

THE INTERNATIONAL SOCIETY OF ORGANBUILDERS



ISO YEARBOOK 1992

# Ageing of Organ Leather

by **Harley V. Piltingsrud,**  
and **Jean Tancous**

**A report on the causes for the early failure of leather used in organbuilding, and how to produce and perform tests for leathers having extremely long lifetimes.**

*(Particular important results for organbuilding have been epasized by italics — Ed.)*

## **Introduction**

A study was undertaken to investigate the reasons for widely varying performance of leathers used in organbuilding during the past forty years, as well as to find a method for predicting the longevity of particular leather samples and to identify types of processing that produce long-lasting leathers. Throughout the history of pipe organbuilding, leather has been widely used wherever a flexible, airtight material was required. Such applications as bellows hinges and gussets, mechanical linkages, gasketing, and other elements of airchest and pipe construction have traditionally been made out of leather.

With the development of pneumatic action motors in the second half of the 19th century, the performance characteristics of this material became increasingly important, particularly as pneumatic actions predominated during most of the 20th century. Leather shaved to a thickness of as little as five to fifteen thousandths of an inch is used as a covering material for air motor valve actions. These "pneumatic motors" are produced in a wide variety for

## **Le vieillissement de la peau en facture d'orgues**

**Un rapport sur les causes du vieillissement prématuré des peaux utilisées en facture d'orgues et sur les méthodes de production de peaux hautement résistantes au temps et leur tests de performance.**

*(Les résultats particulièrement importants pour la facture d'orgue ont été imprimés en italique — Ed.)*

## **Introduction**

Une étude a été entreprise afin d'analyser le large éventail de durabilité et le rendement des peaux utilisées en facture d'orgues au cours des quarante dernières années, de trouver une méthode de prévision de longévité d'échantillons particuliers et de déterminer les types de production de peaux durables. Au cours de l'histoire de la facture d'orgues, la peau a été utilisée chaque fois qu'un matériau flexible et étanche était nécessaire. Ainsi les charnières et les gosiers de soufflets, les connexions mécaniques, les joints et autre élément du sommier ou du tuyau sont traditionnellement fabriqués en peau.

Avec le développement des transmissions pneumatiques durant la seconde moitié du 19e siècle, la viabilité de ce matériau devint de plus en plus importante, à plus forte raison lorsque ce type de traction prédomina au 20e siècle. Une peau d'une épaisseur comprise entre 0,1 et 0,4 mm est utilisée pour la fabrication de soufflets pneumatiques (boursettes, membranes...). Ceux-ci, de divers types, sont largement utilisés en facture d'orgues; ils consistent générale-

## **Alterung von im Orgelbau verwendetem Leder**

**Ein Bericht über die Ursachen des frühen Versagens von in Pfeifenorgeln verwendetem Leder, und wie extrem langlebige Leder hergestellt und getestet werden können.**

*(Die für den Orgelbau besonders wichtigen Ergebnisse wurden kursiv gedruckt — Anm. der Hrsg.)*

## **Einführung**

Die Studie wurde durchgeführt, um die Gründe für die großen Unterschiede in der Haltbarkeit der in der letzten vierzig Jahren im Orgelbau verwendeten Leder zu ermitteln, eine Testmethode zur Bestimmung der Langlebigkeit spezieller Lederproben zu entwickeln und Herstellungsverfahren für beständige Leder aufzuzeigen. In der Geschichte des Orgelbaus wurde Leder immer dann verwendet, wenn ein flexibles, luftdichtes Material gebraucht wurde. Anwendung findet Leder in Bälgen, mechanischen Verbindungen, Zwickeln und anderen Elementen der Pfeifenkonstruktion.

Mit der Entwicklung von pneumatischen Spielmotoren in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden die Leistungsmerkmale dieses Materials immer wichtiger, besonders da im Großteil des 20. Jahrhunderts die pneumatische Traktur dominiert. Leder in einer Dicke von 0,1 bis 0,4 mm dient als Deckmaterial für auf Luftdruck basierende Trakturen. Diese pneumatischen Bälgen werden in großer Vielfalt für verschiedene Anwendungen im

various applications in organbuilding, but usually consist of a diaphragm of one to five inches in diameter (called a "pouch") or a rectilinear bellows approximately one to ten inches on a side. Such units are formed or covered with relatively strong and supple leather, principally from sheepskin, which often is termed "pneumatic leather." A small electropneumatic pipe organ contains perhaps only a few hundred pouches or rectilinear bellows, but in medium-sized instruments, several thousand units are not uncommon. The largest organs in the United States contain more than twenty thousand pipes, and may contain an even greater number of action units. When leather eventually fails, it must be replaced. This procedure (called "releathering") may require extensive disassembly of the instrument, and is both time-consuming and expensive. It also presents the possibilities that workmanship of poor quality will result in damage to the instrument and that leathers of poor quality will be installed. While deterioration affects leather used in other areas of nearly all types of pipe organs, the premature failure of thin pneumatic leather probably poses the greatest problem and is addressed in most detail in this study.

Some pneumatic leathers have met demands of the application well, often lasting fifty years or more without replacement. In retrospect, some determinants of longevity appear to be species, animal age, tanning, quality, and atmospheric pollutants. It is interesting to note that during the 19th century, when pneumatic actions were relatively few, releathering (primarily of bellows) was a significant and documented constituent of maintenance<sup>1</sup>; however, it is not known whether premature failure of leather was a cause for this activity. Recently, leather deterioration has appeared to accelerate, especially in urban areas where many large instruments are located. Many electropneumatic organ actions have failed prematurely, particularly those constructed since World War II. Failure of hinge, gusset, and diaphragm leather in the wind regulators of all types of pipe organs has been a sub-

ment en un diaphragme de 25 à 125 mm de diamètre ou en un soufflet rectangulaire de 25 à 250 mm de long. Ces éléments sont formés ou recouverts de peau, en général de mouton, relativement souple et résistante. Un petit orgue électropneumatique contiendra peut-être seulement quelques centaines de soufflets alors qu'on en dénombrera quelques milliers pour un instrument de taille moyenne. Les plus grands orgues aux Etats-Unis comptent plus de 20.000 tuyaux et peuvent incorporer un nombre encore plus grand de soufflets pneumatiques. Quand finalement la peau flanche, elle doit être remplacée. Ce procédé (le repeausage) peut exiger un démontage important qui demande du temps et de l'argent. Il arrive aussi que l'exécution du travail soit de qualité médiocre pouvant engendrer des dégâts dans l'instrument ou que les peaux utilisées soient de mauvaise qualité. Même si le vieillissement affecte les peaux dans toutes les parties de l'orgue, la défaillance prématurée des peaux fines des tractions pneumatiques reste un problème capital que nous allons étudier ici.

Certaines peaux répondent correctement aux exigences des systèmes pneumatiques et durent souvent 50 ans ou plus sans être remplacées. Rétrospectivement, les éléments de cette durabilité sont liés à l'espèce, l'âge de l'animal, la qualité, le tannage et la pollution atmosphérique. Il est intéressant de noter qu'au cours du 19e siècle, au temps où les transmissions pneumatiques étaient rares, le repeausage (principalement des soufflets) était un élément significatif et documenté de l'entretien<sup>1</sup>; toutefois, nous ignorons si la déchéance prématurée de ces peaux était la cause de cette activité. Plus récemment, la détérioration des peaux semble s'accélérer, particulièrement dans les zones urbaines où l'on trouve beaucoup de grands instruments. De nombreuses tractions électropneumatiques, notamment celles construites après la Seconde Guerre Mondiale, se sont détériorées préma-

Orgelbau produziert, doch gewöhnlich bestehen sie aus einem Diaphragma von 25 bis 125 mm Durchmesser (genannt »Tasche«) oder einem viereckigen Bälgen von 25 bis 250 cm auf jeder Seite. Für diese Bauteile findet grundsätzlich Schafleder Anwendung, das auch häufig als pneumatisches Leder bezeichnet wird. Während man in einer kleinen elektropneumatischen Orgel vielleicht nur ein paar hundert dieser Bauteile findet, sind für mittelgroße Instrumente mehrere tausend nicht ungewöhnlich. Die größten Orgeln in den USA besitzen mehr als zwanzigtausend Pfeifen und eine noch größere Anzahl von pneumatischen Baueinheiten. Wenn das Leder brüchig wird, muß es ersetzt werden. Dieses Verfahren von Neubeleuderung erfordert meist ein zeitaufwendiges und kostspieliges Demontieren des Instruments. Außerdem besteht die Gefahr, daß durch mangelhafte Durchführung das Instrument beschädigt und/oder Leder schlechter Qualität verwendet wird. Durch Alterung bedingte Zersetzung des Leders betrifft auch andere Bereiche in fast allen Varianten von Pfeifenorgeln, doch das frühzeitige Versagen des dünnen pneumatischen Leders verursacht wahrscheinlich die größten Probleme und wird in größtmöglicher Genauigkeit in dieser Studie untersucht.

Einige Ledersorten haben den Anforderungen gut entsprochen — Lebensdauer von 50 Jahren und mehr ohne Erneuerung. Im Rückblick scheint die Haltbarkeit von Tierart, Alter des Tieres, Gerbung, Qualität und atmosphärischen Verschmutzung abzuhängen. Interessanterweise war die Neubeleuderung während des 19. Jahrhunderts, als pneumatische Trakturen relativ selten waren, ein dokumentierter Teil der Wartung<sup>1</sup>. Es ist jedoch nicht bekannt, ob frühzeitiges Versagen des Leders der Grund für diese Maßnahme war. In den letzten Jahren stieg der Zerstörung des Leders immer mehr an; im besonderen sind die Städte mit ihren meist zahlreichen Orgeln betroffen. Viele der seit dem 2. Weltkrieg konstruierten pneumatischen Trakturen mußten frühzeitig erneuert werden. Besonders das in den Bälgen, Zwickeln und als Taschen verwendete Leder stellt in

stantial problem. Leather used in pallet assists and Barker levers of mechanical action instruments has suffered similar problems. The necessity of frequent (in some cases less than twenty years) and expensive releathering has contributed to some decline in the popularity of electropneumatic actions. Organs with mechanical actions, all-electric actions, and electronic substitutes for the pipe organ have been suggested by some as being more durable alternatives. The use of modern synthetic flexible materials where leather was traditionally used has been attempted, with rubber, vinyl or other synthetic sealing materials impregnated in a cloth base, as well as flexible films such as polyurethane. To date, none of these materials has been proven to be acceptably durable. In addition, no well-documented test methods exist to demonstrate the very long-term durability of such materials. While deterioration of the thin leather used in pneumatic valves has posed the greatest problem in many electropneumatic instruments and is addressed with special concentration in this study, the findings and techniques described may be employed as a guide for the selection of leather used for all applications in musical instruments.

### **The production and properties of leather**

It is remarkable that hides and skins, which essentially represent a dirty, bloody by-product of the meat industry, can be processed into products as lovely as purses, billfolds, garments, luggage, shoes, belts, etc. The versatility of leather is remarkable. For example, chamois, a soft, porous leather, has the ability of absorbing three and one-half times its weight of water. Stuffed leather used for military boots absorbs very little water, yet can transpire moisture to give comfort while in use. Leather is a natural phenomenon, being made up of an architecture of woven fibers both on and beneath its surface. The structure also varies with different sizes, qualities and characteristics of the skin of the animal, reptile or bird used for leather making. This structure is responsible for leather's

turément. La défaillance des charnières, des gosiers et des bourses dans les soufflets régulateurs des orgues de tout type est un sérieux problème. Les peaux des soufflets relais et des machines Barker dans les instruments à traction mécanique, ont souffert de problèmes semblables. La nécessité de repeaussages fréquents (parfois moins de vingt ans) et coûteux a contribué partiellement à la baisse de popularité des tractions électropneumatiques. Les orgues à traction mécanique ou électrique directe, ou encore leurs succédanés électroniques, ont été proposés comme alternatives plus durables. L'utilisation moderne de matériaux synthétiques et souples à la place de la peau a été tentée: caoutchouc, vinyl, tissus imprégnés de produits synthétiques d'étanchement ou encore films flexibles tel le polyuréthane. A ce jour, aucun de ces produits n'a fait preuve d'une résistance satisfaisante au vieillissement. De plus, aucune méthode bien documentée n'existe pour tester leur durabilité. Si la détérioration des peaux fines des membranes est le problème le plus sérieux pour ces orgues, étant largement étudiée ici, les résultats et les méthodes décrites peuvent être employés comme guide de sélection des peaux pour toute applications dans les instruments de musique.

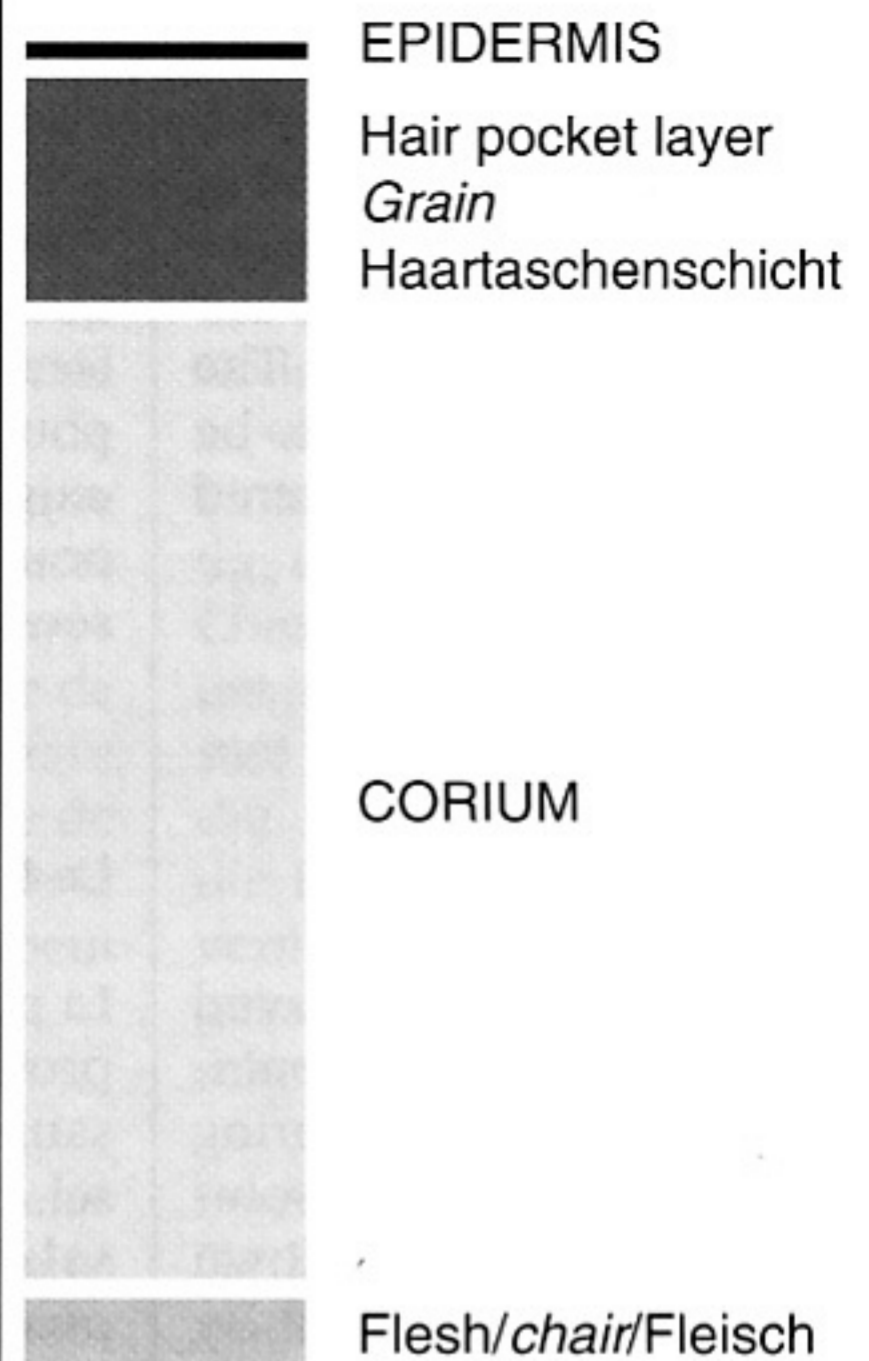
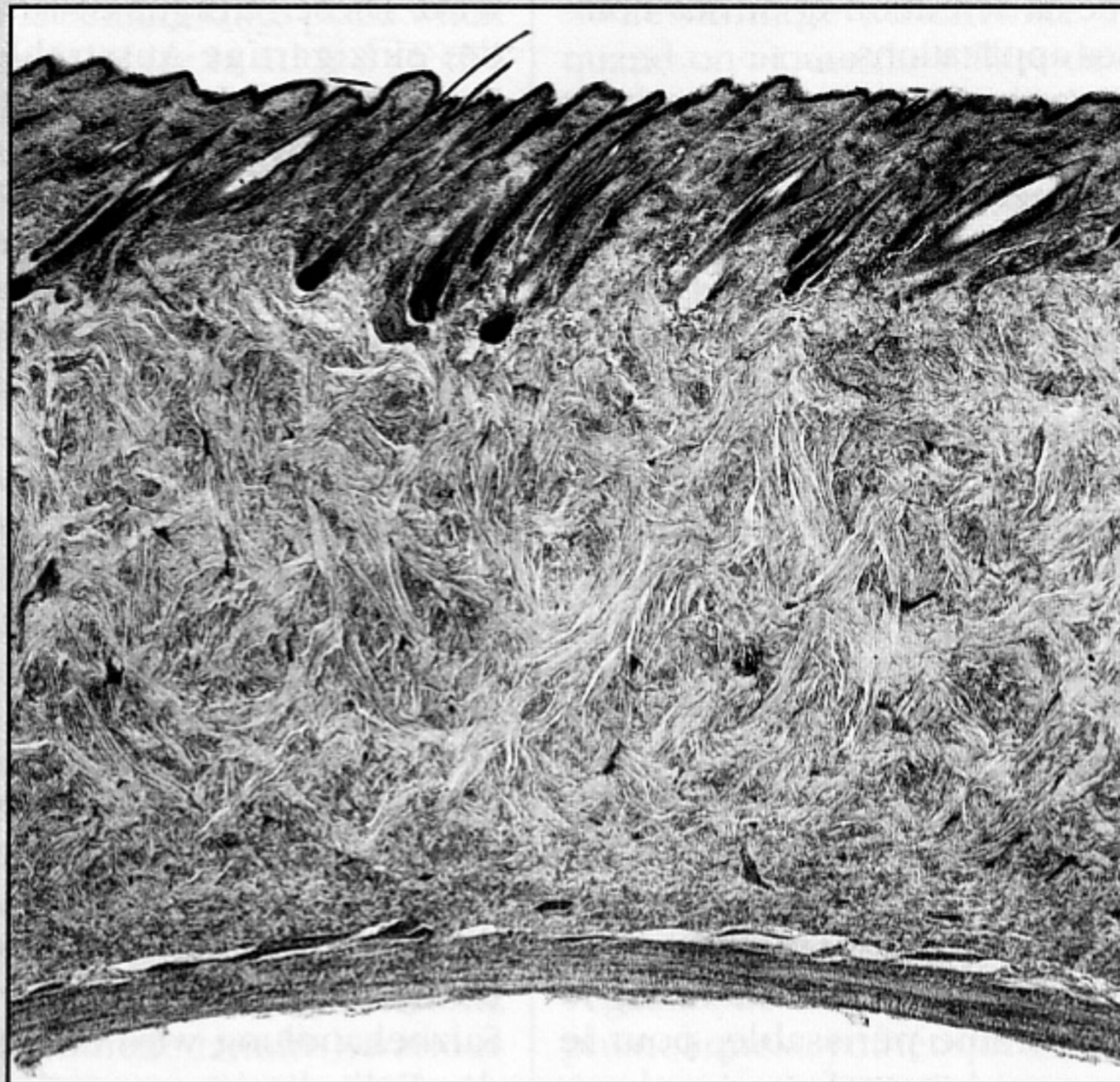
### **La production et les caractéristiques de la peau**

Il est remarquable que les dépouilles et les peaux qui représentent essentiellement les sous-produits sales et sanguinolents de l'industrie de la viande puissent être transformées en superbes produits tels que sacs, portefeuilles, vêtements, bagage, chaussures, ceintures, etc. La variété d'utilisation de la peau animale est remarquable. Ainsi, par exemple, le chamois, peau souple et poreuse, a la propriété d'absorber jusqu'à trois fois et demi son poids en eau. Le cuir bourré des bottes militaires absorbe très peu d'eau et pourtant exsude l'humidité, les rendant ainsi confortables. Le cuir est un phénomène naturel fait d'une architecture de fibres tissées à la fois sur et sous sa surface. La structure varie suivant les différentes tailles, qualités et caractéristiques de la peau de l'animal, du reptile ou de l'oiseau utilisée dans la

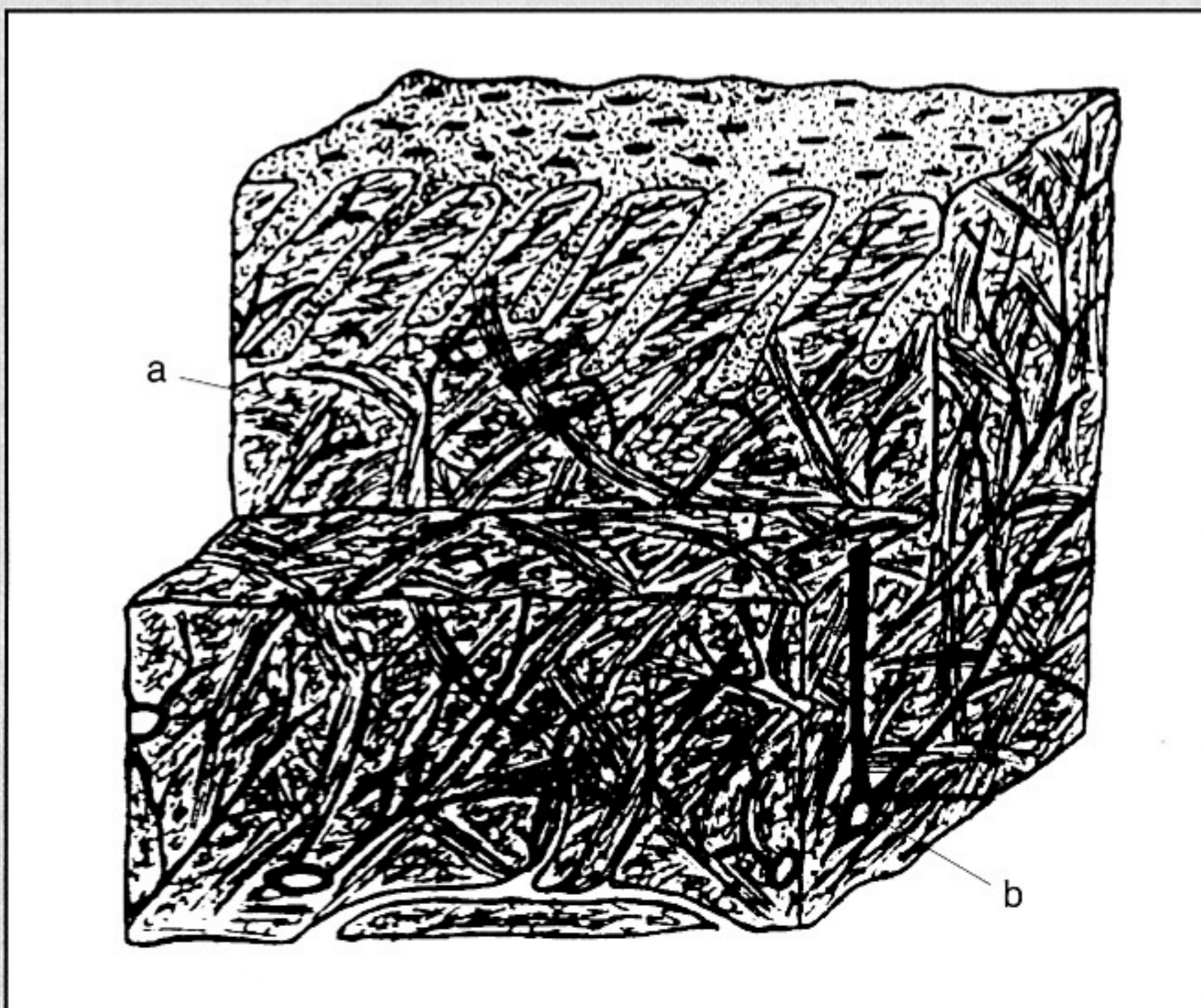
allen Typen ein grundlegendes Problem dar. Auch das in den Ventilen und Barkerhebeln verwendete Leder verursacht ähnliche Schwierigkeiten. Die damit verbundene Notwendigkeit, häufig (in manchen Fällen weniger als zwanzig Jahre) die Lederteile zu erneuern, hat zu nachlassender Beliebtheit von elektropneumatischen Trakturen geführt. So werden Orgeln mit mechanischer oder elektrischer Traktur sowie elektronische Orgeln als Alternativen gesehen, die eine größere Haltbarkeit aufweisen. Es wurden auch Versuche unternommen, das Leder überall dort zu ersetzen, wo es traditionell verwendet wurde. Doch Materialien wie Gummi oder anderen synthetischen Dichtungsmaterialien beschichtete Gewebe und Polyurethanfolien zeigen nicht die erwünschte Haltbarkeit. Außerdem existieren keine gut dokumentierten Testverfahren, die die Langlebigkeit dieser Materialien untersuchen. Obwohl die Zerstörung des dünnen, in pneumatischen Trakturen verwendeten Leders das größte Problem ist und den Schwerpunkt dieser Studie bildet, so mögen die beschriebenen Resultate und Techniken auch als Wegweiser für die Auswahl von Leder für alle Anwendungen in Musikinstrumenten dienen.

### **Herstellung und Eigenschaften von Leder**

Es ist erstaunlich, daß aus Fellen und Häuten, die im wesentlichen ein schmutziges, blutiges Nebenprodukt der Fleischindustrie darstellen, so schöne Dinge wie Handtaschen, Geldbeutel, Koffer, usw. hergestellt werden können. Die vielfältigen Eigenschaften von Leder sind erstaunlich. So hat Sämischleder, ein weiches, poröses Leder, die Fähigkeit, das dreieinhalbfache seines Eigengewichtes an Flüssigkeit zu absorbieren. Für Militärstiefel verwendetes, gefüttertes Leder nimmt sehr wenig Wasser auf, während es gleichzeitig die Feuchtigkeit nach außen abgibt und somit den Tragekomfort erhöht. Leder ist ein besonderes Naturprodukt — ausgezeichnet durch ein Geflecht von Fasern an und unter der Oberfläche. Die Struktur variiert mit der Größe und Beschaffenheit der Haut des



**Figure 1A**  
 Fresh, uncured cattlehide in cross section (haematoxylin-eosin stain x 10)  
*Coupe d'une peau fraiche non salée de bovin (haematoxylin-eosin x 10)*  
 Frisches, unbehandelte Rinderhaut im Querschnitt (Heamatoxylin-Eosinbeise x 10)



**Figure 1B**  
 Illustration of three-dimensional structure of cattlehide leather  
*Illustration de la structure tridimensionnelle de peau de bovin*  
 Abbildung der dreidimensionalen Struktur von Rindsleder

unique appeal, feel, and wide range of applications.

The following sections, Tanning and Leather Structure, will give the reader some background on how modern leathers are produced, and the special properties of leather that have continued to make it a very popular material for many applications. The special requirements for leather to be used in pipe organs will be covered later in this report.

## Tanning

After hides and skins are removed from the animals, they are temporarily preserved by either brine curing by being saturated with a salt solution or salt curing by being laid down in a salt pack in a hide cellar. By using salt on the hide or skin, which is a perishable protein substance, it is preserved for the tanner who chemically and physically changes the protein material into a non-perishable leather. A cross section of a fresh, uncured cattlehide is shown in Figure 1A. The various layers of the hide are shown, including a outer layer (epidermis), the grain or hair pocket layer, the Corium layer, and the subcutaneous flesh layer.

When processing most leather, the tanner removes the hair and epidermis with an alkaline solution. After hair removal, the hides and skins are treated with an enzyme solution to remove blood and non-collagen proteins and then they are acidified in a brine solution in preparation for tanning.

The purpose of tanning is to lend chemical stability to the leather by creating stable chemical bonds to the chemically active sites on the collagen fibers. Some tanning agents also promote cross-linkages of the collagen fibers to other collagen fibers, increasing the tensile strength of the leather. There are many types of tannings; however, the two types most commonly used are chrome tanning and vegetable tanning. Alum, formaldehyde or zirconium tannings are used instead of chrome and veg-

fabrication du cuir. Cette structure est responsable de l'attrait unique du cuir, de sa sensation et de ses nombreuses applications.

Les sections suivantes, Tannage et Structure de la Peau, donneront au lecteur quelques notions sur la production moderne des cuirs et sur les qualités des peaux animales qui en font toujours un matériau populaire pour de nombreuses utilisations. Les exigences particulières de la peau pour la facture d'orgues seront analysées plus loin dans cet article.

## Le tannage

La peau est détachée de l'animal puis provisoirement conservée dans une saumure saturée d'une solution de sel, ou couchée sur du sel en cave. La salaison permet de conserver la peau, protéine périssable, pour le tanneur qui la transformera physiquement et chimiquement en cuir non périssable. La figure 1A montre la coupe d'une peau fraîche et non salée de bovin. Les diverses couches de la peau sont visibles: la couche externe (l'épiderme), le grain, la couche de Corium, la couche de chair sous-cutanée.

Dans la plupart des cas, le tanneur retire les poils et l'épiderme avec une solution alcaline. Une fois les poils retirés, les peaux sont traitées avec une solution enzymatique pour enlever le sang et les protéines non-collagènes, puis acidifiées dans une saumure en préparation au tannage.

Le but du tannage est de donner à la peau une stabilité chimique en créant des liens chimiques stables aux points chimiquement actifs sur les fibres collagènes. Certains agents de tannage favorisent des liens croisés entre fibres collagènes, augmentant la robustesse du cuir. Il existe de nombreux procédés de tannage; cependant, les deux les plus usités sont le tannage au chrome et le tannage végétal. Les tannages à l'alun, au formaldéhyde ou au zirconium sont utilisés à la place du chrome. Les tannages végétaux sont utilisés

Säugetieres, Reptils oder Vogels, die zur Lederherstellung verwendet wird. Diese Struktur ist Ursache für die einzigartige Ausstrahlung von Leder und die Vielzahl der Anwendungsgebiete.

Die folgenden Abschnitte sollen dem Leser einige Einsichten in die moderne Herstellung von Ledern sowie die besonderen Eigenschaften, die es immer noch zu einem beliebten Material für verschiedenste Anwendungen machen. Die orgelbauspezifischen Eigenschaften werden einen weiteren Teil vorliegenden Berichts bilden.

## Gerbung

Nach dem Abziehen der Felle bzw. Häute vom Tier werden sie entweder durch Einlegen in eine Salzlake oder durch Schichten mit Steinsalz vorübergehend konserviert. Durch die Salzbehandlung wird die Haut oder das Fell, die im wesentlichen aus unbeständiger Proteinsubstanz bestehen, für den Gerber konserviert, der dieses Material durch chemische und physikalischen Veränderungen in beständiges Leder überführt. Ein Querschnitt durch frische, unbehandelte Rinderhaut ist in Abb. 1A abgebildet. Gezeigt werden die unterschiedlichen Schichten der Haut: die Außenhaut (Epidermis), die Haartaschenschicht, das Corium und die subcutane Fleischschicht.

Bei der Herstellung der meisten Ledersorten entfernt der Gerber die Haare und die Epidermis durch Anwendung einer alkalischen Lösung. Danach werden die Häute mit einer Enzymlösung behandelt, um das Blut und alle Proteine außer dem Collagen zu entfernen. Zur Vorbereitung auf die Gerbung werden die Häute dann in eine saure Lösung eingebracht.

Ziel der Gerbung ist die chemische Stabilisierung des Leders durch die Bildung chemischer Bindungen zu den aktiven Zentren der Collagenfasern. Einige Gerbmaterialien fördern außerdem die Verknüpfung der Collagenfasern untereinander und erhöhen dadurch die Reißfestigkeit des Leders. Es gibt viele Gerbverfahren, doch die meist verwendeten sind die Ahorn- und die Pflanzengerbung. Ahorn, Zirkon- oder Formaldehydgerbung finden

etable tannages when white or pastel shade leather is desired.

Chrome tanning takes place when chromium sulfate is added to the skins in the acidified brine solution and allowed to thoroughly penetrate the skins. The solution acidity is slowly decreased, allowing the chrome to react with the collagen fibers, thus achieving the tanning. The rate at which the acidity is decreased is critical to achieving a proper combination of the chromium sulfate with the collagen throughout the skin thickness. It is also important to avoid the precipitation of the chromium sulfate within the empty structure of the skin. The tanning part of leather processing can take from four to six hours.

There are many types of vegetable tanning agents, including phenolic syntans (synthetic tannins), various plant barks such as hemlock, wattle, chestnut, and leaves such as sumac. Solutions of the water soluble extracts of these materials are produced, and the skins are immersed in these solutions over a period of several days. The strength of the solutions is increased throughout this period. This process deposits the tanning materials in the empty spaces inside the leather structure, with some chemical attachment to the chemically active sites on the collagen fibers. The chemistry of this type of tanning varies and is more poorly understood than that of chrome tanning. For more information on past and present tanning methods, the reader is referred to the many excellent publications in the literature.<sup>2,3,4,5</sup>

After tanning the leather is often split into several layers, each layer is given further treatments depending on the end-use item. The separate layers can be given a second tanning (retanning) to promote specific leather properties, have oil added for lubrication, and dyes for color. Before drying (and sometimes after drying), the leather is mechanically shaved to a desired thickness. After drying, the leather is staked (a process of stretching the leather in several directions) to soften it and give it a

quand on désire obtenir des cuirs blancs ou de teintes pastel.

Le tannage au chrome a lieu quand on ajoute du sulfate de chrome dans la solution acide dans laquelle baigne la peau et dont on laisse celle-ci s'imprégner. L'acidité de la solution est lentement diminuée, permettant au chrome de réagir avec les fibres collagènes et de réaliser le tannage. La vitesse de décroissance de l'acidité est critique pour obtenir la combinaison correcte du sulfate de chrome et des fibres collagènes dans toute l'épaisseur de la peau. Il est également important d'éviter la précipitation du sulfate de chrome dans la structure creuse de la peau. Le processus de tannage peut prendre entre quatre et six heures.

Il existe de nombreux types d'agents végétaux de tannage dont les tannins phénoliques synthétiques, diverses écorces de plantes telles que celle du sapin du Canada, de l'acacia ou du châtaigner et des feuilles comme celles du sumac. Des solutions sont préparées à partir d'extraits de ces matières premières dans lesquelles les peaux sont immergées pendant plusieurs jours. La concentration de ces solutions est augmentée tout au long de cette période. Ce processus permet aux produits de tannage de se déposer dans les cavités vides de la peau avec des liens chimiques aux points chimiquement actifs des fibres collagènes. Les réactions chimiques de ce type de tannage varient et sont moins bien comprises que celle du tannage au chrome. Pour de plus amples informations sur les méthodes passées et actuelles de tannage, le lecteur pourra se reporter aux nombreuses publications disponibles<sup>2,3,4,5</sup>.

Après le tannage, le cuir est souvent séparé en plusieurs couches, chaque couche recevant un traitement en fonction de son utilisation ultérieure. Les différentes couches peuvent subir un second tannage pour favoriser certaines propriétés spécifiques du cuir, ou faire l'objet d'une adjonction d'huile de lubrification ou d'une teinture. Avant le séchage (et parfois après), le cuir est mécaniquement dérayé pour obtenir l'épaisseur désirée. Après séchage, le cuir est tendu, ce qui permet de l'étirer dans diffé-

ihre Anwendung, wenn weißes oder pastellfarbenes Leder erwünscht ist. Chromgerbung findet statt, wenn zu den Häuten in der angesäuerten Lösung Chromsulfate zugegeben wird und diese die Häute durchdringen kann. Der Säuregrad der Lösung wird dann langsam vermindert, um die Reaktion der Chrom mit den Collagenfasern zu ermöglichen und so die Gerbung zu erzielen. Die Einhaltung des Säuregrades ist wichtig, um das richtige Verhältnis vom Chromsulfat zu Collagefasern durch die gesamte Hautdicke zu gewährleisten. Außerdem ist darauf zu achten, die Ausfällung von Chromsulfat in die Hohlräume der Hautstruktur zu vermeiden. Die Gerbung dauert im gesamten Herstellungsprozeß zwischen vier und sechs Stunden.

Es existieren viele Arten pflanzlicher Gerbstoffe: unterschiedliche Baumrinden wie Eichen-, Mimosen- und Kastanienrinde und Blätter wie Sumach. Die wasserlöslichen Bestandteile dieser Materialien werden aufgelöst und die Häute mehrere Tage in dieser Lösung eingeweicht. Die Konzentration der Lösung wird während dieses Zeitraumes erhöht. Durch diesen Vorgang werden die Gerbmittel in die Lederstruktur eingebracht und durch chemische Wechselwirkung an die aktiven Zentren des Collagens gebunden. Der exakte chemische Ablauf dieser Art von Gerbung ist im Vergleich zur Chromgerbung bisher noch nicht befriedigend geklärt. Für weitere Informationen wird der Leser zu den zahlreichen Publikationen in der einschlägigen Literatur verwiesen<sup>2,3,4,5</sup>.

Nach dem Gerben wird das Leder erstmals in mehrere Schichten gespalten. Jede Schicht wird dann je nach beabsichtigter Verwendung weiterer Behandlung unterzogen. Die getrennten Schichten können entweder nochmals gegerbt (Nachgerbung), mit Öl behandelt oder mit Pigmenten gefärbt werden. Vor dem Trocknen (in manchen Fällen auch danach) wird das Leder bis zur gewünschten Dicke gefalzt. Nach dem Trocknen wird das Leder gestreckt (ein Vorgang, bei dem das

stretchy quality. In some instances the leather is given several coats of pigment and finish to change its appearance and enhance its wearability. Much leather is left unfinished because the consumer desires the "natural look".

### Leather structure

Figure 1B demonstrates the three-dimensional structure of leather. A typical hair pocket can be seen in the Figure (a). The top of the pocket forms a pore at the surface of the leather. The pores and their spacing in relation to one another give each leather made from the skins of an individual animal species a characteristic surface appearance. The major part of the leather consists of fiber bundles that are continuous throughout the structure. Blood vessels (b), are minor constituents but make their

rentes directions, de l'adoucir et de lui donner ses qualités élastiques. Dans certains cas, on donne au cuir plusieurs couches de pigments et de finition pour changer son apparence et améliorer le confort du port du vêtement. Enfin, beaucoup de peaux sont gardées non finies car les consommateurs en aiment l'apparence naturelle.

### La structure des peaux animales

La figure 1B montre la structure tridimensionnelle de la peau. On peut y voir une poche de poil caractéristique en (a). Le haut de cette poche forme un pore à la surface de la peau. Les pores et leur espacement relatif donne au cuir tanné de différentes espèces animales son apparence superficielle caractéristique. La majeure partie du cuir consiste en des faisceaux de fibres continus à travers toute sa structure. Les veines (b) restent des constituants mineurs mais

Leder in unterschiedliche Richtungen gespannt wird), um es weicher zu machen und um die Elastizität zu erhöhen. In manchen Fällen wird das Leder mit Pigmenten und Beschichtungen versehen, damit das Erscheinungsbild geändert und die Haltbarkeit erhöht wird. Oftmals wird auf Beschichtungen verzichtet, da der Verbraucher natürliches Aussehen wünscht.

### Aufbau von Leder

Abb. 1B demonstriert den dreidimensionalen Aufbau des Leders. Eine typische Haartasche ist in (a) abgebildet. Der obere Teil der Tasche bildet eine Pore an der Oberfläche des Leders. Diese Poren und ihre räumliche Anordnung verleihen jedem Leder einer Tierart eine charakteristische Oberflächenbeschaffenheit. Der Hauptteil des Leders besteht jedoch aus Faserbündeln, die sich durch die ganze Struktur hindurchziehen. Blutgefäße (b) machen nur einen

FIGURE 2A

Cattlehide leather (sole leather). Grain surface.  
Cuir de bovin (cuir de semelles). Grain en surface.  
Rindsleder (Sohlenleder). Narbenoberfläche.

