf diese Unterschiede wird bei Beanspruchung der Porositätseigenschaften nochmals hingewiesen werden.

5. Biegefähigkeit

Ledersohlen wird oft entgegengehalten, daß die Vorteile der besseren Formhaltung mit einer geringeren Flexibilität erkauft werden müssen. Ohne Zweifel spielt die Flexibilität für den modernen Schuhbau eine wichtige Rolle, die Entwicklung geht immer mehr zu einem flexiblen Unterbau und fordert daher auch vom Besohlungsmaterial eine höhere Biegsamkeit als früher. Daher wurden alle Besohlungsmaterialien im Naumann-Schopper'schen Apparat mit Narben- und Laufseite nach außen und innen auf ihren Biegewiderstand geprüft, wobei die Proben einseitig fest eingespannt, auf der anderen Seite aber nur lose in der Führung waren, so daß das Gefüge der Biegebeanspruchung entsprechend nachgeben konnte. Es wurde die Kraft gemessen, die zur Erreichung eines Biegewinkels von 30, 60 und 90° erforderlich war, und zwar sowohl bei der 1. Biegung wie nach 20 Biegungen, da die notwendige Kraft zur Erreichung eines bestimmten Biegewinkels erfahrungsgemäß absinkt, wenn die Materialien wiederholt gebogen werden. Die Ergebnisse dieser Prüfungen in Tabelle 13 zeigen zunächst für Leder bei den altgegerbten Ledern erwartungsgemäß den höchsten Biegungswiderstand, der dann über die Schnittervacheleder zu den modern gegerbten Ledern stark absinkt. Die Werte für die flexiblen Leder zeigen wieder starke Streuungen, innerhalb des Streubereichs liegt der niedrigste Wert erwartungsgemäß für alle Lederarten am tiefsten, doch sind auch Leder vorhanden, die einen höheren Biegungswiderstand als die modern gegerbten Leder aufweisen, ein Zeichen dafür, daß für manche handelsüblich als flexibel bezeichneten Fabrikate diese Bezeichnung nicht zutrifft. Interessant ist, daß Leder beim Biegen mit dem Narben nach innen grundsätzlich erheblich höhere Werte ergibt, ein Hinweis dafür, daß insbesondere das dichtstrukturierte Fasergefüge des Narbens Stauchungen gegenüber einen noch größeren Widerstand bietet als gegenüber Dehnungen, und entsprechend konnten bei einigen Testversuchen festgestellt werden, daß sich diese Unterschiede stark vermindern, wenn die Narbenschicht abgeschliffen wird. Bei Leder ist weiter ins Auge fallend, daß es bei häufiger Wiederholung der Biegebeanspruchung wesentlich flexibler wird, der Biegewiderstand also insbesondere beim Biegewinkel von 30° und 60° stark absinkt, und zwar um so stärker, je härter und fester die Leder ursprünglich waren. Diese Feststellung zeigt, daß Ledersohlen nach einigem Tragen im allgemeinen wesentlich flexibler werden, als der Käufer bei der Prüfung neuer Schuhe zunächst annehmen kann, wobei sich dieser Einfluß beim praktischen Tragen noch stärker auswirken dürfte, wenn die Narbenschicht, die infolge ihrer dichtmaschigen Struktur einen besonders hohen Biegewiderstand besitzt, abgetragen ist. Bei den Gummisohlen ist eine solche Steigerung der Biegefähigkeit bei einigem Tragen nicht im gleichen Umfang festzustellen, aber auch bei der an und für sich guten Flexibilität nicht nötig. Grundsätzlich sind alle Gummimaterialien zunächst wesentlich flexibler als Ledersohlen. Das trifft insbesondere für die Naturkrepp-, Transparent- und Porokreppsohlen, in ähnlicher Weise aber auch für die festeren Massivgummisohlen und Hartzellsohlen zu. Immerhin zeigen aber die Werte nach zwanzigmaliger Biegung, daß sich die ursprünglich beträchtlichen Unterschiede gegenüber Leder sehr stark ausgleichen, so daß bei einem Biegewinkel von 30° C praktisch keine Unterschiede mehr vorliegen, daß sich beim Biegewinkel von 60° (eine Sohle wird kaum stärker gebogen) die Unterschiede zwischen Leder- und Gummisohle wesentlich verringert haben und daß es insbesondere im Bereich der modern gegerbten und der flexiblen Leder zahlreiche Fabrikate gibt, die nach wiederholter Biegebeanspruchung die gleiche Flexibilität wie Gummisohlen aufweisen.

In diesem Zusammenhang erhob sich auch die Frage, inwieweit sich die Biegefähigkeit unter Umständen in der Kälte verändern und namentlich bei Gummisohlen bei niederen Temperaturen eine stärkere Verhärtung eintreten könne; es wurden daher sämtliche Materialien auch bei einer Temperatur von -20° C auf ihr Biegeverhalten geprüft und festgestellt, daß der Einfluß der Kälte in diesem Bereich nur gering ist, so daß die diesbezüglichen Zahlen nicht besonders angeführt werden.

Bei Leder wurde beim einmaligen Biegen praktisch die gleiche Biegezahl wie bei +20° C festgestellt, und bei den Gummiwerkstoffen lag bei allen Gruppen der Biegewert höchstens um 0,4 kg höher als bei +20° C. Eine Ausnahme machten lediglich die Naturkrepsohlen, bei denen eine etwas stärkere Verhärtung eintrat, so daß die Werte bei 90° Biegung bei 1,7 kg lagen, sich aber immer noch im normalen Bereich der Kautschukwerkstoffe befanden. Es kann also auch bei Gummimaterialien von einer nennenswerten Verhärtung bei Kälte nicht gesprochen werden. Diese Feststellung steht in Übereinstimmung mit Untersuchungen von Graßmann und Zeschitz 7), die beim Vergleich des mechanischelastischen Verhaltens von Leder und Lederaustauschstoffen bei verschiedenen Temperaturen anhand von Zugdehnungs - Diagrammen feststellten, daß zwar bei starker Abkühlung auf -70° C auch bei Gummiwerkstoffen starke Verhärtungen eintraten, nur geringfügig dagegen bei Temperaturen bis zu -20° C, wie wir sie herangezogen haben, woraus sie folgerten, daß bei gummiartigen Werkstoffen, wenn man von extrem tiefen Temperaturen absieht, offenbar das Kälteproblem in diesem Bereich weitgehend gelöst sei, eine Feststellung, die auf Grund unserer Untersuchungen bestätigt wird.

6. Kompressionswiderstand

Der Kompressionswiderstand von Besohlungsmaterialien ist eine weitere wichtige Materialkonstante für die Beurteilung des Tragekomforts. Gegen Gummisohlen, namentlich dann, wenn es sich um dünnes Material handelt, wird häufig der Vorwurf erhoben, daß man beim Gehen jedes Steinchen auf dem Boden fühle, da es sich tief eindrücke. Daher wurden Untersuchungen zur Bestimmung der Eindringtiefe durchgeführt, die in weitgehender Anlehnung an die diesbezügliche französische Prüfmethode (AFNOR-G 5200) sowohl an trockenen Prüfkörpern wie nach vorheriger Wasserlagerung von 2 Stunden erfolgten. Nach Messung der Dicke wurde der Druckstift von 4 mm Durchmesser aufgesetzt, der Dickenmesser auf 0 gestellt und der Hebel mit 10 kp belastet, nach 2 Minuten die jetzige Dicke gemessen, dann wurde wieder entlastet und nach 5 Minuten erneut die Dicke festgestellt. Die Dickenabnahme bei Belastung und die Restdickenabnahme nach Entlastung wurden in Prozent der ursprünglichen Dicke errechnet. Die Werte in Tabelle 14 zeigen zunächst für den Trockenversuch, daß die harten, altgegerbten Leder die geringste Eindringtiefe des Dorns erkennen lassen, was diese Leder insbesondere für Arbeits- und Marschstiefel (geringe Beeinträchtigung durch steinigen Boden) geeignet macht, und daß die Werte über die Schnittervacheleder zu den modern gegerbten Ledern ansteigen, während bei den flexiblen Ledern wieder erhebliche Schwankungen festzustellen sind. Diese Reihenfolge bleibt auch für die Resteindringtiefe erhalten. Die Gummimaterialien zeigen dagegen in allen Fällen, d. h. auch bei jedem Einzelwert eine wesentlich größere Eindringtiefe, die in ganz anderer Größenordnung als bei Ledern liegt, und auch die Resteindringtiefe liegt, von einigen Transparentsohlen abgesehen, grundsätzlich wesentlich höher als bei Leder. Bei Prüfung der nassen Materialien steigerte sich sowohl die Eindringtiefe wie die Resteindringtiefe. Das trifft auch für die Gummisohlen zu, wenn auch in verhältnismäßig geringem Umfange und wir führen diese Feststellung darauf zurück, daß nach unseren Untersuchungen auch Gummisohlen eine, wenn auch nur geringe Wasseraufnahme (1-2%), vermutlich nur in den Außenschichten zeigen, und daß das aufgenommene Quellwasser gewissermaßen als Weichmacher wirkt. Wesentlich stärker ist aber die Zunahme der Eindringtiefe bei nassem Leder, wenn auch in keinem Einzelfalle die ungünstigen Werte der Gummimaterialien erreicht werden. Anders dagegen die Werte der Resteindringtiefe, die bei Transparentsohlen, Naturkrepsohlen und bei Einzelwerten der Zellsohlen durchaus im Bereich nasser Leder liegen. Auch diese Nachteile können aber durch entsprechende Imprägnierung weitgehend vermieden werden, und es konnte bei 2 imprägnierten Flexibelledern eine Steigerung der Eindringtiefe beim Naßversuch um 4,7, im anderen Falle um nur 2,7 festgestellt werden. Diese Werte zeigen, daß die Steigerung der Eindringtiefe durch Wassereinwirkung durch eine sachgemäßere Imprägnierung auf ein durchaus tragbares Minimum beschränkt werden kann, so daß der Frage der Imprägnierung von Sohlledern auch im Hinblick auf

