

Erfahrungen bei der Neutralisation von
Freiburger Papieren mit Ammoniakdampf

Von Restaurator Klaus Desbarats,
Stadtarchiv Freiburg i. Br.

Wenn wir heute in Basel über Freiburger Papiere sprechen, so möchten wir zunächst einen kurzen Rückblick auf die mannigfaltigen Beziehungen zwischen den beiden Städten werfen, die bis ins 14. Jahrhundert zurückreichen und die auch auf dem Gebiet des Buch- und Papiergewerbes ihren Niederschlag fanden. Im Jahre 1338 hatten sich die wichtigsten Städte des alten Kulturraumes am Oberrhein, Basel, Freiburg und Straßburg, zu einem Städtebündnis zusammengeschlossen, das in der Folgezeit mehrfach erneuert wurde und wenn sich heute noch über die Grenzen hinweg gemeinsame Probleme in diesem Raum ergeben, so ist die überregionale Zusammenarbeit in der Regio Basiliensis zu einem Begriff geworden.

Auf wirtschaftlichem Gebiet arbeiteten Basel und Freiburg im 15. und 16. Jahrhundert als "Münzgenossen" in Gemeinschaft mit umliegenden Städten des Rheintales in verschiedenen Münzverträgen zusammen. Zwischen den Klöstern von Freiburg und Basel bestand ein reger Austausch von Gedanken und Nachrichten, daneben geben uns die Urkunden und Missiven des Stadtarchivs Freiburg einen interessanten Einblick in den wechselseitigen Verkehr mit den "lieben guten fründen" in Basel.

In der Blütezeit des Humanismus wirkten nicht nur bekannte Gelehrte und Künstler in beiden Städten, wie Erasmus von Rotterdam, Glarean, Hans Baldung Grien u. a., sondern auch Buchdrucker und Papierer. Solange die Freiburger keine eigene Papiermühle besaßen, bezogen sie ihr Papier vorwiegend aus Basel. Als 1493 in Freiburg eine Buchdruckerei eingerichtet wurde, gingen die ersten 200 Exemplare von Fischers Bonaventura-Druck nach Basel. 1520 läßt der Rat von Freiburg das Neue Stadtrecht von Ulrich Zasius bei dem Basler Buchdrucker Petri drucken. In dieser Erstausgabe finden wir Papiere mit dem Wasserzeichen des Basler

Ochsenkopfes neben den ersten Papieren mit dem Freiburger Rabenkopf. Einige Jahre später gibt Erasmus von Rotterdam von Basel aus mehrfach Aufträge an die Freiburger Buchdrucker. Kurze Zeit druckte auch der Enkel des bekannten Basler Buchdruckers Froben, Johann Froben, in Freiburg.

Als das Basler Gewerbe der Papierer schon ein halbes Jahrhundert in hoher Blüte stand, kam es in Freiburg im Jahre 1520 zur Gründung einer Papiermühle an der Dreisam, die der Rat an den Papierer Bastian Loser verpachtete. 1548 wurde die Papiermühle an den Papierer Simon Ritz verkauft, dessen Nachkommen noch im 18. Jahrhundert auf der Papiermühle saßen.

Mit Simon Ritz begann die Blütezeit der Freiburger Papierindustrie, die mit 10 Gesellen neben den sechs Basler Papiermühlen das meiste Papier am Oberrhein produzierte.

Die Qualität der Freiburger Papiere war in den ersten 30 Jahren ihrer Herstellung durch kräftige Struktur und Widerstandsfähigkeit gegen Krankheits- und Zerstörungerscheinungen verschiedenster Art gekennzeichnet. Mit der Erhöhung der Papiererzeugung setzte eine allmähliche Qualitätsminderung ein, die den Rat veranlaßte, einzuschreiten und eine Papierschau einzusetzen. Man kann es als Ironie bezeichnen, wenn die wortreiche Verteidigungsschrift des beschuldigten Papierers an den Rat auf seinem eigenem Papier eine fortgeschrittene Tintenfraßbildung mit vielen Durchbrüchen aufweist, die bei auswärtigen Papieren aus der gleichen Zeit nicht anzutreffen ist. Auf die Ermahnungen des Rates hin werden die Papiere wieder etwas kräftiger und knotenfrei, sie reichen jedoch in ihrer Qualität nie mehr an die Festigkeit der ersten Freiburger Papiere heran, was sich bei der allmählich einsetzenden Tintenfraßbildung bemerkbar macht.