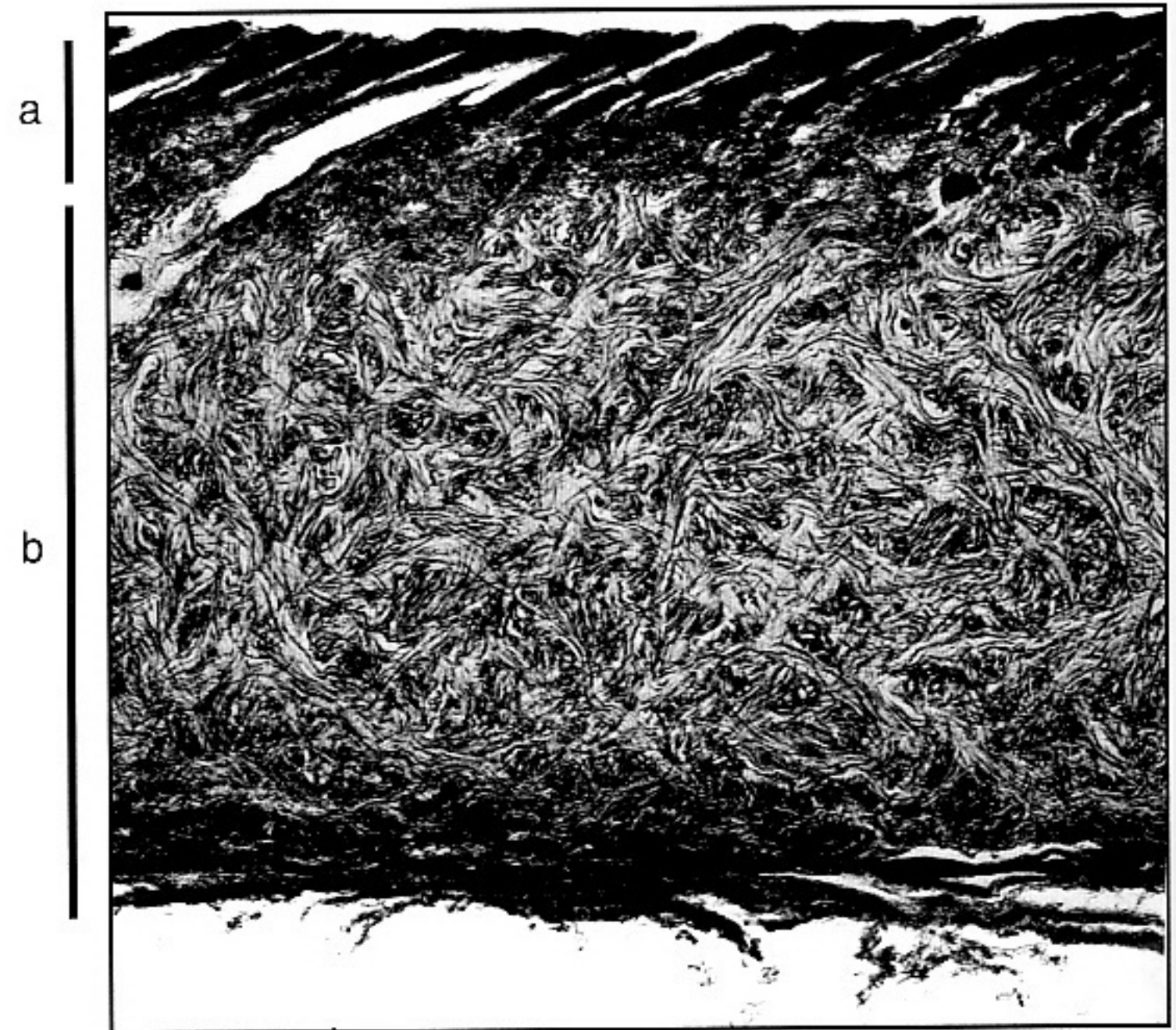
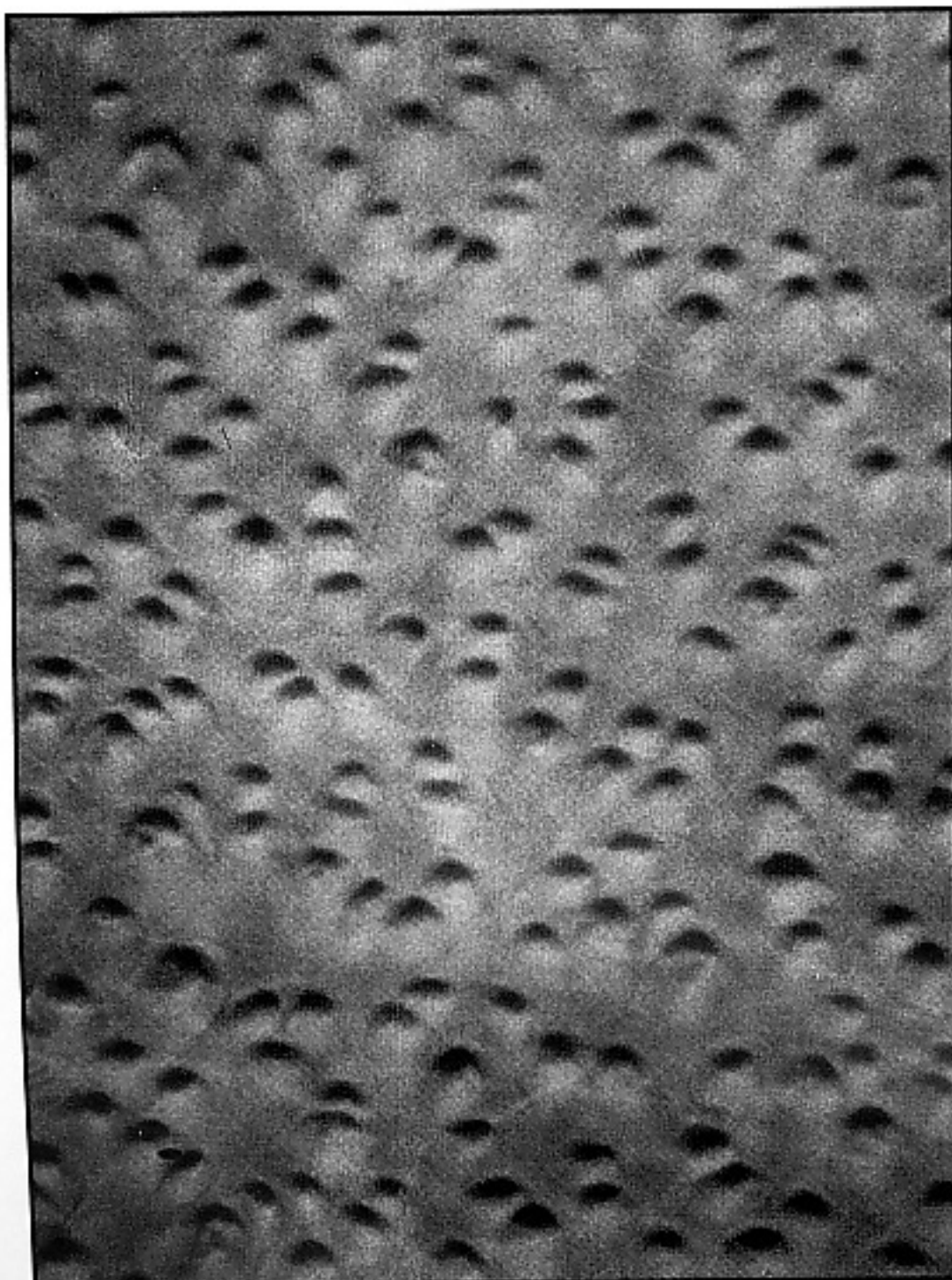


FIGURE 2B

Cattlehide leather (sole leather). Cross section.  
Cuir de bovin (cuir de semelles). Coupe en section.  
Rindsleder (Sohlenleder). Querschnitt.



presence known by occasionally causing unwanted defects.

In Figure 2B, it can be seen that one of the most interesting and intriguing characteristics of leather is its network of fibers (woven from tiny fibrils having diameters of less than one-millionth of a meter), which is shown in two dimensions. The network, however, is actually three-dimensional, as was shown in Figure 1. These fibers seem to have an almost unlimited length. The interweaving of these fibers imparts great strength to the structure. Attempts have been made to imitate the three-dimensional network [by Dupont, (Corfam), B. F. Goodrich (Aztran) and other companies], but leather's structure has not been successfully duplicated. To approximate the finely woven structure would be very expensive.

The internal surface of leather is far greater than that of any man-made materials. This remarkable internal surface is involved in many of leather's desirable properties, such as breathability and conformability.<sup>2</sup>

Figure 2 more clearly shows that leather is made up of a tremendous number of fibers and fiber bundles. Microscopic fibers, tightly interwoven, form the grain surface (Figure 2A) while leather fiber bundles, more loosely woven, form the part beneath the grain surface, which is the hair pocket region, [Figure 2B, (a)]. Larger fiber bundles form the structure below the hair pocket region (b).

Figure 2A shows the grain surface of cattlehide leather. The pores are readily seen, but the microscopic grain fibers are so tightly interlaced that the grain appears as a continuous cover. This grain surface gives the leather wearability and scuff resistance.

Figure 2B shows a cross sectional view of shoe sole leather processed from full-thickness cattlehide. The view gives an indication as to how there can be miles and miles of fibers per cubic inch of leather. The fibers interlock; thus, they maintain a firm "grip" on one another giving leather great strength to enable it to serve as sound support under the weight of a person. The tightly woven fibers at the top or grain surface provide good resistance to abrasion. The looser

marquent leurs présences par d'occasionnels défauts indésirables.

La figure 2B montre en deux dimensions le réseau des fibres du cuir (entrelacement de fibrilles de moins de un micron de diamètre) qui en est l'une des plus intéressantes et intrigantes caractéristiques. Ce réseau s'étend cependant en trois dimensions tel qu'on a vu figure 1. Ces fibres semblent être quasiment infinies. L'entrelacement de ces fibres est en grande partie responsable de la résistance de la structure. Des tentatives d'imitation d'un tel réseau tridimensionnel ont été menées (Dupont [Corfam], B. F. Goodrich [Aztran] et d'autres firmes encore) mais aucune n'a pu reproduire avec succès la structure du cuir. Reconstruire ce réseau finement entrelacé serait extrêmement coûteux.

La surface interne de la peau est de qualité bien supérieure à tous les matériaux synthétiques. C'est cette remarquable surface interne qui apporte au cuir de nombreuses qualités comme celle qui lui permet de respirer et d'épouser une forme.<sup>2</sup>

La figure 2 montre clairement comment la peau est formée d'un grand nombre de fibres et de faisceaux de fibres. Des fibres microscopiques, étroitement entremêlées, forment le grain en surface (Figure 2A) tandis que des faisceaux de fibres plus relâchées constituent la structure sous le grain dans laquelle on trouve les poches de poils [Figure 2B (a)]. Des faisceaux de plus grosses fibres forment la structure sous la région des poches de poils (b).

La figure 2A montre le grain en surface d'un cuir de bovin. Les pores sont facilement repérés, mais les microscopiques fibres du grain sont si étroitement entremêlées que le grain apparaît uniforme. C'est ce grain de surface qui donne au cuir sa résistance à l'usure et au frottement.

La figure 2B montre la coupe en section d'un semelle de chaussure fabriquée avec l'épaisseur totale d'un cuir de bovin. Cette vue donne une indication sur le nombre de kilomètres de fibres existant dans un centimètre cube de cuir. Les fibres s'entrecroisent et s'agrippent les unes aux autres donnant au cuir sa solidité ce qui lui permet de supporter sans problème le poids d'une personne.

geringen Teil aus, machen sich aber manchmal durch unerwünschte Defekte bemerkbar.

Eine interessante Eigenschaft des Leders ist ein Netzwerk von Fasern, wie in Abb. 2B zu erkennen ist. Die Fasern bestehen aus kleinen Fibrillen (mit einem Durchmesser von weniger als einem millionstel Meter). Das hier zweidimensionale Netzwerk dehnt sich in der Realität räumlich aus (vergl. Abb. 1). Das Verflechten dieser scheinbar unendlich langen Fasern verleiht dem Leder sehr große Stabilität. Versuche, diese räumliche Struktur künstlich nachzuahmen (Dupont [Corfen], B. F. Goodrich [Aziron] und andere Firmen), blieben bisher recht erfolglos oder waren zu kostenaufwendig.

Die innere Oberfläche von Leder ist wesentlich größer als die von jedem anderen künstlichen Material. Diese bemerkenswerte Eigenschaft ist mit Ursache für viele der begehrten Eigenschaften dieses Materials, z. B. seine Atmungsfähigkeit.<sup>2</sup>

Abb. 2 verdeutlicht, daß Leder aus einer ungeheuren Zahl von Fasern und Faserbündeln besteht. Eng miteinander verwebte, mikroskopisch kleine Fasern formen die Narbenoberfläche (Abb. 2A), während locker verschlungene Faserbündel die Schicht unter der Oberfläche, die Haartaschenschicht, Abb. 2B (a), aufbauen. Größere Faserbündel bilden die Struktur darunter (b).

Abb. 2A zeigt die Narbenoberfläche von Rindsleder. Die Poren sind deutlich zu erkennen, doch die einzelnen Fasern sind so dicht miteinander verwebt, daß der Eindruck einer durchgehenden Oberfläche erweckt wird. Diese Oberfläche verleiht dem Leder seine Beständigkeit und Widerstandskraft.

Abb. 2B ist ein Querschnitt durch eine Schuhsohle aus ungespaltenem Rindsleder. Es wird deutlich, wie auf engstem Raum Kilometer von Fasern untergebracht werden können. Die Fasern sind so dicht miteinander verwebt, daß sie eine Struktur aufbauen, die selbst unter dem Gewicht eines Menschen ihre Stabilität bewahrt. Diese Struktur ist natureigenstes Design und schafft den Komfort, der notwendig ist, um die durchschnitt-

underlays give leather a "cushioning" effect as well as flexibility and suppleness. This architecture is nature's own ingenious design and creates resilience that is important for the person taking the average of 10,000 steps a day. Sole leather is produced from only a portion of the steerhides and cowhides available. Actually most of these hides are put into side upper leather, so-called because a hide is cut into two sides before processing and the product is used for the upper part of shoes. Side upper leather is also known as shoe upper leather.

Figure 3 is a cross sectional view of side upper leather. To produce this leather the lower part of the hide (Figure 2B) was split off. Only the upper one-third portion of the hide was used for this shoe upper leather. The internal structure of the leather is particularly interesting. In addition to the interlocking fibers, there are air spaces between the fibers occupying up to fifty percent of the leather volume. These air spaces provide thermal insulation which can be important to the comfort of a shoe. The combination of air spaces and yielding fibers gives leather a natural suppleness but at the same time leather has a shape retention from the gripping action of the fibers in the interlocked position. This three dimensional stability is important, too, as it gives leather good resistance to

Les fibres étroitement entremêlées de la surface ou du grain apportent la résistance à l'abrasion. Les couches inférieures moins serrées font effet de coussin et donnent la flexibilité et la souplesse. La nature a su concevoir une architecture ingénieuse et créer une élasticité indispensable à une personne qui fait une moyenne de 10.000 pas par jour. Les semelles de cuir ne sont fabriquées qu'avec une partie de la peau de vache ou de jeune bœuf. De fait, la plus grande partie de ces peaux (les flancs), est utilisée pour la partie supérieure de la chaussure.

La figure 3 montre la coupe d'une de ses peaux. Pour produire ce cuir, la partie basse de la peau (figure 2B) était dédoublée. Seul le tiers supérieur était utilisé pour le dessus de la chaussure. La structure interne du cuir est particulièrement intéressante. Entre les fibres entrecroisées, des poches d'air occupent jusqu'à 50% du volume du cuir. Ces poches d'air contribuent au confort de la chaussure en assurant l'isolation thermique. La combinaison de ces poches d'air et des fibres molles donnent sa souplesse naturelle au cuir qui, grâce à l'entrecroisement des fibres qui s'agrippent les unes aux autres, peut être façonné. La stabilité tridimensionnelle est aussi importante car elle donne au cuir une bonne résistance à la perforation (de clous ou de tout autre objet pointu).

lich 10.000 Schritte pro Tag zu tun. Sohlenleder wird nur aus einem Bruchteil des Rindleders hergestellt. Der größte Teil der heute anfallenden Häute wird zu sog. Rindoberleder verarbeitet, d. h. es wird vor der Bearbeitung in zwei Seiten gespalten und dann für den oberen Teil von Schuhen verwendet, daher auch Schuhoberleder genannt.

Abb. 3 zeigt einen Querschnitt durch das Rindoberleder. Um dieses Leder herzustellen, wird der untere Teil der Haut abgespalten, vergl. Abb. 2B. Nur das obere Drittel dieser Haut wird als Schuhoberleder verwendet. Die innere Oberfläche von Leder ist von besonderem Interesse. Zwischen den miteinander verwebten Fasern sind mit Luft gefüllte Hohlräume, die bis zu 50% des Ledervolumens ausmachen. Diese Hohlräume sorgen für gute thermische Isolation, was für den Tragekomfort eines Schuhs wichtig ist. Die Kombination von Hohlräumen und Fasern gibt Leder seine natürliche Elastizität bei gleichzeitig scharf definierter Form — bedingt durch die miteinander verknüpften Fasern. Diese räumliche Stabilität ist zur Verarbeitung des Leders von großer Bedeutung, erlaubt sie doch die Verwendung von Nägeln und anderen scharfkantigen Gegenständen.

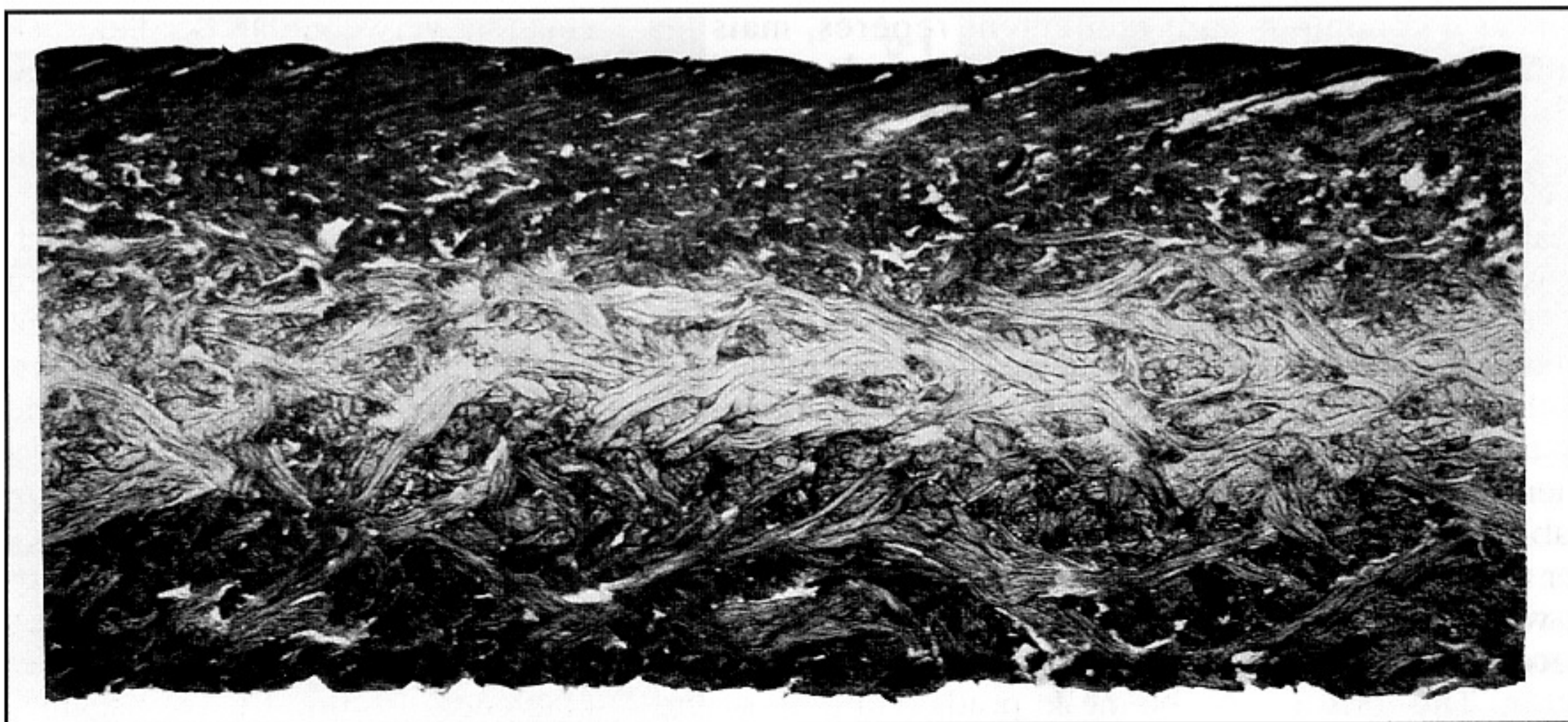
Leder ist ein poröses Material, das Feuchtigkeit absorbieren, einlagern

**FIGURE 3**

**Shoe upper leather. Cross section.**

*Cuir pour la partie supérieure des chaussures. Coupe en section.*

**Schuhoberleder. Querschnitt.**



puncture from nails and other sharp objects.

Leather is a porous material that absorbs, stores, and passes off moisture. Since the feet give off as much as a cup of moisture each day, such breathable properties of shoe leather are vital to foot hygiene and to foot comfort. The transport of moisture through leather is the result of a special transport mechanism whereby water molecules are absorbed at polar groups of the protein molecules and are conducted by an activated diffusion process along the fibers. This allows moisture transport even when the interior spaces of the leather are filled with oils or greases.<sup>6</sup>

The lower portion of the hide (Figure 2B), is used for cheaper-grade products such as low-priced billfolds, work gloves, and brief cases. The surface of the split is rough due to the large fiber bundles and their coarseness. A finish does not adhere well to the surface, and thus the leather finish wears away or becomes crazed and rough. Some of the newer finishes can cover well and wear well. The tanner even embosses the finish of this product to give a pattern simulating full-grain leather; however, the product still sells at a lower price than does full-grain leather.

Cattle hides can be used for many products because they have large areas and thick structures. The areas can be as great as 60 to 90 square feet and the thickness can be 12 to 18 ounces (one ounce = 1/64 inch). Besides leather for soles, shoe uppers, work gloves, and brief cases, already mentioned, cattle hides can be used for leather for garments, purses, luggage, insoles, belts, upholstery, and for many other uses.

Calfskin leather, which is shown in Figure 4, has excellent properties. The grain is smooth because calfskins have very small hair pocket pores. The fiber bundles are small in diameter and tightly interwoven, as shown in the cross sectional view. Because of these fiber bundle characteristics, calfskins are generally processed to have little "run"; that is, the leather does not have much stretch in any direction. The skin is

Le cuir est un matériau poreux qui absorbe, emmagasine et laisse passer l'humidité. Le pied transpirant jusqu'à l'équivalent d'une tasse d'humidité par jour, de telles propriétés de respiration du cuir jouent un rôle vital dans l'hygiène et le confort du pied. Le transfert de cette humidité au travers du cuir est le résultat d'un mécanisme spécial par lequel les molécules d'eau sont absorbées en groupes polarisés et sont conduites par un procédé de diffusion accélérée le long des fibres. Ce système permet le transit de l'humidité même quand l'espace intérieur du cuir est rempli d'huile ou de graisse<sup>6</sup>.

La partie basse de la peau (figure 2B) est utilisée pour les produits de moindre valeur comme les portefeuilles bon marché, les gants de travail ou les mallettes. La surface au dédoublement est rugueuse à cause de la grosseur des faisceaux de fibres et de leur rudesse. La fleur n'adhère pas si bien sur cette surface et le cuir s'use facilement, se craquelle ou devient rêche. Certains nouveaux finissages offrent une meilleure couverture et tiennent mieux. Le tanneur parfois même gaufré ce finissage pour simuler un cuir plein-chagrin; le produit final se vend tout de même à un prix inférieur au plein-chagrin.

Les peaux de bovins, grâce à leur large taille et à leur structure épaisse, offrent de nombreuses applications. Cette taille peut atteindre entre 5 et 8 m<sup>2</sup> en surface et entre 5 et 7 mm d'épaisseur. En dehors des applications déjà mentionnées, ces peaux peuvent être aussi utilisées dans la confection, articles de voyage, ceintures, tapisserie, etc.

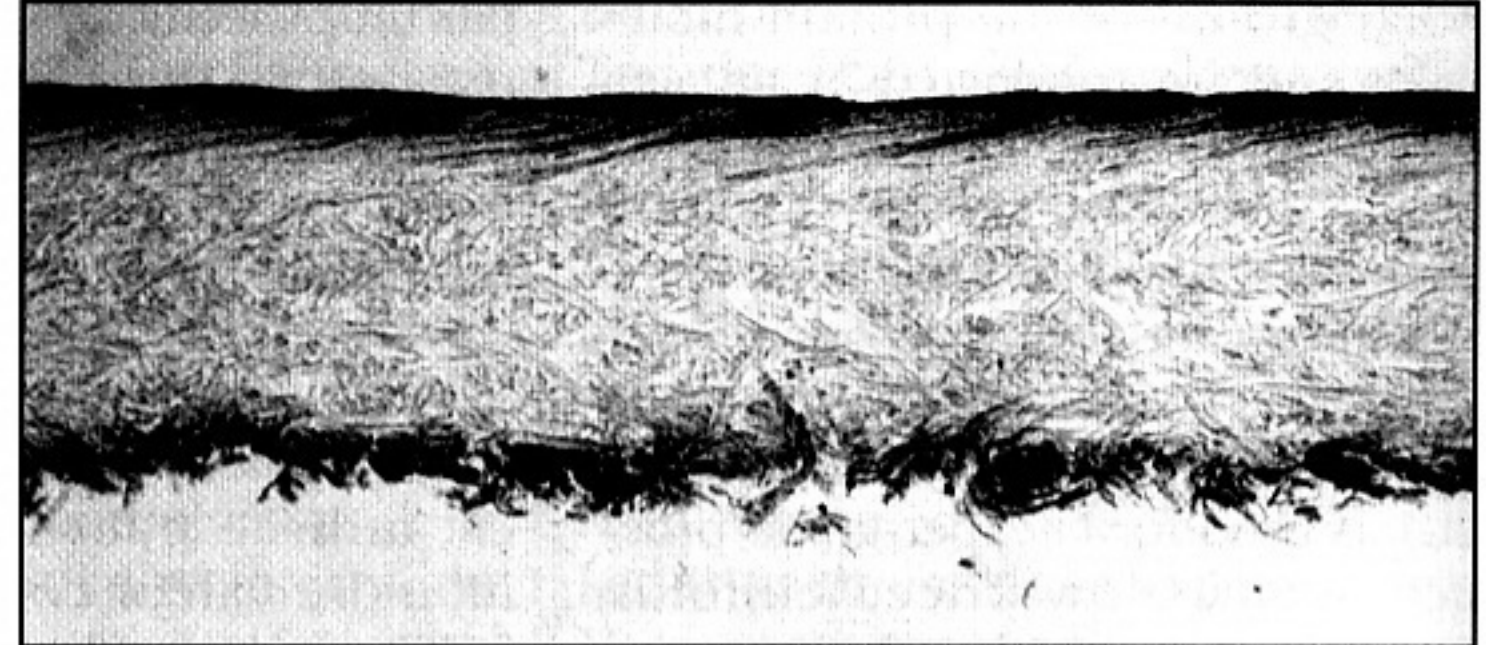
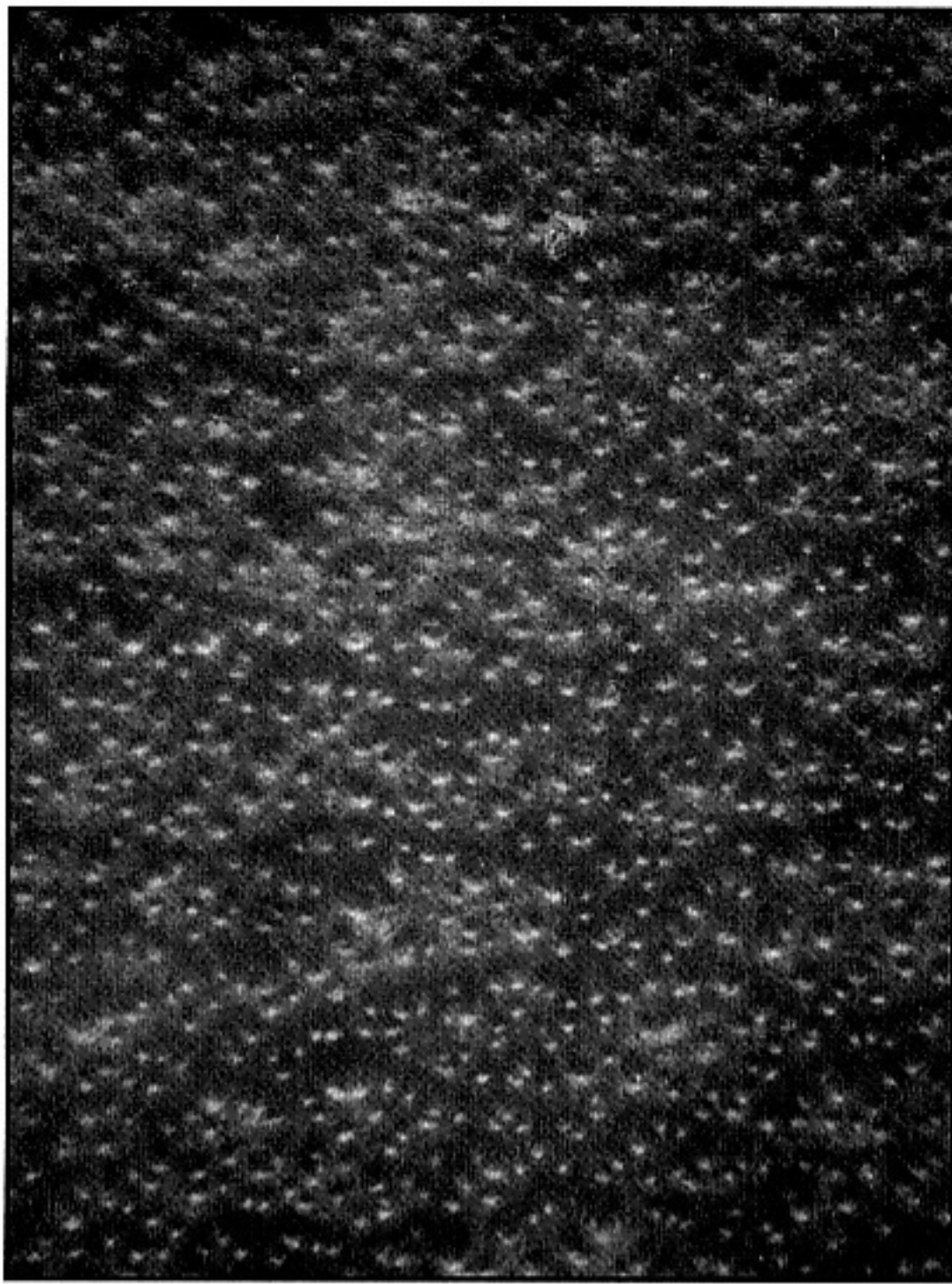
Le cuir tanné à partir du veau, tel que le montre la figure 4, a d'excellentes propriétés. Le grain en est doux car la peau du veau ne contient que peu de poches de poils. Les faisceaux de fibres sont de faible diamètre et très étroitement entremêlés comme le montre la vue en coupe. Grâce aux caractéristiques de ces fibres, le «veau» a une faible extensibilité quelle qu'en soit le sens. Cette peau, bien que naturellement fine – environ 1mm d'épaisseur –, offre une bonne résistance à la traction due au

oder passieren lassen kann. Da ein Fuß am Tag bis zu einer Tasse Wasser abgeben kann, ist diese Atmungsfähigkeit von wesentlicher Bedeutung für Fußhygiene und Tragekomfort. Der Transport von Flüssigkeit durch Leder beruht auf einem speziellen Transportmechanismus, bei dem die Wassermoleküle an die polaren Gruppen der Proteine angelagert und durch einen aktiven Diffusionsvorgang entlang der Fasern geleitet werden. Dies erlaubt einen Flüssigkeitstransport sogar dann, wenn die Hohlräume mit Fetten oder Ölen gefüllt sind<sup>6</sup>.

Der untere Teil der Haut (Abb. 2B) wird zur Herstellung von qualitativ nicht so hochwertigen Produkten wie billigen Geldbeuteln oder Arbeitshandschuhen verwendet. Bedingt durch die großen Faserbündel und deren Grobheit ist die Oberfläche des Spaltleders sehr rau. Eine Beschichtung haftet nicht gut an dieser Oberfläche und trägt sich daher schnell ab oder platzt auf und wird unansehnlich. Doch die Qualität dieser Beschichtungen hat sich in den letzten Jahren stark verbessert. Es ist sogar möglich, dieses Leder in seinem Aussehen dem Oberleder anzugleichen, doch diese Produkte werden trotzdem weiterhin billiger verkauft.

Rindshäute können aufgrund ihrer Größe und Dicke für vielfältige Produkte verwendet werden. Die Fläche können zwischen 5 und 8 m<sup>2</sup> groß sein, die Stärke schwankt zwischen 5 und 7 mm. Neben der Herstellung von Sohlen, Schuhoberleder, Handschuhen kann Rindsleder für Handtaschen, Koffer, Gürtel, Polstermöbel und viele andere Dinge verwendet werden.

Kalbsleder, das in Abb. 4 gezeigt wird, hat herausragende Eigenschaften. Da die Kalbshaut sehr kleine Poren hat, ist die Oberfläche weich und geschmeidig. Wie auf dem Querschnitt zu erkennen, sind die Faserbündel schmal im Durchmesser und fest miteinander verwebt. Aufgrund dieser Fasercharakteristik wird Kalbsleder meistens so bearbeitet, daß es nicht besonders dehnbar ist. Mit einer Dicke von 1 mm ist die Haut sehr dünn, doch die spezielle



**FIGURE 4B**  
**Calfsleather. Cross section.**  
*Cuir de veau. Coupe en section.*  
**Kalbsleder. Querschnitt.**

**FIGURE 4A**  
**Calfskin leather. Grain surface.**  
*Cuir de veau. Grain en surface.*  
**Kalbsleder. Narbenoberfläche.**

inherently thin, being only about 0.039" thick. Even though they are thin, calfskins have good strength, the strength being contributed by the large proportion of interlacing fiber bundles beneath the hair pocket region.

Products that are made from calfskin leather are limited because of the small skin size and its lack of thickness; the products are ladies' shoes, handbags, and billfolds. Slunk skins, the skins of unborn calves, are tanned almost entirely with the hair remaining on the leather and are used for jackets, boot uppers, and purses.

Figure 5 shows the grain surface of kidskin leather and the cross sectional view of goatskin leather. The grain surface has hair pocket pores that are different from those of the bovine species because adjacent to the large hair pocket pores, small fur follicles are present. Goatskin leather has a scuff resistant grain and most of these skins are processed into full-grain leather.

grand nombre de faisceaux entrecroisés sous la zone des poches de poils.

Les produits manufacturés à partir du veau sont plus limités à cause de la taille et de l'épaisseur de sa peau: on en fait des chaussures pour femmes, des sacs à main et des portefeuilles. La peau des veaux encore à naître est tannée presque entièrement en y laissant les poils; elle est utilisée pour les vestes, le dessus de bottes et la maroquinerie.

La figure 5 montre le grain de surface d'un cuir de chevreau et la coupe d'un cuir de chèvre. On peut voir sur la surface des pores de la racine des poils différents de ceux des bovins; en effet, à côté de ces larges pores se trouvent des petit follicules de fourrure. La surface du cuir de chèvre présente une bonne résistance au frottement et la plupart de ces peaux sont traitées en plein-chagrin.

La peau de chèvre (et particulièrement de chevreau) est fine et de peti-

Faserstruktur verleiht ihr große Stabilität.

Die Produktpalette ist bedingt durch die Größe der Häute und durch mangelnde Dicke eingeschränkt: Damenschuhe, Handtaschen und Geldbeutel. Die Haut ungeborener Kälber wird fast ausschließlich mit den auf dem Leder verbleibenden Haaren gegerbt und zur Herstellung von Stiefeln und Handtaschen verwendet.

Abb. 5 zeigt die Oberfläche von Ziegenleder und einen Querschnitt durch Ziegenleder. An der Oberfläche findet man Poren, die sich von denen des Rindsleders unterscheiden, da hier neben den Poren kleine Pelzdrüsen vorhanden sind. Ziegenleder hat eine sehr widerstandsfähige Oberfläche und wird meist zu Oberleder verarbeitet.

Ziegenleder (im speziellen Zickelleder) hat eine begrenzte Größe und ist sehr dünn. Wie Kalbshäute ist

Goatskins (especially kidskins) are also small in size and are thin. Like calfskins, goatskins and kidskins make a strong leather. Their cross sectional view shows small-diameter fiber bundles that are not too tightly interwoven; and for this reason, these skins offer slightly more run (a term used in the leather industry to indicate stretchiness) than do calfskins. The leather has a little stretch, which is a comfort feature for shoes, but it does not have excess stretch that would allow the shoes to lose their shape. Many ladies' shoes are made from kidskins. Leather processing can enhance the "run" of the leathers which is desirable for expensive gloves and garments.

The grain and cross sectional views of wool sheep (Merino sheep) are shown in Figure 6. The Merino sheep are raised for their wool and the skin is a byproduct of the wool industry as well as the meat industry. The grain pattern indicates that the wool grows in clumps. The cross sections show that the wool is curly and the pockets grow in a curved manner. These characteristics distinguish wool sheep leather from leathers

te taille. De même que le veau, chèvres et chevreaux donnent un cuir solide. La vue en coupe montre des faisceaux de fibres de petit diamètre qui ne sont pas très resserrés ce qui explique un étirage légèrement plus grand que celui du veau. On utilise cette propriété pour la fabrication des chaussures; ce cuir peut s'étirer suffisamment pour apporter un confort à la chaussure mais pas trop pour en garder la forme. Beaucoup de chaussures pour femmes sont faites en chevreau. On peut améliorer l'étirage des cuirs par certains traitements, ce qui est souhaitable pour la confection de gants et de vêtements de prix.

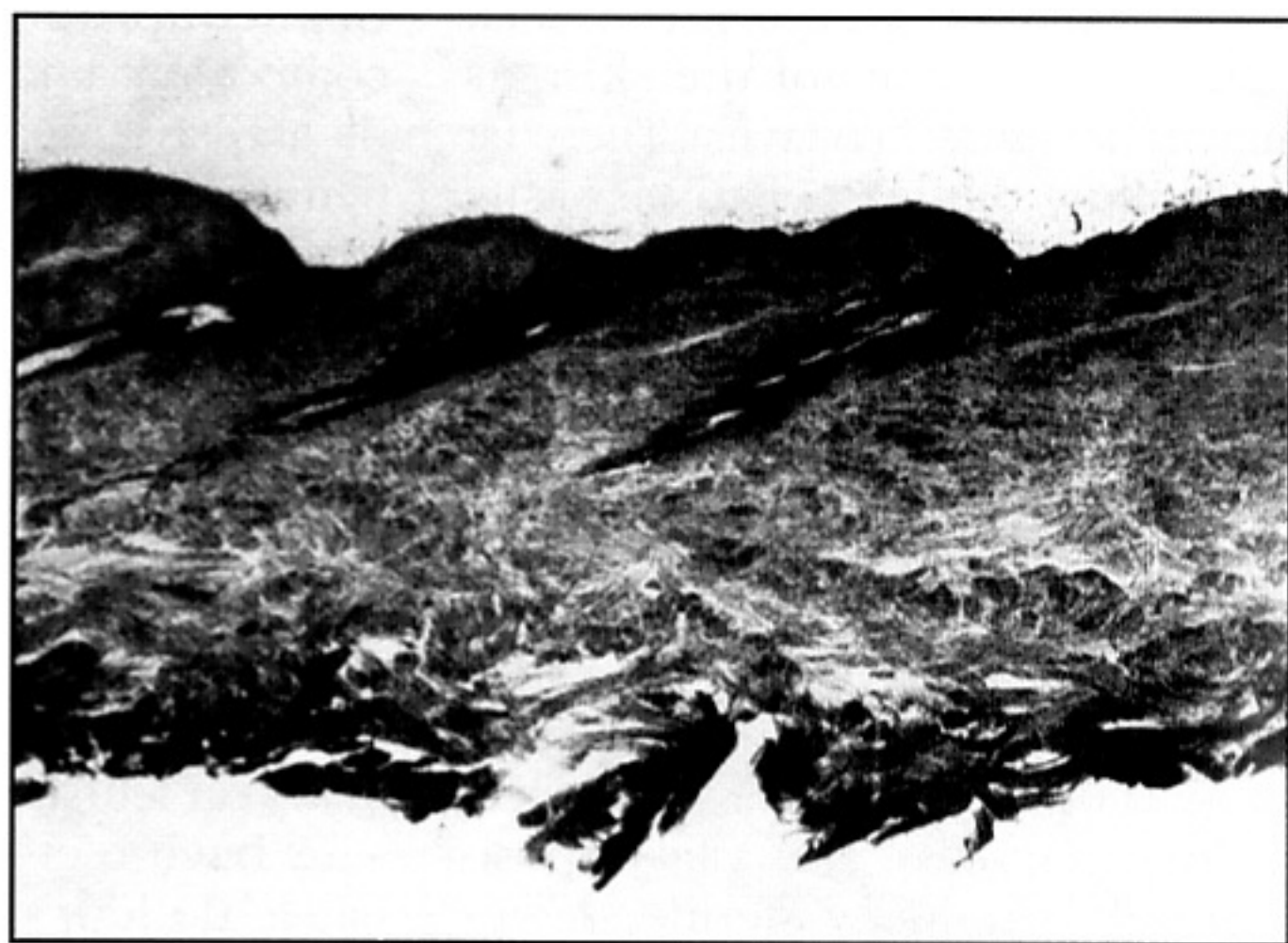
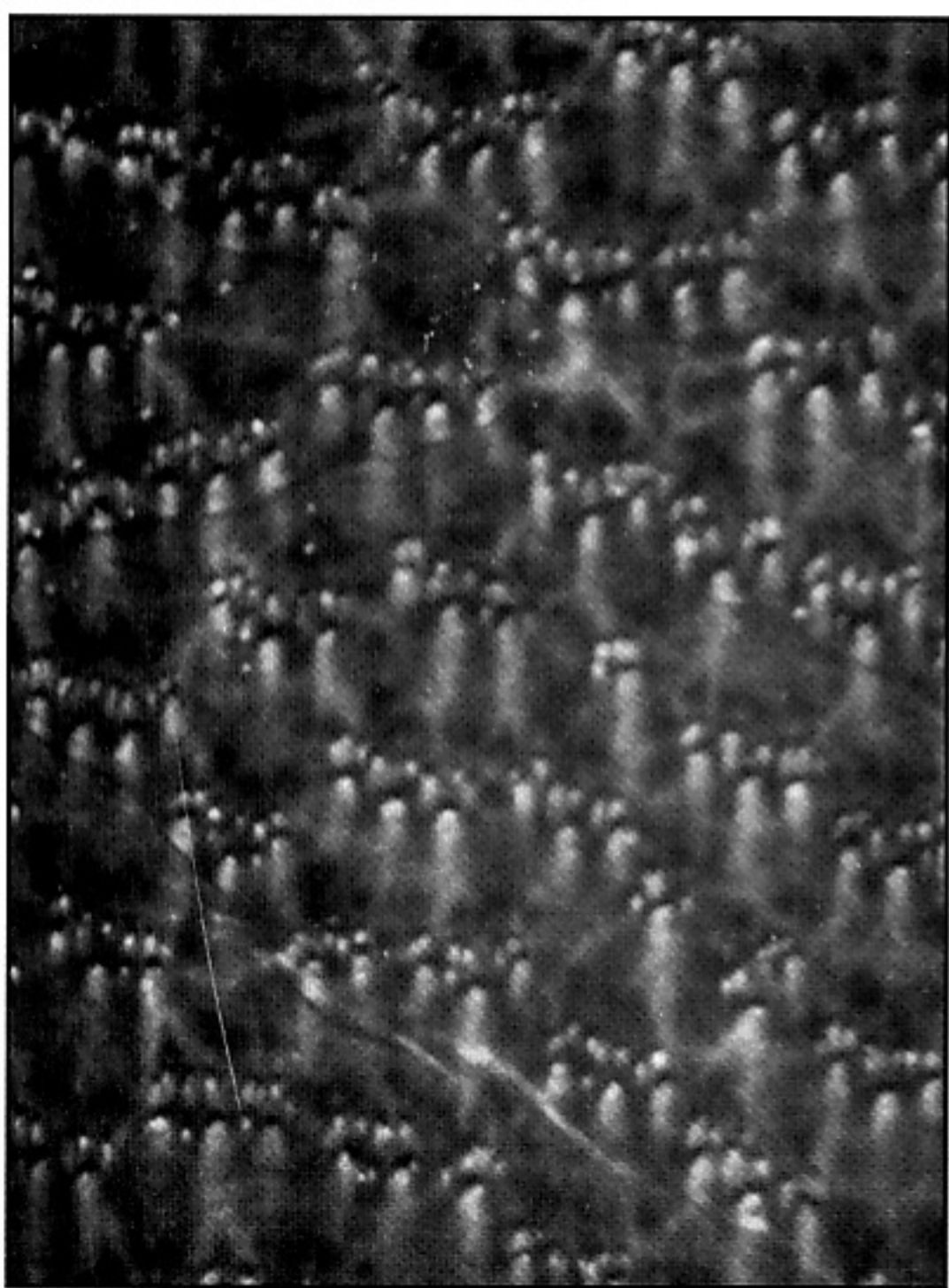
La figure 6 montre les vues de surface et de coupe de peau de mouton (race Mérinos). Le mouton Mérinos est élevé pour sa laine, la peau et la viande en étant des produits dérivés. Le dessin du grain indique comment la laine pousse en touffes. La coupe montre la laine en boucles et les poches qui sont de même incurvées. Ces caractéristiques différencient le cuir de mouton de celui des autres espèces animales. La vue en coupe

das aus Ziegen- und Zickelhäuten hergestellte Leder sehr stabil. Der Querschnitt zeigt, daß die Faserbündel einen sehr schmalen Durchmesser besitzen, der nicht besonders fest miteinander verwoben sind. Aus diesem Grund weisen diese Häute größere Dehnbarkeit auf.