diese Eigenschaft eine wesentliche Bedeutung zukommt.

Es ist verständlich, daß die Lederproben, wenn sie nach Naßlagerung wieder aufgetrocknet werden, nicht wieder die ursprünglichen Werte ergaben.

Nachstehend seien die diesbezüglichen Mittelwerte angeführt:

Diese Erhöhung der Werte für die Eindringtiefe und Resteindringtiefe ist darauf zurückzuführen, daß bei der Durchfeuchtung der Walzeffekt verlorengelht, und die Leder dadurch weicher werden. Trotzdem liegen auch diese Werte noch erheblich günstiger als die der Gummisohlen, und darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß sich diese Unterschiede beim praktischen Tragen nur in geringem Umfange auswirken, da unter dem Körperdruck jeweils wieder eine Komprimierung des Fasergefüges erfolgt. Da Bedenken geäußert werden könnten, daß die gewählte Belastung von 10 kp zu hoch sei, wurden schließlich auch entsprechende Versuche mit 2 kp Belastung durchgeführt. Die diesbezüglichen Ergebnisse in Tabelle 14 zeigen, daß die Eindringtiefe bei allen Materialien bei 2 kp Belastung erwartungsgemäß wesentlich geringer ist, und daß sich bei den Gummimaterialien nun auch eine stärkere Differenzierung zeigt, indem die festeren Massivgummisohlen und Hartzellsohlen bei geringerem Druck nicht mehr die gleiche Eindringtiefe zeigen wie die viel weicheren Transparentsohlen, Porokreppsohlen und Naturkreppsohlen. Immerhin macht sich aber auch bei diesem geringen Druck der Unterschied zwischen Leder- und Gummimaterialien eindeutig bemerkbar. In der Eindringtiefe erreichen nur einige Massivgummisohlen und eine Hartzellsohle etwa den Lederbereich, im Mittel zeigen auch hier die Leder grundsätzlich eine erheblich geringere Eindringtiefe als die Gummimaterialien, und für die Resteindringtiefe gilt das gleiche. Der prozentuale Rückgang der Eindringtiefe bei 2 kp gegen 10 kp beträgt bei Leder im Durchschnitt aller Fabrikate 48%, bei Massivgummisohlen 68% und bei Hartzellsohlen 58%, während er bei den weichen Materialien, also bei Transparentsohlen mit 21%, Porokreppsohlen mit 13% und Naturkreppsohlen mit 9% wesentlich niedriger liegt. Diese letzteren Materialien sind so weich, daß schon eine Belastung von 2 kp genügt, um sie so weitgehend zu komprimieren, daß sie einer stärkeren Belastung kaum noch weiter nachgeben können.

In diesem Zusammenhang sei mit allem Nachdruck darauf hingewiesen, daß die Feststellungen der Eindringtiefe nicht unbedingt etwas mit dem Begriff der „Härte,“ zu tun haben. Auch flexible Leder, die man wirklich nicht als hart bezeichnen kann, verhalten sich durchweg wesentlich günstiger als Gummisohlen. Hier wirkt sich vielmehr die gleiche typische Gummieigenschaft aus, die auch bei der Flächenbeanspruchung in einer höheren Gesamtdehnung und vor allem einer höheren bleibenden Dehnung zum Ausdruck kommt. Diese Zahlen erklären die Beanstandungen vieler Träger, daß sie die Unebenheiten des Bodens und jeden Stein bei Gummisohlen viel unangenehmer empfinden, während Leder durch das dreidimensionale Fasergeflecht den eng begrenzten Druck eines spitzen Steinchens auf eine größtmögliche Fläche verteilt und damit weitgehend unwirksam macht. Leder ist fest und doch elastisch, wie es der Fuß für seinen Schutz, aber auch als Anregung zur notwendigen eigenen Tätigkeit braucht. Man kann natürlich bei Gummisohlen dadurch einen Ausgleich finden, daß man sie dicker wählt, aber dann macht sich das höhere spezifische Gewicht in einer besonderen Schwere der Sohle unangenehm bemerkbar. Wenn bei vielen Schuhen die ungünstige Kompressionsfähigkeit der Gummisohlen nicht beobachtet wird, so hängt das meist damit zusammen, daß eine gleichzeitig eingearbeitete Lederbrandsohle oder Lederzwischensohle diese ungünstige Eigenschaft abfängt. Tatsächlich ist aber in dieser Eigenschaft der höheren Kompressibilität ein grundsätzlicher Nachteil der Gummisohle zu erblicken.

7. Porosität

Daß die Porosität des Besohlungsmaterials am Schuh eine wichtige Rolle für die Beurteilung des Tragekomforts und der Fußhygiene spielt, wurde bereits eingangs unserer Ausführungen dargelegt, so daß im Rahmen unserer Untersuchungen verständlicherweise gerade dieser Eigenschaft besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Zur Beurteilung der Porosität der verschiedenen Materialien wurde zunächst die Luftdurchlässigkeit im Apparat von Bergmann nach DIN 53 334 bestimmt. Dabei waren alle Gummisohlen völlig luftundurchlässig, gleichgültig, ob sie porosiert waren oder nicht. Das deckt sich mit Feststellungen von Graßmann, Zeschitz und Stadler 8), daß als „porös“ bezeichnete Sohlenmaterialien auf Gummibasis nicht die Eigenschaften einer echten Porosität aufweisen, wenn man darunter durchgehende Öffnungen versteht, die einen Stoffaustausch von der einen Seite zur anderen ermöglichen, da die Hohlräume nicht miteinander in Verbindung stehen, wie auch die oben besprochenen Feststellungen über das wahre spezifische Gewicht von Porokreppsohlen gezeigt hatten. Leder weisen dagegen dank ihres typischen strukturellen Aufbaues alle eine mehr oder weniger hohe echte Luftdurchlässigkeit auf (Tabelle 15). Bemerkenswert sind die außerordentlichen Schwankungen bei den flexiblen Ledern und die Tatsache, daß von den beiden imprägnierten Flexibelledern das eine mit Werten von 564-623 die höchste Luftdurchlässigkeit aufwies, das andere dagegen die Luftdurchlässigkeit 0 zeigte, also völlig luftundurchlässig war und sich damit einer sehr wesentlichen Ledereigenschaft begibt, macht den nochmaligen Hinweis erforderlich, daß bei der Imprägnierung von Sohlen wie bei Ledern für Bekleidungszwecke ganz allgemein nur eine Hydrophobierung, dagegen keine Füllimprägnierung in Betracht kommen kann 2). Daher ist das eine Leder ohne Zweifel richtig, das zweite dagegen falsch imprägniert.

Wir haben ferner die Wasserdampfdurchlässigkeit bestimmt, die ja noch wichtiger als die Luftdurchlässigkeit ist, denn der Schuh enthält in seinem Innern beim Tragen kaum Luft, dagegen Wasserdampf in Form der feuchten Ausdünstungen des Fußes, der nach außen diffundieren muß. Die Bestimmung erfolgte nach der Methode Herfeld nach DIN 53 333 und nach der ALCA-Methode, und die Ergebnisse in Tabelle 15 zeigen, daß alle Leder nach beiden Methoden eine ausgesprochen hohe Wasserdampfdurchlässigkeit aufweisen. Wenn bei Gummimaterialien bisweilen auch eine geringe Wasserdampfdurchlässigkeit festgestellt wird, so sind solche Werte ohne Zweifel falsch, und schon Graßmann, Zeschitz und Stadler 8) haben in früheren Arbeiten auf ähnliche Feststellungen hingewiesen und sie auf eine ungenügende Abdichtung bei dieser Prüfmethode zurückgeführt. In der Tat nähern sich nach unseren Versuchen die Werte immer mehr dem Wert 0, je besser diese Abdichtung gelingt, und vermutlich würden die Gummimaterialien bei einer idealen Abdichtung ebenso wasserdampfdurchlässig wie luftundurchlässig sein.

