

Dr. E. Kirschner, Forschungsinstitut für Faserverarbeitung e. V., Denkendorf

Dr. H. Vogg, Laboratorium für Isotopentechnik der Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe

Bestimmung der Komponentenverteilung in Mischgespinsten mittels Aktivierungsanalyse

Textilien aus Mischgespinsten nehmen im heutigen Warenangebot einen breiten Raum ein. Man hat im Umgang mit Natur- und Chemiefasern gelernt, die Mischungskomponenten in qualitativ und preislich vorteilhafter Weise aus einer Vielzahl sich anbietender Faserarten auszuwählen und im Mischungsverhältnis günstig zu dosieren. Der modische Wandel und der technische Fortschritt mit seinen immer neuen Anforderungen verheißen der Mischverspinnung eine sichere Zukunft. Nicht Entwicklung ständig neuer Fasern, sondern eher Variation und Kombination der vorhandenen heißt die Devise. Für die Spinnereindustrie bedeutet dies, sich langfristig auf die Technologie der Mischverspinnung einstellen zu müssen.

Im Hinblick auf die steigenden Anforderungen an die Mischungsgleichmäßigkeit bei gleichzeitig kürzer werdenden und sich technisch verändernden Verarbeitungssortimenten ist mit der Mischverspinnung eine Reihe von Fragen verbunden. Diese betreffen sowohl die Mischungsverteilung in Längsrichtung des Garnes als auch die im Garnquerschnitt. Um erstere geht es beispielsweise, wenn eine Ware bei Bicolorfärbung zu schipprig herauskommt oder Banden aufweist, um letztere dagegen, wenn z. B. das Phänomen der Faserwanderung zum Kern bzw. zur Peripherie des Garnquerschnittes hin angesprochen ist. Technologisch interessiert vor allem die Mischungslängsverteilung, da sie beeinflussbar ist (Mischverfahren, Höhe der Dublierung), wogegen die Querschnittsverteilung als von Titer und Faserlänge abhängig mehr oder weniger hingenommen werden muß.

Während die Bestimmung der Garnungleichmäßigkeit, d. h. der Masseungleichmäßigkeit des Gesamtfaserverbandes, mittels der kapazitiven Meßmethode seit langem befriedigend gelöst ist und entsprechende Geräte, wie z. B. der GGP-Uster, heute zur Grundausstattung eines Textillabors gehören, stellt die rationelle Bestimmung der Mischungsgleichmäßigkeit noch ein Problem dar. Die herkömmlichen Methoden, wie das Auszählen der Mischungsanteile unter dem Mikroskop oder ihre gravimetrische Bestimmung mittels chemischer Analyse, dürften heute vom Zeitaufwand bzw. der Kostenfrage her nur noch in den wenigsten Fällen in Frage kommen, da das Mischungsverhältnis zur Bestimmung der Mischungsverteilung in Längsrichtung eines Garnes an einer Vielzahl (z. B. 200) von Garnabschnitten ermittelt werden muß und nicht — wie bei der Bestimmung der Mischungszusammensetzung — nur an wenigen Proben.

In der betrieblichen Praxis begnügt man sich daher im allgemeinen mit der visuellen Beurteilung der Komponentenverteilung in bicolor gefärbten Stoffabschnitten. Bei nur vergleichenden Untersuchungen ist diese Methode gut brauchbar. Um das Gebiet der Mischverspinnung aber auch von der Forschung her weiter durchdringen zu können, müssen modernere Meßmethoden die herkömmlichen ablösen. Dabei bieten sich — zunächst für den Einsatz in Instituten und nicht in der Spinnereipraxis gedacht — verschiedene Wege an.

Lünenschloß und Rottmayr [1] benutzten bei Mischgespinsten aus PES/Baumwolle eine kombinierte Meßmethode aus chemischer Analyse und kapazitiver Messung. Sie unterzogen dabei das Garn einer zweimaligen kapazitiven Prüfung auf dem GGP-Uster, und zwar ein-

mal das Mischgespinst selbst und zum andern das nach Herauslösen der Baumwolle verbleibende PES-Restgespinst. Durch Abtasten der beiden Uster-Diagramme mittels eines Diagrammabtasters und anschließende Verarbeitung der Werte auf einer EDV-Anlage gelangten sie zu der Längenvariationskurve der Mischungsverteilung.

Noch einen Schritt weiter führt der Gedanke, die Mischungsverteilung in Längsrichtung eines Garnes durch Einsatz radioaktiver Isotope zu bestimmen, wie sie in der Textiltechnik im Rahmen anderer Aufgabenstellungen schon mit Erfolg eingesetzt worden sind [2, 3, 4, 5]. Die letztlich doch ein Handikap bleibende chemische Analyse ließe sich dadurch völlig umgehen. Das z. T. noch mit manueller Arbeit verbundene Herstellungsverfahren der Mischgespinste verbietet dabei freilich, bereits in der Faserflocke aktive, also strahlende Isotope einzusetzen, sondern zwingt dazu, die Aktivierung erst am fertigen Garn vorzunehmen (Aktivierungsanalyse).