Das Leder dehnt sich gerade soviel, daß es, in einem Schuh verwendet, Tragekomfort bringt, ohne daß der Schuh seine Form verliert. Viele Damenschuhe werden deshalb aus Zickelleder hergestellt. Durch Gerbtechnik kann die Dehnbarkeit des Leders vergrößert werden, so wie es für Handschuhe und Kleiderstücke erwünscht ist.

Die Oberfläche und der Querschnitt durch eine Wollschafhaut (Merinoschaf) sind in Abb. 6 dargestellt. Da Merinoschafe wegen ihrer Wolle gezüchtet werden, sind die Häute Nebenprodukte der Wollindustrie. Die Oberflächenstruktur zeigt, daß die Wolle verknäuel wächst. Anhand des Querschnitts wird die gekräuselte Struktur der Wolle und die gebogene Form der Haartaschen deutlich. Die charakteristische Struktur unter-

**FIGURE 5A**  
Kidskin leather. Grain surface.  
*Cuir de chevreau. Grain en surface.*  
Ziegenleder. Narbenoberfläche.



**FIGURE 5B**  
Goatskin leather. Cross section.  
*Cuir de chèvres. Coupe en section.*  
Ziegenleder. Querschnitt.

dle structure, the sheepskins that are free of fat deposits are processed into quality gloves and garments.

The hairsheep skin (cabretta skin) is somewhat similar to goatskin and woolsheep skin. Grain surface and cross sectional views are shown in Figure 8. When the grain pattern of cabretta leather, as shown in Figure 8, is compared to the grain pattern of kidskin leather, (see Figure 5) there is a similarity because both types of leather have hair pockets and fur pockets. In cross sectional view, the cabretta leather is more closely related to the wool sheepskin leather (the better grade skin without fat cell depositions) than to kidskin leather, because the fiber bundles have a fairly loose architectural structure.

Cabretta skins are thin and small but their excellent quality and strength compensate for these disadvantages. The leather has good "run" because of the somewhat loosely interwoven fiber bundles. This leather has a soft, smooth grain sur-

vent être séparées de celles qui en ont, et être utilisées grâce à leur structures de fibres peu serrées pour la confection de gants et de vêtements de qualité.

La peau de mouton de métis (peau «cabretta») est quelque peu identique à celui de la peau de chèvre et à celui de la peau de mouton lainé. La figure 8 représente la surface du grain ainsi que des vues de coupe transversale. Si l'on compare la surface de la fleur du cuir cabretta, représenté figure 8, à celui du cuir de chevrette (voir fig. 5), on observe une similitude; en effet, ces types de poils ont tous deux des poches de poil (touffes de poil) et des poches de duvet (fourrure). On remarque sur la vue de coupe transversale que le cuir cabretta est plutôt apparenté au cuir de la peau de mouton lainé (la meilleure qualité de peau sans formation de dépôt de cellules grasses) qu'au cuir de chevrette parce que les faisceaux de fibres ont une structure architecturale plutôt lâche.

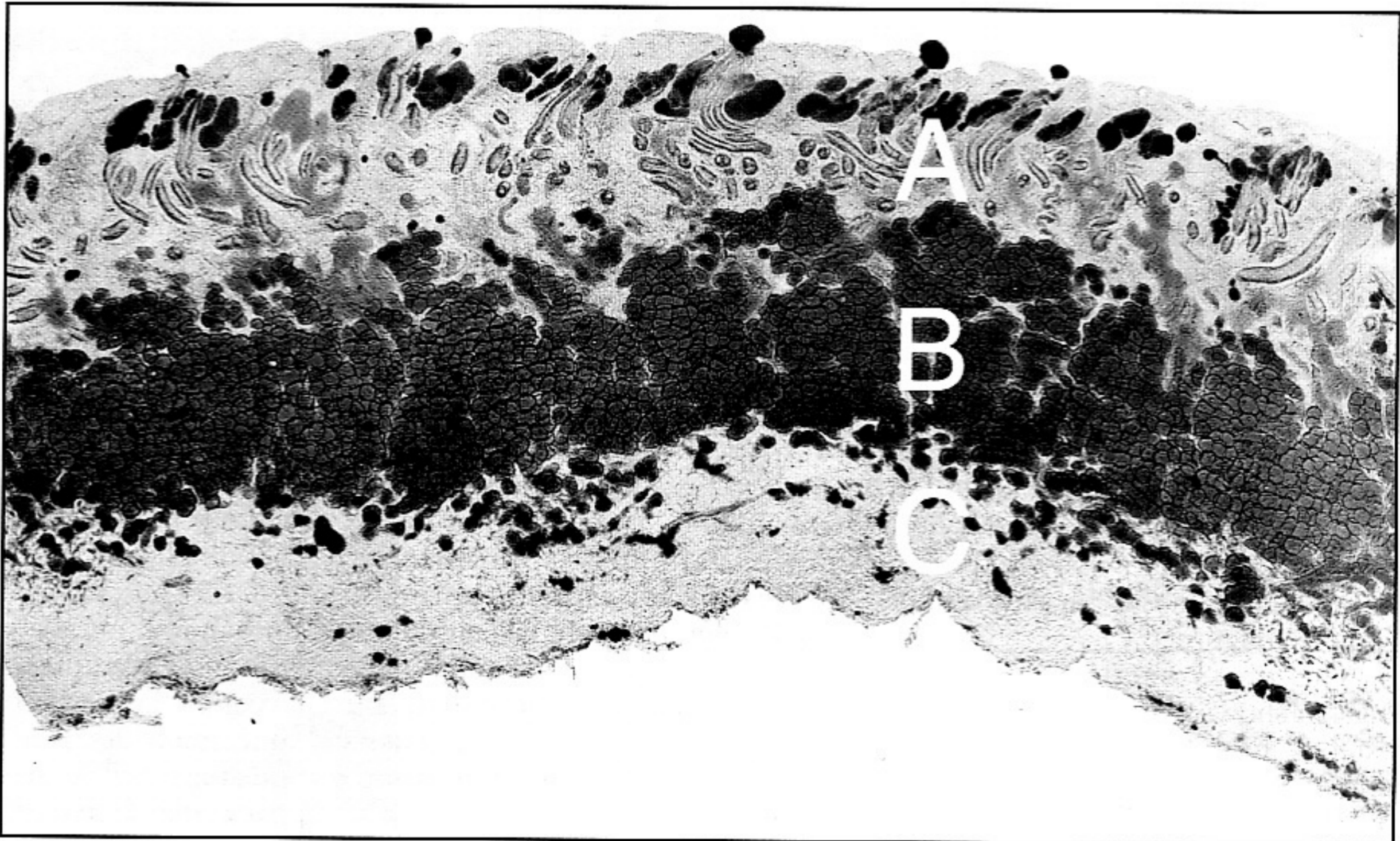
Les peaux de cabretta sont fines et petites mais leur excellente qualité

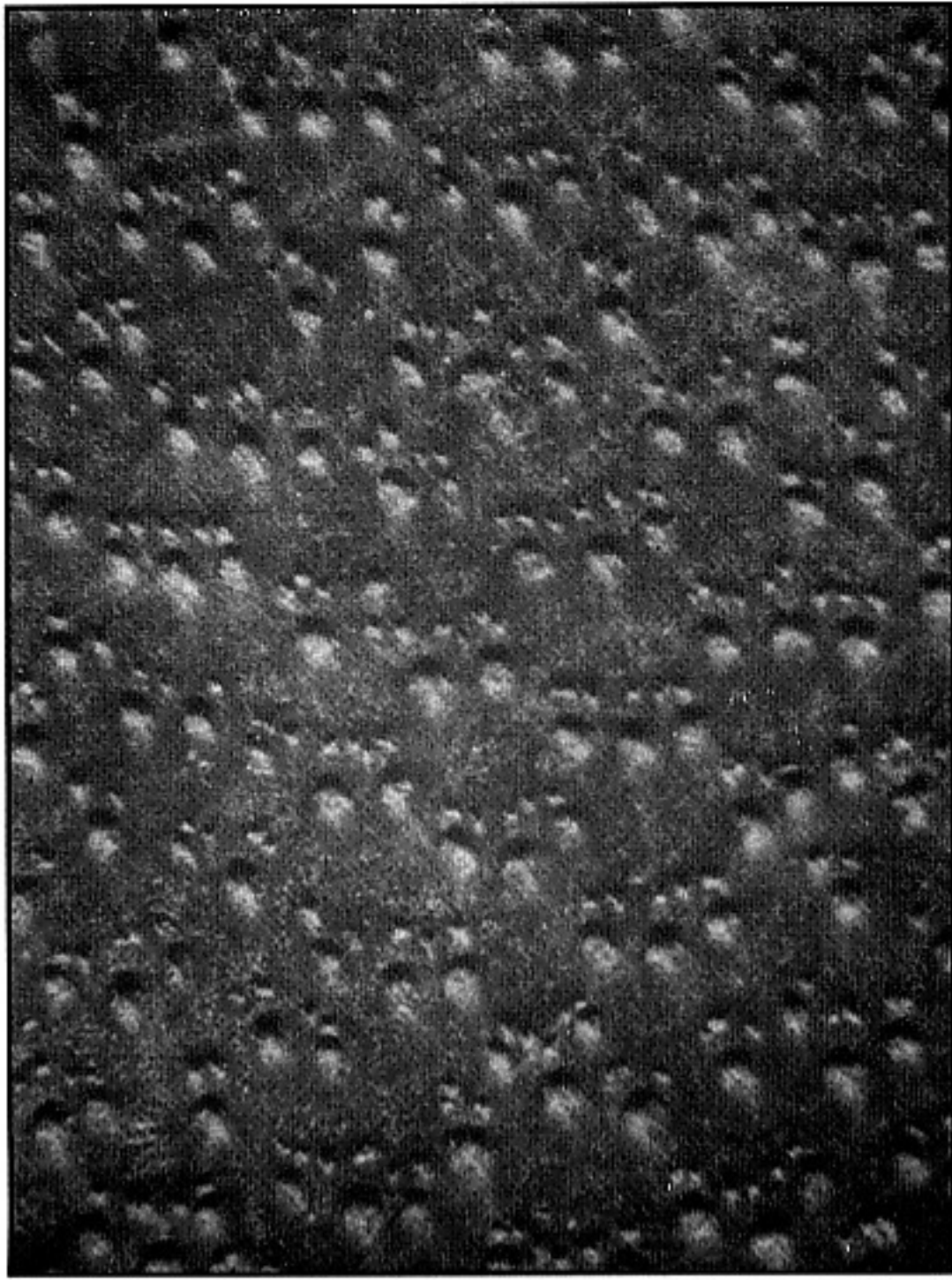
Unterscheidung von fetthaltigen und fettfreier Häuten ermöglicht. Wegen ihrer Struktur von fest verwebten Faserbündeln werden Häute, denen die Fettschicht fehlt, zur Herstellung von Herrenschuhen und Bekleidung verwendet.

Die Haarschafhaut (Cabrettenhaut) ist relativ ähnlich der Ziegenhaut und der Wollschafhaut. Oberfläche und Querschnitt sind in Abb. 8 gezeigt. Bei einem direkten Vergleich der Oberflächenstruktur vom Cabrettenleder (Abb. 8) mit der des Ziegenleders (Abb. 5) wird die Ähnlichkeit wieder deutlich. Beide Leder besitzen Haartaschen und Felltaschen. Der Querschnitt durch das Cabrettenleder ähnelt jedoch mehr dem durch das Wollschafleder (ohne Fettschicht), in dem Faserbündel die gleiche lose Struktur aufweisen.

Cabrettenhäute sind dünn und klein, doch ihre hervorragende Qualität und Belastbarkeit kompensieren diese Nachteile. Dieses Leder hat wegen seiner locker miteinander verwebten Faserbündel eine sehr hohe Elastizität. Es hat eine weiche Oberfläche, die es besonders günstig und damit zum idealen Material für

**FIGURE 7**  
**Pickled Merino sheepskin showing the fat cells deposited between the wool pocket region (A) and the fiber bundle portion (C).**  
*Peau picklé de mouton Mérino montrant les cellules de graisse entre les couches de poches de poile (A) et les couches de faisceaux de fibre (C).*  
**Eingesalzen Merinoschafhaut mit die Fettzellen zwischen Haartaschen- (A) und Faserbündel (C).**





**FIGURE 8A**  
 Hairsheep leather (Cabretta). Grain surface.  
*Peau de mouton métis (Cabretta). Grain en surface.*  
 Haarschaf- (Cabretten-)haut. Narbenoberfläche.



**FIGURE 8B**  
 Hairsheep leather (Cabretta). Cross section.  
*Peau de mouton métis (Cabretta). Coupe en section.*  
 Haarschaf- (Cabretten-)haut. Querschnitt.

face and a very good grip on the steering wheel of an automobile, making it ideal for driving gloves. Many of these skins are used for garments and gloves.

The grain surface and cross sectional views of domestic pigskin leather are shown in Figure 9. Pigskin has a very distinctive bristle pocket pattern; three bristles grow in a group with much space between these groups. Its scuff resistant grain surface, structural strength, and durability make pigskin leather appealing for gloves for dress, driving, and sports. Pigskin glove leather is made from the skin of the wild pig, known as the peccary; it is not domestic pigskin leather shown in Figure 9.

The cross sectional view of pigskin shows that the bristle pocket extends through the entire thickness of the leather. There is no fiber bundle structure below the bristle pocket

compense ces désavantages. Le cuir provenant de ces peaux a un bon «prêtant» car ses faisceaux de fibres ont une texture quelque peu lâche. La surface de la fleur de ce cuir est douce et lisse, et adhère très bien au volant d'une voiture, ce qui le rend idéal pour des gants de conduite. Grand nombre de ces peaux sont utilisées dans la fabrication de vêtements et de gants.

La figure 9 représente la surface de la fleur ainsi que des vues de coupe transversale du cuir de peau de porc domestique. La structure de poche de soie de la peau de porc est très particulière. Trois soies forment un groupe, et les différents groupes sont fort espacés l'un de l'autre. La surface de la fleur de ce cuir, résistante aux éraflures, sa structure ferme et sa durabilité en font un cuir parfaitement approprié à la fabrication de gants de sortie, de conduite ou de sport. Le cuir de porc pour gants est fabriqué à partir d'un porc sauvage, plus connu sous le nom de pécarí; il ne s'agit pas du cuir de porc domestique montré figure 9.

Autohandschuhe macht. Viele dieser Häute werden zur Herstellung von Bekleidung und Handschuhen verwendet.

Die Oberfläche von und der Querschnitt durch Schweinsleder sind in Abb. 9 dargestellt. Schweinshaut hat eine charakteristische Borstentaschenstruktur: jeweils drei Borsten wachsen räumlich getrennt in gleichen Gruppen. Seine widerstandsfähige Oberfläche, Belastbarkeit und Langlebigkeit machen es geeignet für Handschuhen aller Art. Diese werden jedoch meist aus Wildschweinhaut hergestellt.

Der Querschnitt verdeutlicht, daß alle Borstentaschen sich über die gesamte Hautdicke erstrecken. Es existiert keine Faserbündelstruktur unterhalb der Borstentaschen: die gesamte Struktur wird durch die Borstentaschen bestimmt.

region; the structure is entirely the bristle pocket region.

Full-thickness domestic pigskin leather does not have much "run" because the fiber bundles around the bristle pockets are closely interwoven, providing a tight matrix. Shoe uppers and men's hats are made from domestic pigskin leather. The skin of domestic pigs is thick enough to be split into two layers. These splits can be processed to have some "run" and they are used for upholstery leather for furniture and automobiles.

Figure 10 shows the grain surface and cross sectional views of deerskin leather. The grain surface view indicates that the hair pocket pore pattern of deerskin leather is similar to the pore pattern of cattlehide leather, as shown in Figure 2; however, not

La vue de coupe transversale de peau de porc indique que la poche de soie s'étend à toute l'épaisseur du cuir. Il n'y a pas de structure de faisceaux de fibres en dessous de la région de poche de soie; la structure est entièrement la région de poche de soie.

Le cuir de peau de porc domestique de pleine épaisseur n'a pas beaucoup de «prêtant» parce que les faisceaux de fibres autour des poches de soies ont une texture serrée, ce qui fournit une matrice solide. C'est avec ce type de cuir que l'on fabrique les tiges de chaussure, ainsi que des chapeaux pour hommes. La peau des porcs domestiques est suffisamment épaisse pour pouvoir être refendue en deux couches. On peut traiter ces croûtes afin de leur donner du prêtant et les employer comme cuir de garniture pour des meubles et des voitures.

Le schéma 10 représente la surface de la fleur et des vues de coupe transversale du cuir de peau de daim. La représentation de la surface de la fleur indique que la structure du pore de la poche de poil du cuir de peau de daim est identique à la structure

Schweinsleder in gesamter Dicke besitzt keine große Elastizität, da die Faserbündel, die die Borstentaschen umgeben, fest miteinander verwoben sind und eine feste Matrix formen. Schuhoberleder und Herrenhüte werden aus Schweinsleder hergestellt. Aufgrund seiner Dicke ist die Spaltung dieses Leders in zwei Schichten möglich. Durch ein besonderes Verfahren erlangen diese Schichten eine gewisse Flexibilität, die sie als Bezug für Polstermöbel und Automobilsitze geeignet macht.

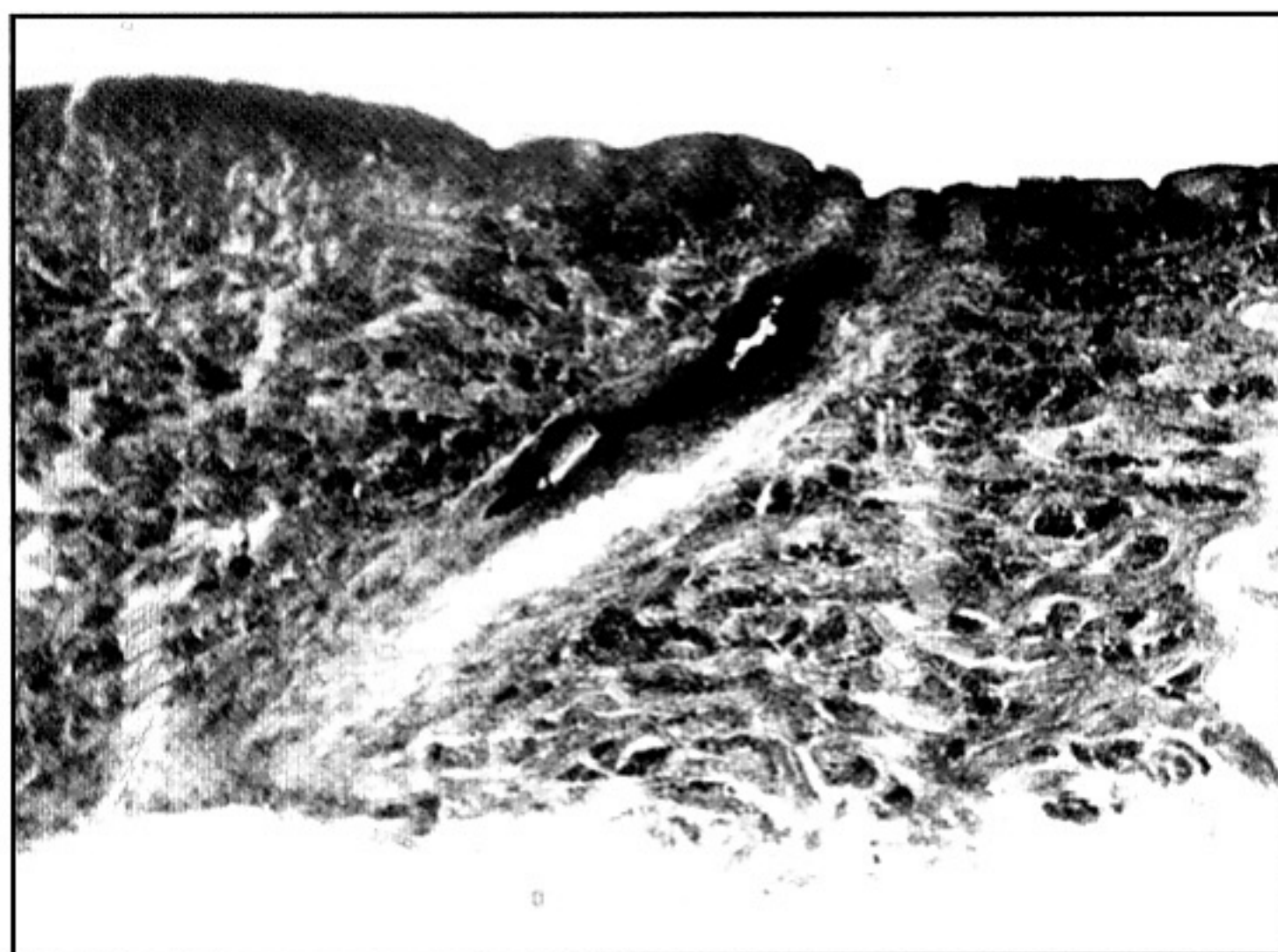
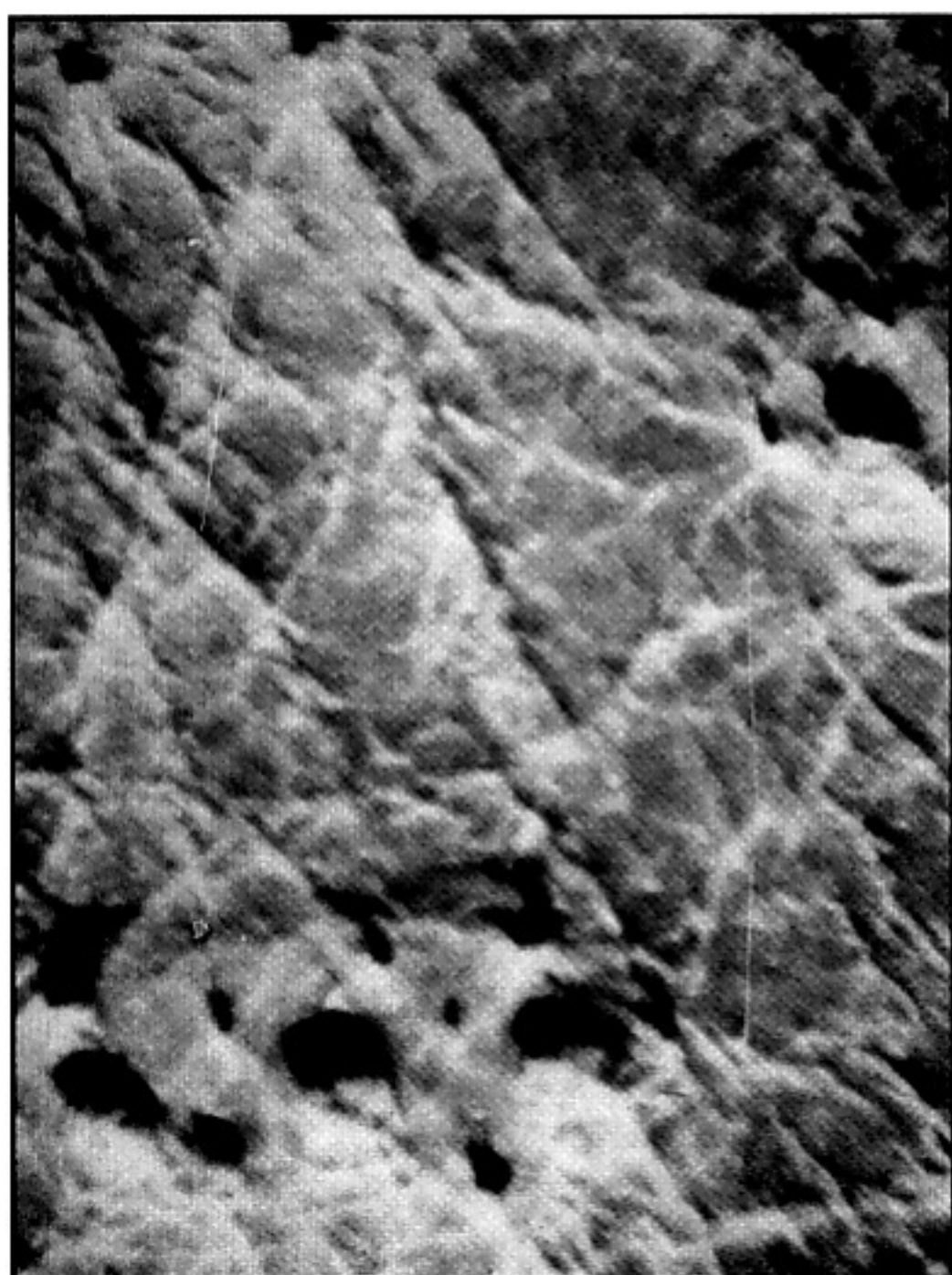
Abb. 10 zeigt die Oberfläche und den Querschnitt von Hirschleder. Die Oberflächenansicht zeigt, daß die Porenanordnung dieses Leders sehr ähnlich zu der des Rindsleders (Abb. 2) ist. Doch nicht alle Hirschleder haben die in Abb. 10 gezeigte

**FIGURE 9A**

**Domestic pigskin leather. Grain surface.**

*Cuir de peau de porc domestique. Grain en surface.*

**Schweinsleder. Narbenoberfläche.**



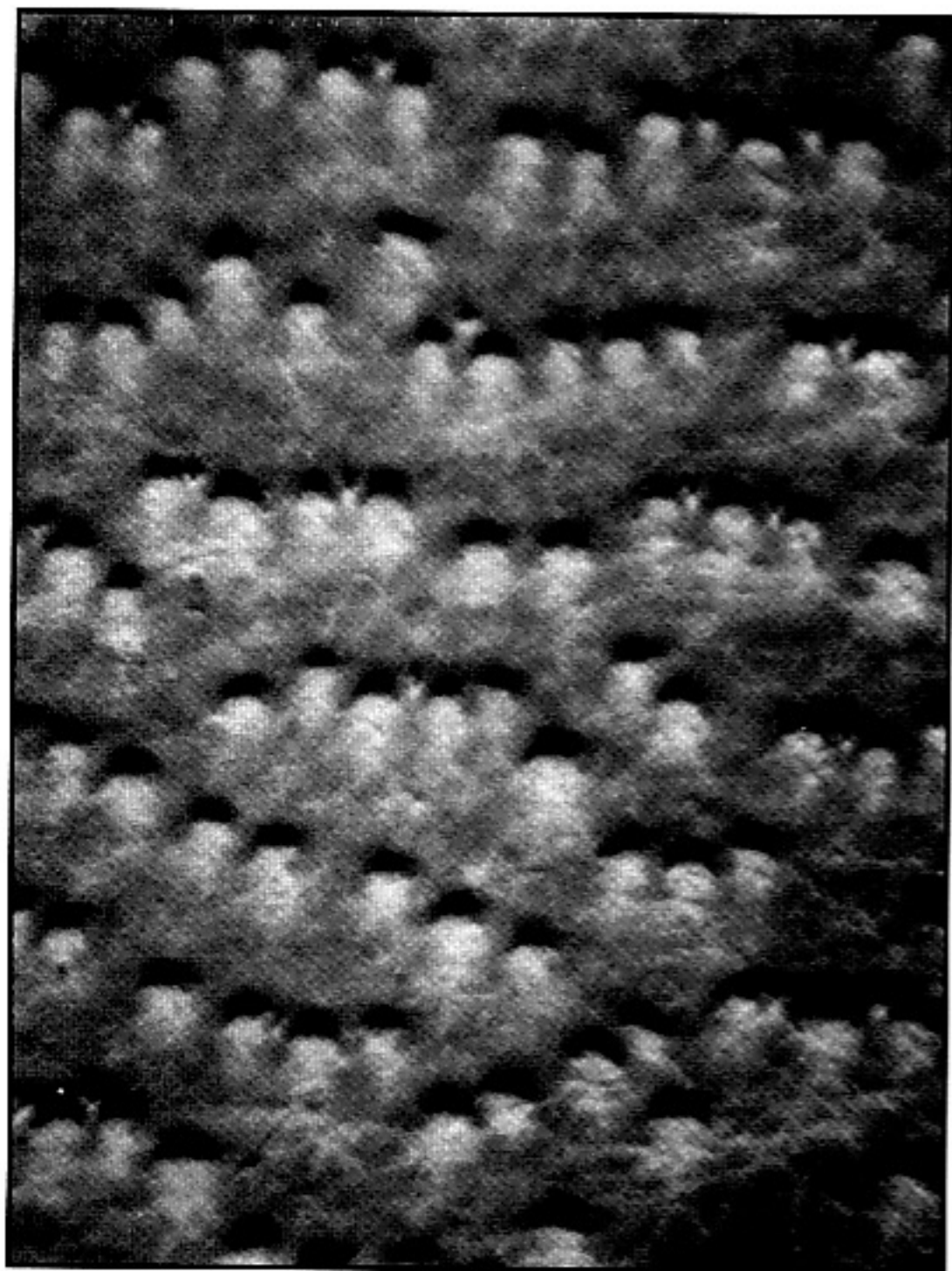
**FIGURE 9B**

**Domestic pigskin leather. Cross section.**

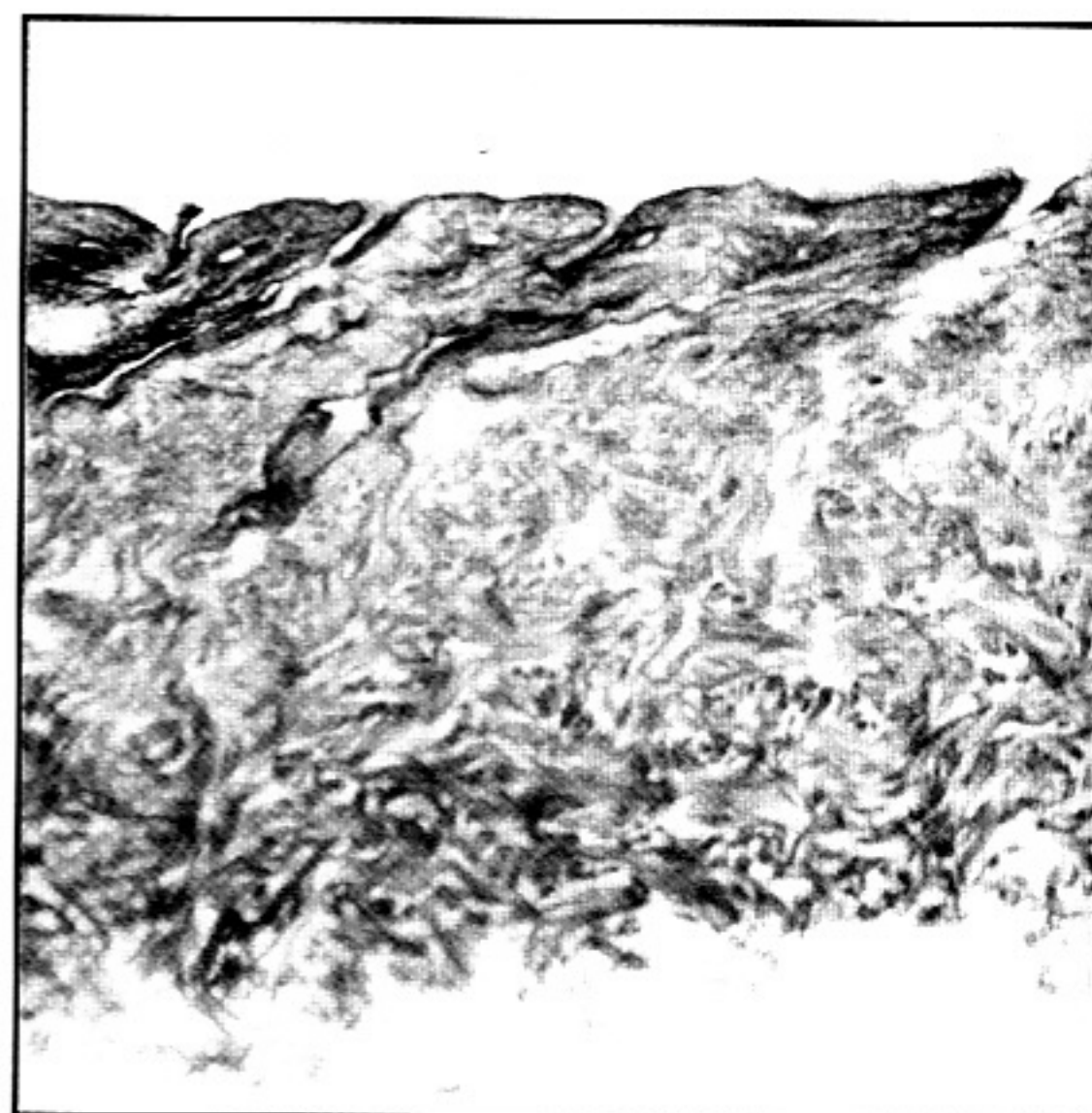
*Cuir de peau de porc domestique. Coupe en section.*

**Schweinsleder. Querschnitt.**





**FIGURE 10A**  
Deerskin leather. Grain surface.  
*Cuir de peau de daim. Grain en surface.*  
Hirschleder. Narbenoberfläche.



**FIGURE 10B**  
Deerskin leather. Cross section.  
*Cuir de peau de daim. Coupe en section.*  
Hirschleder. Querschnitt.

all deerskin leathers have the pattern shown in Figure 10. The skins from some species of deer have small fur pockets in addition to the large hair pockets, similar to that seen with goatskin leather in Figure 5 and cabretta leather in Figure 8.

Deerskin leather is structurally strong, and because the fiber bundles are loosely interlaced, it makes stretchy leather. Deerskin leather is processed almost exclusively into glove and garment products.

The grain surface and cross sectional views of kangaroo skin leather are shown in Figure 11. Kangaroo skin leather appears and feels similar to calfskin leather. This leather is thin in structure and small in area, as is calfskin leather. The grain surface, which has good scuff resistance, has small hair pocket pores with uniform spacing around each pore.

The cross sectional view shows that the pockets extend through the

du pore du cuir de peau de bovin, ainsi que nous l'avions vu figure 2; cependant, tous les cuirs de peau de chamois n'ont pas la structure représentée figure 10. Les peaux de certaines espèces de daims se composent de petites poches de duvet (fourrure) en plus des grandes poches de poil, identiques à celles que nous avons observées pour le cuir de peau de chèvre (fig. 5) et le cuir de cabretta (fig. 8).

Le cuir de peau de daim a une structure solide. Ses faisceaux de fibres, de structure lâche, en font un cuir prêtant. On utilise le cuir de peau de daim presque exclusivement pour des gants et des vêtements.

Le schéma 11 montre la surface de la fleur et des vues de coupe transversales du cuir de peau de kangourou. Le cuir de peau de kangourou semble, à l'œil et au toucher, identique au cuir de peau de veau. Ce cuir a une structure fine et est de plus petite envergure, tout comme le cuir de peau de veau. La surface de la fleur, qui résiste bien aux éraflures, se compose de petits pores de poches de poils, espacés de façon

Struktur. Die Häute einiger Arten haben zusätzlich zu den Haartaschen kleine Fettaschen, ähnlich zu denen im Ziegenleder (Abb. 5) und Cabrettenleder (Abb. 8).

Hirschleder ist strukturell stabil und wegen seiner locker gewebten Faserbündel sehr elastisch. Es wird fast ausschließlich zu Handschuhen und Bekleidung verarbeitet.

Die Oberfläche und der Querschnitt von Känguruhleder werden in Abb. 11 gezeigt. Känguruhleder ist im Aussehen Kalbsleder sehr ähnlich — es ist dünn und von geringer Größe. Die Oberfläche ist sehr widerstandsfähig und hat sehr kleine, gleichweit voneinander entfernte Poren.

Der Querschnitt zeigt, daß die Fasern sich stets durch die gesamte Struktur erstrecken, so wie es im Schweinsleder (Abb. 9) der Fall ist.

full structure, indicating the kangaroo skin leather is somewhat similar to the pigskin leather, as shown in Figure 9. Because the pockets extend through the leather, the leather has good ventilation; that is, air and perspiration readily escape from the leather. The cross sectional view also shows that the small-diameter fiber bundles are fairly tightly interlaced, giving the leather only a slight amount of "run." The leather is structurally strong and the good features of this leather, such as scuff resistance and good breathability, are beneficial for athletic goods. The kangaroo skin leather is used almost entirely for track, bowling, football and baseball shoes.

It is known that leather produced from the skins of hairsheep, goats, woolsheep and hides of cattle have been used in organs for years. From the information given, there are indications that leathers processed from calfskins, pigskins, deerskins, and kangaroo skins may be as good or possibly better in some organ applications.

uniforme. La vue de coupe transversale montre que les poches s'étendent à toute la structure, ce qui tend à dire que le cuir de peau de kangourou est quelque peu similaire au cuir de peau de porc, ainsi qu'il est montré figure 9. Parce que les poches s'étendent à toute la structure, le cuir a une bonne ventilation; ceci veut dire que l'air et la sueur peuvent facilement s'échapper du cuir. La vue de coupe transversale montre également que les faisceaux de fibres à petit diamètre sont entrelacés de façon relativement serrée, ce qui donne au cuir seulement un peu de «prêtant». Ce cuir est de structure solide, et ses bonnes propriétés, telles la résistance aux éraflures et la bonne circulation de l'air, sont avantageuses pour la fabrication d'articles de sport. On utilise la peau de kangourou presque uniquement pour des chaussures de piste, de bowling, de football et de base-ball.

Il est bien connu que le cuir provenant de peaux de moutons métis, chèvres, moutons lainés et peaux de bovins, est utilisé depuis des années en facture d'orgues. Il ressort des informations données dans ce texte que les cuirs tirés de peaux de veau,

Durch die durchgehenden Poren besitzt dieses Leder eine sehr große Atmungsaktivität: Luft und Feuchtigkeit können ungehindert passieren. Außerdem erkennt man, daß die Faserbündel einen geringen Durchmesser haben und eng miteinander verwoben sind; deshalb besitzt dieses Leder nur geringe Elastizität. Die Formstabilität und die anderen Vorteile, wie Widerstandsfähigkeit und Atmungsaktivität, machen dieses Leder für Sportartikel (Wander- und Bowlingschuhe) besonders geeignet.

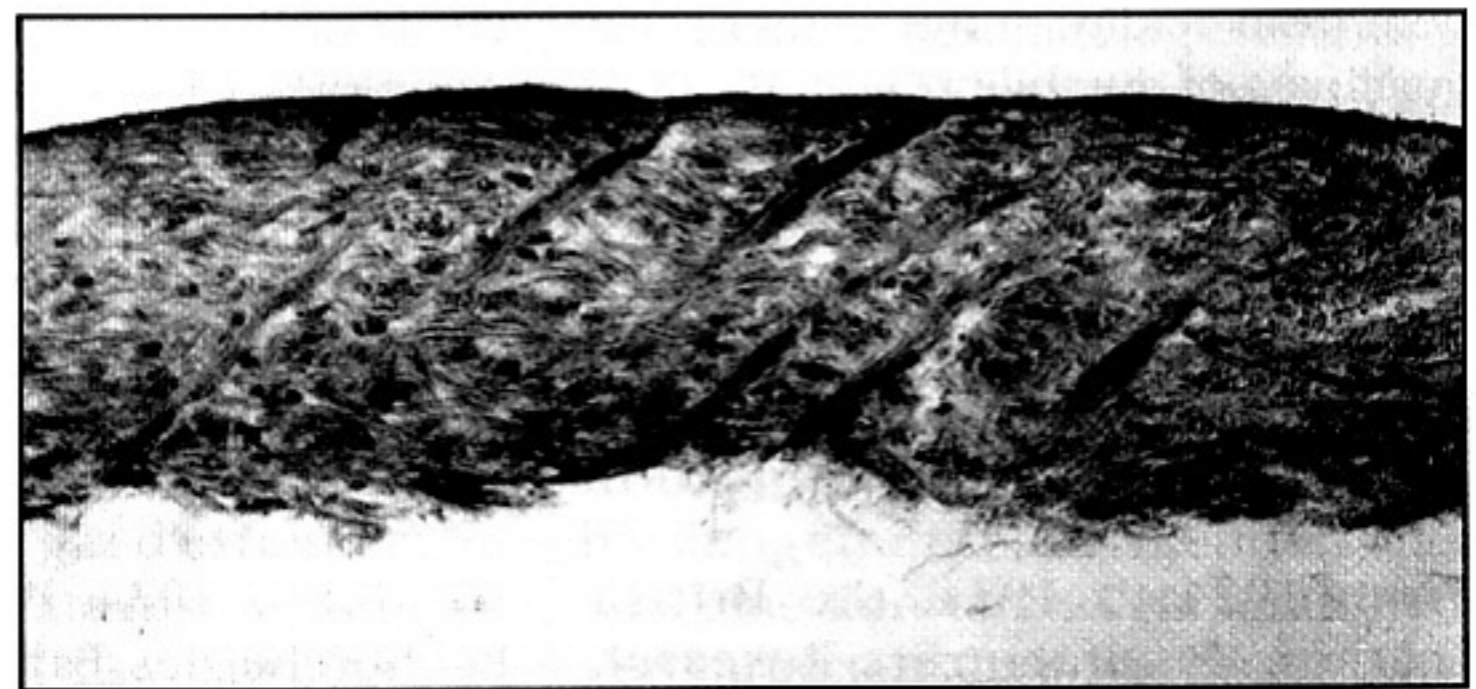
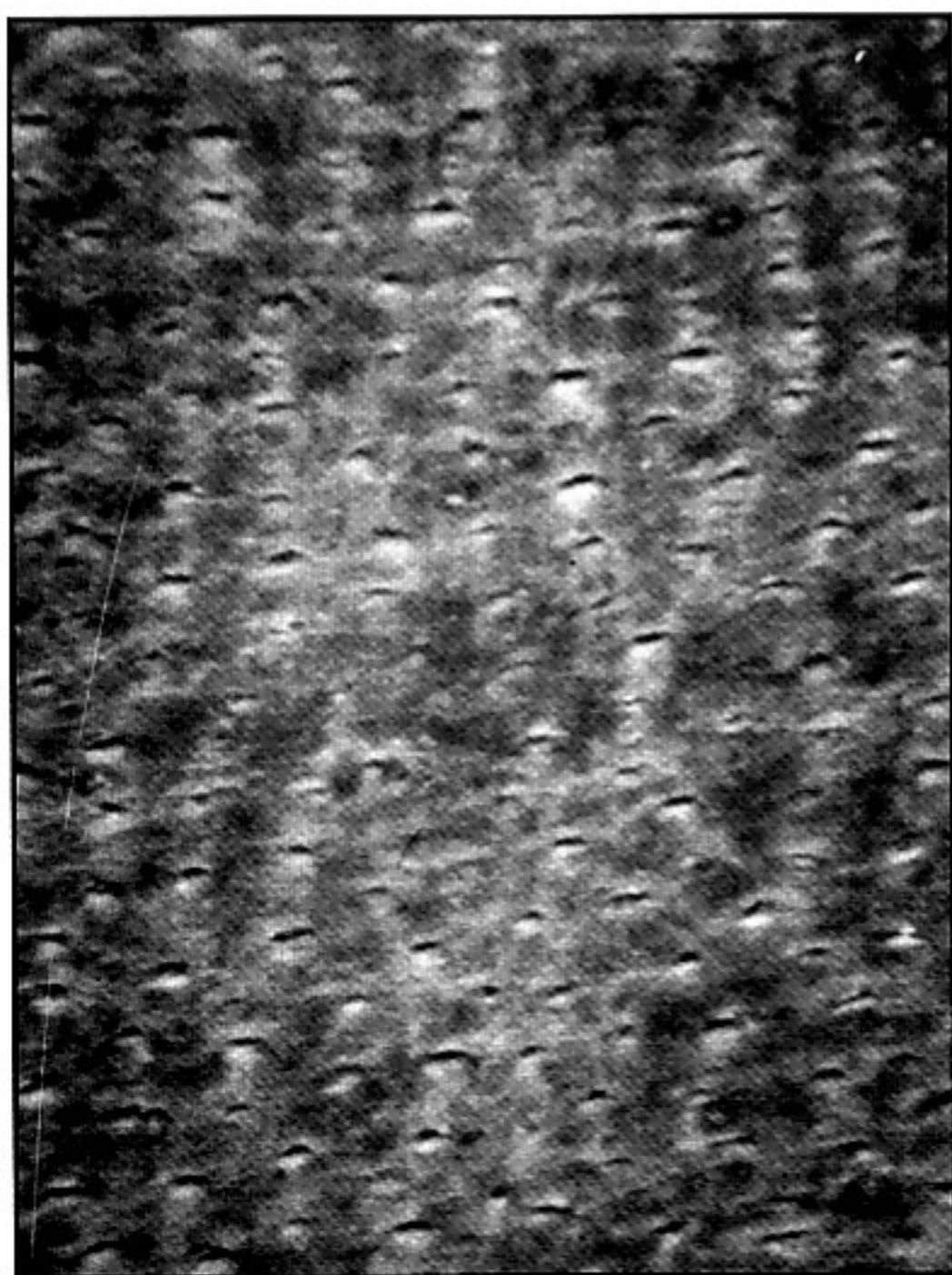
Es ist bekannt, daß Leder aus den Häuten von Haarschafen, Ziegen, Wollschafen und Rindern traditionell im Orgelbau verwendet wurden. Doch der bisherige Text liefert Hinweise, daß Leder von Kälbern, Schweinen, Hirschen und Känguruhs genauso gut oder vielleicht noch besser für manche Anwendungen in Orgeln geeignet sein könnten.

