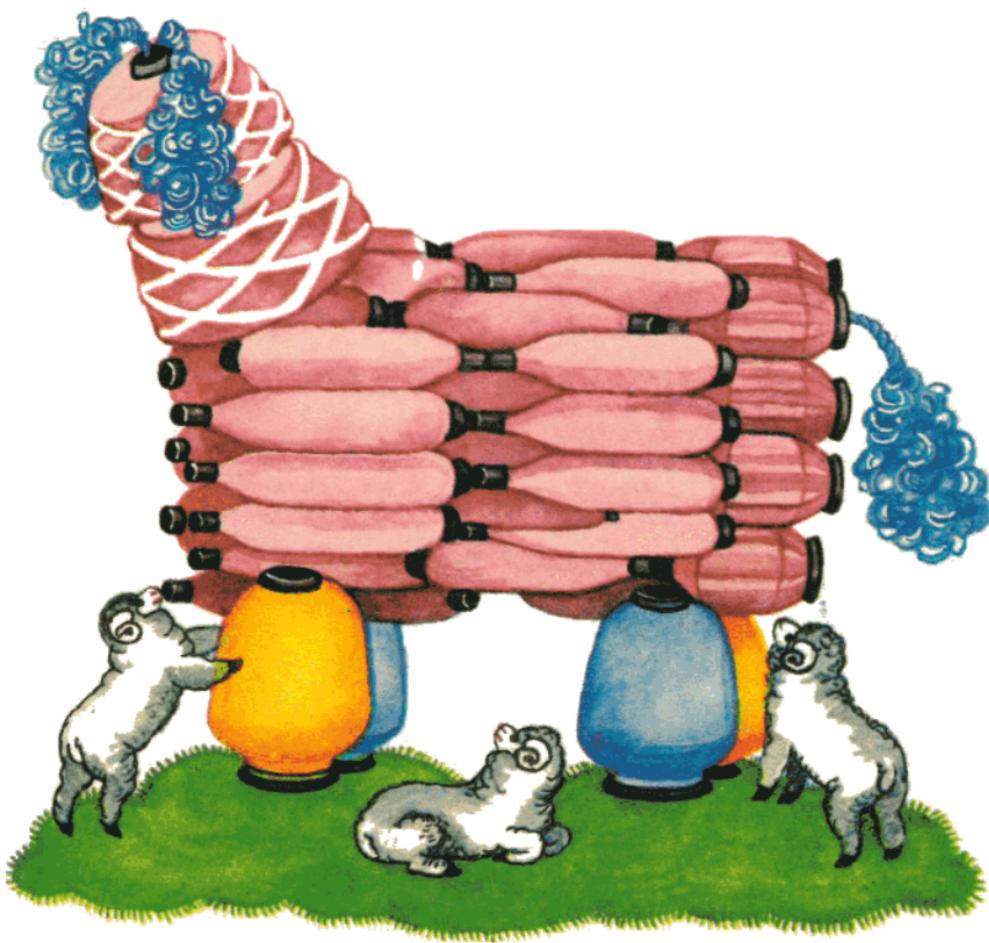


Hans Heiner
Schmiedeknecht



Das Schaf in der Retorte



Regenbogenreihe

Hans Heiner Schmiedeknecht
Das Schaf in der Retorte
Fasern und Fäden aus Natur und
Chemie

Der Kinderbuchverlag Berlin



Illustrationen von Renate Totzke-Israel

Wie alt ist unsere zweite Haut?

Über unsere zweite Haut, die Kleidung, denken wir höchstens einmal nach, wenn wir recht modisch aussehen wollen. Aber wie lange schon tragen die Menschen Kleidungsstücke, woraus bestanden diese früher, und welche Rohstoffe verwenden wir heute zu ihrer Herstellung? Wollen wir diese Fragen beantworten, müssen wir uns mit Geschichte, Kulturgeschichte, Biologie, Chemie und Technologie befassen.

Schon in urgeschichtlicher Zeit zeigte sich, daß die Menschen das Bedürfnis hatten, sich etwas anzuziehen. Sie wollten sich vor Hitze und Kälte schützen und sich schmücken. Die Menschen nahmen, was sie mit ihren primitiven Hilfsmitteln bearbeiten konnten: Felle, Tiersehnen, Bast- und Pflanzenfasern.

Unbekannt sind uns bisher Herkunft und Beschaffenheit der Rohmaterialien sowie die Entwicklung der Herstellungsweisen für die Garderobe unserer Urahnen. Wann begannen unsere Vorfahren zu spinnen, zu flechten, zu weben? Wir wissen ziemlich genau, daß die Neandertaler Fellbekleidung trugen, wann aber wurden erstmalig Tier- und Pflanzenhaare für Bekleidungszwecke verwendet?

Die ältesten bisher gefundenen Kleidungsstücke sind aus Bastschnüren geflochtene Sandalen; 300 Paar fand man in der Fort-Rock-Höhle in den USA. Sie sind etwa 9000 Jahre alt und sehen sehr modern aus, etwa wie kunstgewerblich hergestellte Strandsandalen.

6000 Jahre alt sind feine leinene Gewebe, die Wissenschaftler bei Ausgrabungen in Ägypten fanden. Etwa aus der gleichen Zeitepoche ist uns eine Tontafel

aus Ur überliefert worden, auf der in Keilschrift die Namen von Webern vermerkt sind sowie die Menge an Wollgarn und Tuch, die sie der Priesterschaft geliefert haben.

Die frühesten Spuren der Baumwolle führen uns nach Pakistan. Dort fand man in einer 5000 Jahre alten Vase aus Silber ein Stück Baumwollgewebe.

Und wo kommt die Seide her? Die Menschheit nutzt sie seit etwa 4700 Jahren als Textilrohstoff. China ist die Heimat der Seide.

Die frühesten europäischen Textilfunde stammen aus dem Ende der Steinzeit. Es sind Reste von Geflechten aus zähen Pflanzenfasern, die einstmals zu Fischer- netzen, Matten, Wandbehängen oder Tragnetzen gehörten. In Europa war seit alters Wolle der traditionelle Textilrohstoff. Aus der Kupfer- und der Bronzezeit sind uns Kleidungsstücke aus Wolle überliefert, bewunderungswürdige Leistungen, die die Menschen in mühseliger Fingerweberei auf Gewichtswebstühlen vollbrachten. Sie führten das Garn mit der Hand durch die von Steinen gestrafften Kettfäden. Erstvoretwa 1000 Jahren wurden die Gewichtswebstühle in Mittel- und Nordeuropa durch die Trittwebstühle abgelöst.

Weißt du, wieviel Schäfchen gehn?

So fragen wir in einem alten Kinderlied. Um es gleich vorweg zu sagen, wir wissen es ziemlich genau. In den Jahren 1970 bis 1972 waren es 578 205 100 Schafe auf

Bronzezeit (1800–800 v. u. Z.) – aus Funden geht hervor, daß Wollkleidung getragen wurde

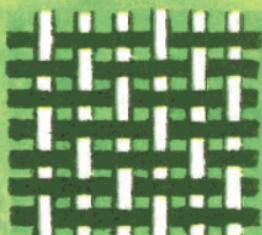
Frauenbluse



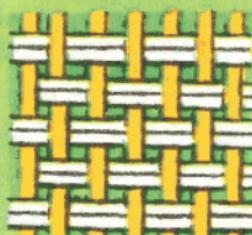
Schnurrock



Leinwandbindung



Köperbindung



Ripsbindung



Farbskale der Gewebe

der Welt, die uns jährlich 1,6 Millionen Tonnen Wolle lieferten.

Das Schaf ist ein alter Gefährte des Menschen. Es gab ihm Fleisch, Fett, Milch und Käse. Schafe mit Wollfell sind das Ergebnis einer mühsamen jahrtausendlangen Züchtung. Wildschafe haben nämlich kein Wollfell.

Berühmt ist das spanische Schaf Merino, das die Araber vor 1000 Jahren von den Küsten Nordafrikas nach Spanien gebracht hatten. Von Spanien aus, wo man bis 1760 jede Ausfuhr von Merinoschafen verbot, um sich die Vormachtstellung im Wollhandel zu bewahren, gelangte das Merino in die anderen europäischen und außereuropäischen Länder.

Alle Tiere und Pflanzen, die in der Zeit der großen Entdeckungen im 16. und 17. Jahrhundert mit über den Ozean genommen wurden, dienten nur der Versorgung der Expeditionen. So war es mehr ein Zufall, daß das Schaf nach Amerika gelangte. Es legte die Reise schon mit der ersten Flottille des Kolumbus zurück. Nach Nordamerika kam es über Mexiko. Als die Engländer Ende des 16. Jahrhunderts Virginia zu kolonisieren begannen, fanden sie das Schaf schon vor.

In Südafrika begegneten holländische Ansiedler bei Eingeborenenstämmen dem Schaf. Diese züchteten aber vorwiegend Fettschwanzrassen. Die ersten europäischen Zuchttiere wurden nur deshalb eingeführt, um die Herden der Ansiedler besser von denen der

Im alten Ägypten trug man vorzugsweise Leinenkleidung. Das Gewebe war so fein, daß man ein Gewand durch einen Fingerring ziehen konnte

*Grabbild
König Amenophis I.
(1270 - 1150 v.u.Z.)*



Kettfäden

*Schuß-
fäden*



Leinwandbindung



Eingeborenen unterscheiden zu können. Von Südafrika aus gelangten die Merinos nach Australien. MacArthur, ein englischer Kolonialoffizier, war ihr Züchter. Heute ist die australische Schafzucht die leistungsstärkste der Welt.

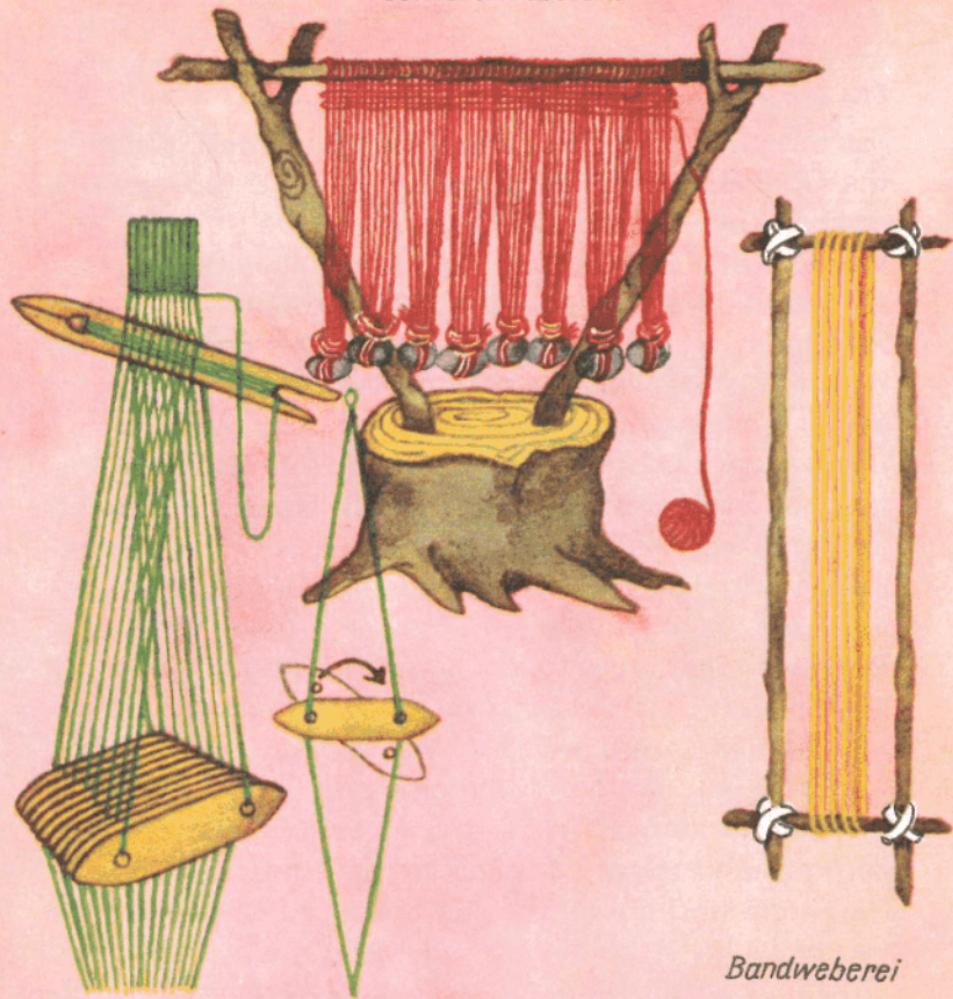
Übrigens erzeugt ein einziges Chemiefaserwerk im Jahr soviel Faserrohstoff wie 15 Millionen Schafe. Diese Schafe würden dazu ein Weidegebiet benötigen, das flächenmäßig größer als der Bezirk Neubrandenburg ist.

Onkel Toms Hütte

Wem hat nicht das Gesicht beim Lesen der traurigen Geschichte des Negersklaven Onkel Tom geglüht, wer hat nicht die Fäuste geballt, wenn er beim Lesen von den Grausamkeiten der amerikanischen Baumwollpflanzer erfuhr! Die Geschichte der Baumwolle ist zugleich ein Kapitel aus der Geschichte der Sklaverei.

In Europa kennt man die Baumwolle erst seit dem 13. oder 14. Jahrhundert. Ein altes Buch überliefert uns den haarsträubenden Bericht von einem tatarischen Pflanzenschaf, auch syrisches Schaf oder Barometz genannt. Diese Pflanze trägt Früchte, die wie Kürbisse aussehen und in denen man ein kleines Tier findet, einem Lamm gleich, außen mit Wolle versehen. Doch ein Pflanzenschaf ist die Baumwolle gewiß nicht, hier wurde den Lesern der damaligen Zeit ein Bär aufgebunden. Von Indien aus nahm sie ihren Weg nach Westen bis zum Nil und nach Osten bis hin nach China. Als Kolumbus nach Amerika kam, begegnete ihm als eines der ersten Erzeugnisse des unbekannten Landes die

Gewichtswebstuhl



Brettchenweberei



Urform der Gatterweberei

Baumwolle. Die Azteken des alten Mexiko kannten weder Seide noch Wolle, weder Hanf noch Flachs, aber sie nutzten seit alters die Baumwolle.

Auf ihren Zügen durch Zentral- und Südamerika fanden die Spanier überall Baumwolle vor und lieferten sie nach Europa. Als dann das spanische Weltreich zerfiel, wurden die Engländer die Baumwollieferanten. Sie pflanzten die Baumwolle auf dem nordamerikanischen Kontinent an und leiteten eine Entwicklung ein, an deren Ende die USA als größter Baumwollerzeuger der Welt stehen sollte.

Die Baumwolle braucht sorgsame Pflege. Zwei Monate lang reifen die Früchte am Strauch. Während dieser Zeit springen nach und nach Kapseln auf, denen die Pflücker die weichen Flockenbällchen entnehmen. Wir können uns kaum vorstellen, wieviel Arbeitskräfte eine Baumwollplantage vor 250 Jahren benötigte. Und diese Arbeitskräfte waren da! Geliefert von gewissenlosen Sklavenhändlern aus Afrika, über den Ozean transportiert von geldgierigen Kapitänen, verkauft auf großen Sklavenmärkten, dazu verdammt, dem Plantagenbesitzer in unablässiger Tätigkeit auf den Baumwollfeldern Reichtum und ein bequemes Leben zu erarbeiten. Es waren billige Arbeitskräfte. Immer größere Plantagen entstanden, bis King Cotton (König Baumwolle), so nannte man die Baumwollfaser, über die Wolle triumphierte und zum billigen Rohstoff für die mechanischen Spinnereien wurde.

Das Merinoschaf ging aus der Kreuzung von Rambouillet- mit Elektorschafen hervor

Rambouillet

*Sächsisches
Elektoralschaf*



Australischer Merino-Zuchtbock

Heute erntet man jährlich etwa 12 Millionen Tonnen Baumwolle. Wolle und Baumwolle sind zu Partnern der Chemiefaserstoffe geworden, die in ungefähr 900 Werken der Welt erzeugt werden, unabhängig vom Wetter, von Weideflächen oder wertvollem Ackerland, in gleichmäßiger Qualität und zu günstigen Herstellungskosten. Doch nicht vergessen ist der rücksichtslose Wirtschaftskampf, auch nicht das Elend der Negersklaven auf den Baumwollplantagen und das der Industriearbeiter vor allem während der beginnenden Mechanisierung in der Textilindustrie.

Die Seidenraupe macht es vor

Ohne den Maulbeerbaum, die Seidenspinnerraupe und die Fingerfertigkeit des Menschen gibt es keine Seidenfäden, die zu Geweben verarbeitet werden können. Der Maulbeerbaum liefert der Seidenraupe mit seinen frischen Blättern und Trieben, die rasch ausschlagen und nachwachsen, Nahrung, bis sie sich verpuppt. Die Raupe spinnt sich ein. Ungefähr 4000 Meter ist der Faden lang, den sie sich kreuz und quer um ihren Körper legt und verklebt, ohne ihn zu verknüpfen. Das längliche, eiförmige Gehäuse, aus dem später der Schmetterling (*Bombyx mori*) schlüpfen soll, heißt Kokon. Durch Wasserdampf wird die darin liegende Raupe abgetötet und das Fadengelege aufgeweicht. Nun kann man den Faden abhaspeln, auf Spulenwickeln und zu feinen Geweben verarbeiten. So hatte es der Legende nach schon vor über 4000 Jahren in China



Das „tatarische Pflanzenschaf“

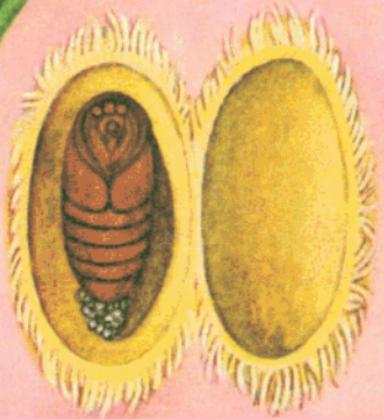
die Prinzessin Si-ling-shi getan, und so wird es heute auch noch gemacht.

Vor 300 Jahren erweckte die Seidenraupe das Interesse des englischen Gelehrten Robert Hooke. Er überlegte, daß es möglich sein müßte, eine künstliche, zähe Masse herzustellen, die der Flüssigkeit ähnelt, aus der die Seidenraupe ihre Fäden spinnt. Gelänge dieses, so wäre es sicherlich einfach, daraus Fäden zu ziehen. Und 70 Jahre nach Hooke meint Reaumur, einer der Erfinder des Thermometers, ebenfalls bei der Beobachtung der Seidenraupen: „Seide, das ist eine Art an der Luft getrocknete Gummilösung. Es sollte möglich sein, aus Gummi oder Harzlösungen ein der Seide gleichendes Gebilde herzustellen. Es müßte gelingen, aus Lacken oder Firnissen Fäden zu ziehen, die sich zur Anfertigung von Geweben eignen und deren Glanz und Festigkeit Seidengespinsten nahekämen.“ Das waren vielversprechende Gedanken. Doch um sie zu verwirklichen, braucht man eine gut entwickelte Technik. Diese gab es noch nicht im Zeitalter der Manufakturen. So gerieten diese der Entwicklung weit vorausseilenden Gedanken wieder in Vergessenheit.

Heute aber kann man aus Chemiefasern Gewebe herstellen, die die Eigenschaften der Naturseide aufweisen und die jeder kaufen und tragen kann.

Auch der Flachs hat seine Geschichte. Schon die ägyptischen Mumien, deren Alter man auf 4000 bis 5000 Jahre schätzt, sind in Leinen eingehüllt. Die Phönizier handelten mit ihm und stellten daraus Segel für ihre

männlicher Seidenspinner



geöffneter Kokon mit Larve



abgehaspelter Kokon



Schiffe her. Die Griechen kannten den Flachs, von ihnen kam er zu den Römern. Kleider, Handtücher, Bettlaken bestanden aus Leinen. Man färbte ihn mit Purpur oder ließ ihn weiß.

Im Mittelalter schnurrte in vielen Häusern das Spinnrad, und die Märchen wissen heute noch davon zu berichten. Jede Braut war stolz auf ihre Mitgift aus Leinen. Neben dem Flachs entwickelte sich sein anspruchsloser Verwandter, der Hanf. Hanf war bedeutend für die Schiffahrt über die Ozeane: Aus Hanf bestanden die Seile und das Tauwerk.

Das Lied der Weber

Hier hilft kein Bitten und kein Flehn,
umsonst ist alles Klagen.

Gefällt's euch nicht, so könnt ihr gehn
am Hungertuche nagen.

Nun denke man sich diese Not
und Elend dieser Armen,
zu Hause oft kein Bissen Brot,
ist das nicht zum Erbarmen?

So klang es 1844 im Lied der schlesischen Weber landauf und landab. Eine Krise in der Leinenindustrie hatte die schlesischen Heimarbeiter in völlige Abhängigkeit von den reichen Fabrikherren gebracht und ihnen kaum noch Existenzmöglichkeiten gelassen. Die Verzweif-

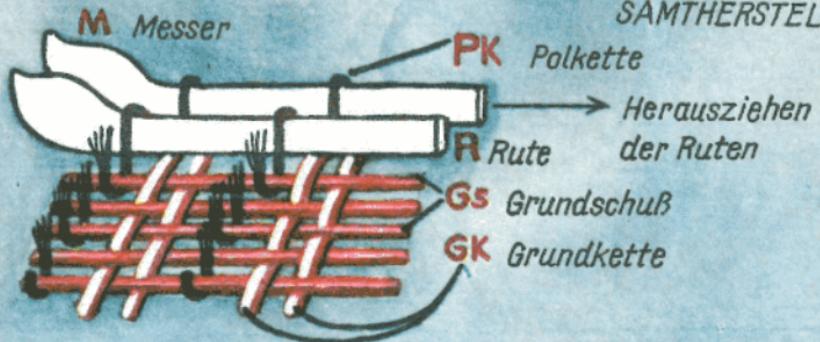
In Byzanz tauchte der erste Seidensamt auf; er war ein begehrter Exportartikel

Kaiserin Ariadne

500 n. Z.



SCHEMA DER
SAMTHERSTELLUNG



lung trieb die Weber zum Aufstand und zur Auflehnung gegen die Fabrikherren und Verleger. Doch eilig herbeigerufenes Militär erstickte die Empörung der Armen in deren Blut. „Gefällt's euch nicht, so könnt ihr gehn, am Hungertuche nagen.“ So wurde die Ordnung wiederhergestellt.

Wie kam es zu dieser Krise in der Leinenindustrie?

Mit der Erfindung der Dampfmaschine zur Erzeugung von Energie, mit der Erfindung von Maschinen, die Dutzende von Arbeitskräften ersetzen konnten, kam eine neue Zeit herauf. Die Industrialisierung begann. Schon längst waren dem Handwerk und seinen Zünften Manufakturen gefolgt, die bereits in größerem Maßstabe, aber immer noch handwerksmäßig Waren des täglichen Bedarfs herstellten. Jetzt wurden die Manufakturen von den Fabriken verdrängt. Diese Entwicklung ging von England aus, und die Baumwolle spielte dabei eine wesentliche Rolle, denn sie erforderte eine andere Verarbeitung als Wolle. Bereits 1762 übertrug man die mühselige Arbeit des Spinnens einer Maschine, und seither nahmen die Besitzer solcher Maschinen immer mehr Spinner in ihre Fron. Es waren letzten Endes Kohle, Eisen und Maschinen, die King Cotton zum Sieg verhalfen über die Wolle, die Englands Reichtum und Macht begründet hatte.

Während von Frankreich aus der Ruf nach Freiheit, Gleichheit, Brüderlichkeit um die Welt ging, baute England den ersten Industriestaat in der Geschichte

Im antiken Griechenland kamen erste Mischgewebe aus Baumwolle und Seide auf

Farben für die Kleidung



archaischer Wall-peplos (um 560 v.u.Z.)



Leinen-peplos (um 450 v.u.Z.)

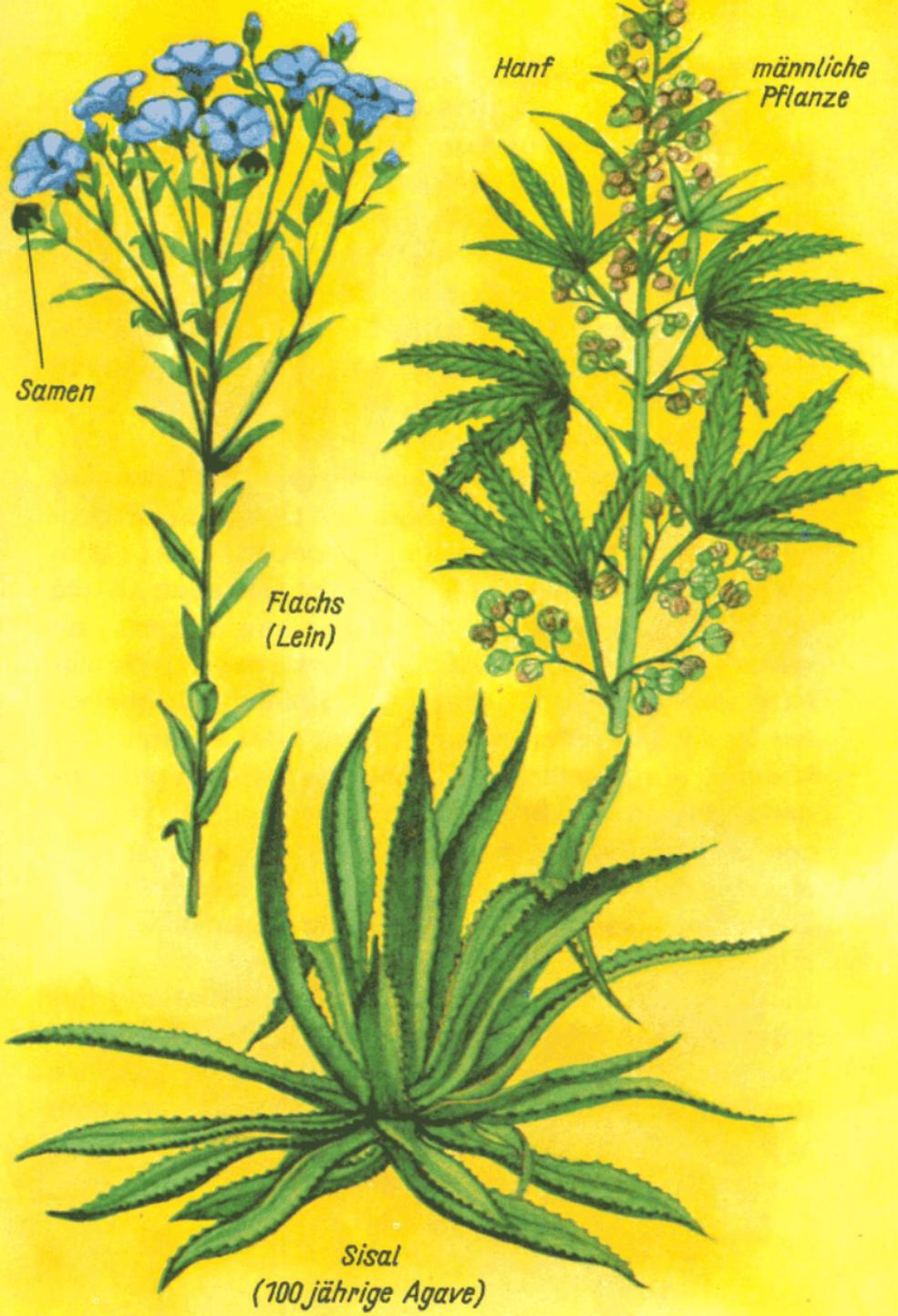


erste Mischgewebe aus Baumwolle und Seide

auf. Die geforderte Freiheit des einzelnen verwandelte sich hier in die Freiheit des schrankenlosen Vorteils des Kapitals. Der Mechanisierung in der Textilindustrie fielen die handwerklichen Produktionsstätten zum Opfer, die auf Heimarbeit beruhende schlesische Leinenindustrie war so nicht mehr konkurrenzfähig und trieb die Weber zu ihrer Verzweiflungstat. Doch das war nicht allein in Schlesien so. Baumwolle ließ sich auf den neuen Maschinen billiger verspinnen, Baumwollgewebe waren billiger als Leinengewebe, auf dem Handwebstuhl gefertigt.

Die neuen Textilbetriebe brachten ihren Besitzern großen Gewinn, den Arbeitern aber nur geringen Lohn, Rechtlosigkeit und ihren Familien Elend. Friedrich Engels und Karl Marx haben sich in England mit dem Los dieser Textilarbeiter beschäftigt, haben ihnen Unterstützung gegeben und dabei ihre großen Ideen von der Zukunft der Menschheit entwickelt.

Das Lied der Weber klang 50 Jahre später von der Bühne eines Berliner Theaters herab. Der junge Dichter Gerhart Hauptmann hatte den Aufstand der schlesischen Weber in einem Drama verarbeitet und damit ein Zeichen für Gerechtigkeit gesetzt. Käthe Kollwitz gestaltete den Verzweiflungskampf der Weber in ihrem ersten graphischen Zyklus mit großer Eindringlichkeit.



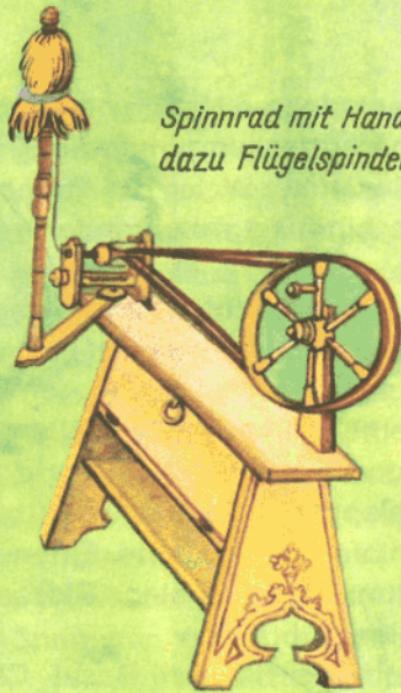
Ein Professor träumt

Man schreibt das Jahr 1854. Durch die spärlich erleuchteten Straßen Londons rumpelt zu später Stunde der Pferdeomnibus. Die wenigen Fahrgäste ziehen fröstelnd ihre Umhänge fester um sich. Unter den Passagieren des schaukelnden Gefährtes befindet sich auch ein junger Chemiker aus Deutschland, Friedrich August Kekulé von Stradonitz, Doktor der Philosophie. Kekulé ist auf dem Nachhauseweg. Er hatte den Abend bei einem Freund verbracht. Ein wenig müde, hängt jetzt Kekulé seinen Gedanken nach.

