

Celluloid : vom explosiven Wirkstoff zum konstruierten Werkstoff

Autor(en): **Oelsner, Reiner F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG**

Band (Jahr): **69 (1997)**

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-378330>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Celluloid – vom explosiven Wirkstoff zum konstruierten Werkstoff

Das Thema «Katastrophe» und die chemische Industrie

Der 21. September 1921 gilt bis heute als der «schwärzeste Tag in der Geschichte der deutschen chemischen Industrie» (Sperber 1996). An diesem Tag explodierte um 7.32 Uhr im BASF-Stickstoffwerk Oppau das Silo Nr. 110, gefüllt mit 5000 t Düngemittel Ammonsulfatsalpeter. Dabei kamen 561 Menschen ums Leben. Der gesamte nördliche Teil des Chemiekonzerns wurde zerstört. Angrenzende Wohngebiete in Ludwigshafen, selbst weiter entfernte Stadtgebiete von Mannheim, Worms, Frankenthal und Heidelberg beklagten Gebäudeschäden. Insgesamt wurden über 7.500 Menschen innerhalb einer Stunde obdachlos. Man verglich und vergleicht bis heute diese gewaltige Industrieexplosion mit grossen Naturkatastrophen wie einem Vulkanausbruch (vgl. Sperber 1996).

Der durch diese Explosion entstandene Krater von 125 m Länge, 90 m Breite und einer Tiefe von 19 m war nur das

sichtbare Mal der Katastrophe. Eine Kommission, bestehend aus Mitgliedern der BASF, des Deutschen Reichstags, der Pfalz-Bayerischen Regierung und unabhängigen Sachverständigen, stellten im Untersuchungsbericht vom 20. Dezember 1923 fest, dass die Explosion weder durch die routinemässig durchgeführten Sprengungen im Silo, noch durch veränderte chemische Zusammensetzung oder gar durch Nachlässigkeit der im Akkord- und Prämiensystem stehenden Arbeiter ausgelöst wurde. Letztendlich konnten die Ursachen, die zur Explosion führten, bis heute nicht eindeutig aufgedeckt werden (vgl. Braun o.J.: 673).

Selbst der damalige BASF-Vorstandsvorsitzende Carl Bosch fand angesichts der katastrophalen Auswirkungen wenig erklärende Worte: «Kein Kunstfehler und keine Unterlassungssünde hat die Katastrophe herbeigeführt. Neue, uns auch jetzt noch unerklärliche Eigenschaften der Natur haben all unsere Bemühungen gespottet... Hier stehen wir ganz machtlos und ohnmächtig...» (Werkzeitung 1921:139). Der Reichspräsident Fried-

Dr. Reiner F. Oelsner
Landesmuseum für
Technik und Arbeit
Museumsstrasse 1
D-68165 Mannheim



Explosionskrater
(Foto: Werksarchiv BASF)

rich Ebert erklärte am Grabe der Toten sogar das «Walten finsterner Mächte» als verantwortlich für die «fürchterlichste(n) Katastrophe, die jemals die Geschichte der deutschen Industrie erlebt habe.» (Braun o.J.: 652; vgl. dazu abweichend Werkzeugzeitung 1921:140).

Entgegen dieser Schuldabweisung verlangte der Gemeinderat Oppau die persönliche Schadenshaftung aller BASF-Direktoren und Aktionäre, inklusiv der Beschlagnahme des Privatvermögens. Der Gemeinderat ging davon aus, dass die Explosion durch einen missglückten Probelauf eines neuen Verfahrens mit erhöhtem Druck erfolgte. (Protokoll vom 27. September 1921, Bürgermeisteramt i.V. Berg). Die vom Oppauer Gemeinderat postulierte persönliche Haftung der Verfahrensentwickler und Industriellen für Schäden technischer Katastrophen verweist auf ein Thema in der Technikfolgendiskussion, das bis heute umstritten ist.

Im Vertrag mit dem Staatskommissariat vom 11. November 1924 über Schadensregulierungen verneinte die BASF jegliches Verschulden der «Werksleitung sowohl wie für die Betriebsführung» und lehnte rechtliche Verpflichtungen für die Wiedergutmachung der Schäden ab. Die etwa 16 Milliarden Goldmark für den Wiederaufbau wurden über Spenden und staatliche Fonds aufgebracht.

Weder der Technische Direktor der BASF Carl Bosch, der für die technische

Umsetzung der Ammoniaksynthese gemeinsam mit Fritz Haber 1931 den Nobelpreis erhielt, noch andere Direktoren wurden zur Verantwortung gezogen. Ganz im Gegenteil, am 14. August 1922 stellte die BASF ein «Baugesuch zu dem Landhaus» in Heidelberg, Wolfsbrunnweg für «Herrn Dir. Prof. Dr. Bosch» und finanzierte den Bau der heute mehrere Millionen DM teuren Villa.

Für das Thema «Technische Entwicklung als Folge von Katastrophen» stellt sich neben all diesen interessanten Details die Frage, welche neuen Entwicklungen resultieren aus dieser Katastrophe? Zuerst ist festzuhalten, dass die BASF nach elf Wochen des Wiederaufbaus erneut Ammoniakdünger mittels des bekannten Haber-Bosch-Verfahrens in der Ammoniaksulfat-Fabrik produzierte (vgl. Braun o.J.: 674). Was vorübergehend eingestellt wurde, war lediglich die Herstellung des Ammonsulfatsalpeters.

In den folgenden Jahren bis zum Zweiten Weltkrieg wurden Prozessleittechnik, Katalysatoreinsatz, die (chemische) Verfahrenstechnik und vor allem die Konfektionierung des Produktes, einschliesslich der Lagerfähigkeit, verbessert.

Die Hochdrucktechnologie verliert erst seit den letzten zehn Jahren an Bedeutung. Diskussionen über Energie- und Stoff-Kreisläufe, Umwelttechnologie und Schadstoffvermeidung, verbunden mit

Zerstörte Wohnhäuser
in Oppau
(Foto: Werksarchiv BASF)



staatlichen Auflagen und Fördermitteln, führten zur Reduzierung der immens hohen Drücke und Temperaturen, beispielsweise durch Einsatz neu entwickelter Katalysatoren (vgl. BASF Information 1996:2). Die heute reduzierten Verfahrensdrücke und -temperaturen sowie die Entwicklung neuer Niederdruck-Verfahren waren nicht unmittelbare Folgen dieser gewaltigen Industriekatastrophe, sondern Folgen ökonomischer und staatlicher Vorgaben.

Untersucht man weitere Folgen von Katastrophen in der chemischen Industrie, auch ausgelöst durch ältere chemische Verfahren wie der Verspiegelung, der Schwefelsäurefabrikation, der Schiesspulverherstellung, so stellt man fest, dass Katastrophen in der Regel nur zur «Einstellung der Fabrikation nach bekanntem Verfahren» laut Fabrikinspektionen, bzw. zur Verlagerung der Betriebe in andere Länder führten. Verbesserungen der Verfahren erfolgten lediglich schrittweise, meist nur als zusätzliche Schutzmassnahmen zur Schadensbegrenzung. Im seltensten Fall konnte auf Grund katastrophaler Auswirkungen einer nicht beherrschten chemischen Technologie ein völlig neues, sicheres Verfahren entwickelt werden.

Verallgemeinert lässt sich daraus folgende These aufstellen: Technische Katastrophen in der chemischen Industrie führen nicht direkt zur sprunghaften technischen Entwicklung. Sie bedingen in erster Linie, und das meist unter politischem Druck, Entwicklungen zur Schadensbegrenzung. Nicht unwesentlich scheint dabei der Unterschied zu sein zwischen stoffwandelnder Technik (chemischen Prozessen) und stoffformender (physikalischen Prozessen), einschliesslich der Kommunikationstechnik. Erinnerung sei in diesem Zusammenhang an die reduktionistische Schulweisheit: «Chemie ist, wenn es stinkt und knallt», wenn also «Katastrophen» gezielt ablaufen.

Relevanter für den Zusammenhang von technischen Katastrophen und Entwicklungen neuer Technologien scheint die Frage zu sein nach dem Rationalisierungspotential des technischen Verfahrens sowie des Werkzeuges, der Maschine bzw. Anlage als Arbeitsmittel und vor allem des Roh- bzw. Werkstoffes als Arbeitsgegenstand.

Die erwähnten Beispiele technischer Katastrophen in der chemischen Industrie beziehen sich vor allem auf die Herstellung und Verarbeitung von Produktionshilfs- bzw. Produktionswirkstoffen: Dünger, Säure, Schiesspulver usw. Wichtiger für eine Analyse der «Katastrophen-Theorie» im Bereich der chemischen Industrie scheint die nähere Betrachtung der Entwicklung von neuen Roh- bzw. Werkstoffen zu sein. Am Beispiel der Celluloidherstellung und -verarbeitung sollen die o.g. These und ihre Randbedingungen belegt werden.

Fallbeispiel: Katastrophen bei der Celluloid-Herstellung und ihre Folgen

Selektionskriterien für die Wahl des Werkstoffes Celluloid als Fallbeispiel sind seine vielfältige Anwendung, weite Verbreitung und sein explosives Verhalten. Es ist der erste «Massen-Kunststoff». Ein Vergleich der Produktionsmenge von Kunststoffen insgesamt mit der Celluloiderzeugung verdeutlicht die Bedeutung dieses ersten Massenkunststoffes zu jener Zeit: Von den im Jahre 1900 weltweit produzierten 20000 Tonnen Kunststoff waren allein 15000 Celluloid (vgl. Grossmann 1907:136).

Geschichte des Celluloids und die werkstoffliche Zuordnung

Die Geschichte der Kunststoffe kann in Abhängigkeit vom Einsatz der Rohstoffe, von der Funktion der Werkstoffe und vom Gebrauch der Fertigprodukte in drei Epochen eingeteilt werden, in die der Imitate, der Ersatzstoffe und der neuen Werkstoffe mit heuristisch bestimmten Eigenschaften.

Celluloid ist der erste technisch hergestellte Thermoplast, also ein Kunststoff, der unter Wärmeeinfluss beliebig formbar ist. Durch seine Bedeutung als Imitat für Elfenbein, Malachit, Bernstein, Koralle, Schildpatt usw. ist Celluloid in erster Linie zur Epoche der Imitationsstoffe zu zählen. Weitere Imitate sind Kunstholz, Hartgummi, Kunstleder, Vulkanfaser, Kunstseide, usw.