Leder hat ferner bekanntlich die Fähigkeit, bei Durchtritt von Wasserdampf erhebliche Mengen dank seiner ungewöhnlich großen inneren Oberfläche und einer starken Anreicherung an polaren Gruppen teilweise reversibel zurückzuhalten, ohne sich dabei feucht anzufühlen und es in trockener Atmosphäre ebenso leicht wieder abzugeben. Auch nach dieser Richtung hin wurden Versuche durchgeführt, bei denen die Proben 3 Tage im Normklima bei 65% relativer Luftfeuchtigkeit und 20° C und anschließend 3 Tage bei 0% bzw. bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit gelagert und die Gewichtsab- und -zunahmen bestimmt wurden. Die diesbezüglichen Ergebnisse in Tabelle 16 zeigen die starke Abhängigkeit des Gewichts der Leder je nach den Lagerbedingungen, die mit einer Anpassung ihres Wassergehaltes an die jeweilige Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang steht. Bei den Gummisohlen ist dieser Einfluß nur sehr gering, eine mäßige Gewichtszunahme bei Feuchtlagerung hängt vielleicht mit einem adsorptiven Festhalten von Wasser, vielleicht auch wieder mit einer gewissen Wasseraufnahme in den Oberflächenschichten unter extremen Feuchtigkeitsbedingungen zusammen, auf die bereits bei Besprechung des Kompressionswiderstandes hingewiesen wurde, ist aber als Oberflächenwirkung völlig unbedeutend.

Insgesamt kann also festgestellt werden, daß Gummisohlen völlig unporös sind, wenn man darunter die Durchlässigkeit für Luft und Wasserdampf (Schweiß) versteht. Das ist ein entscheidender fußhygienischer Nachteil, denn es führt zur Ansammlung von Feuchtigkeit im Schuh, namentlich von der Unterseite des Fußes her. In neuerer Zeit wurde wiederholt aus Kreisen der Bekleidungsmedizin darauf hingewiesen 9) 10), daß eine sachgemäße Bekleidung eine Belüftung der Haut ermöglichen müsse, daß der Körper sich um so wohler fühle, je trockener er gehalten würde, daß der Schweiß abgezogen werden müsse, um ein Verdunsten auf dem Körper zu verhindern, und daß die Ausbildung eines Flüssigkeitsfilms auf der Haut die weitere Schweißsekretion hemme, zu Wärmestauungen führe und das subjektive Gefühl „heißer, feuchter Füße,, bewirke. Eine ungünstige Beeinflussung von Schweißaustritt und -Verdunstung sei in hohem Maße bestimmend für das Maß der Kreislaufbelastung und damit die Leistungsfähigkeit des Trägers. Als weitere Folge wurde auf ein Aufweichen der Haut und damit ein Wundreiben der Füße namentlich zwischen den Zehen hingewiesen und schließlich fördere die Ausbildung eines feuchtwarmen Raumes um den Fuß die Entwicklung von Mykosen, also die Ausbreitung von Fußpilzerkrankungen. Wenn bei Reihenuntersuchungen junger Männer zwischen 20 und 23 Jahren bei durchschnittlich 18% Fußpilzerkrankungen und sogar bei 66% Schweißfußbildung festgestellt wurde, so gibt das sehr zu denken. In diesem Zusammenhang und im Hinblick auf die nötige Durchlüftung des Fußes hat Sturde eindringlich auf die Unzweckmäßigkeit von Gummistiefeln, aber auch von Gummi- und Kreppsohlen hingewiesen 10). Das Oberleder allein kann mit der Entfernung der Fußfeuchtigkeit nicht fertig werden, ohne Zweifel kommt auch einer Porosität des Unterbaues ein bedeutender Einfluß zu. Die Lederbrandsohle atmet, und sie vermag daher neben dem Oberleder mit dazu beizutragen, die feuchten Ausdünstungen des Fußes zu sammeln und in Dampfform weiterzuleiten. Sie kann aber zu dieser Weiterleitung nur beitragen, wenn sie den aufgenommenen Schweiß an die Laufsohle zur Weiterleitung abgeben kann. Das ist bei Ledersohlen möglich, die Gummisohle kann das nicht, sie ist völlig unporös. Diese Feststellung steht auch mit den Ergebnissen der eingangs erwähnten Befragung in voller Übereinstimmung. Ganz besonders machen sich diese Unterschiede aber bei allen Schuhen bemerkbar, die heute ohne Brandsohle hergestellt werden.

Nun wird seitens der Schuhindustrie häufig darauf hingewiesen, daß die Porosität der Laufsohle früher zwar eine große Rolle gespielt habe, daß das aber heute nicht mehr zutreffe, da die im Originalzustand des Leders vorhandene Atmungsfähigkeit bei dem vorwiegend verwendeten Klebverfahren durch das Bestreichen mit Sohlenklebstoffen und das Arbeiten mit Ausballmassen völlig illusorisch würde. Für die Ausballmassen trifft das ohne Zweifel nicht zu, denn die Ausballmassen sind niemals so dicht, daß sie die Atmungsfähigkeit hindern, zumal die eingearbeiteten Korkmassen Wasserdampf leicht aufnehmen und weiterleiten können, und beim praktischen Tragen wieder eine Auflockerung des ganzen Gefüges erfolgt. Wir haben eine ganze Reihe von Ausballmassen des Handels mit Nitrozellulose und Kunststoffen als Bindemittel nach Ausstreichen und Verdunsten des Lösungsmittels untersucht und dabei Wasserdampfdurchlässigkeitszahlen zwischen 140 und 394 festgestellt, so daß hier eine Beeinträchtigung nicht zu befürchten ist. Dagegen ist ein Einfluß der Klebstoffe ohne Zweifel vorhanden. Wir haben 2 Leder gespalten, mit verschiedenen handelsüblichen Sohlenklebstoffen auf Neoprenbasis über die ganze Spaltfläche eingestrichen, wieder miteinander verklebt, einen Tag gelagert und dann hinsichtlich Luft und Wasserdampfdurchlässigkeit untersucht. Entsprechende Proben wurden außerdem nach der Verklebung in einem Spezialpermeometer während 3 Tagen einer ununterbrochenen Abrollbewegung unterzogen und erst dann auf Luft und Wasserdampfdurchlässigkeit geprüft. Die Ergebnisse sind nicht besonders tabellarisch angeführt, da die Luftdurchlässigkeit, die bei dem einen Leder im ursprünglichen Zustand bei 112 und in dem anderen bei 457 lag, durch die Klebstoffe in allen Fällen auf 0 herabgesetzt wurde und sich auch nach Abrollbeanspruchung nicht verbesserte.

Bei der Wasserdampfdurchlässigkeit verminderten sich die Werte bei dem einen Leder von 348 auf

112-146, bei dem anderen Leder von 593 auf 168. Durch die Verklebung wurde also die Luftdurchlässigkeit völlig aufgehoben und auch die Wasserdampfdurchlässigkeit stark beeinträchtigt, selbst wenn man eine 3tägige Abrollbewegung einschaltete, wenn auch nicht völlig aufgehoben. Es ist möglich, daß nach einigem Tragen durch ein Auftreten von Haarrissen in den Klebeschichten die Porosität wieder gesteigert wird, obwohl das bei den heute vorwiegend verwendeten Neoprenklebern weniger zu erwarten ist als bei den älteren Nitrozelluloseklebstoffen. Es muß in diesem Zusammenhang aber mit allem Nachdruck betont werden, daß die getroffenen Feststellungen nichts gegen den grundsätzlich günstigen Einfluß der Ledersohle aus fußhygienischer Sicht aussagen, sondern daß sie lediglich bestätigen, daß aus preislichen und fabrikationsorganisatorischen Gründen vielfach dem hygienischen Aufbau des Schuhunterbaus nicht die nötige Beachtung geschenkt wird, obwohl vom Leder her alle Voraussetzungen hierfür gegeben sind. Wenn man nämlich, wie das beispielsweise beider Wehrmacht währenddes letzten Krieges vorgeschrieben war und auch heute bei Firmen, die auf einen hygienisch einwandfreien Schuh Wert legen, zu sehen ist, den Klebstoff nicht über die ganze Fläche, sondern nur auf die Randpartien streicht, die allein für die Festigkeit der Verklebung maßgebend sind, dann bleibt im inneren Teil der Sohle die ursprüngliche Luft- und Wasserdampfdurchlässigkeit einwandfrei erhalten. Bei Gummisohlen ist eine solche Arbeitsweise nicht möglich, da sich sonst wegen des oben beschriebenen geringen Formhaltevermögens Verzerrungen im Unterbau und Blasenbildungen unter der Laufsohle ergeben würden. Bei der Ledersohle bestehen aber technisch keine Schwierigkeiten, auch bei geklebten Schuhen die gute Atmungsfähigkeit der Sohle für die Hygiene des Fußes einzusetzen, wenn die Verklebung richtig durchgeführt wird, und es erscheint unverständlich, von einer bestimmten Fertigungsmethode ausgehend einen unhygienischen Aufbau des Schuhuntergrundes begründen zu wollen, eine tragehygienisch wertvolle Ledereigenschaft also einfach beiseitezuschieben und damit das betreffende Schuhwerk zu entwerten, statt die Arbeitsverfahren der Verklebung den Forderungen der Fußhygiene anzupassen.

8. Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit spielt für die Tragehygiene des Fußes ebenfalls eine wichtige Rolle. Mit steigender Wärmeleitfähigkeit bekommt der Träger im Winter rascher kalte Füße. Daher wurden für alle Besohlungsmaterialien die in Tabelle 17 angegebenen Wärmeleitzahlen nach der Methode Stather-Schöpel 11) bestimmt. Diese Werte liegen bei Leder im Bereich von 0,108 - 0,141, wobei die Wärmeleitfähigkeit in starkem Maße mit der Dichtigkeit des Fasergefüges und damit mit dem Raumgewicht zusammenhängt und daher die sehr kompakten altgegerbten Leder erwartungsgemäß die höchsten, ungünstigsten Zahlen geben, während die Werte über die Schnittervacheleder zu den modern gegerbten Ledern absinken und damit für den Träger der Schuhe immer günstiger werden. Entscheidend für die Wärmeleitfähigkeit ist ja das im Leder vorhandene, gegen Kälte isolierende Luftpolster. Je dichter das Fasergefüge und je geringer damit das Luftpolster ist, desto höher liegen die Wärmeleitfähigkeitszahlen, und desto geringer ist naturgemäß die Isolierung gegenüber Wärme und Kälte. Die Werte für die flexiblen Leder zeigen in ihren starken Schwankungen wieder die Heterogenität der untersuchten Materialien dieser Gruppe. Die Gummiwerkstoffe besitzen, soweit sie unprofiliert sind, zumeist wesentlich höhere Werte als die Ledersohlen. Eine Ausnahme machen einmal die Naturkrepptsohlen und zum anderen ein erheblicher Teil der Porokrepptsohlen, bei denen sich verständlicherweise die eingelagerten Hohlräume, auch wenn die einzelnen Poren nicht miteinander in Berührung stehen, isolierend auswirken, während insbesondere die Massivgummisohlen, die Transparentsohlen und die Mehrzahl der Hartzellsohlen Werte zeigen, die erheblich über denen des Leders liegen. Bei den profilierten Materialien wurden durchweg niedrigere Werte als bei den entsprechenden unprofilierten festgestellt, wobei bei der Berechnung die Gesamtdicke der Materialien einschließlich der Profilhöhe berücksichtigt wurde. Es erweckt also den Anschein, als wenn diese Materialien eine geringere Wärmeleitfähigkeit als die entsprechenden

Massivgummisohlen besäßen, doch sind diese Unterschiede tatsächlich nur prüftechnisch bedingt, da bei der Prüfung der verschiedenen Materialien stets die zwischen der Profilierung eingeschlossene Luft als wärmeisolierender Faktor mitgemessen wird, was aber der praktischen Beanspruchung nicht entspricht, da ja beim Tragen die ganze Sohle von der Außenluft umspült wird, sich hier also kein Kälte- oder wärmeisolierendes Polster befindet. Die Ergebnisse zeigen demgemäß, daß die Gefahr, daß der Träger im Winter kalte Füße bekommt, bei den Massivgummisohlen, den Transparentsohlen, den Hartzellsohlen und teilweise auch bei den Porokreppsohlen weitaus größer ist als bei Leder, während bei den Naturkreppsohlen und einem Teil der Porokreppsohlen mit einem solchen Einfluß nicht zu rechnen ist. Damit wird verständlich, daß die Literaturangaben über diesen Punkt häufig schwanken, denn selbst wenn diesen Angaben konkrete Messungen zugrundeliegen, so wird doch meist von medizinischer Seite nicht berücksichtigt, welche Gruppe von Sohlenmaterialien vorliegt, und wenn der eine Prüfer Schuhe mit Massivgummisohlen, der andere mit Naturkreppsohlen prüft, muß nach den vorliegenden Zahlen zwangsläufig ein ganz unterschiedliches Ergebnis erhalten werden. Grundsätzlich kommt der Frage der Wärmeleitfähigkeit des Besohlungsmaterials aber eine große Bedeutung zu. Die Körpertemperatur wird bekanntlich durch zwei Faktoren gesteuert, die exothermen Verbrennungsvorgänge im Körper, die nicht durch die Kleidung beeinflusst werden, und die Wärmeabgabe durch Leitung, Strahlung und Verdunstung, die von der Durchblutung der Haut abhängt und einer Steuerung durch die Kleidung unterliegt 12). Wärmestauungen, wenn z. B. der auf der Körperoberfläche gebildete Schweiß aus den im vorigen, 1. Abschnitt angegebenen Gründen nicht genügend abgeführt werden kann (z. B. unporöse Sohlen), stören das Wohlbefinden ebenso wie ein durch Kältebelastung bewirkter zu großer Wärmeverlust. Für die Fußbekleidung sind dabei die Angaben aus Kreisen der Bekleidungsmedizin wichtig 13), daß die Füße gegen Kälte besonders empfindlich sind, da die Beine schon an sich schlecht durchbluten, so daß sie unbedingt gegen Wärmeabgabe geschützt werden müssen. Schuhe müßten zur Vermeidung von Schlechtwetterschäden warm genug sein, auch von der Sohle her 14). Das erhellt deutlich die Bedeutung der geringeren Wärmeleitfähigkeitszahlen der Ledersohlen gegenüber den meisten Gummisohlenmaterialien. Nun wird bisweilen berichtet, daß solche Betrachtungen nur für trockenes Wetter zuträfen und Leder im Winter eindeutig wärmere Füße garantiere, daß dagegen durchfeuchtete Leder sehr rasch ein Kältegefühl entstehen ließen. Daher wurden weitere Versuche durchgeführt, bei denen alle Besohlungsmaterialien vor der Bestimmung der Wärmeleitzahl zunächst zwei Stunden in Wasser gelagert wurden. Schon Stather und Schöpel 11) haben darauf hingewiesen, daß die Wärmeleitzahl mit zunehmender Feuchtigkeit beträchtlich ansteige, und diese Feststellung wird durch unsere Ergebnisse (Tabelle 17) bestätigt. Auch die Gummisohlen zeigen ein gewisses Ansteigen der Wärmeleitzahlen, besonders stark ist es aber bei den Ledern, die im durchfeuchteten Zustand durchweg gleiche oder höhere Wärmeleitfähigkeitszahlen zeigen als die Gummimaterialien. Die prozentuale Zunahme beträgt, wenn man die Mittelwerte, die auf die ursprüngliche Dicke der Trockenproben bezogen sind, zugrundelegt, bei den Gummimaterialien zwischen 13 und 48%, bei den Ledersohlen zwischen 60 und 136%. Die feuchten Leder zeigen also tatsächlich eine Zunahme der Wärmeleitfähigkeit, und daher kann man von einer besseren Wärmeisolierung der Ledersohlen gegenüber Gummisohlen nur bei trockenem Wetter sprechen, bei nassem Wetter dagegen nicht. Auch bei dieser Eigenschaft spielt damit die Imprägnierung der Ledersohlen eine wesentliche Rolle, um die vorteilhafte Eigenschaft des Leders hinsichtlich geringer Wärmeleitfähigkeit auch bei nassem Wetter zu erhalten, und wir werden später über unsere diesbezüglichen Versuche berichten.