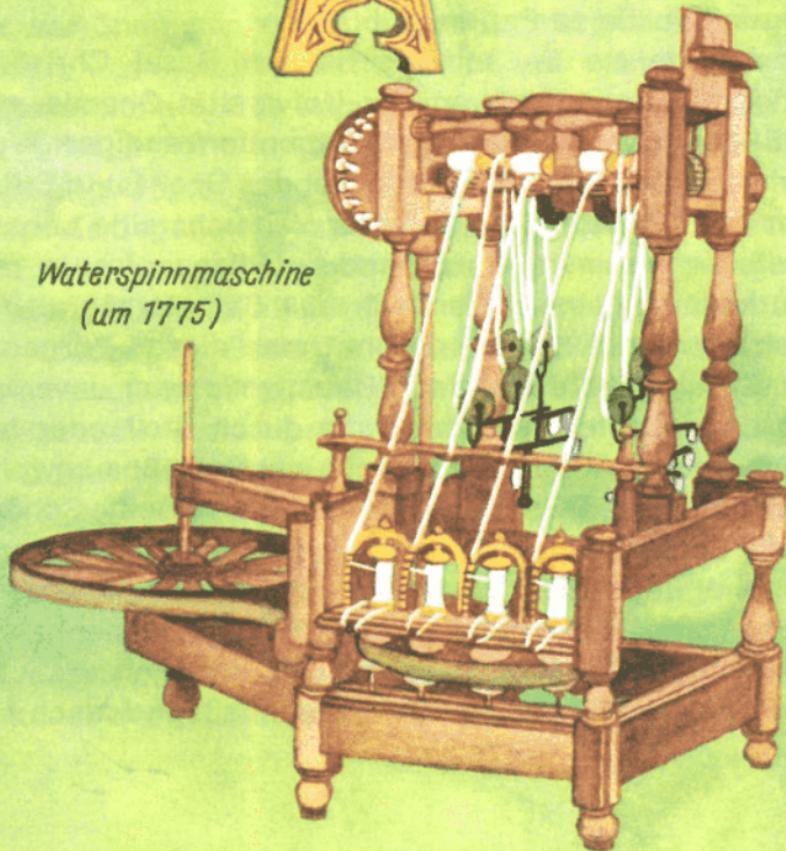
Seit sein Lehrer Justus von Liebig, seit die Chemiker Friedrich Wöhler und Jean Baptiste Dumas die Ergebnisse ihrer Forschungen bekanntgegeben hatten, nahm die Entwicklung der Chemie, welcher sich auch Kekulé voll und ganz verschrieben hatte, einen stürmischen Verlauf. Doch nun gab es ein Problem. Friedrich Wöhler hatte als erster vor 30 Jahren aus Stoffen der unbelebten Natur Stoffe der belebten Natur, der organischen Materie, hergestellt. Immer mehr neue Stoffe entstanden seither in den Laboratorien, andere wurden zerlegt, geprüft, miteinander verglichen – bei Liebig in Gießen, in Frankreich oder hier in London. Es war ein neuer Zweig der Chemie entstanden, die organische Chemie.

Die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff verknüpften sich zu Verbindungen; doch in welchem Verhältnis, in welchem Verwandtschaftsgrad taten sie das? Besonders Kohlenstoff und Wasserstoff fand man

Zwei alte Spinnmaschinen zur Herstellung von Garnen



*Spinnrad mit Handantrieb (um 1480),
dazu Flügelsspindel und angebauter Rocken*



*Waterspinnmaschine
(um 1775)*

stets in den Stoffen der belebten Natur vor, aber es gab noch keine einheitliche Auffassung über die Größe der Atomgewichte oder in welcher Weise die Atome sich in einer organischen Verbindung miteinander verknüpfen.

Kekulé hatte gegrübelt und diskutiert, hatte gerechnet und studiert, bei seinem Freund Gerhardt in Paris und in London. Plötzlich gaukelten vor den Augen Kekulés die Schemen von Atomen, er sah, wie größere Atome eine Reihe bildeten und nur an den Enden der Kette noch kleinere mitschleppten. Kekulé war über dem Nachdenken eingeschlafen und träumte. Einen Teil der Nacht verbrachte er nun, um wenigstens Skizzen jener Traumgebilde zu Papier zu bringen.

Damals lehrte im schweizerischen Basel Christian Friedrich Schönbein an der Universität Chemie, ein erfindungsreicher und experimentierfreudiger Wissenschaftler. Er ist der Entdecker des Ozons und Erfinder der Nitrozellulose. In einer Versuchsreihe behandelte er Baumwolle und andere Pflanzenfasern mit Nitriersäure, einem Gemisch aus Salpetersäure und Schwefelsäure. Nitrieren nennt man diesen Vorgang. Äußerlich blieb die nitrierte Baumwolle zwar unverändert, sie explodierte aber jetzt durch Stoß oder bei Erwärmung. Aus der Baumwolle war Schießbaumwolle geworden. Und noch eine Beobachtung machte Schönbein: Schießbaumwolle lässt sich in einer Mischung von Alkohol und Äther vollständig auflösen. Es bildet sich dabei eine zähflüssige Masse, Schönbein nennt sie Klebeäther. Die Mediziner sind von ihr begeistert, weil sie kleinere Wunden luftdicht abschließt und rasch zur

Heilung bringt. Doch sonst wußte man nichts mit dieser Entdeckung anzufangen.

In Zürich hat ein anderer Chemiker, Mathias Eduard Schweizer, aus Salmiakgeist, Kupfervitriol und Kupferoxid eine klarblaue Flüssigkeit hergestellt. Kupferoxidammoniak nennen heute die Chemiker diese Substanz oder Couxam oder auch Schweizers Reagens, zu Ehren seines Entdeckers. Dieses Schweizers Reagens löst Baumwolle auf. Eine Tatsache, mit der Schweizer nichts anzufangen wußte. Ein Lösungsmittel für pflanzliche Fasern, was macht man damit? Die Gedanken, die 130 Jahre zuvor Reaumur geäußert hatte, waren wieder in Vergessenheit geraten, Schweizer war Chemiker, er wollte die Dinge ergründen, feststellen, was in ihnen steckte, nicht, was man mit ihnen machen konnte. Das taten andere.

Zu jener Zeit nahm die Chemie einen großen Aufschwung. Überall fand man Neues, und die chemische Industrie begann sich zu entwickeln. In diesem Zusammenhang wollen wir noch von dem Weber Gottlob Friedrich Keller aus Hainichen in Sachsen sprechen. Er war es, dem der Gedanke kam, Holzschliff herzustellen und daraus Blätter zu bilden, wie es die Wespen für ihre kunstvollen Nester tun, um die Brut in den Waben zu schützen.

Auf Holzschliff gründet sich unsere heutige Papier-, Pappen- und Zellstoffindustrie.

Ein Zeitalter der Entdeckungen und Erfindungen, ein Zeitalter der beginnenden chemischen Industrie, der Elektroindustrie, der modernen Energieerzeugung, ein Zeitalter der Wissenschaft war angebrochen – Schön-

bein, Schweizer, Keller, wir werden später auf sie zurückkommen.

Es vergingen noch etwa 4 Jahre, bis Kekulé seine Gedanken veröffentlichte, die ihm sein Traumgebilde in London vorgegaukelt hatte. Im Maiheft von Liebigs „Annalen der Chemie“, einer hochangesehenen Fachzeitschrift, schreibt er im Jahre 1858: „Betrachtet man die einfachsten Verbindungen des Kohlenstoffs, so fällt auf, daß die Menge Kohlenstoff, welche die Chemiker als Atom erkannt haben, stets vier Atome eines einatomigen oder zwei Atome eines zweiatomigen bindet; daß allgemein die Summe der chemischen Einheiten der mit einem Kohlenstoffatom verbundenen Elemente gleich vier ist. Dies führt zu der Ansicht, daß der Kohlenstoff vieratomig (oder vierbasisch) ist.“ Für Verbindungen, die mehrere Kohlenstoffatome enthalten, teilt Kekulé seine Ansicht mit, daß die Kohlenstoffatome selbst sich aneinanderlagern, wobei natürlich ein Teil der Verwandtschaft des einen gegen einen ebenso großen Teil der Verwandtschaft des anderen gebunden wird.

Mit diesen Formulierungen bahnte Kekulé einer umfassenden Strukturtheorie in der Chemie den Weg. Dieses Wort Struktur als Bild für die gegenseitige Lagerung der Atome im Molekül erläuterte erstmalig der russische Gelehrte Alexander Michailowitsch Butlerow 3 Jahre nach Kekulés Veröffentlichung genauer. Butlerow beschreibt 1861 in der „Zeitschrift für Chemie“ die chemische Struktur der Körper so, daß die chemischen Eigenschaften einer Verbindung durch den Zusammenhang der sie bildenden Elemente bedingt seien. Für diesen chemischen Zusammenhang will er das Wort Struktur

angewandt wissen. Mit dieser Strukturtheorie, die bei Kekulé und Butlerow ihren Anfang nahm, arbeitet der Chemiker auch heute noch.

Doch eine bestimmte Klasse von Verbindungen hatte Kekulé noch nicht erfaßt. Er sah in seinem Traum, wie größere Atome eine Reihe bildeten und nur an den Enden der Kette kleinere noch mitschleppten; das waren die Paraffine, die Fettkörper, wie sie Kekulé bezeichnete, oder die Aliphaten, wie wir heute sagen.

Aber wie stand es mit dem Benzol, einer aromatischen Verbindung, die Faraday schon 40 Jahre vorher aus dem Leuchtgas isoliert hatte? Zwar hatte Kekulé 1858 in den „Annalen“ geschrieben, daß im Benzol eine dichtere Anlagerung der Kohlenstoffatome angenommen werden müsse, aber über diese Anlagerung konnte er damals noch nichts aussagen. Und wieder war es ein Traum, der ihn zur Lösung des Problems hinführte. Inzwischen Professor der Chemie und Ordinarius an der Belgischen Staatsuniversität Gent geworden, beschäftigte sich Kekulé mit der chemischen Natur des Kohlenstoffs und der Beschaffenheit der chemischen Verbindungen. Er berichtet später: „Ich drehte den Stuhl nach dem Kamin und versank in Halbschlaf. Wieder gaukelten die Atome vor meinen Augen ... und siehe, was war das? Eine Schlange erfaßte den eigenen Schwanz, und höhnisch wirbelte das Gebilde vor meinen Augen. Wie durch einen Blitzstrahl erwachte ich; auch diesmal verbrachte ich den Rest der Nacht, um die Konsequenzen dieser Gedanken auszuarbeiten.“

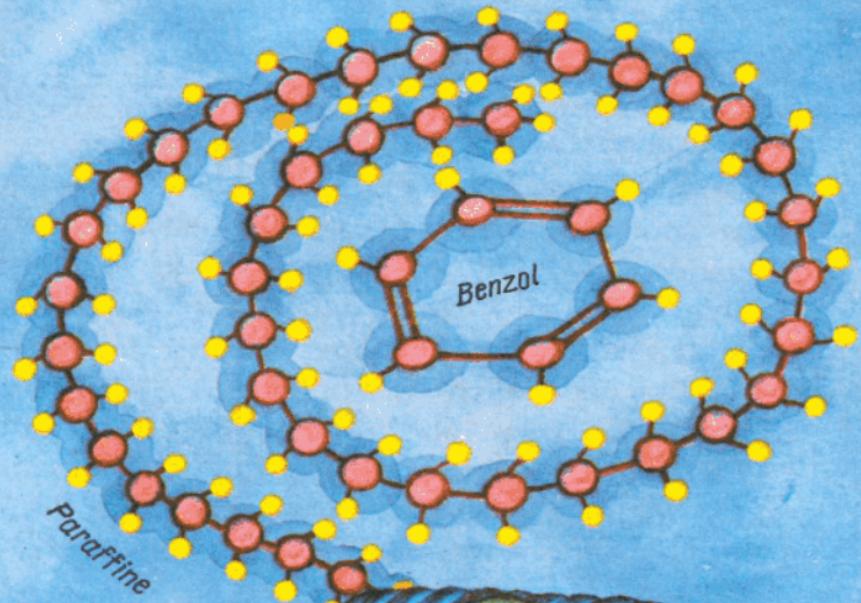
Kekulé nahm an, daß in allen aromatischen Verbindungen ein gemeinschaftlicher Kern enthalten ist, der aus

sechs Kohlenstoffatomen besteht, deren Bindung abwechselnd durch je eine und durch je zwei Verwandtschaftseinheiten erfolgt. Sechs Kohlenstoffatome sind nach diesem Symmetriegesetz aneinandergereiht, zwei Kohlenstoffatome davon schließen die Kette. Dadurch entsteht ein Ring aus Kohlenstoffatomen. Werden die restlichen sechs Verwandtschaftseinheiten durch Wasserstoff abgesättigt, erhält man Benzol.

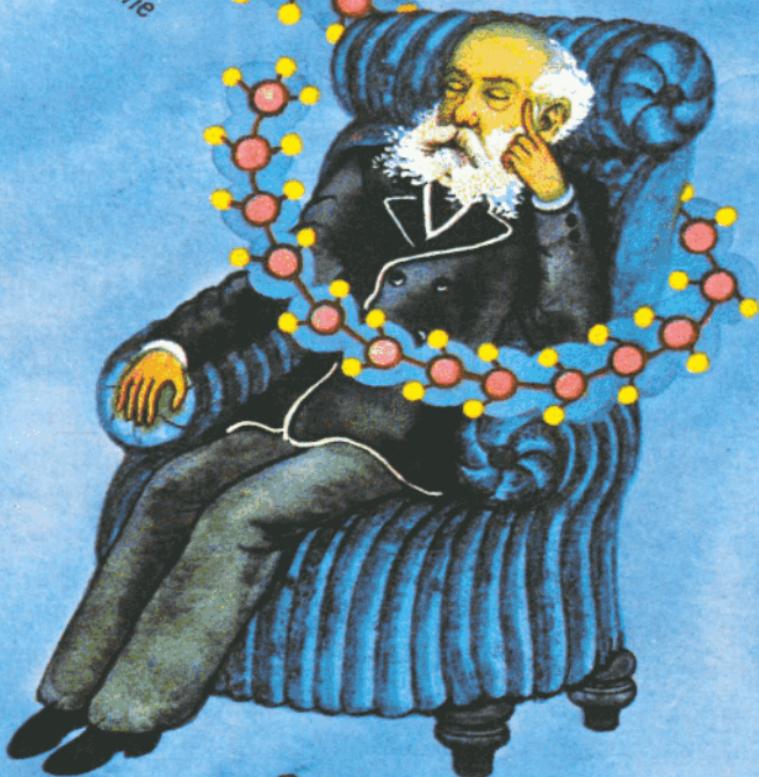
Was Friedrich August Kekulé von Stradonitz so vor etwas mehr als 100 Jahren beschrieb, hat auch heute noch seine Gültigkeit. Sein einfaches Bild des ebenen, gleichseitigen Sechseckes hat sich trotz aller Verfeinerungen, welche die moderne Chemie beisteuerte, als die architektonische Grundlage des aromatischen Moleküls erwiesen.

Mit diesen Bausteinen bauen seitdem die Chemiker das gewaltige Gebäude der organischen Chemie. Viele hunderttausend Verbindungen sind seither synthetisiert worden: Arzneimittel, Farbstoffe, Plaste, Kautschuk, Chemiefaserstoffe, Schädlingsbekämpfungsmittel und vieles, vieles mehr, was uns täglich umgibt – Ergebnis einer zielgerichteten Forschung oder manchmal auch des Zufalls. Große Werke in Schwedt, in Leuna-Merseburg, in Premnitz, in Schwarza, in Guben, in Wolfen, in Bitterfeld: für uns sind sie eine Selbstverständlichkeit – und doch hat alles einmal klein angefangen, vor 100 Jahren, und man war damals noch gar nicht einmal so überzeugt von der Richtigkeit des Weges.

Kekulés Traum. C = Kohlenstoff, H = Wasserstoff



Paraffine



● = C

● = H

Kekulé schreibt 1890: „Meine Vorstellungen über den chemischen Wert und die Art der Bindung der Atome, also das, was wir jetzt als Strukturtheorie bezeichnen, waren schon während meines Aufenthaltes in London entstanden. Als junger Privatdozent in Heidelberg brachte ich diese Ansichten zu Papier und teilte die Arbeit zweien meiner näheren Freunde mit. Beide schüttelten bedenklich den Kopf. Ich dachte, eines von beiden ist noch nicht reif, entweder meine Theorie oder die Zeit, und legte das Manuskript ruhig in die Schieblade ... Ähnlich ging es der Benzoltheorie. Sie lag nahezu ein Jahr geschrieben in meinen Papieren.“

Am Anfang stand die Glühlampe

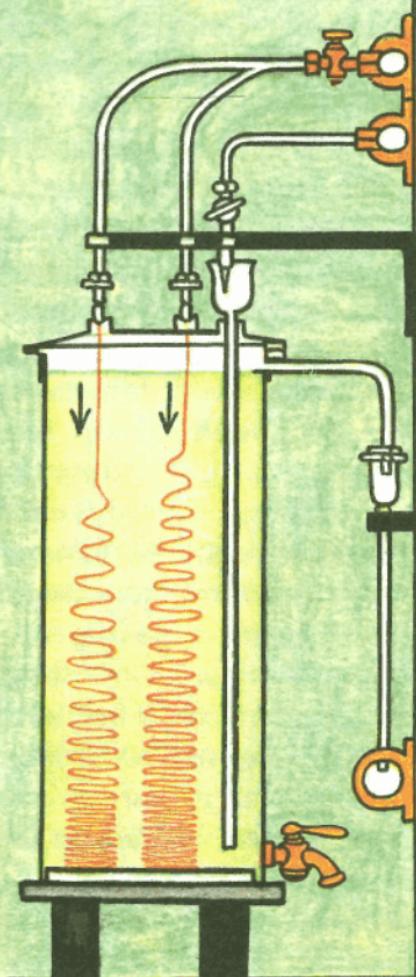
1855 versuchte Georges Audemars Maulbeerzweige, die Nahrung der Seidenraupen, mit Nitriersäure zu behandeln. Nitriersäure, mit der bereits Schönbein Baumwolle umgesetzt und zu einer in Alkohol-Äther löslichen Form gebracht hatte. Aber Audemars ging einen Schritt weiter als Schönbein. Erstmalig wollte er aus den neuesten chemischen Entdeckungen Nutzen ziehen und die Gedanken Hookes und Reaumurs in die Praxis umsetzen. Aus der klebrigen Masse, die er aus den Maulbeerzweigen erhalten hatte, zog er mit spitzen Stahl Fäden, Fäden unterschiedlicher Stärke und Zusammensetzung. Viel war nicht mit ihnen anzufangen, aber immerhin, es war ein Beginn, wenn Audemars auch keinen Gewinn aus seiner Idee zog. Er hatte als erster eine chemische Substanz angegeben, die wenig-

Glühlampe mit Kohlefäden aus künstlicher Seide



Die Glühlampe Adaumars

Spirnvorrichtung,
nach einer alten
Patentschrift



stens theoretisch das Sekret der Seidenraupe ersetzen konnte. Den Spinnvorgang allerdings konnte er nicht verwirklichen. Doch der Weg war gewiesen. Auf ihm schritt 28 Jahre später der Engländer Swan ein großes Stück voran.

Im Grunde genommen war es eine gar merkwürdige Geschichte; die Glühlampe stand an der Wiege der künstlichen Seide. Sir Joseph Wilson Swan war auf der Suche nach einem Kohlefaden für elektrische Glühlampen, die er im Wettstreit mit dem Amerikaner Thomas Alva Edison entwickelte. Doch bis jetzt hatte er nur viele vergebliche Versuche vorzuweisen, bei denen er allerlei Stoffe verkohlte und immer wieder feststellen mußte, daß die ausgewählten Substanzen für seine Zwecke nichts taugten. Swan suchte und überlegte: Hatte da nicht Doktor Schönbein über eine von ihm behandelte Baumwolle berichtet, die sich lösen ließ? Hatte nicht Georges Audemars aus Lausanne 1855 ein Patent für die Herstellung von künstlichen Seidenfäden erhalten? So griff Swan zu Schönbeins Klebeäther, zum Kolloidum, aus dem Audemars schon Fäden gewonnen hatte. Und damit kam Swan 1879 zum lang ersehnten Ziel. Er preßte die gelöste Nitratzellulose in hohem Druck durch enge Öffnungen, ließ die Fäden mit Alkohol erstarren und nahm ihnen mit Schwefelammonium ihre explosiven Eigenschaften. Verkohlt oder, wie man auch sagt, karbonisiert, leuchteten sie hell auf, wenn man im luftleeren Glaskolben den elektrischen Strom durch sie leitete. Edison verwendete für seine Glühfäden karbonisierten Bambusbast, Swan karbonisierte Fäden aus nitrierter Baumwolle. Diese Fäden

konnte man beliebig herstellen, Bambusbast war schon schwieriger zu beschaffen!

Wie man sich seiner Erfindung in der Textilindustrie bedienen könnte, interessierte Swan nicht. Er war Elektroingenieur und wollte eine neue Lichtquelle schaffen. Das war ihm gelungen, und er wurde reich damit.

Da war aber *Frau* Swan, sie häkelte, sie stickte, kunstvoll und mit Sorgfalt. Konnte man nicht auch für diese Schöpfungen die mattglänzenden seidigen Fäden nutzen, die ihr Mann für seine Glühlampen herstellte? Unter ihren Händen entstanden aus solchen Fäden kunstvolle Gebilde im Geschmack der Zeit. Sie erregten auf einer Ausstellung 1884 in London großes Aufsehen, und die Generalversammlung der Gesellschaft für chemische Industrie gab diesen Gespinsten den Namen künstliche Seide, Kunstseide (engl.: artifical silk; franz.: soie artificielle). Ein neuer Faserstoff war geboren, ein neuer Name erschien in der Textiltechnik.

Der Graf und die künstliche Seide

Die industrielle Erzeugung der Kunstseide löste Graf Hilaire de Chardonnet. 6 Jahre lang hatte er in einer kleinen Werkstatt seines Schlosses in Vernay-de-Charente gearbeitet, versucht, laboriert. Dann konnte er am 12. Mai 1884 der Akademie der Wissenschaften eine Denkschrift „Über ein künstliches seideähnliches Textilmaterial“ einreichen.

In seiner Fabrik erzeugte Chardonnet anfangs 50 Kilogramm Kunstseide am Tag. Offensichtlich war dem Grafen die Tatsache unbekannt, daß 5 Jahre vor ihm Sir Joseph Wilson Swan bereits die gleiche Kunstseide

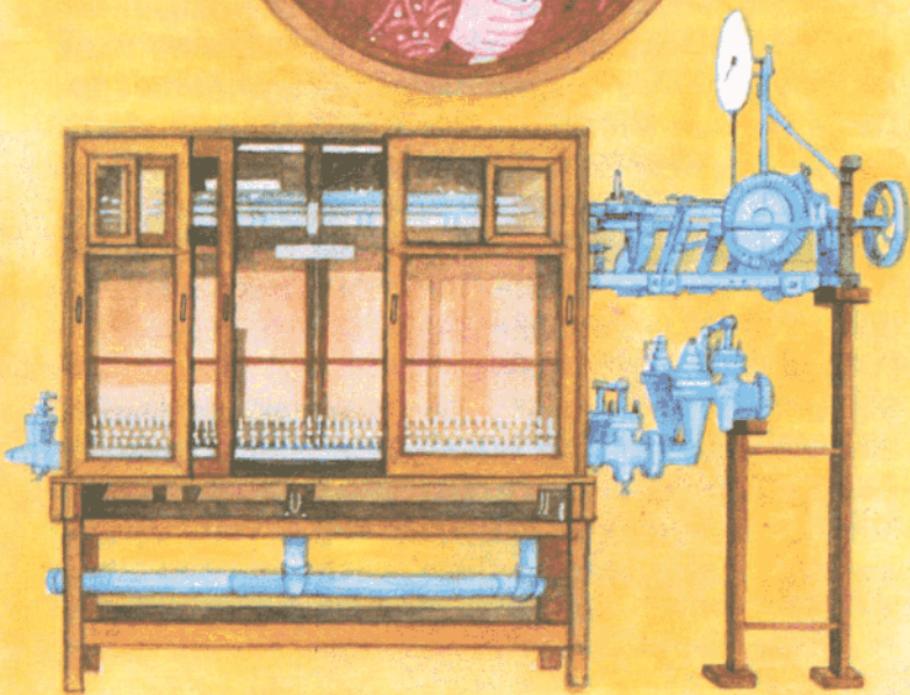
vorgelegt und seine Herstellungsweise angegeben hatte. Mit Energie verfocht Chardonnet seine Idee um die industrielle Verwirklichung der Kunstseide, allen Ablehnungen zum Trotz. Sein Weitblick zeigte ihm schon damals – vor 90 Jahren – die Möglichkeiten, die Chemiefaserstoffe den Menschen einmal bieten konnten.

Die Chardonnetseide, wie das neue Produkt auch genannt wurde, entstand aus dem Kollodium, dem Klebeäther, den Christian Schönbein aufgefunden hatte. Eine Lösung der nitrierten Baumwolle in einer Mischung aus Äther und Alkohol wurde zu diesem Zweck in heißem Zustand durch Glasröhrchen von etwa 0,1 Millimeter Durchmesser gepreßt und zum Erstarren in eine kalte Flüssigkeit getaucht. Dann zog man den Faden an der Luft noch dünner aus. Schließlich mußte die Zellulose möglichst in ihren ursprünglichen Zustand zurückverwandelt werden.

Alle diese einzelnen Schritte der Fabrikation seiner Kunstseide verfolgte Chardonnet mit größter Zähigkeit, Geduld und mühsamer Arbeit in Labor und Werkstatt. Denn er mußte ja auch die technische Seite des Problems lösen, die Spinnmaschine erfinden, sie konstruieren und bauen. Sie war eine Attraktion der Weltausstellung 1889 in Paris und wurde zum Prototyp aller heutigen Spinnmaschinen.

11 Jahre nachdem Chardonnet seine ersten Erzeugnisse auf der Weltausstellung vorgewiesen hatte, wurde

Chardonnet



seine Kunstseide von sieben Fabriken in sieben Ländern hergestellt, und die Erzeugung belief sich auf etwa 1000 Tonnen im Jahr. Gewiß, eine bescheidene Zahl, verglichen mit unseren heutigen Produktionsziffern. Aber: eine neue Industrie war entstanden. Weitblick und Energie des Grafen Chardonnet hatten sie ins Leben gerufen.

Trotzdem, die neue, künstliche Seide zeigte einige Nachteile. Ihr Glanz war stärker als der von Naturseide. Sie war hart und unelastisch, nicht geschmeidig genug. Sie war feuchtigkeitsempfindlich, in den Regen durfte man nicht mit ihr kommen. Sie war nicht waschbar und ließ sich nicht gut färben. Ja, und dann kam es zu dem tragischen Unglück. Auf einer großen Gesellschaft in einem der Pariser Salons trug eine Frau ein neues Kleid und erregte Bewunderung damit. Ganz aus der neuen, künstlichen Seide war die Robe gefertigt worden. Die Dame war der Mittelpunkt der Gesellschaft. Plötzlich kam ihr Begleiter mit der glühenden Zigarre dem Kleid zu nahe. Mit heller Flamme verpuffte die schöne Gewandung und hinterließ kaum einen Rückstand. Die Chardonnetseide konnte ihre Verwandtschaft mit Schönbeins Schießbaumwolle nicht verheimlichen.

Frau Sabatier – so hieß die Unglückliche – kam mit dem Schrecken davon, ohne großen Schaden zu nehmen. Sie trug Unterkleidung, die nicht so schnell in Brand geriet. Aber Kleider, die explodieren? Es konnte wohl doch nicht viel los sein mit der Seide des Grafen. Damit war das Urteil gesprochen.

Es geht auch anders ...

Wieder war es die Glühlampe, die hier weiterhalf. In Oberbruch bei Aachen betrieb der Ingenieur Johann Urban aus Österreich in einer alten Papiermühle eine Glühlampenfabrik. Die Glühdrähte für seine Glühlampen fertigte er aus einer Lösung von Zellulose in Kupferoxidammoniak, also aus Schweizers Reagens. Wir kennen es bereits als Lösungsmittel für Zellulose. Diese Drähte waren leichter herzustellen und nicht explosiv. Die Zelluloseslösung wurde durch dünne Öffnungen in Schwefelsäure- oder Salzsäurebäder ausgepreßt und der so gewonnene Faden mit verdünnten Säuren gewaschen. Hiermit war ein einfaches Verfahren zur Herstellung von Kunstseide gefunden. Johann Urban und mit ihm der Chemiker Max Fremery erkannten dies. Sie gründeten gemeinsam eine Kunstseidenfabrik und nahmen im Jahr 1899 die Herstellung von Kunstseide auf. Ihr Produkt nannten sie Glanzstoff.

Die Glanzfäden erwiesen sich gegenüber der Chardonnayseide als erfolgreicher. Chemiker verbesserten sie ständig, und diese feinfädige, angenehm glänzende, sehr feste Kupferkunstseide wurde durch die Herstellung der ersten Kunstseidenstrümpfe berühmt und begehrte. Mit dem Kupferoxidammoniakverfahren war die Kunstseidenherstellung erstmals auf ein auch wirtschaftlich tragfähiges Fundament gestellt worden. Doch schon erwuchs der Kupferkunstseide ein neuer Konkurrent, der bald alle anderen Herstellungsweisen in den Schatten stellen sollte.

Im Jahre 1885 hatten die Chemiker Charles Frederick Cross, Edward John Bevan und Clayton Beadle in

London ein Laboratorium gegründet. Sie beschäftigten sich hauptsächlich mit der Papierherstellung und fertigten hierüber Gutachten an. Dazu mußten sie oft und viel mit Zellulose experimentieren. Bei ihren Forschungen über die Einwirkung von Natronlauge auf Zellulose entdeckten sie, daß die so behandelte zerkleinerte Zellulose sich mit Schwefelkohlenstoff in eine gelbe, krümelige, lockere Masse verwandelt. Diese löste sich in Wasser oder verdünnter Natronlauge zu einem zähen, honigartig fließenden Produkt auf, das die Forscher Viscoid nannten. Sie wurde 1891 in Großbritannien und 1892 in Deutschland patentiert.

Die fädenziehende Masse des Viscoid hatte alle Eigenschaften der Spinnlösungen von Chardonnet- oder Kupferkunstseide. Mit Säuren oder Salzen konnte man die Zellulose aus dem Viscoid wieder ausscheiden. Und abermals war es die Glühlampe, die den Anstoß gab zur weiteren Verwertung des neuen Produkts: die Herstellung von Faserstoff. Charles Henry Stearn, gleich Swan auf der Suche nach einem geeigneten Faden für die Glühlampenherstellung, hatte von Mister Cross zu diesem Zwecke etwas Viscoid erhalten. Charles Frederick Topham, der Assistent von Stearn, erarbeitete das Spinnverfahren für die Fäden aus Viscoid oder Viskose, wie man mittlerweile sagte, und erhielt 1898 ein Patent dafür. Weitere Verbesserungen gestalteten das Verfahren wirtschaftlicher, und 1914 wurden in sieben Ländern der Erde rund 11 000 Tonnen dieser Viskosekunstseide erzeugt.