Über die Entwicklung des Tintenfraßes in den städtischen und den deponierten Archivalien gibt uns eine Reihe nahezu lückenlos vorhandener Ratsbücher, Gerichtsbücher, Urbare und anderer Amtsprotokolle seit dem 14. Jahrhundert erschöpfende Auskunft. Die frühesten Tintenschäden können allerdings nicht in den städtischen Beständen beobachtet werden, sondern in den Klosterarchiven, in deren Meß- und Gesangbücher teilweise ganze Notenköpfe und Textteile ausgebrochen sind. Je kräftiger die Tinte aufgetragen wurde, desto intensiver fällt der Zerfall der Papierfaser aus.

Die gleiche Erscheinung läßt sich gelegentlich auch bei den großen Anfangsbuchstaben und den monogramatischen Unterschriften auf den Pergamenturkunden bis ins 13. Jahrhundert zurückverfolgen.

Bei den Städtischen Amts- und Rechnungsbüchern kann man vor dem Jahre 1590 in nur vereinzelt Fällen Tintenfraß in verschiedenen Stadien antreffen. Seit 1590 setzt eine sich allmählich steigende Tintenfraßbildung ein, die zwischen 1600 und 1630 ihren Höhepunkt erreicht, von diesem Zeitpunkt an nach und nach abklingt und in den folgenden Jahrhunderten keine Zerstörungserscheinungen größeren Ausmaßes mehr erkennen läßt. Interessanterweise zeigen sehr wertvolle Amtsbücher wie die Bürgerbücher, das Buch der Richter, Urbare u. a., die mehrere Jahrhunderte hindurch geführt wurden, in nur ganz vereinzelt Fällen Tintenfraßstellen im Anfangsstadium auf aus der Zeit von 1600 bis 1620, was vermuten läßt, daß man in Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Amtsbücher besonders zubereitete Tinten verwendet hat.

Eine Reihe von Amtsprotokollen aus der Zeit von 1600 bis 1700 ist bei einem früheren Wassereintrich naß geworden und die meisten Bände waren blockartig zusammengeklebt. Das Wasser war vom Buchrücken und von den Seiten her in die Bände eingesickert, hat dort hell- bis dunkelbraune ausgedehnte Wasserränder hinterlassen und zur Bildung grüner und schwarzer Pilzrasen geführt, die oft ganze Bände ppropfenartig durchwachsen haben. Bei den am stärksten durchnäßten Bänden war das Papier im Bereich mehrerer Lagen oder Blätter durch ausgedehnte Pilzrasen pulverartig zersetzt. Durch die ungleichmäßige Einwirkung des Wassers waren in verschiedenen Bänden neben gesunden Stellen in der Blattmitte Mürbungen verschiedenster Grade bis zum Abfaulen ganzer Blattränder anzutreffen. Daraus ist zu erklären, daß auf den ungleichmäßig angegriffenen Blättern pH-Werte von 3 - 4,5 gemessen werden konnten. Die Tinte war im Bereich der Wasserränder stellenweise bis zur Unleserlichkeit verblaßt, die Schriftränder vielfach ausgelaufen, daneben waren Tintenfraßerscheinungen vom Anfangsstadium bis zum Endstadium anzutreffen.

Zur konservierenden Behandlung wurden die Protokolle zunächst einer Formalin-Vakuum-Desinfektion unterzogen, bei der sich ein großer Teil der zusammengeklebten Blätter löste. Hartnäckigere

Verklebungen konnten im warmen Trockenverfahren getrennt werden und der Rest auf mechanischem Wege beim Auseinandernehmen des Buchblockes. Die besten Lösungsergebnisse bei den verklebten Blättern wurden mit Infrarotstrahlen erreicht. Dieses Verfahren mußte leider aufgegeben werden, weil die Schrift durch die Einwirkung der Infrarotstrahlen merklich verblaßte. Schimmelrasen, Löschsand und andere Verunreinigungen wurden vorsichtig mit dem Pinsel abgewischt und anschließend mit einer Lösung von wässrigem Alkohol mittels eines Wattebausches abgetragen. Es heißt durch Vorversuche bis an die Grenze des Möglichen zu gehen, wenn man dem Alkohol so viel Wasser zudosiert, daß damit eine möglichst weitgehende Reinigung der verschmutzten und teilweise verfilzten Papieroberfläche erreicht werden kann, ohne die Tinte oder das mürbe Papier zu beschädigen. Die Tinte wurde durch diese Behandlung nicht angegriffen, der Anteil an Eisensulfat in der Tinte ist nicht alkohollöslich, dagegen der Anteil an Gallusgerbsäure. Darauf beruht die Erfahrung, daß die Eisengallustinten je nach ihrer Zusammensetzung beständig oder empfindlich sind gegen Alkoholbehandlung oder Alkoholbäder.