Die Epoche der Imitate umfasst die Zeit von der Industriellen Revolution bis zum Ersten Weltkrieg (1850 bis 1915). Diese Imitate sind durch chemisch-technische Umwandlung biogener Rohstoffe entstanden und werden daher «halbsynthetische» Kunststoffe genannt oder auch «Kunststoffe 1. Ordnung». Ihre Funktion liegt in der Nachahmung der Struktur von Biogenen. Sie wurden vor allem als ästhetische Artefakte verwendet.

Mitte des vergangenen Jahrhunderts nahm im Zuge der Industriellen Revolution und des erhöhten Bevölkerungswachstums der Bedarf an Roh- und Werkstoffen zu. Zusätzlich wurden Industriezweige wie Papier- und Druckindustrie (mit Gummi beschichtete Walzen), Elektrotechnik (Isolatoren aus Guttapercha) und Automobilbau (Reifen aus Kautschuk) ausgebaut. Die mit der steigenden Nachfrage verbundene Verteuerung natürlicher Werkstoffe führte zum Wunsch nach Einsatz billigerer Werkstoffe.

Infolge dieser Werkstoffknappheit suchte u. a. der amerikanische Drucker John W. Hyatt einen Ersatzstoff für gummi-beschichtete Druck- und Farbwalzen (Druckerei). 1869 entwickelte er gemeinsam mit seinem Bruder Isaiah S. Hyatt das Celluloid (vgl. Bock 1987:520f). 1872 wurde der Ersatzstoff erstmals durch deren Celluloid-Company in Newark industriell hergestellt.

In England erfolgte die industrielle Fertigung ab 1877 durch den Engländer Spiers. Er war ein ehemaliger Mitarbeiter bei Parkes, der vor Hyatt einen celluloidartigen, jedoch instabilen Werkstoff entwickelt und auf den Markt gebracht hatte. 1878 nahm Hyatt in Frankreich (Compagnie Française du Celluloid) die Produktion auf. Dieses in Stains/Paris neu gegründete Celluloidwerk übertrug den Vertrieb des Rohcelluloids in Deutschland dem Mannheimer Zweigwerk der ebenfalls bei Paris ansässigen französisch-amerikanischen Gummifabrik Hutchinson.

Das erste deutsche Werk, das Rohcelluloid herstellte, war die Berliner Hartgummifabrik Gustav Magnus & Co. Bemerkenswert dabei ist, dass die Aufnahme der Celluloidproduktion erstmals zum «Ersatz von Ersatzstoffen» führte. So

wurde der Massenartikel der Firma Magnus, Billardbälle aus Hartgummi, vom internationalen Markt durch Celluloid-Billardbälle aus Amerika verdrängt (vgl. Jander o.J.:1; Borgdorf 1973:2).

In Abgrenzung zu den schon angemeldeten Patenten entwickelte der technische Direktor der Firma Magnus, Fritz Jander, ein neues Herstellungsverfahren für Celluloid (D.R.P. 8.273 vom 6. November 1878). Der Produktionsumfang war sehr gering. Jander berichtete u. a., dass zur Herstellung des Rohcelluloids lediglich ein Kalandar zur Verfügung stand und ein Trockenschrank gebaut wurde. Schon ein Jahr später, nach einer Explosion, wurde 1879 die Berliner Produktionsstätte wieder geschlossen.

Als erster deutscher grossindustrieller Hersteller produzierte und verarbeitete ab 1880 die Rheinische Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik in Mannheim Rohcelluloid. Einer der führenden Techniker des Mannheimer Werkes wurde Fritz Jander, der nach Schliessung des Berliner Unternehmens in der Mannheimer Fabrik seine Tätigkeit aufgenommen hatte.

Wenn hier von industrieller Produktion gesprochen wird, ist zu beachten, dass man zu jener Zeit unter «grossen Mengen» lediglich einige hundert Kilogramm verstand (Gedenkschrift 1923:16).

Der Celluloidmarkt wuchs jedoch sehr schnell. Schon 1888 konnte die bestehende chemische Industrie den internationalen Bedarf an Rohcelluloid nicht mehr decken. Dies führte zu einer Welle neuer Fabrikgründungen, auch in Deutschland. So wurde 1887 bei Leipzig das Eilenburger Celluloid-Werk (Deutsche Celluloid-Fabrik AG) gegründet. 1894 nahmen die Westdeutschen Celluloidwerke GmbH Lank a. Rhein (Düsseldorf) die Produktion auf. In den Jahren vor Ausbruch des Ersten Weltkrieges erzeugte allein die Rheinische Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik täglich etwa 12 t Rohcelluloid (vgl. Schweitzer o.J.:o.S.).

Mit Celluloid begann die «Substitution der Kunststoffe durch Kunststoffe». Durch seine besondere Eignung als Imitat löste Celluloid ältere Imitate (z.B. Ebonit, Hartgummi-Imitat für Ebenholz) ab. Doch auch das Celluloid wurde spätestens

durch die Kunststoff-Entwicklungen der 20er und 30er Jahre als «Ersatzstoff» im technischen Bereich verdrängt. Lediglich als Imitat für Elfenbein, Malachit, Bernstein, Koralle, Schildpatt usw. behielt es seine Bedeutung bis in die 70er Jahre.

Selbst heute wird es als Designerwerkstoff z. B. für Brillengestelle und Akkordeongehäuse eingesetzt. Eine beachtenswerte Sonderrolle im technischen Bereich nahm Celluloid als Film- und Fotomaterial ein. Erst die Massenproduktion von Celluloid ermöglichte den Auf- und Ausbau dieses neuen Kunst- und Kommunikationsbereiches.

Ähnlich wie zuvor dem Pappmaché wurde auch dem Celluloid anfangs eine Zukunft als einem überall einsetzbaren «Super-Werkstoff» vorausgesagt. Diese Euphorie wurde schon bald gedämpft, vor allem auch durch die Explosionsgefahr, die bei der Herstellung und Verarbeitung von Celluloid bestand. Diese Gefährlichkeit führte letztlich zum Mythos, auch Fertigprodukte aus Celluloid seien hochexplosiv. So wurde u. a. in den Pariser Kaufhäusern 1880 der Verkauf von Kleidern aus Chardonnet-Seide (Celluloidseide) verboten. Angeblich waren diese Kleider samt ihrer darin gekleideten Frauen vorm offenen Kamin explodiert. Ähnliche Mythen erzählt man auch über den Billard-Ball aus Celluloid, der beim heftigen Stoss ebenfalls

explodiere. In der vorliegenden Analyse sollen jedoch weniger die Mythen, vielmehr die chemischen Gründe der Explosivität von Celluloid untersucht werden.

Chemie des Celluloids und die Technologie der Stoffumwandlung

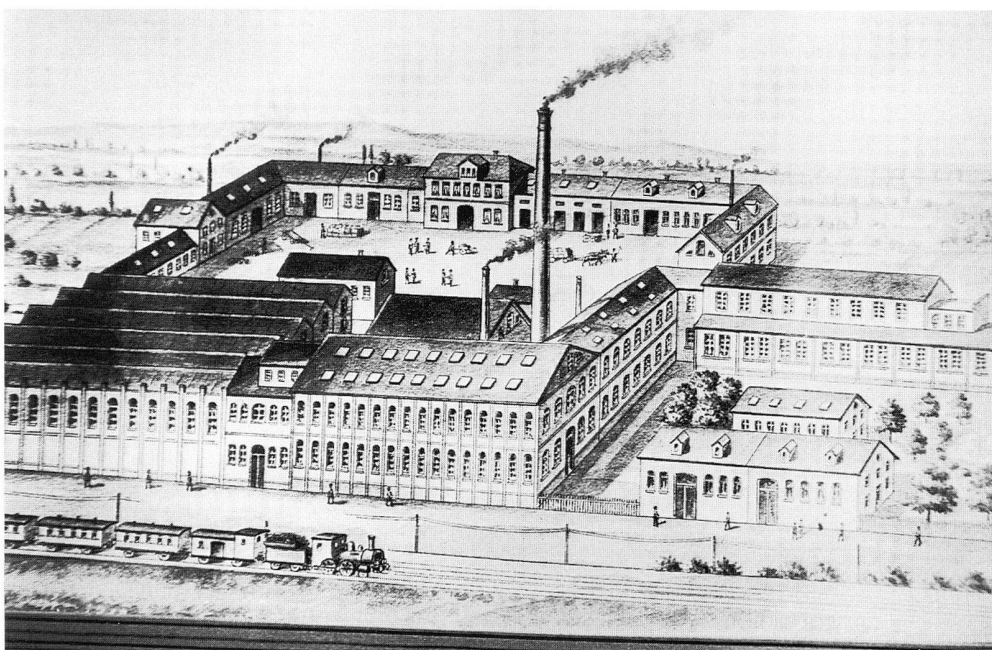
Eine der ersten deutschen Beschreibungen über die Herstellung und Verwendung des Celluloids erschien u. a. in der Papierzeitung von 1877 (S. 260 ff) und in Wagners Jahresbericht von 1878 (S. 1162). Als Ausgangsstoffe für die Herstellung von Celluloid (auch Zellhorn genannt) benutzte man (vgl. NN 1880:203 ff):

nitrierte Cellulose (Kollodiumwolle), unter Einwirkung von Salpeter- und Schwefelsäure nitrierte Baumwolle als biogener makromolekularer Rohstoff

Kampfer, ein Destillationsprodukt des Terpentinöls verschiedener Bäume als Weichmacher, der gleichzeitig die Explosivität der Kollodiumwolle reduzierte

Alkohol als Prozesshilfsstoff (Lösungsmittel).

Für eine Katastrophen-Analyse der Celluloidherstellung und -verarbeitung



Rheinische Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim-Neckarau vor 1885
(Foto: Sammlung Oelsner)

ist ein Vergleich der chemischen Struktur des Rohcelluloids mit der der Schiessbaumwolle wichtig. Beide chemischen Strukturen sind sich ähnlich. Lediglich durch unterschiedliche Konzentration bzw. Zusammensetzung der sog. Nitriersäure erhält man statt hochexplorierender Nitrocellulose die Kollodiumwolle bzw. Nitroseide (Chardonnet Seide). Noch heutige Chemie-Lexikas geben den Stickstoff Gehalt von Schiessbaumwolle in einer Bandbreite von etwa 12,6 bis 13,4% an, erst «wenn der Stickstoffgehalt tiefer liegt, entsteht Kollodiumwolle.» (Römpp 1966:4403).