**FIGURE 11A**

**Kangaroo skin leather. Grain surface.**

*Cuir de de peau de kangourou. Grain en surface.*

**Känguruhleder. Narbenoberfläche.**



**FIGURE 9B**

**Kangaroo skin leather. Cross section.**

*Cuir de de peau de kangourou. Coupe en section.*

**Känguruhleder. Querschnitt.**

### **The durability testing of leather: a historical overview**

Rotting upholstery leather in armchairs of the Athenaeum Club brought an early documented study of leather deterioration conducted by Michael Faraday, an Englishman, in 1843. He related the deterioration to sulfur compounds in the coal gas used for illumination.<sup>7</sup>

The destructive effects of certain sulfur compounds were cited in the early 20th century by the Committee on Leather for Bookbinding, which decided that the use of sulfuric acid in the dyeing and tanning of leather was excessive. They also thought exposure to the fumes of burned gas (usually for illumination) or coal fires, as well as exposure to hot air or sunshine, contributed to leather failure. One of their experiments, conducted by J. Lamb, consisted of exposing leather samples to the fumes of a burning coal gas lamp in a small test room. Later studies showed that the use of sulfuric acid in tanning was not a source of deterioration when the acid was properly used. Indeed, it was found that initial freedom from acidity of the leather is no guarantee of durability.<sup>7</sup>

From 1924 to 1934, the British Leather Manufacturers Research Association sought to improve measurement techniques for acidity in leather samples and to develop a test for the durability of leather. A new test for sulfuric acid content of leather disclosed that rotted leather usually contained higher concentrations of it than sound leathers. Seeking an accelerated ageing test, their researcher R. F. Innes decided in 1931 that, based on current theo-

porc, daim et kangourou pourraient tout aussi bien convenir à certaines applications en facture d'orgues qu'aux utilisations reprises dans les lignes qui précèdent. Peut-être même que ces types de cuir conviendraient mieux encore en facture d'orgues.

### **Tester la résistance du cuir: vue d'ensemble historique**

C'est en découvrant à l'Atheneum Club que le cuir des fauteuils pourrissait qu'un anglais, appelé Michael Faraday, effectua pour la première fois une étude détaillée sur la détérioration du cuir. Il attribua la détérioration du cuir à des composés de soufre contenus dans le gaz de houille utilisé pour l'éclairage.<sup>7</sup>

C'est au début de ce siècle que le «Committee on Leather for Bookbinding» [Association du Cuir pour Reliures] dénonça les effets destructeurs de certains composés de soufre et déclara que l'utilisation d'acide sulfurique en teinture et tannage du cuir était excessive. Les membres de ce comité pensaient également que l'exposition aux fumées de gaz brûlé (généralement pour éclairage) ou de feux de charbon, ainsi que l'exposition à de l'air chaud ou aux rayons de soleil, contribuent à abîmer le cuir. Une de leurs expériences, menée par J. Lamb dans une petite chambre d'essai, consista à exposer des échantillons de cuir à des fumées d'une lampe brûlant au gaz de houille. Des études ultérieures montrèrent que l'emploi d'acide sulfurique en tannage n'était pas cause de détérioration si l'on l'utilisait correctement. En effet, on a trouvé que si le cuir est libre de toute acidité, il n'en dure pas pour autant plus longtemps.<sup>7</sup>

De 1924 à 1934, l'Association de Recherche des Fabricants de Cuir Anglais essaya d'améliorer des techniques de mesure d'acidité d'échantillons de cuir et d'élaborer un test de durabilité du cuir. Un nouveau test de teneur en acide sulfurique dans le cuir montre que le cuir pourri en contient généralement des concentrations plus élevées que les cuirs sains. Leur chercheur, R. F. Innes, qui voulait trouver un test de vieillissement accéléré, décida en 1931, basé

### **Verfahren zum Testen der Beständigkeit von Leder: ein geschichtlicher Überblick**

Eine frühe Untersuchung zur Beständigkeit von Leder aus dem Jahr 1843 verdanken wir Michael Faraday, einem Engländer, der sie anhand der Zersetzung der Ledermöbel im Athenaeum-Club durchführte. Als Ursache erkannte er die Schwefelverbindungen, die aus der Verbrennung von Leuchtgas resultieren.<sup>7</sup>

Die zerstörenden Auswirkungen von bestimmten Schwefelverbindungen wurden im frühen 20. Jahrhundert vom »Committee on Leather for Bookbinding« herausgestellt, das daraufhin die Verwendung von Schwefelsäure beim Gerben und Färben für überflüssig erklärte. Man war auch der Meinung, daß die Einwirkung von Rauch aus der Leuchtgas- und Kohleverbrennung, von heißer Luft und Sonnenlicht zur Zersetzung des Leders beitragen. Eines der Experimente, das von J. Comb durchgeführt wurde, bestand darin, Lederproben in einer kleinen Kammer den Verbrennungsgasen auszusetzen. Spätere Untersuchungen zeigten, daß alle im Gerbprozeß verwendete Schwefelsäure bei richtiger Anwendung keine Ursache für die Zersetzung ist. Man fand heraus, daß auch das anfängliche Fehlen von Schwefelsäure kein Garant für Haltbarkeit ist.<sup>7</sup>

In den Jahren 1924 bis 1934 versuchte man, in der »British Leather Manufacturers' Research Association« die Methoden zur Messung des Säuregehaltes in Lederproben zu verbessern und ein Testverfahren zur Haltbarkeit von Leder zu entwickeln. Ein Testverfahren zur Bestimmung der Schwefelsäuregehaltes im Leder widerlegte, daß zersetztes Leder gewöhnlich einen höheren Säuregehalt als unbeschädigtes aufweist. Auf der Suche nach einem beschleunigten

ries of the chemical breakdown of protein fiber, an oxidizer such as hydrogen peroxide could be used as an agent for accelerating the ageing of leather.<sup>7</sup> This work resulted in what was referred to as the "Innes" or "peroxide" test, which consisted of: a) treating the leather with sulfuric acid (5% by weight); b) wetting the leather with a solution of 10% hydrogen peroxide (about 0.6 cubic centimeters per gram) and allowing the leather to dry; and, c) repeated wetting with hydrogen peroxide and drying five more times.

The results of this test correlated fairly well with the real-life durability of certain vegetable-tanned leathers, as observed in their normal service as bookbinding material. A particularly durable Nigerian-tanned crust leather (partially processed leather that has been tanned, fat liquored and dried) showed no deterioration from the test exposure.<sup>7</sup> Production of this leather may have involved a lengthy method of "liming" without sulfide, which was used by some Nigerian tanners. This process left a large quantity of calcium compounds in the skin which reacted with the acacia pod tanning agents added later.<sup>7</sup>

In 1934, R. W. Frey and C. W. Beebe of the United States Department of Agriculture developed a gas chamber test for the durability of leather by producing accelerated ageing in a manner similar to that of Lamb.<sup>7</sup> In later work, they attempted to improve the standardization of the exposure conditions so that relatively constant concentrations of sulfur compounds were present in the exposure gas and constant temperatures were maintained. This was accomplished by the exposure of leathers to the fumes produced by burning sulfur-containing fuel. In 1940, they published a description of a standard gas exposure chamber utilizing these principles.<sup>9</sup> While this apparatus was an improvement in standardizing exposure conditions, certain problems still remained. These included a lack of knowledge as to:

sur les théories communes de dégradation de la fibre protéine, qu'un oxydant tel que l'anhydride sulfureux pourrait être utilisé comment agent accélérant le vieillissement du cuir.<sup>7</sup> Ce travail a abouti à ce qu'on a appelé le test «Innes», ou test «à l'anhydride sulfureux», qui consistait à: a) traiter le cuir à l'acide sulfurique (5% en poids); b) mouiller le cuir au moyen d'une solution à 10% d'anhydride sulfureux (à peu près 0,6 ml par gramme) et laisser ensuite sécher le cuir; c) mouiller à nouveau à l'anhydride sulfureux et laisser sécher le cuir. Répéter l'opération cinq fois.

Les résultats de ce test correspondaient relativement bien à la véritable durabilité de certains cuirs tannés aux végétaux, cuirs observés dans leur utilisation normale en tant que matériau de reliure. Un cuir de croûte nigérien, tanné, particulièrement résistant (cuir traité partiellement, tanné, nourri au bain et séché), ne sembla pas avoir subi de détérioration suite à son exposition au test.<sup>7</sup> Il se peut que la production de ce cuir ait nécessité une longue méthode de «pelanage» sans sulfure, méthode utilisée par certains tanneurs nigériens. Ce processus laissait subsister une grande quantité de composés de calcium dans la peau, composés qui réagissaient dès lors avec les tanins de gousse d'acacia ajoutés après.<sup>7</sup>

En 1934, R. W. Frey et C. W. Beebe, du Département d'Agriculture des Etats-Unis, conçurent un test en chambre à gaz qui, en produisant un vieillissement accéléré comme Lamb le fit, pourrait déterminer la durabilité d'un cuir.<sup>7</sup> Dans une recherche ultérieure, ils tentèrent d'améliorer la standardisation des conditions d'exposition de façon à ce que des concentrations relativement constantes de composés de soufre soient présentes dans le gaz d'exposition, et que des températures constantes soient maintenues. Ils y parvinrent en exposant des cuirs aux fumées produites lors de la combustion de carburant contenant du sulfide. En 1940, ils publièrent un ouvrage décrivant une chambre d'exposition à gaz standard utilisant ces principes.<sup>9</sup> Tandis que cet appareil constituait une amélioration, car on standardisait les conditions d'expositions, certains problèmes demeuraient, parmi les-

Test zur Alterung kam im Jahr 1931 R. F. Innes — basierend auf dem gängigen Wissen für den Abbau von Proteinfasern — zu dem Schluß, daß Oxidationsmittel wie Wasserstoffperoxid als Reagenz für einen solchen beschleunigten Alterungsprozeß verwendet werden könnten.<sup>7</sup> Aus dieser Arbeit ging der sog. »Innes-Test« oder »Peroxidtest« hervor: a) Behandeln des Leders mit Schwefelsäure (5 Massenprozent), b) Einweichen in einer Lösung mit einem Gehalt von 10% Wasserstoffperoxid (0,6 ml pro Gramm Leder) und c) Trocknung. Die Schritte b) und c) werden fünfmal wiederholt.

Die Ergebnisse zeigen recht gute Korrelation mit der beobachteten Lebensdauer von bestimmten pflanzengegerbten Buchbindeleder. Ein besonders widerstandsfähiges, in Afrika gegerbtes Rinderleder (teilweise bearbeitetes Leder, das gegerbt, mit Fett befeuchtet und getrocknet wird) zeigte eine geringe Zersetzung im »Innes-Test«.<sup>7</sup> Die Herstellung hat wahrscheinlich einen längeren Prozeß des Äscherns mit Sulfiden eingeschlossen, das von einigen Gerbern in Nigeria angewendet wurde. Dieser Prozeß hinterließ eine große Menge von Calciumverbindungen in der Haut, die mit dem später zugegeben Akaziengerbmitteln reagierten.<sup>7</sup>

Im Jahr 1934 entwickelten R. W. Frey und C. W. Beebe vom US Landwirtschaftsministerium einen Gaskammertest für die Haltbarkeit von Leder, bei dem die beschleunigte Alterung in ähnlicher Weise wie beim Verfahren von Lamb<sup>7</sup> verursacht wurde.

In einer späteren Arbeit versuchten sie, die Standardisierung der Versuchsbedingungen dahingehend zu verbessern, eine relativ konstante Konzentration von Schwefelverbindungen im einwirkenden Gas und eine konstante Temperatur zu gewährleisten. Dies wurde erreicht, indem die Lederproben dem bei der Verbrennung von Schwefelverbindungen entstehenden Gas ausgesetzt wurden. Im Jahr 1940 veröffentlichten sie eine Beschreibung der auf diesem Testverfahren beruhenden Versuchsaufbaus<sup>9</sup>. Obwohl dadurch relativ gleichbleibende Versuchsbedingungen garantiert wurden, verblieben doch noch gewisse Probleme. So mangelte es an Wissen über

a) the exact chemical species of sulfur compounds present in the exposure gas (certain short-lived species could have significant effects on the test outcome);

b) the actual concentrations of the sulfur compounds in the exposure gas; and,

c) the cost and complexity of duplicating the Pyrex exposure chamber apparatus.

In 1946, A. Cheshire published an extensive article presenting a rather rigorous theoretical and experimental model for the deterioration of leathers.<sup>8</sup> His work pointed to the wet-state oxidation of leather protein fibers by a mechanism whereby hydrogen peroxide is formed in the leather. The oxidation occurs as a result of the absorption of sulfur compounds from the atmosphere. The hydrogen peroxide is then decomposed, aided by the presence of iron catalysts in the leather. This decomposition oxidizes the leather "hide substance which loses its fibrous structure as a result." He pointed out that certain materials present in the leather protect it. For instance, either calcium oxalate may complex the iron, making it ineffective as a catalyst in the reaction, or buffer salts in the leather may retard the formation of a highly acidic condition. These theories were supported by a series of experiments using leather samples prepared:

a) free of significant iron content by washing with an oxalic acid solution; and,

b) by first treating the leather with a solution of calcium acetate followed by the addition of oxalic acid to form significant concentrations of calcium oxalate in the leather. This reaction occurs when tanning is done using certain agents which contain oxalic acid, such as sumac leaf.

Cheshire stated that the "Innes" test method would correctly predict leather durability only in the cases where the wet oxidation of leather was compatible with the tanning

quels le manque de connaissance relatif à:

a) les composants chimiques exacts de composés de soufre présents dans le gaz d'exposition (certaines espèces à vie courte pourraient beaucoup influencer les résultats);

b) les véritables concentrations de composés de soufre dans le gaz d'exposition;

c) le coût et la complexité d'effectuer une copie de l'appareillage de la chambre d'exposition en pyrex.

En 1946, A. Cheshire publia un article approfondi présentant un modèle théorique et expérimental plutôt rigoureux visant à déterminer la détérioration de cuirs<sup>8</sup>. Son travail attira l'attention sur l'oxydation à l'état mouillé de fibres protéines du cuir selon un mécanisme par lequel l'anhydride sulfureux se forme dans le cuir. L'oxydation a lieu suite à l'absorption de composés de soufre provenant de l'atmosphère. L'anhydride sulfureux est alors décomposé, aidé par la présence de catalyseurs de fer dans le cuir. Cette décomposition oxyde la substance dermique du cuir qui, à cause de cela, perd sa structure fibreuse. Cheshire montra que certaines substances présentes dans le cuir protègent celui-ci. L'oxalate de calcium, par exemple, peut d'un côté complexer le fer, en en faisant un catalyseur inefficace dans la réaction; il se peut par ailleurs que des sels tampons puissent retarder la formation d'une condition extrêmement acide. Ces théories furent accompagnées et soutenues par une série d'expériences utilisant des échantillons de cuir préparés de la sorte:

a) libre de toute teneur importante en fer en les lavant avec une solution d'acide oxalique; et,

b) en traitant d'abord le cuir au moyen d'une solution d'acétate de calcium suivie de l'addition d'acide oxalique afin de former des concentrations importantes d'oxalate de calcium dans le cuir. Cette réaction a lieu si le tannage est effectué avec certains tanins contenant de l'acide oxalique, comme par exemple la feuille de sumac.

Chester affirmait que la méthode de test «Innes» ne prédirait correctement la durabilité d'un cuir que dans

a) die exakte chemische Zusammensetzung der Schwefelverbindungen im Verbrennungsgas (gewisse kurzlebige Arten können großen Einfluß auf den Versuchsablauf haben),

b) die aktuelle Konzentration der Schwefelverbindungen im Gas, und

c) die Kosten und die Schwierigkeiten, die Pyrex Versuchsausrüstung nachzubauen.

Im Jahr 1946 veröffentlichte A. Cheshire einen ausführlichen Artikel, der ein weitreichendes theoretisches und experimentelles Modell zur Zerstörung von Leder enthielt<sup>8</sup>. Er nahm an, daß die nasse Oxidation der Proteinfasern des Leders durch einen Mechanismus verursacht wird, bei dem Wasserstoffperoxid im Leder gebildet wird. Die Oxidation ist Folge der Absorption von Schwefelverbindungen aus der Atmosphäre. Das entstehende Wasserstoffperoxid wird dann durch die Anwesenheit von katalytisch wirkenden Eisenionen gespalten. Nach dieser Spaltung wird das Leder oxidiert und ändert als Folge seine Faserstruktur. Er zeigte, daß diese Oxidation durch bestimmte Verbindungen unterbunden werden kann.

Als Beispiel seien hier genannt: Calciumoxalat, das die Eisenionen komplexiert (zusammengefaßt) und damit katalytisch unwirksam machen kann, und Puffersalze, die die Ausbildung eines stark sauren Milieus verhindern können. Die Behauptungen wurden von einer Reihe von Experimenten gestützt, in denen Lederproben verwendet wurden, die

a) durch das Waschen mit Oxalsäure fast frei von Eisenionen waren und

b) mit Calciumoxalat angereichert waren, indem man sie zuerst mit einer Calciumcarbonatlösung behandelte und dann durch Zugabe von Oxalsäure das schwerlösliche Calciumoxalat im Leder ausfällt. Diese Reaktion tritt auch bei bestimmten Gerbverfahren ein, so bei der Verwendung von Sumachblättern als Gerbstoff.

Cheshire stellte fest, daß der »Innes-Test« nur dann genaue Aussagen über die Haltbarkeit von Leder

agent. However, certain leather tanning agents which were excellent under dry test conditions did not stand up under wet conditions. Perhaps most noted of such tanning agents are the chrome compounds now widely used. This difference found for wet versus dry conditions helps to explain the differences in test results between the "Innes" test and the Frey-Beebe gas chamber test.

Cheshire also proposed a more standardized and rapid dry test method to supplement or replace the gas chamber method. This method consisted of placing leather samples in a container with the added reagents (one atmosphere sulfur dioxide and six atmospheres oxygen) under pressure and with an elevated temperature (40°C). This type of accelerated reaction apparatus is commonly referred to as a bomb. The length of the exposure was one to two weeks as compared to over three months for the gas chamber method of Frey and Beebe. Preliminary results of tests with this apparatus correlated well with the expected durability of the leathers tested.

*The experiments concerning the addition of calcium oxalate to the test leathers demonstrated that it adds considerable protection under both the wet and dry test methods. This also helps to explain the unusual durability of some sumac-tanned leathers where significant deposits of calcium oxalate remain in the leathers. It is interesting to note that E. M. Skinner in his The Composition of the Organ claimed "Sumac skiver valve" to be the most suitable leather for primary pneumatic pouches. The leather he used for that purpose has proved to be very durable.*

Further work in developing or evaluating Cheshire's bomb test was mentioned in an article by Innes in 1945 as taking place at the laboratories of the Research Association.<sup>7</sup> No literature citations were found concerning work with the bomb test after the publication of Cheshire's paper in 1946. There is some evi-

les seuls cas où l'oxydation à l'état mouillé du cuir serait compatible au tanin.

Cependant, certains tanins du cuir, qui réagissaient parfaitement à des traitements à l'état sec, ne supportèrent pas les traitements humides. Les plus connus de ces tanins sont peut-être les composés de chrome, que l'on utilise partout à l'heure actuelle. C'est la découverte de cette différence entre les traitements à l'état humide ou sec qui nous permet d'expliquer pourquoi les résultats du test d'Innes ne sont pas identiques à ceux du test de la chambre à gaz de Frey-Beebe.

Cheshire proposa également une méthode de test à l'état sec plus standardisée et rapide afin de compléter ou remplacer la méthode de la chambre à gaz. Cette méthode consistait à placer des échantillons de cuir dans un récipient et y ajouter des réactifs (une atmosphère d'anhydride sulfureux et six atmosphères d'oxygène) sous pression, à une température élevée (40°C). Ce type d'appareil à réaction accélérée est généralement appelé «bombe». La durée de l'exposition fut d'une ou deux semaines, tandis que la durée d'exposition en chambre à gaz selon la méthode Frey-Beebe fut de trois mois. Les premiers résultats des tests effectués avec cet appareillage correspondaient bien à la durabilité supposée des cuirs testés.

*Les expériences d'addition d'oxalate de calcium aux cuirs testés prouvèrent que cette opération les protège beaucoup mieux lorsqu'ils doivent subir les méthodes de test à l'état sec ou mouillé. Ces constatations permettent également d'expliquer la durabilité inhabituelle de certains cuirs tannés au sumac, cuirs dans lesquels subsistaient des dépôts importants d'oxalate de calcium. Il est intéressant de remarquer que E. M. Skinner, dans son ouvrage La composition de l'orgue affirma que la «souple de fleur de mouton refendu, tannée au sumac» était le type de cuir convenant le mieux à des soufflets pneumatiques. Le cuir qu'il utilisa lui-même à cet effet s'est révélé très résistant.*

En 1945, Innes mentionna dans un article que d'autres travaux développant ou mesurant le test de la bombe de Cheshire étaient effectués

lieferrn würde, wenn die nasse Oxidation mit dem Gerbmittel zu vereinbaren wäre.

Doch manche Leder, die unter trockenen Testbedingungen hervorragende Ergebnisse lieferten, erwiesen sich unter nassen Bedingungen nicht als haltbar. Die meisten Leder werden heute einer Chromgerbung unterzogen und besitzen deshalb die größte Bedeutung. Dieser Unterschied zwischen nasse und trockener Oxidation erklärt auch die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen »Innes-« und »Frey-Beebe-Test«.

Cheshire schlug außerdem eine schnellere standardisierte Testmethode vor, um den »Gaskammertest« zu ergänzen oder zu ersetzen. Bei diesem Verfahren werden die Lederproben in einen Druckbehälter gebracht, in den man die oxidierenden Reagenzien nicht durch Verbrennung erzeugt, sondern direkt einleitet (eine Atmosphäre Schwefeldioxid und 6 Atmosphären Sauerstoff) und die Temperatur auf 40°C anhebt. Diese Art von Reaktionsapparat wird gewöhnlich als »Bombe« bezeichnet. Die Versuchszeit wurde dadurch im Vergleich zum Frey-Beebe-Test erheblich verkürzt: statt 3 bis 4 Monate nur noch eine bis zwei Wochen. Die mit diesem Verfahren erzielten Resultate zeigen gute Übereinstimmung mit der erwarteten Haltbarkeit der getesteten Leder.

*Die Versuche, bei denen Calciumoxalat zugesetzt wurde, zeigen, daß dadurch die Oxidation relativ gut verhindert wird – sowohl unter nassen als auch trockenen Bedingungen. Dies ist auch eine gute Erklärung für die ungewöhnlich gute Haltbarkeit vom sumachgegerbten Ledern, die einen relativ hohen Gehalt an Calciumoxalat aufweisen. Es ist interessant anzumerken, daß E. M. Skinner in seinem The Composition of the Organ das Sumach-Narbenspaltdleder als bestens geeignet zum Bau von pneumatischen Bälgen bezeichnet. Leder für diese Anwendung müssen sehr hohe Haltbarkeit aufweisen.*

Weitere Untersuchungen zur Weiterentwicklung oder Beurteilung von Cheshires Bombentest wurden in einem Artikel von Innes im Jahr

dence that a less-than-cordial relationship existed between Cheshire and some other leather chemists of the day.<sup>8</sup> His publications clearly pointed out deficiencies in the methods developed by the principal researchers at that time (Innes, Frey, etc.). Also, patent rights to the calcium oxalate treatment may have added to an apparent unwillingness on the part of other investigators to recognize Cheshire's work.

### **Bookbinding leathers as a long-term test of durability**

Earlier investigations of leather deterioration often centered on bookbinding leathers. Due to the nature of the application, much information could be deduced directly from observation of the book covers. In many cases, the dates of production were indicated, and the "samples" were stored with numerous like items under almost identical conditions, over periods of many years.

The first evidence of a deterioration pattern was seen in the early 20th century when bookbindings in variously-located libraries in England were compared. It was evident that rapid deterioration occurred in situations where outside air in urban locales circulated through storage areas, and that the use of coal gas illumination contributed to deterioration. Both of these factors correlated well with Faraday's earlier conclusions that sulfur compounds produced in coal combustion are linked to the problem.

In 1931, the British Museum Department of Printed Books established a long-term storage study of more than 300 leather-bound volumes prepared by a variety of methods.<sup>7</sup> A similar group of test volumes was placed in the National Library of Wales, Abercy, a library with very little air pollution.<sup>10</sup> In 1945, a report was issued which indicated that:

dans les laboratoires de la «Research Association»<sup>7</sup>. Après la publication, en 1946, de l'ouvrage de Cheshire, on ne trouva plus aucune littérature écrite à propos de recherches se basant sur le test de la bombe. Il est évident que les relations entre Cheshire et certains autres chimistes de l'époque étaient moins que cordiales<sup>8</sup>. Ses publications dénoncèrent clairement les imperfections des méthodes utilisées par les principaux chercheurs de l'époque (Innes, Frey, etc...). Il se peut également que les droits exclusifs d'exploitation du traitement à l'oxalate de calcium se soient ajoutés à une mauvaise volonté apparente de la part d'autres investigateurs quant à la reconnaissance de l'œuvre de Cheshire.

### **Les cuirs de reliure: un test de résistance à long terme**

De précédentes recherches sur la détérioration du cuir se sont souvent intéressées uniquement aux cuirs de reliure. Vu la nature de l'application, il était possible de déduire grand nombre d'informations en observant les couvertures de livres. Dans la plupart des cas, les dates de production figuraient, et les «échantillons» avaient été stockés pendant de nombreuses années avec beaucoup d'autres échantillons du même type, et dans des conditions quasi identiques.

C'est au début de ce siècle que l'on eut vraiment la première preuve d'un exemple de détérioration lorsque, en Angleterre, on compara des reliures provenant de bibliothèques situées à des endroits différents. Il était évident qu'il y avait rapide détérioration dans les cas où de l'air, provenant de l'extérieur d'un bâtiment situé dans une ville, circulait là où les livres étaient entreposés, et que l'emploi d'éclairage au gaz de houille contribuait à la détérioration. Ces deux facteurs correspondaient tout à fait aux premières conclusions de Faraday, affirmant que la formation de composés de soufre lors de la combustion de charbon est liée au problème.

En 1931, le British Museum Department of Printed Books entreprit une recherche sur la conservation à long terme de plus de 300 volumes reliés en cuir, et préparés de

1945 erwähnt<sup>7</sup>. Nach der Veröffentlichung dieses Artikels im Jahr 1946 sind keine weiteren Arbeiten mit der Bombenapparatur bekannt. Es gibt einige Hinweise, daß das Verhältnis zwischen Cheshire und den anderen Lederchemikern der damaligen Zeit nicht besonders gut war<sup>8</sup>. Seine Veröffentlichungen zeigten die Mängel in den Untersuchungen der führenden Wissenschaftler (Innes, Frey etc.) seiner Zeit auf. Außerdem werden Cheshires Patentrechte auf die Calciumoxalat-Behandlung ihren Teil zum Unwillen der anderen Forscher beigetragen haben, seine Arbeit anzuerkennen.

### **Buchbinderleder im Langzeittest zur Bestimmung ihrer Haltbarkeit**

Die meisten frühen Untersuchungen der Zersetzung von Leder bezogen sich auf Buchbinderleder. Bedingt durch die Art der Anwendung konnten die meisten Schlüsse direkt aus dem Zustand des Bucheinbandes gezogen werden. Erleichternd kommt hinzu, daß in den meisten Fällen das Produktionsjahr angegeben ist und die »Proben« über viele Jahre unter fast identischen Bedingungen gelagert wurden.

Den ersten Hinweis auf die Ursachen der Zerstörung erhielt man anfangs des 20. Jhdts. durch einen Vergleich der Lederbucheinbände aus verschiedenen Bibliotheken in England. Es wurde deutlich, daß der Zerfall immer dann besonders schnell eintritt, wenn verschmutzte Stadtluft in die Lagerräume dringt, und daß die Verbrennung von Leuchtgas zur Zerstörung beitrug. Diese beiden Ursachen stimmten sehr gut mit den früheren Schlüssen Faradays überein, daß die bei der Verbrennung von Kohle entstehenden Schwefelverbindungen die Verursacher der Zerstörung sind.

Im Jahr 1931 startete das »British Museum Department of Printed Books« eine Langzeituntersuchung über die Lagerung von 300 in Leder gebundenen Bänden, die unterschiedlich präpariert waren<sup>7</sup>. Eine ähnliche Zusammenstellung von Versuchsbänden wurde in der National Library of Wales, Abercy,

différentes façons<sup>7</sup>. On plaça un groupe identique de volumes «test» à la National Library of Wales, Abercy, une bibliothèque où pénétrait très peu d'air pollué<sup>10</sup>. En 1945, un rapport fut publié et révéla les points suivants:

*a) si l'on extrait du cuir des produits de tannage solubles à l'eau, on le rend plus putrescible;*

*b) l'addition de plusieurs sels retarde le pourrissement; et,*

*c) la suppression de graisse sur les reliures n'augmente pas le pourrissement<sup>11</sup>.*

Ces résultats (concernant les cuirs tannés aux végétaux) correspondaient dans les grandes lignes à ceux d'Innes, et ceci décida de nombreuses bibliothèques à spécifier que les cuirs utilisés pour les reliures devaient dès lors pouvoir réussir l'examen «Innes» (ou Printing Industry Research Association).

En 1956, Beebe, Frey et Hannigan, du U.S.D.A. Eastern Research Laboratory, publièrent un rapport comparant les résultats des tests de vieillissement accéléré en «chambre à gaz» à des tests de stockage de reliures à longue échéance<sup>12</sup>. Ce rapport parlait également de 24 échantillons tannés soit au chrome et aux végétaux, soit au chrome pur, ou encore aux végétaux purs. Ce rapport faisait également mention de procédés à l'alun végétal. Tous ces échantillons furent exposés à la pollution atmosphérique pendant des périodes variant de 12 à 19 ans.

Les échantillons furent évalués au moyen du test «Innes», au moyen d'un test de bombe à l'oxygène (développé au National Bureau of Standards et identique à un test tenté par Cheshire, qui lui le trouva peu fiable), et enfin à l'aide de la méthode de test «chambre à gaz» de Frey-Beebe. Les auteurs de ce rapport en conclurent que le test «chambre à gaz» de Frey-Beebe était celui qui correspondait le mieux au test de stockage à long terme; ils conclurent par ailleurs que le cuir tanné au chrome se détériorait très peu. De plus, les dates indiquèrent que plus la teneur en chrome est élevée (au moins jusqu'à 4% de chrome  $Cr_2O_3$ ), meilleure est la protection. Du cuir tanné aux végétaux (chatai-

einer Bibliothek mit sehr geringer Luftverschmutzung<sup>10</sup>, plaziert. Im Jahr 1945 wurde ein Bericht verfaßt, der aufzeigte, daß

*a) das Entfernen von wasserlöslichen Gerbmittel vom Leder die Zerstörung begünstigt,*

*b) der Zusatz von verschiedenen Salzen die Zerstörung verzögert, und*

*c) das Entfernen des Fetts vor dem Einbinden die Zerstörung noch beschleunigt<sup>11</sup>.*

Die Ergebnisse zeigten im allgemeinen (für pflanzengegerbtes Leder) Übereinstimmung mit der Arbeit von Innes und führten dazu, daß viele Bibliotheken zum Buchbinden nur noch Leder verwendeten, daß den »Innes-Test« (oder Test der Printing Industry Research Association) bestand.

Im Jahr 1956 wurde eine Untersuchung von Beebe, Frey und Hennigan vom U.S.-Landwirtschaftsministerium veröffentlicht, in der die Ergebnisse des »Gaskammertests« zur beschleunigten Alterung mit denen der Langzeitlagerung der Bucheinbände verglichen wurden<sup>12</sup>. Beschrieben wurden 24 Proben, die pflanzlich-chrom, vollchrom, vollpflanzlich und pflanzlich-alaun gegerbt waren und den atmosphärischen Verschmutzungen zwischen 12 und 18 Jahren ausgesetzt waren. Die entsprechenden Vergleichsproben wurden dem »Innes-Test«, einem Sauerstoffbomben-Test (entwickelt vom National Bureau of Standards, ähnlich dem Cheshire-Test) und dem »Gaskammertest« von Frey und Beebe unterzogen. Sie stellten fest, daß das Frey-Beebe-Verfahren die beste Übereinstimmung mit dem Langzeit-Test zeigte und daß chromgegerbtes Leder nur sehr wenig angegriffen wurde. Die Meßwerte zeigten, daß der Schutz umso besser ist, desto höher der Chromgehalt (mindestens 4% Chrom in  $Cr_2O_3$ ) des Leders ist. Pflanzlich gegerbte Leder (Kastanie und geschwefeltes Quebrechholz), die weiß nachgerberbt waren, erwiesen sich genauso wie die mit Chromnachgerbung (3% als  $Cr_2O_3$ ) als besonders haltbar.

*a) the removal of water-soluble tanning products from the leather enhances decay;*

*b) the addition of various salts retards decay; and,*

*c) the removal of grease from the bindings does not enhance decay.<sup>11</sup>*

These results were in general agreement (for vegetable-tanned leathers) with the work of Innes and led to a specification by many libraries that leathers used for bookbinding must be certified to pass the "Innes" (or Printing Industry Research Association) test.

In 1956, a report was published by Beebe, Frey and Hannigan of the U.S.D.A. Eastern Research Laboratory comparing the results of "gas chamber" accelerated ageing tests with long-term storage tests for bookbinding.<sup>12</sup> Included were 24 samples tanned via vegetable-chrome, full chrome, full vegetable, and vegetable-alum processes and exposed to atmospheric pollution over time periods of 12 to 19 years. The samples were evaluated using the "Innes" test, an oxygen bomb test (developed at the National Bureau of Standards and similar to one tried by Cheshire, who found it to be unreliable), and the Frey-Beebe "gas chamber" test method. They concluded that the Frey-Beebe gas chamber gave the most reliable correlation to the long-term storage test, and that chrome-tanned leather deteriorated very little. Further, the data indicated that the higher the chrome content (at least up to 4.0 percent chrome  $Cr_2O_3$ ), the better the protection. Vegetable-tanned (chestnut and sulfited quebracho) leather with alum retanning also performed very well, as did vegetable-tanned samples with a chrome re-tannage (3.0 percent as  $Cr_2O_3$ ).



*gner et quebracho sulfité), retanné ensuite à l'alun, donna aussi d'excellents résultats, ainsi que des échantillons tannés aux végétaux puis retannés au chrome (3% en Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).*

### Treatment with oils and greases

The use of oils or greases in or on leathers can take place both during tanning (such as for chamois) and by application later, to produce desired effects. One of the latter steps in the production of leather normally involves adding fats to the skins (re-fatting) to both replace fats lost in the tanning process and to supplement or replace those naturally present in the skin. This added fat tends to produce a more flexible leather and a desirable texture. Under some circumstances, it may also affect the mechanical durability of the leather.

In earlier processes, fats used for this purpose included those of the animal from which the skins came. Later, other oils often having more suitable properties, such as sperm whale oil, were used. Sperm whale oil became an extremely desirable re-fatting oil principally because: a) it can be sulfated (which made it water miscible and thus it easily penetrated the skins as a water emulsion); b) it has a low vapor pressure resulting in a low rate of evaporation from the leather; and, c) it has great chemical stability, resulting in a low rate of oxidation in the leather with consequent preservation of its desired properties. Efforts to reduce the killing of whales have caused an almost complete cessation of the use of sperm whale oil in leather. Its substitutes include mineral oil preparations as well as synthetic esters simulating whale oil.<sup>13</sup> Of the two, the latter appears to be the most lasting, as mineral oil preparations tend to be both more volatile as well as less resistant to oxidation.

*Observations in the studies of bookbinding leathers indicate that oils or greases did not significantly protect leather from deterioration, except possibly where large grease build-up had occurred and some minor effect was observed.*<sup>7, 11</sup> In general, it appears that these materials do not substantially prevent the migration of sulfur dioxide through them. Certain tests to determine the protection of oils and greases were

### Traitement par huiles et graisses

Afin d'obtenir les résultats que l'on désire, on peut utiliser des huiles ou des graisses dans ou sur le cuir, durant le tannage (comme pour le chamois, par exemple), mais on peut également les appliquer par après. L'une des dernières étapes dans la production du cuir implique normalement l'addition d'éléments gras aux peaux (le «ré-engraissement») pour remplacer les graisses perdues lors du tannage, ainsi que pour compléter ou remplacer celles qui sont déjà contenues naturellement dans la peau. Cette adjonction d'éléments gras donne plus de souplesse au cuir, rend sa texture intéressante, et peut même, dans certains cas, modifier la durabilité mécanique du cuir.

Selon d'anciennes méthodes, on utilisait également comme éléments gras les graisses de l'animal dont provenaient les peaux. Par la suite, ce sont d'autres huiles, dont les propriétés convenaient souvent mieux, qui furent destinées à cet usage. L'huile de baleine en est un exemple, et devint une huile de ré-engraissement fort intéressante principalement parce que: a) elle peut être sulfatée (ce qui la rend diluable à l'eau et lui permet de pénétrer facilement les peaux, comme le ferait une émulsion à l'eau); b) sa pression de condensation est faible car elle s'évapore très lentement du cuir; et, c) elle a une grande stabilité chimique suite à un bas taux d'oxydation dans le cuir, ce qui, par conséquent, conserve ses précieuses propriétés.

Les efforts pour réduire le massacre des baleines font que l'on n'utilise presque plus cette huile pour les cuirs. On trouve comme substituts des préparations d'huile minérale, ainsi que des esters synthétiques imitant l'huile de baleine<sup>13</sup>. Des deux substituts, c'est le dernier qui se révèle être le plus durable, car les préparations d'huile minérale ont tendance à être plus volatiles, et résistent par ailleurs moins bien à l'oxydation.

### Behandlung mit Ölen und Fetten

Die Verwendung von Fetten und Ölen zur Behandlung von Leder kann sowohl während des Gerbens (so wie für sämisch gegerbtes Leder) als auch in Form späterer Auftragung auf die Oberfläche stattfinden, um die erwünschten Effekte zu erzielen. Gewöhnlich schließt der Herstellungsprozeß eine Behandlung mit Fetten ein (Rückfettung), um die beim Gerben verlorenen Fette zu ersetzen und den Fettgehalt entweder wieder auf oder sogar über das natürliche Niveau zu bringen. Diese Behandlung führt zu einer größeren Elastizität und den erwünschten Aussehen des Leders. Unter gewissen Umständen kann dadurch auch die Haltbarkeit des Leders beeinflusst werden.

In den Anfängen wurde für diesen Zweck das Fett des Tieres verwendet, dessen Haut bearbeitet wurde. Später griff man auf besser geeignete Öle, wie Walratöl, zurück. Walratöl war für die Rückfettung sehr begehrt, da es a) sulfoniert werden kann (dadurch wird es mit Wasser besser mischbar und kann die Häute daher leicht als Wasseremulsion durchdringen), b) einen sehr kleinen Dampfdruck besitzt und es sich daher nicht vom Leder verflüchtigt, und c) eine sehr große chemische Stabilität besitzt, die eine Oxidation weitgehend verhindert und dadurch seine erwünschten Eigenschaften bewahrt. Die Bemühungen, daß Töten der Wale zu beenden, führten zu einem fast vollständigen Abbruch des Gebrauchs dieses Öls. Seine Ersatzstoffe, wie Mineralöl und synthetische Ester ahmen alle Eigenschaften des Walratöls nach<sup>13</sup>. Von diesen beiden scheinen die synthetischen Ester besser geeignet, da sich die hergestellten Mineralöle als flüchtiger und oxidationsempfindlicher erwiesen haben.

*Die Untersuchungen des Buchbinderleders zeigen, daß Öle und Fette das Leder nicht besonders gut gegen Zersetzung schützen. Nur im Falle eines sehr dicken Fettaufstrags*

also conducted by the authors and are reported herein.

It has been reported that some organbuilders followed a practice of "greasing" installed pneumatic pouches with petroleum jelly, sometimes decades after an organ was built. Reasons suggested for this "greasing" include: closing pinhole leaks in the leather, increasing flexibility of the leather, and preserving the leather. Most of this "grease" evaporates over a number of years and its residue oxidizes, leaving some sign of its earlier presence. It is not known whether this practice enhances leather durability, but the bookbinding studies and the new work by these authors suggest that the effects are minimal. It should be noted that the use of a stable re-fattening material may be important in maintaining consistent mechanical qualities in a leather.