9. Elektrostatische Aufladung

Bei der Reibung zweier verschiedenartiger Körper tritt bekanntlich ein Platzwechsel von Elektronen oder Ionen ein, d. h. eine gewisse Trennung von positiver und negativer Elektrizität, was zur Entstehung eines elektrischen Feldes führt, und nach ihrer mechanischen Trennung bleiben auf ihrer

Kontaktfläche elektrische Ladungen zurück. Diese elektrostatische Aufladung tritt bei den verschiedensten Anlagen, Maschinen und Arbeitsvorgängen auf und kann bei gleichzeitiger Anwesenheit leicht entzündlicher oder explosiver Stoffe und Stoffgemische zu Bränden, Explosionen etc. Veranlassung geben. Ebenso tritt eine solche elektrostatische Aufladung aber auch bei Bekleidung auf, wobei z. B. Seide, Wolle und Acetatfasern, insbesondere aber auch eine ganze Reihe synthetischer Fasern in sehr starkem Umfange zu Aufladungen Veranlassung geben. Dadurch werden die Bearbeitungsprozesse in der Textilindustrie erheblich erschwert, aber auch beim Gebrauch der aus diesen Textilien hergestellten Kleidung macht sich die Aufladung dadurch unangenehm bemerkbar, daß die Kleidungsstücke am Körper „kleben“, sich aufbauschen und zu starken Verschmutzungen neigen. Ohne Zweifel trägt aber eine Aufladung der Kleider auch nicht zum Wohlbefinden des Trägers bei, sondern kann zu erhöhter Nervosität und ähnlichen Erscheinungen Veranlassung geben. In extremen Fällen können beim Tragen ungeeigneter Kleidungskombinationen z. B. bei Operationen Schockwirkungen, Brände und Explosionen verursacht werden. Solche Aufladungen können durch gute Ableitung verhütet werden und in den Richtlinien der Zentralstelle für Unfallverhütung 15) wird zur Verhütung von Gefahren durch elektrostatische Aufladung darauf hingewiesen, daß für Fußböden, Möbelbezüge, Schuhsohlen und Kleidung leitfähige Stoffe, keine isolierenden Materialien verwendet werden müssen, wobei bezüglich der leitfähigen Sohlen insbesondere auf Ledersohlen hingewiesen wird. Es erschien daher für die Beurteilung des Tragekomforts und der Vermeidung von Schäden durch elektrostatische Aufladung wichtig festzustellen, ob sich Leder- und Gummisohlen diesbezüglich unterschiedlich verhalten. Zu diesem Zweck wurden kreisrunde Proben von 85 mm Durchmesser auf 5000 Volt aufgeladen und dann die Halbwertszeit bestimmt, d. h. die Zeit, die zur Abladung auf die halbe Voltstärke erforderlich ist. Bei den Lederproben lag diese Halbwertszeit durchweg unter 1 Sekunde, bei den beiden altgegerbten Proben bei 1 - 2 Sekunden, die Ableitung erfolgte also fast momentan. Bei den meisten Gummisohlen war dagegen der Halb wert innerhalb einer Versuchszeit von 15 Minuten nicht zu erreichen, die Ladung schwankte vielmehr nach 15 Minuten bei allen Hartzellsohlen, Porokreppsohlen und Naturkreppsohlen noch zwischen 3800 und 4800 Volt, und von den 7 Massivgummisohlen zeigten 4, von den 8 Transparentsohlen 2 gleichfalls noch nach 15 Minuten Aufladungen in gleicher Höhe. Nur bei 2 Massivgummisohlen lag die Halbwertszeit bei 1 Minute und darunter, bei 1 Massivsohle bei 4 Minuten, bei 6 Transparentsohlen bei 11 Minuten, 1 Minute, 34, 26, 18 und 14 Sekunden. Dabei handelt es sich bei den Gummisohlen mit kürzester Halbwertszeit stets um schwarze Produkte, da der eingelagerte Ruß bekanntlich die Abladung erheblich fördert.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen also, daß Ledersohlen grundsätzlich elektrostatische Aufladungen gut abzuleiten vermögen und dadurch in starkem Maße verhindern, daß sich in der Kleidung und am Körper Aufladungserscheinungen entwickeln können, während Gummisohlen nur in vereinzelten Fällen diese Eigenschaft haben, sondern zumeist als Isolatoren die Beständigkeit der Aufladung fördern. Daher sollte schon aus diesem Grunde bei allen Berufsschuhen zur Verhütung von Unfällen Ledersohlen der Vorzug gegeben werden und auch beim Straßenschuh trägt insbesondere unter Berücksichtigung der stärkeren Aufladungstendenz moderner Kleidung die rasche Entladungsfähigkeit der Ledersohle erheblich zum Wohlbefinden des Trägers bei.

10. Zusammenfassung

Auf Grund der durchgeführten Vergleichsuntersuchungen der verschiedenen Typen von Besohlungsmaterialien hinsichtlich der Eigenschaften, die über die Strukturfestigkeit, den Tragekomfort und die Fußhygiene Auskunft geben, können folgende Feststellungen getroffen werden:

1. Das Raumgewicht der Gummisohlen liegt teils über dem der Ledersohlen (Massivgummisohlen, Transparentsohlen), teils in gleicher Größenordnung (Hartzellsohlen), teils erheblich niedriger

(Naturkrepptsohlen, Porokrepptsohlen). Die Differenzen werden meist durch die unterschiedliche Dicke der handelsüblichen Sohlen weitgehend ausgeglichen. Höhere Gewichte flächengleicher Muster waren im Mittel bei profilierten Massivgummisohlen, Transparentsohlen und insbesondere stark profilierten Formsohlen festzustellen. Bei den spezifisch leichten Typen von Gummisohlen kann das geringe Gewicht nicht ausgenutzt werden, da sich sonst andere Eigenschaften wie hohe bleibende Verformung und geringer Kompressionswiderstand noch ungünstiger auswirken. Die spezifisch schweren Typen können zwar das Mehrgewicht durch geringere Dicke ausgleichen, verzichten dann aber auf ihren Vorteil höherer Lebensdauer.

2. Die Festigkeitswerte (Zugfestigkeit, Stichausreißfestigkeit, Weiterreißfestigkeit) liegen bei Gummisohlen erheblich niedriger als bei Ledersohlen. Ganz abgesehen von den sich daraus ergebenden Verarbeitungsschwierigkeiten beim Nageln und Nähen von Gummisohlen zeigen diese Unterschiede, daß Gummisohlen die gute innere Gefügefestigkeit fehlt, die Leder natur und strukturbedingt in sehr starkem Maße aufweisen. Ledersohlen sind in dieser Eigenschaft allen Gummisohlen weit überlegen. Daß Gummisohlen trotzdem eine gute Lebensdauer besitzen, ist nur möglich, wenn man gleichzeitig ihre hohe Dehnbarkeit und schlechte Formbeständigkeit unabänderlich in Kauf nimmt.

3. Alle Gummisohlen zeigen gegenüber Ledersohlen eine ungewöhnlich hohe Bruchdehnung, die Transparentsohlen, Porokrepptsohlen und Naturkrepptsohlen eine hohe Dehnung auch schon bei geringer Belastung, während die Dehnung der Massivsohlen und insbesondere der Hartzellsohlen bei geringer Belastung im Bereich der Ledersohle liegt. Ebenso liegt das Auswölben bei flächenartiger Beanspruchung bei allen Gummimaterialien wesentlich höher als bei Leder. Die für die Beurteilung viel wichtigere bleibende Dehnung liegt bei linearer Bestimmung bei einigen Hartzell- und Massivgummisohlen bei geringer Belastung noch im Lederbereich, bei größerer Belastung dagegen wesentlich höher, und die Mehrzahl der Gummisohlen weist bei allen Belastungen bleibende Dehnungen auf, die diejenige von Leder weit übersteigen. Bei der flächenhaften Verformung ist die Restwölbbhöhe bei Gummisohlen wesentlich höher als bei Ledersohlen. Während eine gewisse Gesamtdehnung zur Erreichung genügender Flexibilität und eines reibungslosen Abrollvorgangs beim Gehen und eine einmalige mäßige bleibende Verformung zur richtigen Anarbeitung der Sohle an den Leisten erwünscht ist, ist eine stärkere bleibende Dehnung, insbesondere wenn sie sich in einer ständigen Weiterverformung auswirkt, unbedingt zu beanstanden. Ledersohlen besitzen einerseits eine gute Verformbarkeit, passen sich also der Leistenform gut an und gewährleisten eine gute Fußbettung, andererseits aber auch beim Tragen ein gutes Formhaltevermögen. Beide Eigenschaften sind bei Gummisohlen nicht vorhanden. Gummisohlen nehmen viel weniger dauerhaft die Leistenform an und führen infolge ihres schlechten Formhaltevermögens beim Tragen zu einer bleibenden Verformung am Schuh und zu inneren Spannungen, so daß die Schuhe schneller ihr Aussehen verlieren und dem Fuß nicht mehr den richtigen Halt gewährleisten. Dadurch wird die Auffassung der Verbraucher verständlich, daß Schuhe mit Gummisohlen nicht „elegant,, seien.