Hinzu kommt, dass die Prozesse der Stoffumwandlung bis zur Jahrhundertwende im einzelnen kaum bekannt waren. Immer wieder wurde auf Schwierigkeiten der Prozessführung in den Fachbüchern hingewiesen. Letztlich war man froh, überhaupt «eine Art eines Rezepts zu finden»: «Die Fabrikationsmethoden waren hier wie dort noch äusserst primitiv. Vielleicht scheute man sich vor allzugrossen Ausgaben und wollte durch Aufnahme fremder Kapitalien nicht in grössere Abhängigkeit gelangen; wahrscheinlich aber war man sich über die chemischen und mechanischen Fragen selbst noch nicht klar genug geworden, um grosszügig auf solcher Basis aufzubauen.» (Gedenkschrift 1923:18, 22).

Erst um die Jahrhundertwende erkannte man, dass es verschiedene Stufen der Baumwollnitrierung gab: In einer ersten Prozessstufe erhält man Dinitrate, den Rohstoff für Celluloid, und in einer zweiten Stufe die Trinitrate, die Schiessbaumwolle. Aus dem Grad der Nitrierung ergeben sich jedoch nicht nur die Gefährlichkeit der Cellulose, sondern auch die qualitativen Kennwerte der Halbfabrikate bzw. der Fertigprodukte. Für die Prozessführung im Fallbeispiel Celluloid heisst das, ein zu niedriger Stickstoffgehalt der Kollodiumwolle führt zu Qualitätsverlust und ein zu hoher zur Explosionsgefahr (Gedenkschrift 1923:17).

Zum Verständnis der Prozessbeherrschbarkeit und -veränderung durch Katastrophen ist es sinnvoll, auf einige technologische Schritte der Celluloidherstellung im einzelnen einzugehen. Hierzu genügt es, die typischen Verfahren und

eingesetzten Maschinen vorzustellen. Die Stoffumwandlung von der biogenen makromolekularen Cellulose zum Rohcelluloid erfolgte über folgende Verarbeitungsschritte

Nitrierung der Baumwolle:

Stoffumwandlung unter Zusatz von Salpeter- und Schwefelsäure in Topfanlagen, Rührwerken oder Zentrifugen

Stabilisieren und Bleichen:

Entfernen der Restsäuren in Waschprozessen mit Heisswasser und Dampf sowie durch Chemikalienzusatz

Mischen und Entwässern:

Nivellieren der unterschiedlichen Qualitätseigenschaften der Chargen, später Abscheiden des Alkohols durch Zentrifugen oder Pressen

Kneten:

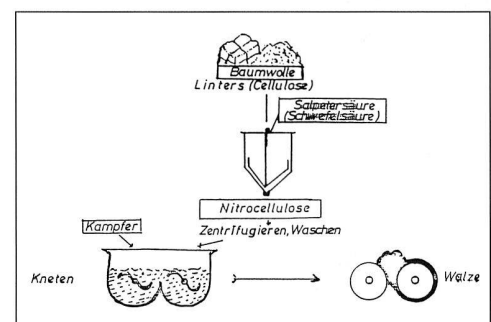
Einbringen des Weichmachers Kampfer und das «Gelatinieren» mit Hilfe von Flügelknetern

Filtrieren:

Abtrennen von Verunreinigungen mittels Filterpressen

Walzen:

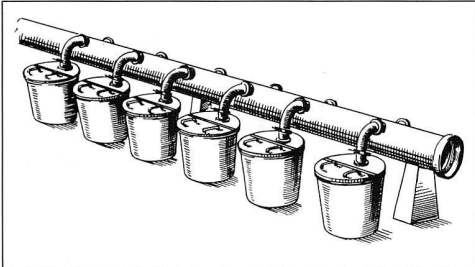
Mischen und Homogenisieren der Masse sowie Herauslösen («Austreiben») der überschüssigen Lösungsmittel mit Hilfe von Walzwerken (vgl. Bonwitt 1933:191–261).



Schema der Herstellung von Rohcelluloid

Im ersten Herstellungsschritt wurde die Cellulose in einem «vielfachen Überschuss» eines Gemisches von Schwefel- und Salpetersäure nitriert («verestert»). Anfangs benutzte man dazu offene tönernerne oder graugusseiserne Gefässe (Batterien von 12 oder 24 Töpfen), die später durch abgedeckte Tongefässe mit Absaugleitungen abgelöst wurden

(Topfverfahren). Die Nitrierung verlief bei etwa 25 bis 30° C und war im Topfverfahren nach 30 bis 40 Minuten abgeschlossen. Nach Abtrennung der Restsäure, zuerst durch Pressen, dann durch Zentrifugen, erhielt man die nitrierte Cellulose.



Nitriertöpfe mit Säureabzug
(Foto: Bonwitt 1933:79)

Gleiche Nitriertöpfe wurden auch in der Spreng- und Schiesspulverherstellung eingesetzt (vgl. Jettel 1897:65; Mente 1928:53ff): «Das bleierne Nitriergefäss wurde in den Neckar gestellt. Auf dem Topf befand sich ein Rührer mit Getriebe. Ein Mann stand also am Ufer und drehte die Kurbel, während ein zweiter im Neckar die Holzkohle... löffelweise eintrug. Trat Zersetzung ein, – die Kühlung war nicht immer einwandfrei, und ganz rein waren die Stoffe ja auch nicht – dann eilte der Nitrierer ans Ufer in Richtung gegen den Wind. Glückte dagegen die Nitrierung, dann wurde der Bleitopf ans Ufer geschleppt, was trotz der kleinen Charge von 3 Kilogramm... nicht einfach war, war es doch 40 mal mehr an Nitriersäure und der Bleitopf selbst schwer. Selbstverständlich liess sich dabei nicht vermeiden, dass die Nitrierer... mit den nitrosen Gasen in Berührung kamen.» (Schmid 1939:38).

Im zweiten Schritt wurde die Nitrocellulose in Wasserbädern (zuerst offene, später mit Rührwerken ausgerüstete Holzbottiche) mit Dampf aufgeköcht und anschliessend gefiltert. Dieser Kochprozess dauerte bis zu vier Stunden und wurde in drei Stufen wiederholt. Zur weiteren Stabilisierung und vor allem zum Bleichen wurden der gesäuberten Nitrocellulose Chemikalien zugesetzt. In einem dritten Verfahrensschritt wurden die kleinen Chargen, die jeweils in ihren Qualitäten stark voneinander abwichen, vermischt. In grossen eisernen offenen Rührkesseln von etwa 150 m³ Rauminhalt, später auch in gemauerten Kes-

seln (vergleichbar der Seifensiederei), wurden die unter verschiedenen Chargen in Wasser miteinander vermischt.

Anschliessend musste die Masse wieder vom Wasser befreit werden. Zuerst trocknete man sie an der Luft, später zentrifugierte man das restliche, nicht gebundene Wasser ab oder setzte Pressen zur Entwässerung ein. Das Verfahren dauerte bis zu drei Stunden und war enorm kostenaufwendig: «Das Arbeiten mit den oben genannten Apparaten ist auch ziemlich umständlich und erfordert verhältnismässig viel Bedienungspersonal.» (Bonwitt 1933:117).

Für viele deutsche Celluloidproduzenten war dieser Stoffumwandlungsprozess anfänglich zu aufwendig bzw. nicht beherrschbar. Deshalb stellten sie die Kollodiumwolle nicht selbst her, sondern bezogen diesen Rohstoff von chemischen Fabriken. Eine der ersten deutschen verfahrenstechnischen Beschreibungen lieferte Jander. Sie verweist zum einen auf die stark handwerkliche Prägung sowie erfahrungsmässige Steuerung des Verfahrens und zum anderen auf die apparative Anleihe aus der traditionsreichen kautschukverarbeitenden Industrie.

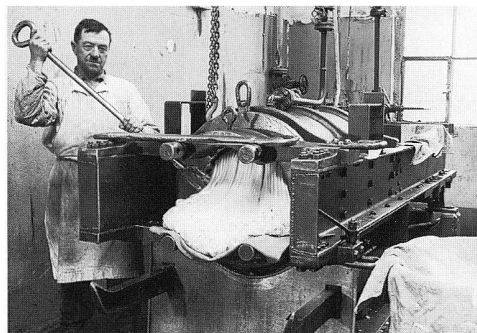
Als Rohstoff bezog Jander «Schering'sche Collodiumwolle», zuerst aus der Hofapotheke in Berlin. Diese löste er «...in einer Mischung von Schwefeläther und Kampfer zu einer teigartigen Masse...» auf und walzte sie zu Fellen aus. Als Rolle von der Walze abgewickelt, wurde das Fell «...dann auf einer runden mit Reibeisenblech beschlagenen Holzscheibe von 60 cm auf der Drehbank zu Pulver zerrieben... Eine sehr gute Masse ergab eine Lösung von Collodiumwolle in dem Kampfer bis zur Konsistenz gesättigtem Schwefeläther. Das fast trockene Pulver wurde in Formen gepresst und im Kessel wie Hartgummi vulkanisiert, wodurch alle überschüssigen Lösungsmittel entfernt wurden und ich einen trockenen, harten, transparenten, hellgelben Stoff erhielt...» (Jander o.J.:2).

Aus diesem noch handwerklich organisierten und nur im geringem Masse maschinentechnisch rationalisierten Verfahren entwickelten sich folgende maschinisierte Verfahrensschritte:

In speziellen Flügelknetern, die anfangs offen waren, wurde der nitrierten Cellulose Kampfer als Weichmacher und Alkohol als Lösungsmittel (früher wurde auch Äther als Lösungsmittel benutzt) zugegeben und zu einer zähen gelatinösen Masse geknetet. Der Knetprozess dauerte etwa 3 Stunden. Erzielt werden sollte eine erste Reinigung der Masse, die Reduzierung des Alkoholgehalts auf etwa 30%, und vor allem die Aufarbeitung des Rohcelluloids zu einer pastenartigen, elastischen Masse mit möglichst gleichmäßigem Gefüge.