### **Leathers suitable for pneumatic motors**

Perhaps the most demanding application for leather in an organ is its use for pouch pneumatic motors in lower pressure (less than 4.0" water column) pneumatic-action wind chests. Normally used is a very thin leather (under 0.015" thick) having a supple quality. If the leather is too rigid, it will have both excessive resistance to movement and will tend to move past its center plane with a popping motion similar to certain "oil cans." It is also desirable that the

*Des observations reprises dans les études sur les cuirs de reliure indiquent que les huiles et les graisses n'ont pas vraiment protégé le cuir de façon significative contre la détérioration, excepté peut-être lorsqu'il y avait eu une grande accumulation de graisse, et qu'on n'avait alors observé que quelques effets mineurs<sup>7, 11</sup>. Il ressort en général de ces informations que ces matériaux n'empêchent pas vraiment l'anhydride sulfureux de passer à travers eux. Certains tests, visant à déterminer dans quelle mesure des huiles ou graisses protègent un cuir, ont été effectués par les auteurs de cet article, et ils en rendront compte dans ce texte.*

On s'est laissé dire que certains facteurs d'orgues avaient l'habitude de «graisser» des petites bourses pneumatiques avec de la vaseline, et ce parfois des décennies après qu'un orgue ait été construit. Les raisons évoquées de ce «graissage»: boucher dans le cuir un trou d'une épaisseur de tête d'épingle, augmenter la souplesse du cuir, et le protéger. Mais en fait, une grande partie de cette «graisse» s'évapore après un certain nombre d'années, et ses résidus s'oxydent, ne laissant subsister qu'un quelconque signe de sa présence. On ne sait pas si cette pratique augmente la durabilité du cuir, mais les études sur les reliures et les nouvelles analyses effectuées par les auteurs de cet article semblent indiquer que les effets sont minimes. On devrait prendre bonne note du fait que l'utilisation d'un matériau de ré-engraissement durable peut être très importante si l'on désire conserver les propriétés mécaniques d'un cuir.

### **Les cuirs convenant aux soufflets pneumatiques**

Dans un orgue, l'application qui requiert le plus de cuir est probablement celle des bourses pour soufflets pneumatiques à basse pression (moins de 100 mm d'eau) dans les sommiers à transmission pneumatique. Le cuir que l'on utilise généralement à cet effet est très fin (moins de 0,4 mm d'épaisseur) et de qualité souple. Si le cuir est trop rigide, il sera d'un côté trop résistant au mouvement, et aura de plus tendance à se déplacer au-delà de son plan central

wurden einige kleine Effekte beobachtet<sup>7, 11</sup>. Im allgemeinen scheinen diese Materialien die Migration des Schwefeldioxids an die Lederoberfläche nicht wesentlich zu behindern. Bestimmte Tests zum Schutz des Leders durch Fette und Öle wurden von den Autoren durchgeführt und werden in diesem Bericht beschrieben.

Es wurde beschrieben daß manche Orgelbauer die pneumatischen Bälge bisweilen noch Jahrzehnte nach Vollendung der Orgel mit Petroleumpaste fetten. Als Gründe für dieses »Fetten« werden angeführt: das Schließen winziger Löcher im Leder, die Erhöhung der Flexibilität und die Konservierung des Leders. Der größte Teil des Fettes verdampft über einen Zeitraum von mehreren Jahren. Die Reste werden oxidiert und hinterlassen einige Rückstände. Es ist nicht bekannt, ob diese Anwendung des Fettes die Haltbarkeit vergrößert, doch die Untersuchungen des Buchbinderleders und die neue Arbeit der Autoren lassen den Schluß zu, daß die Auswirkungen minimal sind. Anzumerken bleibt außerdem, daß die Verwendung von beständigem Rückfettungsmaterial zu Erhaltung der mechanischen Eigenschaften des Leders beitragen könnte.

### **Leder zur Verwendung in pneumatischen Bälgen**

Die wahrscheinlich wichtigste Anwendung von Leder in Orgeln ist sein Gebrauch als Membranen und Bälgen unter geringem Druck (weniger als 100 mm WS) in pneumatischen Windladen. Normalerweise wird sehr dünnes Leder (unter 0,4 mm) verwendet. Wenn das Leder zu starr ist, weist es gegenüber Verformung einen sehr hohen Widerstand auf und hat außerdem die Eigenschaft, sich ruckartig auszuwölben. Es ist auch erforderlich, daß

leather have relatively high initial strength and low loss of strength with time.

In general, most leathers so used have originated from the sheep family and have received some type of vegetable tanning. In the authors' experience, the stronger version of these leathers has usually been from "hair sheep," which is often referred to as "cabretta leather." The hair sheep is usually a Brazilian type of sheep (sometimes called a "Brazilian") and, when very young, tends to provide the thinnest skins. Because they are inherently high in tensile strength yet are thin, these skins are likely to retain high tensile strength after they are shaved to the required thicknesses (shaving being the normal technique for producing very thin leathers).

As the literature indicates, vegetable tanning procedures can vary widely. It is quite unlikely that either adequate amounts of iron complexing agents or residual buffer salts will consistently be present in all leathers used for pneumatic motors, so as to provide dependable, long-term durability (applying Cheshire's model for degradation described later in this text). The wide variety of tanning processes and the lack of intent on the part of tanners to produce a long-lived product are the probable causes of extremely variable durability.

*Full chrome-tanned leathers that have been properly processed should deliver reliable service, providing they have greater than 3.5 percent chrome salt content (measured as Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).<sup>12</sup> Vegetable-tanned leathers with an alum re-tanning should also be durable if properly processed.<sup>14</sup> However, it is often very difficult to determine exactly what treatment the leather has received after the tanning process is completed, particularly for vegetable-tanned leathers.*

To the authors' knowledge, the only leathers having a meaningful durability certification are vegetable-tanned sheep and goat skins which are used for bookbinding purposes and are certified as having passed the

avec un mouvement de va-et-vient identique à certaines boîtes cabossées. Il est également souhaitable que le cuir soit très ferme à l'origine et qu'il perde à la longue le moins possible de résistance.

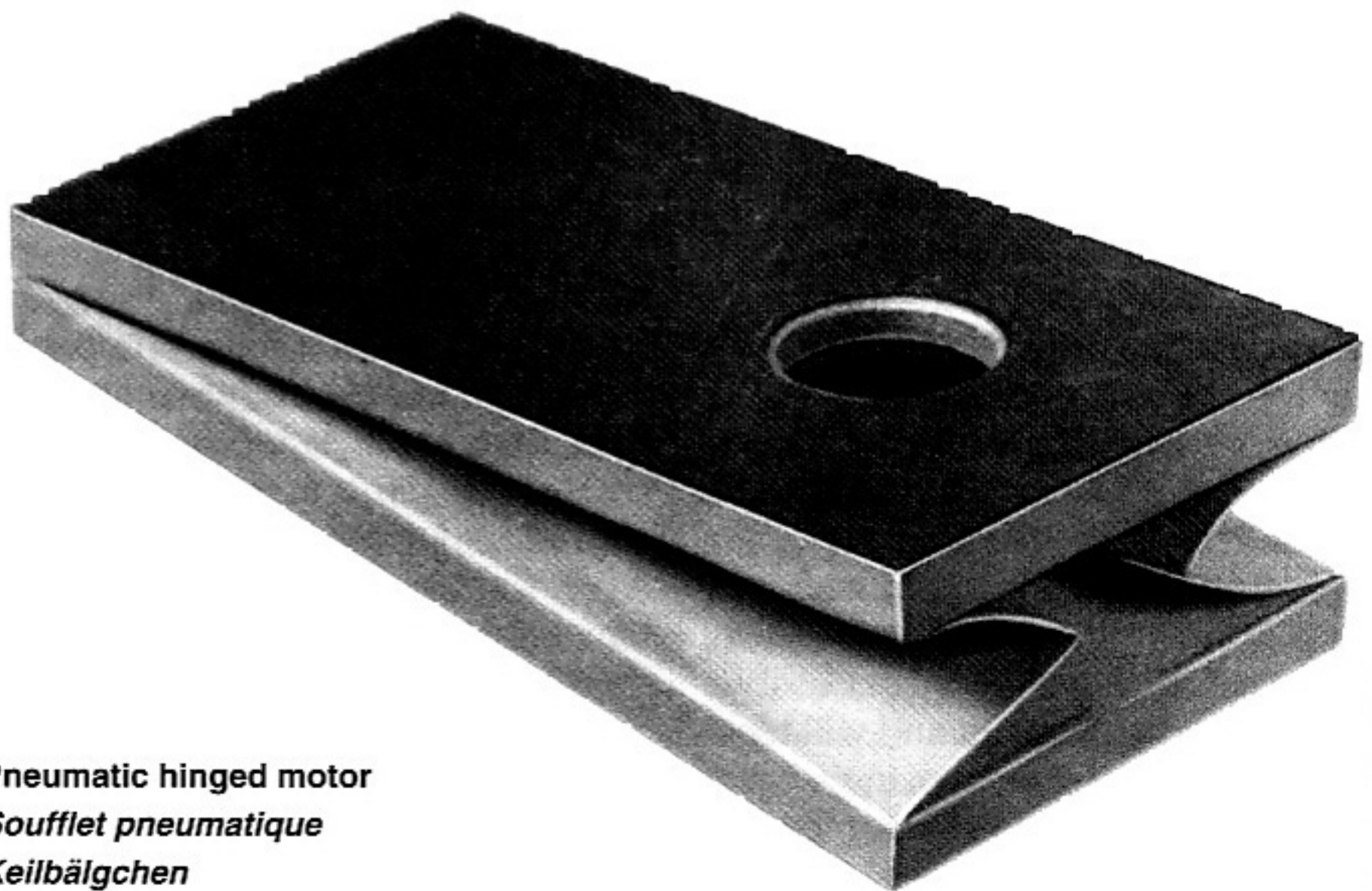
En général, la plupart des cuirs utilisés à cet effet proviennent de la famille des moutons et ont déjà subi un certain type de tannage végétal. Dans l'expérience effectuée par les auteurs, la variante plus résistante de ces cuirs provenait généralement du «mouton métis», variante que l'on a coutume d'appeler «cuir de cabretta». Le mouton métis est normalement un type brésilien de mouton (parfois appelé un «brésilien») dont on obtient les peaux les plus fines lorsqu'il est encore très jeune. Il se peut que ces peaux qui, par nature, résistent parfaitement à la traction malgré leur minceur, conservent cette forte résistance à la traction après qu'elles aient été dérayées aux épaisseurs requises (le dérayage est une technique courante qui permet de produire des cuirs extrêmement fins).

Ainsi que l'indique le texte, les procédés de tannage végétal sont très variés. Il est en fait peu probable qu'il reste soit des quantités adéquates d'ions complexes de fer, soit des sels tampons résiduels dans tous les cuirs utilisés pour des soufflets pneumatiques, de façon à obtenir une résistance sûre et durable (si on applique le modèle de dégradation de Cheshire, modèle décrit par après dans ce texte). Si la durabilité varie tellement, c'est probablement parce qu'il existe beaucoup de procédés

das Leder eine recht hohe Anfangs-stabilität aufweist und diese bestehen bleibt.

Im allgemeinen werden meist Leder verwendet, die von Tieren der Schaffamilie stammen und auf irgendeine Art pflanzlich gegerbt sind. Die Erfahrung der Autoren zeigt, daß die stabilere Version dieser Leder gewöhnlich vom Haarschaf stammt, welche auch oft als Cabrettenleder bezeichnet wird. Es handelt sich meist um eine brasilianische Rasse des Haarschafes die, wenn das Leder vom Lämmern verwendet wird, dünnes Leder liefern. Da sie trotz ihrer geringen Dicke eine hohe Reißfestigkeit aufweisen, zeigen die Leder die größte Tendenz, auch nach dem Falzen sehr reißfest zu sein (Falzen ist die normalerweise verwendete Technik zur Herstellung von sehr dünnen Ledern).

Wie man aus der Literatur entnehmen kann, gibt es viele unterschiedliche pflanzliche Gerbmateriale. Es ist daher recht unwahrscheinlich, daß entweder die adäquate Menge vom Eisen komplexierenden Verbindungen oder Puffersalzen in den Pneumatikledern enthalten ist, um die gewünschte zuverlässige Haltbarkeit zu gewährleisten (die Anwendung von Cheshires Methode wird später beschrieben). Die große Vielfalt von Gerbverfahren und der mangelnde Wille einiger Gerber,



**Pneumatic hinged motor**  
**Soufflet pneumatique**  
**Keilbälgchen**

Photo: Aug. Laukhuff

Printing Industry Research Association test.<sup>15</sup> Bookbinding leathers are normally vegetable-tanned to produce a somewhat dense and non-resilient material that can be tooled and embossed. The skins used for bookbinding are much too thick for use in pneumatic motor pouches and, if shaved to the required thicknesses, would have very low tensile strengths. One may also consider the possibility that all leather tested by the P.I.R.A. method may not be suitable for that test, in the light of the test's shortcomings described herein.

différents de tannage, mais aussi parce que les tanneurs ne sont manifestement pas enclins à produire un produit qui tiendra longtemps le coup.

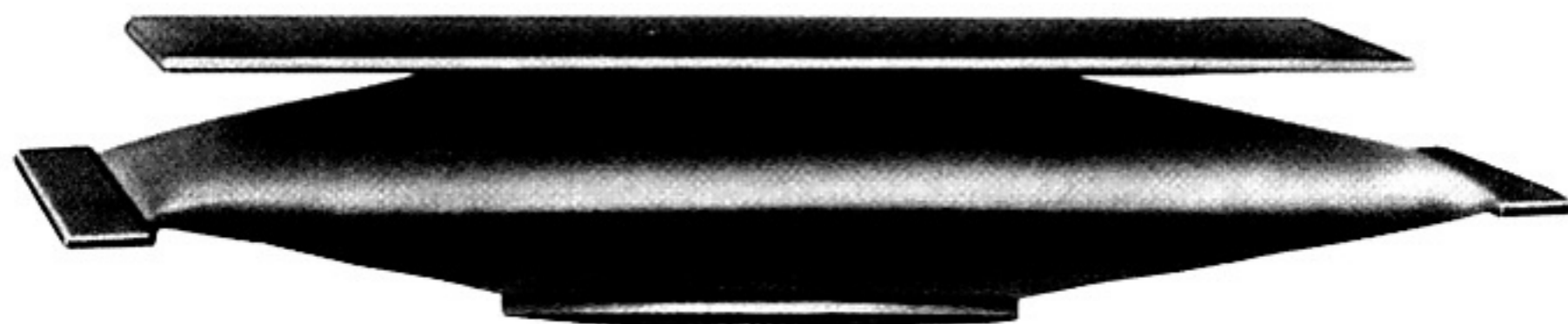
*Des cuirs tannés au chrome pur, convenablement traités, devraient rendre de bons services, à condition qu'ils contiennent plus de 3,5% de sel de chrome (sous la forme de  $Cr_2SO_3$ )<sup>12</sup>. Des cuirs tannés aux végétaux avec un retannage à l'alun devraient s'avérer tout aussi durables s'ils étaient correctement traités<sup>14</sup>. Cependant, lorsque le processus de tannage a déjà été effectué, il est souvent très difficile de déterminer exactement quel traitement le cuir a subi, surtout s'il s'agit de cuirs tannés aux végétaux.*

Selon les auteurs, les seuls cuirs dont on peut certifier une durabilité significative sont les cuirs de peaux de moutons et de chèvre tannés aux végétaux, cuirs que l'on utilise comme reliure et dont on atteste qu'il ont réussi le test de la «Printing Research Association»<sup>15</sup>. Les cuirs de reliure sont normalement tannés aux végétaux afin de produire un matériau quelque peu épais et non élastique qui peut être écorcé et imprimé. Les peaux que l'on utilise en reliure sont beaucoup trop épaisses pour des bourses de soufflets pneumatiques et, si on les dérayait aux épaisseurs requises, n'offriraient que de faibles résistances à la traction. On peut également réfléchir au fait que la méthode P.I.R.A. ne peut tester n'importe quel type de cuir, si l'on tient compte des défauts du test décrits dans cet article.

langlebige Produkte herzustellen, sind wahrscheinlich die Ursachen für die extremen Unterschiede in der Haltbarkeit von Leder.

*Voll chromgegerbte Leder, die sachgerecht hergestellt sind, sollten die größte Haltbarkeit aufweisen, vorausgesetzt der Chromgehalt beträgt mehr als 3,5 Prozent (gemessen als  $Cr_2O_3$ )<sup>12</sup>. Auch pflanzlich gegerbte Leder mit einer nachfolgenden Weißgerbung sollten bei sachgerechter Herstellung sehr haltbar sein<sup>14</sup>. Es ist jedoch manchmal schwer genau zu ermitteln, nachdem die Gerbung abgeschlossen ist, welcher Behandlung das Leder unterzogen wurde, insbesondere bei pflanzlich gegerbten Ledern.*

Nach Kenntnis der Autoren sind die einzigen Leder mit bedeutender Haltbarkeit pflanzlich gegerbte Schaf- und Ziegenleder, die als Buchbinderleder verwendet werden und den Test der »Printing Industry Research Association« bestanden haben<sup>15</sup>. Buchbinderleder sind normalerweise pflanzlich gegerbt, um ein ziemlich dichtes und nichtelastisches Material zu erzeugen, das bearbeitet und geprägt werden kann. Die Häute, die zum Buchbinden benutzt werden, sind viel zu dick für eine Verwendung zu pneumatischen Bälgen und Taschen und würden sehr niedrige Dehnfestigkeit haben, wenn sie auf die erforderliche Dicke gespalten würden. Man soll auch die Möglichkeit bedenken, daß nicht jedes Leder, das nach der P.I.R.A.-Methode getestet ist, für diesen Test geeignet sein kann im Hinblick auf die Unzulänglichkeiten, die hier dargestellt wurden.



**Puffer  
Membrane  
Membrane**

## Leathers presently available

Most of the leathers presently used for pipe organ pneumatic motors fall into two categories: a) a "tan pneumatic" type; and, b) a white or gray "cabretta." The "tan pneumatic" leather is usually made from small hair sheep or wool sheep skins, and is usually a vegetable tannage of some unidentified type, possibly with unidentified re-tannages. The "tan pneumatic" leather made from hair sheep skins (and sometimes having a chrome tannage) is distinguished from the white or gray cabretta only by its color. Even though these are sometimes functionally equivalent leathers, they are not identified as the same in the organ trade. The white or gray cabretta is usually made using the skins of small hair sheep with a full-chrome tannage and possibly a glutaraldehyde re-tannage (for moisture and sweat resistance). Occasionally, "white zickel" leather has been available in the required thicknesses for pneumatic pouches. It appears to be a variety of hair sheep or goat of unidentified origin, probably tanned with zirconium. All of these leathers are produced primarily for glove manufacturing. Most distributors of the cabretta leather in the United States are located in Gloversville, New York.

From information found in the literature, *it appears possible to produce leathers having the durability necessary for pipe organ pneumatic motors. This may be accomplished by:*

- a) carefully using proper tanning procedures;*
- b) the addition of buffer salts to appropriately tanned leathers;<sup>6, 7, 16</sup>*  
*or,*
- c) treatments depositing calcium oxalate in the leather.*

However, a survey of leather sources has shown no identifiable supplier of leather who can docu-

## Quels sont les cuirs disponibles à l'heure actuelle?

La plupart des cuirs utilisés à l'heure actuelle dans des soufflets pneumatiques d'orgues à tuyaux peuvent être classés en deux catégories: a) un type «pneumatique ochre»; b) un «cabretta» blanc ou gris. Le cuir «pneumatique ochre» provient généralement de petites peaux de moutons métis ou moutons lainés et a, en règle générale, subi un tannage végétal d'un quelconque type non identifié, peut-être suivi de retannages également inconnus. Le cuir «pneumatique ochre» fabriqué de peaux de métis (et ayant parfois subi un tannage au chrome) se différencie uniquement du cabretta blanc ou gris par sa couleur. Même si l'on rencontre parfois des cuirs équivalents quant à l'usage, en facture d'orgues, on ne les considère pas comme identiques. Le cabretta blanc ou gris est généralement fait de peaux de petits métis tannées au chrome pur. Il se peut que ces peaux soient ensuite retannées au glutaraldehyde (afin de les rendre résistantes à l'humidité et la sueur). Il arrive que l'on se fasse livrer du cuir de «zickel blanc» aux couches déjà dérayées aux épaisseurs dont on a besoin pour des bourses pneumatiques. Ce cuir est en fait produit d'une variété de métis ou chèvre d'origine inconnue, et fut probablement tanné au zirconium. A l'origine, tous ces types de cuir sont produits pour la manufacture de gants. La plupart des concessionnaires de cuir de cabretta aux Etats-Unis sont situés à Gloversville, New York.

Il ressort des informations données dans ce texte qu'*il est possible de fabriquer des cuirs qui offrent la durabilité nécessaire pour des soufflets pneumatiques d'orgues à tuyaux. On peut obtenir de telles propriétés comme suit:*

- a) en utilisant avec précaution des procédures de tannages appropriées;*
- b) en traitant les cuirs convenablement tannés avec des sels tampons<sup>6, 7, 16</sup>; ou,*
- c) en effectuant un traitement qui formera un dépôt d'oxalate de calcium dans le cuir.*

## Gegenwärtig verfügbare Leder

Die meisten in Orgeln verwendeten Leder fallen in zwei Kategorien: a) Pneumatikleder und b) weißes oder graues Cabrettenleder. Das Pneumatikleder wird gewöhnlich aus kleinen Haarschaf- oder Wollschafhäuten hergestellt, indem es auf meist nicht beschriebene Weise pflanzlich gegerbt und möglicherweise nachgegerbt wird. Das Pneumatikleder aus Haarschafhäuten (manchmal chromgegerbt) unterscheidet sich vom weißen oder grauen Cabrettenleder nur in der Farbe. Obwohl diese beiden Leder vom Gebrauchswert manchmal gleich sind, werden sie im Orgelbau nicht als gleich klassifiziert. Das weiße oder graue Cabrettenleder wird gewöhnlich aus der Haut von jungen Haarschafen hergestellt. Man unterzieht es einer Vollchromgerbung mit eventuelle Glutaraldehydnachgerbung (zur Imprägnierung gegen Feuchtigkeit). Gelegentlich ist »weißes Zickelleder« in der für pneumatische Anwendungen erforderlichen Dicke verfügbar gewesen. Es scheint sich dabei um verschiedene Schaf- und Ziegenleder unbekanntem Ursprungs zu handeln, die mit Zirkon gegerbt sind. In erster Linie werden diese Leder jedoch zur Herstellung von Handschuhen verwendet. Die meisten Hersteller vom Cabrettenleder in den USA sind in Gloversville (New York) zu finden.

Mit den in der Literatur vorhandenen Informationen *erscheint es möglich, Leder herzustellen, die die für die pneumatischen Traktoren in Orgeln erforderliche Haltbarkeit haben. Dies kann erreicht werden durch*

- a) sorgfältige, fachgerechte Durchführung der bekannten Gerbverfahren;*
- b) Zugabe von Puffersalzen zu in geeigneter Weise gegerbten Ledern<sup>6, 7, 16</sup>; oder,*
- c) Einlagerung von Calciumoxalat in das Leder.*

Jedoch hat eine Prüfung der Lederbezugsquellen gezeigt, daß kein

ment the production of suitable leathers using any of these processes. Some tanners and subsequent middle-men assure their customers that their chrome-tanned leathers contain roughly a certain percentage of chrome. This chrome content is not usually documented by laboratory analysis and, furthermore, is generally not critical (within rather wide tolerances) to their principal customers.

Some suppliers of leathers for the organ trade, provide a post-tanning chrome analysis by an independent laboratory. However, in the authors' experience, these leathers have not had the accelerated ageing test described in this report, nor has the full processing of these leathers been fully documented. This leaves questions as to the relevance of their chrome content measurement. An examination of many such leathers has shown a variety of treatments of skins prior to chrome-tanning, including salting, acid pickling, pre-tanning using unspecified vegetable-tans, syntan, etc. As indicated earlier, proper salt or brine curing of hides soon after slaughter, followed by adequate temperature and humidity control (for salt-cured skins) and a timely tanning, should provide for excellent results. Proper pickling procedures soon after slaughter followed by adequate temperature control and timely tanning can also be suitable. Pickled skins stored under warm conditions and for excessive lengths of time (several months) can substantially reduce the tensile strength of the skin and the subsequent tensile strength of the leather produced.

The pretanning of leather prior to chrome tanning has been shown to often reduce the effect of the chrome tanning.<sup>12</sup> This may be due to chrome depositing on the pre-tan agents rather than chemically binding to the collagen fibers (this may be particularly likely with vegetable pre-tans). The pre-tan may also compete with the chrome for binding sites on the

Cependant, si l'on passe en revue les différentes possibilités d'obtenir du cuir, on s'aperçoit que l'on n'a pas encore vraiment trouvé un fournisseur de cuir susceptible de procurer des informations quant à la fabrication de cuirs pouvant posséder toutes les propriétés reprises ci-dessus. Certains tanneurs et revendeurs ultérieurs affirment à leurs clients que la teneur en chrome de leurs cuirs tannés au chrome est de «plus ou moins d'autant de pour cent». Cette teneur en chrome n'est généralement pas accompagnée d'analyses effectuées en laboratoire; en outre, les principaux acheteurs ne semblent pas s'y intéresser très fort (ces acheteurs sont vraiment fort tolérants).

Certains fournisseurs de cuir pour facture d'orgues fournissent une analyse de chrome effectuée après le tannage par un laboratoire indépendant. Cependant, dans l'expérience effectuée par les auteurs, ces cuirs n'ont pas subi le test de vieillissement accéléré décrit dans ce rapport. On ne possède pas non plus de documentation complète sur le traitement intégral qu'ont subi ces cuirs. On peut dès lors se demander s'il est bien pertinent de mesurer cette teneur en chrome. De plus, il est quasiment impossible de déterminer si le traitement du cuir a été correctement effectué après que le processus ait été achevé, peu après avoir fait subir un test de vieillissement accéléré au cuir. Une analyse d'un grand nombre de cuirs similaires a permis de découvrir une variété de traitements de peaux antérieurs au tannage au chrome, comprenant le salage, le picklage à l'acide, le prétannage au moyen de tanins végétaux non spécifiés, le syntan, etc. Ainsi qu'expliqué plus haut, si les peaux sont correctement conservées par le sel ou le saumurage peu de temps après l'abattage, et si cette opération est suivie d'un contrôle adéquat de la température et de l'humidité (pour les peaux conservées par le sel) et d'un tannage opportun, les résultats devraient s'avérer excellents. Des procédés appropriés de picklage directement après l'abattage, suivis d'un contrôle de température adéquat et d'un tannage opportun, peuvent également convenir. Si des peaux ayant subi un bain de picklage sont stockées trop longtemps (c-à-d pendant plusieurs

Hersteller die Herstellung geeigneter Leder durch Anwendung der oben angeführten Methoden dokumentieren kann. Einige Lederhersteller und Zwischenhändler versichern ihren Kunden, daß das chromgegerbte Leder einen bestimmten Prozentsatz Chrom enthält. Dieser Chromgehalt ist normalerweise nicht durch eine Laboranalyse bestätigt und im allgemeinen für die meisten Kunden nicht von Interesse, solange er in einem bestimmten Rahmen liegt.

Einige Lederlieferanten des Orgelbaus bieten ihren Kunden eine nach der Gerbung von einem unabhängigen Labor durchgeführte Chrombestimmung an. Die Erfahrung der Autoren zeigt jedoch, daß diese Leder weder dem im Text beschriebenen Test unterzogen werden noch der gesamte Herstellungsprozeß dieser Leder voll dokumentiert ist. Dieses stellt die Relevanz der Angabe des Chromgehaltes in Frage. Eine Untersuchung vieler dieser Leder zeigte eine große Vielfalt in der Behandlung der Häute vor der Chromgerbung, wie der Salzung, dem Pickeln, der Vorgerbung mit nicht spezifizierten Pflanzenextrakten usw. Wie früher berichtet, sind die fachgerechte Behandlung der Häute kurz nach der Schlachtung mit Salz oder Salzlake, gefolgt von einer Lagerung bei richtiger Temperatur und Feuchtigkeit (für salzbehandelte Häute) und einer zeitlich begrenzten Gerbung, sind Voraussetzungen für hervorragende Ergebnisse. Auch das fachgerechte Pickeln der Häute (Behandlung mit Salz und Salzsäure) direkt nach der Schlachtung gefolgt von Lagerung bei geeigneter Temperatur und anschließender kurzer Gerbung kann eine geeignete Methode sein. Gepickelte Häute, die über einen langen Zeitraum (mehrere Monate) zu warm gelagert werden, können eine Großteil ihrer Reißfestigkeit verlieren. Damit vermindert sich auch die Qualität daraus hergestellten Leders.

Es hat sich oftmals gezeigt, daß eine Vorgerbung der Häute den Effekt der Chromgerbung verringern

collagen fibers, resulting in less cross-linkage of the fibers, and a lower tensile strength leather. *Due to the above, very little leather available to the organ trade today could have its durability evaluated by a measurement of its chrome content alone.*

A popular treatment of chrome tanned leathers is to remove some of the chrome tanning agent from the outer surface of the leather, causing a lighter and more neutral color for the leather. This makes the leather more suitable for light-colored applications, and reduces the green-toned background for dyes applied to the leather. This is accomplished by a brief application of a chrome-removing solution such as certain syntans, and is often referred to as "chrome stripping." This process can be detrimental to the production of long-lasting leather, as the lower chrome content of the grain layer may provide less protection. After shaving of the leather to its final thickness, the stripped grain layer may constitute a substantial fraction of the total thickness, yet may not have the durability implied by the average chrome content of the leather. Care must also be taken to not allow a preshaving chrome analysis from providing misleading information about the chrome content of the final thickness product.

mois) dans un endroit où il fait chaud, il est possible que leur résistance à la traction, ainsi que la future résistance du cuir produit soient considérablement réduites.

Il a été prouvé que si on pré-tannait le cuir avant de le tanner au chrome, cela permettait souvent de diminuer les effets du tannage au chrome<sup>12</sup>. Ceci est peut-être dû au fait que le chrome forme un dépôt sur les tanins plutôt que d'aller se lier chimiquement aux fibres collagènes (ce qui est tout à fait plausible si l'on utilise des pré-tanins végétaux). Le pré-tanin peut également faire concurrence au chrome afin de former des liaisons chimiques avec les fibres collagènes, ce qui provoque une moindre réticulation des fibres et rend la résistance de traction du cuir moins élevée. *Toutes ces constatations nous aident à comprendre qu'il y a, à l'heure actuelle, très peu de cuir disponible (pour facture d'orgue) dont on pourrait évaluer la résistance uniquement en mesurant la teneur en chrome.*

Un traitement bien connu, appliqué aux cuirs tannés au chrome, est l'élimination de certains tanins de chrome de la surface extérieure du cuir, ce qui donne au cuir une couleur plus claire et plus neutre. Cette opération rend le cuir plus approprié à des applications légèrement colorées, et diminue l'intensité du fond vert lors de l'application de teintures au cuir. On réalise cette opération en appliquant brièvement une solution, par exemple de certains syntans, qui va éliminer toute trace de chrome. Ce processus est généralement appelé «le détannage au chrome». Mais il ne pourra peut-être pas permettre de produire un cuir longue-durée, car si la teneur en chrome de la couche de la fleur est faible, la protection est également moins bonne. Après le dérayage du cuir à l'épaisseur finale, la couche détannée de la fleur peut constituer une fraction considérable de l'épaisseur totale, et pourtant ne pas offrir la résistance qui devrait s'ensuivre si l'on se réfère à la teneur en chrome. Il faut également prendre soin de ne pas permettre une analyse de chrome avant le dérayage en procurant des informations trompeuses quant à la teneur en chrome du produit à sa dernière épaisseur.

kann.<sup>12</sup> Das wird wahrscheinlich dadurch verursacht, daß das Chrom, anstatt mit den Collagenfasern zu reagieren, sich an die Vorgerbmittel anlagert (besonders bei pflanzlichen Gerbmitteln). Außerdem konkurriert der pflanzliche Gerbstoff der Vorgerbung mit dem Chrom und bildet Bindungsstellen an den Collagenfasern, woraus eine geringere Anzahl von Verknüpfungen und daraus folgend eine geringere Reißfestigkeit resultiert. *Daraus kann gefolgert werden, daß der Chromgehalt allein nicht genug über die Haltbarkeit des in Orgeln verwendeten Leder aussagt.*

Es ist sehr verbreitet, bei chromgerbten Leder ein Teil des Gerbmittels aus der obersten Schicht zu entfernen, um eine Farbaufhellung zu erzielen. Der grünliche Unterton wird dadurch vermindert und erlaubt eine Gerbung des Leders in helleren Farben. Man erreicht die Entfernung des Chroms, indem man bestimmte Lösungen einwirken läßt. Diesen Vorgang bezeichnet man oft als »Chromstrippen«. Diese Methode kann die Haltbarkeit des Leders enorm verringern, da ein veringertes Chromgehalt an der Oberfläche den Schutz vor Zerstörung erheblich herabsetzt. Nach dem Falzen zur gewünschten Dicke stellt die verbleibende Schicht nur noch einen kleinen Teil des ursprünglichen Leders dar, dessen Haltbarkeit nicht mehr aus dem Chromgehalt des Leders abgeleitet werden kann. Es muß darauf geachtet werden, daß durch eine Chromanalyse des ungefalteten Leders keine Fehlinformationen über den Chromgehalt des Endprodukts abgeleitet werden.

While leathers of the proper tannage, durability and type may be available, the thickness is often inadequate for organ applications where very thin leathers are used (less than twelve one-thousandths of an inch thick). The production of leathers of such thicknesses is not common for glove-making applications; thus thin leather must come either from special production runs, sorting of large lots of leather for very thin material, and by post-production thinning operations. Methods for thinning of leather include: a) wet and dry shaving using rotary spiral-knifed shavers for down to twenty one-thousandths of an inch thick, (some refined shaving equipment can shave to even lower thicknesses); b) dry splitting using band-knife splitting machines for down to fifteen one-thousandths of an inch thick; c) dry sanding for buffing using drum or belt sanding machines made for slow thinning of leather, for down to seven one-thousandths of an inch thick.<sup>17</sup> Over-thinning of leather may produce an excessively porous leather, often with "pinholes" through which light can shine. The acceptable porosity depends much on the type of action the leather is used on. Certain types of ventil chests may be quite sensitive to air leakage, while some unit electropneumatic chests may be quite tolerant of pouch air leakage.

Very little leather produced today is applied where durability beyond ten years is of interest. The common uses are in footwear, gloves, coats, upholstery, and a small amount in mechanical applications. The literature suggests that glutaraldehyde, a common re-tanning agent used for imparting moisture and perspiration resistance, loses much of its effectiveness in only a few years,<sup>18,19</sup> but the intended application of the leather so treated (gloves) usually does not demand a much longer lifetime. Perhaps only in upholstery does the user anticipate service in excess of ten years.

Alors que l'on peut se procurer de bonnes sortes de cuir, convenablement tannés et durables, l'épaisseur que l'on obtient ne convient pas souvent à des applications en facture d'orgue, où l'on utilise des cuirs très fins (moins de 0,3 mm). On n'a pas l'habitude d'utiliser des cuirs tellement fins pour la fabrication de gants; il faut par conséquent que ce cuir provienne soit de séries de fabrications spéciales, soit du tri de grandes quantités de cuir devant servir pour de très fins matériaux, soit d'opérations après production qui rendraient le cuir plus fin. Les méthodes pour rendre un cuir plus fin sont: a) un dérayage humide et sec utilisant des outils de dérayage rotatifs coupant en spirale, afin de diminuer l'épaisseur du cuir à 0,4-0,5 mm; certains appareils sophistiqués de dérayage peuvent même obtenir de plus fines épaisseurs; b) un refendage sec à l'aide d'une machine de refendage à lame sans fin pour diminuer l'épaisseur de 0,4 mm; c) un ponçage sec pour le polissage utilisant des foulons ou des machines à courroies ponçantes, pour rendre le cuir progressivement plus fin, et arriver à moins de 0,18 mm.<sup>17</sup>

Rendre le cuir trop fin produirait un cuir excessivement poreux, qui comporterait des trous de la grosseur d'une épingle à travers lesquels la lumière pourrait passer. Un taux de porosité acceptable dépend beaucoup du genre de traitement que l'on applique au cuir. Il se peut que certains types de sommier à cones soient relativement sensibles à toute fuite d'air, tandis que certains sommiers electro-pneumatiques peuvent tolérer plutôt bien une faible fuite d'air dans une membrane.

On produit de nos jours très peu de cuir dont la durabilité peut aller au-delà de dix ans. Les applications les plus fréquentes sont les chaussures, gants, manteaux, cuir de garniture, ainsi qu'une petite partie dans des applications mécaniques. La littérature semble indiquer que le glutaraldehyde, un agent courant de retannage utilisé pour hydrater la peau et la rendre résistante à la sueur, perd beaucoup de son efficacité après quelques années seulement<sup>18,19</sup>, mais il faut préciser que l'utilisation pour laquelle un cuir nécessite un tel traitement (gants) ne requiert générale-

Leder mit fachgerechter Gerbung und gewünschter Haltbarkeit weist eine für den Orgelbau viel zu große Dicke auf (man benötigt Leder, die dünner als 0,3 mm sind). Die Herstellung von Leder solch geringer Dicke ist nicht üblich, um z. B. Handschuhe zu fertigen, so daß diese Leder meist aus Spezialfertigungen stammen. Dazu werden die geeigneten Häute aussortiert und einem dem Gerben nachfolgenden Verfahren unterzogen, man unterscheidet: a) nasses und trockenes Falten mit rotierenden, spiralförmigen Spaltnessern (Lederdicke: 0,4-0,5 mm, mit Spezialausrüstung darunter); b) trockenes Spalten mit Bandmesserspaltmaschinen (Lederdicke: 0,4 mm); c) trockenes Schmiern oder Schleifen mit Band- oder Trommelschleifmaschinen; durch langsames Schleifen kann eine Dicke von 0,18 mm erreicht werden.<sup>17</sup>

Ein zu langes Schleifen führt zu extrem porösen Leder, das meist leichtdurchsichtige, nadelstichgroße Löcher aufweist. Die akzeptable Porosität hängt vom Verwendungszweck des Leders ab. Bestimmte Arten von Kegelladen sind sehr empfindlich gegenüber undichten Stellen, während einige elektropneumatischen Windladen recht unempfindlich reagieren.

Gegenwärtig werden nur sehr wenig Ledersorten produziert, bei denen eine Haltbarkeit über zehn Jahre hinaus von Interesse ist. Der Großteil wird zur Herstellung vom Schuhwerk, Handschuhen, Mänteln, Polstermöbeln verwendet, nur ein geringer Prozentsatz wird für mechanische Anwendungen benutzt. Wie in der Literatur zu lesen, verliert Glutaraldehyd, ein üblicher Nachgerbstoff zur Imprägnierung gegen Feuchtigkeit, den größten Teil seiner Wirkung noch zehn Jahren<sup>18, 19</sup> was bei relativ kurzlebigen Produkten (wie Handschuhen) keine Rolle



Consequently, there is little motivation for the tanning industry to adopt interest in the long-term durability of its product.

The uncertainty concerning the actual durabilities of leathers presently available and the apparent impracticality of the organbuilding industry to cause a change in the situation indicated a need for an alternate approach. To meet this need, the authors sought practical and dependable tests for leather durability that can be performed by the organbuilder (or by a service organization) to screen leathers being considered for use. To this end, a research and development effort was undertaken to evaluate and make necessary improvements in an accelerated ageing test method (to compress the normal time of ageing into a very short time) that seems appropriate for this purpose.

### Equipment and procedures

The authors believed Cheshire's oxygen and sulfur dioxide bomb test showed the most promise, both from its correlation to "real-life" ageing as seen in long-term storage test results and in its ability to be economically and practically adapted to the task at hand.

Problems remaining with the test as Cheshire left it include:

- a) variability in results with the amounts and nature of leather samples tested due to the exhaustion of reagents in the bomb;
- b) the use of high-pressure, pure oxygen with associated dangers of explosion;
- c) widely-varying relative humidity within the bomb as a result of varying combustion of the sample, to the point of some condensation

ment pas une durée de vie beaucoup plus longue. C'est probablement uniquement dans le cas d'un cuir de garniture que le consommateur escompte de son cuir qu'il durera plus de dix ans. Ceci n'encourage donc pas vraiment l'industrie du tannage à vouloir obtenir à tout prix un produit qui résistera très longtemps.

On se demande finalement si les cuirs présentement disponibles sont durables ou pas. De plus, l'industrie de facture d'orgues ne semble pas réaliser qu'il faut absolument modifier cette situation. C'est la raison pour laquelle nous devons aborder le problème d'une autre façon. Afin de résoudre ce problème, les auteurs de cet article recherchèrent des tests pratiques et fiables de résistance de cuir, tests qu'un facteur d'orgues (ou un laboratoire) peut effectuer lui-même afin de pouvoir sélectionner les cuirs susceptibles d'être utilisés. C'est à cette fin qu'une tentative de développement et de recherche fut entreprise en vue d'évaluer et d'apporter les améliorations nécessaires à un test de vieillissement accéléré (c.-à.-d. réduire le temps normal de vieillissement à un temps très court) qui semblerait convenir à cet effet.

### Matériel et procédures

Les auteurs ont estimé que le test de la bombe à oxygène et anhydride sulfureux de Cheshire était le plus prometteur, d'un côté parce qu'il correspond au vieillissement «réel» constaté à la lecture des résultats de test de stockage à long terme et parce que, de l'autre côté, on l'a à portée de la main et on peut l'adapter à cette tâche aussi bien du point de vue économique que pratique.

Le test, tel que Cheshire nous l'a laissé, pose cependant encore quelques problèmes:

- a) les résultats varient selon les quantités et la nature des échantillons testés. Ceci est dû à l'aspiration des réactifs dans la bombe;
- b) l'utilisation d'oxygène pur sous haute pression comporte des dangers d'explosion;
- c) l'humidité relative varie très fort à l'intérieur de la bombe, suite à une combustion variable de l'échantillon, ce qui provoque une certaine

spielt. Die vielleicht einzige Verwendung vom Leder, in der eine längere Haltbarkeit erwartet wird, ist die Herstellung von Polstermöbeln. Daraus folgt die recht geringe Motivation der Lederindustrie, die Haltbarkeit ihrer Produkte zu erhöhen.

Die Unsicherheit in Bezug auf die Haltbarkeit der gegenwärtig verfügbaren Leder und die anscheinende Unfähigkeit der Orgelbauindustrie, diese Situation zu ändern, waren Anlaß für die Autoren, sich mit dieser Materie zu befassen. Es wurden Testverfahren zur einfachen und zuverlässigen Bestimmung der Haltbarkeit gesucht, die vom Orgelbauer (oder einem Labordienst) durchgeführt werden können, und somit eine Eignung der Leder zu untersuchen. Diese Untersuchung wurde durchgeführt, um den Wert eines Tests zur beschleunigten Alterung (um die Dauer des Alterungsprozesses zu komprimieren) abzuschätzen und die notwendigen Verbesserungen durchzuführen.

### Ausrüstung und Vorgänge

Die Autoren sind der Ansicht, daß Cheshires Sauerstoff-Schwefeldioxid-bombe am besten geeignet ist. Sie verspricht bei gleichzeitiger Wirtschaftlichkeit und Durchführbarkeit die beste Übereinstimmung mit Langzeitlagertests.