Ausgehend von der Textilaktion des Büros Eurisotop haben sich das Forschungsinstitut für Faserverarbeitung e. V., Denkendorf, und das Laboratorium für Isotopentechnik der Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe, die Aufgabe gestellt, diesen Weg zur Bestimmung der Mischungsverteilung auf seine Durchführbarkeit hin genauer zu untersuchen. Die vorliegende Arbeit berichtet über das Ergebnis. Dabei wird die rein meßtechnische Aufgabe am Beispiel einer spinnereitechnischen Aufgabenstellung abgehandelt, die darin bestand, den Einfluß von Dublierung und Mischmethode auf die Mischungsverteilung aufzuzeigen.

Technologische Aufgabenstellung

Die Mischung PES 3.3 dtex/100 rohweiß, matt und Viskosefaser hochgekräuselt 4.2 dtex/100 matt, 70:30 Prozent, war nach dreierlei, sich in der Dublierung und teils auch im Mischverfahren unterscheidenden Spinnplänen (I, II, III) zu Garn der Feinheit 500 dtex (Nm 20) auszuspinnen. Der PES-Anteil enthielt, worauf später noch einzugehen sein wird, bereits in der Faserflocke 0,2% Lanthan als inaktiven Tracer. Die Maschinenfolge der drei Spinnpläne ist aus Abb. 1 zu ersehen.

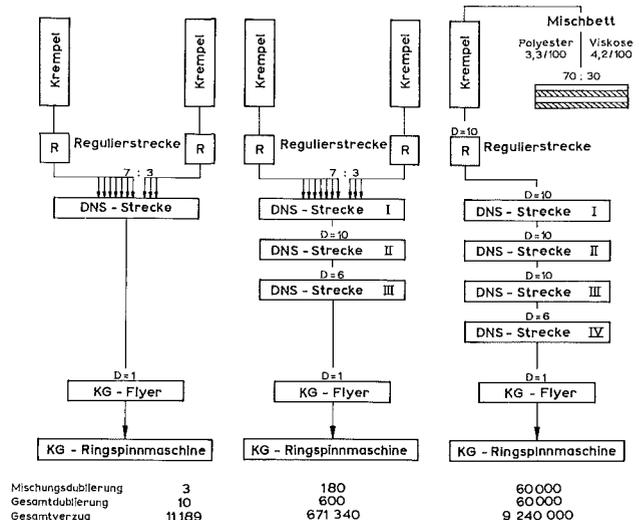


Abb. 1 Maschinenfolgen der Spinnpläne I, II und III

Spinnplan I bestand aus Krempel, Regulierstrecke, Doppelnadelstabstrecke, Kammgarnflyer und Ringspinnmaschine. Die Mischung erfolgte an der Doppelnadelstabstrecke im Verhältnis 7:3 Bänder, was einer 10fachen Fasermassedublierung, jedoch nur einer 3fachen Mischungsdublierung entsprach (bei der Mischungsdublierung zählt nur die Anzahl der Bänder des kleineren Anteiles).

Bei Spinnplan II wurden nach der Regelstrecke drei Doppelnadelstabstrecken statt einer eingesetzt, im übrigen aber die Maschinenfolge von Spinnplan I beibehalten. Die Mischung erfolgte wieder an Strecke I. Die Fasermassedublierung betrug 6000- und die Mischungsdublierung 180fach.

Mit Spinnplan III schließlich wurde eine besonders intensive Mischung angestrebt. Gemischt wurde in Form eines Mischbettes vor der Krempel, der eine Regelstrecke und vier Doppelnadelstabstrecken folgten. Dies ergab sowohl für die Fasermasse als auch für die Mischung eine Dublierung von 60 000fach.

Das Kriterium für die Güte der Mischungsverteilung in Längsrichtung des Garnes war der Variationskoeffizient $V(\psi_1)_{pr}$ der praktisch ermittelten relativen Gewichtshäufigkeit der PES-Komponente in Garnabschnitten von 2 m Länge, wobei durch Streuungserlegung die Verteilung innerhalb der Kopse, zwischen den Kopsen und insgesamt bestimmt wurde.