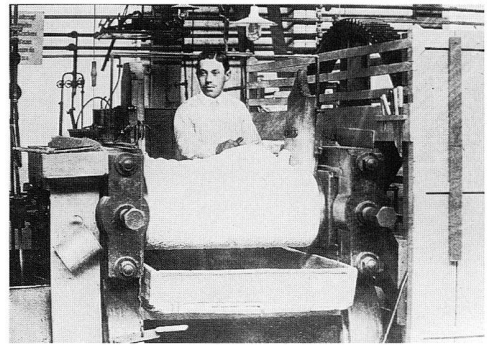
In Lehrbüchern wird wiederholt auf die hier möglichen Explosionen aufmerksam gemacht. Das Alkoholdampf-Luft-Gemisch, das aus den offenen Knetern entwich, führte nicht selten zu Verpuffungen und zu Explosionen (vgl. Bonwitt 1933:193ff).

Anschließend wurde das Rohcelluloid durch einfache liegende Filterpressen gereinigt. Die erste Pressung erfolgte ohne Filtertücher, bei weiteren Pressvorgängen wurden Presstücher eingelegt.



Filterpresse mit Filtertüchern
(Foto: Sammlung Oelsner)

Im Verfahrensschritt «Walzen» wurde die Masse auf Walzwerken «...so lange gewalzt bis der Stoff nicht mehr klebrig und alle überschüssigen Lösungsmittel verdunstet...» waren. Der Alkoholgehalt des Rohcelluloids wurde verringert. Das war notwendig, um das zu Blöcken gepresste Celluloid später auf den Schneidemaschinen (Hobeln) gefahrloser bearbeiten zu können. Gleichzeitig wurde die Rohmasse homogenisiert und entlüftet, d. h. sie erhielt die notwendige Konsistenz für den sich anschließenden Kochprozess in den Kochblock- oder Rundblockpressen.



Offener Walzenkneiter (Foto: Sammlung Oelsner)

Mit den hier beschriebenen Schritten «Kneten», «Filterieren» und «Walzen» fand die Stoffumwandlung und die dazu notwendige Nacharbeit ihren Abschluss. Teilweise gehören diese Prozesse gleichzeitig zur Formgebung.

Beispiele der technischen Katastrophen und ihrer Konsequenzen

Bei drei ausgewählten Explosionskatastrophen früher deutscher Celluloidhersteller sollen mögliche Auswirkungen auf die technische Entwicklung beispielhaft dargelegt werden.

Die Geschichte der deutschen Celluloidherstellung begann unmittelbar mit einer technischen Katastrophe. Wie erwähnt, stellte die Berliner Gummifabrik Magnus ab 1878 Celluloid her. Doch schon am 24.11.1879 vernichtete eine Explosion die Fabrikgebäude. Drei Arbeiter wollten in der Frühstückspause eine «Berliner Weisse» auswürfeln. Dabei «stiess ein Arbeiter gegen den Tisch, auf dem trotz ausdrücklichem Verbot eine Flasche Äther stand... im gleichen Augenblick explodierte Aether und Collodiumwolle; unter furchtbarem Getöse wurde das Gebäude von der Erde weggefegt.» (Jander o.J.:4).

Im folgenden Teil seiner Erinnerungen beschreibt Jander eine sich oft wiederholende Situation zwischen dem Betreiber von Celluloidwerken und der Fabrikinspektionen. «Magnus und ich wurden in eine peinliche Untersuchung gezogen, was für uns um so verhängnisvoller werden konnte, da wir weder eine Konzession zur Errichtung einer Celluloidfabrik noch eine solche zur Lagerung von Nitrocellulose hatten. Es wurde uns sofort jede weitere Fabrikation von der Berliner Polizei streng untersagt, bis wir hierzu die Konzession erhielten und der

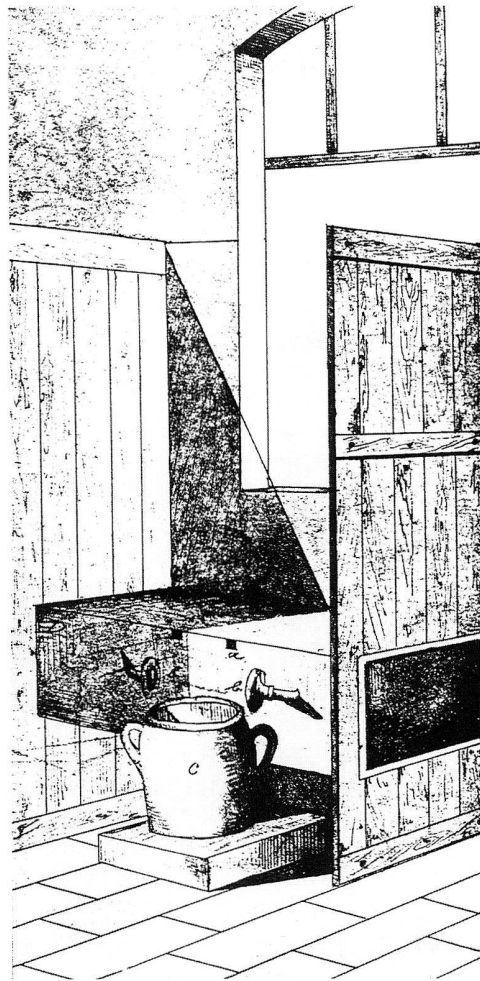
Plan eines in jeder Hinsicht den Regeln der Vorsicht entsprechend zu bauenden Trockenhauses genehmigt war.» (Jander o.J.:4)

Nach Aussagen von Jander kam es aber nicht zur geforderten Ausarbeitung neuer Verfahren. Vielmehr wurde das Magnussche Unternehmen aufgegeben und Jander nahm das Verfahren in einem anderen Unternehmen ausserhalb der Zuständigkeit der Berliner Polizei erneut auf. Unter gleichen technologischen Kennwerten produzierte er ab 1880 Rohcelluloid in der Rheinischen Hartgummiwarenfabrik in Mannheim-Neckarau. Der Umzug der Produktion erwies sich zu jener Zeit als einfachere Lösung als eine Verfahrensneuentwicklung.

Zuerst sammelte man in diesem Mannheimer Werk die Celluloidabfälle, um sie zu recyceln. Die Abfälle wurden wieder aufgelöst, gewalzt und zu Platten kalandriert. Ein Jahr später baute man eine eigene Nitrieranlage in Mannheim Rheinau. Jander als technischer Leiter charakterisierte die primitive technische Ausstattung jener Abteilung mit folgenden Worten: «Auch lag die Sache durchaus nicht so einfach. Ich musste mich zunächst mit den vorhandenen Werkzeugen, alten Maschinen und ungenügenden Räumlichkeiten und vielen anderen notdürftig behelfen.» (Jander o.J.:4).

Beim Aufbau der Neuanlage wurden Teilschritte des Verfahrens abgeändert. Hier standen jedoch Fragen des Gesundheitsschutzes der Arbeiter im Mittelpunkt. So waren zu jener Zeit beispielsweise die Nitriertöpfe noch nicht mit Saugabzügen versehen. Die Arbeiter an diesen Nitriertöpfen waren den freiwerdenden, stark ätzenden Säuredämpfen ungeschützt ausgesetzt. Um Gesundheitsschäden vorzubeugen, versuchte man über Entlüftungen die Dämpfe abzuführen: «Jetzt stellte man die Töpfe so auf, dass sie einen Kreis bildeten, trennte die einzelnen Töpfe durch Bretterwände und liess die Dämpfe in ein kaminartiges Rohr einmünden... Der gewünschte Erfolg trat trotzdem nicht ein.» (Gedenkschrift 1923:22).

Mehr Erfolg als diese Umstellung der technischen Anlage brachte der Einsatz neuer, weniger explosiver Weichmacher



Nitriertopf mit Abzug
(Gedenkschrift 1923:o.S.)

und Lösungsmittel: «Zur gleichen Zeit ging ich dazu über, an Stelle der nicht ungefährlichen Schwefelätherlösung bei der Verarbeitung des Nitrats eine Lösung von Kampfer und Alkohol zu verwenden.» (Jander o.J.:5)

Trotzdem in der Zwischenzeit im Juli 1882 laut «...Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 12.1.M. in Nr. 17 des Reichsgesetzblattes... die Gewerbeanlagen für Herstellung von Celluloid in das Verzeichnis der einer besonderen Genehmigung bedürftigen Anlagen – § 16 der Gewerbeverordnung aufgenommen wurden...» (Ministerium des Innern 1882:1), kam es einen Monat später zur zweiten grossen Explosion in der deutschen Celluloidindustrie. Sie ereignete sich in der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim.

Obwohl man in Mannheim auf Grund der negativen Erfahrungen des technischen Direktors aus Berlin darauf achtete, die Sicherheitsbestimmungen sowie die Verfahrensführung peinlichst einzu-

halten, trat trotz alledem im August 1882 bei Lötarbeiten an einer Trockenkammer «ganz unerwartet» eine Explosion ein.