Probleme mit dem Cheshire-Test:

- a) Abhängigkeit der Testergebnisse von der Menge und Art der geprüften Lederproben durch den Verbrauch der Reagenzien in der Bombe;
- b) Explosionsgefahr durch die Verwendung von reiner Sauerstoff unter hohem Druck;
- c) Große Differenzen der relativen Luftfeuchtigkeit in der Bombe als Resultat unterschiedlicher Zerset-

(which is aggravated by an uneven temperature throughout the bomb); and,

d) the cost of constructing a lead-lined steel pressure vessel.

These problems can be minimized by:

a) using large excesses of reagents by increasing the size of the bomb and reducing the total mass of the test sample;

b) combining the sulphur dioxide with six atmospheres of compressed air instead of pure oxygen to negate the chance of explosion;

c) raising the reaction temperature from 40°C to 67°C to compensate for the reduced concentration of oxygen;

d) constructing the bomb of low-cost mass-produced alloy 316 stainless steel weld fittings and inlet valve; and,

e) using a forced circulation hot-air oven instead of a water bath, for uniform heating of the bomb.

Utilizing these changes, a series of experiments was conducted. The equipment and reagents used consisted of the following:

Oven: Assembled as per Figure 12.

Housing: Constructed of 1/2" plywood covered on its exterior with Dow "blue board" Styrofoam insulation attached with construction adhesive.

Thermostat: Dayton Model 2E158, SPST line-voltage thermostat. It must be recalibrated as described in the text. From W. W. Grainger Co.

Fan: A sealed ball-bearing muffin fan such as E. G. & G. Rotron Model MX2B3.

Heater: A standard 150-watt, 120-volt light bulb.

Power Control: Any light dimmer control rated at more than 200 watts.

Safety Thermostat: Dayton Model 2E472 manual reset high limit control. From W. W. Grainger Co.

Wiring: Heater-rated, high-temperature wire.

condensation (qui augmente si la température dans la bombe même est irrégulière); et

d) le coût de la construction d'un récipient à pression doublé au plomb.

On peut minimiser ces problèmes en:

a) utilisant des réactifs en excès, en augmentant la taille de la bombe et en réduisant la masse totale de l'échantillon test;

b) combinant avec l'anhydride sulfureux à six atmosphères d'air comprimé à la place d'oxygène pur, afin d'annuler tout risque d'explosion;

c) augmentant la température de réaction de 40°C à 67°C, pour compenser la concentration réduite d'oxygène;

d) fabriquant la bombe avec une soupape d'admission et des installations de soudure en acier inoxydable 316, d'alliage bon marché fabriqué en série; et

e) utilisant un four à air chaud à propagation forcée à la place d'un bain d'eau, ceci afin de répartir uniformément la chaleur dans la bombe.

On effectua ensuite une série d'expériences, tenant compte de ces modifications.

Four: assemblé comme l'indique la figure 12.

Boîtier: fabriqué sur base de contreplaqué de 13 mm d'épaisseur, recouvert à l'extérieur d'isolation en polystyrène expansé Dow «blue board», attaché au moyen d'adhésif de construction.

Thermostat: thermostat line-voltage, modèle Dayton 2E158. Il doit être recalibré de la façon dont on l'explique dans le texte. Disponible chez W. W. Grainger Co.

Ventilateur: un ventilateur muffin étanche, à roulement à billes, comme par exemple le E. G. & G. Rotron Modèle MX2B3.

Appareil de chauffage: une lampe standard de 120 volt, 150 watt.

Contrôle de la puissance: n'importe quel contrôle pouvant augmenter ou diminuer la lumière et pouvant atteindre plus de 200 watt.

zung der Proben, bis hin zur Kondensation (die eine ungleichmäßige Temperaturverteilung in der Bombe zur Folge hat);

d) Kosten eines bleibeschichteten Stahldruckbehälters.

Diese Probleme können vermindert werden durch:

a) Verwendung eines großen Überschusses an Reagenzien durch eine Vergrößerung der Bombe bei gleichzeitiger Reduktion der Gesamtmasse der Proben;

b) Vermischung des Schwefeldioxides mit sechs Atmosphären Druckluft anstatt mit reinem Sauerstoff, um die Explosionsgefahr zu verringern;

c) Erhöhung der Temperatur von 40°C auf 67°C, um die verringerte Sauerstoffkonzentration zu kompensieren;

d) Konstruktion der Bombe aus billiger, in Massenproduktion hergestellter Edelstahllegierung 316 (verschweißbare Teile und Einlaßventile);

e) Verwendung eines Umluftofens anstelle eines Wasserbades zur gleichmäßigen Erwärmung der Bombe.

Unter diesen modifizierten Versuchsbedingungen wurde eine Reihe von Experimenten durchgeführt. Folgende Auflistung enthält die verwendeten Geräte und Reagenzien.

Ofen: Abb. 12.

Gehäuse: 13 mm Sperrholz mit einer Außenverkleidung aus Dow »blue board«-styropor, das angeklebt wurde.

Thermostat: Dayton Modell 2E 158, SPST Spannungsthermostat. Eichung wie im Text beschrieben (Bezugsquelle: W. W. Grainger Co).

Ventilator: ein mit abgedichteten Kugellagern ausgestatteter Ventilator wie z. B. E. G. & G. Rotron Modell MX 2B3.

Heizung: 150 W, 120 Volt Glühbirne.

Regler: Dimmer, ausgelegt bis 200 W.

Sicherheitsthermostat: Dayton, Modell 2E472 (W. W. Grainger).

Kabel: Heizungsgeeignete Hochtemperaturkabel.

Thermometer: Temperaturbereich 30–100°C, kleinstes Skalenteil 0,5°C

Thermometer: One having a working range including 67°C with a resolution at that temperature of +1/2°C. We used an Edmond Scientific model G71,776 laboratory thermometer (30-100°C).

Stainless Steel Bomb: Assembled as per Figure 13. Components are standard schedule 10, alloy 316 stainless steel weld and threaded fittings. Weld fittings are assembled by inert gas welding using alloy 316 filler material. They are available from Robert James Sales, Inc., 4890-B Duff Drive, Cincinnati, Ohio 45246. All threaded joints are wrapped with Teflon joint tape.

Valve: Whitey Co., Cleveland, Ohio, Model SS-4JB2, made of alloy 316 stainless steel.

Die: Leather cutting punch type for test strip 1/4" wide by 2" long.

Micrometer: Starret, graduated in units of 0.0001 inches.

Sulfur Dioxide: Anhydrous SO<sub>2</sub>, 99.9% pure, one lb. liquid in disposable cylinder (tubing nipple). AGA stock #404600, cylinder #001, AGA Gas Inc., 6225 Oak Tree Blvd., Cleveland, Ohio 44101-4737.

Air: From compressor, filtered, stored at 21°C, water saturated, 90 to 100 PSI delivery pressure.

Thermostat de sécurité: modèle Dayton 2E472 avec remise à zéro manuelle et haute résolution.

Installation électrique: fil électrique bien isolé, résistant à la chaleur.

Thermomètre: un thermomètre ayant un rayon d'action permettant d'atteindre 67°C, avec à cette température une résolution de plus ou moins 0,5°C. Nous nous sommes personnellement servis d'un thermomètre de laboratoire Edmond, modèle scientifique (30-100°C).

Bombe en acier inoxydable: assemblée comme le montre la figure 13. Les composants sont un schedule 10 ordinaire, un alliage de soudure d'acier inoxydable 316 et des installations filetées. Ces installations sont assemblées à l'aide d'un appareil de soudage fonctionnant au gaz inerte, et utilisant un alliage 316 de rebouchage.

On peut se procurer ces divers éléments chez Robert James Sales, Inc., 4890 - B Duff Drive, Cincinnati, Ohio 45246. Tous les joints entourés de filetage seront enveloppés dans du ruban de joint en teflon.

Soupape: chez Whitey Co, Cleveland, Ohio, modèle SS - 4JB2, fait d'un alliage d'acier inoxydable 316.

Matrice: poinçonneuse perforant le cuir de façon à obtenir des bandettes de test (0,25 x 23 pouces).

Micromètre: un Starret, gradué en unités de 0,0001 pouce.

Anhydride sulfureux: anhydride SO<sub>2</sub>, 99,9% de concentration, une livre liquide dans un cylindre à usage unique (tube en forme de tétine). Chez AGA stock #404600, cylindre #001, AGA Gas Inc., 6225 Oak Tree Blvd, Cleveland, Ohio 44101 - 4737.

Air: venant d'un compresseur, filtré, maintenu à une température de 21°C, saturé en eau, pression de sortie de 90 à 100 PSI.

Les dimensions du four, assemblé ainsi que l'indique le schéma 12a, furent calculées en fonction de la grandeur de la bombe utilisée. L'air circulait à travers le ventilateur, via le chauffage par lampe, allait ensuite sous la bombe, d'un côté à l'autre du thermostat et du thermomètre, et retournait ensuite à travers la bombe. Le contrôle de température utilisant cet appareil fut d'approximativement 0,75°C. Ceci fut accompli grâce à la sensibilité du thermostat et à sa gran-

(z. B. Edmond Scientific Modell G71, 776, Laborthermometer).

Bombe aus Edelstahl: vergl. Abb. 13. Die Bauteile sind Standardmaß 10, Schweiß- und Schraubverbindungen aus Edelstahllegierung 316. Geschweißt wurde mit einem Schutzgasschweißgerät mit Füllmaterial aus der Legierung 316. (Bezugsquelle: Robert James Sales Inc., 4830-B Duff Drive, Cincinnati, Ohio 45246). Alle Schraubverbindungen wurden mit Teflonband abgedichtet.

Ventil: Whitey Co., Cleveland, Ohio, Modell SS-4JB2, aus Edelstahllegierung 316.

Locheisen: Zum Präparieren der Lederproben (0,25 x 23 Zoll).

Mikrometerschraube: Skaleneinheit 0,0001 Zoll.

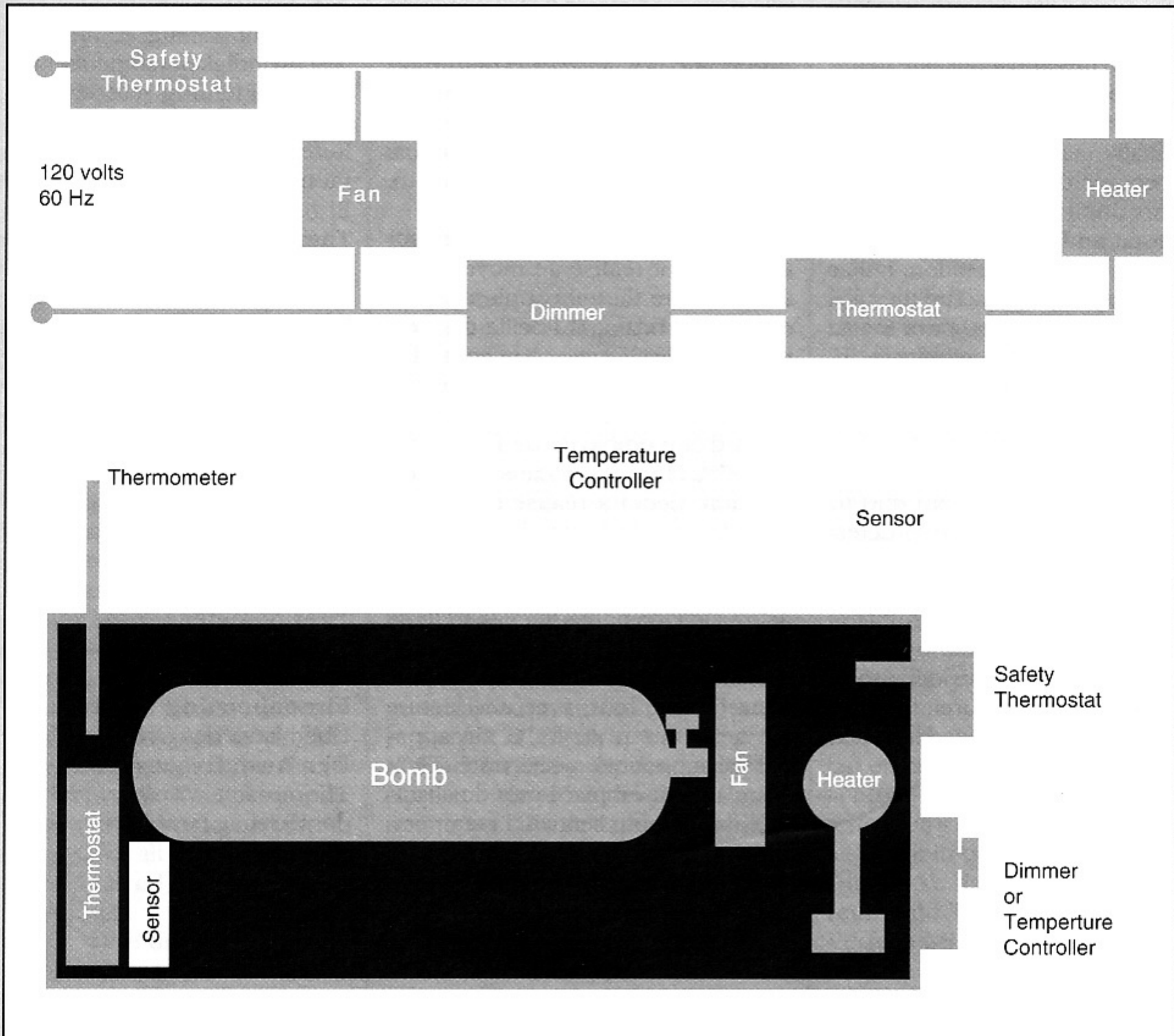
Schwefeldioxid: Wasserfreies SO<sub>2</sub>, 99%, 500g im Einwegzylinder (mit Schlauchanschluß). Bezugsquelle: AGA, Lagernr. 404500, Cylinder No. 001; AGA Gas Incorporation, 6225 Oak Tree Blvd., Cleveland, Ohio 44101-4737.

Luft: vom Kompressor, gefiltert, gelagert bei 21°C, wassergesättigt, 90 bis 100 PSI.

**FIGURE 12**  
**Oven with "Bomb"**  
**Four avec «Bombe»**  
**Ofen mit »Bombe«**

Der Ofen wurde gemäß Abb. 12A in einer zur Bombe passenden Größe gebaut. Die Luft strömt durch den Ventilator über die Glühbirne, unter der Bombe durch, über Thermostat und Thermometer und wieder über die Bombe zurück. Die Temperatur schwankt mit diesem Aufbau nur um 0,75°C. Dies konnte durch die Empfindlichkeit und den engen Schaltbereich des Thermostaten und die Regulierung der Heizleistung (etwas größer, als es zur Beibehaltung der

The oven was assembled as indicated in Figure 12a, with dimensions to accommodate the size of bomb used. Air flowed through the fan, over the light-bulb heater, under the bomb, across the thermostat and thermometer, and returned across the bomb. Temperature control using this apparatus was approximately +0.75°C. This was achieved due to the thermostat's sensitivity and narrow differential range, and to the use of a heater power control adjusted to a



level very near the thermal load of the oven (using the dimmer control). Precise temperature control is very important in this apparatus due to the sensitivity of the reaction rate to temperature. The temperature calibration was initially made using a reference thermocouple thermometer; however, reproducible results from the thermostat and thermometer is the most important consideration, rather than absolute accuracy. The thermostat must be re-calibrated prior to use so that 67°C (155°F) is within its range. This was accomplished by first loosening the cement on the calibration screw with a solvent, such as lacquer thinner, and by rotating the set screw so that 67°C is about mid to 3/4 of the thermostat scale as determined by placement in the oven with a thermometer reading of 67°C. A safety thermostat set for 93°C is placed near the light bulb heater to sense whether the temperature is properly controlled; failure of the fan or thermostat would cause it to act, shutting off power to the oven.

An improved temperature controller has been used on an updated version of the bomb oven. This consisted of a RFL Industries (Dowty Electronics Company, Brandon, VT) model 72A zero voltage firing proportional temperature controller with a RFL model 27687-3 sensor. This controller substitutes for the Dayton Model 2E158 thermostat and the dimmer control. This allows for a more precise and stable control of temperature. A substitution of a ITT Vulcan Electric Company, Kezar Fall, ME 04047, Model FS1510B heater module (a 220 volt heater operated on 120 volts) for the 150 Watt light bulb heater will avoid the unfortunate failure of a light bulb during a test (this requires the repeat of the entire bomb exposure). The modified oven is also shown in Figure 12a Figure 12b is a photograph of the oven with the bomb.

de précision, ainsi que par l'utilisation d'un contrôle de la puissance du chauffage dont le réglage était très proche de la charge thermique du four (utilisant un contrôle de variation). Le contrôle précis de la température de cet appareil est très important à cause de la sensibilité du taux de réaction à la température.

Le calibrage de la température fut initialement réalisé au moyen d'un thermomètre thermocouple de référence; cependant, la fidélité du thermostat et du thermomètre sont plus importants que l'absolue précision. Le thermostat doit être recalibré avant d'être employé, de façon à ce que 67°C (153°F) soit dans son rayon d'action. Ceci fut réalisé en diluant l'amalgame de la vis de calibrage avec un solvant, un diluant laque, par exemple, et en faisant tourner le jeu de vis de façon à ce que les 67°C se trouvent entre 2/4 et 3/4 du cadran, comme il fut décidé lors du placement dans le four, avec une lecture de thermomètre de 67°C. Un appareil thermostatique de sécurité, allant jusqu'à 93°C, est placé près du chauffage lampe pour sentir si la température est contrôlée convenablement; toute défaillance du ventilateur ou du thermostat ferait entrer le thermostat de sécurité en action, et la puissance du four serait stoppée.

On a utilisé un contrôleur de température perfectionné sur une version remise à jour du four à bombe. Celui-ci consistait en un modèle des industries RFL 5 (Dowty Electronics Company, Brandon, VT) 72A, contrôleur de température proportionnelle tendant à zéro volt, avec un détecteur, modèle RFL 27687-3. Cet appareil de contrôle remplace le thermostat de modèle Dayton 2E157 ainsi que le contrôle du variateur de lumière. Ceci permet un contrôle de température plus précis et plus stable. La substitution d'un module d'appareil de chauffage FS1510B, ME 04047, Kezar Fall, de l'ITT Vulcan Electric Company (un appareil de chauffage de 220 V que l'on fait fonctionner à 120 V) à l'appareil de chauffage par lampe de 150 W évitera une regrettable défaillance d'une ampoule pendant un test (ce qui exige que l'on recommence à zéro l'exposition dans la bombe). Le schéma 12a

Temperatur nötig wäre) erreicht werden. Exaktes Einhalten der Temperatur ist sehr wichtig, da die Reaktionsgeschwindigkeit temperaturabhängig ist. Die Eichung wurde unter Verwendung eines thermogekoppelten Referenzthermometers vorgenommen. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse hängt sehr stark von Thermostat und Thermometer ab, ebenso wie von der Meßgenauigkeit. Der Thermostat muß vor Gebrauch geeicht werden, um zu garantieren, daß sein Schaltbereich 67°C umfaßt. Man erreicht dies, indem man den Klebstoff an der Einstellschraube mit einem Lösungsmittel wie Nitroverdünnung löst und die Einstellschraube so verdreht, daß die Temperatur von 67°C zwischen Mitte und Dreiviertel der Thermostatskala liegt, wie durch ein im Ofen befindliches Thermometer vorgegeben. Ein Sicherheitsthermostat wurde auf 93°C eingestellt und nahe der Glühbirnenheizung montiert, um ein Überhitzen des Ofens zu verhindern. Der Ausfall von Ventilator oder Thermostat würde ein Abschalten der Heizung bewirken.

Ein besserer Temperaturregler wurde für eine neue Version des Ofens verwendet. Dieser besteht aus einem Nullspannungs-Proportionalthermometer RFL Industries (RFL Electronics Company, Brandon, VT) Modell 72A mit einem Ferntemperaturfühler RFL, Modell 17687-3. Diese Kontrolleinheit ersetzt den Thermostat Dayban Modell 2E 158 und der Dimmer, wodurch ein besserer Einhalten der Temperatur gewährleistet wird. Ein Ersatz der 150 Watten durch einen Heizer ITT Vulcan Electric Company, Kezar Fall ME 04047, Modell FS 1510 B (für 220 V ausgelegt und bei 120 V betrieben) vermeidet das mißliche Versagen der Glühbirne während des Tests (was eine Wiederholung des Versuchs erfordert). Der verbesserte Ofen ist in Abb. 12A gezeigt, Abb. 12B ist eine Photographie des Ofens mit der Bombe.

Die Bombe wurde gemäß Abb. 13 unter Verwendung von Bauteilen aus

The bomb was assembled as shown in Figure 13 using alloy 316 stainless steel components.

### Loading the bomb

Eight 1/4" by 2" test samples of leather were required for every skin tested (four for exposure in the bomb, and four for controls). They were cut adjacent to each other, with the grain running the same way, and from an area of the skin considered good for pneumatic pouch making.

Usually no more than twenty samples were placed in the bomb so that a large excess of reagents was maintained throughout the exposure. These samples usually included four from a leather proven durable in previous runs and four from a leather of poor durability. These serve as reference leathers to compare the results of other leathers to. Twelve samples were from new skins to be tested. The thickness of all leather samples (control and tested) was measured prior to the test.

Samples were dropped into the bomb with the threaded reducer fitting and valve removed. The bomb was loaded with sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) by placing a length of approximately 1/4" O.D. vinyl tubing into the bomb so that its end rested at the bottom. The other tubing end was connected

montre également les modifications apportées à la bombe. La représentation 12b est une photographie du four avec la bombe. La bombe fut assemblée ainsi que le montre le schéma 13, au moyen de composants d'alliage d'acier inoxydable 316.

### Charger la bombe

On eut besoin de huit échantillons test de 1/4" sur 2" pour chaque peau testée (quatre pour l'exposition dans la bombe, et quatre en tant que contrôles). Ils furent coupés l'un à côté de l'autre, dans le même sens de la fleur, et d'une partie de la peau qui convient bien à la fabrication de soufflets pneumatiques.

En règle générale, on ne plaça pas plus de 20 échantillons dans la bombe, afin de maintenir un surplus de réactifs tout au long de l'exposition. Ces échantillons comprenaient généralement quatre bandelettes, provenant d'un cuir qui s'était avéré résistant lors de précédents emplois, et quatre autres bandelettes coupées hors d'un cuir de faible durabilité. Douze échantillons furent tirés de nouvelles peaux à tester. L'épaisseur de tous les échantillons de cuir (contrôle et test) fut mesurée avant le test.

Des échantillons furent descendus dans la bombe, après qu'on ait pris soin d'enlever la pièce de réduction. Cette installation fut ensuite remplacée et tendue, puis on appliqua une bande de teflon sur le joint.

Edelstahllegierung 316 zusammengebaut.

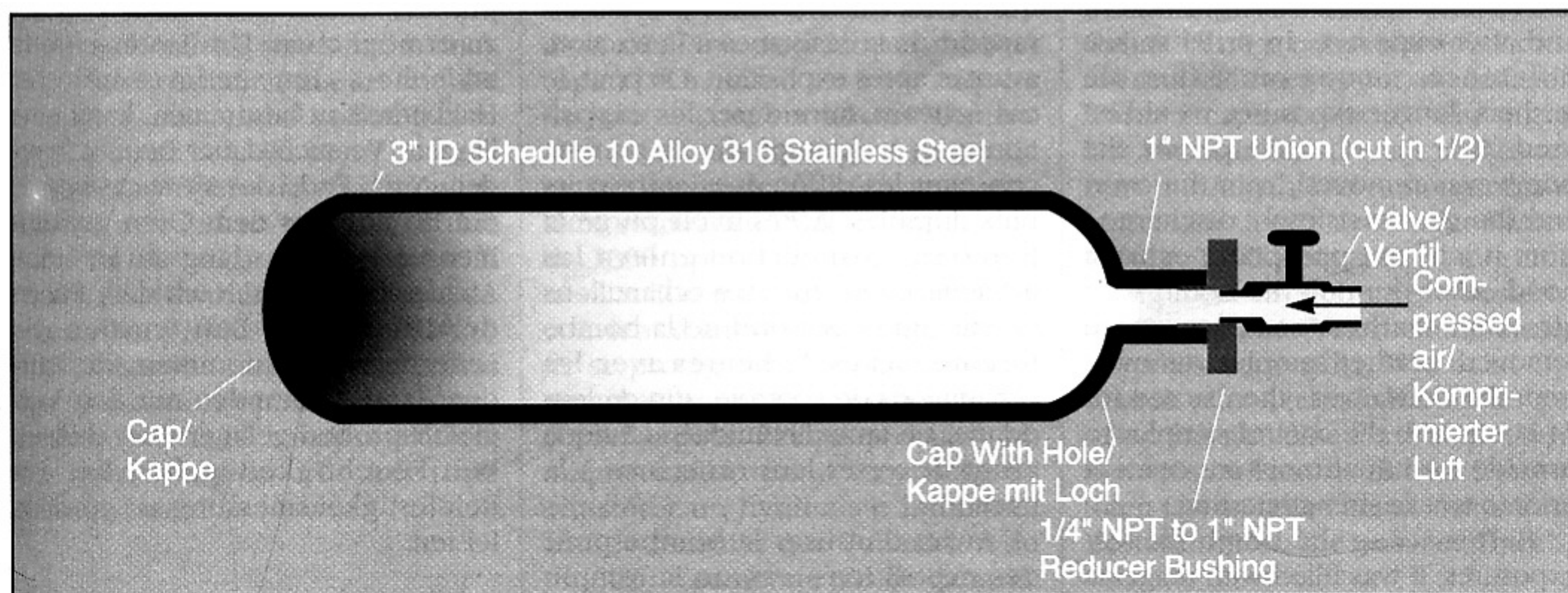
### Beladen der Bombe

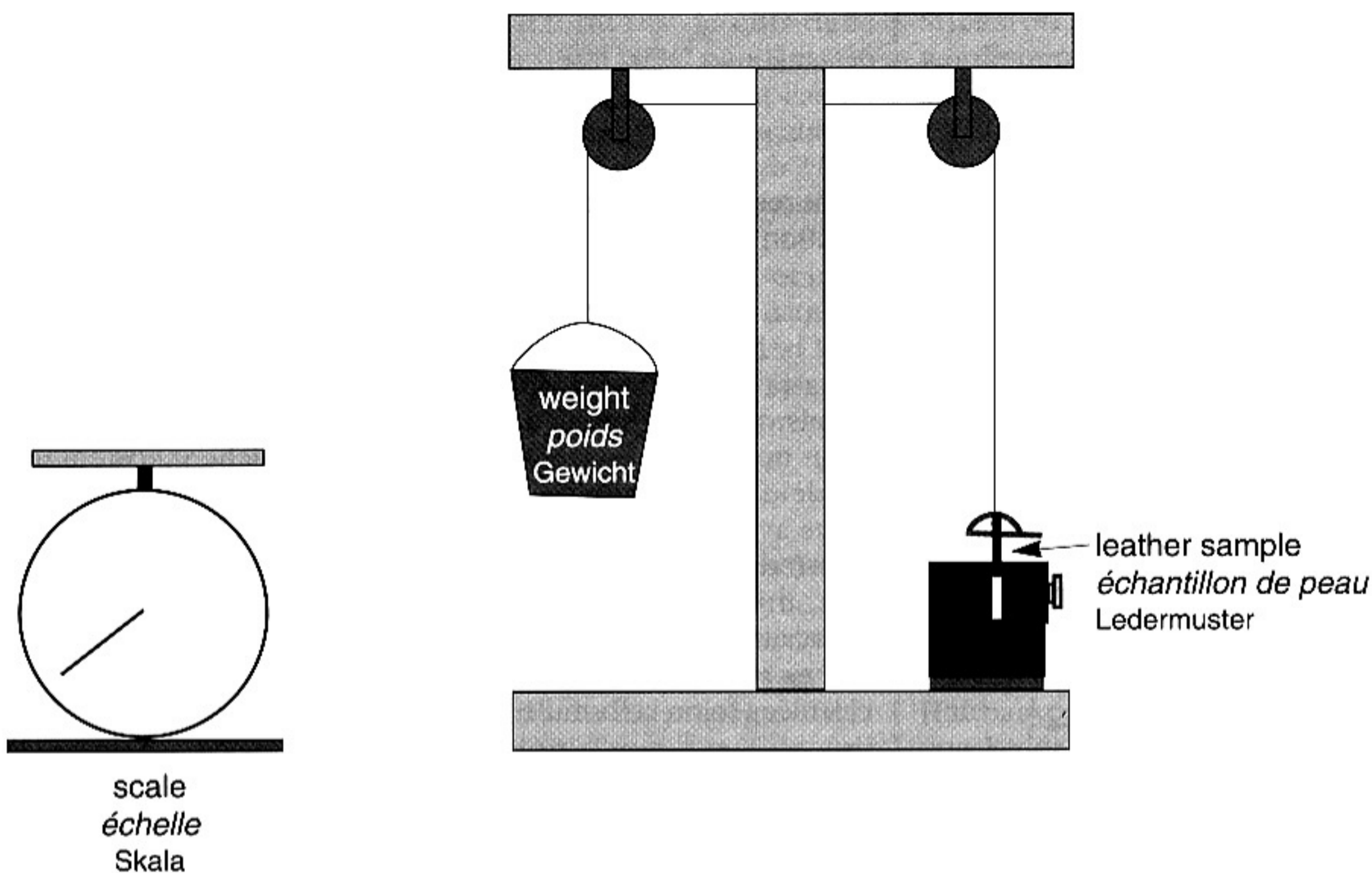
Für jede Ledersorte, die getestet wird, sind 8 Proben in der Größe 1/4" auf 2" erforderlich (vier für den Versuch, vier zur Kontrolle). Sie werden alle aus einem zusammenhängenden Stück, das für die Herstellung eines pneumatischen Balges geeignet scheint, in Narbenrichtung herausgeschnitten.

Gewöhnlich werden nicht mehr als 20 Proben in der Bombe plaziert, um einen großen Überschuss den Reagenzien während der gesamten Versuchszeit zu gewährleisten. Es sind immer vier Proben, die sich in vorhergehenden Versuchen als haltbar erwiesen haben, und vier Proben schlechter Qualität neben den zu testenden Lederproben als Referenzleder mit in der Bombe zu plazieren. Die Dicke der Lederproben (Referenz- und Testleder) wird vor dem Versuch gemessen.

Man entfernt Reduzierstück und Ventil von der Bombe, um die Proben einzubringen. Die Bombe wird mit Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) gefüllt, indem man es durch einen bis zum Boden der Bombe reichenden 1/4"-Vinylschlauch einleitet. Auf

FIGURE 13. Bomb





**FIGURE 14. Tensile Strength Apparatus**  
**Appareil mesurant la force d'éclatement**  
**Reißfestigkeitsmeßgerät**

and the procedure was run twice without samples to condition the interior surfaces.

Special arrangements may be necessary for safely handling the sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) gas, depending on the situation. Sulfur dioxide is a common atmospheric constituent, with urban levels on the order of one-tenth part per million (ppm) or less. It is very toxic at high concentrations. The Merck Index<sup>20</sup> states that it "may be intensely irritating to eyes and the respiratory tract. Lethal concentration for rats in air is 1,000 ppm." A fume hood and proper safety precautions will be needed to work with this material. As with other industrial chemicals, it would be wise to consult with an industrial hygienist to make sure your use of the material is safe. The authors cannot be responsible for injuries which may result from the performance of the tests described herein.

avec des réactifs et on effectua deux fois la procédure sans échantillons afin de remettre les parois intérieures en bon état.

Les dispositions spéciales qui semblent s'imposer, si l'on désire manipuler de l'anhydride sulfureux sans risques, varient selon la situation. L'anhydride est un constituant que l'on trouve dans l'atmosphère, avec des niveaux urbains de l'ordre d'un dixième de part par million (ppm) ou moins. Il est très toxique à de hautes concentrations. L'index Merck<sup>20</sup> affirme "qu'il peut causer de graves irritations aux yeux et au système respiratoire. Une concentration de 1000 ppm d'SO<sub>2</sub> est fatale aux rats". Si l'on manipule ce matériau, il convient d'utiliser une cheminée, et de se protéger par des mesures de sécurité appropriées. Ainsi qu'on le conseille pour d'autres produits chimiques industriels, il serait sage de consulter un hygieniste industriel afin de s'assurer que l'utilisation du produit ne comporte pas de dangers.

Vor dem ersten Versuchsdurchgang wurde die Bombe zweimal mit Reagenzien gefüllt und zweimal dem Versuchsaufbau unterzogen, um die inneren Oberflächen inaktiv zu machen.

Spezielle Anforderungen könnten zu einem sicheren Handhaben des Schwefeldioxids notwendig sein. Schwefeldioxid ist ein gewöhnlicher Bestandteil der Atmosphäre; der Gehalt beträgt unter einem zehntel pro Millionen (ppm). In höheren Konzentrationen ist es sehr giftig. Der Merck-Index<sup>20</sup> besagt, daß es reizend auf Augen und Atmungsorgane wirkt. Die letale Dosis für Ratten beträgt 1000 ppm. Ein Abzug und fachgerechte Sicherheitsvorkehrungen sind zur Verarbeitung dieses Materials notwendig. Wie beim Gebrauch aller Chemikalien ist es auf jeden Fall gut, eine Person mit Fachkenntnis zu Rate zu ziehen. Die Autoren übernehmen keine Haftung für Verletzungen, die aus der Durch-

The validity of the test system was first evaluated by exposing a variety of leather samples in the test apparatus at 67°C for 336 hours, with only dry nitrogen in the bomb. This was done to determine whether any significant thermally-induced deterioration effects were present. Test samples were also run for 336 hours at 67°C with only 6 Atmospheres (Atm) of compressed air, to observe the importance of SO<sub>2</sub> in the reagent mixture.

### Effects of oil and greases

The effects of treating leathers with certain oils and greases to prevent deterioration were evaluated. Three varieties of leather (two tan pneumatic and one cabretta) each received a) no treatment; b) added jojoba oil; c) added oil "P"; and, d) added petroleum jelly followed by exposure in the accelerated ageing test for 325 hours.

The jojoba oil was unfiltered, cold-pressed, and had no additives. It has a vapor pressure lower than whale oil<sup>21</sup> and it is even more resistant to oxidation when cold-pressed and non-filtered than is whale oil. Oil "P" was a commercial mixture of various materials which was claimed to extend the life of organ leathers. The petroleum jelly was a commercial product (Vaseline). In each case the added material was worked into the leather until it was saturated. The test strips were then pressed between blotting papers to remove excesses of the material. The samples of a given treatment were placed in open-ended glass test tubes, which were then placed in the bomb. The test tubes were used to prevent cross contamination of the samples.

mesures de résistance à la traction par type de cuir.

La validité du système de test fut d'abord évaluée en exposant une série d'échantillons de cuir dans l'appareil à test à 67°C pendant 336 heures, avec uniquement de l'azote sec dans la bombe. On fit cela afin de déterminer s'il y avait eu des effets significatifs de détérioration produits par induction thermique. On pratiqua également le test sur des échantillons, durant 336 heures, à 67°C, avec seulement 6 atmosphères (Atm) d'air comprimé, ceci afin d'observer l'importance de SO<sub>2</sub> dans le mélange réactif.

### Effets des huiles et des graisses

On évalua les effets de certaines huiles et graisses, appliquées sur des cuirs en vue de les protéger de la détérioration. Trois types de cuir (deux cuirs pneumatiques et un cabretta) reçurent chacun: a) aucun traitement; b) adjonction d'huile de jojoba; c) adjonction d'huile «P»; d) adjonction de vaseline, suivie d'une exposition au test de vieillissement accéléré pendant 325 heures.

L'huile de jojoba était pressée à froid, non filtrée, et ne contenait aucuns additifs. Elle a une pression à l'état de vapeur inférieure à celle de l'huile de baleine<sup>21</sup>, et, si elle est pressée à froid et non filtrée, résiste même mieux à l'oxydation que l'huile de baleine. L'huile «P» est un mélange commercial, constitué de divers composants. On prétendait que cette huile augmentait la durée des cuirs utilisés en facture d'orgue. Enfin, la vaseline, elle, est un produit commercial. Dans chaque cas, le matériau ajouté fut travaillé dans le cuir jusqu'à saturation. Les bandettes de test furent ensuite pressées entre des papiers buvards afin d'enlever tous les excédents du matériau. Les échantillons ayant subi un traitement donné furent placés dans des éprouvettes en verre non fermées, lesquelles furent ensuite placées dans la bombe, afin d'éviter le mélange des échantillons.

Die Gültigkeit des Testverfahrens wurde abgeschätzt, indem verschiedene Lederproben in den Apparatur für 336 Std. bei 67°C unter trockenem Stickstoff gehalten wurden. Dies wurde durchgeführt, um zu untersuchen, ob thermisch induzierte Effekte zu beobachten sind. Außerdem wurde der Versuch ohne Schwefeldioxid (6 atm Druckluft, 336 h, 67°C) durchgeführt, um den Einfluß des SO<sub>2</sub> zu untersuchen.

### Einflüsse von Fetten und Ölen

Untersucht wurden die Auswirkungen von Fetten und Ölen auf die Haltbarkeit des Leders. Drei Arten von Leder (zwei Bälgenleder und ein Cabrettenleder) wurden unterschiedlicher Behandlung unterzogen: a) keine Behandlung; b) Auftrag vom Jojobaöl; c) Auftrag von UPI »P« und d) Auftrag von Petroleumgel. Die Versuchszeit betrug 325 Std.

Das verwendete Jojobaöl war unfiltriert, kalt gepreßt und enthielt keine Zusätze. Seine Feuchtigkeit ist wesentlich geringer als die des Walöls<sup>21</sup> und ist in der verwendeten Form unempfindlicher gegen Oxidation. Öl »P« ist eine handelsübliche Mischung, die für Orgelleider als »lebensverlängernd« angepriesen wird. Bei dem Petroleumgel handelt es sich ebenfalls um ein handelsübliches Produkt (Vaseline). In allen Fällen wurde das Öl/Fett bis zur Sättigung des Leders eingearbeitet. Die Lederstreifen wurden dann zwischen saugfähigem Papier gepreßt, um das überflüssige Fett/Öl zu entfernen. Die Proben wurden dann in Reagenzgläser gesteckt und in die Bombe eingebracht. Die Reagenzgläser sind notwendig, um die Vermischung der unterschiedlichen Fette/Ölle zu verhindern.



## Chrome content

Tests for the  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  content of leather samples were accomplished using a perchloric acid oxidation followed by a sodium thiosulfate titration as described in method D-10 of the American Leather Chemists Association.<sup>22</sup> This method was quite rapid and accurate; however, it requires the use of a special hood equipped for handling nitrogen oxides, nitric acid and perchloric acid fumes. These chemicals are quite dangerous and should be handled only by trained personnel using proper equipment. An alternate method,<sup>22</sup> using an alkaline fusion, was judged more suitable for use in the absence of a chemical laboratory.

Leather samples used in this study were identified as to tannage and animal type, as seen in Table I, by a combination of information gathered from tanners' and distributors' claims, general appearance, results of analytical tests, and microscopic examination. All samples were microscopically examined.

We analyzed samples of tan pneumatic leather in this study as we sought the reason for their variable performance. Certain chrome-tanned hair sheep samples were also analyzed to determine the levels of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  present.

To determine whether 1928 Kimball tan pneumatic pouch leather has significant mercury content, we checked sample number 20 using a spot test based on the change of color of test paper saturated with diphenylcarbohydrazide.<sup>22</sup> A rumor has persisted that a mercury compound was responsible for the durability of that leather.

## La teneur en chrome

On effectua des tests de teneur en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  d'échantillons en cuir au moyen d'une oxydation d'acide perchlorique, suivie d'une titration de thiosulfate de sodium, ainsi qu'expliqué dans la méthode D-10 de l'American Leather Chemists Association.<sup>22</sup> Cette méthode est relativement rapide et précise; cependant, elle nécessite l'emploi d'une cheminée spéciale équipée pour la manipulation d'oxyde d'azote, acide nitrique, et vapeurs d'acide perchlorique. Ces produits chimiques sont plutôt dangereux, et seule une équipe de spécialistes habituée à pratiquer de telles opérations, et utilisant un équipement approprié, est à même de les employer. Une autre méthode<sup>22</sup>, utilisant la fusion d'un alcalin, fut jugée plus adéquate si l'on veut pratiquer l'expérience mais que l'on ne dispose pas d'un laboratoire de chimie.

Les échantillons de cuir utilisés dans cette étude furent identifiés point de vue tannage et type d'animal (Tableau 1) en combinant des informations glanées de ce que tanneurs et revendeurs affirmaient à des informations basées sur l'apparence générale, sur des résultats de tests analytiques, et sur des analyses microscopiques. Tous les échantillons furent examinés au microscope.

Dans le cadre de cette étude, nous avons analysé des échantillons de cuir pneumatique ochre, cherchant la raison pour laquelle leurs caractéristiques variaient. Certains échantillons de cuir de mouton métis, tannés au chrome, furent également analysés, afin de déterminer les quantités de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  qu'ils contenaient.

Pour savoir si un cuir de bourse pneumatic tanné, Kimball 1928, avait une quelconque teneur en mercure, nous avons vérifié l'échantillon n° 20 au moyen d'un test tache basé sur le changement de couleur de papier test saturé au diphenylcarbohydrazide.<sup>22</sup> En effet, selon une rumeur, un composé de mercure était responsable de la durabilité de ce cuir.

## Chromgehalt

Der Chromgehalt der Lederproben wurde durch die Oxidation mit Perchlorsäure und anschließender Titration mit Natriumthiosulfat bestimmt (Methode D-10 der »American Leather Chemists Association«<sup>22</sup>). Dieses Verfahren ist recht schnell und genau; es erfordert jedoch einen speziellen Abzug, der für die Verwendung von Stickstoffoxiden, Salpetersäure- und Perchlorsäuredämpfen geeignet ist. Diese Chemikalien sind recht gefährlich und sollen nur von ausgebildetem Personal mit geeigneter Ausrüstung verwendet werden. Eine andere Methode<sup>22</sup> — die Anwendung einer alkalischen Schmelze — erwies sich ohne chemisches Labor als besser geeignet.

Die von uns getesteten Lederarten sind nach Tierart und Gerbung klassifiziert (Tafel 1). Dazu wurden Informationen der Gerber, das Aussehen und die Ergebnisse analytischer und mikroskopischer Untersuchungen herangezogen.

Wir untersuchten Pneumatiklederproben, um Ursachen für eine unterschiedliche Haltbarkeit auszumachen. Bestimmt wurde außerdem der Chromgehalt einiger chromgegerbter Haarschafledersorten.

Um herauszufinden, ob Pneumatikleder von Kimball aus dem Jahre 1928 einen signifikanten Quecksilbergehalt aufweist, unterzogen wir bei Probe Nr. 20 eine Spottest, der auf dem Farbwechsel eines mit Diphenylcarbohydrazid gesättigten Testpapiers beruht.<sup>22</sup> Ein Gerücht besagte, daß die Haltbarkeit dieses Leders von einer Quecksilberverbindung herrührte.