Die fortgeschrittene Mürbung des Papierees erlaubte keine weitere Naßbehandlung. Versuchsstücke, die interessehalber zwischen Drahtsiebe und Fließpapier nach dem römischen Verfahren in heißes Wasser eingetaucht wurden, lösten sich innerhalb von einer Minute auf. Die Ausschaltung der Tintensäure mußte auf anderem Wege erreicht werden.

Mit diesem Problem hat sich schon in den dreißiger Jahren Heinz Wölfert befaßt, der Leiter der Restaurierungswerkstätte des Geheimen Staatsarchiv Berlin. Wölfert war gleichzeitig ein hervorragender Fotograf, kannte aus seinem Fotolaboratorium die Verwendung von Ammoniakverbindungen und Eisensulfat und experimentierte als erster Restaurator mit Ammoniakdampf. Leider hat uns Wölfert, der in der Archivtechnischen Zeitschrift (Bd. 45/1939) sonst sehr präzise Konservierungsanweisungen hinterlassen hat, keine konkreten Angaben über seine Ammoniak-Verdampfungsmethode, die Zusammensetzung des Ammoniakdampfes, des Dampfdruckes und seiner Einwirkungszeit auf die Tintensäure und die sich daraus ergebende Neutralisationsreaktion zur Verfügung gestellt. Es muß

dabei brücksichtigt werden, daß die Ansichten der Chemiker über die wahre Stärke der wässerigen Ammoniakbase mitunter auseinandergehen. Die Wirksamkeit der Wölfert'schen Methode mußte infolgedessen anhand eigener Versuche ermittelt und durch Chemiker nachgeprüft werden.

Aufgrund der bekannten Zusammensetzung der Eisengallustinten ergaben sich dabei folgende Ausgangspunkte: Eisen (II)-sulfat kristallisiert in Gegenwart von Feuchtigkeit als kristallwasserhaltiges Salz der Zusammensetzung $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ aus. Unter der allmählichen Einwirkung der Luftfeuchtigkeit bildet sich daraus infolge Oxydation und gleichzeitigem Entstehen von Schwefelsäure rotbraunes basisches Eisensulfat, $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$.

Nach neuen Theorien wird das Vorhandensein der Schwefelsäure allein für die Zerstörung der Papiersubstanz verantwortlich gemacht. Es ist jedoch naheliegend, daß das basische Eisensulfat, das in saurem Medium stark oxydierend wirkt, für die Zerstörung der Papiersubstanz in gleichem Maß verantwortlich ist, wie das Vorhandensein der Schwefelsäure.

Für die Aufhebung der schädigenden Faktoren durch die Herabsetzung des pH-Wertes in Richtung des Neutralpunktes bietet die flüchtige Base Ammoniak gute Voraussetzungen. Ammoniak (NH_3) ist ein farbloses Gas, von charakteristisch stechendem Geruch, spezifisch leichter als Luft, sehr hygroskopisch und in Wasser außerordentlich stark löslich. Die wässerige Lösung von Ammoniak (Ammoniumoxihydrat, NH_4OH) heißt Ammoniakwasser. Die 10%ige Lösung kommt als Salmiakgeist in den Handel, die konzentrierte 25%ige Lösung, die für unsere Zwecke zur Anwendung gelangt, wird auch als Ätzammoniak bezeichnet. Sie bildet eine farblose, stark nach Ammoniak riechende Flüssigkeit und hat schwach alkalische Reaktion. Das Ammoniakmolekül hat zwei bemerkenswerte Eigenschaften: es hat am Stickstoffatom noch ein freies, unbesetztes Elektronenpaar und besitzt ein starkes Dipolmoment. Infolge dessen hat das Ammoniakmolekül noch eine freie Valenz, worauf die Bildung des Ammoniumions und der Ammoniumsalze beruht.