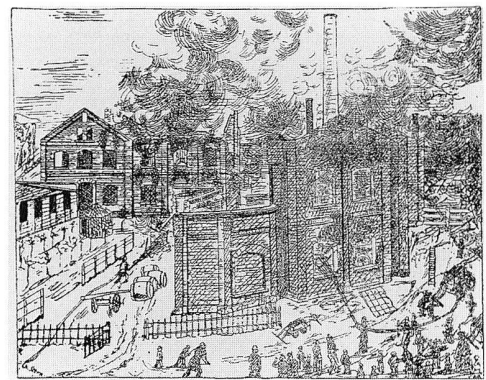
In Baden wurde jetzt ebenfalls ein Produktionsverbot für Rohcelluloid erlassen: «Daraufhin wurde von der Grossfabrikinspection zu Karlsruhe der gesamte Betrieb in seiner damaligen Form rundweg untersagt, weil man sich, wie die Fabrikinspection anzunehmen Ursache hatte, unbekanntem Kräften gegenüber befand.» (Zum 25jährigen Jubiläum 1898:8)

Jetzt sollte ein bekanntes Verfahren, mit dem man durch trial and error-Prozesse Erfahrungen gesammelt hatte, durch ein neues, nicht erprobtes ersetzt werden. «...Die Verordnungen der Fabrikinspection kamen einem Befehl zur Erfindung eines neuen Verfahrens gleich.» (Gedenkschrift 17 1923:12). In seiner Erinnerungsschrift zu der Katastrophe beschrieb Jander die Ratlosigkeit: «Was nun? Wieder grosse peinliche Untersuchungen und vor die Frage gestellt, entweder das ganze Geschäft aufzugeben oder neue Wege zu suchen...» (Jander o.J.:5)

Doch dieses Mal gab er nicht auf. Er führte ein neues Verfahren ein, was trotzdem weitere Brände und Explosionen nicht ausschloss: «...ich (kam) zu dem festen Entschluss, die Nitrocellulose nicht mehr zu trocknen, sondern nass zu verarbeiten. Zu diesem Zweck mischte ich ein Quantum feuchtes Nitrat mit $\frac{1}{3}$ seines Trockengewichtes pulverisierten Kampfer, brachte das Ganze auf erwärmte Walzen, wo es zerkleinert, gemischt und annähernd getrocknet wurde. Dieses trockene Gemenge wurde mit dem nötigen Sprit angefeuchtet, wodurch, da die Walzen erwärmt waren, die Lösung sofort eintrat... Jedoch war diese Methode sehr zeitraubend... Auch hatte ich reichlich genug von den verschiedenen Bränden und Explosionen, sodass ich diese Methode nicht weiter verfolgte...» (Jander o.J.:5f).

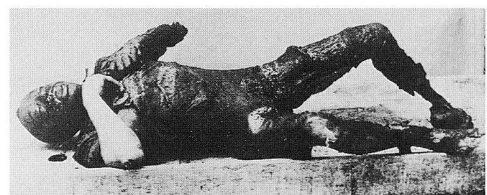
Die Umstellung auf das neue Verfahren erlaubte zwar die weitere Herstellung des Celluloids. Sie konnte jedoch nicht verhindern, dass es schon zwei Jahre später erneut zur technischen Katastrophe kam. In diesem dritten Beispiel brach am 27. März 1885 durch Überhit-

zung von Celluloid in der Rheinischen Gummi- und Celluloidfabrik ein Grossbrand aus und vernichtete das Werk fast völlig: «Das Element war von solch' rasender Gewalt, dass an eine Rettung, schon 10 Minuten nach Ausbruch des Brandes nicht mehr zu denken war, und die herbeigeeilten Feuerwehren von Nah und Fern mussten sich darauf beschränken, das Wenige, was noch zu schützen war, dem Elemente zu entreissen. Im Verlauf von wenigen Stunden war ein Werthobjekt von über einer halben Million Mark dem Erdboden gleich gemacht.» (Zum 25jährigen Jubiläum 1898:10f).



Brand der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik in Mannheim von 1885 (Zum 25jährigen Jubiläum 1898:o.S.)

Die Aufzählung der Brand- und Explosionkatastrophen könnte beliebig fortgesetzt und durch weitere Beispiele aus anderen Firmen der celluloidherstellenden und -verarbeitenden Industrie ergänzt werden. In zahlreichen Jubelschriften und persönlichen Notizen der Beteiligten wird immer wieder von «Niedergeschlagenheit» gesprochen: «Jeder Tag brachte neue Klagen, jedes Jahr irgendeine Katastrophe, und fast ebenso oft brannte irgendein Bau, irgendein Teil des Werkes nieder.» (Gedenkschrift 1923:16).



Opfer eines Brandes in der Celluloidfabrik Wien-Ottakring von 1908, bei dem 17 Menschen starben; Foto des Erkennungsdienstes der K.K. Polizeidirektion Wien (Foto: Bögl 1994:101)

Trotz der Katastrophen und der teilweisen staatlichen Erlässe wurde das explosive Verfahren zur Celluloidherstellung weiter betrieben. Fast stolz auf die «katastrophalen» Erfolge bemerkte der technische Direktor der Rheinischen Gummi- und Celluloidwarenfabrik «In der Nitrierabteilung wurde unverdrossen weitergearbeitet... Die Ursache zu diesen Bränden war einmal Entzündung des Celluloids auf den Walzen, Explosionen der Block- und Röhrenpressen zum anderen. Wir hatten die nicht zu unterschätzende Genugtuung, dass alle Rohcelluloidfabriken des Kontinents, sowie auch die amerikanischen Fabriken unsere sich wahrhaft unter Donner und

Blitz entwickelnde Methode der Celluloidherstellung mehr oder weniger aneigneten.» (Jander o.J.:7).

Diese Katastrophen im Mannheimer Werk führten in erster Linie also nicht zur Einstellung der Produktion oder zur Entwicklung nicht explosiver Verfahren. Zwei ganz andere Massnahmen resultierten daraus: Zum einen «drängten» diese Katastrophen «gebieterisch nach wissenschaftlicher Ergründung». So stellte man 1891 einen Spezialisten eines «Parallelgebietes, der rauchlosen Schiesspulverherstellung» zur Qualitätskontrolle der Roh- und Werkstoffe ein.

Merksblatt für Zellhornarbeiter.

Gemäß § 10 der Verordnung vom 20. Oktober 1930.

1. Zellhorn ist höchst feuergefährlich! Es brennt außerordentlich schnell unter starker Hitzeentwicklung. Bei Erwärmung flammt es oft plötzlich auf und bildet lange, heiße Stichtammen! Bei seiner Zersetzung ohne Flammen entstehen große Mengen von giftigen Rauchschwaden, die selbst brennbar sind und zerknallgefährlich werden können.

Größte Vorsicht ist daher nötig!

2. Zellhorn darf nie mit offenen Flammen, heißen Ofenteilen, Rohrleitungen u. a. in Berührung gebracht, in deren Nähe gelagert oder verarbeitet werden. In allen Arbeits- und Lagerräumen ist daher das Rauchen, die Verwendung von Streichhölzern oder Feuerzeugen, ebenso auch die Verwendung von Werkzeugen oder Geräten, die Funken erzeugen können (Schleifmaschinen u. a.), verboten.

3. Gerät Zellhorn in Brand oder entsteht bei der Verarbeitung örtliche Ueberhitzung unter Rauchentwicklung, so ist sofort Wasser über die gefährdete Stelle zu gießen. Wird ein Brand nicht im ersten Augenblick erstickt, so gibt es nur eine Rettung: Flucht aus dem Arbeitsraum!

4. Beim Bohren, Fräsen und Sägen von Zellhorn mit Maschinen sind Werkzeug und Werkstück durch Wasserstrahl zu kühlen. Abfälle sind in einem eisernen, mit Wasser gefüllten Behälter zu spülen. Jede übermäßige Erwärmung von Zellhorn ist zu vermeiden.

5. Die in den Arbeitsräumen stehenden Feuerlöscheimer müssen stets mit Wasser gefüllt sein.

6. Gerät die Kleidung in Brand, so wälze man sich auf der Erde, um die Flammen zu ersticken. Fortlaufen verstärkt die Flammen! Hilf Deinem brennenden Mitarbeiter! Versuche sofort mit der im Arbeitsraum befindlichen Feuerschutzdecke die Flammen zu ersticken.

7. Alle Wege zu den Ausgängen und die Rettungswege sind frei zu halten. Ueberzeuge Dich rechtzeitig, d. h. ehe ein Unglück geschieht, wo für Dich der schnellste und sicherste Ausweg ist.

8. Und wenn die Lust zum Rauchen noch so groß ist: Dein und Deiner Mitarbeiter Leben kann von einem weggeworfenen Streichholz abhängen.

«Merksblatt für Zellhornarbeiter», herausgegeben 1930
(Betriebsordnung o.J.:20;
Bonwitt 1933:735ff)

Zum zweiten versuchte man durch Massnahmen des betrieblichen Umweltschutzes und der Betriebssicherheit Schäden zu begrenzen. Die Katastrophen bewirkten so den ständigen Ausbau der Sicherheitseinrichtungen (vgl. Brief vom 22. Februar 1901; Brief vom 25. März 1901) und die Verschärfung staatlicher Sicherheitsbestimmungen: «Mit Rücksicht auf die in den letzten Jahren bei der Celluloidverarbeitung vorgekommenen schweren Unfälle sind im Königreich Preussen die in der Anlage aufgeführten Grundsätze für die gewerbliche Überwachung der Betriebe... zu stellenden Anforderungen erlassen worden (Ministerium des Innern 1911:1). Es sind die ersten «Grundsätze für die gewerbepolizeiliche Überwachung der Betriebe zur Herstellung von Zelluloidwaren...» von 1910, die u. a. auf der «Darstellung des Gr. Fabrikinspectors über die bei zur Genehmigung von Kunstwolle-, Nitrocellulose und Celluloidfabriken zu beachtenden Gesichtspunkte... «vom Juli 1882 beruhen (Darstellung 1882).

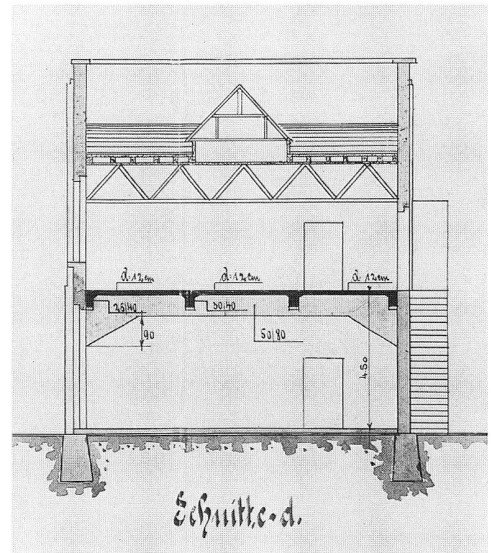
Für Herstellung, Verarbeitung, Lagerung und Transport wurden jeweils besondere «Vorschriften für Zellhorn» erarbeitet. Beispielsweise wurde in der Betriebsordnung von 1930 in 78 Paragraphen der Umgang mit Rohcelluloid und dessen Produkten, die Sicherheitsvorschriften für den Bau der Gebäude, in denen Celluloid hergestellt, verarbeitet oder gelagert wurde, baupolizeilich geregelt.