Der unbestreitbare Vorteil von Viskose lag darin, daß man zur Herstellung der Fäden Zellulose aus Fichten-

holz einsetzen konnte und nicht mehr die teuren Baumwollabfälle benötigte. Die Möglichkeit, Holzzellulose, Zellstoff, gewonnen aus den verholzten Pflanzenzellen, für die Herstellung künstlicher Fasern zu verwenden, hat die Entwicklung dieser neuen Industrie begünstigt.

Die Geschichte des Zellstoffs ist genauso interessant wie die der Chemiefasern. Trotzdem über Zellstoff nur soviel: Anfang des vorigen Jahrhunderts stieg der Bedarf an Papier stetig an. Man brauchte es zur Aufzeichnung von Informationen aller Art. Papier wurde damals aus Hadern hergestellt. Hadern, das sind alte, getragene Leinenstücke, Stoff, den niemand mehr braucht. Diese Hadern zerkleinerte man, wusch sie, behandelte sie mit Kalk, schwemmte sie in Wasser auf. Dann schöpfte man den Faserbrei mit dem Siebkasten aus der Bütte. Die Flüssigkeit tropfte ab, und es bildete sich das Blatt, das getrocknet wurde.

Man brauchte immer mehr Papier und versuchte, andere Stoffe aus der Natur zu dessen Herstellung einzusetzen. Den Webermeister Keller aus Hainichen in Sachsen kennen wir schon. Er ist der Erfinder des Holzschliffes, des mechanischen Aufschlusses des Holzes. Der Holzschliff war ein Stoff, den man zur Herstellung von Papier verwenden konnte. Er wurde dem Faserbrei aus Hadern in der Bütte bis zu gleichen Teilen zugefügt.

Es zeigte sich jedoch sehr bald, daß der Holzschliff noch Bestandteile enthielt, die entfernt werden mußten, wenn man gutes Papier erhalten wollte. So versuchte man etwa 25 Jahre nach der Erfindung des Holzschlif-

fes, in den USA, in Schweden und in Deutschland, das Holz chemisch aufzuschließen. Das Holz wurde gekocht – mit schwefliger Säure, mit Kalk, mit Natronlauge. Man gewann einen Faserbrei, der mit Chlor gebleicht werden konnte, man erhielt Zellstoff. Zellstoff für Papier zum Beispiel, das ebenso gut war wie jenes aus Hadern. Oder Zellstoff, der in der Spinnlösung die Baumwolle ersetzen konnte und aus dem Kunstseide hergestellt wurde. Von da an gehören Zellstoff und Chemiefaser zusammen.

Aber noch eine Zelluloseverbindung eignet sich zur Faserherstellung: das Zelluloseazetat. Es ergibt einen Textilrohstoff mit besserer Naßfestigkeit und Elastizität als Viskoseseide, und es läßt sich zu sehr feinen Fäden ausspinnen, Fäden mit ganz eigenartigem Glanz. Die Brüder Dreyfus trieben um die Jahrhundertwende in Frankreich, Großbritannien und auch in Deutschland die Entwicklung dieses Faserstoffs voran.

Zur Herstellung der Spinnlösung brauchte man das betäubend wirkende Chloroform. Deshalb konnte sich die Faser lange Zeit nicht durchsetzen; und noch eines kam hinzu, die Fäden ließen sich nicht färben. Die Faserfabrikation mußte zunächst einmal aufgegeben werden, bis es gelang, das Chloroform durch das billigere und nahezu ungefährliche Azeton zu ersetzen, bis es gelang, spezielle Farbstoffe und Färbeverfahren zu schaffen. Heute liefert das Zelluloseazetat elegante Stoffe und ist ein Partner der Synthesefasern. Doch bevor es soweit war, verwendete man das Zelluloseazetat zur Herstellung von Filmen, Folien, Lacken.

Die vernachlässigte Dimension

Etwa zur selben Zeit, zu der Kekulé sich mit den Strukturen der Kohlenstoffverbindungen beschäftigte, als Schönbein seine Experimente mit dem Klebeäther unternahm, als Audemars erstmalig versuchte, den Faden der Seidenraupe nachzuahmen, machte Thomas Graham in seinem Laboratorium in London eine bemerkenswerte Entdeckung.

Der Münzmeister Ihrer Majestät der Königin von England und vormals Professor für Chemie in Glasgow sowie an der Londoner Universität beschäftigte sich mit dem Verhalten von gelösten Substanzen. So ließ er zum Beispiel Salzlösungen durch Membranen hindurchtreten, diffundieren, und beobachtete die Konzentration einzelner Bestandteile im Gefäß vor und hinter der durchlässigen Trennwand. Doch nicht alle Substanzen passierten die Poren der Membran. Graham stellte Unterschiede fest, Unterschiede in der Wandergeschwindigkeit der Bestandteile, Unterschiede in der Zusammensetzung, und offensichtlich gab es auch Stoffe, die nicht durch die Poren einer Membran hindurchtreten konnten, obgleich sie in Lösungen vorzuliegen schienen. Gelatine zum Beispiel gehörte zu diesen Stoffen, Leim, Kasein oder auch gewisse Farbstoffe, Pflanzenschleime, Gummiarabikum, Kautschukmilch und verschiedene Schwefelverbindungen. Das Bemerkenswerte an all diesen Substanzen war, daß sie keine Kristalle zu bilden vermochten, wie beispielsweise die Salze. Graham nannte deshalb die Stoffe, welche er nicht durch die Diffusion, durch die Wanderung durch eine Membran hindurch, von anderen Stof-

fen trennen konnte, Kolloide, abgeleitet vom griechischen Wort *kolla* (Leim). Alle anderen Stoffe hingegen nannte er Kristalloide. Es waren dies hauptsächlich salzartige Substanzen. Sie bildeten Kristalle. Sie vermochten durch die Trennwand hindurchzuwandern. Man konnte so Kolloide und Kristalloide unterscheiden.

Mit dieser Entdeckung begann sich ein neuer Wissenszweig zu entwickeln. Die Methode, Kolloide durch Dialyse, das heißt auf Grund ihrer Wanderungsgeschwindigkeit durch Diffusion, von den „normalen“ Substanzen zu trennen, hat sich bis heute erhalten und wird in vielfältiger Weise technisch genutzt.

Bald entdeckten die Forscher, daß aber auch die Kolloide in Form kristalliner Teilchen erhalten werden und, umgekehrt, auch Kristalloide durchaus kolloide Formen annehmen können. Man sah darin einen ganz allgemeinen Zustand der Materie und sprach bei den Kolloiden von einer Welt der vernachlässigten Dimensionen, die man bisher kaum beachtet hatte, die man noch nicht kannte, die es zu erforschen galt.

Bei bestimmten Kolloiden geht die Quellung oft der Auflösung, der Zerteilung des Kolloids im Lösungsmittel, voraus. Der Schweizer Botaniker Nägeli glaubte daher, daß solche Stoffe wie die Gelatine, der Leim oder die Zellulose nach einem ganz besonderen Prinzip gebaut sind. Teilchen gewisser Ausdehnung und Größe sowie in manchen Fällen auch kristalliner Natur sollten – wie in einem Mauerwerk – durch kleine Zwischenräume getrennt, aber doch zeilenweise neben- und

übereinander angeordnet sein. In diese Zwischenräume könne das Lösungsmittel, Wasser oder andere Flüssigkeiten, eindringen und das gesamte Gefüge auseinandertreiben, es aufweiten und schließlich zerstreuen, bis – ja, bis die einzelnen Gefügeteilchen auseinanderfallen und sich im Quellungsmittel verteilen, sich lösen, die kolloide Lösung, das Sol, bilden. Die Gefügeteilchen nannte Nägeli Micellen, nach dem lateinischen Wort mica (Krumme).

Viele Experimente und Beobachtungen schienen diese Anschauungen von Nägeli zu bestätigen, und sie wurden immer wieder zur Erklärung des Aufbaues besonderer Kolloide herangezogen. Auch die Chemiker und Techniker, die sich intensiver mit den künstlichen Fasern beschäftigten, griffen diese Gedanken auf. Sie standen ja im Einklang mit ihrer Praxis und boten ihnen Möglichkeiten für ihre Entwicklungsarbeiten. Vermochte diese Micellartheorie von Nägeli doch die Brücke zu schlagen zwischen dem gesicherten Wissen über die anorganischen und organischen Verbindungen in der Chemie, zwischen dem Wissen über den Aufbau der Moleküle, über die Kräfte, die sie zusammenhalten, und der Vielfalt der Erscheinungen, in denen die Natur ihre Rohstoffe dem Chemiker, dem Techniker darbot. Und doch unterlag man mit der Micellartheorie einem Irrtum.

Die künstliche Seldenraupe

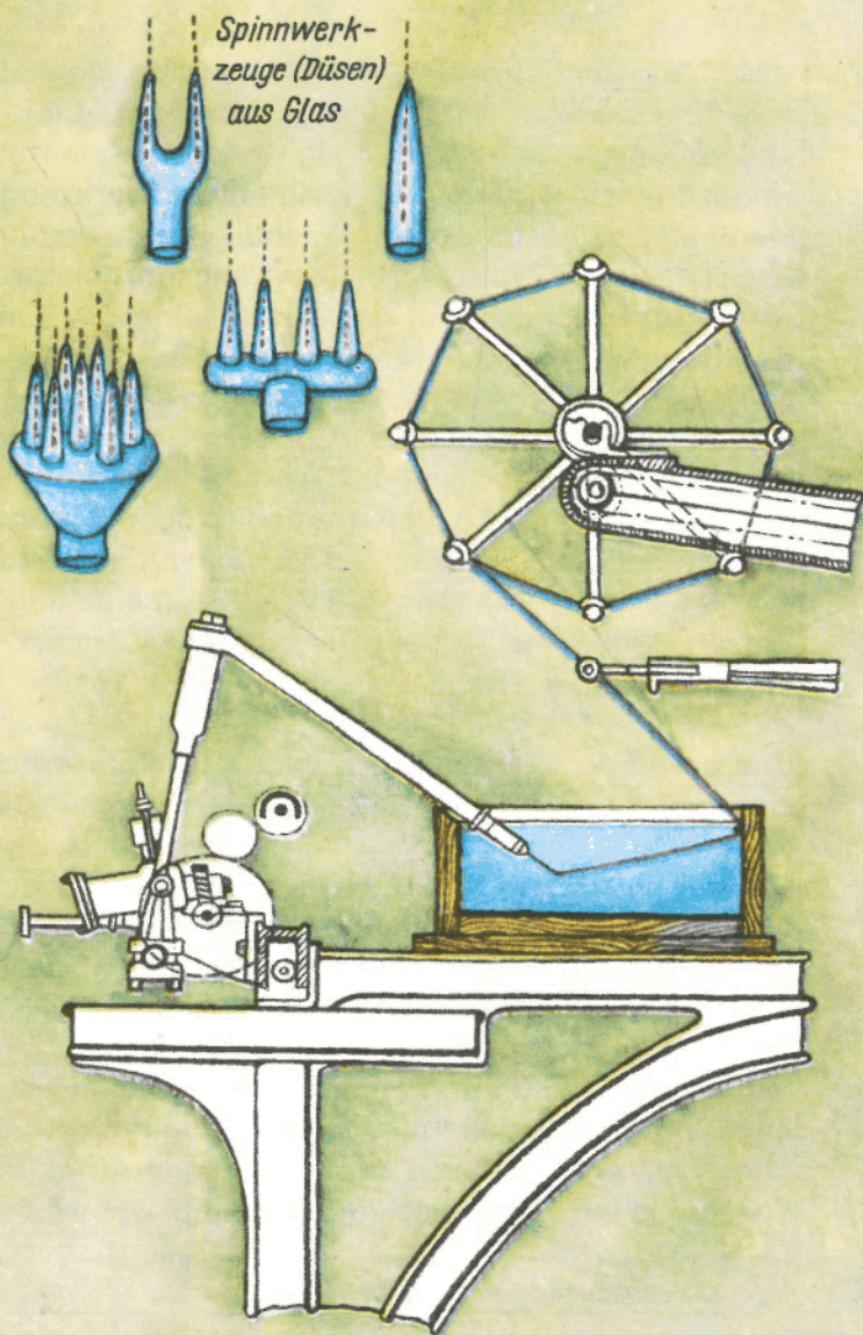
Der Werkstoff der ersten Spinndüse war das Glas. Wegen seiner Beständigkeit gegenüber Säuren und Laugen lieferte es ein geradezu ideales Material, seine

mühebereitende Bearbeitung und seine Zerbrechlichkeit beeinflußten dagegen in starkem Maße die Wirtschaftlichkeit der neu entstehenden Chemiefaserindustrie.

Der Zufall wollte es, daß im Jahre 1908 der Mechanikermeister Friedrich Eilfeld mit einem jungen Chemiker aus der neugegründeten Spinnfaserfabrik in Elsterberg ins Gespräch kam. Zwei Probleme waren es, die den Spinnfaserfachmann beschäftigten: die ungenügende Präzision der Glasdüsen, die Fäden unterschiedlicher Stärke lieferten und somit die Qualität dieses noch jungen Textilrohstoffs stark beeinflußten, und die hohe Bruchanfälligkeit der Spinnwerkzeuge aus Glas. Man kannte bisher ja nur gläserne Spinnrädchen und Spinnbrausen. Eilfeld und sein Mitarbeiter in Elsterberg grübelten, überlegten, zogen andere zu Rate. Es müßte doch möglich sein, Spinnwerkzeuge aus Metall zu fertigen, Düsen, Spinndüsen mit höherer Präzision, als sie jemals mit Glas erreicht werden konnte. Die Spinnwerkzeuge sind das Wichtigste der Chemiefaserproduktion. Es müßte doch gelingen, hier den entscheidenden Fortschritt zu erzwingen. Man müßte säurefeste Bleche mit Bohrungen versehen, durch die dann die Spinnlösung hindurchgepreßt werden kann. Man müßte ... aber wie?

Die Probleme des Chemikers ließen Friedrich Eilfeld nicht mehr los. Da kam ihm sein Hobby zu Hilfe. Nach seinen Lehr- und Wanderjahren hatte sich Eilfeld in Gröbzig, seiner Vaterstadt im Anhaltischen, niederge-

*Spinnwerk-
zeuge (Düsen)
aus Glas*

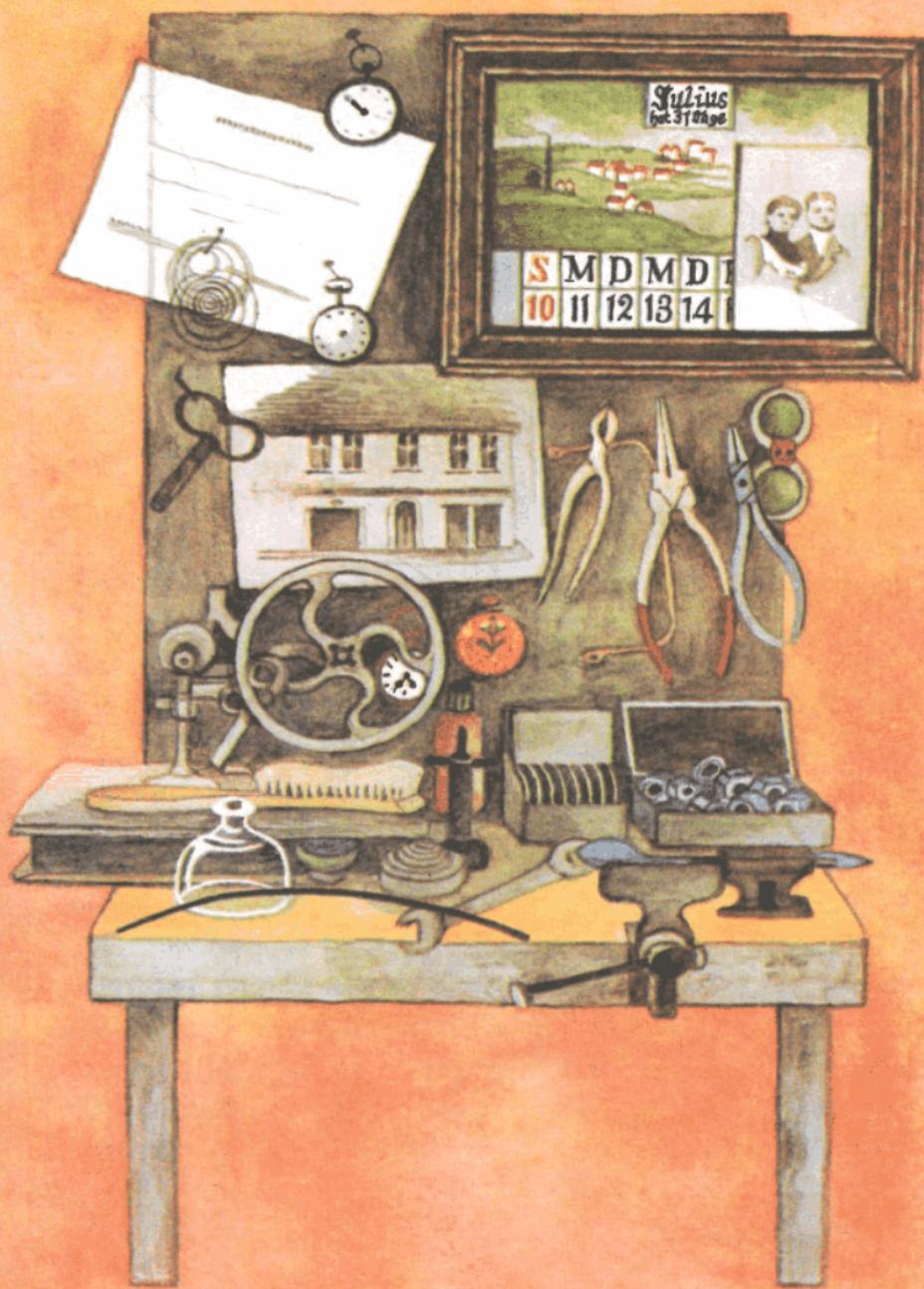


lassen. Dort betrieb er als Uhrmachermeister, als Mechaniker für Fahrräder, Nähmaschinen, Phonographen und andere mechanische Geräte ein Geschäft. Sein Hobby waren Feinstbohrungen. Mit einfachen Werkzeugen, die er sich selbst anfertigte, brachte er es zu erstaunlichen Leistungen, zum Beispiel die Längsdurchbohrung einer Silbermünze von der Größe eines Pfennigs. Konnte man nicht auch auf diese Weise Spindüsen herstellen? Man brauchte Bohrungen, so fein, daß man gerade noch ein Frauenhaar hindurchziehen konnte. Handfertigkeit, Geschicklichkeit, Materialkenntnis und eine auch für die Zukunft tragfähige Idee waren für Eifeld die Richtschnur seines Handelns. Und die Idee war: Materialverdrängung! Eifelds Versuch gelang auf Anhieb. 1909 erhielt er sein erstes Patent auf eine Düse zur Herstellung von Kunstseide. Damit konnte der Aufstieg der Chemiefaserstoffe endgültig beginnen. Und so ging Friedrich Eifeld vor: Mittels eines Präzisionswerkzeuges bohrte er nicht, sondern drückte er durch das Blech des Düsenbodens ein Loch, das in verschiedenen Arbeitsgängen durch Stechen verfeinert und geglättet wurde, bis am Ende ein Präzisionskanal für die Spinnlösung entstanden war. Loch für Loch entstand so in Düsenrohlingen aus Edelmetall, aus Tantal, aus Edelstahl.

Mit einem Gehilfen und einem Lehrling nahm Eifeld, nach Eintragung des Patents, vor 65 Jahren die Fertigung der ersten Düsen für die Spinnfaserfabrik in Elsterberg auf. Die Präzisionswerkzeuge waren vorher

Julius
Geb. 31. 8. 98

S	M	D	M	D
10	11	12	13	14



in fleißiger Handarbeit von ihm selbst hergestellt worden. Auch hier leistete er Hervorvorragendes. Die Stechvorrichtungen, mit denen 1908 die ersten Metalldüsen der Welt hergestellt wurden, bewährten sich für die Handfertigung von Präzisionsbohrungen in Düsen so gut, daß sie bis 1948 in Gebrauch waren.

Immer mehr Kunstfaserwerke gingen von den gläsernen Spinnbrausen ab und verwendeten die neuen, produktiveren Metalldüsen aus Gröbzig.

Durch Eifeld hatte Gröbzig Weltgeltung erlangt, der Krieg jedoch unterbrach jäh den Ausbau der Düsenfertigung. 1942 starb Friedrich Eifeld. In den folgenden Jahren kam die Chemiefaserindustrie fast zum Erliegen, Düsen wurden kaum noch benötigt.

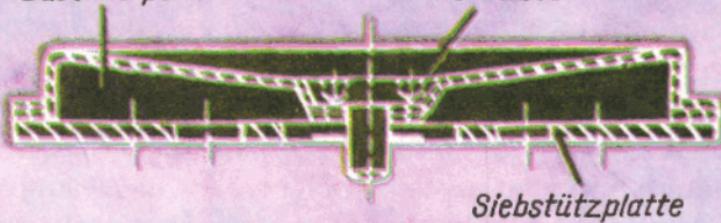
Wenn man bedenkt, daß heute ein Chemiefaserwerk mit einer Jahresproduktion von 50 000 Tonnen Faserstoff etwa 7000 Spinndüsen benötigt, wird deutlich, was Arbeiter und Wissenschaftler in Gröbzig leisten müssen. Die Entwicklung steht nicht still, neue Ideen reifen heran, werden in Versuchsanlagen technisch umgesetzt, werden produktionswirksam, geben den Chemiefasern ein neues Gesicht.

Aus alten Erfahrungen wachsen neue Erkenntnisse. Wer heute nach Gröbzig kommt, betritt einen blitzsaueren Betrieb, in dem viele fleißige Frauen die Spinndüsen fertigen, welche in den Chemiefaserwerken der Welt benötigt werden. Er findet Forscherkollektive vor, die um eine stetige Verbesserung der Düsenqualität bemüht sind, die Neues durchdenken, die mit den

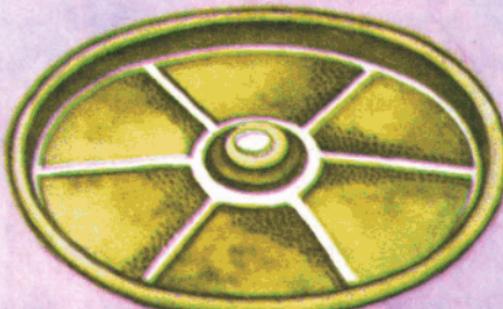
Moderne Spinndüsen

Düsenkörper

Schraube



Siebstützplatte



Düsenöffnungen



rund

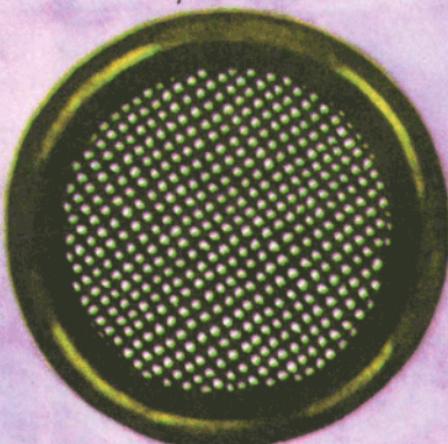


Dreizack



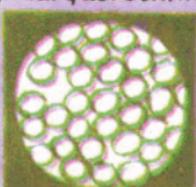
Hohlprofil

Spinndüse



Spinndüse

Kapillarquerschnitt



Spezialisten der Chemiefaserindustrie zusammenarbeiten. Er trifft Technologen und Neuerer, die die Herstellung der Düsen rationalisieren, automatisieren, neue Werkzeugmaschinen ersinnen und bauen und neue Verfahren der Materialbearbeitung erproben. Denn auch heute ist es hier noch so wie vor 70 Jahren: Keine Werkzeugmaschinenfabrik der Welt stellt Maschinen für die Spinndüsenfertigung her, also muß der Betrieb seine Fertigungsanlagen selbst konstruieren und bauen. Die Düsenfertigung aber bedeutet den Fortschritt, der dazu beitrug, daß es heute so viele Chemiefaserstoffe mit so unterschiedlichen Eigenschaften gibt. Denn wie gesagt, ohne Spinndüsen gibt es keine Chemiefaser, die Spinnmasse muß durch ihre Bohrung hindurchgepreßt werden, sie bildet den Faden. In Gröbzig findet man die künstliche Seidenraupe.

Siegeszug der Zellwolle

Wir haben nun schon einige Etappen auf dem Entwicklungs weg der Chemiefaserstoffe zurückgelegt. Wir haben ihre Anfänge kennengelernt, wir haben von den Männern gesprochen, die die Wegbereiter der künstlichen Seide waren, wir wissen einiges von den chemischen Zusammenhängen, die der Produktion der neuen Faserstoffe die Grundlage gaben, wir ahnen bereits, welche Position einmal die Chemiefasern im Textilbetrieb einnehmen werden.

Die Kunstseide aus Viskose hatte sich durchgesetzt,

Viele Seidenstoffe kamen in früherer Zeit aus China



chinesischer Zugstuhl

Stoff eines seidenen Staatsgewandes



Farben
der ersten
Seiden-
stoffe



und 1913 erzeugte man davon bereits 11 000 Tonnen im Jahr. Dann unterbrach der erste Weltkrieg den Ausbau des neuen Industriezweiges. Es wurde wieder Schießbaumwolle hergestellt, und den Rohstoffbedarf für die Textilindustrie versuchte man auf fast abenteuerliche Weise zu lösen, zum Beispiel durch Sammeln von Brennesseln, die, ähnlich dem Leinen, Faserstengel besitzen, aus denen man Garn herstellen konnte. Auch produzierte man Papiergarn.

Später erst, als man den zweifelhaften Wert dieses Ersatzes erkannte, wurden die neuen Unternehmungen der Kunstseidenindustrie wieder gefördert. Aber man brauchte keine Kunstseide, die Kriegswirtschaft benötigte vielmehr Stapelfasern. Stapel nennt man die Länge der Naturfasern bei Baumwolle oder Wolle. Doch zerschnittene Kunstseide, auf Stapel gebrachte Viskoseseide, erwies sich als wenig brauchbar. Die Produktion wurde deshalb nach dem Krieg wieder eingestellt. Die Kunstspinnfaser mußte wenigstens ebenso gut zu verarbeiten sein wie Wolle oder Baumwolle. Es galt, ihr die Vorzüge der Naturfasern zu verleihen, deren Charakter als Faserstoff, deren Eigenschaften im Gebrauch zu erreichen. — Erst viel später konnte diese Aufgabe wirklich gelöst werden, und für Wolle ist dies wohl bis heute noch nicht ganz gelungen.

In den Fabriken, die vorher Schießbaumwolle erzeugten, ging man daran, die neue Spinnfaser zu entwickeln, den Faserstoff, der Baumwolle und Wolle ersetzen sollte. In Köln-Rottweil zum Beispiel begann man, an dieser Aufgabe zu arbeiten, und in Premnitz, dem kleinen märkischen Dorf, das heute weitläufige Werkanla-

gen beherbergt, wo viele tausend Chemiewerker Faserstoffe produzieren. Premnitz, das mit den Faserbetrieben zur Chemiearbeiterstadt gewachsen ist, zu einer der wichtigsten Erzeugnisstätten für Chemiefaserstoffe.

In Premnitz wurde die erste Zellwolle der Welt produziert, damals, 1922. Es war notwendig, daß sich zum Chemiker, der die Faser aus Zellstoff zu entwickeln hatte, der Textiltechniker gesellte, der angeben konnte, welche Eigenschaften die neue Spinnfaser besitzen mußte. Nur aus der Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Technikern war der Erfolg zu erhoffen. Der Baumwolle mußte man nacheifern, wenn man den neuen Spinnstoff schaffen wollte. Baumwolle war wegen ihrer Eigenschaften stark gefragt. Gewebe aus Baumwolle sind weicher und geschmeidiger als Gewebe aus Leinen, weil die Einzelfasern der Baumwolle sehr fein sind, feiner als die von Flachs.

Zellwolle ist den Faserstoffen der Natur angepaßt. Trotzdem, man war kaum bereit, sie gleich Wolle oder Baumwolle zu verarbeiten. Der Makel des Ersatzes haftete der neuen Spinnfaser an: minderwertig wie jene Rohstoffe, die im Krieg verarbeitet werden mußten. Die Zellwolle hatte es schwer, sich durchzusetzen und die Geltung zu erlangen, die sie heute besitzt. Man ließ damals außer acht, daß der neue Spinnstoff nicht Wolle oder Baumwolle ersetzen sollte, kein Austauschprodukt war, sondern ein arteigener textiler Rohstoff, eine eigenständige Schöpfung des Menschen. Der Name Zellwolle kam erst später auf, als die Produktion schon aufgenommen worden war, als man bereits begann, die

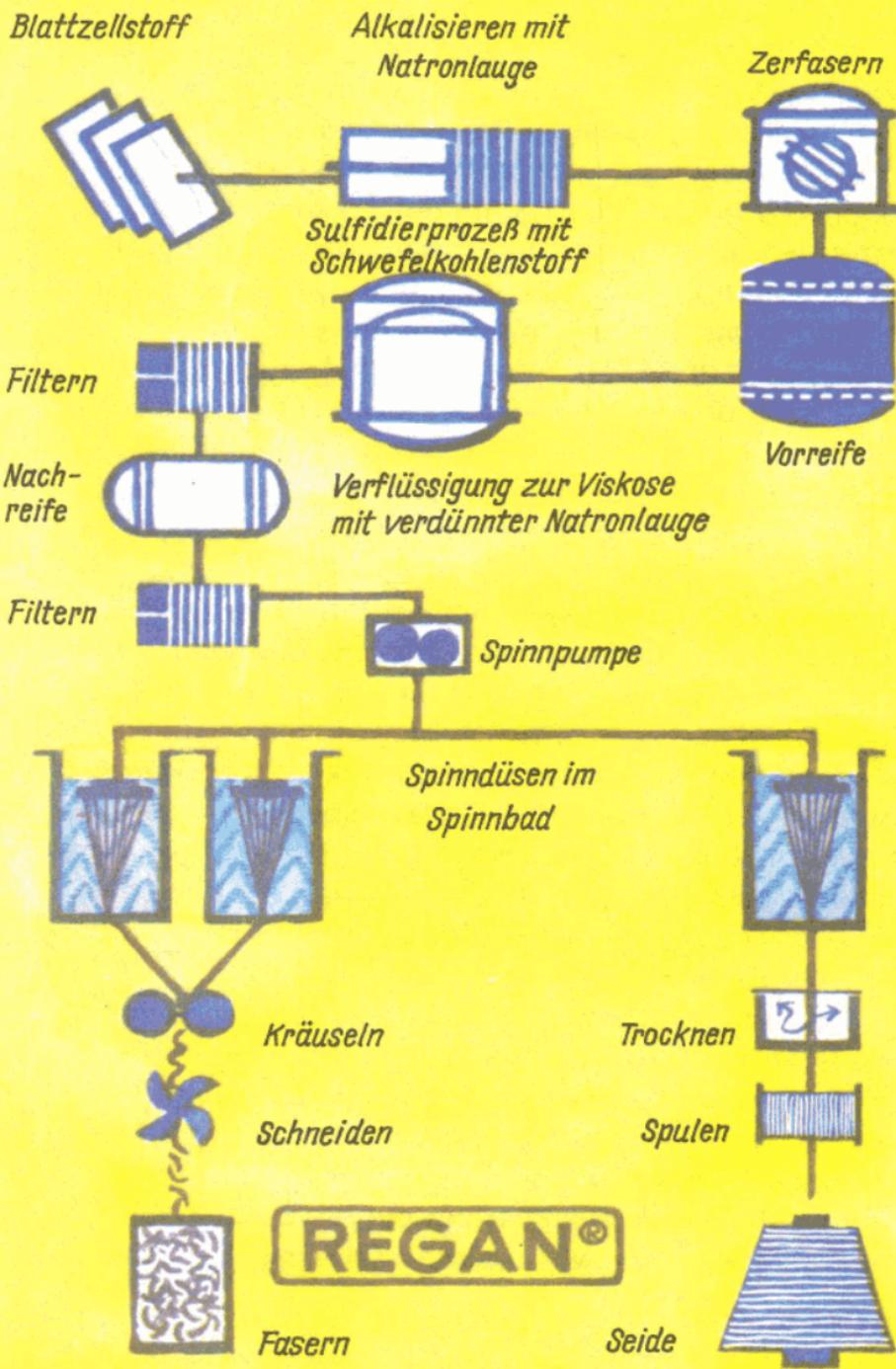
Skepsis gegenüber dem neuen textilen Rohstoff zu überwinden.