Für die Durchführung der Versuche stand ein Formaldehydkasten für $\text{COH}_2\text{-H}_2\text{O}$ -Dampfgemische zur Verfügung, der von vornherein als Mehrzweckapparat gedacht war. Die Konstruktion des Apparates mußte sich nach den zur Verfügung stehenden Geldern richten, er

stellt unter diesen Voraussetzungen keine so ideale Lösung dar, wie sie mit einem Dampfzylinder hätte erreicht werden können. 1956 kostete der Bau des Kastens DM 1100,--, die Verdampfungseinrichtung mit einer säurefesten Saug- und Druckpumpe für die verschiedenen Gase DM 850,--.

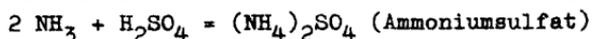
Der Dampfkasten besteht aus einem rechteckigen Metallrahmen mit einem Rauminhalt von ca. 1 m^3 . Der Boden und die Rückwand sind aus Metall, die Seitenwände und die abschraubbare Vorderwand aus Spezialglas, so daß sämtliche Vorgänge im Inneren des Kastens kontrolliert werden können. Die Glaswände sind bis zu 110° C hitzebeständig und erlauben einen Überdruck von 1 at und ein Vakuum von 98 %. Die Zuführung der Gase oder Dampfgemische erfolgt von außen her über säurebeständige Ventile, schädliche Gase können mit einer Wasserstrahlpumpe abgesaugt und erforderlichenfalls im Abflußbecken neutralisiert werden. Im Inneren des Kastens sind Gleitschienen montiert zur Aufnahme von siebartigen Schiebefächern oder eines Aufhängerrahmens mit Schnüren, an dem 60 Papierblätter aufgehängt werden können.

Die zur Vergasung vorgesehenen Blätter werden am Aufhängerahmen befestigt und in den Kasten eingeschoben. Sehr mürbe Blätter, die selbst gegenüber einer Dampfbehandlung empfindlich sind, werden auf Perlonseilen ausgebreitet.

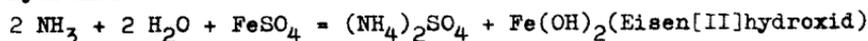
Die Verdampfung des Ammoniakwassers erfolgt in einem Rundkolben aus Glas auf einem elektrischen Kocher. Das Dampfgemisch steigt durch einen Dimrothkühler, in dem der überschüssige Wasserdampf ausgeschieden wird, in einen weiteren Rundkolben, wird von dort mit einer Schlauchpumpe angesogen und in den Dampfkasten gepumpt bis zu einem Überdruck von 1 atü.

Das Dampfgemisch verbindet sich mit den anorganischen Bestandteilen der Eisengallustinten nach den folgenden Gleichungen:

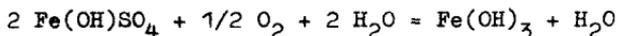
1. Die Neutralisation freier Schwefelsäure gemäß:



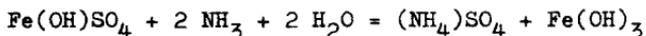
2. Die Überführung noch vorhandenen Eisen(II)sulfats in Eisenhydroxid:



3. Die anschließende Oxidation desselben mit Luftsauerstoff zu Eisen(III)hydroxid:



4. Die direkte Umsetzung von basischem Eisen(III)hydroxid zu neutralem Eisen(III)hydroxid:



Die Endprodukte des Prozesses sind Ammoniumsulfat und Eisen(III)-hydroxid, das beim anschließenden Trocknungsprozeß in Luft entwässert und in eine säurelösliche rotbraune Form des Eisenoxids übergeht: Fe_2O_3 (Hämatit). Die Reaktionsdauer bis zur abgeschlossenen Bildung der Ammoniumsulfat-Kristalle erstreckt sich auf einen Zeitraum von ca. 65 - 75 Stunden. Zur Aktivierung der Kristallbildung wird das Dampfgemisch täglich einmal mit der Schlauchpumpe in Umlauf gesetzt. Nach drei Tagen werden die Blätter aus dem Kasten entnommen und zum Trocknen aufgehängt. Dabei verdunstet der überschüssige Ammoniak.

Das bei diesem Prozeß entstehende Ammoniumsulfat bleibt im Material eingelagert. Infolge Hydrolyse reagiert es sauer und stellt den Oberflächen-pH-Wert auf ca. 5,5 - 7 ein. Anschließend werden die Blätter je nach Notwendigkeit nachgeleimt oder in Japanpapier eingebettet.