Im Mannheimer Werk trennte man räumlich die Gebäude der Herstellung von denen der Verarbeitung. Später verlegte man die Celluloidfabrik «...aus Gründen der zu hohen Feuergefährlichkeit für das Wohngebiet Neckarau» in das Gewerbegebiet Mannheim-Rheinau (Gerber 1930:107).

Weiterhin nutzte man die Erfahrungen der Sprengstoffhersteller sowie der textilverarbeitenden Industrie und baute die Verarbeitungshallen meist fensterlos bzw. mit Fenstern nur an einer Fassade, so dass die gegenüberliegenden Gebäudefassaden immer durch mindestens eine brand- und explosionsichere Mauer getrennt waren (vgl. Mentz 1928:22ff). «Der Typ der Gebäude wurde nicht mehr ausschliesslich rücksichtlich der Zweckmässigkeit, sondern hauptsächlich

hinsichtlich erhöhter Brandsicherheit gewählt.» (Gedenkschrift 1923:27)

Mit einer nach oben gerichteten Verlängerung der Brandmauern erzielte man zusätzliche Brandsicherheit. Die Brandgiebel wurden über das letzte Geschoss etwa 4 Meter höher gezogen. Auf die so umbauten Leichtbaudächer (Skelettbauweise aus Holz- oder Stahlträger) «...schüttete man erhebliche Mengen von Sand und Kies..., damit das im Brandfall rasch einstürzende Holzegebälke im Nachsturz der Sand- und Kieschüttung das Feuer (in den darunterliegenden Fabrikationshallen – d. Verf.) gewissermassen verschütete.» (Gedenkschrift 1923:27).



Bauzeichnung der Fertigungshalle Nr. 3001, 1912 (Akte Nachtrags-Baubescheid 1912)

Zusätzlich wurden auf diesen seitwärts durch erhöhte Brandgiebel geschützten Leichtbaudächern Wasserbehälter «auf graziösen Eisenkonstruktionen» zum Löschen eventueller Brandfälle, aufgestellt (Gedenkschrift 1923:27).

Diese Bauweise hatte sich schon kurz nach der Jahrhundertwende derart bewährt, dass die meisten älteren Gebäude dementsprechend nachgerüstet bzw. umgebaut wurden. Der Umbau geschah oft im Zusammenhang einer baulichen Erweiterung, nötig geworden durch die damals wachsende Celluloidproduktion.

Eine weitere bautechnische Brandsicherungs-massnahme erwuchs aus der besonderen Beachtung einer betriebs-



Aussenfassade der letzten noch erhaltenen Gebäude der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim; gut sichtbar die obere abgesetzte fensterlose Dach-Ummauerung.
(Dokumentation 1996;
Foto: Sammlung Oelsner)



Flach-Dachkonstruktion mit der fensterlosen Dach-Ummauerung für die Aufnahme der Wasserbehälter bzw. der Sandschüttung.
(Dokumentation 1996;
Foto: Sammlung Oelsner)

eigenen Wasserversorgung. Alle Celluloidhersteller bauten mehrere separate Brunnen und Wassertürme. Ein ganzes Netz von Wasserleitungen für die Produktion und vor allem für Löschzwecke durchzog die Celluloidfabriken. Getrennte «Pumpstationen zu Feuerlöschzwecken» wurden eingerichtet. Zusätzlich gründeten deutsche Celluloidfabriken werkseigene Feuerwehren. Schon vor der Jahrhundertwende unterhielt beispielsweise die Rheinische Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik in Mannheim eine eigene, gut ausgerüstete Betriebsfeuerwehr (vgl. 50 Jahre Freiwillige Feuerwehr 1951).

Diese Brandschutzmassnahmen wurden nicht zuletzt auf Druck der Versicherungen notwendig, da diese Schadensersatz für weitere Brände und Explosionen ablehnten.

Evolution der Verfahrenstechnologie

Über die bisher beschriebene verfahrenstechnische Entwicklung hinausgehend wurden einzelne Verfahrensschritte verändert. Beispielhaft sind hierfür vier verfahrenstechnische Neuerungen aufgeführt, die in keinem direkten Zusammenhang zu technischen Katastrophen stehen. Diese neuen Technologien sind als evolutionär zu charakterisieren und wurden in erster Linie entwickelt und durchgesetzt, um die Rationalisierungsmöglichkeiten des neuen Werkstoffs zu nutzen.

Als erste Verbesserungen sind die Einführung der Siebapparate (Thomson-Verfahren), der Rührwerkskessel (Abelsche Verfahren) und der Nitrierzentrifugen um die Jahrhundertwende zu nennen, welche die alten Nitriertopf-Anlagen ablösten. Durch die Prozessumstellung verlängerte sich zwar die Reack-

tionszeit von 30 bis 40 Minuten auf bis zu acht Stunden. Diese Umstellung ermöglichte aber eine exakte Prozessführung und schonende, gleichmässige Nitrierung.

Bei Einführung dieser neuen Technik stand eindeutig die Qualitätsverbesserung im Vordergrund. Der spätere Einsatz von Rührkesseln sowie Zentrifugen verringerte die Reaktionszeit wiederum auf etwa 30 bis 50 Minuten.

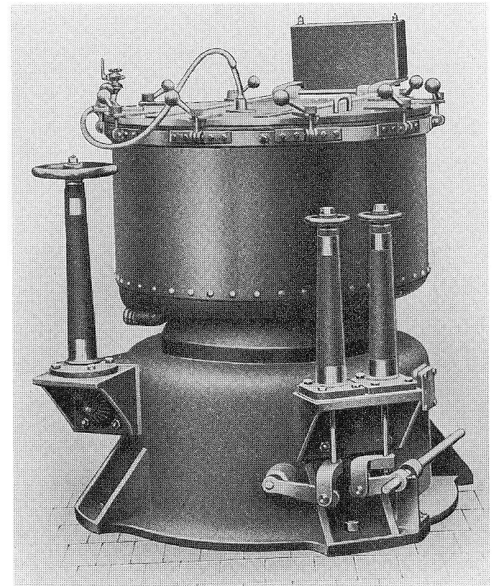
Ebenso trug die Veränderung der Stabilisierungs- und Bleichungsprozesse der Nitrocellulose wesentlich zur Qualitätsstabilisierung bei. Statt der Holzbottiche wurden seit der Jahrhundertwende Keramikbehälter eingesetzt, die mit Rührwerken ausgestattet waren. Obwohl auch dieses Verfahren noch bis zu 16 Stunden dauerte, erreichte man eine präzisere Prozesssteuerung.

Zusätzlich wurden Entlüftungen und Wasserbäder zur Zurückgewinnung der flüchtigen Bestandteile eingebaut. Neben dem Recyclingeffekt wurden die Gesundheitsschäden, die vor allem durch Einatmung von Nitrierdämpfen entstanden, vermindert.

Später wurden Dampfzentrifugen eingesetzt, um die Verfahrenszeit zu verringern. Dazu heisst es u.a. in den Schriften der Grossherzoglich Badischen Fabrikinspektion und des Gewerbeaufsichtsamtes: «In dem Verfahren beim Nitrieren von Pflanzenfasern zum Herstellen von Celluloid ist im Berichtsjahr eine Verschlimmerung des seitherigen schon ungünstigen Zustands eingetreten. Es wird nämlich nicht mehr die Cellulose nach der Nitrierung mittelst hydraulischer Pressen von der anhaftenden Säure befreit, sondern dies erfolgt nunmehr durch Centrifugen. Beim Laden und Entladen sowie beim Ausschleudern findet eine so starke Entwicklung von Säuredämpfen statt, dass der Aufenthalt in den Arbeitsräumen auf die Schleimhäute im höchsten Grade reizend einwirkt, und dadurch ohne Zweifel die Gesundheit der Arbeiter schädigt.» (Verwaltungssachen 1872/1931:70). Nicht die Verringerung der Gefahr technischer Katastrophen, sondern die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens war hier Ursache für die Entwicklung der Technik.

Im 20. Jahrhundert wurde das bisherige explosive Trocknungsverfahren der Kollodiumwolle durch das sog. Alkoholverfahren ersetzt. Mittels Alkohol (89 %) entfernte man das Restwasser aus der Kollodiumfaser. Dazu wurden «Alkohol-Verdrängungs-Zentrifugen» eingesetzt. Nach dem Abschleudern des Wassers leitete man unter laufender Trommel Alkohol in gleicher Menge zur Trockenmasse ein. Der Alkohol verdrängte das Restwasser.

Der Name der Abteilung «Spriterei» verweist u. a. auf die in der Abteilung ein- und freigesetzten Mengen Alkohol und auf die damit verbundene Gefährdung der Arbeitskräfte.



Alkohol-Verdrängungs-Zentrifuge der Firma Selwig & Lange in Braunschweig (Bonwitt 1933:115)

Erst in den 20er Jahren wurden spezielle Vakuumknetter eingesetzt, um so zum einen das Verfahren gegen Explosionen und Brände zu sichern und zum anderen wirtschaftlicher produzieren zu können. Mit Hilfe des Vakuums wurden die Alkoholdämpfe abgesaugt und über Wasserbäder und Aktivkohle als Alkohol zurückgewonnen (vgl. Bonwitt 1933:193ff).

Interessant für die Analyse der «Katastrophen-Theorie» ist hierbei, dass man ganz bewusst den Hilfsstoff Alkohol eingesetzt hatte, obwohl man über die damit verbundene Explosionsgefahr bestens informiert war. In Lehrbüchern jener Zeit wird ausführlich über die Ver-



Vakuumneter mit Flügelwellen in der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik um 1920; sie wurden u. a. in der Westdeutschen Celluloid-Fabrik Düsseldorf-Meerbusch bis 1984 eingesetzt. (Dokumentation 1984)

puffungs- oder gar Explosionsgefahr des Alkoholdampf-Luft-Gemischs, das aus den offenen Knetern entwich, berichtet (vgl. Bonwitt 1933:193f).