## Results and discussion

The precise determination of the error associated with the measurements made is somewhat difficult to assess due to orientation effects as well as to the extreme variation possible in leather samples as a function of location on a skin. The tensile strength measurement apparatus varied in performance less than  $\pm 3\%$  for one standard deviation (S. D.). The S.D. of a set of eight measurements for a given leather being tested typically would be less than  $\pm 7\%$ . Occasionally a given leather being tested will have a wide variation in tensile strength measurements. This could result from small-scale variations in leather thickness among the samples, or structural properties of the leather. In order to test such leathers, more measurements may be necessary to reduce the error in estimating the average tensile strength. Measurements of chrome content using the cited method were estimated to be approximately  $\pm 2\%$  for one S. D. The overall reproducibility of sample deterioration measurements using the accelerated ageing system (including such factors as reagent concentration, temperature stability, tensile strength measurement accuracy and sample selection effects) appeared to be approximately  $\pm 10\%$  for one S.D.

The validity tests summarized in Table II indicated that there was no significant thermally-related deterioration of the leather samples tested at  $67^\circ\text{C}$  (exposure in nitrogen atmosphere). The two tan pneumatic leather samples (3 and 14) showed significant deterioration in tensile strength in the presence of 6 Atm of compressed air at  $67^\circ\text{C}$  (but less than in the accelerated ageing test for equal exposure times). That was probably caused by significant acidity in the samples prior to the test. The chrome-tanned sample 17 showed no significant deterioration in tensile strength.

Experience in the use of the CPVC bomb revealed that some absorption of  $\text{SO}_2$  into the walls of the container

## Résultats et discussion

Il est relativement difficile de dire avec précision si les mesures effectuées comportent des erreurs. Ceci est dû à des effets d'orientation ainsi qu'à des changements extrêmes pouvant s'opérer dans les échantillons de cuir selon qu'ils proviennent d'une partie ou l'autre d'une peau. Point de vue fonctionnement, l'appareil mesurant la résistance à la traction ne varia que moins de plus ou moins 3% de tolérance standard (TS). La tolérance standard d'une série de 8 mesures pour un cuir donné testé serait normalement de plus ou moins 7%. Il arrivera que les mesures de résistance à la traction d'un cuir donné testé varient fort. Ceci peut s'expliquer par de faibles différences d'épaisseur de cuir parmi les échantillons, ou par des propriétés structurelles dans le cuir. Dans le cas de tels échantillons, il est nécessaire d'effectuer des mesures supplémentaires afin de diminuer la marge d'erreur lorsqu'on établit la résistance moyenne à la traction. Des mesures de teneur en chrome, utilisant la méthode citée, furent estimées à approximativement 2% pour un TS. L'appareil pouvant reproduire complètement des mesures de détérioration d'échantillon au moyen du système de vieillissement accéléré (comprenant des facteurs tels que la concentration en réactifs, température stable, précision de la mesure de la résistance à la traction et effets de sélection d'échantillons) alla jusqu'à plus ou moins 10% pour un TS.

Les tests de validité des expériences, résumés dans le Tableau II, indiquèrent que les échantillons de cuir testés à  $67^\circ\text{C}$  ne montrèrent aucune détérioration significative qui aurait pu être provoquée par la chaleur (exposition dans une atmosphère azotée). Les deux échantillons de cuir tan pneumatique (3 et 14), mis en présence de 6 Atm d'air comprimé à  $67^\circ\text{C}$ , montrèrent une détérioration significative de résistance à la traction (détérioration cependant moins forte que dans le test de vieillissement accéléré, pour des durées d'exposition équivalentes). Ceci peut probablement s'expliquer par le fait que les échantillons contenaient déjà une quantité significative d'acide avant le test. L'échantillon tanné au

## Ergebnisse und Diskussion

Eine genaue Bestimmung des Meßfehlers in unserer Untersuchung ist recht schwierig, da die Narbenrichtung eine Rolle spielt und die Lederproben — bedingt durch den Teil der Haut, aus dem sie präpariert wurden — eine große Vielfalt aufweisen. Die Reißfestigkeitsmessung hatte eine Standardabweichung (S) von weniger als 3%. Die Standardabweichung einer Reihe von 8 Messungen für eine Ledersorte hat einen typischen Wert von unter  $\pm 7\%$ . Gelegentlich weisen die Reißfestigkeitsmessungen für eine Ledersorte recht unterschiedliche Werte auf. Dies könnte an kleinen Unterschieden der Lederdicke oder an strukturellen Eigenschaften liegen. Bei solchen Proben ist die Durchführung einer Vielzahl von Messungen notwendig, um durch Mittelwertbildung den Meßfehler zu minimieren. Die Messungen des Chromgehaltes mit der oben beschriebenen Methode weisen eine Ungenauigkeit von  $\pm 2\%$  auf. Die Gesamtmeßgenauigkeit des Testes zur beschleunigten Alterung (unter Berücksichtigung von Ungenauigkeiten in der Reagenzienkonzentration, Temperatureinhaltung, Reißfestigkeitsmessung und Fehlern bei der Auswahl der Proben) scheint bei ungefähr  $\pm 10\%$  zu liegen.

Die Ergebnisse der Versuche sind in Tafel II zusammengefaßt und zeigen, daß bei  $67^\circ\text{C}$  unter 1 atm Stickstoff eine deutliche Zerstörung der Proben nicht eingetreten ist. Die beiden Pneumatiklederproben (3 und 14) verloren bei  $67^\circ$  unter 6 atm Druckluft einen Teil ihrer Reißfestigkeit (doch deutlich weniger als bei den zur beschleunigten Alterung durchgeführten Versuchen). Dies wurde wahrscheinlich durch einen recht hohen Säuregehalt der Proben verursacht. Das chromgegerbte Leder (Nr. 17) zeigte keinen erheblichen Verlust an Reißfestigkeit.

Erfahrungen mit der CPVC-Bombe zeigten, daß die Wände des Behälters etwas  $\text{SO}_2$  absorbierten, während eine Desorption stattfand, wenn

occurred, with a desorption occurring between exposure runs. The effect was controlled by loading the bomb with reagents only and heating it to the reaction temperature for a few days prior to an experimental run. The stainless steel container, while costing more, eliminated this effect.

Sample 1 was a very light-colored tan pouch leather. It had a very poor durability and low initial tensile strength. Its tannage was probably a syntan.

Sample 2 was perhaps the best leather tested. It was very supple, had very high initial tensile strength and was quite resistant to deterioration. Its source was a leather "middleman" who had no definite information about its source or tanning. It was thought to be from the goat family, and of Middle Eastern origin. Its very white color suggested an alum or zirconium tanning agent. Subsequent tests on the leather's ash residue using concentrated nitric acid indicated that the tanning agent was probably zirconium. There were no significant amounts of chrome salts present in the sample. The supply of this leather is very undependable and it is presently not available in the thicknesses needed or in the quality of the sample tested.

Sample 5 was a chrome-tanned, brown-colored goat leather. Its resistance to deterioration was good.

Samples 3, 6, 7, and 14 were tan pneumatic pouch leathers from a variety of sources and should be representative of leathers that builders and repair personnel have used in recent years.

chrome (17) ne montre aucune détérioration significative de résistance à la traction.

L'expérience utilisant la bombe CPVC prouva qu'il y avait eu une certaine absorption de SO<sub>2</sub> dans les parois du four; il y eut également une désorption entre deux utilisations. On contrôla l'effet en chargeant la bombe uniquement avec des réactifs, et en la chauffant à la température de la réaction pendant quelques jours, avant une utilisation expérimentale. Le container en acier inoxydable, bien qu'il ait coûté plus, élimina cet effet.

L'échantillon 1 était un cuir pour membranes de couleur très claire. Il avait une durabilité très faible, une résistance à la traction initialement basse, et avait probablement subi un tannage au syntan.

L'échantillon 2 fut peut-être le meilleur cuir que l'on testa. Il était très souple, sa résistance à la traction étaient initialement très élevée, et il résista plutôt bien à la détérioration. Ce cuir nous avait été fourni par un «intermédiaire», qui n'avait pas d'informations précises quant à la façon dont ce cuir avait été tanné. On pensa que c'était un cuir de la famille des chèvres, venant du Moyen-Orient. Sa couleur, très blanche, suggérait un tannage à l'alun ou au zirconium. Des tests ultérieurs furent effectués sur les résidus de cendres de ce cuir à l'aide d'acide nitrique concentré, et ces tests indiquèrent que le tanin utilisé était probablement le zirconium. L'échantillon ne contenait pas de quantités significatives de sels de chrome. L'approvisionnement de ce cuir n'est pas vraiment garanti, et, à l'heure actuelle, on ne peut en obtenir ni aux épaisseurs requises, ni de la qualité de l'échantillon testé.

L'échantillon 5 était un cuir de chèvre de couleur brune et tanné au chrome. Il offrait une bonne résistance à la détérioration.

Les échantillons 3, 6, 7, et 14 étaient des cuirs pneumatiques d'origines variées, et devraient être représentatifs des cuirs que les facteurs d'orgues et le personnel d'entretien ont utilisé ces dernières années.

das Material der Reaktion ausgesetzt war. Der Effekt wurde kontrolliert, indem die Bombe nur mit Reagenzien geladen und einige Tage vor dem Versuchslauf auf die Reaktionstemperatur erhitzt wurde. Der Edelstahlbehälter schloß diesen Effekt aus, kostet aber mehr.

Probe 1 war ein sehr helles Membranleder. Es hatte sehr geringe Haltbarkeit und wies schon vor dem Test eine sehr geringe Reißfestigkeit auf. Es war vermutlich synthetisch gegerbt.

Probe 2 war wahrscheinlich das beste Leder im Test. Es war sehr weich, hatte eine hohe Anfangsreißfestigkeit und war ziemlich gut haltbar. Wir bezogen es von einem Zwischenhändler, der keine genauen Informationen über Tierart und Gerbung hatte. Er meinte, es komme aus dem Mittleren Osten, und wahrscheinlich handele es sich um Ziegenleder. Seine fast weiße Farbe ließ auf eine Alaun- oder Zirkongerbung schließen. Nachfolgende Tests mit der Asche des Leders ließen es als wahrscheinlich erscheinen, daß es sich um eine Zirkongerbung handelte. Es wurden keine erheblichen Mengen von Chromsalzen in der Probe gefunden. Die Lieferung dieses Leders ist jedoch sehr zuverlässig; es ist gegenwärtig nicht in der für den Test benötigten Dicke verfügbar.

Probe 5 war chromgegerbtes braunes Ziegenleder. Seine Haltbarkeit erwies sich als gut.

Die Proben 3, 6, 7 und 14 waren Pneumatikleder unterschiedlicher Herkunft und sollten die in den letzten Jahren von Orgelbauern verwendeten Leder recht gut repräsentieren.

Sample Nr. N° Echantillon Probe Nr.	Supplier's Sample Name Nom donné par le fournisseur Von Lieferanten angegebener Name	Thickness Epaisseur Stärke	Probable Animal Type Type probable d'animal Wahrscheinliche Tierart	Probable Tannage Tannage Probable Wahrscheinliche Gerbung
1	Natural Skiver <i>Peau chanfreinée naturelle</i> Naturspaltleder	0,012" = 0,30 mm	Wool Sheep <i>Mouton lainé</i> Wollschaf	Syntan
2	White Zickel <i>Peau de chèvre, blanc</i> Weißes Ziegenleder	0.011" = 0,28 mm	Wool Sheep <i>Mouton lainé</i> Wollschaf	Zirconium <i>Zircon</i> Zirkon
3	Tan Pneumatic <i>Peau pneumatique</i> Pneumatikleder	0.010" = 0,25 mm	Wool Sheep <i>Mouton lainé</i> Wollschaf	Vegetable <i>Végétal</i> Pflanzlich
4	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	0.013" = 0,33 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Chrome*
5	Brown Zickel <i>Peau de chèvre, brun</i> Braunes Ziegenleder	0.030" = 0,76 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Chrom Chrome
6	Tan Pneumatic <i>Peau pneumatique</i> Pneumatikleder	0,012" = 0,30 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Chrom Chrome
7	Tan Pneumatic <i>Peau pneumatique</i> Pneumatikleder	0,014" = 0,36 mm	Goat <i>Chèvre</i> Ziege	Little Chrome <i>Peu de chrome</i> Wenig Chrom
8	Natural Goat <i>Chèvre, naturel</i> Naturziegenleder	0.032" = 0,81 mm	Goat <i>Chèvre</i> Ziege	Sumac-Natural Liming <i>Sumac pelenage naturel</i> Sumach nat. geäschert
9	PIRA Goat <i>PIRA chèvre</i> PIRA Ziegenleder	0.036" = 0,91 mm	Goat <i>Chèvre</i> Ziege	Sumac-Natural Liming <i>Sumac pelenage naturel</i> Sumach nat. geäschert
10	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	0.008" = 0,20 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Chrome*
11	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	0.007" = 0,18 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Chrom* Chrome*
12	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	0.007" = 0,18 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Chrom* Chrome*
13	Lamb <i>Agneau</i> Lammleder	0.011" = 0,28 mm	Wool Sheep <i>Mouton lainé</i> Wollschaf	Formaldehyde <i>formaldéhyde</i> Formaldehyde
14	Tan Pneumatic <i>Peau pneumatique</i> Pneumatikleder	0.010" = 0,25 mm	Wool Sheep <i>Mouton lainé</i> Wollschaf	Vegetable <i>Végétal</i> Pflanzlich
15	Mason & Hamlin Reserv. 1874	0.046" = 1,17 mm	Wool Sheep <i>Mouton lainé</i> Wollschaf	Alum & Formaldehyde <i>Alun &amp; formaldéhyde</i> Alaun & Formaldehyd
16	Wm. Davis Reserv. 1863	0.027" = 0,69 mm	Wool Sheep <i>Mouton lainé</i> Wollschaf	Alum & Formaldehyde <i>Alun &amp; formaldéhyde</i> Alaun & Formaldehyd
17	Cabretta	0.009" = 0,23 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Chrome*
18	Bellows Leather 1800 <i>Peau pour soufflets 1800</i> Balgleder 1800	0.027" = 0,69 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Alum & Formaldehyde <i>Alun &amp; formaldéhyde</i> Alaun & Formaldehyd
19	Cabretta	0,012" = 0,30 mm	Hair Sheep <i>Mouton métis</i> Haarschaf	Chrome*
20	Kimball 1928	0.008" = 0,20 mm	Wool Sheep <i>Mouton lainé</i> Wollschaf	Vegetable & Chrome <i>Végétal &amp; Chrome</i> Pflanzlich & Chrom

\* possible gluteraldehyde retannage / gluteraldehyde Nachgerbung möglich

Table I. Leather Samples Used in Study — *Echantillons de cuirs utilisés dans l'étude* — Bei der Studie verwendete Lederproben

Sample Number N° Echantillon Probe Nr.	Reagents in Bomb Réactifs dans la bombe Reagenzien in Bombe	Loss of Tensile Strength (% for 336 hr exposure) Perte de résistance à la traction (% pour 336 hr d'exposition) Reißfestigkeitsverlust (% für 336 Std. Aussetzung)
2	1 Atm N <sub>2</sub>	-0.0
10	1 Atm N <sub>2</sub>	-0.0
14	1 Atm N <sub>2</sub>	-10.0
3	6 Atm <del>N<sub>2</sub></del> Air	-61.0
14	6 Atm <del>N<sub>2</sub></del> Air	-47.0
16	6 Atm <del>N<sub>2</sub></del> Air	-17.0

Table II. Method Validity Tests  
Table II. Tests de validité de méthode  
Tafel II. Test für Gültigkeit der Methode

Samples 4, 10, 11, 12, 17, and 19 were chrome-tanned hair sheep or cabretta. These are representative of another class of leathers that are gaining popularity as a replacement for tan pneumatic pouch leathers.

Samples 8 and 9 were vegetable-tanned Nigerian goat leather intended for bookbinding. Sample 9 was certified to have passed the P. I. R. A. test. These samples were included in the study because they were represented as having been processed using sumac vegetable tanning agents and traditional liming methods. This processing should have resulted in significant calcium oxalate content and reasonable durability. The results of the test indicated reasonable resistance to deterioration (sample 8 seemed to have better resistance than sample 9). As both samples were quite thick and stiff, they were not suitable as organ pouch leathers.

Sample 4 was represented by its tanner to be young Haitian hair sheep. Its durability was quite good; however, its initial tensile strength was moderate. Its chrome content was the highest tested.

Samples 10, 11, and 12 were represented by their importer to be very young hair sheep from Africa with chrome contents greater than 3.0% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. They were shaved to the thicknesses specified. In general, their resistance to deterioration was good; however, their moderate initial

Les échantillons 4, 10, 11, 17 et 19 provenaient de cuirs de moutons métis ou cabretta. Ceux-ci représentent un autre type de cuir qui est en train de gagner en popularité pour remplacer les cuirs pneumatiques.

Les échantillons 8 et 9 provenaient de cuir de chèvre nigérien tanné aux végétaux et destiné à un usage en reliure. On certifia que l'échantillon 9 avait réussi le test P.I.R.A. Ces échantillons furent compris dans l'étude parce qu'ils étaient représentatifs de tannage végétal au sumac, et de méthodes de pelanage traditionnelles. Ce serait grâce à ce procédé qu'ils avaient une teneur significative en oxalate de calcium ainsi qu'une durabilité convenable. Les résultats du test indiquèrent une résistance normale à la détérioration (la résistance de l'échantillon 8 sembla meilleure que celle du 9). Vu que ces deux échantillons étaient relativement épais et durs, ils ne convenaient pas aux cuirs de bourses d'orgues.

La personne ayant tanné l'échantillon 4 nous affirma que c'était un cuir de jeune mouton haïtien. Sa résistance fut plutôt bonne; cependant, sa résistance à la traction était modérée. C'est cet échantillon qui contenait le plus de chrome.

L'importateur des échantillons 10, 11 et 12 nous apprit que ceux-ci provenaient de très jeunes moutons métis africains, et que leur teneur en chrome dépassait les 3%. Ils furent dérayés aux épaisseurs requises. En général, ils offrirent une bonne résistance; leur résistance à la traction, ini-

Die Proben 4, 10, 11, 12, 17 und 19 waren chromgegerbte Haarschaf- und Cabrettenleder. Sie stellen eine andere Klasse von Ledern dar, die immer mehr Beliebtheit als Ersatz für das Pneumatikleder erlangt.

Die Proben 8 und 9 waren pflanzlich gegerbte Nigerianische Ziegenleder zum Buchbinden. Probe 9 war von der »Printing Industry Research Association« getestet und für geeignet erklärt worden. Die Proben wurden mit in die Versuchsreihe aufgenommen, weil sie mit Sumach gegerbt und auf traditionelle Weise geäschert waren. Dieses Verfahren sollte zu einem hohen Calciumoxalatgehalt sowie einer dadurch bedingten guten Haltbarkeit führen. Der Test zeigte für beide Proben eine recht gute Haltbarkeit (wobei 8 besser als 9 war). Doch beide Proben waren ziemlich dick und steif und daher für den Orgelbau ungeeignet.

Probe 4 wurde vom Gerber als Leder vom Haitianischen Haarlamm bezeichnet. Seine Haltbarkeit war ziemlich gut, doch seine Anfangsreißfestigkeit war eher bescheiden. Es hatte den höchsten Chromgehalt aller Proben.

Die Proben 10, 11 und 12 wurden vom Importeur als Afrikanisches Haarlammleder mit einem Chromgehalt von mehr als 3% bezeichnet. Sie waren zu bestimmten Dicken gefalzt. Im allgemeinen war ihre Haltbarkeit gut, doch ihre geringe Anfangsreißfestigkeit war nicht

tensile strength was not ideal. Sample 11 had less resistance to deterioration than the other two samples, yet the minor difference in the chrome content of the samples would probably not explain this. Chrome content measured as Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> was considerably less than the importers claimed.

Sample 13 was about eight years old and was very weak at the start, probably as a result of a very rapid deterioration after tanning. What appeared to be the residual tensile strength (343 lb/in<sup>2</sup>, or 241 kg/cm<sup>2</sup>) was retained quite well in the accelerated ageing test; however, the leather would be too weak to be useful.

Samples 15, 16, 18, and 20 were from old pipe organs. Samples 15, 16, and 18 were 19th century, off-white-colored bellows leathers which were replaced during restorations of the instruments. All samples were still serviceable after use for between 110 and 185 years. Their initial tensile strength (for the accelerated ageing test) was still acceptable and their

tialement modérée, n'était néanmoins pas idéale. L'échantillon 11 offrit moins de résistance que les deux autres échantillons; ce n'est cependant pas la faible différence de teneur en chrome des échantillons qui pourrait en être la cause. La teneur en chrome, sous la forme de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, était fortement inférieure à celle affirmée par les producteurs.

L'échantillon 13 avait à peu près huit ans, et fut très faible au départ, probablement suite à une détérioration très rapide après le tannage. Ce qui semblait être sa résistance résiduelle à la traction (241 kg/cm<sup>2</sup>) fut relativement bien maintenue dans le test de vieillissement accéléré; ce cuir serait cependant trop faible pour être utilisé.

Les échantillons 15, 16, 18 et 20 provenaient de vieux orgues à tuyaux. Les échantillons 15, 16 et 18 dataient du 19e siècle, et venaient de cuirs de soufflets de couleur blanc cassé, cuirs qui furent remplacés lors de la restauration des instruments. On pouvait encore se servir de tous les échantillons, bien qu'ils aient été utilisés pendant 110 à 185 ans. Leur

besonders hoch. Probe 11 erwies sich als weniger haltbar als die beiden anderen Proben. Die Unterschiede im Chromgehalt sind vermutlich keine Erklärung hierfür. Der von uns gemessene Chromgehalt (in Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) war geringer als vom Importeur angegeben.

Probe 13 war ungefähr 8 Jahre alt und hatte eine sehr kleine Anfangsreißeisfestigkeit. Ursache hierfür war vermutlich eine sehr schnelle Zersetzung nach dem Gerben. Die verbliebene Reißfestigkeit (241 kg/cm<sup>2</sup>) änderte sich in unserem Test nur wenig, doch das Leder ist zu schwach für den Einsatz in Orgeln.

Die Proben 15, 16, 18 und 20 stammten aus alten Pfeifenorgeln. Die aus dem 19. Jahrhundert stammenden Proben 15, 16 und 18 aus weißlichem Balgleder wurden bei Restaurationsarbeiten ersetzt. All diese Proben waren trotz eines Alters zwischen 110 und 115 Jahren noch verwendbar. Ihre Reißfestigkeit (vor dem Test) war akzeptabel und ihre

**Table III. Accelerated Aging of Leather**  
**Table III. Vieillissage de cuir accéléré.**  
**Tafel III. Beschleunigte Alterung von Leder**

Sample Nr. Echantillon n° Probe Nr.	Initial Tensile Strength Résistance initiale à la traction Anfangsreißeisfestigkeit		Exposure Time (hr) — Temps d'exposition (hr) — Versuchsdauer (Std.)				
	lb/in <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	120	192	336	383	405
			Loss of Tensile Strength (%) — Perte de résistance à la traction (%) — Reißfestigkeitsverlust (%)				
1	842	59			79		
2	8100	568		23		45	
3	654	46	37	73	75	86	
4	1232	86	15				
5	3890	273			48		
6	880	62			52		
7	1071	75			92		
8	1271	89			24		
9	1552	109			49		
10	1280	90	8	13		31	
11	1318	92	18	25		52	
13	343	24			13		
14	727	51	40	44		73	
15	957	67					30
16	1437	101					32
17	1509	106	25	25		37	
18	963	67					19

\*Each value represents the average of at least four tensile strength measurements  
\*Chaque valeur représente la moyenne d'au moins quatre mesures de résistance à la traction.  
\*Jeder Wert repräsentiert den Durchschnitt von mindestens vier Reißfestigkeitstests.

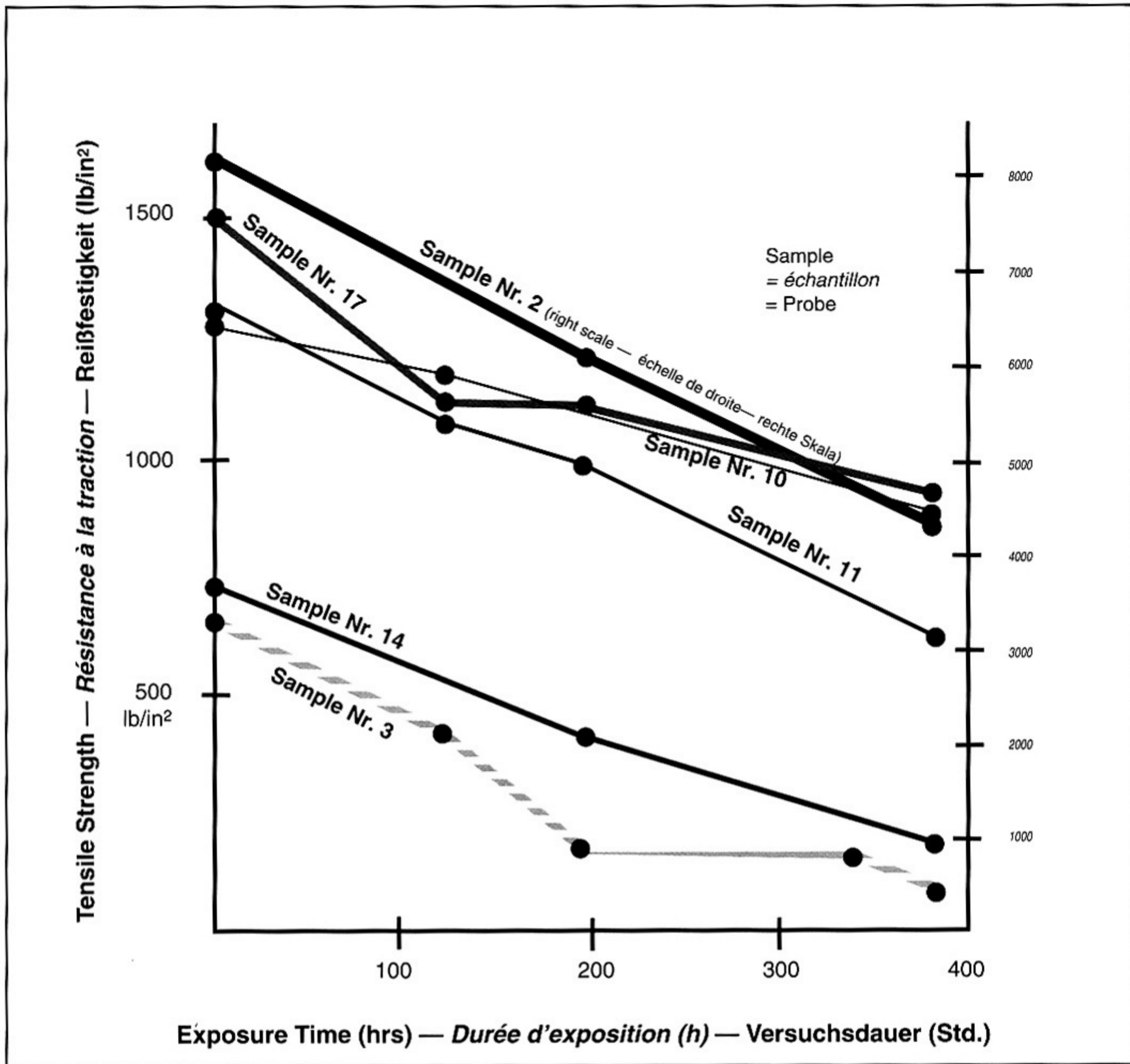


FIGURE 15. Tensile Strength as Function of Exposure Time  
*Résistance à la traction en fonction de la durée d'exposition*  
 Reißfestigkeit als Funktion der Versuchsdauer

resistance to deterioration was very good. Microscopic examination of sample 18 showed white crystals in the hair pockets, but their significance was not known. The performance of these leathers in the accelerated ageing test tends to verify the validity of the test, in that the leathers' actual performance in service and measured durability were in agreement. Sample 20 was from a 1928 Kimball pipe organ pedal division box-pneumatic motor and was still in serviceable condition. No mercury and only a trace of chrome was found in the Kimball leather. Its durability is probably related to use of a

résistance initiale à la traction (pour le test de vieillissement accéléré) était encore acceptable, et ils résistèrent très bien à la détérioration. Une analyse microscopique de l'échantillon 18 fit apparaître des cristaux blancs dans les poches de poils, mais on ne sait pas s'ils sont importants. La performance de ces cuirs dans le test de vieillissement accéléré nous incite à vérifier la validité du test, de façon à ce que la véritable performance des cuirs corresponde à leur service et durabilité mesurée. L'échantillon 20 provenait d'un soufflet pneumatique de la pédale d'un orgue de Kimball de 1928 et pouvait encore servir. On

Beständigkeit im Test sehr gut. Eine mikroskopische Untersuchung von Probe 18 zeigte weiße Kristalle in den Haartaschen des Leders, doch ihre Bedeutung blieb unerkannt. Das Verhalten dieser Lederproben im Test scheint die Gültigkeit unseres Verfahrens zu bestätigen, da der aktuelle Zustand des Leders mit seiner Reißfestigkeit nach dem Test in Übereinstimmung war. Probe 20 stammte von einem pneumatischen Bälgen aus dem Pedalwerk einer Kimball-Orgel aus dem Jahre 1928 und war noch in einem verwendbaren Zustand. Die Analyse wies kein Quecksilber, aber Spuren von Chrom

vegetable tannage which introduced calcium oxalate into the leather; however, its exact tannage is unknown.

Sample 17 was chrome-tanned hair sheep with a probable glutaraldehyde re-tan, shaved to a thickness suitable for pneumatic pouch applications. It was obtained through an organ leather supplier. Its durability was very good, and its initial tensile strength was good. This sample and several leathers of the same type exhibited gluing properties somewhat unlike the tan pneumatic leathers typically used. Hide glue, the normal adhesive, did not always adhere well to the grain side of the leather, probably due to a surface treatment of some type. It was found that this could be overcome by lightly cleaning the surface with acetone, or by lightly sanding the surface. Glues such as those with synthetic rubber bases (Goodyear Pliobond) also worked well without any surface modification.

*The authors have found that the oil content in many of these leathers can be reduced or a different type of oil substituted by immersion of the leather in a solvent such as tetrachloroethylene, followed by an appropriate re-fatting. This may result in a leather having gluing properties similar to that experienced with the traditional tan pneumatic leather. An additional benefit may be to reduce the presence of excess oils in the leather, which may subsequently oxidize and produce a stiffening and an accelerated deterioration of the leather. The use of a high-quality re-fatting agent may also result in more stable leather properties.*

*The study of the effects of oils and greases, summarized in Table V, indicated that the addition of jojoba oil or petroleum jelly had little effect*

ne trouva dans le cuir de Kimball aucune trace de mercure, et seulement un peu de chrome. Sa durabilité est probablement due à l'utilisation d'un tanin végétal qui a introduit de l'oxalate de calcium dans le cuir; on ne sait cependant pas avec précision comment il a été tanné.

L'échantillon 17 venait d'un cuir de mouton métis tanné au chrome, avec vraisemblablement un retannage au glutaraldehyde, et dérayé à une épaisseur convenant aux applications de soufflets pneumatiques. C'est un fournisseur de cuirs pour orgues qui nous procura cet échantillon. Sa durabilité était très bonne, et sa résistance initiale à la traction était bonne. Cet échantillon, ainsi que plusieurs cuirs du même type, offraient des propriétés adhésives quelque peu différentes des cuirs pneumatiques ochre normalement utilisés. La colle pour cuir, l'adhésif normal, n'adhérait pas toujours bien au côté de la fleur du cuir, probablement à cause d'un certain type de traitement de la surface. On a trouvé que l'on peut résoudre ce problème en nettoyant légèrement la surface à l'acétone, ou en la ponçant. Des colles dont celles à base de caoutchouc synthétique (Goodyear Pliobond) agissaient également très bien, sans toutefois modifier la fleur.

*Les auteurs de cet article ont découvert qu'il était possible de diminuer la teneur en huile de nombreux de ces cuirs, ou que l'on peut remplacer un autre type d'huile en plongeant le cuir dans un solvant tel que le tétrachloroéthylène, puis en appliquant au cuir un regrainage approprié. Il se peut que le cuir obtienne dès lors des propriétés adhésives similaires à celles expérimentées avec un cuir tan pneumatique traditionnel. Il peut y avoir également un autre avantage, à savoir la réduction de surplus d'huile présents dans le cuir, ce qui peut par la suite oxyder le cuir, le rendre plus dur et l'abîmer plus rapidement. L'utilisation d'un agent de regrainage de haute qualité peut par ailleurs donner au cuir des propriétés plus stables.*

*L'étude sur les effets des huiles et des graisses, résumée Tableau V, montra que l'adjonction d'huile de jojoba ou de vaseline avait peu d'effet sur la*

auf. Seine Haltbarkeit verdankt das Material wahrscheinlich einer pflanzlichen Gerbung, durch die Calciumoxalat ins Leder eingebracht wurde; die genaue Gerbmethode ist jedoch unbekannt.

Probe 17 war ein chromgegerbtes Haarschafleder, das wahrscheinlich mit Glutaraldehyd nachgerberbt worden war und auf die Dicke zur Verwendung in pneumatischen Taschen gewünschte gefalzt war. Bezogen wurde es von einem Orgelleder-Lieferanten. Seine Haltbarkeit war sehr gut; seine Reißfestigkeit war gut. Diese Probe und einige andere Leder des gleichen Typs wiesen für Pneumatikleder ungewöhnliche Klebeeigenschaften auf. Lederleim, der normalerweise verwendete Klebstoff, haftete nicht immer gut auf der Narbenseite des Leders — vermutlich wegen einer speziellen Oberflächenbehandlung. Dieser Mangel ließ sich jedoch durch vorsichtiges Reinigen mit Aceton oder durch sanftes Schmirgeln beheben. Leim auf synthetischer Basis (z. B. Goodyear Pliobond) erwies sich auch ohne Oberflächenbehandlung als geeignet.

*Die Autoren fanden heraus, daß der Ölgehalt in vielen dieser Ledersorten reduziert werden kann. Eine andere Ölart kann durch Eintauchen des Leders in eine Flüssigkeit wie Tetrachloräthylen bei nachfolgender Wiedereinfettung ersetzt werden. Dadurch entsteht ein Leder, welches ähnliche Klebe-Eigenschaften hat wie man sie von traditionell gegerbtem Pneumatikleder erwartet. Ein zusätzlicher Vorteil könnte die Reduktion von überschüssigem Öl im Leder sein, das in der Folge oxidieren und das Leder versteifen und so eine beschleunigte Wertminderung darstellen kann. Die Verwendung eines Wirkstoffes von hoher Qualität zur Wiedereinfettung kann auch die Ledereigenschaften stabilisieren.*

*Die Untersuchung der Auswirkungen von Fetten und Ölen, die in Tafel V zusammengefaßt sind, zeigen, daß die Behandlung mit Jojoba-*



Sample Nr. N° Echant. Probe Nr.	Chrome (%)*	Mercury Spot Test Quecksilbertest
2	0.092	
3	0.68	
4	2.85	
6	1.61	
7	0.51	
10	1.69	
11	2.00	
12	1.55	
14	trace/Spur	
17	1.46	
19	1.73	
20	0.51	negative

\*Samples were not corrected for leather moisture content  
\*Echantillons n'étaient pas corrigés pour humidité  
\*Proben wurden nicht auf Lederfeuchtigkeitsgehalt korrigiert

**Table IV. Measurement of Chrome (as Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and Mersury**  
*Table IV. Mesure de chrome (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et mercure*  
**Tafel IV. Messung von Chrom (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und Quecksilber**

Sample Nr. N° Echant. Probe Nr.	Treatment Traitement Behandlung	Loss of tensile Strenght (%) Perte de résist. à la tract. (%) Reißfestigkeitsverlust (%) (325 hr. Expos./ Std. Dauertest)
3	none	68
14	(= aucun)	53
17	(= keine)	41
3	jojoba oil	58
14	(= huile jojoba)	59
17	(= Jojoba-Öl)	36
3	oil P	87
14	(= huile P)	77
17	(= Öl P)	49
3	petroleum jelly	62
14	(= Vaseline)	60
17		52

**Table V. Effects of Oils and Greases on Leather Deterioration**  
*Table V. Effets des huiles et des graisses sur la détérioration de cuir*  
**Tafel V. Einflüsse von Fetten und Ölen auf die Lederhaltbarkeit**

on the durability of the leather, while the addition of oil "P" appeared to somewhat enhance the deterioration of the leathers. In general, these findings are similar to those of previous investigators.

It can be seen from Figure 15 that the loss of tensile strength of leathers over the exposure range used was nearly linear in relation to the exposure time (with the exception of sample 3), but with different slopes for each line. If one linearly extrapolates the existing data to exposure times beyond 383 hours, it appears that for the three principal groups represented, intercepts to a tensile strength value of approximately 350 PSI (about the lowest useful tensile strength for pneumatic motor pouches less than 0.010" thick) would be approximately 225, 725, and 775 hours respectively for vegetable, chrome, and zirconium tannages. It is interesting to note that, if the extrapolation is valid, the very high initial tensile strength of sample 2 does not result in an anticipated service lifetime significantly different than the lower initial tensile strength of chrome-tanned samples such as 10, 11, and 17. It is possible that the 192-

*durabilité du cuir, tandis que l'adjonction d'huile «P» semblait augmenter légèrement la détérioration des cuirs. En général, ces constatations sont identiques à celles des personnes qui se sont déjà penchées sur le problème.*

On peut voir sur la figure 15 que la perte de résistance la traction des cuirs, au fil de toutes les expositions, était presque linéaire par rapport à la durée d'exposition (à l'exception de l'échantillon 3), mais avec des déclivités différentes pour chaque ligne. Si l'une extrapole linéairement les données existantes de durée d'exposition au-delà de 338 heures, on remarque que pour les trois principaux groupes représentés, des interceptions à une valeur de résistance à la traction de plus ou moins 350 PSI (environ la résistance à la traction la plus basse qu'on puisse utiliser pour des soufflets pneumatiques de moins de 0,25 mm d'épaisseur) seraient approximativement de 225, 725 et 775 heures pour des tannages respectivement aux végétaux, au chrome et au zirconium. Il est intéressant de remarquer que, si l'extrapolation est valable, la résistance à la traction initialement très élevée de l'échantillon 2 ne s'ensuit pas d'une durée

*öl oder Petroleumgel nur geringe Auswirkungen auf die Haltbarkeit des Leders hatte, während die Behandlung mit Öl «P» die Zersetzung des Leders zu fördern schien. Im allgemeinen zeigten die Ergebnisse Übereinstimmung mit denen früherer Untersuchungen.*

Wie man Abb. 15 entnehmen kann, besteht ein fast linearer Zusammenhang zwischen dem Verlust an Reißfestigkeit und der Versuchsdauer (Ausnahme Probe 3), wobei jede Linie oder eine andere Neigung besitzt. Wenn man die gemessenen Daten über 383 Stunden hinaus extrapoliert, stellt man fest, daß für die drei Gruppen die Reißfestigkeit nach ungefähr 225 Std. (bei pflanzlicher Gerbung), 725 Std. (bei Chromgerbung) und 775 Std. (bei Zirkongerbung) unter einen Wert von 350 PSI fällt (etwa die niedrigste verwendbare Reißfestigkeit für pneumatische Bälgechen und Taschen mit einer Dicke von weniger als 0,25 mm). Es ist interessant anzumerken, daß, wenn die Extrapolation richtig ist, die sehr hohe Anfangsreißfestigkeit von Probe 2 nicht zu einer im Vergleich zu den Proben 10 und 11 entsprechend höheren Lebensdauer führt. Es ist möglich, daß die Meßwerte für Probe 3 bei einer Versuchs-

hour data for sample 3 was not representative.

*If one assumes that the poorer tan pneumatic leather tested (such as samples 3 and 14) typically had service lifetimes of approximately 20 years, then it is possible that the chrome-tanned leathers (such as samples 10 and 17) could have service lifetimes of over 60 years; however, this is speculative. Choosing leathers with higher initial tensile strengths than the approximately 1,300-1,500 PSI of samples 10 and 17, and/or increasing the thickness of the leather where the application will allow, should extend expected service lifetimes accordingly. In accordance with this, it would be prudent for an organbuilder to use a leather of as thick and high a tensile strength (having a low rate of loss of tensile strength with time) as will dependably function in the application, in order to achieve the longest possible service life.*

The maximum allowable thickness to use of the leather will depend on the leather's flexibility. Thus, consideration must be given to the likelihood that the leather will have some loss of flexibility with age, as the oils, and waxes present in the leather evaporate and oxidize. Leathers having a minimum of oils, waxes and other additives are less likely to experience major changes in flexibility with age.

The data indicate that certain tan pneumatic leathers are quite resistant to deterioration (sample 6) while others deteriorate rapidly (samples 3, 7, and 14). It appears that in this group of "modern leathers" the resistance to deterioration in general correlated well to the chrome content of the leathers as shown in Tables III and IV.

de service anticipée significativement différente de la résistance à la traction initialement basse des échantillons tannés au chrome, comme les numéros 10, 11 et 17. Il est possible que les données de 192 heures de l'échantillon 3 ne soient pas spécifiques.

*Si l'on admet que le plus mauvais cuir pneumatique testé (les échantillons 3 et 14) rend normalement service pendant plus ou moins 20 ans, il est dès lors possible que les cuirs tannés au chrome (comme ceux des échantillons 10 et 17) puissent être utilisés pendant plus de 60 ans. Ceci n'est cependant qu'une spéculation. Choisir des cuirs présentant des résistances à la traction initialement plus élevées que les approximatifs 90-100 kg/cm<sup>2</sup>, et/ou augmenter l'épaisseur du cuir là où l'application le permet, augmenterait par conséquent les durées de service prévues. En conséquence, il serait prudent qu'un facteur d'orgues utilise un cuir de résistance à la traction aussi élevée que possible (ayant à la longue un bas taux de perte de résistance à la traction), pouvant convenir à l'application, de façon à ce que ce cuir dure le plus longtemps possible.*

L'épaisseur maximale que l'on puisse tirer du cuir dépendra de son élasticité. Il faut donc tenir compte de la probabilité que le cuir aura moins d'élasticité avec l'âge, tout comme les huiles et cires présentes dans ce cuir s'évaporeront et s'oxyderont. Il se peut que l'élasticité des cuirs contenant un minimum d'huiles, de cires et autres additifs se modifie très fort au fur et à mesure que les cuirs vieilliront.

Les données indiquent que certains cuirs pneumatiques ochre résistent plutôt bien à la détérioration (échantillon 6), tandis que d'autres s'abîment rapidement (échantillons 3, 7 et 14). Il semble que, dans ce groupe de «cuirs modernes», la résistance à la détérioration correspondait tout à fait à la teneur en chrome des cuirs, ainsi qu'expliqué Tableaux III et IV.

dauer von 192 Stunden einen relativ hohen Meßfehler aufweisen.

*Wenn man annimmt, daß die schlechteren Pneumatikleder (wie die Proben 3 und 14) eine Lebensdauer von ungefähr 20 Jahren aufweisen, wäre eine Lebensdauer der chromgegerbten Leder (wie Probe 10 und 17) von über 60 Jahren durchaus möglich, das jedoch ist Spekulation. Die Auswahl von Ledern mit einer größeren Anfangsreißfestigkeit als die der Proben 10 und 17 (90-100 kg/cm<sup>2</sup>) und/oder die Verwendung von dickerem Leder, wo es möglich ist, sollte die Lebensdauer entsprechend verlängern. Aus diesen Gründen wäre es für einen Orgelbauer ratsam, Leder zu verwenden, daß so dick wie möglich ist und eine sehr hohe Anfangsreißfestigkeit hat (bei gleichzeitig niedriger Verlustrate der Reißfestigkeit in Abhängigkeit von der Zeit).*

Die größtmögliche Dicke des Leders hängt von seiner Flexibilität ab. So muß bedacht werden, daß das Leder mit der Zeit einen Teil seiner Flexibilität verliert, da die enthaltenen Fette und Öle verdampfen und oxidieren. Leder mit einem Minimum an Öl, Wachs und anderen Zusätzen sollten den niedrigsten Verlust von Flexibilität mit zunehmende Alterung aufweisen.