Die Erfahrung bei der Konservierung feuchtigkeits-, pilz- und säuregeschädigter Freiburger Papiere hat ergeben, daß die Beseitigung von Schimmelpilzen mit Formalindampf und die Neutralisation der Tintensäure mit Ammoniakdampf die größtmögliche Schonung der mürben Papierfasern erlaubt hat. Gleichzeitig ermöglicht die Ammoniak-Verdampfungsmethode eine rationelle Arbeitsweise, durch die Ersparnis zahlloser Handgriffe, die bei der wässerigen Neutralisation erforderlich sind.

Diskussion

MAGER-MAAG: Wir kennen Ammoniak als flüchtige Base. Besteht nicht die Gefahr, daß sich das Ammoniak allmählich aus den behandelten Blättern verflüchtigt?

DESBARATS: Wie ich bereits erwähnte, verdunstet bei der Trocknung der Blätter nur der überschüssige Ammoniakanteil. Die NH_4 -Gruppe bleibt in den Ammoniumsulfaten unverändert.

HENRICHS: Die chemische Beständigkeit des Ammoniumsulfats kann ohne Zweifel für viele Jahre zutreffen. Wir müssen jedoch mit der Einwirkung der Luftfeuchtigkeit von Jahrzehnten rechnen. Ob sich dann nicht doch mit der Zeit aus der Tinte neue Schwefelsäure freisetzt?

DESBARATS: Messungen und Erfahrungsberichte gibt es auf unserem Fachgebiet darüber noch nicht, die längere Zeit zurückreichen. Unsere ersten Freiburger Rechnungsbücher wurden 1954 noch in unserer alten Gaskammer mit dem Ammoniakverdampfer von Boje neutralisiert. An diesen Bänden konnte bisher noch keine Veränderung des damals erzielten pH-Wertes festgestellt werden. Sollte sich unter Umständen eine Herabsetzung des pH-Wertes im Laufe der Jahrzehnte ergeben, was wir als Praktiker nicht voraussehen können, so steht einer Nachbehandlung der Bände mit Ammoniakdampf nichts im Wege. Die wichtigste Voraussetzung für die Beständigkeit des Ammoniumsulfats ist die kontrollierte Luftfeuchtigkeit von 60 - 65 % im Magazin, denn chemisch reines Ammoniumsulfat zerfließt beispielsweise bei relativen Feuchtigkeiten oberhalb 80 %.

HENRICHS: Wie verhält sich das Ammoniumsulfat, wenn die Blätter eingebettet werden und der Stoff mit dem Kleisterwasser in Berührung kommt? Bildet sich nicht eine wässrige Lösung von Ammoniumsulfat, bei der das Ammoniak entweicht bei der Verdunstung des Kleisterwassers?

DESBARATS: Das Ammoniumsulfat löst sich im Kleisterwasser und wandert bei der Trocknung der feuchten Blätter zwischen Holzpappen oder Löschkarton teilweise mit dem Wasser als gelöstes

Salz in die saugenden Unterlagen, wobei dem Papier die Hauptmasse der Chemikalien entzogen wird. Wenn wir das Wasser durch Verdunsten entfernen, z. B. nach der Methode von Lippert durch Lufttrocknung oder durch Trocknung zwischen nichtsaugenden Folien, so bleiben die gelösten Stoffe natürlich auf dem behandelten Blatt zurück. Dasselbe trifft zu, wenn wir die Blätter nachleimen und an der Luft trocknen. Wesentlich ist, daß auch in der wässerigen Lösung von Ammoniumsulfat die NH_4 Gruppe beständig bleibt und damit auch der im Papier verbleibende Teil des Salzes. Das Ammoniak könnte aus der wässerigen Lösung höchstens durch sehr starke Chemikalien, z. B. Natronlauge, entfernt werden. Die idealste Lösung nach der Einbettung der Blätter ist zunächst das Herausziehen der gelösten Chemikalien, soweit dies möglich ist mit technischem Seidenpapier, das man gleich wegwirft. Darauf eine längere leichte Pressung zwischen Holzpappen oder Löschkarton, Pappenwechsel, und erst die Schlußpressung bei geringer Feuchtigkeit zwischen nichtsaugenden Folien, Silikonpapier oder Wachspapier zur Erhöhung der Transparenz des Japanpapiers. Dabei ist darauf zu achten, daß man die Pappen oder Löschkartons nicht zu oft benutzt, weil sich in ihnen ja die gelösten Bestandteile des Salzwassers ansammeln.