Inwieweit vor allem Gedanken einer maschinentechnologischen Rationalisierung zur Verbesserung der Verfahrensführung beigetragen haben, belegt u. a. der Einsatz der Pressen. Während in der Prozessführung des 19. Jahrhunderts die Verfahrensschritte des Vor-, Haupt- und Nachpressens apparativ getrennt durchgeführt wurden, konnten alle Schritte in den neu entwickelten Pressen erfolgen. Zusätzlich waren sie mit unterschiedlichen Steuereinrichtungen zur Überwachung der Drücke ausgerüstet. Diese maschinentechnische Rationalisierung sparte Arbeitsgänge ein wie z. B. die Entnahme der Masse, das Neufüllen der Maschine sowie Transportaufwendungen und verkürzte die Verfahrensdauer.

Rationalisierungspotential des Werkstoffes

Gegenüber maschinentechnischer Rationalisierung zeigen Formalisierungsprozesse bei Werkstoffen, d.h. kostengünstige, massenhafte technische Reproduzierbarkeit, heuristische Bestimmung ihrer Qualitätsmerkmale und gleichbleibend einfache Formbarkeit, weitaus ökonomischere Ergebnisse. Ein neuer Werkstoff, der diese Potentiale besitzt, ist der Kunststoff. Der wichtigste wirtschaftliche Vorteil der frühen Kunststoffe (biogene Synthetische) liegt in ihrer verhältnismässig leichten Formbarkeit.

So war ein Kamm aus Celluloid fünfzigmal billiger als einer aus Schildpatt. Hierin liegt der Grund dafür, dass trotz der häufigen Katastrophen und ihrer verheerenden Folgen Celluloid weiter produziert und verarbeitet wurde.

Dabei bedingen die aus den Biogenen gewonnenen Kunststoffe durch ihre nicht formalisierbaren qualitativen Merkmale meist eine manuelle Umformtechnik. Nur der Mensch mit seinen Erfahrungen und seiner «ungenauen», flexiblen (nicht formalisierbaren) Prozessführung konnte den Qualitätsschwankungen erfolgreich entgegenwirken: «Genauere Daten lassen sich bei dieser rein manuellen Tätigkeit (beim Schneiden eines Celluloidkammes – d. Verf.) nicht angeben. Hier kann nur geschultes Personal Abhilfe schaffen, das genügend Fingerspitzengefühl beim Andrücken der Sägen besitzt.» (Sondermann 1953:27).


Eine ganz andere Technik konnte zum Formen der technisch synthetisierten Kunststoffe, der Kunststoffe 2. Ordnung (in der Literatur auch als «vollsynthetische Kunststoffe» bezeichnet) eingesetzt werden. Es war das effiziente Spritzgiessen, das die Kunststoffe 2. Ordnung zum Sieger des Werkstoff-Wettbewerbes werden liess. Spritzgiessverfahren besitzen folgende wirtschaftliche Vorteile:

Einsparung von Arbeit. Durch die Genauigkeit der Formhaltung, der automatischen Angussabtrennung usw. entfällt aufwendige manuelle Nachbearbeitung.

Einsparung von Gussmaterial. Das Spritzgiessen ermöglicht die Produktion sehr geringer Wandstärken, wodurch Formmasse eingespart wird.

Einsparung von Montagekosten. Der sonst übliche Zusammenbau einzelner Teile entfällt, da die kompliziertesten Formen in einem Vorgang hergestellt werden können (vgl. Frommer 1933:659)

«Rentabilitätsberechnung» für Massenfertigung auf der Kolbenspritzgiess-Maschine ISO-MA; Umschlagseite einer Werbeschrift der Maschinenfabrik Braun Zerbst/Magdeburg, um 1940.
(Foto: Sammlung Oelsner)



Rentabilitätsberechnung

Die Herstellungskosten sind von verschiedenen Faktoren abhängig, so daß ein praktisches Zahlenbeispiel nicht einwandfrei gegeben werden kann.
An Hand der nachstehenden Formel und den Erläuterungen ist es aber ohne weiteres möglich, eine den betrieblichen Verhältnissen entsprechende Selbstkosten-Berechnung aufzustellen.

L Stundenlohn 8 Stunden	Kraftkosten für 8 Std. die Kosten von 16 Kilowattstd.	
↓	↓	↓
M	L	U
↓		
P		
↓		
A		

Stückpreis = $\frac{M + L + U + K + A}{P}$

(bei einfacher Schicht in 8 Stunden)

M (die Materialkosten für die Tagesleistung) werden zunächst beeinflusst von den verschiedenen spezifischen Gewichten (z. B. Cellulose-Acetate 1,4 gegenüber Tritolul mit 1,05). Materialverluste brauchen nicht berücksichtigt zu werden, weil die Angüsse wieder verwendet werden können.

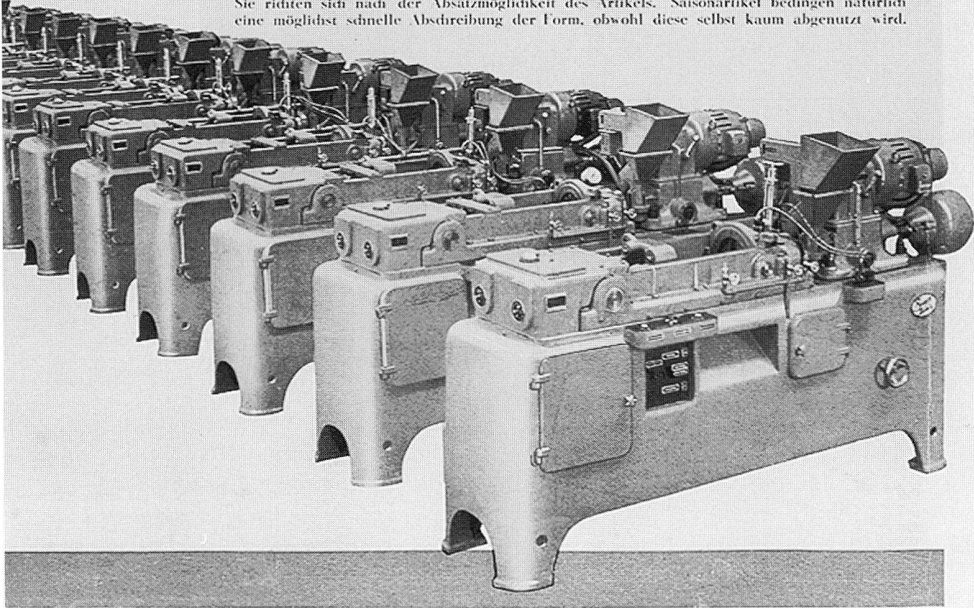
L (der Lohn) ist abhängig von der Anzahl der Maschinen, die gleichzeitig beaufsichtigt werden.

U (die Unkosten) sind beinahe in jedem Betrieb verschieden (normalerweise werden 100% des Lohnes L eingesetzt).

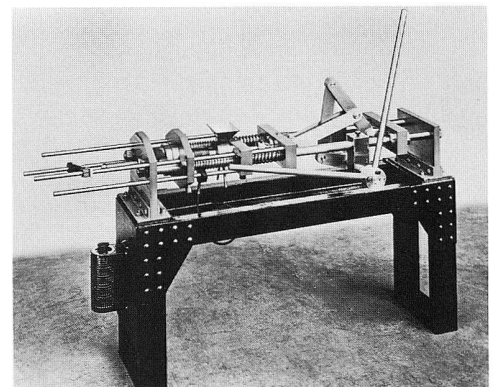
K (die Kraftkosten) ergeben sich aus dem stündlichen Kraftverbrauch von 2 kW und dem jeweiligen Strompreis.

A (die Amortisation) wird meist mit 3 Jahren angenommen, unabhängig von der längeren Lebensdauer der Maschine.

Die anteiligen **Formkosten** sind jeweils dem Stückpreis gesondert hinzuzurechnen. Sie richten sich nach der Absatzmöglichkeit des Artikels, Saisonartikel bedingen natürlich eine möglichst schnelle Abschreibung der Form, obwohl diese selbst kaum abgenutzt wird.



Um diese Vorteile nutzen zu können, versuchte man in erster Linie, die chemische Struktur von Celluloid zu verändern. Mehrfache Versuche Celluloid «spritzfähig» zu machen, die u.a. schon der Erfinder des Celluloids Hyatt durchführte, scheiterten. Erst 1923 gelang es dem Berliner Arthur Eichengrün (Cellon-Werke), «Formstücke aus Azetylzellulose» herzustellen (D.R.P. Nr. 393873). Im gleichen Jahr wurde der Berliner Lonarit-Gesellschaft m.b.H. ein Patent über eine «Vorrichtung zur Herstellung von Formstücken aus Celluloseestern» erteilt (D.R.P. Nr. 441023).

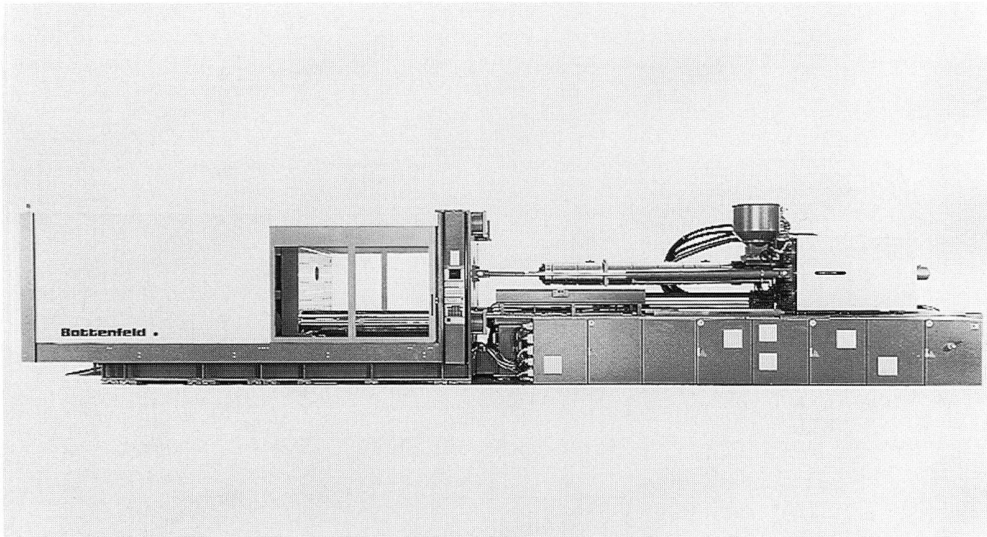


Eine der ersten in Serie gebauten Spritzgiess-Maschinen, Eckert & Ziegler, Typ E IV von 1934
(Foto: Werksarchiv Krauss Maffei)

Damit konnte nach über 50 Jahren die explosive Celluloidherstellung und -verarbeitung abgelöst werden. Die weniger gefährliche und effizient verarbeitbare Acetylcellulose wurde der Nachfolger des ersten thermoplastischen Kunststoffes Celluloid. Acetylcelluloid konnte im Spritzgiessverfahren geformt werden. Celluloseazetat wurde in den 20er und 30er Jahren als Cellophan der Vorläufer unserer heutigen Verpackungsmaterialien. Noch heute wird Celluloseazetat in Granulatform hergestellt und verarbeitet. Schon in den 30er Jahren wurden die Cellulosederivate durch die neuen Thermoplasten wie Polystyrol, PVC und Polyamide («Trolitul», «Igamid») substi-

tuiert (vgl. Der Spritzguss 1943:15ff). Mit ihnen begann, nach Aufnahme der Massenproduktion von Duroplasten («Bakelite») seit den 20er Jahren (vgl. Green 1993:33), der Siegeszug der technisch synthetisierten makromolekularen thermoverformbaren Werkstoffe.