4. Ledersohlen besitzen zwar im ursprünglichen Zustand eine geringere Biegefähigkeit als alle Gummiwerkstoffe, so daß sie zumeist am ungetragenen Schuh weniger flexibel erscheinen. Die Unterschiede gleichen sich aber bei wiederholter Beanspruchung weitgehend aus, Ledersohlen werden also nach einigem Tragen wesentlich flexibler und viele modern gegerbte Leder und flexible Fabrikate zeigen nach wiederholtem Biegen die gleiche Flexibilität wie Gummimaterialien. Die Auffassung, das bessere Formhaltevermögen der Ledersohle müsse durch eine geringere Flexibilität erkauft werden, ist demgemäß nicht zutreffend. In der Kälte wird die Flexibilität bis -20° weder bei Ledersohlen noch bei Gummisohlen nennenswert verschlechtert.

5. Gummisohlen besitzen einen wesentlich geringeren Kompressionswiderstand als Leder. Dadurch wird der Vorwurf vieler Verbraucher verständlich, daß man bei Gummisohlen die Unebenheiten des Bodens viel stärker empfinde und „jedes Steinchen“ fühle, da es sich tief eindrücke. Leder verteilt demgegenüber mit Hilfe der dreidimensionalen Faserverflechtung den eng begrenzten Druck eines spitzen Steinchens über eine größere Fläche und macht ihn damit unwirksam. In dieser Eigenschaft ist ein wesentlicher Vorteil der Ledersohle zu erblicken.

6. Ledersohlen weisen dank ihres typischen strukturellen Aufbaus gute Luft- und Wasserdampfdurchlässigkeit auf, Gummisohlen fehlt diese Eigenschaft völlig. Das gilt auch für „porosierte“, Gummisohlen, die nicht die Eigenschaft einer echten Porosität besitzen, wie der Name glauben macht, wenn man darunter durchgehende Öffnungen versteht, die einen Stoffaustausch von der einen Oberfläche zur anderen ermöglichen. Auch durch Imprägnierungen von Unterleder wird die Atmungsfähigkeit nicht vermindert, wenn man sachgemäße Hydrophobierungen und keine Füllimprägnierungen einsetzt. Unterleder atmet also, es gestattet, die feuchten Ausdünstungen des Fußes zu sammeln, ohne sich feucht anzufühlen und in Dampfform weiterzuleiten. Es fördert damit die Fußhygiene, so daß die weitere Schweißsekretion nicht gehemmt, die Fußtemperatur besser reguliert, die Gefahr des Wundlaufens der Füße vermindert und die Ausbreitung von Schweißfußbildung und Fußpilzerkrankungen verhindert wird. Gummisohlen können das nicht, da sie völlig unporös sind. Wenn die Atmungsfähigkeit der Ledersohle heute vielfach bei der Schuhfabrikation durch Auftragen von Klebschichten über die ganze Sohlenfläche weitgehend aufgehoben wird, so ist das lediglich auf eine falsche Arbeitsweise zurückzuführen, die die guten Eigenschaften des Leders für den hygienischen Schuhunterbau nicht in sachgemäßer Weise ausnutzt und damit dem Träger der Schuhe einen ganz wesentlichen Vorteil der Ledersohle vorenthält.

7. Ledersohlen haben im Trockenzustand eine relativ geringe Wärmeleitfähigkeit, Gummisohlen ergeben mit Ausnahme der Naturkropp- und eines Teils der Porokroppsohlen wesentlich höhere Werte und führen damit im Winter wesentlich rascher zu kalten Füßen. Dadurch wird der Wärmehaushalt des Körpers und das Wohlfühl der Träger ungünstig beeinflusst.

8. Bei der Prüfung elektrostatischer Aufladung besitzen alle Leder grundsätzlich geringe Halbwertzeiten und vermögen damit elektrostatische Aufladungen des Körpers oder der Kleidung schnell abzuleiten, während diese Eigenschaft bei den Gummi

sohlen nur bei schwarzen, rußhaltigen Sohlen in gleicher und bei einigen Typen in ähnlicher Größenordnung festzustellen war, während die meisten Gummisohlen als ausgesprochene Isolatoren wirken. Daher steigern Gummisohlen beim Berufsschuhwerk die durch elektrostatische Aufladung möglichen Gefahren, lassen die Nachteile elektrostatisch auf ladbarer Kleider auch beim normalen Zivilschuh wesentlich stärker als Ledersohlen hervortreten und beeinträchtigen damit das Wohlbefinden der Träger. Die durchgeführten Untersuchungen haben demgemäß eindeutig zeigen können, daß bei allen Eigenschaften, die die Strukturfestigkeit, den Tragekomfort und die Fußhygiene bestimmen, den Ledersohlen grundsätzlich erhebliche Vorteile gegenüber Gummisohlen aller Typen zuzusprechen sind. Die Vorteile der Gummisohle in Preis und Haltbarkeit müssen - das hat sich eindeutig gezeigt - durch den Träger mit einem erheblichen Verzicht auf Tragekomfort und

Fußhygiene erkaufte werden. Die bei der eingangs erwähnten Käuferbefragung gegen die Gummisohlen rein erfahrungsmäßig erhobenen Einwendungen konnten somit durch objektive Vergleichsuntersuchungen im vollen Umfange bestätigt werden. In einer späteren Veröffentlichung wird gezeigt werden, wie es möglich ist, auch das Wasserverhalten und den Abnutzungswiderstand des Leders wesentlich zu verbessern und wie durch sachgemäße Hydrophobierung auch die Neigung des Leders, im feuchten Zustand eine etwas höhere Dehnung, eine etwas gesteigerte Kompressibilität und eine wesentlich höhere Wärmeleitfähigkeit zu besitzen, wirksam unterbunden werden kann. Ebenso wird in einer späteren Veröffentlichung über das unterschiedliche Rutschverhalten verschiedener Besohlungsmaterialien berichtet werden.

Fräulein Margret Paule sei für ihre verständnisvolle Mitarbeit bei der Durchführung der Untersuchungen und Herrn Dr. Oppelt für die Ermittlung der Halbwertzeiten der elektrostatischen Aufladung gedankt.

Literaturangaben

1. Vergl. z. B. H. Herfeld und K. Härtewig, Gerbereiwiss. u. Praxis April und Mai 1960, März 1961, Das Leder 1961, 194;
2. H. Herfeld und O. Endisch, Gerbereiwiss. u. Praxis, Juli, August und September 1960;
3. W. Thomsen, Bekleidungsmedizin 1963, Nr. 1;
4. Im „Neuen Brockhaus“ findet man z. B. unter „porös“, die Erläuterung „mit Poren versehen, löcherig, durchlässig“;
5. Das Leder 12, 37 (1961);
6. W. Graßmann, Das Leder 1, 57 (1950);
7. W. Graßmann u. E. Zeschitz, Das Leder 5, 145 (1954);
8. W. Graßmann, E. Zeschitz u. P. Stadler, Das Leder 5, 183 (1954);
9. Vergl. z. B. H. Goetz und M. Eisner, Ärztliche Praxis 19. 8. 1961, Prof. Mecheels, Hohenheim, Oberreg.-Med.-Rat Dr. Michaelis, Mainz und Oberstabsarzt Dr. Sturde, sämtlich auf der 3. Arbeitstagung für Bekleidungsmedizin, 8. und 9. 10. 1962 in Baden-Baden;
10. H. C. Sturde, Bekleidungsmedizin 1963, Nr. 1;
11. F. Stather und H. Schöpel, Coli. 1942, 259;
12. H. Hoffmann, Bekleidungsmedizin 1962, Nr. 6;
13. Oberreg.-Med.-Rat Dr. Michaelis, Mainz, auf der 3. Arbeitstagung für Bekleidungsmedizin, 8. und 9. 10. 1962 in Baden-Baden;
14. Bekleidungsmedizin 1961, Nr. 5 S. 8;
15. Richtlinien zur Verhütung von Gefahren durch elektrostatische Aufladungen, Zentralstelle für

Unfallverhütung, Bonn 1957.