HENRICHS: Praktisch kann man doch ohne Neutralisation nahezu dasselbe Ergebnis erreichen, wenn bei der Einbettung der Blätter der größte Teil der durch das Kleisterwasser gelösten Chemikalien bei der Trocknung in die Holzpappen zieht.

DESBARATS: Der grundsätzliche Unterschied besteht darin, daß dann die restliche, im Papier verbliebene Schwefelsäure nicht an das Ammoniak gebunden ist. Selbst wenn dem Papier der größte Teil der Chemikalien durch das Kleisterwasser entzogen wird, behalten die verdünnten Chemikalien im Papier den pH-Wert 3, während der pH-Wert der neutralisierten Blätter zwischen 5,5 - 7 beträgt. Bei unseren stark säurehaltigen Papieren würde die Einbettung ohne vorherige Neutralisation lediglich eine Festigung der Blätter bewirken. Die Ursachen des Tintenfraßes, die Schwefelsäure und meiner Ansicht nach auch das basische Eisensulfat, würden dagegen, wenn auch in verdünnter Konzentration, im Papier und genauso im frisch aufgezogenen Japanpapier eingelagert bleiben.

Résumé (Desbarats)

Recherches sur la neutralisation de papier par des vapeurs d'ammonium
 Résultats obtenus à Freiburg i. Br.

Des feuilles de papier de chroniques manuscrites devenues moites, moisies ou pourries par suite d'une mauvaise conservation ne peuvent plus être traitées à l'eau. Elles sont désinfectées par des vapeurs de formaline, les feuilles collantes sont ensuite défaites par chaleur sèche et nettoyées. Par le degré de l'érosion de l'encre, la valeur pH a pu être établie à 3 - 3,5. Pour la neutralisation, les feuilles sont exposées pour 2 - 3 jours, dans une chaudière à pression, aux vapeurs d'ammonium (obtenus d'une solution d'ammonium de 25 %) avec une surpression de l'atmosphère. Le produit final de ce procédé de neutralisation sont l'ammonium sulphate stable et l'hydroxyde de fer (III), qui devient du hémateite au cours du séchage. Après le traitement, la valeur pH de surface comprend environs 5,5 - 6,5. La méthode permet le maximum de ménagement des feuilles fragiles et un travail rationnel.

Summary (Desbarats)

Experiences with papers neutralized by anhydrous-ammonium vapour

Handwritten Freiburg paper manuscripts which became wet, mouldy, brittle and sticking together are not allowed to be wetted anymore. They are disinfected by formaline vapour, then the sticking parts are loosened by dry warmth and cleaned. They even were damaged by erosion of the ink and the pH-value showed 3 - 3,5. To neutralize the papers they were brought for 2 or 3 days into a pressure vessel at 1 atmosphere and treated by anhydrous-ammonium vapour. The products of this process of neutralization are the stable ammonium sulphate and iron hydroxyde (III) which becomes hematite while drying. The pH-value after treating is about 5,5 - 6,5. This method is the most careful and economical known.