Hintergrund dieser technischen Innovationen waren somit nicht die Vermeidung technischer Katastrophen, sondern vielmehr die ökonomischen Vorteile der leichten Formbarkeit plastischer Massen. Das Rationalisierungspotential dieser neuen Werkstoffe war der Ursprung des technologischen Fortschrittes.



*Ein Vertreter der heutigen Generation von Spritzgiessautomaten, Battenfeld, Typ HM von 1995
(Foto: Werksfoto Battenfeld)*

Anmerkungen

Akte Nachtrags-Baubescheid Nr. 818 vom 14. August 1912. In: Depositallbestand Heimatverein Mannheim-Neckarau; Archiv LTA.

BAS information, 31. Oktober 1996, Nr. 22.

Bauzeichnungen der Rheinischen Gummi- und Celluloid-Fabrik Mannheim. In: Oelsner, R.F.: Dokumentation der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim, Mannheim 1993; Archiv LTA: DOA 665 Rheinische Gummi.

Betriebsordnung der Rheinischen Gummi- und Celluloid-Fabrik in Mannheim-Neckarau, o.J. In: Oelsner, R.F.: Dokumentation der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim, Mannheim 1993; Archiv LTA: DOA 665 Rheinische Gummi.

Bock, D.: John Wesley Hyatt – der Erfinder des Zelluloids – 150 Jahre alt. In: Maschinenbau; 36(1987)11, S. 520–521.

Bögl, G.; H. Seyrl: Macht des Schicksals. Vermeidbare und unvermeidbare Katastrophen im alten und neuen Wien, Wien, Klosterneuburg 1994.

Bonwitt, G.: Das Celluloid und seine Ersatzstoffe, Berlin 1933.

Borgdorf: Celluloid der älteste Thermoplast, Betriebsmitteilung der Rheinischen Gummi- und Celluloid-Fabrik vom 09. März 1973. In: Oelsner, R.F.: Dokumentation der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim, Mannheim 1993; Archiv LTA: DOA 665 Rheinische Gummi, Archivbox 32; Sign. 314.

Braun, K.O.: Die Geschichte der beiden Rheindörfer Oppau und Edigheim, Stadtverwaltung Ludwigshafen am Rhein; Die schreckliche Explosionskatastrophe am 21. September 1921 in Oppau, Verein z. Förderung des K. O. Braun-Museums e.V. Ludwigshafen o.J.

Brief vom 22. Februar 1901 an die Grossherzogliche Fabrik Inspection. In: Depositallbestand Heimatverein Mannheim-Neckarau; Archiv LTA.

Brief vom 25. März 1901 an die Herren Billing & Mallebrei.

In: Depositallbestand Heimatverein Mannheim-Neckarau; Archiv LTA.

Darstellung des Gr. Fabrikinspectors über die bei zur Genehmigung von Kunstwolle-, Nitrocellulose- und Celluloidfabriken zu beachtenden Gesichtspunkte..., vom Juli 1882. In: Akte Badisches Bezirksamt Heidelberg, Verwaltungssachen. Normalia; VII. Gewerbe und Handel; Generallandesarchiv Karlsruhe, GLA Abt. 356, Z. 1969/10, Nr. 420.

Der Spritzguss thermoplastischer Kunststoffe; hrsg. von Eckert & Ziegler G.m.b.H. Maschinenfabrik Köln-Braunsfeld, Ausgabe 1943.

DIN 8580, Fertigungsverfahren, Begriffe, Einteilung; Entwurf Juli 1985, Berlin 1985.

Dokumentation zum Abriss der Westdeutschen Celluloid-Fabrik in Düsseldorf-Meerbusch, 1984 erstellt durch das Rheinische Amt für Denkmalpflege; A. Föhl, Pulheim 1984.

Dokumentation zum Abriss ehemaliger Gebäude der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim auf dem Gelände der Rhein-Chemie Mannheim, 1984 erstellt durch R. Oelsner; M. Weiss, Mannheim 1996.

Frommer, L.: Handbuch der Spritzgusstechnik der Metallierungen einschliesslich des Warmpressgussverfahrens, Berlin 1933.

50 Jahre Freiwillige Feuerwehr. Rheinische Gummi- und Celluloid-Fabrik Mannheim-Neckarau 1901–1951.

Gedenkschrift der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik A.G. aus Anlass ihres 50jährigen Bestehens. Mannheim-Neckarau im Mai 1923. 1873–1923, München 1923. In: Oelsner, R.F.: Dokumentation der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim, Mannheim 1993; Archiv LTA: DOA 665 Rheinische Gummi, Archivbox 32; Sign. 308.

Gerber, F.J.: Mannheim als Industrie-Standort, Diss., Heidelberg 1930.

Grossmann, H.: Die Bedeutung der chemischen Technik

für das deutsche Wirtschaftsleben, Halle a. S. 1907.

100 Jahre Buchholz & Co Kamm- und Kunststoffwaren-fabrik Lauterbach/Schwarzwald 1866–1966; Lauterbach/Württemberg, den 10. Juni 1966.

Jander, F.: Entstehung und Entwicklung der deutschen Celluloidfabrikation. In: Oelsner, R.F.: Dokumentation der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim, Mannheim 1993; Archiv LTA: DOA 665 Rheinische Gummi.

Jettel, W.: Die Zündwaren-Fabrication nach dem heutigen Standpunkte, Wien, Pest, Leipzig 1897.

Mente, Th.: Die Herstellung der Sprengstoffe unter dem Gesichtspunkte des Schutzes der Arbeiter, der Nachbarschaft und der Sicherheit des Betriebes, Berlin 1928.

Ministerium des Innern, Brief vom 29. Juli 1882. In: Akte Badisches Bezirksamt Heidelberg, Verwaltungssachen. Normalia; VII. Gewerbe und Handel; Generallandesarchiv Karlsruhe, GLA Abt. 356, Z. 1969/10, Nr. 420.

Ministerium des Innern, Brief vom 11. März 1911. In: Akte Badisches Bezirksamt Heidelberg, Verwaltungssachen. Normalia; VII. Gewerbe und Handel; Generallandesarchiv Karlsruhe, GLA Abt. 356, Z. 1969/10, Nr. 420–29.

NN: Über die Herstellung von Celluloid. In: Dingler's Polytechnisches Journal; hrsg. von J. Zeman und F. Fischer, Augsburg 1880, (1880)235, S. 203–205.

Oelsner, R. F.: Technikgeschichte im Gespräch. Dr. Carl Nottebohm: Über die Anfänge der Kunstleder- und Vliesstoffentwicklung («Viledon» und «Vileda»), Firma Carl Freudenberg Weinheim, maschinenschriftl. Manuskript, Mannheim 1993.

Oelsner, R. F.: Technikgeschichte im Gespräch. Maschinenbautechniker F. Nagel: Zur Entwicklung der Schnecken-spritzgiessmaschine durch H. Beck in der BASF, maschinenschriftl. Manuskript, Mannheim 1994.

Protokoll vom 27. September 1921, Bürgermeisteramt i. V. Berg; Gemeindeamt Oppau/Ludwigshafen.

Römpp, H.: Chemie-Lexikon, 6. Aufl., Stuttgart 1966.

Schmid, O.: Vom braunen prismatischen Pulver zum R.C.P. Aus der Geschichte der Fabrik Rottweil, Rottweil 1939.

Schweitzer, A.: Werks-geschichte, o.J. (1973), maschinenschriftl. Manuskript. In: Oelsner, R.F.: Dokumentation der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim, Mannheim 1993; Archiv LTA: DOA 665 Rheinische Gummi.

Sperber, R.: In München war ein Schlag zu spüren. In: Stuttgarter Nachrichten, 20.09.1996.

Sondermann, R.P.: Einsatz und Verarbeitung von Celluloid. In: Plastikverarbeiter; (1953)1, S. 25–29.

Verwaltungssachen. Normalia, VII. Gewerbe und Handel «Die Beschäftigung der Arbeiter in Fabriken, Fabrik-inspektion, Jahresberichte, Revision gewerblicher Anlagen, Gewerbeaufsichtsamt Jahr 1872/1931». Grossherzoglich Badisches Bezirksamt Heidelberg. Generallandesarchiv Karlsruhe, GLA Abt. 356, Z. 1969/10, Nr. 340.

Vorschriften für Zellhorn, Neudruck Januar 1950, Verlag Albert Nauck & Co. In: Oelsner, R.F.: Dokumentation der Rheinischen Gummi- und Celluloidwaren-Fabrik Mannheim, Mannheim 1993; Archiv LTA: DOA 665 Rheinische Gummi.

Vorsichtsmassregeln bei der Herstellung des Celluloides. In: Dinglers Polytechnisches Journal; hrsg. von J. Zemann und F. Fischer, 256 (1885), S. 282.

Werkzeitung der Badischen Anilin- & Soda-Fabrik Ludwigshafen, Oktober 1921; 9(1921)10.

Zum 25jährigen Jubiläum der Rheinischen Gummi- & Celluloidwaren-Fabrik Neckarau-Mannheim 1873–1898, Mannheim 1898.