Es ist ein langer Weg von der Zellulose des Holzes bis zur Zellwolle. Holz besteht nur etwa zur Hälfte aus Zellulose, der Rest sind Lignin, Harz, Mineralbestandteile. Davon muß die Zellulose befreit werden, um zur Zellwolle zu werden. Dies geschieht durch das Kochen der Hackschnitzel des Holzes mit Kalkmilch und schwefeliger Säure oder mit Natronlauge und Natriumsulfid. Man erhält einen Faserbrei, den man wäscht, mit Chlor behandelt, bleicht und trocknet. So entsteht aus dem Holz Zellstoff für Papier oder zur Herstellung von Zellwolle und Viskoseseide.

Im Viskosebetrieb versetzt man den Zellstoff mit Natronlauge. Es entsteht Alkalizellulose, diese wird vorgereift und mit Schwefelkohlenstoff umgesetzt. Heute geschieht dies in großen Knet- und Lösemaschinen, denn die Verbindung der Alkalizellulose mit Schwefelkohlenstoff, das Xanthogenat muß zur Herstellung der Spinnmasse in verdünnter Natronlauge gelöst und auf einen Zellulosegehalt von 7 bis 8 Prozent gebracht werden. Diese Lösung nennt man Viskose.

Und so bildet sich der Faden: Die Natronlauge der Viskose wird im Spinnbad mit Schwefelsäure neutralisiert. Salze im Spinnbad koagulieren das Zellulose-xanthogenat, fällen es aus, lassen es gelieren. Schließlich zersetzt die Säure das Xanthogenat, und die Zellulose wird zurückerhalten, in Fadenform, gebildet durch die feinsten Bohrungen der Spinndüsen.

Schema der Herstellung von Zellulosefaserstoffen



In der Spinnerei kann der Chemiker die Eigenschaften seines künftigen Produktes bestimmen, kann die Einsatzgebiete festlegen: Viskoseseide oder Zellwolle oder Zellglas; Folie aus Zellulose. Er kann den textilen Charakter beeinflussen, kann den Faserstoff nach Maß erzeugen. Man nimmt den frisch gesponnenen Zellulosefaden in Zentrifugen auf, läßt ihn schrumpfen und erhält Kunstseide für feine Web- und Wirkwaren; oder man windet den Faden zum gleichen Zweck auf Spulen; oder man drückt die Viskose durch Düsen mit sechzigtausend und mehr Löchern ins Spinnbad, zerschneidet das entstehende dicke Fadenkabel, wäscht, trocknet und preßt die Stapelfaser zu großen Ballen. Zellwolle verwendet man zur Herstellung von Garnen des Baumwolltyps und des Wolltyps, zur Erzeugung von Kleider- und Blusenstoffen, von Anzugstoffen, von Teppichen, Möbelstoffen und Säcken. Doch lange Zeit hafteten den Viskosefaserstoffen auch Nachteile an. Mangelhafte Formstabilität der Strick- und Wirkwaren, geringe Naßfestigkeit und Kräuselbeständigkeit der Fasern, erhöhte Knitterneigung der Stoffe gaben zum Beispiel immer wieder Anlaß zur Kritik an diesem Faserstoff. Die Eigenschaften der natürlichen Zellulosefaser, der Baumwolle, waren noch nicht erreicht.

In den Jahren 1950 bis 1960 gelang eine entscheidende Weiterentwicklung. Die Aufteilung der Fadenformung im Spinnbad in getrennte Vorgänge – Bildung eines Gelfadens im Fällbad, Zersetzung des Gels zu Zellulosefäden in einem zweiten Spinnbad – führte zu einer sehr hohen Reckbarkeit der sich bildenden Fäden. Unterstützt wird diese Arbeitsweise, indem

bestimmte Substanzen, sogenannte Modifikatoren, der Viskose oder dem Fällbad zugesetzt werden. Als Ergebnis erhält man Zelluloseregeneratfäden mit drei- bis viermal größerer Festigkeit, Fäden, die sich sehr gut zur Herstellung der Gewebeeinlagen von Autoreifen und Transportbändern eignen (Superkordfäden). Schließlich gelang es auch, naßfeste Faserstoffe mit nahezu allen Eigenschaften der Baumwolle herzustellen. Das Ziel, dem Naturfaserstoff nahezukommen, war erreicht.

Riesenmoleküle

Viele Erzeugnisse der chemischen Industrie beginnen mit der Vorsilbe Poly. Poly bezeichnet die Vereinigung kleiner Moleküle zu Großmolekülen, zu Makromolekülen. Makro bedeutet groß, lang. Der chemische Vorgang des Aufbaues eines Großmoleküls wird Polymerisation genannt. So besteht Polycaprolactam aus vielen Molekülen Caprolactam. Sie bilden ein Polyamid, aus dem wir unsere DEDERON-Fäden herstellen. Polystyrol setzt sich aus vielen Styrolmolekülen zusammen. Es liefert uns einen vielseitigen Chemiewerkstoff. Im Polybutadien sind viele Moleküle Butadien vereinigt. Polybutadien ist einer der Rohstoffe unserer Kraftfahrzeuge.

Mit dem Vorgang der Polymerisation, dem Aufbau der Großmoleküle, ändern sich auch die Eigenschaften der kleinen Moleküle, die sich zum Großmolekül vereinigen. So stellt Caprolactam eine kristalline Substanz, das Polycaprolactam dagegen eine harte, durchscheinende oder weißlichtrübe Masse dar. Styrol ist

eine Flüssigkeit, Polystyrol ein klarer, durchscheinender Plast. Butadien schließlich ist gasförmig und polymerisiert zu einer elastischen gummiähnlichen Masse.

Die Zellulose, das Papier, die Baumwolle, der Zellstoff, der regenerierte Viskosefaserstoff sind allesamt polymerer Traubenzucker.

Vor 50 Jahren, als die Herstellung der Chemiefaserstoffe technische Reife gewann, wußte man das noch nicht. Wohl hatte man schon vorher Polymerisationsreaktionen beobachtet, und mit Fleisch, Getreide, Wolle, Baumwolle, Holz oder Bernstein bediente sich der Mensch seit Jahrtausenden der Polymere als Nahrung, Kleidung, Werkstoff oder Schmuck. Doch die Erfolge der organischen Chemie seit den theoretischen Überlegungen Kekulés, die großen Leistungen der physikalischen Chemie in der zweiten Hälfte des vergangenen und zu Beginn dieses Jahrhunderts lenkten die Gedanken der Chemiker in andere Bahnen. So wurde die Bildung des Polystyrols aus Styrol, die bereits 1839 beobachtet worden war, und die Rückgewinnung von Styrol aus Polystyrol durch Erhitzen als Beweis der Micellartheorie angesehen.

Fortschritt entsteht durch Zweifel am Althergebrachten, durch den Mut, Denkgewohnheiten aufzugeben und neue Wege für die Wissenschaft zu suchen, durch die Zähigkeit, originelle Ideen zu verwirklichen. Das Wissen um die Makromoleküle, um die Polymerisationsvorgänge, um den Aufbau der Riesenmoleküle verdanken wir Hermann Staudinger. Er ging neue Wege in der Deutung chemischer Vorgänge, entwickelte

Ideen, die sich in der Folgezeit als äußerst tragfähig für die organische Chemie und Technologie erwiesen.

Im Jahre 1920 schrieb Staudinger eine wissenschaftliche Abhandlung über die Makromoleküle, in der er alle experimentellen Belege zusammenfaßte, die er für die Existenz der Riesenmoleküle beibringen konnte.

Seine Ausführungen wurden bezweifelt, denn alles, was Staudinger als Beweis für die Makromoleküle vorbringen konnte, ließ sich auch mit den Ergebnissen der sich rasch ausweitenden Kolloidchemie, mit der Micellartheorie oder mit den Beobachtungen an kleinen Molekülen erklären. Selbst die Röntgenstrukturen, die man damals gerade entdeckt hatte, waren bei den Kristalloiden und bei den Makromolekülen gleich zu deuten. Wozu dann Riesenmoleküle? „Reinigen Sie die Substanzen, dann werden sie sich als niedermolekulare erweisen“, auch die Zellulose, auch der Kautschuk, sagte man ihm.

Aber Staudinger war beharrlich. Zusammen mit seinen Mitarbeitern suchte er weitere Beweise für die Existenz der Makromoleküle zu erbringen, mit denen ja neue Dimensionen in der organischen Chemie erschlossen wurden. Es mußten von ihm deshalb auch Arbeitsmethoden geschaffen werden, die dieses neue Gebiet der organischen Chemie verstehen halfen. Staudinger mußte überzeugen mit dem untrüglichen, jederzeit nachprüfbaren Experiment, mit dem eindeutigen Meßwert, mit der zwingenden Logik einer neuen Theorie, mit der verständlichen Deutung der Eigenschaften der Produkte, dem Faserbildungsvermögen zum Beispiel, der Elastizität, der Festigkeit, der Quellung. So konnte

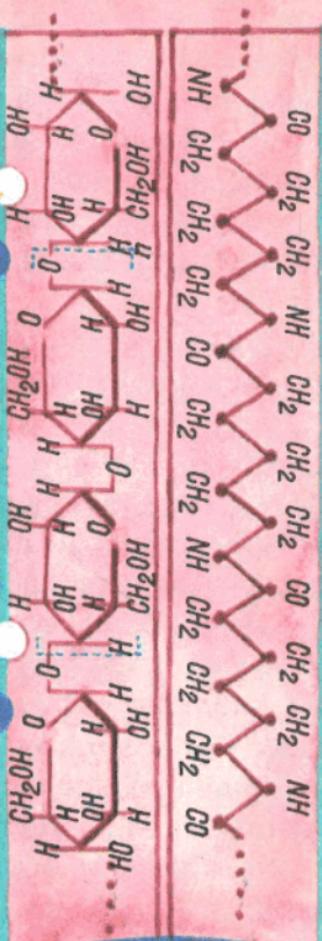
Staudinger die Kenntnisse über den Kautschuk oder über die für die Faserherstellung so wichtige Zellulose wesentlich erweitern.

In der Baumwolle sind siebentausend bis achttausend, in der Zellulose der verholzten Pflanzen sechstausend bis siebentausend Moleküle Traubenzucker oder, wie man auch sagt, Glukoseeinheiten zum Makromolekül verbunden. Ferner fand Staudinger, daß die Zellulose aus keinem einheitlich großen Molekül zu bestehen braucht. Es haben Substanzen in einem weiten Bereich von zweihundert bis zu mehreren tausend Glukoseeinheiten alle die Eigenschaften der Zellulose. Die Zellwolle, die Viskoseseide bestehen aus etwa vierhundert bis fünfhundert Glukoseeinheiten, die hochfesten Viskosefaserstoffe, die Superkordseide zum Beispiel, oder die Zellwolle mit den Eigenschaften der Baumwolle, aus sechshundert bis achthundert Glukoseeinheiten. Viele makromolekulare Stoffe sind polymerhomolog. So, wie die Menschen verschieden groß sein können, ohne ihre Eigenschaften als Persönlichkeiten zu verlieren, so verlieren Makromoleküle verschiedener Größe nichts von den charakteristischen Eigenschaften der entsprechenden polymeren Substanz. Und noch etwas fand Staudinger: Für die Faserbildung sind zwei Voraussetzungen notwendig; einmal müssen die Makromoleküle lange Ketten bilden, und zum anderen müssen die Kettenmoleküle die Fähigkeit besitzen, sich zu Bündeln aneinanderlagern zu können. Zwischen den

Hermann Staudinger und die Makromoleküle von Zellulose und Polyamid-6

Molekül
des Polyamid-6

Cellulosemolekül



Hermann Staudinger

einzelnen Kettenmolekülen und auch zwischen den Bündeln müssen gewisse Kräfte wirksam werden, die eine genügende Festigkeit gewährleisten. Mit diesen Erkenntnissen war die Möglichkeit sehr nahegerückt, künstliche Fasern zu schaffen, die zu ihrer Herstellung keinerlei natürlichen Ausgangsproduktes mehr bedurften, wie dies bei den Viskosefasern in Gestalt der Zellulose des Holzes der Fall ist.

Wie kann der Chemiker Riesenmoleküle aufbauen, synthetisieren? Wie läuft die Polymerisationsreaktion ab?

Schon in seiner ersten Abhandlung über die Polymerisation im Jahre 1920 hatte Staudinger dargelegt, daß sich der Aufbau der Riesenmoleküle durch die Wirkung der Hauptbindungskräfte herleiten läßt, so, wie sie von der Strukturtheorie Kekulés gefordert wird. Später fand man hierzu einige Gesetzmäßigkeiten. In der Regel können sich kleine Moleküle mit zwei bis vier Kohlenstoffatomen in der Kettenstruktur nach Kekulé zu langkettigen Makromolekülen vereinigen, das heißt zu Makromolekülen ohne störende Verzweigungen. Besitzen die kleinen Moleküle fünf oder sechs Kohlenstoffatome, so werden vorzugsweise Ringe gebildet, bei acht oder mehr Kohlenstoffatomen in der Kette entstehen wieder lange, kettenförmige Makromoleküle. Die kleinen Moleküle müssen in ihrer Atomanordnung stets so beschaffen sein, daß an den Enden eine Verbindung von Molekül zu Molekül möglich ist. Solche Atom-anordnungen, die eine Verbindung von Molekül zu Molekül herzustellen vermögen, heißen funktionelle Gruppen.

Auch bei anorganischen Stoffen ist eine Bindung zu Riesenmolekülen möglich. Salze des Siliziums, Bors, Stickstoffs oder Phosphors können zum Beispiel Kettenmoleküle aufbauen, die ähnliche Größen erreichen, wie wir sie von der organischen Chemie her kennen. Das von Staudinger geschaffene und von seinen Kollegen zunächst angezweifelte Modell besitzt also Allgemeingültigkeit.

Bleiben wir bei dem Bild der Kette und stellen wir uns eine Schmuckkette, ein Halskettchen oder Armkettchen etwa, oder auch eine Uhrkette vor. Sie tragen an dem einen Ende eine Öse, am anderen einen Haken. Öse und Haken passen zusammen. Aus vielen gleichartigen Ketten kann man eine sehr lange, eine riesige Kette herstellen. Man braucht nur jeweils die Öse der einen mit dem Haken einer anderen Kette zu verankern. Im Bild entsteht das Riesenmolekül, das Makromolekül. Und so, wie die Öse der Halskette nicht zum Haken der Uhrkette paßt, können in der Regel auch nur solche Moleküle Makromoleküle aufbauen, deren funktionelle Gruppen zueinander passen, die sich verhaken können.

Aber es ist auch denkbar, daß es Ketten gibt, die nur Ösen tragen. Für die Herstellung einer Riesenkette braucht man dann eben noch andere Ketten, die an ihren Enden nur Haken besitzen; Ketten mit Ösen werden durch Ketten mit Haken verbunden. Auch so entstehen Makromoleküle. Schließlich ist es denkbar, daß die Verschlüsse der Kettchen noch einen besonderen Schutz haben, eine Umhüllung, die vor Gebrauch entfernt werden muß und fortgeworfen werden kann.

Übertragen wir diese Vorstellung auf die Bildung von Makromolekülen, so sind zum Wachstum der Kettenmoleküle auch Reaktionen denkbar, bei denen Nebenprodukte entfernt werden. Derartige Reaktionen bezeichnet man als Polykondensationen. Die Nebenprodukte, die dabei entstehen – einfache Verbindungen wie Wasser oder Alkohol –, können durch Erwärmung leicht entfernt werden, ja, sie müssen entfernt werden, damit die Polymerreaktion ablaufen kann. Sie entsprechen der Umhüllung, die wir entfernen und fortwerfen, damit wir Öse und Haken zum Knüpfen der Riesenkette benutzen können.

Die durch Polymerisationsreaktionen entstandenen Makromoleküle aber sind die Chemiefasern, die Plaste, Werkstoffe für viele Bereiche unserer Volkswirtschaft. Hermann Staudinger, vielfacher Ehrendoktor berühmter Universitäten und Nobelpreisträger, hat sie uns erschlossen.

Ein folgenschwerer Irrtum

Die neuen Vorstellungen von den Makromolekülen wurden verhältnismäßig schnell von den Chemikern zur Lösung von Produktionsproblemen eingesetzt. Jedoch dachte man noch nicht daran, die Ideen Hermann Staudingers in einer zielgerichteten Zweckforschung zu nutzen. Das war auch so, als 1927 ein amerikanischer Chemiekonzern den 32jährigen Chemiker Wallace Hume Carothers einstellte und ihn beauftragte, ein Forschungsprogramm zu den Grundlagen der organischen Chemie aufzubauen.

Carothers beschäftigte sich besonders mit Stoffen

hohen Molekulargewichts, wie Eiweißsubstanzen, Harzen und Kautschuk. Er wollte die Reaktionsmechanismen, denen solche Substanzen unterliegen, herausfinden. Dabei stieß er auf das damals noch recht unbekannte Gebiet der Polymerisation und Polykondensation, und ab etwa 1929 versuchte er, immer systematischer in diesen noch unbekannten Teil organisch-chemischer Reaktionen vorzudringen. Er wollte Regeln und Gesetzmäßigkeiten finden und hatte nicht die Absicht, wirtschaftlich verwertbare Produkte oder gar Faserstoffe zu entwickeln. Er wollte nur wissen, warum bestimmte Substanzen zu Makromolekülen polymerisieren können und andere eher zur Ringbildung neigen oder, anders ausgedrückt, warum bei manchen chemischen Verbindungen das eine Ende des Moleküls mit dem anderen reagiert, Haken und Öse eines Kettchens sich zusammenfügen, ohne mit anderen Kettchen die Riesenkette aufzubauen.

Bei diesen Untersuchungen fand Carothers mit seinem Mitarbeiter Hill 1932 schließlich eine Substanz, einen Superpolyester, wie er sie nannte, die aus Makromolekülen bestand und aus deren Schmelze man mit dem Glasstab Fäden ziehen konnte. Diese Fäden wiesen eine bisher unbekannte Eigenschaft auf: Sie ließen sich mühelos auf das Drei- bis Vierfache ihrer Länge auseinanderziehen, und sonderbarerweise nahmen die Fäden bei diesem kalten Recken an Festigkeit noch zu. Leider war der Schmelzpunkt dieses Superpolyesters für textile Zwecke zu niedrig. Doch der Weg zur synthetischen Faser war gewiesen. Ein fieberhaftes Suchen nach geeigneteren, nach besseren Verbindungen begann.

Nicht alle Polymere sind auch gute Faserstoffe. Zwei Bedingungen haben wir schon kennengelernt, die Makromoleküle erfüllen müssen, um Faserstoffe zu bilden. Staudinger hatte dies schon herausgefunden. Aber nicht alle Produkte der Polymerforschung, die diese Bedingungen erfüllen, lassen sich auch wirtschaftlich herstellen oder anwenden. Die künstlichen Fäden müssen außerdem den Ansprüchen genügen, die von den Verbrauchern an Textilien gestellt werden. Die Festigkeit und die Dehnung sollen mindestens ebenso sein, wie sie es von Wolle oder Baumwolle her kennen. Die Artikel sollen ihre Form behalten, weder schrumpfen oder einlaufen noch sich längen oder weiten. Die künstlichen Fasern müssen sich ohne Schwierigkeiten färben lassen, sie müssen wasch- und bügelbar sein. Sie dürfen nicht fusseln oder flusen und sich nicht gleich durchscheuern. Sie sollen sich angenehm anfühlen und tragen lassen. Was für vielfältige Ansprüche, die wir an unsere Kleidung, an die Textilien für unsere Wohnräume und für die Technik stellen!

Die Mitglieder der Baubrigade, die Hochhäuser montieren, können am Schichtende feststellen, ob sie gut oder schlecht gearbeitet haben. Der Traktorist, der ein Feld pflügt, übersieht das Stück Land, das er bearbeitet hat. Der Wissenschaftler aber kann das Ergebnis seiner Mühen meist nicht sofort überschauen, und oft stellt sich erst nach jahrelanger, an Rückschlägen reicher Tätigkeit der Erfolg ein. Dann erst erkennt der Wissenschaftler das Ergebnis seines Wirkens, überblickter sein Werk.

Nach den ersten Erkenntnissen, daß sich bestimmte

Ester polymerisieren lassen und das Polymerisat Fäden zu bilden vermag, dauerte es noch 3 Jahre, bis Carothers und seine Kollegen festgestellt hatten, daß in dem Salz der Adipinsäure mit dem Hexamethylendiamin ein Ausgangsmaterial vorliegt, welches sich hervorragend zur Faserherstellung eignet. Das war am 28. Februar 1935. Weitere 3 Jahre vergingen, bis man auf einer Versuchsanlage größere Mengen dieses Faserstoffs erzeugte und mit der Planung einer Fabrikanlage begann.

Hexamethylendiamin, Adipinsäure – was sind das für Substanzen? Wir wollen uns nicht von den Namen erschrecken lassen! Adipinsäure ist eine Verbindung mit funktionellen Gruppen. Sie trägt deren zwei. Das Bild unseres Kettchens fällt uns wieder ein, doch ist es ein Kettchen mit zwei Ösen – den zwei Säuregruppen. Hexamethylendiamin trägt ebenfalls zwei funktionelle Gruppen, die Aminogruppen – das Kettchen mit zwei Haken. Sprengt man durch Erhitzen des Salzes beider Verbindungen – nach ihren Anfangsbuchstaben kurz AH-Salz genannt – eine Haken-Öse-Kombination, werden am Ende weitere Haken und Ösen frei. Das Zusammenschließen zur Riesenkette beginnt, das Makromolekül baut sich in einer Polykondensationsreaktion auf, das Polymere entsteht. Es ist ein Polyamid.

Eine Fülle systematischer Grundlagenforschungen mußten die Wissenschaftler leisten, bis ein Ergebnis vorlag, das überragende technische Bedeutung erlangen sollte. Trotz aller Systematik, oder vielleicht gerade wegen dieser umfassenden Bearbeitung der Polymerisations- und Polykondensationsreaktionen, unterlag

Carothers einem Irrtum. Bei seinen Untersuchungen über die Polymerisation der ϵ -Aminocapronsäure vermerkt er ausdrücklich: „Es ist erwiesen, daß Caprolactam unter den Bildungsbedingungen der Polyamide nicht polymerisiert.“

ϵ -Aminocapronsäure ist auch solch eine Verbindung mit funktionellen Gruppen am Ende der Molekülkette. Normalerweise bildet sie einen Ring, in dem Haken und Öse miteinander verbunden sind. Diese Verbindung nennt man Lactam. Löst man jedoch durch Erhitzen über den Schmelzpunkt des Lactams in Gegenwart von Wasser diese Haken-Öse-Bindung, dann sind die funktionellen Gruppen der ϵ -Aminocapronsäure reaktionsfähig zum Aufbau des Riesenmoleküls. Dies hatte Carothers nicht bemerkt, ja diese Reaktion sogar bezweifelt. Wir erkennen, daß hier der Grundbaustein, das Monomere, anders zusammengesetzt ist als beim AH-Salz. Bei diesem sind in der Adipinsäure und im Hexamethylenediamin zwei Ketten, jeweils die eine mit zwei Haken an jedem Ende, die andere mit zwei Ösen. ϵ -Aminocapronsäure ist eine Kette, die den Haken an dem einen, die Öse an dem anderen Ende trägt. Beide – AH-Salz und Caprolactam – bilden Polyamide, und zwischen den funktionellen Gruppen, die miteinander reagieren und das Makromolekül aufbauen, befinden sich jeweils sechs Kohlenstoffatome. Deshalb heißt das Polyamid, das Carothers gefunden hat, auch Polyamid 66. Es ist unter dem Namen Nylon bekannt ge-

VK-Rohr und Aufspulaggregat einer modernen Schmelzspinnfaseranlage

Caprolactam-
Lösung

Heiß-
wasser

200 °C

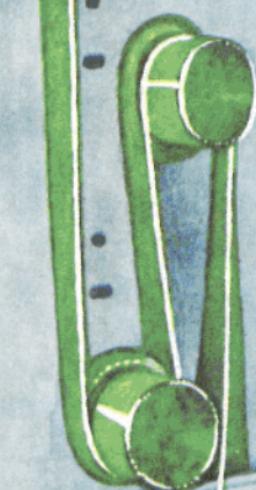
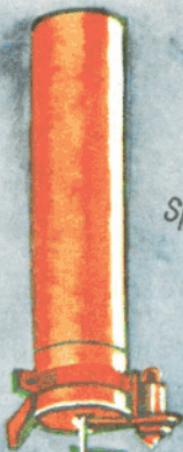
Diphenyl-
Heizbad

Diphenyl-
Heizbad



Spinnschacht

260 °C



Abzugs-
einrichtung



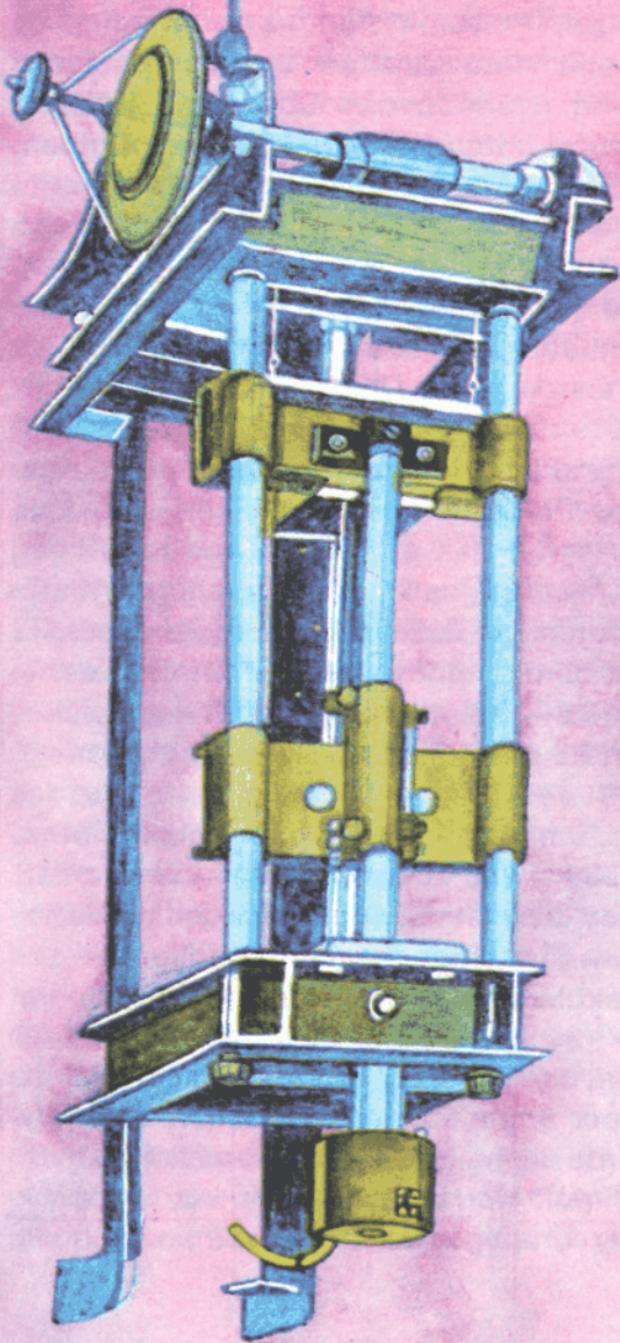
Wasserkühlung

Aufspul-
einrichtung

worden. Das Polyamid aus Caprolactam nennt man Polyamid 6.

Polyamid 6 wurde von dem deutschen Chemiker Paul Schlack gefunden. Die Suche nach Synthesefasern lag „in der Luft“, seitdem überall in der Welt die Chemiker begannen, sich den Ideen von Hermann Staudinger zuzuwenden. Bei einem Badeausflug hatte Paul Schlack die ersten Veröffentlichungen und Patente gelesen, die Carothers publiziert hatte. Offenbar sind Schlack die Bemerkungen über das Caprolactam entgangen, denn er entschloß sich, seine eigenen Arbeiten auf dem Gebiet der Polyamide wieder verstärkt durchzuführen und sich dabei den Aminocapronsäuren und dem Caprolactam zuzuwenden. Gerade jener Substanz, die Carothers als ungeeignet befunden hatte. Schon ein Vierteljahr, nachdem sich Schlack zusammen mit seinem Laboranten Ahrens wieder mit den Polyamiden befaßte, hielt er das Polymerisat der ϵ -Aminocapronsäure in Händen. Die Polymerisation hatte sich in der Nacht vom 28. auf den 29. Januar 1938 vollzogen. Von einem dickwandigen Glasrohr umschlossen, war das Caprolactam in einem Ofen eine Nacht lang auf 240 Grad Celsius erhitzt worden. Es ergab sich eine zähe Masse, aus deren Schmelze man mühelos Fäden ziehen konnte, die kalt reckbar waren und danach eine außerordentliche Reißfestigkeit zeigten. Heute weiß man, daß der Irrtum von Carothers in einem stark verunreinigten Caprolactam zu suchen ist. Carothers hatte nicht auf die Reinheit seiner Substanzen geachtet.

Die erste Spinnapparatur von Paul Schlack



monofil



polyfil



Ersponnene Fäden

Schlack nannte sein Polyamid Perluran, später hieß es Perlon, und nach dem zweiten Weltkrieg, als in Schwarza, Wolfen, Premnitz und Guben große volks-eigene Produktionsstätten für Polyamid 6 entstanden, erhielt es die Bezeichnung DEDERON. Gefunden wurde es 1938 in Berlin-Lichtenberg.