Die Meßergebnisse zeigen, daß einige Pneumatikleder haltbar sind (Probe 6), während andere recht schnell verrotten (Proben 3, 9 und 14). Es scheint, daß in dieser Gruppe von »modernen Ledern« die Widerstandskraft im allgemeinen vom Chromgehalt abhängt (siehe Tafel III und IV).

## Summary and conclusions

I. The suitability of a leather for pneumatic pouch motors depends upon several factors including:

- A. its thickness,
- B. its flexibility,
- C. its initial tensile strength,
- D. its rate of loss of tensile strength as a function of time
- E. other factors, such as its gluing properties, porosity, and pinhole content.

II. The accelerated ageing test described appeared to work well, overcoming most of the problems present in Cheshire's methods and apparatus. The results were consistent with previous data reported by Cheshire, and with the results of the long-term storage tests. They were also supported by the results of tests performed on very durable old leathers. It appears that this is the only test that can dependably indicate the longevity of leather samples.

III. The addition of greases or oils to leathers does not appear to increase their durability; however, such materials may for a limited time have a beneficial effect on the mechanical properties of the leather. The evaporation and oxidation of such materials may contribute to a stiffening of leather with age.

IV. Modern tan pneumatic pouch leathers in current use are probably combination vegetable-chrome tannages. Their durability ranges from bad to good, and appears influenced by the concentration of chrome in the leather. It appears that some older vegetable-tanned, tan pneumatic leathers were (and are) very durable; however, the exact reason for this can only be speculated (based on the work of Cheshire). It is likely they received vegetable tanning that left significant deposits of calcium oxalate in the leather.

## Résumé et conclusions

I. Qu'un cuir pour soufflets et membranes convienne ou pas dépend de plusieurs facteurs, dont:

- A. L'épaisseur,
- B. L'élasticité,
- C. La résistance initiale à la traction,
- D. Le taux de perte de résistance à la traction en fonction du temps,
- E. D'autres facteurs, tels que les propriétés adhésives, la porosité, et la teneur en piqués de laine.

II. Le test de vieillissement accéléré semblait bien fonctionner, et surmontait la plupart des problèmes qu'avaient rencontrés les méthodes et l'appareil de Cheshire. Les résultats étaient compatibles aux anciennes données rapportées par Cheshire, et aussi aux résultats de tests de stockage à long terme. Ils étaient également soutenus par les résultats de tests effectués sur de vieux cuirs très résistants. Il apparaît que ce dernier test est le seul qui puisse indiquer de façon sérieuse la longévité d'échantillons de cuir.

III. L'addition de graisses ou huiles aux cuirs ne semble pas augmenter leur résistance; il se peut néanmoins que de tels matériaux aient, pendant un laps de temps limité, un effet bénéfique sur les propriétés mécaniques du cuir. L'évaporation et oxydation de tels matériaux peut contribuer à rendre le cuir plus dur au fur et à mesure qu'il prend de l'âge.

IV. Des cuirs pneumatiques modernes et d'usage courant ont probablement subi des tannages combinant végétaux et chrome. Leur durabilité va de bonne à mauvaise, et semble influencée par la teneur en chrome dans le cuir. Il apparaît que certains cuirs tan pneumatiques, plus vieux et tannés aux végétaux, furent (et sont) très résistants; on peut cependant spéculer quant à la véritable cause de cette durabilité (si on se base sur l'oeuvre de Cheshire). Il est probable que ces cuirs ont subi un tannage végétal qui a laissé des dépôts significatifs d'oxalate de calcium dans le cuir.

## Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

I. Die Eignung eines Leders für pneumatische Bälgechen und Membranen hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- A. seiner Dicke,
- B. seiner Flexibilität,
- C. seiner Anfangs Reißfestigkeit,
- D. dem Verlust der Reißfestigkeit, in Abhängigkeit von der Zeit,
- E. andere Faktoren, wie Klebeigenschaften und Anzahl von nadelstichgroßen Löchern.

II. Der oben beschriebene Test scheint sehr gut zu funktionieren — ohne die Probleme der Cheshire'schen Methode und der dort verwendeten Geräten. Die Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit denen Cheshires und des Langzeitlagertests. Gestützt werden sie außerdem durch die Anwendung des Verfahrens auf sehr haltbare, alte Leder. Dies scheint somit der einzig zuverlässige Test zur Bestimmung der Langlebigkeit von Leder zu sein.

III. Die Behandlung des Leders mit Fetten oder Ölen scheint die Haltbarkeit nicht zu erhöhen, jedoch haben die Stoffe vielleicht für einen begrenzten Zeitraum positive Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften des Leders. Die Verdunstung und Oxidation dieser Stoffe fördert wahrscheinlich die Versteifung des Leders mit zunehmendem Alterung.

IV. Moderne Pneumatikleder werden gewöhnlich einer kombinierten Gerbung mit Chrom und Pflanzenextrakten unterzogen. Ihre Haltbarkeit reicht von schlecht bis gut und scheint vom Chromgehalt beeinflusst zu sein. Es hat den Anschein, daß einige alte pflanzengegerbte Pneumatikleder sehr dauerhaft waren (und sind). Über den Grund hierfür kann jedoch nur spekuliert werden (basierend auf Cheshires Arbeit). Es ist anzunehmen, daß durch die Pflanzengerbung große Mengen Calciumoxalat im Leder eingelagert werden.

V. The modern chrome-tanned hair sheep leathers tested, having acceptable thicknesses, all appeared to be quite durable and have reasonable tensile strength.

VI. Certain modern leathers, such as the "white zickel" sample evaluated, are exceptionally strong and reasonably durable; however, their sources and tannage are not documented.

VII. It appears that a dependable and commonly available leather suitable for pneumatic pouch applications is properly-processed full-chrome-tanned young hair sheep, with greater than 2.0% chrome (as  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). In accordance with the results of long-term storage tests, it would seem advantageous to have greater than 3.5% chrome content.

VIII. A user may verify the durability of leathers of undocumented tannage and animal type by the use of the accelerated ageing test described. If it is certain the leather has been properly processed with a full-chrome-tan (very difficult to determine after processing is completed), an analysis for chrome content may be an alternative. In such a case, care must be taken to avoid leather that has had its surface chrome stripped, which could lead to erroneous conclusions. In the authors' opinion, little leather used today in the organ trade could have its durability evaluated by a measurement of chrome content alone.

IX. For leather having a known vegetable tannage, the addition of certain buffer salts would probably increase its durability; however, this may not be a practical alternative for an organbuilder.

V. Les cuirs modernes testés et provenant de peaux de moutons métis tannées au chrome, et ayant des épaisseurs acceptables, se sont tous avérés résistants et ont une résistance raisonnable à la traction.

VI. Certains cuirs modernes, comme l'échantillon de «zickel blanc» évalué, sont exceptionnellement solides et raisonnablement durables; on ne sait cependant rien de leur origine ni de leur tannage.

VII. Il apparaît qu'un cuir auquel on peut se fier, étant normalement disponible et pouvant convenir à des applications de soufflets pneumatiques, est celui de jeune mouton métis, convenablement tanné au chrome pur, dont la teneur dépasse 2% ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Si l'on se réfère aux résultats de tests de stockage à long terme, il semblerait intéressant que la teneur en chrome soit supérieure à 3,5%.

VIII. Un consommateur peut vérifier la durabilité de cuirs dont on ignore la provenance et le type de tannage à l'aide du test de vieillissement accéléré décrit dans ce texte. Si on est certain que le cuir a subi un tannage adéquat au chrome pur, (ce qui est très difficile à déterminer lorsque le processus est achevé), une autre solution est d'analyser la teneur en chrome. Dans ce cas, il faudra prendre soin d'éviter d'enlever la couche de chrome du cuir, ce qui donnerait lieu à des conclusions erronées. Selon les auteurs, seule une faible quantité de cuir utilisé actuellement dans le commerce de l'orgue pourrait faire évaluer sa résistance en mesurant uniquement sa teneur en chrome.

IX. L'addition de certains sels tampons augmenterait probablement la durabilité d'un cuir dont on connaît le tannage végétal; ceci n'est cependant pas une solution pratique pour un facteur d'orgues.

V. Die modernen chromgegerbten Haarschafleder geringer Dicke scheinen alle recht haltbar zu sein und eine gute Reißfestigkeit aufzuweisen.

VI. Einige moderne Leder, wie das »weiße Zickelleder« sind außergewöhnlich reißfest und sehr haltbar; ihre Herkunft und Gerbung sind aber nicht dokumentiert.

VII. Es scheint, daß vollchromgegerbtes Haarlammlleder mit einem Chromgehalt von mehr als 2% Chrom (als  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) ein zuverlässiges und gewöhnlich verfügbares Leder für die Verwendung als pneumatische Bälgen und Taschen ist. In Bezug auf die Ergebnisse von Langzeitlagertests scheint ein Chromgehalt von mehr als 3,5% Chrom (als  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) von Vorteil zu sein.

VIII. Die Haltbarkeit eines Leders unbekannter Herkunft und Gerbung kann durch die Anwendung des beschriebenen Versuchs zu beschleunigter Alterung ermittelt werden. Wenn ein bestimmtes Leder fachgerecht vollchromgegerbt ist (was nach Abschluß des Herstellungsverfahrens schwierig zu ermitteln ist), könnte eine Bestimmung des Chromgehaltes eine Alternative sein. Hier darf jedoch kein »chromgestripptes« Leder verwendet werden, um Fehlschlüsse zu vermeiden. Nach Meinung der Autoren kann die Haltbarkeit sehr weniger Lederproben nur anhand einer Chromanalyse ermittelt werden.

IX. Leder mit bekannter Pflanzengerbung könnte durch den Zusatz bestimmter Puffersalze haltbarer gemacht werden. Diese Methode dürfte aber für einen Orgelbauer nicht geeignet sein.

**Harley Piltingsrud**

is a Senior Research Physicist with a major government research laboratory in Cincinnati, Ohio. He has spent 25 years in various government research programs and is the author of more than 50 technical publications. He holds five United States Patents, and currently has two patents pending.

**Jean Tancous**

recently retired after 40 years as a Research Associate in leather chemistry at the Leather Industries of America Laboratory, Cincinnati, Ohio. She is the author of more than 50 technical publications on leather, including a book, *Skin, Hide and Leather Defects*, and is a past president of the American Leather Chemistry Association. She is currently Director of the U.S. Hide, Skin and Leather Association Testing Laboratory.

**Harley Piltingsrud**

est Senior Research Physicist s'occupant d'un important laboratoire de recherche gouvernementale à Cincinnati, Ohio. Il s'est occupé durant 25 ans de divers programmes de recherches gouvernementales et est l'auteur de plus de 50 publications techniques. Il détient 5 brevets d'invention des Etats-Unis et en a déposé deux autres.

**Jean Tancous**

a pris sa retraite depuis peu de temps et fut Research Associate dans la chimie du cuir aux Industries du Cuir du Laboratoire Américain, Cincinnati, Ohio. Elle est l'auteur de plus de 50 publications techniques sur le cuir, publications comprenant un livre, *Skin, Hide and Leather Defects*, et elle fut présidente de l'Association de Chimie du Cuir Américaine. Elle est actuellement directrice de la U.S. Hide, Skin and Leather Association Testing Laboratory.

**Harley Piltingsrud**

ist Senior-Forschungsphysiker an einem größeren Regierungs-Forschungslaboratorium in Cincinnati, Ohio, U.S.A. Er hat 25 Jahre an verschiedenen Regierungs-Forschungsprogrammen gearbeitet und ist Verfasser von mehr als 50 technischen Veröffentlichungen. Er besitzt fünf Patente der Vereinigten Staaten und hat gegenwärtig zwei weitere Patente angemeldet.

**Jean Tancous**

trat kürzlich nach 40jähriger Tätigkeit als Forschungsmitarbeiterin in der Lederchemie und im Leather Industries of America Laboratory (Laboratorium der Lederindustrie von Amerika), Cincinnati, Ohio, in den Ruhestand. Sie ist Verfasserin von mehr als 50 technischen Veröffentlichungen über Leder einschließlich eines Buches über *Skin, Hide and Leather Defects* (Haut-, Fell- und Lederfehler). Sie war Präsidentin der American Leather Chemistry Association (Amerikanische Lederchemie-Vereinigung). Zur Zeit ist sie Direktorin des Versuchslaboratoriums der U.S. Hide, Skin and Leather Association (U.S.-Haut-, Fell- und Leder-Vereinigung).

*Traduction française:*  
Didier Grassin  
et Nathalie Wielick

*Deutsche Übersetzung:*  
Frank Baumann



**Authors Harley Piltingsrud (holding stainless steel bomb) and Jean Tancous (with oven), standing under Aeolian-Skinner house organ.**

**Les auteurs Harley Piltingsrud (tenant la «bombe» en acier inoxydable) et Jean Tancous (près du four) sous l'orgue de salon Aeolian-Skinner).**

**Die Autoren Harley Piltingsrud (mit Bombe aus Edelstahl) und Jean Tancous (neben dem Ofen) unter der Aeolian-Skinner-Hausorgel.**

## REFERENCES

1. Hall & Labagh factory correspondence ledgers, 1843-1870; Louis F. Mohr shop ledgers; Midmer shop ledgers; church records; and other sources in Organ Historical Society American Organ Archive, Talbot Library, Westminster Choir College, Princeton, New Jersey.
2. Roddy, W. T., "The Wondrous Inside World of Leather," *Boot and Shoe Recorder*, September, 1966.
3. Lollar, R. M., "Leather," *Deterioration of Materials*, Chapter 8, edited by Greathouse and Wessel, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1954.
4. O'Flaherty, F., Roddy, W. T., and Lollar, R. M., "The Chemistry and Technology of Leather," Monograph Series No. 134, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1958.
5. Haines, B. M., "Deterioration of Leather Bookbinding — Our Present State of Knowledge," *British Library Journal*, 1976. Vol. 3, No. 1, pp 59-70.
6. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, "Leather", John Wiley and Sons, New York, 1981, Vol. 14, pp 200-231.
7. Innes, R. F., "The Preservation of Vegetable-Tanned Leather Against Deterioration," *Progress in Leather Science: 1920-1945*, Chapter 18, The British Leather Manufacturers Research Association, London, 1948.
8. Cheshire, A., "The Aging of Leather," *Journal of the International Leather Trades Chemists*, June 1946. Vol. 30, No. 6, pp 134-166.
9. Frey, R. W., and Beebe, C. W., "A Proposed Standard Gas Chamber for Accelerated Aging of Leather," *The Journal of the American Leather Chemists Association*, (1940). Vol. 35, 180-192.
10. Elliot, R. G. H., "Long-Term Durability Test for Bookbinding Leathers, A Review," *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 1969. Vol. 53, pp 309-317.
11. Hannigan, M. V., "Evaluation of the Relative Serviceability of Vegetable and Chrome-Tanned Leathers for Bookbinding," *The Journal of the American Leather Chemists Association*, 1965. Vol. 60, pp 506-518.
12. Beebe, C. W., Frey, R. W., and Hannigan, M. V., "A Comparison of Gas Chamber Tests of Bookbinding," *Journal of the American Leather Chemists Association*, January 1956. Vol. 51, No. 1, pp 20-31.
13. Tancous, J. J., and McBane, B., "A Comparative Investigation of Sperm Oil Analogs and Sulfated Sperm Oil," *Journal of the American Leather Chemists Association*, 1981. Vol. 76, pp 60-75.
14. Frey, R. W., and Beebe, C. W., "The Permanence to Acid Deterioration of Vegetable Leather Retanned with Alum," *The Journal of the American Leather Chemists Association*, 1940. Vol. 35, No. 7, pp 440-443.
15. Lamb, M. J., "The Hausa Tanners of Northern Nigeria," *The New Bookbinder*, 1981. Vol. 1.
16. Plenderleith, H. J., "The Preservation of Leather Bookbinding," British Museum, London, 1957. pp 20-24.

17. "Leather Facts", The New England Tanners Club, Peabody, MA 1965.

18. Harris, E. H., and Filachione, E. M., "Glutaraldehyde Retannage of Chrome Leather. Effects of Ambient Storage on Selected Properties of the Leather," *The Journal of the American Leather Chemists Association*, 1975. Vol. 70, No. 6, pp 269-272.

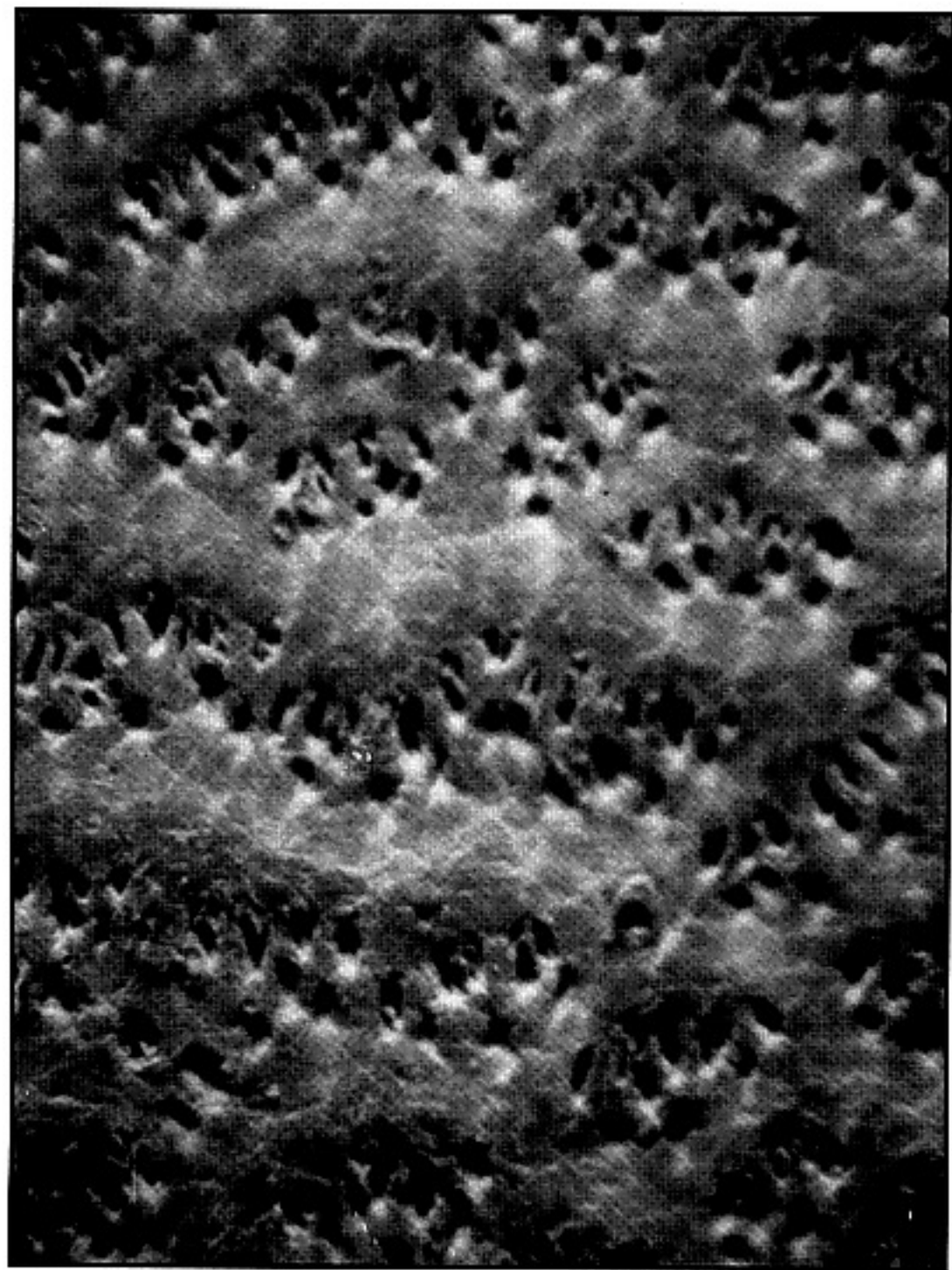
19. Fein, M. L., Filachione, E. M., et al, "Tanning With Glutaraldehyde, III. Combination Tannages with Chrome," *The Journal of the American Leather Chemists Association*, 1963. Vol. 58, No. 4, pp 202-221.

20. The Merck Index, *An Encyclopedia of Chemicals and Drugs*, edited by P. Stecher, M. Windholz, and D. Leahy. Merck and Co., Rahway, New Jersey, 1980.

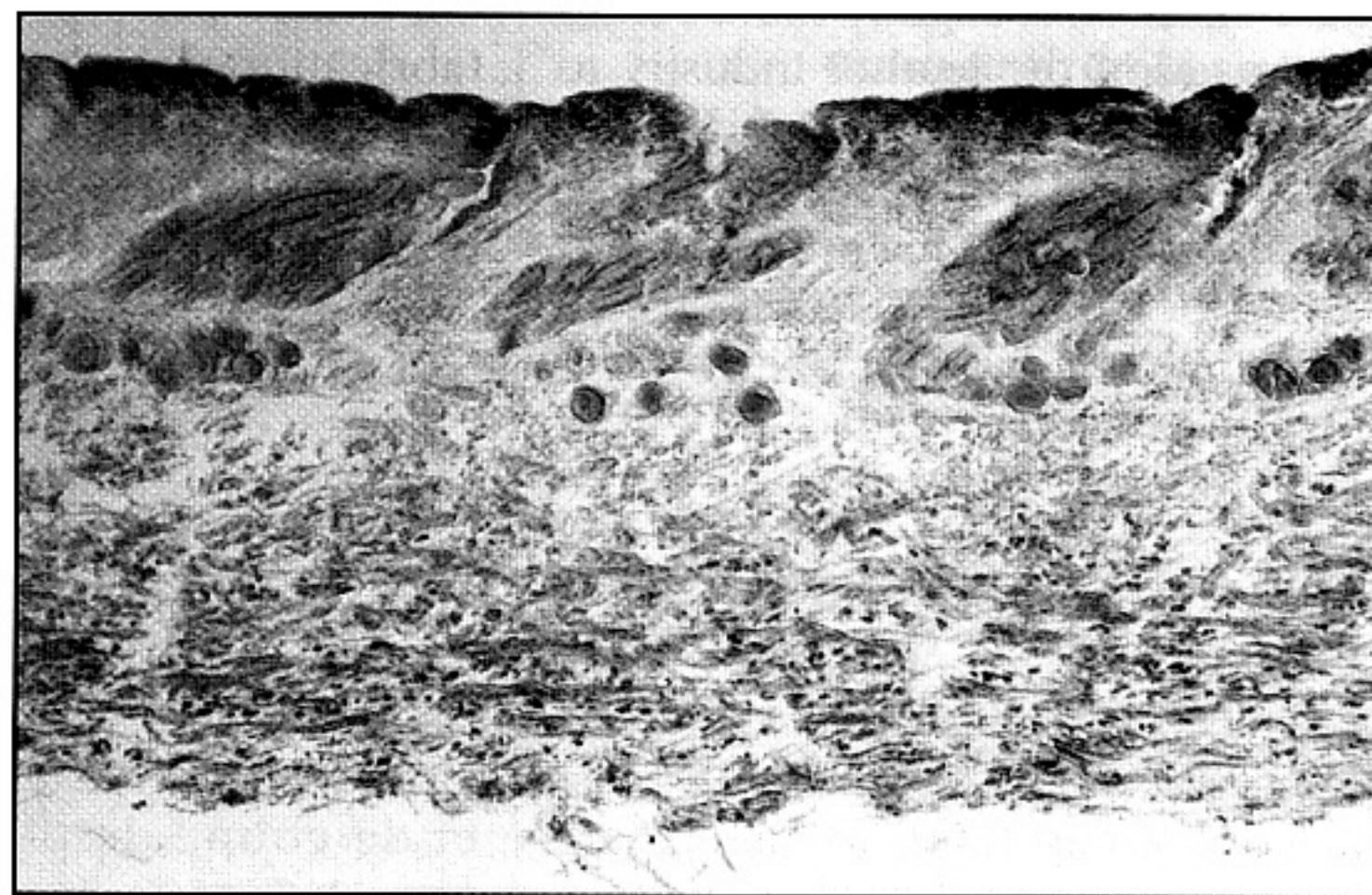
21. Hageman, J. W., and Rothfus, J. H., "Oxidative Stability of Wax Esters by Thermogravimetric Analysis," *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1979. Vol. 56, No. 6, pp 629-631.

22. American Leather Chemists Association, "Official Methods of Analysis, Provisional Method D-10 (1954)," American Leather Chemists Association, The University of Cincinnati, Location 14, Cincinnati, Ohio 45221-0014.

23. Feigl, F., "Spot Tests in Inorganic Analysis," Elsevier Publishing Co., 1958. pp 64-66



**FIGURE 6A**  
**Woolsheep leather (Merino). Grain surface.**  
*Peau de mouton (Mérinos). Grain en surface.*  
**Wollschafhaut (Merinoschaf). Narbenoberfläche.**



**FIGURE 6B**  
**Woolsheep leather (Merino). Cross section.**  
*Peau de mouton (Mérinos). Coupe en section.*  
**Wollschafhaut (Merinoschaf). Querschnitt**

made from the skins of other types of animals. The cross sectional view shows that the fiber bundles are small in diameter and loosely interwoven, properties that are valuable for leather items that need stretch and give.

Many Merino skins have a layer of fat cells in the center of the skin, as shown in Figure 7 (B layer). These fat cells allow the leather to be easily split apart along the fat layer at the base of the wool pockets

The "A" layer can be used for book binding leather, hat bands, and linings, and the "C" layer is used for chamois. Chamois leather is ideal for cleaning windows, mirrors, and automobiles because the fibers absorb water, cause no smearing, and leave no lint. Because of their small size, inherent thinness, and a fat-deposition problem, many Merino sheepskins have limited possibilities for end-use items. After dewooling, however, the skins can be held over a strong light and those skins that do not have the center fat can be sorted from those that contain fat. Because of their loosely interwoven fiber bun-

présente des faisceaux de fibres de petit diamètre et lâches dans leurs entrecroisements, propriété précieuse quand on désire des articles souples et extensibles.

Beaucoup de peaux de Mérinos comportent une couche de cellules de graisse au milieu de la peau (voir figure 7, couche B). Ces cellules permettent au cuir d'être dédoublé le long de la couche de graisse à la base des poches de laine.

La couche A peut être utilisée pour la reliure, la chapellerie et les bandes, et la couche C pour la fabrication des peaux de chamois. Ces dernières sont idéales pour le nettoyage des vitres, des miroirs et des autos car leurs fibres absorbent l'eau, sans bavure et sans s'effiloquer. A cause de leur petite taille, de leur minceur et de leur problème de graisse, beaucoup de peaux de Mérinos offrent un nombre d'utilisations limité. Après délainage, les peaux peuvent cependant être exposées à une lumière intense; celles qui ne présentent pas de graisse peu-

scheidet Wollschafleder von allen anderen Ledersorten.

Viele Merinoschafhäute besitzen eine Schicht von Fettzellen, wie in Abb. 7 (Schicht B) zu erkennen ist. Diese Fettzellen ermöglichen es, das Leder entlang der Fettschicht unterhalb der Haarporen zu spalten.

Die A-Schicht kann als Buchbinderleder, Hutband oder Kleidungsstück verwendet werden — die C-Schicht als Sämischleder. Sämischleder ist ideal zum Putzen von Fenstern und Spiegeln geeignet, da seine Fasern Feuchtigkeit absorbieren und keine Rückstände hinterlassen. Wegen ihrer geringen Größe und Schwierigkeiten durch die Fetteinlagerung sind die Verwendungsmöglichkeiten vieler Merinoschafhäute eingeschränkt. Um diejenigen Häute auszuschließen, denen jede zentrale Fettschicht fehlt, wird mit einer starken Lichtquelle die Lichtdurchlässigkeit geprüft und somit die



On ne peut nullement tenir les auteurs responsables de blessures pouvant résulter de l'exécution des tests décrits dans ce texte.

führung der beschriebene Versuche resultieren!

### Tensile strenght measurements

### Mesures de la résistance à la traction

### Reißfestigkeitsmessung

Leather samples were tested for tensile strength, using a breakage force measuring apparatus. We used a large laboratory model; however, we have also constructed and used a simple and inexpensive apparatus using hardware store components, as described in Figure 14. Tensile strengths were calculated using the formula:

C'est au moyen d'un appareil mesurant la force d'éclatement que l'on testa la résistance que des échantillons de cuir offraient à la traction. Nous nous sommes servis d'un grand modèle de laboratoire; cependant, nous avons également construit et utilisé un appareil simple, bon marché, utilisant des composants de quincaillerie (fig. 14).

Die Reißfestigkeit der Lederproben wurde mit Hilfe eines Abreißapparates bestimmt. Wir verwenden ein Laborgerät, haben jedoch auch einen einfachen, kostengünstigen Apparat entwickelt (Abb. 14).

Die Reißfestigkeit wurde mit Hilfe der folgenden Formeln berechnet:

$$T = F/A$$

$$T = F/A$$

$$T = F/A$$

Where:

T = tensile strength (lb/in<sup>2</sup>)

F = breakage force (lb)

A = leather test sample cross section (in<sup>2</sup>)

Où:

T = la limite à la traction (kg/cm<sup>2</sup>)

F = la force de rupture (kg/cm<sup>2</sup>)

A = coupe transversale de l'échantillon test en cuir (cm<sup>2</sup>)

Wobei:

T = Reißfestigkeit (kg/cm<sup>2</sup>)

F = Abreißgewicht (kg/cm<sup>2</sup>)

A = Lederprobenquerschnittsfläche (cm<sup>2</sup>)

Since we use leather samples 1/4" wide:

$$A = (1/4) (t)$$

Considérant que l'on utilise des échantillons de cuir d'1/4" de large:

$$A = (1/4) (t)$$

Da Lederstreifen eine Breite von 1/4 Zoll verwendet wurde:

$$A = (1/4)(t)$$

Where:

t = leather thickness (in)

Où:

t = l'épaisseur du cuir (en pouces)

Wobei:

t = Lederdicke (mm)

So:

$$T = F/(1/4) (t)$$

Donc:

$$T = F/(1/4)(t)$$

Somit:

$$T = F / [(1/4) \cdot t]$$

Using the average of the four samples for initial or control tensile strength (TC) and the average of the tensile strengths of the four exposed samples (TE), we then calculated the percent loss of tensile strength as follows:

$$L = [1 - (TE/TC)] [100]$$

Utilisant la moyenne des quatre échantillons pour viser ou contrôler la résistance à la traction (TC), et la moyenne des résistances à la traction des quatre échantillons exposés (TE), nous avons calculé le pourcentage de perte de limite en traction comme suit:

$$L = (1 - (TE/TC)) (100)$$

Bei Verwendung des Durchschnittswertes für die Reißfestigkeit aus den vier Kontrollproben (TC) und dem Durchschnittswert der vier behandelten Proben (TE), kann der Verlust der Reißfestigkeit ermittelt werden:

$$L = (1 - (TE/TC)) (100)$$

Where:

L = the percent loss of tensile strength resulting from the exposure.

Où:

L = le pourcentage de perte de résistance à la traction suite à l'exposition.

Wobei:

L = Prozentsatz des Verlustes an Reißfestigkeit durch die beschleunigte Alterung.

Usually it was possible to make two tensile strength measurements on each sample. This yields eight individual tensile strength measurements with and without the test exposure.

En règle générale, il est possible d'effectuer deux mesures de résistance à la traction sur chaque échantillon. On peut, par conséquent, pratiquer 8

Gewöhnlich ist es möglich, mit jeder Probe zwei Reißfestigkeitsmessungen durchzuführen. Daraus resultieren acht Meßwerte für jede Ledersorte.

## Acknowledgments

The authors are grateful to Ms. Mary Hannigan of the United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, North Atlantic Area, Eastern Regional Research Center, Philadelphia, Pennsylvania, (emeritus) for supplying many useful references in the early phases of our work; to Dr. John Rothfus of the U. S. D. A. Northern Regional Research Center, Peoria, Illinois, for information and references relating to the properties of jojoba oil; and to the Leather Industries of America Laboratory, Cincinnati, Ohio, for the use of certain laboratory facilities for the measurement of tensile strengths and chrome contents of leathers.

The authors also wish to thank Mr. James Akright of Baltimore, Maryland, for supplying samples of leathers from 19th and 20th century instruments.

This paper is an expanded version of ones published by the authors in the September, 1987, issue of *The Journal of the American Leather Chemists Association* (JALCA 82, 277 [1987]) and in an expanded form as a monograph "The Ageing of Organ Leather" by The Organ Historical Society, Richmond, Virginia. Where portions duplicate those publications, they are reprinted with permission.

**WARNING:** The tests described herein employ dangerous, potentially lethal gases and other substances. The precautions of good and safe laboratory technique in addition to those suggested by the authors should be followed. Neither the authors nor the Publisher are responsible for accident, injury, or death resulting from the use of tests described. Anyone performing these tests must assume full responsibility for determining and using proper safety precautions.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Mme Mary Hannigan du Département d'Agriculture des Etats-Unis, le Service de Recherche d'Agriculture, North Atlantic Area, Eastern Regional Research Center, Philadelphia, Pennsylvania, professeur émérite, de leur avoir fourni des références utiles lorsqu'ils commencèrent leurs recherches; ils tiennent également à remercier Dr. John Rothfus de l'U.S.D.A. Northern Regional Research Center, Peoria, Illinois, pour des informations et références concernant les propriétés de l'huile de jojoba; leurs remerciements vont aussi aux Leather Industries of America Laboratory, Cincinnati, Ohio, pour avoir bénéficié de facilités dans l'utilisation de certains laboratoires pour la mesure des résistances à la traction et teneurs en chrome des cuirs.

Les auteurs souhaitent remercier également M. James Akright de Baltimore, Maryland, qui leur a fourni des échantillons de cuir provenant d'instruments du XIXe et XXe siècle.

Ce texte constitue une version développée de celles publiées par les auteurs dans le numéro de septembre 1987 du magazine «*The Journal of the American Leather Chemists Association* (JALCA 82, 277 [1987]), et existant sous forme développée en tant que monographie «*Le vieillissement du cuir en facture d'orgues*», par The Organ Historical Society, Richmond, Virginia. Les auteurs permettent à des parties de reproduire ces documents.

**AVERTISSEMENT:** les tests décrits dans ce texte font usage de gaz et autres substances dangereuses, potentiellement mortelles. Il est conseillé de suivre des précautions de techniques de laboratoire appropriées et fiables, en plus des précautions recommandées par les auteurs. Ni les auteurs, ni l'éditeur ne sauraient être tenus responsables de tout accident, blessure ou mort résultant de l'utilisation des tests décrits. Quiconque effectue ces tests se doit d'assumer la pleine responsabilité quant à la détermination et l'utilisation de normes de sécurité adéquates.

## Anerkennung

Die Autoren danken Mrs. Mary Hennigan vom US-Landwirtschaftsministerium, Agricultural Research Service, North Atlantic Area, Eastern Regional Research Center, Philadelphia, Pennsylvania (emeritus) für die Versorgung mit vielen hilfreichen Literaturzitaten in der früheren Phase unserer Arbeit. Dank gilt außerdem Dr. John Rothfus vom US-LWM, Northern Regional Research Center, Peoria, Illinois für Informationen und Quellenangaben in Bezug auf die Eigenschaften von Jojobaöl, und den Leather Industries of America Laboratory, Cincinnati, Ohio, für die Benutzung vieler Laborgeräte zur Messung der Reißfestigkeit und Bestimmung des Chromgehaltes.

Besonderer Dank gebührt Mr. James Akright aus Baltimore, der uns die Lederproben aus den Orgeln des 19. und 20. Jh. zur Verfügung stellte.

Dieser Text ist eine erweiterte Fassung von Veröffentlichungen der Autoren vom September 1987 in *The Journal of the American Leather Chemists Association* (JALCA 82, 277 [1987]) und in erweiterter Form als Monographie »*The Aging of Organ Leather*« (Die Alterung von Orgelleder) durch The Organ Historical Society, Richmond, Virginia. Soweit Teile aus diesen Publikationen stammen, werden sie mit Erlaubnis abgedruckt.

**WARNING:** Die hier beschriebenen Versuche benutzen gefährliche, möglicherweise tödliche Gase und andere Substanzen. Die Vorsichtsmaßnahmen, die die Autoren vorschlagen, sind zu beachten und setzen die technischen Möglichkeiten eines guten und sicheren Laboratoriums voraus. Weder die Autoren noch die Herausgeber übernehmen eine Verantwortung für Unfälle, Verletzungen oder Tod herrührend von der Anwendung der beschriebenen Versuche. Jeder, der diese Versuche ausführt, muß die volle Verantwortung für Festlegung und Anwendung ausreichender Sicherheitsvorkehrungen übernehmen.

to the SO<sub>2</sub> cylinder outlet, and the bomb was placed upright under an exhaust hood. The SO<sub>2</sub> did not require a regulator, as its internal pressure at room temperature is about 34 PSI. The SO<sub>2</sub> cylinder was placed with its valve upright so that gas, not liquid, was discharged. The SO<sub>2</sub> was then allowed to flow into the bomb, purging air from it. The vinyl tubing was removed and the valve and reducer fitting was then replaced and tightened, with Teflon tape on the joint. The bomb was then warmed to about 35°C and connected to a source of filtered compressed air saturated with water at approximately 21°C (most compressed air tanks have some water in them, and air stored in them for a while reaches nearly 100 percent relative humidity). The bomb valve was then opened slightly to slowly force compressed air into the bomb to approximately 90 PSI; the valve was closed and disconnected from the air supply. The prewarming of the bomb and slow addition of compressed air to the bomb helps to avoid any condensation of moisture on the walls of the bomb.

The bomb was then placed into the oven and maintained at approximately 67°C for a prescribed time period. This time could typically be from 168 to 336 hours. The length of exposure should be chosen to give a tensile strength range for reference and test samples such that poor reference leathers have tensile strengths greater than 300 psi after exposure, allowing an accurate measurement of the ratio of tensile strength before and after exposure. In order to see differences among more durable leathers, longer exposures would be used. After the exposure period, the bomb was removed from the oven and the gas was slowly discharged from it into an appropriate exhaust hood. After purging the bomb with air, the leather samples were removed. Leather samples removed from the bomb were then stored for 24 hours with the control samples to provide for equal moisture content prior to tensile strength testing.

Before using the bomb for test exposures, it was filled with reagents

La bombe fut chargée à l'anhydride sulfureux (SO<sub>2</sub>) en plaçant un tube en vinyl O.D. d'environ 1/4" de long dans la bombe de telle façon que l'extrémité du tube repose sur le fond. L'autre extrémité du tube fut connectée à la sortie de la bonbonne de SO<sub>2</sub>, et la bombe fut placée verticalement sous une buse d'échappement. Le SO<sub>2</sub> ne nécessitait pas de régulateur vu que sa pression interne à température ambiante est de plus ou moins 34 PSI. La bonbonne de SO<sub>2</sub> et sa valve furent placées verticalement afin que le gaz, non liquide, puisse s'échapper. On fit ensuite couler le SO<sub>2</sub> dans la bombe, en le purgeant de l'air qu'il contenait. On enleva le tube en vinyl et on vissa, à l'endroit de la valve fermée, la soupape en inox. La bombe fut ensuite connectée à une source d'air comprimé, filtré, saturé en eau à approximativement 21°C. (La plupart des réservoirs d'air comprimé contiennent un peu d'eau, et l'air stocké dans ces réservoirs pendant un moment atteint une humidité relative de presque 100%. La valve de la bombe fut ensuite ouverte pour forcer l'air comprimé dans la bombe à plus ou moins 90 PSI; cette valve fut ensuite fermée et coupée de l'alimentation en air.

La bombe fut ensuite placée dans le four et maintenue à environ 67°C pendant un laps de temps déterminé, qui pouvait varier de 168 à 336 heures. La durée de l'exposition sera établie de façon à donner l'écart de la résistance à la traction comme référence, et afin que des échantillons de cuir de moindre qualité possèdent des résistances à la traction supérieures à 300 psi après exposition, ce qui permet une mesure précise du rapport de la résistance à la traction, avant et après exposition. On peut, le cas échéant, faire durer les expositions plus longtemps afin de pouvoir constater les différences entre cuirs plus durables. Après avoir purgé la bombe de son air, on enleva les échantillons de cuir. Les échantillons de cuir que l'on sortit de la bombe furent stockés 24 heures avec les échantillons de contrôle, afin de leur donner un taux d'humidité identique avant de tester leur résistance à la traction.

Avant d'utiliser la bombe pour des expositions test, on la remplit

die Verwendung eines Reduzierventils für die SO<sub>2</sub>-Flasche konnte verzichtet werden, da der Druck bei Raumtemperatur nur 34 PSI beträgt. Um ein Ausströmen flüssigen Schwefeldioxids zu verhindern, muß die SO<sub>2</sub>-Flasche senkrecht aufgestellt werden. Das spezifisch schwerere SO<sub>2</sub> verdrängt während des Einleitens die Luft aus der Bombe. Nach dem Entfernen des Schlauches und Anbringen des Reduzierstücks und des Ventils werden die Verbindungen mit Teflonband abgedichtet. Die Bombe wird dann auf 35°C erwärmt und an einen Drucklufttank (Luftfeuchtigkeit 100%, Temperatur 21°C) angeschlossen. (Die meisten Druckluftbehälter enthalten etwas Wasser, wodurch eine relative Luftfeuchtigkeit von 100% erreicht wird). Das Bombenventil wird dann langsam geöffnet und langsam Luft bis zu einem Druck von 80 PSI in die Bombe gelassen. Nach dem Schließen des Ventils wird die Bombe vom Drucklufttank getrennt. Das Vorwärmen der Bombe und die langsame Einleitung der Luft beugen der Kondensation an der Innenwand der Bombe vor.

Die Bombe wird dann in den Ofen gebracht und die Temperatur für eine vorgegebene Zeit auf fast genau 67°C gehalten. Die Versuchsdauer schwankt zwischen 158 und 336 Stunden; sie sollte so gewählt werden, daß die Reißfestigkeit der Lederproben schlechter Qualität nach dem Versuch mehr als 300 PSI beträgt, um eine exakte Ermittlung des Verhältnisses der Reißfestigkeit aller Lederproben vor und nach dem Versuch zu ermöglichen. Um Unterschiede zwischen den Ledern höherer Haltbarkeit zu bestimmen, kann eine längere Versuchsdauer benutzt werden. Nach Ende des Versuchs wurde die Bombe aus dem Ofen genommen und das Gas langsam in einen Abzug abgelassen. Nach dem Füllen der Bombe mit Luft wurden die Lederproben entnommen. Sie wurden dann 24 Stunden mit den Vergleichsproben gelagert, um denselben Feuchtigkeitsgehalt bei der Reißfestigkeitsmessung zu gewährleisten.