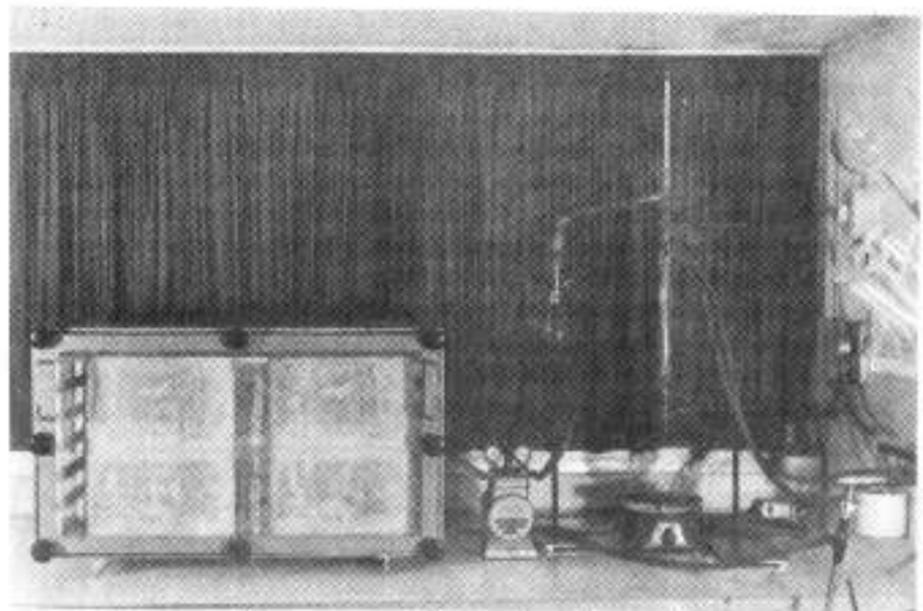
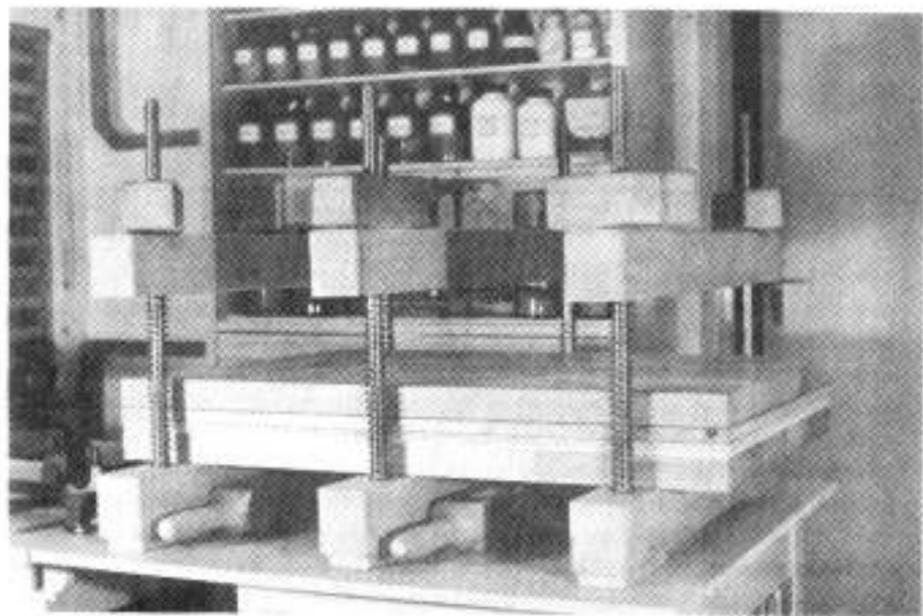
Erläuterungen zu den nebenstehenden Abbildungen

H o l z p r e s s e für große Urkunden, Graphiken, kleine Karten und Pläne bis zum Format von 68 x 100 cm (Konstruktion DESBARATS)

Die Holzpresse besteht aus 3 (bei Bedarf 4) beweglichen Buchbinderpressen aus Hartholz mit Eisenspindeln. Die Lichtweite beträgt 70 cm. Als Grundplatte wird eine 5 cm starke Eichenholzplatte (68 x 100 cm) verwendet, als Zwischenbretter 2 cm starke Sperrholz Bretter. Die obere Platte ist zur leichteren Handhabung in zwei 5 cm starke Eichenholz Bretter (34 x 100 cm) geteilt. Über die Eisenspindeln werden in Sonderanfertigung hergestellte Druckfedern aus Stahldraht geschoben, die die Preßbalken beim Öffnen der Presse automatisch in die Höhe schieben. Die Holzpresse kostet mit allem Zubehör ca. 500,-- DM und hat ein ausgezeichnetes Druckvermögen.

F o r m a l d e h y d k a s t e n mit Einrichtung zur Ammoniakverdampfung (Konstruktion DESBARATS)

1. Elektrischer Kocher mit aufgesetztem Ammoniakbehälter, Dimroth-Kühler und Thermometer.
2. Verbindungsrohre zum Wasserabscheider.
3. Saug- und Druckpumpe (Aeromat Super mit Vakuummeter und Manometer) zur Beförderung des Ammoniakdampfes.
- 4a. Oberer Einlaßstutzen zum Kasten.
- 4b. Abzugsstutzen mit Schlauch zur Wasserstrahlpumpe zur Evakuierung des Kastens.
5. Formaldehydkasten mit abschraubarer Vorderwand und aufgehängten Papierblättern.



5 4a+b 3 2 1