In Wolfen stand die Wiege

Ahnherren der synthetischen Fasern war weder Carothers noch Schlack, sondern der Chemiker Fritz Klatte. Er hatte bereits 1913 das als Laboratoriumspräparat bekannte Vinylchlorid auf industrieller Grundlage hergestellt und es zu Polyvinylchlorid polymerisiert. Ausgangsprodukte waren das aus Kohle und Kalk billig herzustellende Azetylengas und Salzsäuregas. Klatte hatte einen Sinn für das Zukunftsträchtige und sah im Polyvinylchlorid bereits einen Rohstoff für chemische Fasern. Aber noch verstand man es nicht, das gasförmige Vinylchlorid auf rationelle Weise zu polymerisieren, man kannte kein billiges Lösungsmittel für das Polyvinylchlorid, um technisch eine brauchbare Spinnlösung herzustellen. Viel zuwenig wußte man damals von den polymeren Stoffen. Es fehlten noch die Arbeiten von Hermann Staudinger, seine Vorstellungen von den Makromolekülen, seine Methoden, die Größe der Makromoleküle zu messen, den Polymerisationsgrad anzugeben und daraus die Folgerungen für die Eigenschaften der Spinnlösungen zu ziehen. Das Polyvinylchlorid wurde deshalb zunächst einmal ein begehrtes Plaststoff, und dazu gehört er heute noch. Erst Anfang der dreißiger Jahre begannen sich die

Chemiker energischer mit der Faserherstellung zu beschäftigen. Das war in dem damaligen Chemiekonzern in Wolfen, in der Nähe von Bitterfeld. Amschwierigsten war es, das Polyvinylchlorid in einem billigen Lösungsmittel löslich zu machen. Es gelang, als man das Polymere mit Chlor nachbehandelte. Nun konnte man mit Azeton als preiswertes Lösungsmittel Fasern erzeugen. Das war im Jahre 1938. Die Fasern nannte man PeCe – nach den Anfangsbuchstaben von Polyvinyl-Chlorid.

Mit wäßrigen Spinnbädern entzieht man der Spinnlösung das Azeton und erhält weiche, seidige Fäden. Ihr Einsatz für Bekleidungszwecke ist allerdings beschränkt. Man kann die PeCe-Fasern nicht warm waschen oder gar bügeln. Oberhalb 60 bis 80 Grad Celsius beginnen sie, gewaltig zu schrumpfen, und aus einem weichen Pullover wird ein unansehnliches brettähnliches Gebilde. Einen großen Vorteil aber haben die PeCe-Fasern: Sie sind säure- und laugenfest und leisten deshalb – zu Filtertüchern und Schutzkleidung verarbeitet – gute Dienste in der chemischen Industrie. PeCe-Fasern haben einen weichen, wolligen Charakter und die Neigung, sich elektrostatisch aufzuladen wie ein Katzenfell. Deshalb benutzen Rheumakranke Dekken aus diesen Fasern.

Noch heute wird im VEB Fotochemisches Kombinat Wolfen die PeCe-Faser (PIVIACID) erzeugt.

Meister Dietz erzählt

In Teltow, der Industriestadt zwischen Berlin und Potsdam, wohnt Meister August Dietz. Er war dabei, als vor

35 Jahren Paul Schlack die ersten Polyamidfäden gewann. Meister Dietz erzählt: „Die Spinnapparatur bestand aus einem einfachen Spinnkopf, der aufgeheizt werden konnte. Aus ihm ließ sich mit Stickstoff die Schmelze durch eine Düse pressen. Das Polymerisat hatten wir vorher zu Stangen gegossen. Es waren kerzenartige Stäbe, die mit einer Zahnradvorrichtung in den Spinnkopf eingeschoben wurden. Der Faden fiel ein Stück durch die Luft und wurde dabei fest. Die Schmelze erstarrte. Auf einer Spule wurde dann der Faden aufgewickelt. Diese Anlage bestand aus einem Motor mit Halterung für die Spule und einer einfachen Pendelstange. Der Doktor – Paul Schlack war ja damals noch kein Professor – stand auf einem Podest und regelte den Stickstoffdruck von einer Stahlflasche mit Ventil und Manometer aus und bediente die Vorschubeinrichtung für die Stäbe. Wir hielten uns unterhalb der Einrichtung auf, ergriffen den Faden, warfen ihn auf die sich drehende Spule und richteten die Drehzahl der Spule ein. Stickstoffdruck, Vorschub und Drehzahl mußten aufeinander abgestimmt werden, damit der Faden richtig erstarrte und gleichmäßig in seiner Stärke blieb. Das riefen wir uns gegenseitig zu. War alles richtig eingestellt, riß der Faden erst ab, wenn die Schmelze verbraucht war.“

So wird schon längst kein Polyamid mehr gesponnen. Aus den von Meister Dietz geschilderten Anfängen hat sich das Schmelzspinnverfahren in großen Anlagen entwickelt. Heute geht man so vor: In großen Röhren wird Caprolactam in geschmolzenes Polymerisat verwandelt, dieses anschließend in einem Wasserbad zu

Bändern gegossen, die man zerschnitzelt und sorgfältig trocknet. Der Ausschluß von Wasser ist nämlich Voraussetzung für einen einwandfreien Spinnverlauf. In Schneckenpressen werden die Schnitzel, das Granulat, aufgeheizt und in eine Schmelze verwandelt. Die Pressen teilen die Schmelze auch den Spinnstellen zu. Diese bestehen aus einem Sandfilter, einer Spinnpumpe und dem beheizbaren Spinnkopf mit der Düse. Da das geschmolzene Polyamid sehr sauerstoffempfindlich ist, muß die Luft vollständig ausgeschlossen werden. Man erreicht dies, indem man die ganze Schmelzeinrichtung unter eine Atmosphäre setzt, die aus reinem Stickstoff besteht. Hat die Schmelze die Düse verlassen, fallen die in der Düse geformten Fäden durch einen Spinschacht, erstarren dort und werden von der Spuleinrichtung aufgewunden. Dieser Spinnprozeß geht mit großer Geschwindigkeit vorstatten. 1200 bis 1500 Meter Faden werden in der Minute abgezogen und auf Spulen gewickelt, in der Stunde also 90 Kilometer. Das setzt Qualitätsfäden voraus. Fäden, die sich ohne Bruch aufwinden lassen. 4000 Kilometer ohne einen Fehler abzuziehen, das verlangt man von diesen Anlagen.

Hatte Paul Schlack das Ausgangsprodukt für das Caprolactam noch in einem Kessel aus Edelstahl selbst herstellen müssen, einem Kessel, wie sie in Großküchen verwendet werden und den er sich auf Umwegen besorgte, ja, mußte Schlack das Lactam durch Vakuumdestillation selbst reinigen, so wird heute das geschmolzene Caprolactam in großen Tankwagen zum Chemiefaserhersteller transportiert und dann über einen Mischer den Rohren zugeführt, in denen die Poly-

merisation stattfindet. Welche Entwicklung liegt doch zwischen der einfachen Apparatur, die uns Meister Dietz beschrieb, und den Spinnereianlagen im Chemiefaserwerk Guben oder Schwarza!

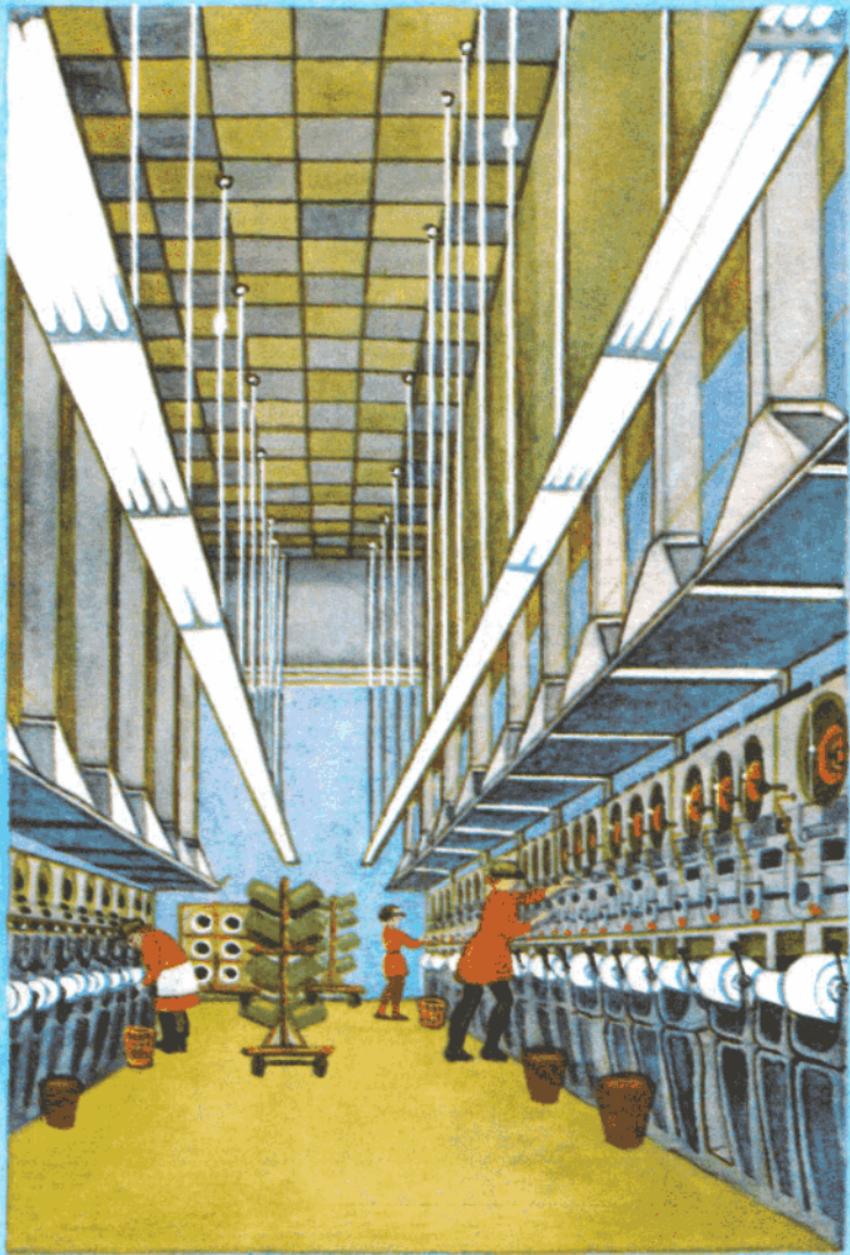
Die anderen Großen

Den Polyesterfaserstoff, den wir heute in großen Mengen produzieren, fanden zwei englische Chemiker, John Rex Whinfield und James Tennant Dickson. Sie verwendeten Terephthalsäure sowie Äthylenglykol und erhielten nach der Polykondensation dieser beiden Chemikalien eine Polymerschmelze, die zur Überraschung der Fachleute Fäden von äußerster Festigkeit ergab. Von der Terephthalsäure leitete sich der Name für den neuen Faserstoff ab: Terylene. Wir kennen ihn als GRISUTEN aus den Produktionsstätten der Chemiefaserwerke Guben und Premnitz.

Eine chemische Verbindung zwischen einer Säure und einem Amin heißt Amid, eine Verbindung zwischen einer Säure und einem Alkohol Ester. Terephthalsäure, ein Abkömmling des Benzols mit zwei sich genau gegenüberliegenden Säuregruppen, den funktionellen Gruppen, verestert mit Äthylenglykol, einem Alkohol, der seine funktionellen Gruppen am Ende einer Kette aus zwei Kohlenstoffatomen besitzt. Man nennt ihn deshalb auch Diol. Er dient Autofahrern als Frostschutzmittel.

Erinnern wir uns jetzt an das Polyamid 66. Hier brauchten wir zum Aufbau der Riesenkette jeweils Kettchen,

Spinnsaal in einer Produktionsstätte für DEDERON



die einen mit Haken, die anderen mit Ösen an den Enden. Bei der Polykondensation des Polyamids 66, das heißt beim Entstehen des Makromoleküls aus Hexamethylendiamin und Adipinsäure wurde Wasser frei.

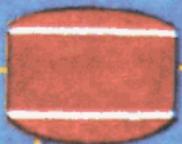
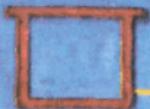
Bei der Polykondensation des Polyesters aus Terephthalsäure und Äthylenglykol geht es komplizierter zu. Zunächst stellt man den Dimethylester der Terephthalsäure her. Es ist dies eine Substanz, die sich in sehr großer Reinheit erzeugen läßt. Außerdem kann sie leicht „umgeestert“ werden. Man tauscht deshalb in einem zweiten Reaktionsschritt den Methylalkohol gegen das Äthylenglykol aus. Dieser Terephthalsäurediglykolester ist dann die Ausgangssubstanz für das Polymere. Er ist das Monomere, das die Makromoleküle bildet. Nun braucht man zum Knüpfen der Riesenkette jeweils wieder Ösen und Haken. Dazu sitzt ein Äthylenglykol zuviel an der Terephthalsäure und blockiert den Haken für die Öse, die die Riesenkette bilden soll. Bei der Polykondensation muß also ein Diolmolekül aus der Umesterungsschmelze entfernt werden.

Des öfteren ist hier schon vom Recken der Synthesefäden die Rede gewesen. Was hat es mit dem Recken auf sich, jenem Phänomen, das die Faserfachleute so in Erstaunen versetzte? Beim Auseinanderziehen der Fäden um das Drei- bis Vierfache ihrer Länge nehmen sie nicht nur ihre bleibende Gestalt an, sondern sie erhalten dabei auch ihre endgültige Festigkeit. Wir müssen uns vorstellen, daß die Makromoleküle im

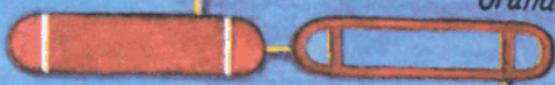
Schema der Herstellung von Polyesterfaserstoffen

Dimethylterephthalat

Äthylenglykol



*Polykondensation zu
Polyäthylenterephthalat*



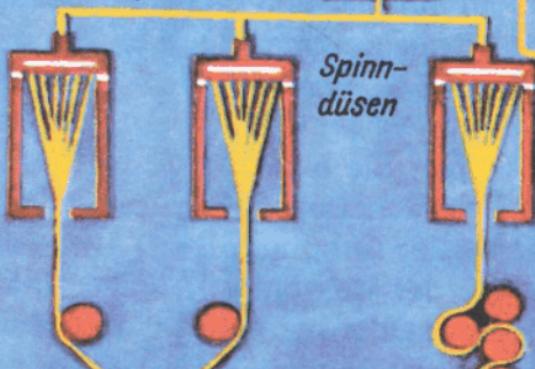
Erstarren

Granulieren

Spinnschmelze



*Spinnkopf mit
Spinnpumpe*



Spindüsen

GRISUTEN

Recken

Recken



Kräuseln

Schneiden

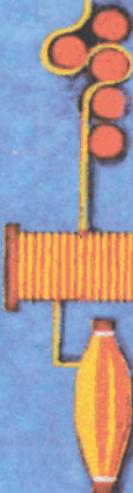


Faser

Zwirnen

Spulen

Seide



frisch ersponnenen Faden noch nicht die Lage eingenommen haben, die die Eigenschaften des Faserstoffs bestimmt. Sie sind durch den Abzug im Spinnschacht lediglich „vororientiert“ worden. Erinnern wir uns an die Bedingungen, die bereits Staudinger für den Aufbau von Fasern erkannt hatte: Das Vorhandensein von langen, kettenförmigen Makromolekülen und ihre Fähigkeit, sich zu Bündeln zusammenzulagern, die den Makromolekülen die Gelegenheit geben, zwischeneinander Haltekräfte auszubilden.

Die Kette der Makromoleküle darf man sich nicht unbedingt gerade vorstellen, sie ist eher zickzackförmig gestaltet. Beim Recken, bei der Einwirkung mechanischer Kräfte von außen auf das Gefüge der Makromoleküle, werden diese so ausgerichtet, so orientiert, daß sie eine günstige Lage im Gefüge einnehmen können. So stehen sich dann beim Polyamid Aminogruppen und Säuregruppen gegenüber. Sie bilden jene Kräfte aus, von denen Staudinger sprach. Beim Polyester, von dem wir ja wissen, daß er mit der Terephthalsäure Benzolabkömmlinge in die Kette der Makromoleküle eingebaut hat, stehen sich nach der Orientierung durch das Recken die Benzolringe genau gegenüber. Diese Benzolringe können fast noch stärkere Haftkräfte entwickeln, als dies Säure- und Aminogruppen tun. So kommen die Festigkeiten zustande, die wir am Polyamid- und Polyesterfaserstoff so schätzen, Festigkeiten, welche die von Stahldrähten gleicher Stärke übertreffen können. Alles das geschieht auf den Reckzwirnmaschinen, die



vor dem Recken



vor dem Recken

Teleskop-
(Flaschenhals-)
Effekt



nach dem Recken

Molekularanordnung im
Faden vor und nach dem Recken

nach dem Recken

Reckvorgang

größere
Geschwin-
digkeit

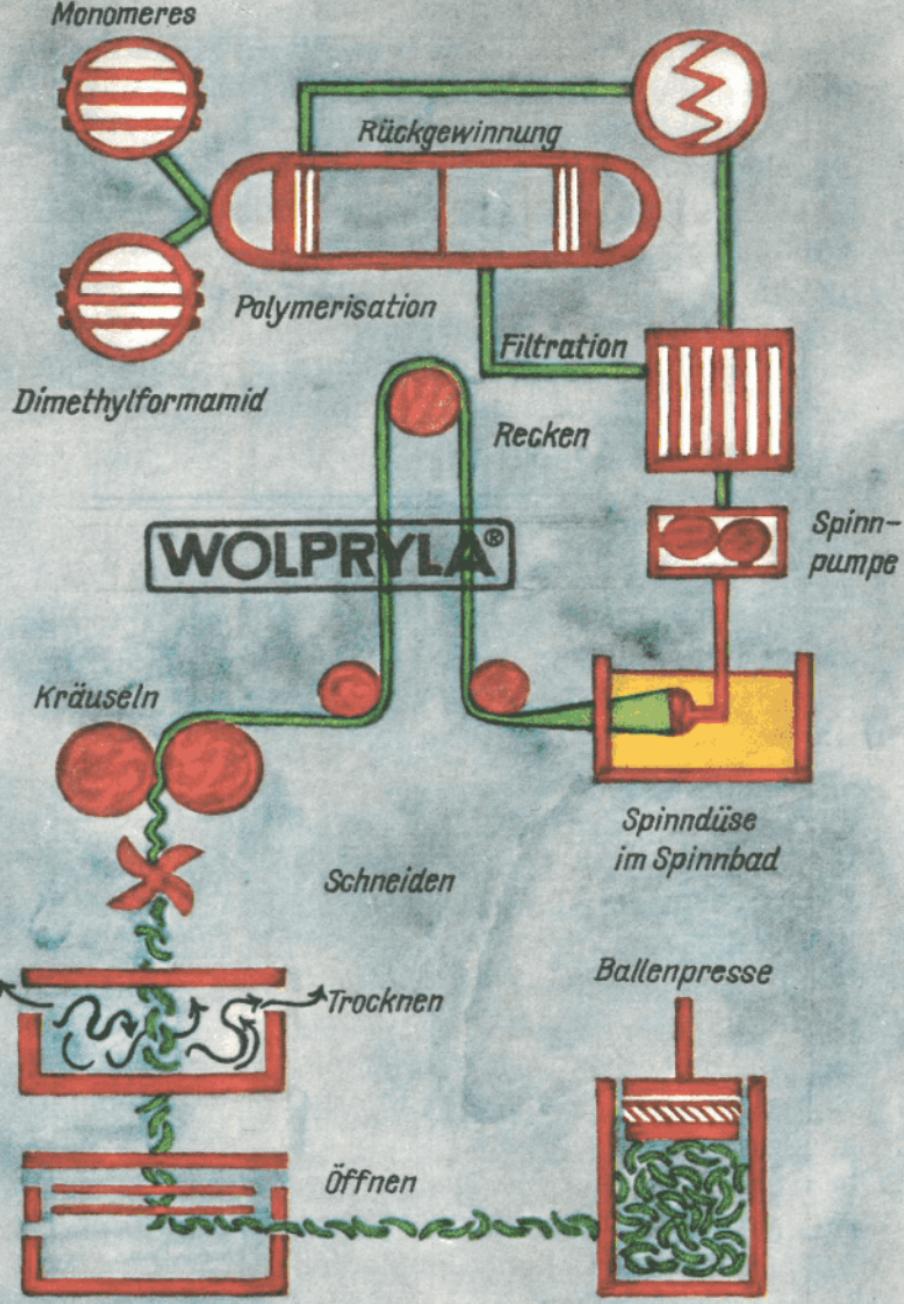
die Polyester- oder Polyamidfäden nach dem Erspinnen passieren müssen.

Nun wissen wir auch, warum die Polyesterfäden Carothers' nicht die gewünschten Eigenschaften hatten. Anstelle der damals schwer zugänglichen Terephthalsäure verwendete er Orthophthalsäure, eine chemisch gleiche Verbindung, nur daß bei ihr in der Strukturformel die funktionellen Gruppen, die Säuregruppen, sich nicht gegenüberliegen, wie bei der Terephthalsäure, sondern nebeneinander angeordnet sind. Dadurch wird das Makromolekül zu sperrig, die Benzolringe „rasten“ beim Recken nicht „ein“, die Festigkeit ist zu gering für unsere Bedürfnisse.

Und der Polyester von Paul Schlack? Dieser setzte als Diol Butylenglykol ein, bei dem die beiden Alkoholgruppen am Ende des Moleküls nicht durch zwei Kohlenstoffatome getrennt sind wie beim Äthylenglykol, sondern durch vier. Der Abstand zwischen den Benzolkernen, die ja die Haltekräfte zwischen den Makromolekülen entwickeln, wird hier größer, die Kräfte schwächer. Auch der Zufall spielt bei systematischer Forschung manchmal noch eine Rolle.

Ein weiterer „Großer“ unter den Faserstoffen ist der Polyakrylnitrilfaserstoff. Gleich, nachdem die Chemiker des Wolfener Konzerns die PeCe-Fasern entwickelt hatten, gingen sie daran, aus Polyakrylnitril, einem anderen, schwer in eine Spinnlösung zu überführenden Polymeren, Faserstoffe zu gewinnen. Akrylnitril, das Monomere, wurde schon lange als Rohstoff zur

Schema der Herstellung von Wolpolytfaserstoffen



Herstellung von Synthesekautschuk benutzt. Warum sollte man da nicht auch Fasern daraus produzieren können? Polyakrylnitrilfaserstoffe konnten jedoch erst hergestellt werden, nachdem man ein noch kaum bekanntes Lösungsmittel, das Dimethylformamid, für die Spinnlösungen von Polyakrylnitril einsetzte. Polyakrylnitril galt bis dahin als Kuriosität. Man nahm an, es sei vernetzt oder verzweigt, ein Plastwerkstoff, der keine Fäden bilden kann, weil er scheinbar nicht aus kettenförmigen Makromolekülen besteht, die sich bündelförmig aneinanderlagern und so die Faserstruktur auszubilden vermögen.

Nach dem zweiten Weltkrieg stellte sich heraus, daß man unabhängig von den Versuchsarbeiten im damaligen Deutschland auch in den USA zu ähnlichen Ergebnissen gekommen war. Etwa um 1950 erschienen die Polyakrylnitrilfaserstoffe in der DDR – zuerst unter dem Namen Wolcylon und Prelana, jetzt als WOLPRYLA – und in den USA – als ORLON – fast gleichzeitig auf dem Markt.

Ursprünglich wurde Akrylnitril nach dem sogenannten Emulsionspolymerisationsverfahren zum Polyakrylnitril polymerisiert. Das Polymere mußte ausgefällt, von den Begleitsubstanzen abgetrennt und getrocknet werden. Dann transportierte man es zum Chemiefaserhersteller, der das Polyakrylnitril auflöste und die Spinnlösung bereitete, sie filtrierte und durch die Düsen ins Spinnbad preßte.

Die Chemiewerker im Chemiefaserwerk Premnitz erreichten eine wesentliche Rationalisierung in der WOLPRYLA-Herstellung. Im Medium der Spinnlösung,

also im Dimethylformamid, wird das Akrylnitril polymerisiert und ergibt in einem einzigen Arbeitsgang gleich die fertige Spinnmasse. Größere Reinheit des Polymeren, bessere Qualität des Faserstoffs und die Einsparung von mindestens sieben Arbeitsstufen sind das Ergebnis der modernen Verfahrensweise, die auf Forschungen von Wissenschaftlern des Instituts für Faserstoff-Forschung der Akademie der Wissenschaften der DDR zurückgeht.

Polyamid, Polyester, Polyakrylnitril – nun fehlt uns noch einer von den bedeutenden vier der Faserstoffe: das Polypropylen. Für unsere Kleidung hat es keine Bedeutung erlangt, jedoch als Faserstoff für den technischen Bereich. Wäscheleinen zum Beispiel, Tauwerk und Fischnetze, Säcke und Fußbodenbeläge, Borsten und Autopolster – alles das und noch vieles mehr fertigt man aus Polypropylen.

Polyamid, Polyester – man baut diese Großmoleküle durch Polykondensation auf. Die Monomeren müssen funktionelle Gruppen besitzen, die sich zum Makromolekül verknüpfen. Polyvinylchlorid, Polyakrylnitril, Polypropylen – hier finden wir bei den dazugehörigen Monomeren (Vinylchlorid, Akrylnitril, Propylen) keine funktionellen Gruppen vor. Wenn aus diesen Monomeren Großmoleküle entstehen sollen, muß der Chemiker solche Reaktionsbedingungen schaffen, daß die Monomeren zur Kettenbildung gezwungen werden und sich zur Riesenkette, zum Makromolekül, vereinigen, daß sie polymerisieren.

Erinnern wir uns an die Traumgebilde, die August

Kekulé chemische Strukturen vorgaukelten, die ihn zum Aufstellen der Strukturlehre anregten. Kohlenstoffatome tanzten da umher, faßten einander an, bildeten einen Reigen, Ketten, Strukturen der Paraffine.

Die Polymerisation ist im Grunde nichts anders als der Aufbau einer langen Kohlenstoffkette, eines langen Reigens von Kohlenstoffatomen. Der Chemiker, der die Polymerisation einleitet, ist nur der Tanzmeister des Reigens! Was geschah bei dem Reigen der Kohlenstoffatome, den Kekulé vor seinem geistigen Auge sah? Größere Atome bildeten eine Kette, schleppten kleinere Atome – Wasserstoffatome – mit sich. Wie nun, wenn Kohlenstoffatome in diesem Reigen nicht immer Wasserstoffatome „erwischt“ haben? Sie mußten sich „beidarmig“ anfassen, um tanzen zu können! Kann man da nicht auch eine andere Kette fassen, eine längere Kette bilden und den Reigen weiterführen? Der Polymerisationschemiker braucht nur für diese Möglichkeit zu sorgen.

Wir erkennen an diesem Vergleich das Prinzip der Polymerisation. Der Aufbau des Makromoleküls geht nicht über funktionelle Gruppen vor sich, sondern wird durch die Betätigung freier Kräfte – das „beidarmige“ Anfassen der Kohlenstoffatome – zwischen Monomeren bewirkt. Eingeleitet wird die Polymerisation dadurch, daß Reaktionsbedingungen geschaffen werden, die diese Kräfte wirksam werden lassen.

Viele Chemiker haben sich mit diesen Reaktionsbedingungen beschäftigt, sie studiert und auch neue und andere Möglichkeiten zur Anregung des Polymerisa-

tionsschrittes gefunden. Stellvertretend für sie sollen Karl Ziegler und Guillio Natta genannt werden. Mit den Namen des deutschen und des italienischen Chemikers mündet die Geschichte der Chemiefaserstoffe in die Geschichte der polymeren Werkstoffe ein. Diese begann vor 90 Jahren, als zum ersten Male der Begriff Kunstseide gebraucht wurde. Vor 75 Jahren erzeugte man etwa 1000 Tonnen Nitratseide im Jahr. Heute produzieren wir jährlich 10 Millionen Tonnen Chemiefaserstoffe, und die Produktionsziffern steigen weiter, um 12 bis 15 Prozent im Jahr.

Ein Kapitel Technologie

Wir machen ein einfaches Experiment: In einen Trichter, dessen Öffnung einen Durchmesser von etwa 25 Zentimetern und dessen Hals einen solchen von etwa 1,5 Zentimetern hat, schütten wir eine Handvoll Streichhölzer. Nur wenige Hölzchen passieren den Hals des Trichters und gelangen ins Freie. Sie versperren sich gegenseitig die Durchflußöffnung. Jetzt halbieren wir die Hölzchen und wiederholen den Vorgang. Nun rutschen schon mehr von ihnen durch den Hals, und nach nochmaligem Halbieren „fließen“ alle Hölzchen durch den Trichter.

In unserem Experiment stellen die Streichhölzer die Makromoleküle dar, das Durch-den-Trichter-Schütten den Spinnvorgang. Wir erkennen, daß nur eine bestimmte Größe des Makromoleküls optimale Spinnbedingungen erlaubt. Sind die Makromoleküle zu lang, so „fließen“ sie nicht, ihre Lösung oder Schmelze ist so zähfließend wie Teer. Die Zähfließbarkeit oder Visko-

sität – *vividus* (lat.) bedeutet zäh, klebrig – einer Lösung oder Schmelze beruht auf der Länge und Sperrigkeit der in ihr enthaltenen Moleküle.

Die Viskosität und damit das Fließverhalten wird verbessert, wenn man die Moleküle verkürzt. Zu kurz dürfen sie wiederum auch nicht sein, weil sie sonst die für die Fadenbildung so wichtige Eigenschaft verlieren, sich parallel zueinander zu orientieren, um die für die Festigkeit so bedeutungsvollen Querbindungs Kräfte zu entwickeln. Die Viskosität muß man also so bemessen, daß die Spinnlösung oder Spinnschmelze leicht gehandhabt werden kann und die erzielten Fäden die gewünschte Festigkeit haben. Die Größe der Makromoleküle ist demzufolge auf diese Verhältnisse einzustellen. Man erreicht dies, indem man die Polymerisations- oder Polykondensationsprozesse entsprechend lenkt. Bei den Viskosefaserstoffen wird gleiches durch die Vorreife bewirkt. Bei etwas erhöhten Temperaturen läßt man dabei den Sauerstoff der Luft auf Alkalizellulose, die Verbindung zwischen Natronlauge und Zellulose, den ersten Verfahrensschritt der Viskoseherstellung, einwirken. Abhängig von der Temperatur und der Zeit werden hierbei die Zellulosemoleküle auf das „richtige Maß“ abgebaut. Das richtige Maß kann man durch Viskositätsmessungen ermitteln, aus den Meßwerten des Fließverhaltens lassen sich nämlich Aussagen über die Kettenlänge gewinnen.

Auf unserem Streifzug durch die Welt der Chemiefasern haben wir bisher hauptsächlich die Arbeit der Chemiker verfolgt. Für den Aufbau des neuen Industriezweiges war aber in gleicher Weise die Arbeit der Tech-

niker, der Ingenieure wichtig. Spinnmaschinen mit Spinndüsen und Spinnpumpen, Filterpressen, Spinnkessel, Polymerisationsgefäße, Spinnschächte, Spulmaschinen, Reck- und Kräuselanlagen, Schneidapparate, Zwirnmaschinen – sie sind das Reich der Ingenieure. Sie setzen die Ideen und experimentellen Befunde der Chemiker in die Produktion um.