Tabellenübersicht:

	altgegerbte Leder	Schnittervache	modern gegerbt
offe (O ₂)	0,4 — 0,7	1,7 — 2,0	1,5 — 2,4
	—	—	0 — 0,5
wasch-	6 — 7	9 — 14	7 — 13
ngszahl	77 — 85	70 — 78	75 — 86
	3,5 — 3,6	3,5 — 4,0	3,5 — 3,8

Raumgewicht, Dicke und Gewichte flächengleicher Proben

Raumgewicht in g/cm³		Dicke in mm	
Streuungsbereich	Mittelwerte	Streuungsbereich	Mittelwerte
1,03—1,09	1,06	3,9—5,0	4,4
0,92—1,06	0,98	3,3—4,8	4,1
0,96—0,98	0,97	3,2—4,6	3,8
0,86—0,96	0,91	3,3—4,9	4,1
1,15—1,47	1,25	2,5—3,8 1,3—3,1 / 4,3—5,1	3,0 2,4/4,8 = 3,6
1,05—1,17	1,11	2,3—3,8 / 3,2—5,3	3,1/4,2 = 3,7
0,95—1,04	0,99	2,9—3,6	3,3
0,53—0,80	0,70	4,6—6,0 / 5,0—6,8	5,2/5,8 = 5,5
0,79—0,81	0,80	4,6—5,1	4,8

flächengleicher Proben von Formsohl

al	Streuungsbereich
Formsohlen	28,3—41,5
Formsohlen	24,2—37,3
Formsohlen	22,7—27,0

Tabelle 3

Raumgewicht und wahres spezifisches Gewicht einzelner Sohlenmaterialien

Material	Raumgewicht	wahres spezifisches Gewicht
gegerbtes Leder	1,09	1,46
Schnittvacheleder	1,06	1,39
modern gegerbtes Leder	0,98	1,43
flexibles Leder	0,90	1,52
Porokreppsohlen	0,79	0,82
	0,80	0,88
	0,71	0,74
	0,74	0,79

Tabelle 4 Zugfestigkeit in kp/cm²

Material	Streuungsbereich		Mittelwerte
	längs	quer	
altgegerbte Leder	283—336	225—270	278
Schnittvacheleder	223—267	189—233	229
modern gegerbte Leder	266—313	257—267	272
flexible Leder	182—307	131—259	221
Massivgummi-sohlen	66—121	50—83	78
Transparentsohlen	80—109	66—95	88
Hartzellsohlen	55—105	48—74	65
Zellsohlen (Porokrepp)	34—58	32—47	42
Naturkreppsohlen	33—35	29—31	32

Tabelle 5 Stichausreißfestigkeit in kp/cm

Material	Streuungsbereich		Mittelwerte
	längs	quer	
altgegerbte Leder	181—220	174—198	193
Schnittervacheleder	131—176	120—160	151
modern gegerbte Leder	152—192	131—169	165
flexible Leder	129—156	108—141	133
Massivgummisohlen	45—99	40—95	63
Transparentsohlen	51—89	44—78	60
Hartzellsohlen	40—64	38—61	48
Zellsohlen (Porokrepp)	18—45	18—34	24
Naturkreppsohlen	20—21	16—20	19

Weiterreißfestigkeit in kp/cm

Material	Streuungsbereich		Mittelwerte
	längs	quer	
altgegerbte Leder	82—92	79—85	84
Schnittervacheleder	42—69	38—66	56
modern gegerbte Leder	53—55	47—52	52
flexible Leder	38—54	34—52	45
Massivgummisohlen	14—41	13—41	26
Transparentsohlen	24—43	20—43	31
Hartzellsohlen	14—27	14—26	21
Porokreppsohlen	8—13	8—13	10
Naturkreppsohlen	7—8	7—8	7,4

***/% Bruchdehnung**

Material	Streuungsbereich		Mittelwerte
	längs	quer	
altgegerbte Leder	25—27	22—27	25
Schnittervacheleder	27—31	25—28	28
modern gegerbte Leder	32—37	31—36	33
flexible Leder	25—42	24—39	31
Massivgummisohlen	217—358	93—287	217
Transparentsohlen	458—593	381—510	485
Hartzellsohlen	229—348	153—245	252
Zellsohlen (Porokrepp)	196—386	183—341	273
Naturkreppsohlen	265—399	261—291	304

Tabelle 8

% Dehnung bei 10 kp/cm² Belastung

Material	Streuungsbereich		Mittelwerte
	längs	quer	
altgegerbte Leder	0,5—0,8	0,4—0,5	0,6
Schnittvacheleider	1,2—2,9	1,1—2,8	1,7
modern gegebte Leder	1,8—5,0	1,1—4,9	2,7
flexible Leder	1,3—5,5	1,2—3,9	2,3
Massivgummi-sohlen	0,7—6,1	0,5—5,0	2,4
Transparentsohlen	5,5—66,5	3,8—57,5	22,5
Hartzellsohlen	1,2—2,0	0,9—1,9	1,4
Zellsohlen (Porokrepp)	12,0—44,5	9,7—38,0	27,6
Naturkreppsohlen	113,0—117,5	83,5—88,0	100,5

Prozentuale Restdehnung bei der Prüfung nach RAL 066A3

8 kp		12 kp			16 kp		
Streuungen	Mittelwert	Streuungen	Mittelwert	Streuungen	Mittelwert	Streuungen	Mittelwert
längs	quer	längs	quer	längs	quer	längs	quer
0,4—0,8	0,7	1,2—2,2	1,0—1,4	1,4	1,8—3,2	1,4—1,8	2,3
0,6—2,4	1,6	1,6—3,6	1,6—2,6	2,1	1,8—4,0	1,6—2,8	2,4
1,4—2,4	2,0	2,0—4,0	1,8—3,4	2,9	2,4—4,2	2,2—3,8	3,2
0,6—2,6	1,3	1,4—3,0	0,8—4,8	2,3	1,8—3,6	1,0—3,4	2,3
0,6—3,6	4,3	2,0—27,0	0,6—27,0	7,0	2,4—34,0	0,6—40,0	13,3
2,0—43,0	20,5	11,4—121,0	6,4—118,0	52,9	97,6—183,0	61,0—154,0	109,3
0,4—4,8	2,0	2,0—10,8	1,8—8,0	4,1	4,0—19,6	2,4—19,6	8,2
8,0—27,4	20,2	36,0—70,6	13,8—50,0	41,0	44,2—104,0	34,6—85,6	66,9
49,0—79,0	80,2	128,0—129,0	113,0—122,0	123,0	173,0—178,0	157,0—164,0	168,3

nasse Leder

2,2—3,0	1,6—2,6	2,3	2,6—4,0
4,2—5,6	2,4—3,8	4,2	5,6—10,0
4,0—5,4	2,8—5,2	4,3	5,0—10,0
1,8—7,8	1,0—5,2	3,8	2,4—10,0

Flächenhafte Verformung im Berstdruckprüfer bei 3 atü

1. Hochwölben				5. Hochwölben			
Wölbböhe in mm		Restwölbböhe in mm		Wölbböhe in mm		R	
Streuung	Mittel	Streuung	Mittel	Streuung	Mittel	Streuung	Mittel
Narbenseite bzw. Laufseite nach außen							
3,0— 3,3	3,1	1,1— 1,2	1,1	3,1— 3,3	3,3	1,4	1,4
4,2— 4,7	4,4	1,2— 1,3	1,6	4,5— 5,0	4,7	1,7	1,7
4,5— 6,6	5,3	1,3— 3,4	2,6	4,6— 7,0	6,1	1,7	1,7
3,7— 9,0	5,6	1,1— 3,6	2,1	4,0— 9,4	5,8	1,5	1,5
6,2—27,0	13,5	3,3— 7,9	5,8	7,3—33,2	16,5	4,8	4,8
34,0—52,0	44,4	8,3—20,7	15,2	37,9—53,2	49,0	11,0	11,0
9,3—24,2	14,1	4,8—12,5	7,3	12,3—42,6	20,6	7,1	7,1
21,7—32,5	27,6	7,3—13,1	10,1	26,4—37,9	31,8	9,3	9,3
31,4—31,6	31,5	23,6—24,7	24,1	32,6—32,8	32,7	28,3	28,3

Narbenseite bzw. Laufseite nach innen

3,2	1,3	1,3	3,4— 3,6
3,7	1,1— 1,8	1,4	3,5— 4,5
5,0	1,4— 2,6	1,9	4,6— 6,4
4,8	1,0— 3,0	1,6	3,2— 8,8
14,6	4,5—12,2	7,8	7,9—40,2
43,1	10,1—18,3	14,9	38,8—55,3
14,3	6,8—11,5	8,0	13,6—39,8
28,7	7,0—18,9	12,6	22,2—44,3
51,5	22,7—24,5	23,6	52,5—52,7

1

Wölbböhe nasser Leder bei 3 atü und 5-maliger

Material	Trockenwerte		Naßv
	Streuung	Mittel	Streuung
te Leder	1,4—1,5	1,4	3,5—3,9
vachleder	1,7—2,3	2,0	4,1—6,2
gegerbte Leder	1,7—3,9	3,1	6,2—6,6
eder	1,5—4,6	2,6	6,4—7,9