Von der Verfahrensweise her unterscheidet man bei der Chemiefaserstoff-Herstellung das Naß-, Trocken- sowie das Schmelzspinnverfahren. Nach dem Naßspinnverfahren erzeugt man die Zelluloseregenerat- (Viskose- oder Kupfer-) Faserstoffe, die Polyakrylnitril- und die Polyvinylchloridfaserstoffe.

Viskose- und Kupferkunstfäden, deren Lösungen alkalisch, also wie Laugen reagieren, werden in sauren Spinnbädern gewonnen, regeneriert. Hat sich der Faserstoff gebildet, wird er gereckt.

Beim Recken versucht man, die im Spinnprozeß vororientierten Makromoleküle durch mechanische Krafteinwirkung, durch Ausziehen, weitgehend in Parallelage zu bringen. Wie wir bereits wissen, erhöht diese Parallelage die Festigkeit des Faserstoffs.

Nach dem Naßspinnverfahren werden solche fadenbildenden Polymere versponnen, deren Zersetzungspunkt unter dem Schmelzpunkt liegt, das heißt, deren Makromoleküle bei Temperatureinwirkung zerfallen, bevor sie schmelzen. Das Naßspinnverfahren setzt immer eine Spinnlösung voraus.

Beim Trockenspinnverfahren – Zelluloseazetatfaserstoffe erspinnt man so – wird die Spinnlösung nach Verlassen der Düse in einem Spinnschacht mit Warm-

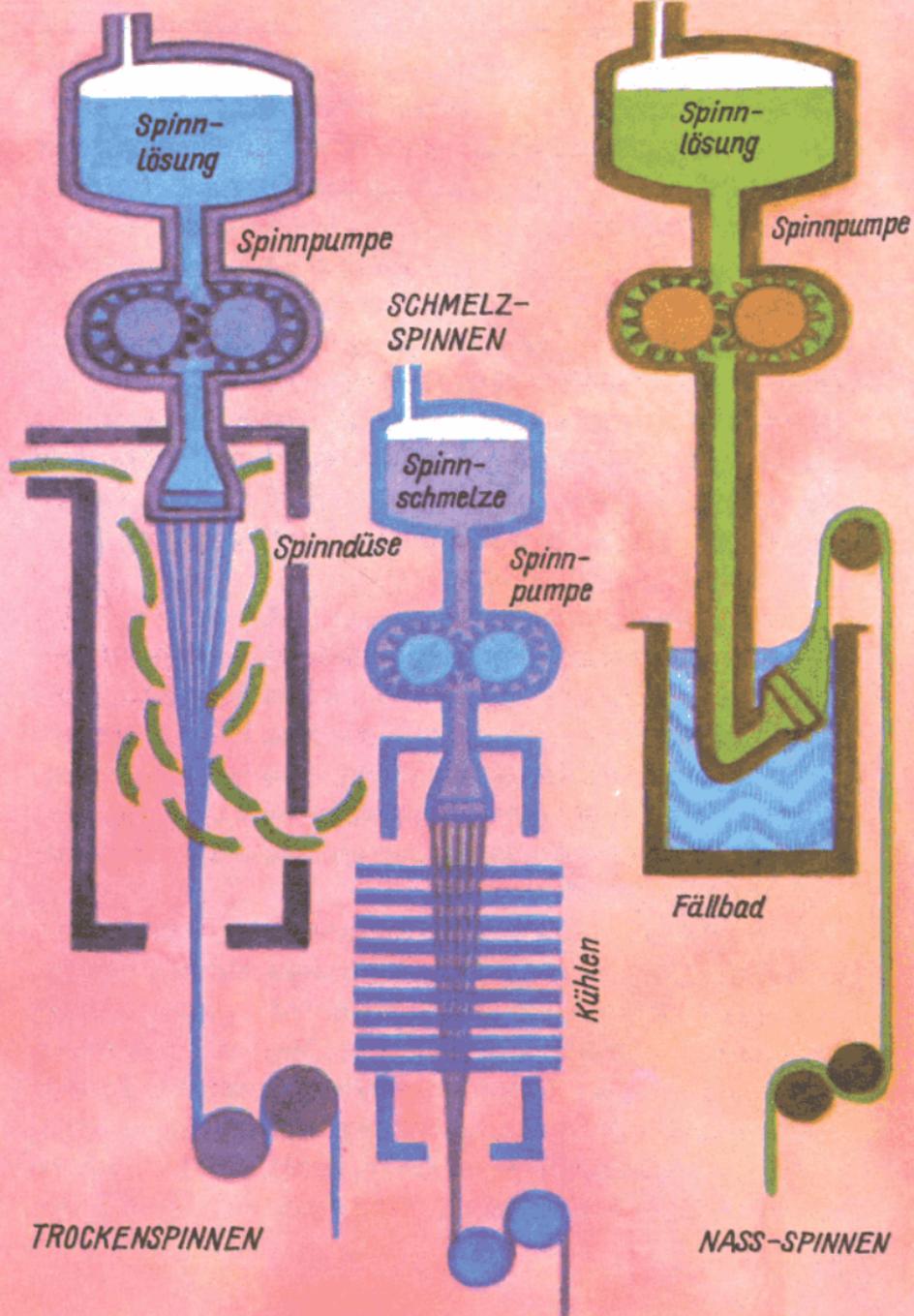
luft angeblasen. Das Lösungsmittel verdunstet dabei und kann zurückgewonnen werden. Das Zelluloseazeat erstarrt und wird als feiner Faden nach unten abgezogen und aufgespult.

Polyamid-, Polyester- und Polypropylenfaserstoffe werden im Schmelzspinnverfahren ersponnen. Das schnitzelförmige Polymerisat, Granulat genannt, schmilzt man dabei unter Luftausschluß in reinem Stickstoff auf. Der Sauerstoff der Luft würde die Schmelze bei den hohen Temperaturen von etwa 270 bis 280 Grad Celsius angreifen und abbauen. Das Schmelzen wurde früher auf elektrisch beheizten Spinnrosten vorgenommen. Heute verwendet man dafür Spinnextruder, die eine schonende und qualitätsfördernde Behandlung der Schmelze ermöglichen. Das Schmelzspinnverfahren gestattet hohe Ersinnungsgeschwindigkeiten und ist umweltfreundlich.

Mit Hilfe der Synthesefaserstoffe sind neue Textilien entwickelt worden, und neue Einsatzgebiete stellen auch neue Anforderungen an die Faserstoffe. Wie von den Naturfaserstoffen her gewohnt, verlangt der Verbraucher von ihnen ein hohes Wärmehaltevermögen und Bauschigkeit. Diese Forderungen können durch die Thermoplastizität der Synthesefaserstoffe erfüllt werden, eine Eigenschaft, die den Faserstoffen mitgeteilte Effekte beibehalten läßt.

Wie die Seidenraupe liefert das Chemiefaserwerk parallel liegende, glatte Fäden. Fülligkeit, Bauschigkeit und Kräuselung fehlen.

Die drei Ersinnungsarten für Chemiefaserstoffe



Wenn wir einen Bindfaden auftruseln, so legen sich die einzelnen, vorher stark verzwirnten Fäden in Schlaufen und Schleifen. Ziehen wir einen schlichten Seidenfaden über eine Tischkante mehrmals hin und her, bildet der Faden danach ebenfalls Schlaufen. Damit haben wir zwei einfache Modelle, wie man glatte Chemiefäden bauschig machen, wie man sie kräuseln, ihre Fülligkeit erhöhen kann. Bei unseren beiden soeben geschilderten Versuchen lässt die Spannung, die durch das starke Verzwirnen im Bindfaden oder durch das Ziehen über die Kante dem Faden aufgedrängt wurde, nach einiger Zeit nach. Sie ist als neue Eigenschaft dem Faden nicht dauerhaft mitgeteilt, sie ist nicht fixiert worden. Durch die Thermoplastizität der Chemiefaserstoffe kann diese Eigenschaft jedoch fixiert werden.

Jedes Polymere besitzt einige charakteristische Temperaturbereiche, bei denen man teilweise umkehrbare, teilweise nicht umkehrbare makromolekulare Vorgänge beobachten kann. Der Schmelz- und Erstarrungsbereich ist hierfür ein Beispiel oder der Zersetzungsbereich, bei dem das Makromolekül nicht umkehrbar in das Monomere oder andere niedermolekulare Abbauprodukte zerfällt.

Wie wir wissen, ist mit jeder Temperaturerhöhung eine Energiezufuhr zum Molekül verbunden. Diese Energiezufuhr wirkt sich ausgleichend auf die zwischenmolekularen Kräfte aus, auf die Kräfte, die den Zusammenhalt der einzelnen Ketten der Makromoleküle untereinander bewirken. Deshalb wird das erstmalig von Carothers am kalten Faden beobachtete Recken heute bei erhöhter Temperatur durchgeführt. Neben der

Schmelztemperatur, des Umwandlungspunktes erster Ordnung, gibt es einen Umwandlungspunkt zweiter Ordnung, der darunterliegt, und noch eine Einfrier-temperatur, unterhalb der jede Wärmezufuhr eine Energiezunahme bewirkt, die so gering ist, daß sie praktisch ohne Einfluß auf die zwischenmolekularen Kräfte bleibt. Dieses Kräftespiel kann man zum Fixieren gewisser Eigenschaften ausnützen. Prägt man den Synthesefaserstoffen oberhalb der Einfrier-temperatur oder, besser noch, oberhalb des Umwandlungspunktes zweiter Ordnung Eigenschaften auf, so kann man diese nach Abkühlen unterhalb der Einfrier-temperatur dauerhaft verankern. Damenstrümpfe aus Polyamid zum Beispiel werden deshalb nach dem Wirken über Formen gezogen und durch Erwärmen fixiert.

Mit der Erfahrung aus den beiden Kräuselungsversuchen und unserem Wissen über das Verhalten von Makromolekülen bei Wärmezufuhr können wir das Problem der Bauschigkeit von Synthesefasern lösen. Das Verfahrensprinzip, das Texturieren, ist einfach: Man dreht zwei schlichte Fäden zusammen, trennt den Zwirn wieder auf und fixiert die entstandenen Schlingen und Bogen zu dauerhafter Kräuselung. In einem einzigen Arbeitsgang werden die Fäden vorgedreht, fixiert und rückgedreht. Sie verformen sich dabei schraubenlinienförmig. Dadurch nimmt die Elastizität und das Volumen gegenüber den Ausgangsfäden zu. Fast 90 Prozent aller texturierten Fäden werden nach diesem Verfahren hergestellt.

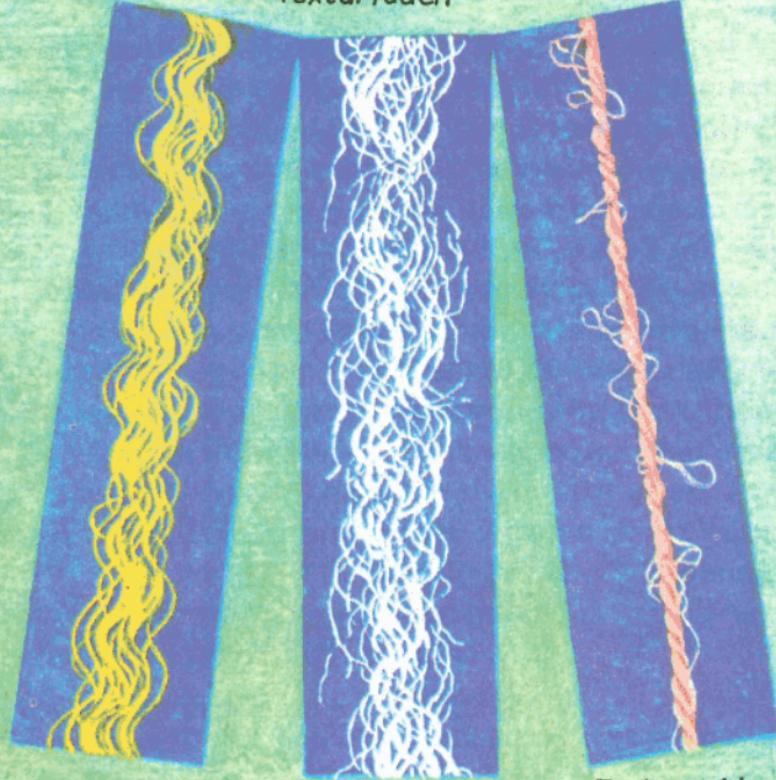
Bevor die Chemiefaserstoffe die Erzeugnisstätte verlassen, werden sie geprüft. Man ermittelt Festigkeit, Deh-

nung, Feinheit des Fadens, eventuelle Verunreinigungen, bestimmt Ungleichmäßigkeiten und den Weißgrad, man erprobt die Verarbeitbarkeit, damit nur einwandfreier Rohstoff in die Textilfabriken gelangt. Dort wird die Stapelfaser nach dem Kammgarn-, Baumwoll- oder Streichgarnspinnverfahren zu Garn versponnen. Die Seiden werden gezwirnt, verwirkt oder verwebt. Man kann Chemiefaserstoffe und Naturfaserstoffe miteinander mischen, man kann Garne und Zwirne miteinander kombinieren. Man stellt aus ihnen hauchdünne Gewebe oder schwere Tuche her, Gewirke für feine Damenstrümpfe aus DEDERON und Gewirke für Kleider, Mäntel und Hosen. Man strickt Pullover aus WOLPRYLA-Garnen oder fertigt Teppiche.

Es gibt aber noch eine Möglichkeit, voluminöse bauschige, gekräuselte Chemiefaserstoffe herzustellen. Erinnern wir uns an die PIVIACID-Faser. Wir wissen heute, daß sie beim Waschen in warmem Wasser oder beim Bügeln stark schrumpft und deshalb für Bekleidungstextilien nur bedingt einsetzbar ist. Wie nun, wenn man Chemiefaserstoffe unterschiedlichen Schrumpfvermögens miteinander mischt, daraus Garne herstellt und diese ausschrumpft? Die stärker schrumpfende Faser wird die von ihr umschlungene schwächer schrumpfende zu Bögen, Schlingen zusammenziehen, sie kräuseln! Ja, man kann sogar noch einen Schritt weitergehen. Man führt beim Erspinnen des Chemiefaserstoffes jeder Düsenbohrung getrennt zwei verschiedene Spinnmassen eines stärker

Texturfäden und das Verspinnen von Fasern zu Garn

Texturfäden



Zahnrad-
texturseide

Falschdrahttextur-
seide (Drehrörchen-
prinzip)

Texturseide nach
Kaltluftverfahren

Prinzip des Verspinnens von

Fasern

Vlies

Vorgarn

Band

Garn

Ordnen

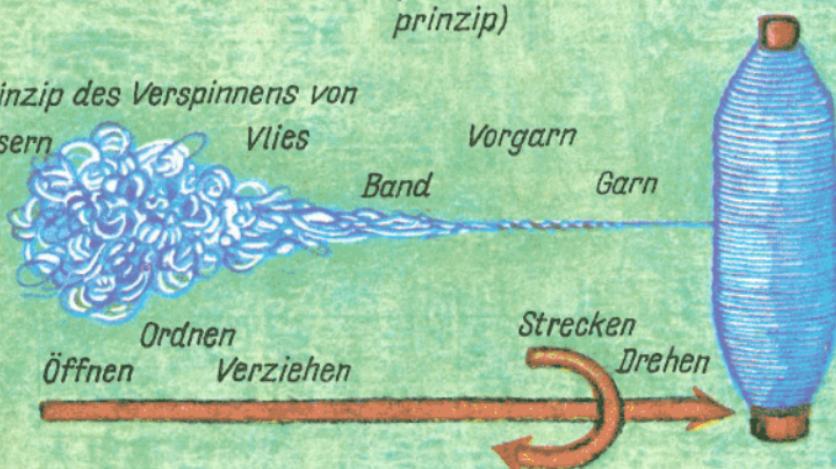
Öffnen

Verziehen

Strecken

Drehen

Vergleichmäßigen



schrumpfenden und eines weniger schrumpfenden Polymeren zu. Nach dem Erstarren sind beide Eigenschaften in einem einzigen Faden vereint. Geschnitten und ausgeschrumpft, erhält man eine stark gekräuselte Faser. Dann wird noch gefärbt und ausgerüstet, in der Faser, im Faden, im Stück.

Aber was ist ein textiler Rohstoff eigentlich? Der textile Faserstoff besteht aus textilverarbeitbaren, schmiegsamen Gebilden. Sie sind in ihrer Länge entweder begrenzt, dann nennt man sie Faser, oder in ihrer Länge theoretisch unbegrenzt, dann heißen sie Fäden. Eine Begrenzung tritt nur durch Spinnfehler – Fadenbrüche – oder durch Mangel an Spinnmasse auf. Es wurden folgende Begriffe festgelegt:

Faser –	einzelnes, längenbegrenztes Gebilde, z. B. Baumwolle, Wolle, REGAN-Faser (Zellwolle)
Elementarfaden –	einzelnes, in der Länge theoretisch endloses Gebilde, z. B. Naturseide, DEDERON-Seide
Garn –	durch Verspinnen von Fasern hergestellter, in der Länge theoretisch unbegrenzter Faden
Seide –	ersponnener Faden, der entweder aus einem Elementarfaden (monofile Seide) oder aus mehreren Elementarfäden (polyfile Seide) bestehen kann
Zwirn –	aus zwei oder mehr Einzelfäden (Garnen oder/und Seiden) zusammengedrehter Faden
Faden –	Oberbegriff für Garne, Seiden, Zwirne

Erspinnen –	Herstellungsprozeß für Chemiefaserstoffe im Chemiefaserwerk
Verspinnen	Herstellungsprozeß für Garne aus Fasern im Textilbetrieb

PA-S, DEDERON, stellt sich vor

Um nicht immer die mitunter sehr langen Bezeichnungen von Faserstoffen ausschreiben zu müssen, hat man Kurzzeichen festgelegt. Diese Kurzzeichen lesen wir auch auf den Schildchen der gekauften Waren. Einige davon wollen wir hier nennen:

Naturfaserstoffe

<i>Baumwolle</i>	<i>Bw</i>
<i>Schafwolle</i>	<i>Wo</i>
<i>Raupenfaserstoffe (Naturseide)</i>	<i>Rp</i>

Chemiefaserstoffe (aus natürlichen

<i>Rohstoffen)</i>	<i>(CN)</i>
<i>Viskosefaserstoffe</i>	<i>VI</i>
<i>Kuoxamfaserstoffe</i>	<i>KU</i>
<i>Azetatfaserstoffe</i>	<i>AZ</i>
<i>Triazetatfaserstoffe</i>	<i>TA</i>

Chemiefaserstoffe (Synthesefaserstoffe)

<i>Polyesterfaserstoffe</i>	<i>PE</i>
<i>Polyamidfaserstoffe</i>	<i>PA</i>
<i>Polyakrylnitrilfaserstoffe</i>	<i>PAN</i>
<i>Polyvinylchloridfaserstoffe</i>	<i>PVC</i>
<i>Polypropylenfaserstoffe</i>	<i>PP</i>
<i>Polyurethanfaserstoffe</i>	<i>PU</i>

Herstellungsformen

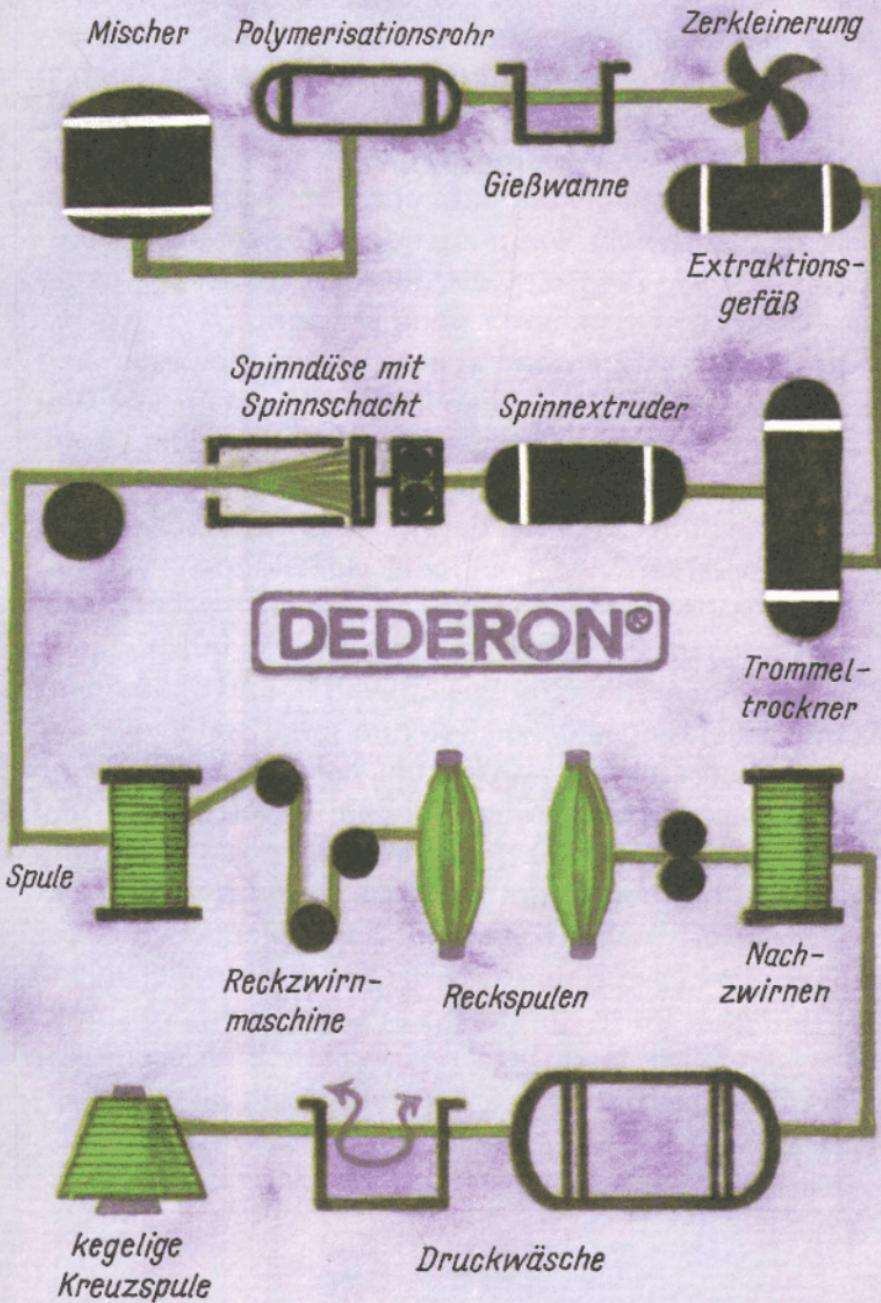
<i>Faser</i>	<i>F</i>
<i>Seide</i>	<i>S</i>
<i>Bast</i>	<i>Ba</i>

Ausführungsarten

<i>Baumwolltyp</i>	<i>bt</i>
<i>Wolltyp</i>	<i>wt</i>
<i>Teppichtyp</i>	<i>tt</i>
<i>Kordtyp</i>	<i>kt</i>
<i>Feintyp</i>	<i>ft</i>
<i>Grobtyp</i>	<i>gt</i>
<i>texturiert</i>	<i>t</i>
<i>gekräuselt</i>	<i>kr</i>
<i>hochnaßfest</i>	<i>hnf</i>
<i>profiliert</i>	<i>pf</i>
<i>hohl</i>	<i>ho</i>
<i>hohl und profiliert</i>	<i>hp</i>
<i>hochweiß</i>	<i>hws</i>

Die Kurzzeichen schreibt man, durch einen Bindestrich gekoppelt, hintereinander, zum Beispiel so: VI-S-kt oder PAN-F-kr.

PA-S-ft ist also DEDERONseide vom Feintyp. DEDERON ist der älteste Chemiefaserstoff. Er hat die Mode revolutioniert, hat die letzten konventionellen Schranken niedergelegt. Dem DEDERON verdanken wir unsere bequeme Kleidung, hauchfeine Damenstrümpfe und Unterkleidung, zarte Gewebe, gewirkte Hemden-, Blu-



sen- und Kleiderstoffe, Schürzenkittel, Popeline für Anoraks, Stretchgewebe für Sportbekleidung. DEDERON hat Maßstäbe gesetzt, die wir heute als selbstverständlich hinnehmen: das Unkonventionelle nämlich in unserer Kleidung, die Jugendlichkeit in unserer Mode. Wir kleiden uns so, wie es uns gefällt. Wir ziehen an, was unsere Persönlichkeit unterstreicht, was uns selbst darstellt und nicht, was uns eine Modeindustrie diktiert. Vielfältig, wie die Rolle, die der Mensch bei uns heute im Leben spielt, ist auch seine Kleidung.

GRISUTEN kennen wir ebenfalls alle: Polyester und Baumwolle gemischt ergeben feine Hemden- und Blusenstoffe, Stoffe für Sportbekleidung und Sommermäntel, Polyester und Wolle dagegen leichte Anzug-, Kostüm- und Kleiderstoffe. WOLPRYLA eignet sich besonders für gestrickte Bekleidung. Pullover, Strickkleider, Hosenanzüge, Schals, Pudelmützen, Hemdblusen, Polohemden bestehen aus ihm.

Mode ist aber nicht nur das Entwerfen und Schneidern der Bekleidungsstücke. Solange man Stoffe nur aus einer Faserart herstellen konnte, fiel nicht auf, daß eine Wechselbeziehung zwischen dem Faserrohstoff und der Konstruktion des Flächengebildes der Kleidung besteht. Mit den Begriffen Wolle, Baumwolle, Leinen und Seide haben sich für die Menschen über 4000 Jahre alte Erfahrungen in der Bekleidungshygiene verbunden. Bei Faserstoffen aus Polyamid, Polyester, Polyakrylnitril fehlt dieses überlieferte Wissen. Für ihren Einsatz gab es keine Erfahrungen, und unüber-

Mehrschichtigkeit unserer Kleidung



legter praktischer Gebrauch hat anfangs die Chemiefaserstoffe in schlechten Ruf gebracht.

Eigenschaften des Faserstoffs, textile Flächengestaltung, Tragegewohnheiten des Menschen, körperliche Besonderheiten, berufliche Beanspruchung und klimatische Verhältnisse wirken in der Bekleidung zusammen, die sich der Mensch zur Regulierung seines Wärmerückhaltes geschaffen hat. Bei gleich warmen Tieren wird diese Aufgabe durch ein Feder- oder Haarkleid übernommen. Ein Pelz besteht aus mehr als 90 Prozent Luft, die zwischen den Federn und Haaren festgehalten wird. Luft, ein schlechter Wärmeleiter, ist also das billigste und das zuträglichste Element für die Kleidung. Bisher ist der Baustein Luft nur sehr unvollkommen bei der Konstruktion unserer Kleidung berücksichtigt worden. So kommt es, daß unsere Kleidung im Verhältnis zum Körpergewicht noch fünf- bis sechsmal schwerer ist als das Fell eines Hundes.

Synthesefaserstoffe schaffen hier Abhilfe. Sie haben eine geringere Dichte, die Gewebe werden dadurch leichter, bequemer und angenehmer im Tragen. Ferner sind die Synthesefaserstoffe fester als Naturfaserstoffe. Sie können in größerer Feinheit hergestellt werden, dadurch steigt das Porenvolumen, der Baustein Luft erlangt Bedeutung. Es ist deshalb auch kein Zufall, daß immer mehr Maschenware für Bekleidungszwecke herangezogen wird. Trikotagen haben gegenüber gewebten Stoffen ein wesentlich größeres Porenvolumen. Sie enthalten demzufolge mehr Luft.

Aber nicht nur den Wärmehaushalt des Körpers muß die Kleidung regulieren können, die Bekleidung muß auch

wasserdampfdurchlässig sein, muß den Schweiß befördern können. Durch ihr geringes Wasseraufnahmevermögen unterscheiden sich die Synthesefaserstoffe grundlegend von den Naturfasern. So enthalten bei 25 Grad Celsius Lufttemperatur und 90 Prozent Luftfeuchte Wolle und Baumwolle 20 bis 25 Prozent Wasser, während es bei Polyamid nur 8 Prozent sind und bei Polyester kaum 1 Prozent. Diese geringe Wasseraufnahme kann von Nachteil sein, wenn die Faser der Haut unmittelbar aufliegt und die Haut viel Schweiß abgibt.

Die Wasseraufnahme ist aber nicht allein ausschlaggebend für den Schweißtransport, sondern die Durchlässigkeit der Bekleidungsstücke insgesamt. Diese Durchlässigkeit hängt in großem Maße von den Faserzwischenräumen, den Kapillaren ab. Hier wird ein geringes Wasseraufnahmevermögen zum Vorteil. Die Wasseraufnahme ist nämlich mit einer Faserquellung verbunden. So vergrößert sich bei den Viskosefaserstoffen durch Quellung der Faserdurchmesser um 125 Prozent, bei Baumwolle und Wolle um 40 bis 45 Prozent, während die Vergrößerung bei Polyamidfaserstoffen 10 Prozent, bei Polyakrylnitrifaserstoffen 5 Prozent und bei Polyesterfaserstoffen nur 3 Prozent beträgt. Deshalb haben Kammgarnstoffe mit einem Anteil von 55 Prozent Polyesterfasern die größte Anerkennung gefunden. Das Synthesefaserstoffgerüst im Garn lockert das Gewebe auf und verhindert bei einer weitgehenden Durchnässung die Verdichtung der Wolle infolge der einsetzenden Quellung der einzelnen Wollfasern. Die Faserschicht behält dadurch ihre

Durchlässigkeit, die Kapillaren bleiben offen. Hat ein reinwollener Kammgarnstoff mit einem Wassergehalt von 25 Prozent in Luft von 23 Grad Celsius und 55 Prozent Luftfeuchtigkeit – das sind die Verhältnisse, wie sie gewöhnlich in unseren Wohn- und Arbeitsräumen herrschen – erst in 140 Minuten seine Feuchtigkeit abgegeben, so verliert ein Polyesteranzugstoff die gleiche Wassermenge in nur 55 Minuten. Deshalb lesen wir so oft auf den Etiketten 55 PE-F/45 Wo.

Die Möglichkeit, die Synthesefaserstoffe in größerer Feinheit herzustellen und sie texturieren zu können, sind zusätzliche Vorteile, Porenvolumen und Kapillarität in Geweben und Gewirken zu erhöhen. Ermöglicht eine Faser von 1,7 tex Feinheit ein Wasserhaltevermögen von 50 Prozent, so beträgt dieser Wert bei einer Feinheit von 0,17 tex 150 Prozent. Durch ein großes Porenvolumen, durch eine große Anzahl von Kapillaren allein vermag der Wasserdampf über unserer Haut nicht nach außen zu dringen. Es ist auch eine gewisse Luftbewegung erforderlich, damit er durch die textilen Flächen nach außen abzieht. Die bequeme Mode trägt dem in hohem Maße Rechnung.

Geringes spezifisches Eigengewicht, größere Feinheit des Fadens, minimale Quellbarkeit, das sind die Vorteile der Synthesefaserstoffe, die die Konstruktion von zweckmäßiger Kleidung ermöglichen. Heute sind 5 bis 7 Kilogramm Textilien ausreichend, damit ein Arbeiter bei minus 10 Grad Celsius nicht friert. Vor 60 Jahren waren hierzu noch 10 Kilogramm Bekleidungsstücke erforderlich.

Die Feinheit oder, wie man auch sagt, den Titer des

Fadens stellt man durch Ermittlung seines Gewichts fest. Wenn 1000 Meter Faden 1 Gramm wiegen, dann besitzt der Faden die Feinheit von 1 tex. Diese Bezeichnung ist durch internationale Absprachen verbindlich.

Wäsche waschen, Wohlergehen

Schmutz ist lästig. Der Physiker Philipp Lenard sagte einmal Ende der zwanziger Jahre von ihm, er sei Marie am falschen Platze. In einer verschmutzten Kleidung kann sich der Körper nicht wohl fühlen. Dies war den Ärzten schon in der Antike bekannt. Schweißtransport, Luftdurchlässigkeit, Wärmerückhaltevermögen kann nur ein sauberes Kleidungsstück gewährleisten, ganz abgesehen von den üblen Gerüchen, die die bakterielle Zersetzung von Schweiß und Hautfetten hervorruft. Straßenstaub, Ruß und allerlei mineralische und pflanzliche Partikelchen, die den Schmutz ausmachen, lassen die Farben der Kleidungsstücke unansehnlich werden, vergilben oder vergrauen das Weiß.

Gewaschen wurde deshalb von alters her – am Bach, am See, im Zuber, im Kessel. Die Frauen weichten die Wäsche ein, behandelten sie mit Seife, rieben sie auf dem Waschbrett, stampften und wrangen sie. Die weißen Stücke wurden zur Bleiche auf den Rasen gelegt oder geblätzt. Dann mußte man die Wäsche aufhängen, trocknen lassen, legen, glätten, dämpfen und bügeln. Der Waschtag endete für die Hausfrau mit Rückenschmerzen, aufgequollenen Händen und durchgeriebener Haut. Das schwere Bügeleisen ließ die Arme erlahmen, und das Drehen der Rolle oder Mangel war

eine Plage. Die Textilien wurden bei der Wäsche von der Waschlauge angegriffen und durch die Waschmethoden mechanisch stark beansprucht.

1700 Jahre lang dominierte die Seife als Waschmittel. Zu Anfang dieses Jahrhunderts, 1907, kam das erste Waschpulver auf den Markt. Es bestand aus Seifenpulver, Soda, Wasserglas und Perborat. Seit 1932 gibt es Feinwaschmittel. Bei ihnen sind Seife und Soda, die alkalisch reagieren und deshalb quellend wirken, durch das neutrale Fettalkoholsulfat ersetzt worden. Damit erreichte man eine Faserschonung, die körperlich schwere Arbeit des Waschvorganges konnten diese neuen Waschmittel aber noch nicht verringern.

Die zu dieser Zeit gebräuchlichen Bottichwaschmaschinen waren einfache Geräte mit Wellrad oder rotierenden Stummelflügeln, und ihre Wirksamkeit beruhte darauf, daß bei den hohen Temperaturen, bei denen die Seife erst ihre volle Waschkraft entfaltet, die Wäsche mechanisch bewegt und so der Schmutz von der Faser abtransportiert werden konnte. Dadurch brauchte die Wäsche nicht mehr so lange oder gar nicht mehr auf dem Waschbrett gerieben zu werden. Noch schonender arbeiten heute die Trommelwaschmaschinen, die auch mit einem Waschgang für Kochwäsche ausgestattet sind.

Die Einführung der Synthesefaserstoffe bewirkte neue Wasch- und Pflegemethoden für unsere Textilien. Das geringe Wasseraufnahmevermögen der Synthesefaserstoffe ließ sie sehr schnell trocknen. Außerdem brauchte man sie nicht zu bügeln. Sie wurden von allein glatt. Von ihrer unstrukturierten Oberfläche

konnte der Schmutz leicht entfernt werden. Der Begriff „pflegeleicht“ wurde geprägt. Die Polyamid-damenstrümpfe waren die ersten pflegeleichten Textilien. „Am Abend auswaschen, spülen, über Nacht trocknen lassen und am Morgen frisch anziehen“ – so stand auf jeder Packung aufgedruckt. Polyamidwirkhemden und -blusen kamen mit gleicher Pflegeanweisung hinzu, Damenunterwäsche, Nachtwäsche, Schürzen, und später folgten dann Gardinen aus PE oder PAN, die, ohne gespannt zu werden, tropfnaß aufzuhängen waren.

Diese Textilien aus Synthesefaserstoffen wirkten auf die Entwicklung der Haushaltchemie und Faserchemie ein. Da die neuen Faserstoffe nur unter Feinwaschbedingungen gesäubert werden konnten, benötigte man wirksamere Waschmittel und neue Waschmaschinen. Zum anderen mußten die Eigenschaften der Naturfaserstoffe und Zelluloseregeneratfaserstoffe verbessert werden, wenn sie sich weiter behaupten sollten. Die pflegeleichte, bügelarme Ausrüstung für Textilien aus Zellulosefasern kam auf.

Bei ihr werden Gewebe aus Baumwolle und Viskosefaserstoffen mit Kunstharzen behandelt, die sich oberflächlich auf der Faser ablagern und teilweise in das Gefüge der Faser eindringen. Es entsteht dadurch eine den Synthesefaserstoffen ähnliche Oberfläche mit den pflegeleichten Eigenschaften, ohne daß jedoch die Vorteile der Zellulose verlorengehen. Diese so bügelarm ausgerüsteten Gewebe konnten nur unter Feinwaschbedingungen gepflegt werden. Dies genügte aber nicht für Zellulosefaserstoffe, die von alters her zur

Kochwäsche zählen. Die Textilchemiker fanden daraufhin die kunstharzfreie Ausrüstung für Baumwolle und Viskosefaserstoffe. Bei ihr werden durch vernetzend wirkende Chemikalien die Makromoleküle der Fasersubstanz untereinander noch fester und enger gebunden, als dies die den Kettenmolekülen eigenen Bindungskräfte vermögen. Das quellend wirkende Wasser kann nicht mehr so stark zwischen die Makromoleküle eindringen, der Quellwert und damit das Wasserrückhaltevermögen ist verringert. Durch diese Hochveredlung ähneln die Zellulosefasern ebenfalls den Synthesefaserstoffen. Sie sind aber kochfest.

Wir haben schon von den kritischen Temperaturpunkten, den Umwandlungspunkten der polymeren Werkstoffe, gelesen und davon, daß man mit Hilfe von mechanischen und Temperatureinwirkungen eine den Faserstoffen aufgeprägte Kräuselung fixieren kann. Ähnliches passiert bei zu heißem Waschen mit den Synthesefaserstoffen: Die Falten und Knitter, die unvermeidbar beim Bewegen und Stauchen der Textilien in der Waschflotte entstehen, werden fixiert. Besonders PE-Faserstoffe sind in dieser Hinsicht empfindlich. Knitter und Falten entstehen auch, wenn die Kleidungsstücke und Textilien lange Zeit gepreßt lagern, die Waschmaschine übermäßig gefüllt, wenn die Wäsche in geschleudertem Zustand liegenbleibt, wenn sie gewrungen oder angetrocknete Wäsche geknüllt wird.

Die pflegeleichten Synthesefaserstoffe lassen sich

Waschen



Die Behandlung erfordert keine besondere Vorsicht. Die Erzeugnisse dürfen gekocht werden.



Die Behandlung erfordert eine gewisse Vorsicht. Die Erzeugnisse dürfen bei höchstens 60 °C gewaschen werden.



Die Behandlung erfordert je nach Erzeugnis eine besondere Vorsicht. Die Erzeugnisse dürfen bei höchstens 40 oder 30 °C gewaschen werden.



Verbotene Behandlungsmethode. Die Erzeugnisse dürfen nicht gewaschen werden.

Bügeln



Die Behandlung erfordert keine besondere Vorsicht. Die Einstellung des Bügeleisens entspricht dem oberen Temperaturbereich des Bügeleisens, wie er für das Bügeln von Erzeugnissen aus Baumwolle und Leinen angewendet wird.



Die Behandlung erfordert eine gewisse Vorsicht. Die Einstellung des Bügeleisens entspricht dem mittleren Temperaturbereich des Bügeleisens, wie er für das Bügeln von Erzeugnissen aus Wolle und Naturseide angewendet wird.



Die Behandlung erfordert eine besondere Vorsicht. Die Einstellung des Bügeleisens entspricht dem unteren Temperaturbereich des Bügeleisens, wie er für das Bügeln von Erzeugnissen aus Polyamidseide angewendet wird.



Verbotene Behandlungsmethode. Die Erzeugnisse dürfen nicht gebügelt werden.

Chemisch reinigen



Die Behandlung erfordert keine besondere Vorsicht. Für die Behandlung der Erzeugnisse können alle gebräuchlichen Lösungsmittel wie Tetrachloräthen (Perchloräthylen), Tetrachlorkohlenstoff, Benzin verwendet werden.



Die Behandlung erfordert eine gewisse Vorsicht. Die Behandlung der Erzeugnisse darf nur mit Tetrachloräthen (Perchloräthylen), Benzin oder Fluorchlorkohlenwasserstoffen durchgeführt werden.



Die Behandlung erfordert eine besondere Vorsicht. Die Behandlung der Erzeugnisse darf nur mit Benzin oder Trichlortrifluoräthan, wie R-113, F-113, durchgeführt werden.



Verbotene Behandlungsmethode. Die Erzeugnisse dürfen nicht chemisch gereinigt werden.

müheloser waschen, dadurch wurde es möglich, die mechanische Beanspruchung beim Waschprozeß abzubauen. Man konnte Trommelwaschmaschinen konstruieren, die die Faser schonen. Auf diesen Waschprozeß abgestimmte, schaumarme Waschmittel sorgen mit ihren wirksamen Substanzen für den Abtransport des Schmutzes von der Faser. Gleichzeitig sind sie härtebeständig, das heißt, sie setzen sich mit den im Wasser gelösten Karbonaten nicht zur lästigen Kalkseife um. Die den Waschmitteln beigegebenen optischen Aufheller sorgen für ein strahlendes Weiß, besser, als es das Wäscheblau in Großmutters Waschküche vermochte.

Und wie wird richtig gewaschen? Das Waschen beginnen wir mit dem Sortieren der Kleidungsstücke und Textilien nach Waschtemperatur, Färbung, Ausrüstung. Die Etiketten mit den Waschsymbolen erleichtern uns das. Stark verschmutzte Stellen reiben wir mit Waschpaste ein. Dann legen wir die sortierte Wäsche in die Waschmaschine, jedoch nicht zuviel, die Wäschestücke sollen von der Waschflotte frei durchspült werden. Jede Wäscheart erfährt in der Maschine die ihr zuträgliche Behandlung nach Programm: Voll- oder Spezialwaschmittel, Konzentration, Temperatur und Nachbehandlung.

Die gespülte Wäsche wird je nach Faserart oder Kleidungsstück geschleudert, angeschleudert oder tropfnaß aufgehängt, in Form gezogen, glattgestrichen und getrocknet. Bei Hemden, Blusen und Kleidern stellen wir die Kragen auf, damit das Wasser nicht in die Ecken laufen und dort kleine Faserreste ablagnern kann.

Ein großer Teil der Textilien kann nach dem Trocknen schon in den Schrank geräumt werden. Weniges wird mit dem Reglerbügeleisen bei der richtigen Bügeltemperatur glattgestrichen. Mit den modernen Textilien aus Chemiefaserstoffen, mit modernen Waschmaschinen und Waschmitteln spart man bei der Pflege der Textilien gegenüber früher bis zu 90 Prozent an Zeit ein.

Wie aber läuft der Waschvorgang eigentlich ab? Wir müssen uns hier zunächst einmal mit einigen Begriffen vertraut machen. Wissenschaftler bezeichnen ausgesprochen wasserfeindliche Stoffe als hydrophob, wasserfreundliche dagegen als hydrophil. Man hat Kräfte festgestellt und gemessen, die den Wassertropfen ausbilden, die ihn sich auf einer Oberfläche ausbreiten oder ihn von dieser abperlen lassen. Diese Kräfte nennt man Grenzflächenspannung. Chemische Substanzen, die auf die Grenzflächenspannung einzuwirken vermögen, sind ihrer Eigenschaft nach grenzflächenaktiv. Man nennt diese Substanzen Tenside. Ihre Moleküle bestehen meist aus zwei Teilen, einem hydrophoben Rumpf, dem ein hydrophiler Kopf aufgesetzt ist. Ein solches Tensid haben wir schon bei den Feinwaschmitteln kennengelernt, das Fettalkoholsulfat, das als waschaktive Substanz dieser Produkte in Erscheinung tritt. Die langgestreckte Paraffingruppe des Fettalkohols stellt den hydrophoben Rumpf dar, die kurze Alkoholsulfatgruppe im Molekül den hydrophilen Kopf.

Geben wir nun ein Waschmittel ins Wasser, so löst es sich darin auf, und die relativ langen hydrophoben

Molekülenden seines Tensids haben das Bestreben, aus der Nähe des Wassers fortzukommen. Sie lagern sich auf der Oberfläche der Fasersubstanz an. Dieser Vorgang läuft so lange ab, bis die Oberfläche mit einer molekularen Schicht des Tensids bedeckt ist, das mit den Rümpfen seiner Moleküle an der Faser haftet und die Köpfe dem Wasser zukehrt. Dabei stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den Tensidmolekülen auf der Faser und denjenigen in der wässrigen Phase ein.

Mit der Anlagerung der Tensidmoleküle ändert sich die Grenzflächenspannung zwischen dem Wasser und dem Textil. Dieses wird benetzt, wird gewissermaßen in die wässrige Phase hineingezogen. Die im Gewebe vorhandene Luft wird verdrängt; das Gewebe saugt sich voll. Polyamid- oder Polyesterfaserstoffe sind stärker hydrophob als Viskosefaserstoffe oder Baumwolle. Von hydrophoben Faserstoffen lässt sich in der Regel der Schmutz leicht entfernen. Die hydrophile Zellulosefaser wird hydrophob ausgerüstet und dadurch pflegeleicht.

Doch verfolgen wir den Waschprozeß weiter! Der Vorgang der gerichteten Auflagerung des Waschmittels läuft in gleicher Weise an den Schmutzteilchen ab, die der Faser aufsitzen. Schmutzteilchen sind ebenfalls hydrophob, denn mit Wasser allein lassen sie sich nur schwer oder überhaupt nicht entfernen. Die Tensidmoleküle setzen sich aus der Lösung heraus auch auf der Oberfläche des Schmutzes fest. Der hydrophile Teil des Tensids ragt von ihm in die wässrige Phase hinein. Die Schmutzteilchen werden rundum hydrophil. Hydrophil gewordener Faserstoff und hydrophil gewordene

Schmutzteilchen stoßen sich gegenseitig ab. Der Schmutz wird in der bewegten Waschflotte von der Faser abgeschwemmt, davongetragen und, von Schaum umhüllt, aus dem Textil entfernt. Die Abstößungskräfte verhindern auch, daß der Schmutz wieder auf die Faser gelangt. Die Zwischenschicht der Tensidmoleküle sorgt dafür. Der Vorgang des gerichteten Haftens verläuft bei höheren Temperaturen manchmal ungünstiger. Darum kann man ohne weiteres beim Waschen auf Kochtemperaturen verzichten. Feinwaschmittel sind auch unterhalb 60 Grad Celsius wirksam.

Die Synthesefaserstoffe haben eine mitunter lästige Eigenart: Sie laden sich mit statischer Elektrizität auf. Die Folge davon ist ein Knistern und Knacken beim Abstreifen solcher Bekleidung, das vom Versprühen kleiner Funken begleitet sein kann. Trägt man Kleidungsstücke unterschiedlicher Materialzusammensetzung übereinander, zum Beispiel Unterwäsche aus PA-S und darüber Pullover aus PAN-F-kr oder PE-S, dann „kleben“ diese Stücke manchmal aneinander. Auch dieses „Kleben“ läßt sich auf die Wirkung der statischen Elektrizität zurückführen. Wir sprechen von einer elektrostatischen Aufladung.

Die statische oder, wie man auch sagt, Reibungselektrizität war bereits im Altertum bekannt. Thales von Milet soll sie beim Reiben eines Stückes Bernstein entdeckt haben. Weil die Griechen den Bernstein elektron nannen, gab er dieser Naturerscheinung seinen Namen. Bernstein ist ein hochpolymeres natürliches Harz. Reiben wir einen Kamm aus Plast oder aus Horn mit

einem wollenen Lappen und halten den Kamm über Papierschnitzel, so werden diese wie von einem Magneten angezogen. Trockene Haare knistern beim Kämmen, und im Dunkeln können wir Funken stieben sehen – eine Wirkung der Reibungselektrizität.

Gleichermaßen kann man mehr oder weniger ausgeprägt bei allen polymeren Werkstoffen beobachten – auch bei den Chemiefasern. Man kann die elektrostatische Aufladung mindern, indem man beim Waschen der Kleidungsstücke aus Polyamid, Polyester oder Polyacrylnitril in das letzte Spülwasser einen Spülzusatz gibt. Das darin enthaltene Tensid setzt sich oberflächlich auf die Faser, macht sie leitend und führt so die Aufladung ab. Die Wirkung hält in der Regel bis zur nächsten Wäsche an.

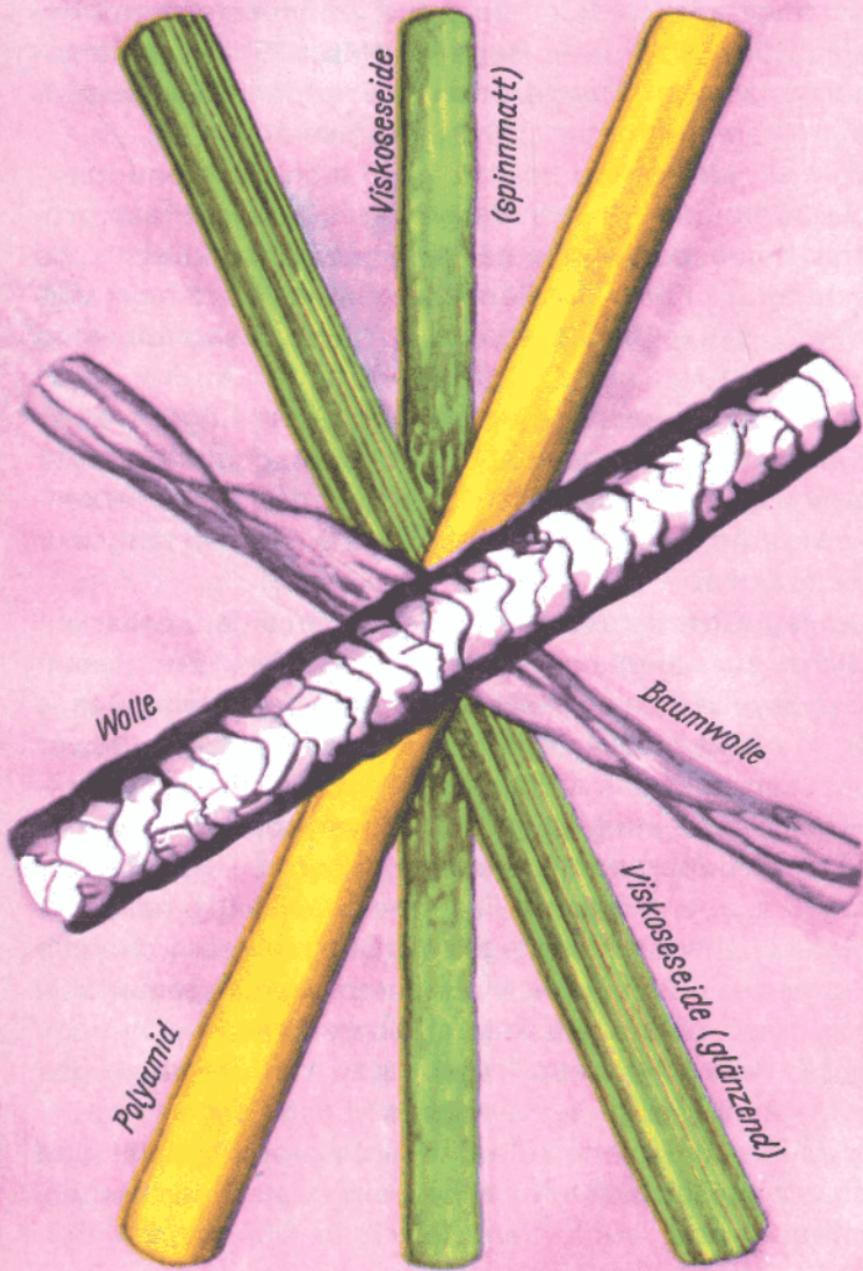
Woran erkennt man sie?

Mit dem Aufkommen der Chemiefaserstoffe ergab sich auch die Notwendigkeit, Unterscheidungsmerkmale von Faserstoffen herauszufinden, um unbekannte Erzeugnisse richtig einordnen zu können.

Einige wenige dieser Proben können wir mit einfachen Mitteln selbst durchführen. Da wäre zunächst die Brennprobe. Sie kann bei einheitlichen Faserstoffen herangezogen werden. So deutet, einige Fasern oder Fäden mit dem Streichholz vorsichtig entzündet, Geruch nach verbrennendem Horn auf Wolle hin, Geruch

Faserstoffe unter dem Mikroskop

(lila = Naturfaserstoffe, grün = Regeneratfaserstoffe, gelb = Synthesefaserstoffe)



nach verbrennendem Papier auf Zellulosefaserstoffe – also Baumwolle oder Regeneratfaser. Ein Zusammenschmelzen der Faserprobe vor Erreichen der Entzündungstemperatur zeigt Synthesefaserstoffe an.

Wer ein Mikroskop besitzt, kann sich bei einhundert- bis zweihundertfacher Vergrößerung einige Faserproben anschauen: Wolle hat eine ganz charakteristische schuppige Faseroberfläche, Baumwolle vielfach Verwindungen in der Faserkontur, Chemiefaserstoffe sind meist ohne starke Strukturierung. Infolge von Schrumpfungerscheinungen bei der Regeneration weisen Regeneratfaserstoffe im Querschnitt ein mehr oder weniger stark gefältetes Aussehen auf. Dies erkennen wir im mikroskopischen Bild als Streifen längs zur Faserachse.

Um den Chemiefaserstoffen den ihnen eigenen starken Glanz zu nehmen, werden sie mattiert. Zu diesem Zweck setzt man der Spinnmasse sehr fein vermahlenes Titandioxid zu. Dieses liegt in der Faser eingebettet vor und zerstreut das auffallende Licht. Der Faserstoff erscheint dann matt. Unter dem Mikroskop sehen wir die Titandioxidpartikeln als kleine schwarze Punkte, die regellos über die ganze Fasermasse verteilt sind. Diese Mattierungspartikeln zeigen nur Chemiefasern, deshalb können wir sie ebenfalls als Unterscheidungsmerkmal ansehen, besonders dann, wenn Fasermischungen unter dem Mikroskop liegen. Man kann so auch das ungefähre Mischungsverhältnis abschätzen.

Im Querschnitt sehen die Chemiefaserstoffe meist rund aus. Viskosefaserstoffe haben einen stark gezahnten, mitunter aber auch nierenförmigen Querschnitt. Ent-

sprechend der Verdrillung und Verwindung ihrer Fasern zeigt die Baumwolle einen mehr bohnenförmigen Querschnitt mit einem Hohlraum in der Mitte der Faser.

Chemiefaserstoffe überall

Nur etwa die Hälfte aller Textilien wird für Bekleidungszwecke verwendet. Die andere Hälfte nutzt man zu je einem Viertel als technische Textilien und Heimtextilien.

Man stellt zum Beispiel aus Zelluloseregenerat-faserstoffen Futterstoffe her, Blusen, Kleider, Wirkwaren, Damaste, Steppdecken, Bänder, Litzen, Fahnen-tuche, Teppiche, Bezugsstoffe für Möbel und Autositze, Autohimmel, Reifenkord, Einlagen für Förderbänder. Hochfeste Viskosefaserstoffe mischt man Synthese-faserstoffen oder Baumwollgarnen bei.

Aus Azetatfasern stellt man nicht nur elegante Kleider, sondern auch Kabelumspinnungen und Zigarettenfilter her.

Polyesterfasern dienen als Ausgangsmaterial für Herrenanzüge, Sicherheitsgurte, Planen, Kostümstoffe und Zeltdächer, Blusen, Hemden und Reifenkord.

Polyakrylnitrilfasern mit ihren weichen, flauschigen Garnen eignen sich besonders für Winterbekleidung.

Polyvinylchloridfaserstoffe ersetzen dem Rheumakranken das Katzenfell. Hier wird die elektrostatische Aufladung zur heilsamen Eigenschaft des Faserstoffs.

Aus Polypropylenfaserstoffen stellt man Seile, Taue, Netze, aber auch Folienbänder für Säcke, Matten, Platten her.

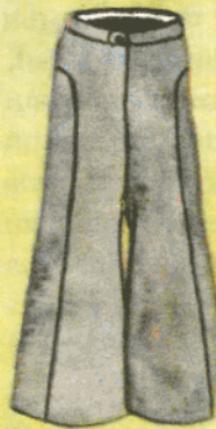
Gegenwärtig verbraucht man pro Kopf der Bevölkerung etwa 6,1 Kilogramm Faserstoff im Jahr. Dies ist jedoch nur eine Durchschnittszahl, industriell hochentwickelte Länder nutzen 14 bis 18 Kilogramm, Indien beispielsweise nur 2 Kilogramm.

Chemiefaserstoffe sind aber nicht nur Fasern, Fäden, Textilien, das sind gleichzeitig auch Schwefelsäure, Zellstoff, Erdölprodukte, Natronlauge, Schwefelkohlenstoff, Phenol, Äzeton, Amine, Propylen, Farbstoffe, Ammoniak, Blausäure, Chlor, Stickstoff – Rohstoffe und Hilfsstoffe, die für die Fabrikation benötigt werden. Die ganze Chemieindustrie steht hinter unseren Chemiefasern. Chemiefaserstoffe müssen aber auch zu Garn verarbeitet und danach verwebt oder verwirkt werden. Wir wollen Kleidungsstücke aus ihnen herstellen, technische Artikel damit ausrüsten, unsere Wohnungen mit ihnen ausstatten. Deshalb stehen hinter den Chemiefaserstoffen auch Spinn- und Zwirnmaschinen, Webmaschinen, Wirkmaschinen, kurz der Maschinenbau in seiner Vielfalt, der die Voraussetzungen für die Verarbeitung schaffen muß.

Der Verbraucher fragt nach den Gebrauchseigenschaften der Chemiefaserstoffe: Ist der Artikel zweckmäßig und dauerhaft? Erfordert er viel Pflege? Und auch: Ist der Artikel schön? Wie ist sein Preis?

Der Verarbeiter fragt nach Festigkeit, Dehnung, nach Knoten, Flusen, Fehlern im Faden. Er fragt nach den Eigenschaften, die eine gute Verarbeitung ermöglichen.

Anwendungsbeispiele für Chemiefaserstoffe



Der Faden aus Chemiefaserstoff muß fest sein. Von 1950 bis 1970 haben sich die Verarbeitungsgeschwindigkeiten auf den Ringspinnmaschinen und den Zwirnmaschinen verdoppelt, auf den Spulmaschinen vervierfacht, auf den Webmaschinen um die Hälfte erhöht. Nur ein fester Faden kann den vollen Lauf dieser Maschinen garantieren.

Der Faden muß fehlerfrei sein, damit ein sicherer Ablauf der Verarbeitungsstufen gewährleistet ist und die Maschinenstillstände sich auf ein Minimum reduzieren. Schon wird die Forderung nach nur einem Fehler auf 4000 Kilometer Chemieseide erhoben, das sind zehn schwache Stellen in einem Faden, der so lang ist, wie der Erdumfang am Äquator mißt. Um dies erreichen zu können, muß das Monomere – zum Beispiel das Aminocaprolactam oder das Dimethylterephthalat – weniger als 1 Milligramm Verunreinigungen in 1 Kilogramm aufweisen.

Die Textilchemiker und -technologen haben die Probleme gelöst – aber geht es nicht auch anders, einfacher und noch schneller?

Geht es einfacher?

Diese Frage ist zugleich die Frage nach der Rationalisierung in der Chemiefaserstoffherstellung und in der Textiltechnologie.

Bei der Beschreibung des Produktionsprozesses für Polyakrylnitrilfaserstoffe ist das Lösungspolymerisationsverfahren erwähnt worden. Dieses Verfahren kann als Beispiel für eine durchgreifende Rationalisierung bei der Chemiefaserherstellung gelten.

Viskosesuperkordseide wird auf Kontinuespinnmaschinen hergestellt. Auf dieser Maschine sind alle Arbeitsgänge vom Erspinnen des Fadens an, über das Recken, Waschen, Trocknen und Aufspulen vereinigt – Arbeitsgänge, die normalerweise in getrennten Produktionsabschnitten mit Transportwegen, Zwischenlagern und erhöhtem Arbeitskräftebedarf vorgenommen werden.

Auch bei der Herstellung der Polyamidseide wird es in Zukunft möglich sein, Polymerisieren, Erspinnen, Recken und Texturieren ebenfalls kontinuierlich ablaufen zu lassen.