Flächenhafte Verdrehung im Berstdruckprüfer bei 1 und 2 atü Narben- bzw. Laufseite nach außen							
1. Hochwölben				5. Hochwölben			
Wölbböhe in mm		Reiswölbböhe in mm		Wölbböhe in mm		Reiswölbböhe in mm	
Streuung	Mittel	Streuung	Mittel	Streuung	Mittel	Streuung	Mittel
1 atü							
1,2—1,4	1,3	0,4—0,7	0,5	1,3—1,5	1,4	0,4—0,7	0,5
1,5—2,3	2,0	0,8—0,8	0,7	1,6—2,7	2,1	0,8—0,8	0,7
2,3—3,0	2,6	0,8—1,1	0,8	2,3—3,3	2,8	0,8—0,8	0,7
3,5—4,0	2,8	0,8—1,3	0,7	3,7—4,2	2,8	0,8—0,8	0,7
2,1—4,4	3,8	1,2—1,0	1,9	2,3—7,3	4,3	1,2—1,0	1,9
4,5—9,6	6,7	1,9—3,8	3,4	5,7—12,3	7,8	1,9—3,8	3,4
1,9—5,6	3,9	0,3—2,8	1,2	2,3—7,0	4,7	0,3—2,8	1,2
6,2—10,8	8,2	3,8—6,1	4,8	8,2—11,4	10,2	3,8—6,1	4,8
12,8—23,6	23,2	6,4—8,7	8,6	23,8—30,6	28,3	6,4—8,7	8,6
Biegewerte in kp							
1. Biegung							
30°		60°		90°		30°	
Streuung	Mittel	Streuung	Mittel	Streuung	Mittel	Streuung	Mittel
Narben- bzw. Laufseite nach außen							
3—3,5	3,4	5,5—6,3	5,9	7,4—8,9	8,1	0,1—0,3	0,2
5—3,0	2,0	2,0—5,5	3,7	3,2—8,6	5,7	0,1—0,2	0,2
5—1,5	1,3	1,9—2,5	2,3	3,0—4,3	3,6	0,1—0,2	0,2
5—2,5	1,6	0,9—5,0	2,9	1,3—7,3	4,4	0,1—0,4	0,2
5—1,6	0,8	0,6—1,9	1,0	0,6—2,0	1,1	0,2—0,4	0,3
2—0,5	0,4	0,3—0,7	0,6	0,4—0,8	0,6	0,2—0,3	0,2
5—1,0	0,9	0,7—1,4	1,2	0,7—1,5	1,3	0,2—0,3	0,3
5—0,7	0,6	0,5—1,0	0,7	0,7—1,0	0,8	0,3—0,4	0,3
0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2
Narben- bzw. Laufseite nach innen							
7	8,6—9,3	8,9	11,8—12,8	12,3	0,4—0,4		
5	3,1—7,0	5,2	4,5—9,0	7,0	0,2—0,2		
6	2,8—3,8	3,2	4,2—6,1	5,0	0,2		
6	1,5—6,4	3,2	2,1—9,3	4,7	0,2—0,2		
8	0,6—2,0	1,0	0,6—2,0	1,1	0,2—0,2		
4	0,3—0,7	0,6	0,4—0,8	0,7	0,2—0,2		
8	0,6—1,5	1,1	0,7—1,5	1,2	0,2—0,2		
3	0,6—0,9	0,7	0,7—1,0	0,8	0,3—0,3		
2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1—0,1		

Prozentuale Eindringtiefe				
Trockenversuch				
Eindringtiefe		Resteindringtiefe		Eindringtiefe
Streuung	Mittel	Streuung	Mittel	Streuung
Belastung 10 kp				
15,2—21,8	18,3	4,1— 5,6	4,8	45,6—55,0
19,9—31,5	25,7	5,0—16,0	10,1	48,4—66,8
22,2—48,6	34,0	8,0—18,4	11,6	54,7—70,5
19,2—42,1	29,6	5,5—21,9	13,9	22,7—49,6
75,3—93,1	84,3	59,5—74,0	62,6	82,6—96,4
86,3—91,5	88,9	8,0—19,6	13,5	86,7—92,6
76,3—84,9	80,1	59,4—78,2	65,7	78,4—93,8
73,8—89,3	83,1	20,6—53,4	38,4	74,4—91,8
80,7—84,8	81,1	19,5—27,8	23,8	80,4—88,5

Belastung 2 kp				
9,3	7,6	1,4— 2,6	1,9	—
21,6	15,0	2,1— 7,7	5,5	—
21,2	16,6	3,5— 8,5	6,0	—
26,2	15,0	2,2—11,1	5,2	—
18,7	26,8	2,6—16,1	9,4	—
11,0	69,9	5,2—12,8	9,6	—
18,5	34,0	9,8—24,8	16,7	—
78,6	72,1	19,2—41,7	27,8	—
78,7	73,4	15,6—22,0	19,1	—

	Eindrucktiefe		Restei
	trocken	durchnäßt und getrocknet	trocker
	18,3	24,8	4,8
leder	25,7	36,2	10,1
bte Leder	34,7	42,7	11,6
	29,6	34,1	13,9

altgegerbte Leder	50—80	69
Schnittervacheleder	23—72	49
modern gegebte Leder	20—81	41
flexible Leder	0—623	161
Wasserdampfdurchlässigkeitszahl Methode Herfeld		
altgegerbte Leder	190—257	222
Schnittervacheleder	254—341	287
modern gegebte Leder	157—415	312
flexible Leder	190—491	344
Wasserdampfdurchlässigkeitszahl Methode ALCA		
altgegerbte Leder	359—525	441

Tabelle 16

Prozentuale Gewichtsänderung
bei Lagerung bei 0% bzw. 100% Luftfeuchtigkeit

Material	bei 0% Luftfeuchtigkeit		bei 100% Luftfeuchtigkeit	
	Streuung	Mittel	Streuung	Mittel
altgegerbte Leder	3,8—4,3	4,1	14,2—20,6	17,4
Schnittervacheleder	3,3—4,8	4,2	18,0—38,3	24,8
modern gegebte Leder	2,9—4,8	4,0	16,9—31,5	23,9
flexible Leder	3,4—5,8	4,9	14,7—32,3	26,4
Massivgummisohlen	0,1—0,2	0,2	0,4—3,6	1,4
Transparentsohlen	0,2—0,3	0,2	0,9—4,5	2,3
Hartzellsohlen	0,1—0,2	0,2	0,8—1,8	1,3
Zellsohlen (Porokrepp)	0,1—0,3	0,2	1,0—2,7	1,7
Naturkreppsohlen	0,1—0,2	0,2	0,9—1,4	1,2
altgegerbte Leder	0,132—0,141	0,137	—	—
Schnittervacheleder	0,112—0,132	0,122	—	—
modern gegebte Leder	0,108—0,120	0,115	—	—
flexible Leder	0,111—0,138	0,127	—	—
Massivgummisohlen	0,173—0,250	0,201	0,143—0,150	0,146
Transparentsohlen	0,136—0,179	0,165	0,112—0,176	0,121
Hartzellsohlen	0,130—0,153	0,143	—	—
Zellsohlen (Porokrepp)	0,091—0,220	0,121	0,097—0,129	0,111
Naturkreppsohlen	0,110—0,117	0,113	—	—
nasse Proben*)				
altgegerbte Leder	0,261—0,264 0,228—0,230	0,262 0,229	—	—
Schnittervacheleder	0,331—0,348 0,272—0,303	0,337 0,288	—	—
modern gegebte Leder	0,257—0,340 0,205—0,311	0,307 0,258	—	—
flexible Leder	0,162—0,344	0,273	—	—

Kategorien:

[Alle-Seiten](#), [Gesamt](#), [Sonderdrucke](#), [Lederpruefung](#), [Lederverarbeitung](#), [Lederrestaurierung](#)

Quellenangabe:

[Quellenangabe zum Inhalt](#)

Zitierpflicht und Verwendung / kommerzielle Nutzung

Bei der Verwendung von Inhalten aus [Lederpedia.de](#) besteht eine Zitierpflicht gemäß Lizenz [CC Attribution-Share Alike 4.0 International](#). Informationen dazu finden Sie hier [Zitierpflicht bei Verwendung von Inhalten aus Lederpedia.de](#). Für die kommerzielle Nutzung von Inhalten aus [Lederpedia.de](#) muss zuvor eine schriftliche Zustimmung ([Anfrage via Kontaktformular](#)) zwingend erfolgen.

[www.Lederpedia.de](#) - Lederpedia - Lederwiki - Lederlexikon

Eine freie Enzyklopädie und Informationsseite über Leder, Ledertechnik, Lederbegriffe, Lederpflege, Lederreinigung, Lederverarbeitung, Lederherstellung und Ledertechnologie

[Quellenangabe zum Inhalt](#)

From:
<https://www.lederpedia.de/> - Lederpedia - Lederwiki - Lederlexikon

Permanent link:
https://www.lederpedia.de/veroeffentlichungen/sonderdrucke/43_ueber_die_unterschiede_verschiedener_schuhbesoehlungsmaterialien_in_struktureller_und_tragehygienischer_hinsicht_aus_dem_jahre_1963

Last update: 2019/04/28 19:18