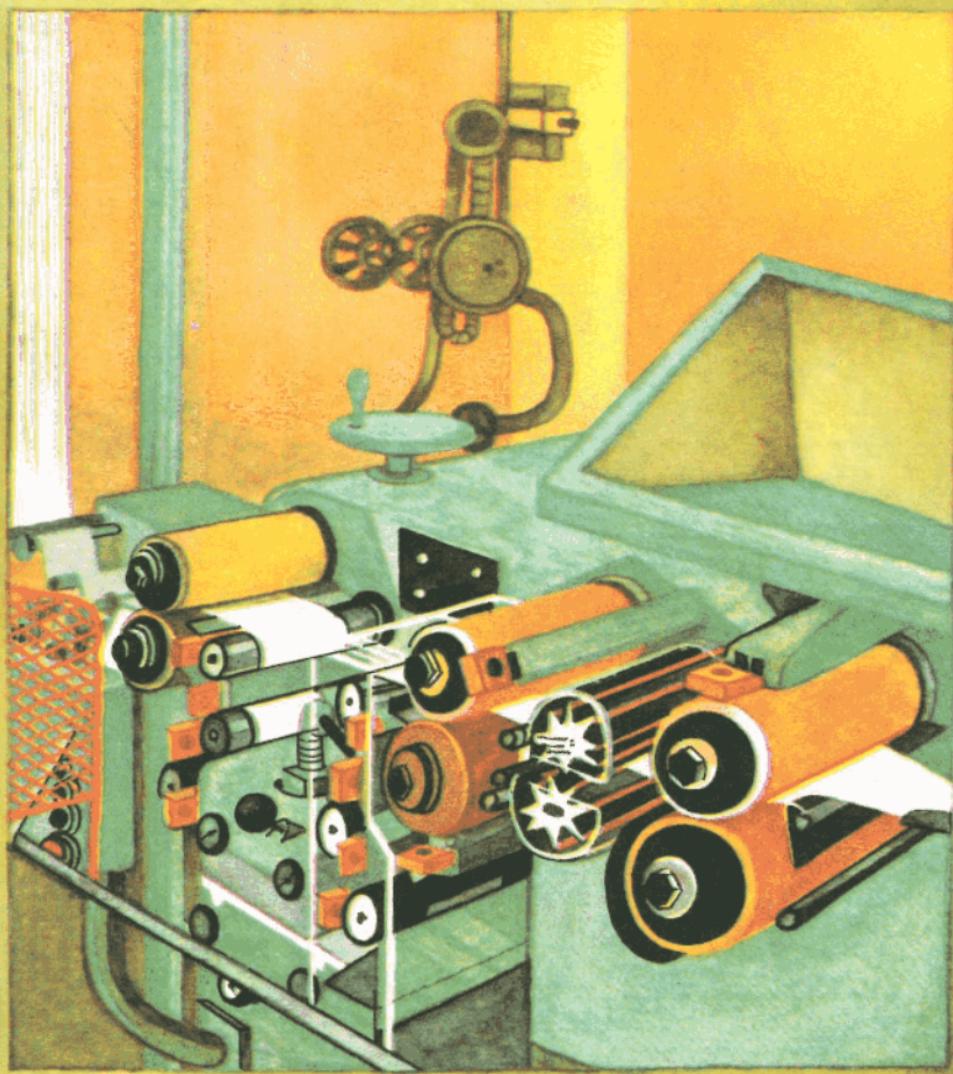
Stapelfasern erhält man durch Zerschneiden und Kräuseln eines Fadenkabels, das die Ersinnungsanlage als endloses Band verläßt. Im Textilbetrieb werden die in Ballen angelieferten Stapelfasern geöffnet, auf einer Krempel egalisiert, in Parallelage gebracht, Kurzfasanteile ausgeschieden, vorgestreckt, erneut gekämmt, verfeinert, nachgestreckt und schließlich als Spinnband zum Garn versponnen. Dies ist, ganz grob geschildert, der Durchlauf des Faserstoffs durch eine Baumwoll- oder Wollspinnerei. Ganz auf diese Arbeitsschritte kann man nicht verzichten, doch durch die Anwendung der Konverter- und Direktspinntechnologien behält die Einzelfaser im Spinnkabel des Chemiefaserstoffs ihre Parallelage bei, werden viele Verarbeitungsschritte eingespart, und sie ergibt auf einfache Weise ein Spinnband, das zum Garn verarbeitet werden kann. Die größere Sauberkeit und Gleichmäßigkeit der Chemiefasern bringt dem Textilbetrieb manchen Vorteil in den Verarbeitungsstufen.

Man kann noch mehr leisten. Um Fasern und Fäden produzieren zu können, benötigt man feine Spinnwerkzeuge, saubere Spinnlösungen oder Spinnschmelzen, Präzisionsmaschinen. Man erzeugt daher Folien, deren Herstellung nicht so aufwendig ist, zerschneidet, zerreißt oder zerspleißt diese zu Bändchen und dreht daraus Garn. Dieses Garn bringt man gleich auf Webbäume auf. Polypropylen eignet sich besonders gut für diese Split- oder Slitverfahren, aber auch bestimmte Polymermischungen. Vorerst werden die auf diese Weise hergestellten Erzeugnisse in den technischen Bereichen verwendet.

Den Anstrengungen der Chemiefaserspezialisten auf dem Gebiete der Produktionsrationalisierung stehen entsprechende Bemühungen in der Textilindustrie gegenüber. Weltbekannt ist die MALIMO-Technik geworden, die vor mehr als 20 Jahren von Limbach-Oberfrohna aus die Fertigung textiler Flächengebilde wesentlich leistungsfähiger machte. Ihr Erfinder, Heinrich Mauersberger, übertrug die Produktionsgeschwindigkeit der Nähmaschinen auf die Herstellung von Flächengebildeten durch Übernähen von Fadenlagen, Spinnbändern oder Watteschichten. Man wählte für diesen Arbeitsgang die Bezeichnung Nähwirken, weil die Verbindung der Fäden ein Nähvorgang ist, bei dem die Bindungen der Nähfäden den Maschenbildungen der Wirkerei entsprechen.

Setzen wir die Produktionskennziffern für eine

Reißkonverter zur Herstellung von Spinnband im verkürzten Verfahren der Garnherstellung

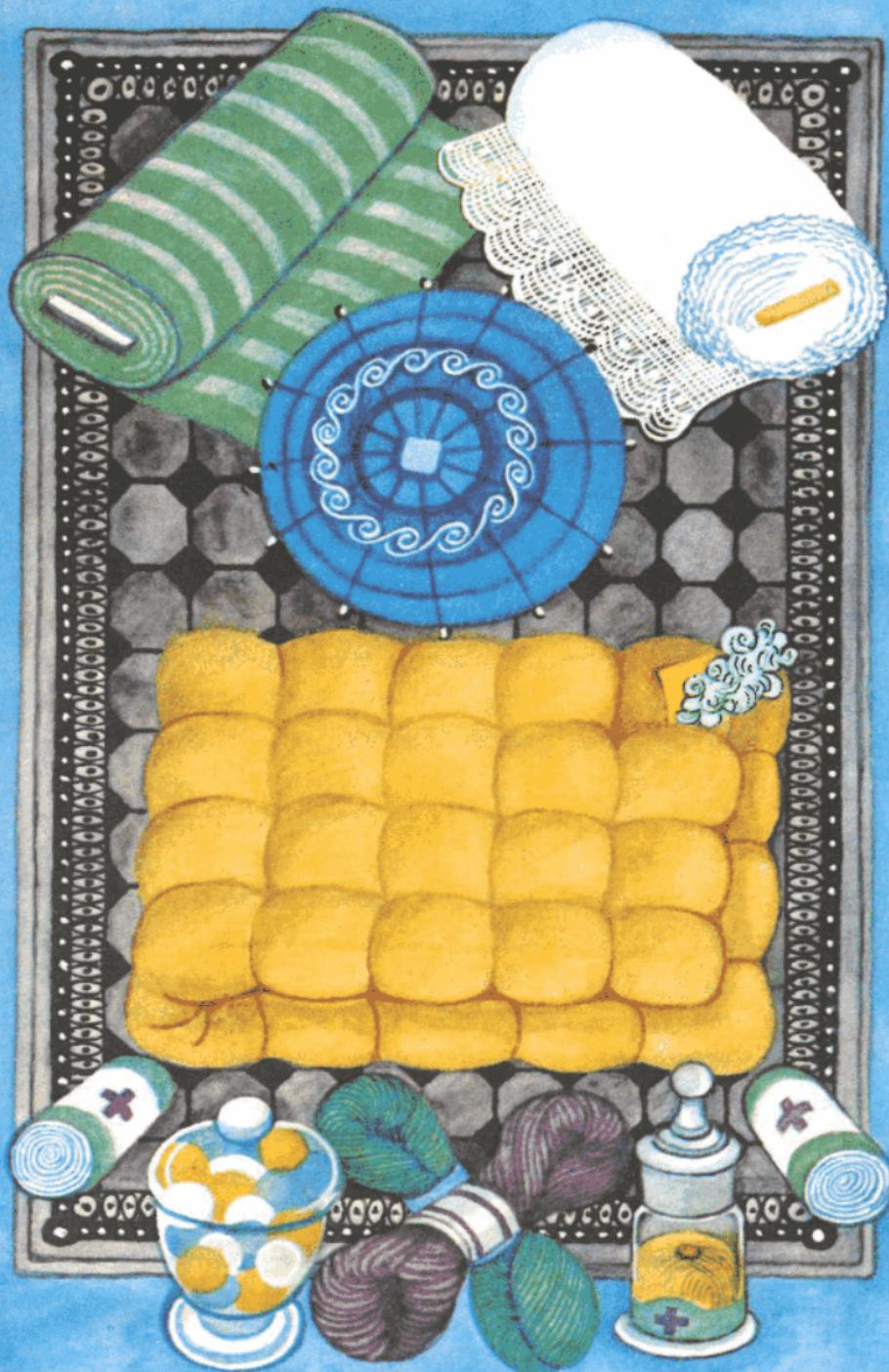


Flächeneinheit auf den modernsten schützenlosen Webautomaten gleich eins, so können wir bei Wirkmaschinen eine achtmal größere Produktion in der Zeiteinheit registrieren, mit der MALIMO-Technik aber die zwanzigfache Leistung verzeichnen. Nach diesem Prinzip stellt man Kleider- und Anzugstoffe, Frottéwaren, Freizeitkleidung, Badebekleidung, Möbelbezugsstoffe, Fußbodenbeläge und technische Textilien her.

Auch in der Garnherstellung gibt es neuartige, produktivere, auf anderen als den üblichen Prinzipien beruhende Verfahren, die ein Vielfaches der bisher angewandten Arbeitsgeschwindigkeiten erlauben.

Doch schon beginnen sich die Grenzen der Chemiefaserstoff- und Textilindustrie zu verwischen. Unter Ausnutzung spezieller Eigenschaften der Chemiefaserstoffe, wie Thermoplastizität oder Schrumpfvermögen, umgeht man zahlreiche Verarbeitungsstufen und erzeugt bereits beim Ersinnungsprozeß aus der Spinnmasse brauchbare Flächengebilde mit textilem Charakter. Die Geschichte des Teppichs soll uns hierfür ein Beispiel liefern.

Wer sieht es der steifen textilen Bodenfliese an, daß sie ihren Ursprung vom Teppich herleitet? Anfänglich hatten die Teppiche die Aufgabe von Bedeckungen, von Planen zu erfüllen. Die Nomadenvölker hatten sie zuerst in Gebrauch. Später dienten ihnen die Teppiche dann auch als Schmuck und als Fußbodenbelag zur Wärmedämmung. Sie mußten in starkem Maße biegsam, rollbar und leicht transportabel sein, denn die Nomaden



wechselten oft ihren Standort, und die Teppiche waren textiler Gebrauchsgegenstand.

Heute stellen wir ganz andere Anforderungen an einen Bodenbelag, und mit Hilfe der Chemiefaserstoffe können Fußbodenbeläge sehr rationell hergestellt werden. Eines dieser Verfahren, das sich am weitesten von den traditionellen Arbeitsweisen entfernt hat, ist die Vliestechnologie. Bereits beim Erspinnen legt man durch hin- und herbewegte Spinnbalken die Fäden in Wirrlage ab, oder man verwirbelt Stapelfasern, benutzt Krempelbänder oder Wattewickel. Diese kann man verfestigen: durch Erwärmen bis zum Erweichungspunkt mit anschließendem Zusammenpressen der plastisch gewordenen Fasern, durch Verkleben, durch Übernähen, durch Verwenden verschiedener Fasern im Vlies, die sich beim Schrumpfen umschlingen, durch Einpressen oder Beschichten mit Synthesekautschuk oder anderen plastischen Massen, durch Kunststoffschaume.

Faserstoffe nach Maß

Das Beispiel zur Entwicklungsgeschichte der Bodenfliese zeigt uns, daß die Produktion der Chemiefasern die Basis für einen gewandelten Bedarf, für gewandelte Verbraucherwünsche bildet und neue Gewohnheiten im Gebrauch von Textilien erzeugt. Dies genau zu beobachten und mit technischen Versuchen zu belegen ist die Aufgabe der anwendungstechnischen Abteilungen in den Chemiefaserbetrieben. Diese Abteilungen haben Einsatzforschungen zu betreiben, die günstigsten Anwendungsformen der erzeugten Typen zu ermit-

teilen, die Weiterentwicklung dieser Chemiefaserstofftypen anzuregen und die Anwendung in anderen Gebieten der Volkswirtschaft zu untersuchen, Einsatzmöglichkeiten für Abfallprodukte zu finden, den Verbraucher der Fasern oder Fäden technisch zu beraten und die Verarbeitungstechnologien abzustimmen.

Sie müssen neue Eigenschaften für die Faserstoffe konzipieren, dem Textilmaschinenbau faserstoffspezifische Hinweise geben, den Kontakt mit den Farbstoff- und Hilfsmittelherstellern pflegen, eine Standardproduktion garantieren und Aufgaben zur Erfüllung der Normen des Warenzeichens durchsetzen.

Sicherlich ist es möglich, mit erheblichem Aufwand Faserstoffe nach Maß herzustellen.

Es ist aber günstiger, nicht den Faserstoff nach Maß zu erzeugen, sondern für jedes Maß den richtigen Faserstoff einzusetzen.

Die Rohstoffe zur Herstellung der Fasern, deren Produktionsweise und die textiltechnologische Verarbeitung können so gezielt auf das Endprodukt hin geplant werden, daß der volkswirtschaftliche Nutzen größer wird.

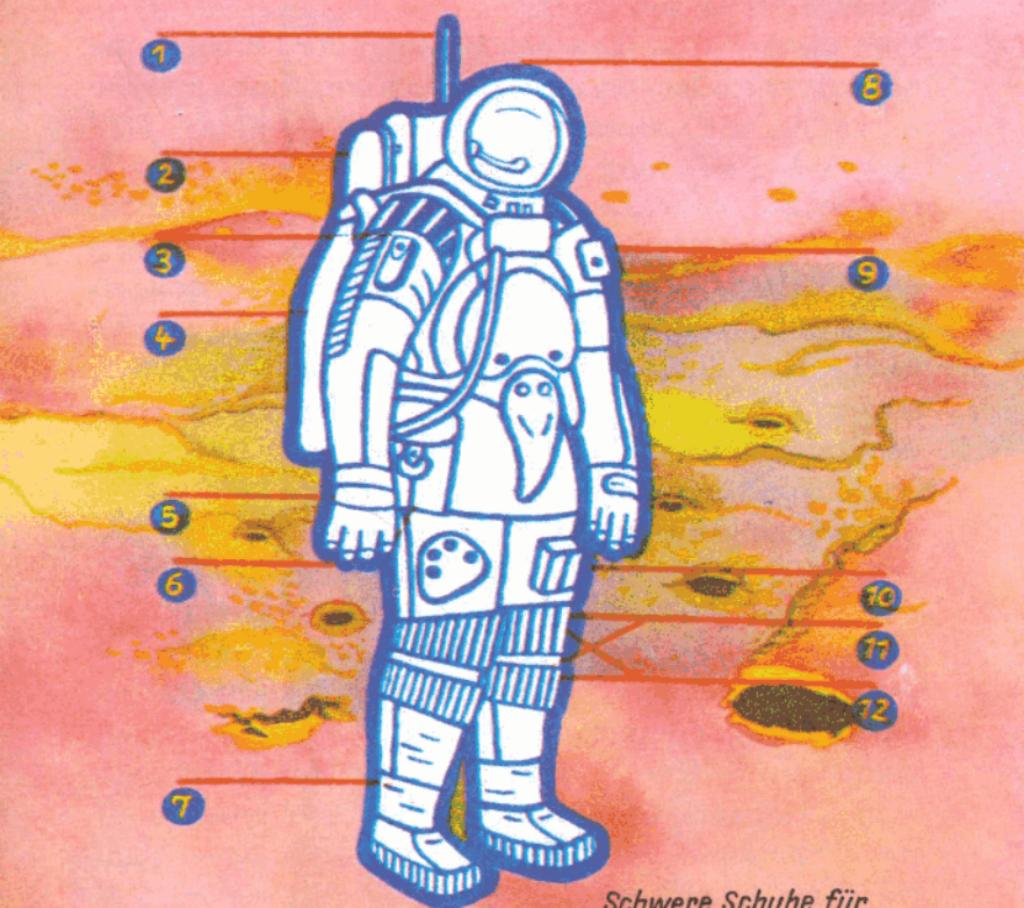
Es gibt keine überall einsetzbare Faser. Aber die Vielfalt der vorhandenen Typen, die aus den Grundpolymeren Polyamid, Polyester, Polyakrylnitril, Zellulose, Polypropylen und Polyvinylchlorid hergestellt werden, die Möglichkeit des Mischens und der Kombination, angefangen bei der Polymerlösung oder -schmelze und den Bikomponentenfasern über die Fasermischungen bis hin zu der Verwendung verschiedener Garne und Faserstoffe im Flächengebilde und dem Verbund ver-

schiedenartiger Flächengebilde ergeben universelle Einsatzmöglichkeiten für die Chemiefaserstoffe. In der Zukunft wird es kaum Fasern geben, die aus grundlegend neuen Polymeren erzeugt werden, obwohl man eine Vielzahl von Polymeren kennt, die sich für Faserstoffe eignen. Ihr Einsatz wird sich aber auf Spezialzwecke beschränken. Die sich entwickelnde Raumfahrt gibt uns ein Beispiel dafür. Hier werden Faserstoffe benötigt, beständig gegen hohe Temperaturen, Faserstoffe, die Schutz gegen Weltraumstrahlung bieten, Schutz gegen Mikrometeoriten, Faserstoffe, die druck- und formbeständig sind, die das Wohlbehagen des Kosmonauten fördern. Bei der Konstruktion der Kosmonautenkleidung müssen die verschiedenenartigsten Gesichtspunkte berücksichtigt werden, und es ist notwendig, nicht nur die bestehenden Fasertypen auf ihre Eignung hin zu untersuchen oder sie abzuwandeln, es muß auch eine Reihe neuer Typen entwickelt werden. Das Ergebnis dieser Forschungen wird die Gebrauchseigenschaften der technischen Textilien und besonders die der Arbeitsschutzkleidung verbessern.

Was wird morgen sein?

Eine Antwort auf diese Frage kann nicht vollständig und direkt sein, weil Wissenschaft und Technik sich sehr schnell entwickeln und eine Voraussage nicht ausreichend genau sein kann. Gehen wir vom bereits Vorhan-

Im Weltraumanzug haben viele Faserstoffe spezielle Aufgaben zu erfüllen



- 1 Sprechfunkantenne
- 2 Sauerstoffbehälter
- 3 Sonnenbrille
- 4 Versorgungstornister für Flüssigkühlung
- 5 Weltraumhandschuhe mit Haftspitzen
- 6 Ring für Halteseil zur Mondfähre

- 7 Schwere Schuhe für Mondaufenthalt (Glasfaserverstärkung)
- 8 Spezialhelm
- 9 Taschenlampe und Schreibutensilien
- 10 Bereitschaftstasche
- 11 Bandagen zur Sicherheit des Raumanzuges
- 12 Metall-Kunststoff-Verstärkung als Kniestütze

denen aus und wägen wir die Möglichkeiten ab, die in die Zukunft weisen.

Vom ersten Gedanken das Spinnen der Seidenraupe nachzuvollziehen, bis zur Durchführung dieses Arbeitsprozesses im industriellen Maßstab vergingen 300 Jahre. 70 Jahre lang beherrschten dann die Chemiefasern aus Zellulose den Markt. 20 Jahre benötigten die Synthesefaserstoffe, um mit den Zellulosefasern gleichzuziehen. Rechnen wir jedoch die Baumwolle zu diesen Chemiefaser-Textilrohstoffen hinzu, so werden wir auch in Zukunft drei- bis viermal mehr Zellulosefasern einsetzen als Synthesefaserstoffe. Die konventionellen Textiltechnologien werden also auch in der Zukunft noch überwiegen, die Produktion jedoch überwachen elektronische Rechenmaschinen: Computer übernehmen die Steuerung der komplizierten Arbeitsgänge. Da bei dem gegenwärtigen Tempo der Entwicklung die maschinentechnischen Anlagen alle sechs bis acht Jahre veralten, wird in Zukunft die Produktion nicht mehr in kleinen und mittleren Betrieben, sondern nur noch in großen Kombinaten stattfinden, wobei sich die Grenzen zwischen Chemiefaserstoffherstellung und -verarbeitung immer mehr verwischen. Dadurch lassen sich bessere Lösungen der Produktionsaufgaben erreichen. Die Flächenbildung direkt aus dem Polymeren wird an Bedeutung gewinnen. Damit entwickelt sich die Chemiefaserindustrie zunehmend zu einem Zweig der Plastwirtschaft. Der Mensch erfand die Techniken des Flechtens und Webens. Dafür

Früher wurde Leinen in jedem Haushalt versponnen

Flachspflanze

(Lein)



*Handspindel mit
Spinnwirtel*



gibt es in der Natur keine Vorbilder. Welche Bildungsprinzipien für Flächen findet man aber in der Natur vor, die als Anregungen für die Textilindustrie gelten könnten? Es gibt die Haut mit Fell, Federn oder Schuppen, das Vlies bei den Samenhaaren der Pflanze und der Wolle der Schafe, das Fadengelege im Kokon der Seidenraupe, aber auch als Innenhaut der Vogeleier oder als Bastschicht der Baumrinden, schließlich noch die Folie bei den Insektenflügeln und den Blättern der Pflanzen.

Wird es der Schöpferkraft des Menschen gelingen, künftig vollkommener als bisher diese Vorbilder der Natur für seine Zwecke umzugestalten? Hierbei spielt auch die produktivere Herstellung der Kleidungsstücke eine Rolle. Heute wenden wir immer noch etwa 30 Prozent der Arbeitszeit für die Fertigung von Kleidungsstücken auf. Wird es künftig schneller gehen? Zuschnitt über computergesteuerte Laserstrahlen nach individuellen Maßen, Kleben und Verschweißen der Nähte statt Nähen mit der Maschine – wer weiß es heute? Technisch möglich ist es schon. Auch Elektronenstrahlen lassen sich in der Textiltechnik einsetzen. Sie bewirken Vernetzungseffekte bei Ausrüstungen oder bei der Herstellung von Textilverbunden, Ppropfpolymerisationen auf polymere Grundflächen, Musterungen durch Schablonenabdeckung – alles ist durch eine Strahlenbehandlung von Textilien möglich.

Bisher haben wir nur Faserstoffe kennengelernt, die auf der Grundlage polymerer Werkstoffe aufgebaut worden sind. Polymere – das sind Produkte der organischen Chemie. Es gibt aber auch Fäden anorganischer Natur,

wie Glasfäden oder Metallfäden. Metallfäden werden heute schon verwendet, um die elektrostatische Aufladung von Fußbodenbelägen aus Synthesefaserstoffen abzuleiten. Geringe Beimengungen zum Teppichgarn oder zu den Einlagen der Unterschicht des Teppichs genügen schon, um wirkungsvoll die elektrostatische Aufladung abzuleiten.

Auch bei den Raumfahreranzügen enthalten bestimmte Teile der Beinbekleidung eine Schicht Stahlfasergewebe. Heizbare Tapeten, Kleidungsstücke, Fußbodenbeläge sind andere Produkte, bei denen Metallfäden schon genutzt werden.

Ein weiterer Faserstoff anorganischer Natur besteht aus Kohlenstoff. Die Kohlenstofffäden eignen sich als Verstärkungsmaterialien für polymere Verbundwerkstoffe. Man erhält die Fäden durch Erhitzen unter Luftausschluß von Zellulose- oder von Polyakrylnitrilfäden. Wir kennen so einen Verbundwerkstoff: das Glasfiber. Angelruten oder Skistöcke stellt man zum Beispiel dar aus her.

Kohlenstofffasern bettet man – wie auch die Glasfasern – in bestimmte Plaste ein und verleiht dadurch dem Plastwerkstoff ein inneres Gerüst, das die Festigkeit und auch die Zähigkeit des Werkstückes vorteilhaft verbessert.

Als Plaste zur Einbettung der Kohlenstofffäden verwendet man Polyesterharze, Polyamide, Kunstharze aus Phenolen, Epoxiden, ferner Polystyrol, Polypropylen, Polycarbonate. Man erreicht mit den Verbunden oft bessere Materialeigenschaften als bei hochwertigen Stählen, wobei diese Werkstücke wesentlich geringere

Gewichte aufweisen. Das bringt Vorteile im Turbinenbau, Flugzeugbau, bei Düsentriebwerken, Rotorblättern für Hubschrauber, Radarhauben. Das Hauptanwendungsgebiet der Verbundwerkstoffe aus Kohlenstofffäden ist allerdings vorläufig noch die Raketen- und Weltraumtechnik.

Doch wenden wir uns nun den Glasfaserstoffen zu. Sie sind die ältesten unter den Faserstoffen aus anorganischen Materialien – und wenn man so will, die ältesten künstlichen Fasern überhaupt: Aus Funden in Pharaonengräbern wissen wir, daß im alten Ägypten die Kunst bereits bekannt war, aus dem Glasfluß Fäden zu ziehen. Diese Fäden wurden zum Schmuck und zur Verzierung auf die Glasgefäße aufgebracht.

In Oschatz steht ein modernes Werk, das für unsere Republik Glasfasern herstellt. Glasfasern, die weltweit bekannt sind. Man verwendet diese Fasern zu Isoliermatten, kann Tapeten daraus herstellen, Gardinen, Möbelbezugsstoffe. Alle diese Produkte brennen nicht, man kann sie mühelos reinigen, indem man sie feucht abwischt. Angelruten, Karosserieteile, Boote, die Rümpfe von Fischtrawlern stellt man aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen her. Nur Kleider aus Glas wird es kaum geben, obgleich auch dies möglich wäre.

An einer Aufgabe wird in den Laboratorien der Chemiefaserbetriebe und Institute heute vorrangig gearbeitet: Es gilt, die Chemiefaserstoffe flammfest, unbrennbar oder flammenhemmend auszustatten und die elektrostatische Aufladung der Synthesefäden so herabzuset-



zen, daß sie für den Benutzer der Textilien nicht in Erscheinung tritt. Man versucht, die Faserstoffe zu modifizieren, das heißt abzuändern.

Bei modifizierten Faserstoffen sind die Makromoleküle chemisch so verändert worden, daß bestimmte Eigenschaften in die gewünschte Richtung gelenkt werden können. Die Textilien der Zukunft werden sicher solche modifizierten Faserstoffe enthalten und uns das Tragen noch angenehmer, noch bequemer machen. Die Modifizierung kann durch eine echte Abwandlung der Monomereinheit im Makromolekül, durch eine Polymermischung erfolgen oder durch das Miteinander- und Aneinanderpolymerisieren verschiedener Monomeren.

Zum Abschluß noch einige Probleme, über die es sich auch in Zukunft nachzudenken lohnt.

Chemiefaseranlagen müssen gebaut werden, um die Erdbevölkerung zu kleiden, die Technik mit Textilien zu versorgen, die Wohnungen kulturvoll und behaglich auszugestalten.

Zur Erzeugung der Chemiefaserstoffanlagen benötigt man Stahl.

So sind zum Beispiel für die Erstausstattung eines Werkes mit einer Jahresproduktion von 100 000 Tonnen Polyakrylnitrilfaserstoff etwa 7000 Tonnen Stahl erforderlich. Wenn man davon ausgeht, daß im Jahre 2000 mindestens 34 Millionen Tonnen Faserstoffe gebraucht werden, so muß man etwa 1,4 Millionen Tonnen Stahl für die Erstausstattung neuer Chemiefaserwerke einsetzen. Dabei sind die Transportanlagen und sonstigen Einrichtungen noch nicht einmal mit eingerechnet. Das

sind ungeheuer große Mengen dieses wertvollen Werkstoffes.

Die Synthesefaserstoffe sind recht „langlebig“. Sie verrotten nicht, verderben nicht, werden von Bakterien kaum zersetzt. Wir entnehmen zu ihrer Herstellung der Natur den Kohlenstoff, legen ihn in den schwer abbau-baren Fasern fest und stören so den natürlichen Kreislauf der Kohlenstoffverbindungen. Wir geben der Natur den ihr entnommenen Kohlenstoff nicht mehr in dem Maße zurück, wie dies notwendig wäre, weil er in den polymeren Werkstoffen festgelegt ist. Gleches gilt im übrigen auch für die anderen Plastwerkstoffe. Der Mensch bringt also die Rohstoffreserven in Unordnung. Sollten wir nicht einmal darüber nachdenken und einer gewissen „Wegwerfideologie“ entgegentreten? Bei den Textilien ist der Stoffkreislauf noch relativ einfach, weil aus den abgetragenen Kleidern die Fasern isoliert und einem neuen Verwendungszweck zugeführt wer-den können.

Es wäre zu überlegen, ob die Produktion von Zellulosefaserstoffen, deren Gebrauchswert den Synthesefaserstoffen heute gleichzusetzen ist, nicht ebenfalls so gesteigert werden könnte wie die der Synthesefaserstoffe. Verbesserte Hektarerträge im Zuwachs von Holz und schnellwüchsige Baumarten als Zellulosieleveran-ten könnten dazu beitragen, diesen Gedanken zu ver-wirklichen. Gleichzeitig hätten wir den Vorteil, daß sich durch die Vermehrung des Waldbestandes unsere Umwelt freundlicher gestaltet.

Und das Energieproblem? Aus Erdöl stellen wir die Rohstoffe für unsere Polymeren her. Aus Erdöl gewin-

nen wir Energie. Wir brauchen Stahl, um Chemiefaserverbetriebe zu bauen. Um Stahl zu schmelzen, ist Kohle notwendig. Beide, Erdöl und Kohle, sind aber auch für die Erzeugung der Faser notwendig. Hier liegen unsere Aufgaben für die Zukunft. Schon kann man mit Hilfe der Lichtenergie Caprolactam erzeugen. Werden Verfahren für andere Monomeren folgen?

Inhaltsverzeichnis

- 5 Wie alt ist unsere zweite Haut?
- 6 Weißt du, wieviel Schäfchen gehn?
- 10 Onkel Toms Hütte
- 14 Die Seidenraupe macht es vor
- 18 Das Lied der Weber
- 24 Ein Professor träumt
- 32 Am Anfang stand die Glühlampe
- 35 Der Graf und die künstliche Seide
- 39 Es geht auch anders...
- 43 Die vernachlässigte Dimension
- 45 Die künstliche Seidenraupe
- 52 Siegeszug der Zellwolle
- 59 Riesenmoleküle
- 66 Ein folgenschwerer Irrtum
- 74 In Wolfen stand die Wiege
- 75 Meister Dietz erzählt
- 78 Die anderen Großen
- 89 Ein Kapitel Technologie
- 99 PA-S, DEDERON stellt sich vor
- 107 Wäsche waschen, Wohlergehen
- 116 Woran erkennt man sie?
- 119 Chemiefaserstoffe überall
- 122 Geht es einfacher?
- 128 Faserstoffe nach Maß
- 130 Was wird morgen sein?



© DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN – DDR 1977
Lizenz-Nr. 304-270/123/77-(30)
Gesamtherstellung: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb
Leipzig – III/18/97
1. Auflage
LSV 7851
Für Leser von 12 Jahren an
Bestell-Nr. 630 214 3
DDR 3,- M

Über unsere zweite Haut, die Kleidung, denken wir meist nur dann nach, wenn wir modisch aussehen wollen. Aber wie lange schon tragen die Menschen Kleidungsstücke? Woraus bestanden diese früher, und woraus stellen wir sie heute her?