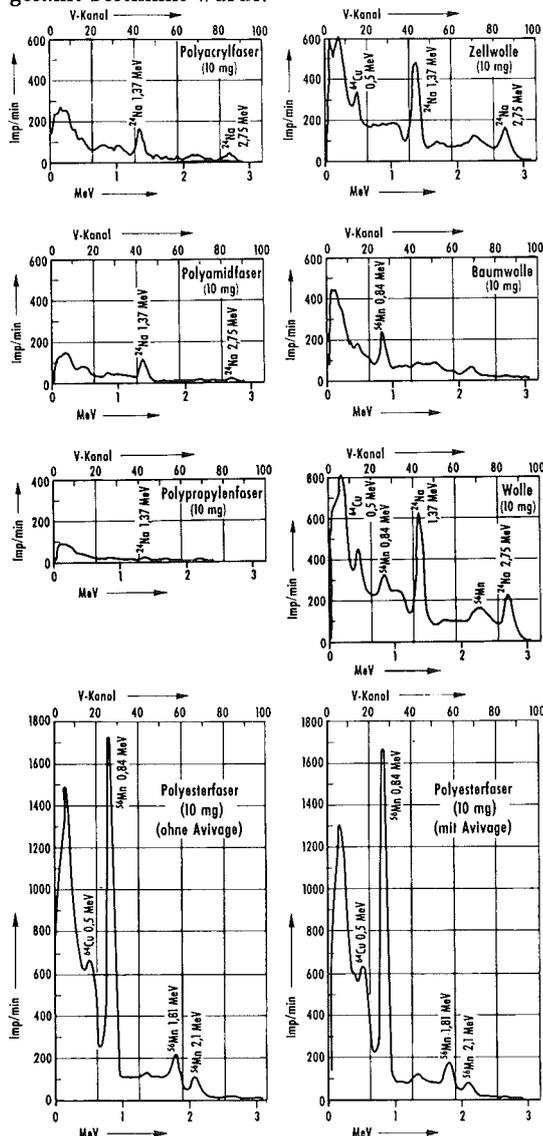


Abb. 2 Gammaspektren verschiedener Faserarten (Thiemig-Taschenbuch, Band 9, S. 201/202)

$$V^2(\psi_1)_{pr} = \frac{100^2}{\bar{\psi}_1^2(n-1)} \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{1i} - \bar{\psi}_1)^2 \quad (1)$$

Darin bedeuten:

- $V(\psi_1)_{pr}$ = praktischer Variationskoeffizient der relativen Gewichtshäufigkeit der PES-Komponente in Garnabschnitten von 2 m Länge
- ψ_1 = relative Gewichtshäufigkeit der PES-Komponente
- ψ_{1i} = relative Gewichtshäufigkeit der PES-Komponente vom Garnabschnitt i
- $\bar{\psi}_1$ = mittlere relative Gewichtshäufigkeit der PES-Komponente

Durch analoge Untersuchungen an Garnabschnitten anderer Länge ergäbe sich die Längenvariationskurve der Mischungsverteilung, die — wie von der Längenvariationskurve der Gesamtfasermasse her geläufig — über die Längsverteilung noch besser informiert, im Rahmen dieser mehr die Bestimmungsmethode betreffenden Arbeit aber nicht weiter untersucht wurde.

Nachdem sich die rein theoretisch zu erwartende Optimalverteilung der Mischung näherungsweise berechnen läßt [6, 7], waren abschließend die praktisch ermittelten Werte den theoretisch optimalen gegenüberzustellen und die Spinnpläne untereinander kritisch zu vergleichen.

Auswahl von Fasermaterial und Markierungsmittel

Um festzustellen, welche stabilen, jedoch leicht aktivierbaren Elemente in den verschiedenen Faserarten a priori vorhanden sind, wurde im Rahmen einer vorangegangenen Untersuchung [8] eine Reihe von Faserproben im Reaktor bei einer Neutronenflußdichte von $4 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 20 Minuten lang bestrahlt. Eine Auswahl der erhaltenen Gammaspektren, d. h. der spektralen Energieverteilungen der Gammastrahlen, zeigt Abb. 2. Die verschiedenen Faserarten verhielten sich danach recht unterschiedlich. So z. B. fand sich in den PES-Proben — vermutlich als Lichtschutzmittel — Mangan (Radionuklid ^{56}Mn , Halbwertszeit 2,6 h), in Viskosefasern dagegen deutliche Spuren von Natrium (Radionuklid ^{24}Na , Halbwertszeit 15,1 h). Wegen der nicht gewährleisteten homogenen Verteilung schieden jedoch beide Elemente als Leitsubstanzen für die jeweilige Faser aus. Das gleiche galt, wie an anderen PES-Proben ermittelt, für Antimon (Radionuklid ^{122}Sb , Halbwertszeit 2,7 d), das Armstrong und Mitarbeiter bei der Bestimmung der Mischungsverteilung einer PES/Baumwolle-Mischung mittels Aktivierungsanalyse verwandten [9]; die Antimonverteilung erwies sich bei unseren Untersuchungen ebenfalls nicht homogen genug, um als Tracer zu dienen.

Es erwies sich somit als unumgänglich, einer der beiden Faserkomponenten bereits in der Primärspinnerei in möglichst homogener Verteilung ein nicht radioaktives, später aber leicht aktivierbares Element beizumischen, d. h. eine der beiden Komponenten durch einen Tracer von vornherein inaktiv zu markieren. Die Wahl fiel auf die PES-Komponente — weil wegen des größeren Mischungsanteiles darin eine größere Tracermenge unterzubringen war — und als Markierungsmittel auf Lanthan (Radionuklid ^{140}La , Halbwertszeit 14,2 h). Die Halbwertszeit von ^{140}La ist genügend groß, um das nach der Reaktorbestrahlung in der PES/Viskose-Mischung störende ^{24}Na abklingen lassen zu können. Um die Spinnbedingungen nicht zu stark zu beeinträchtigen oder zu

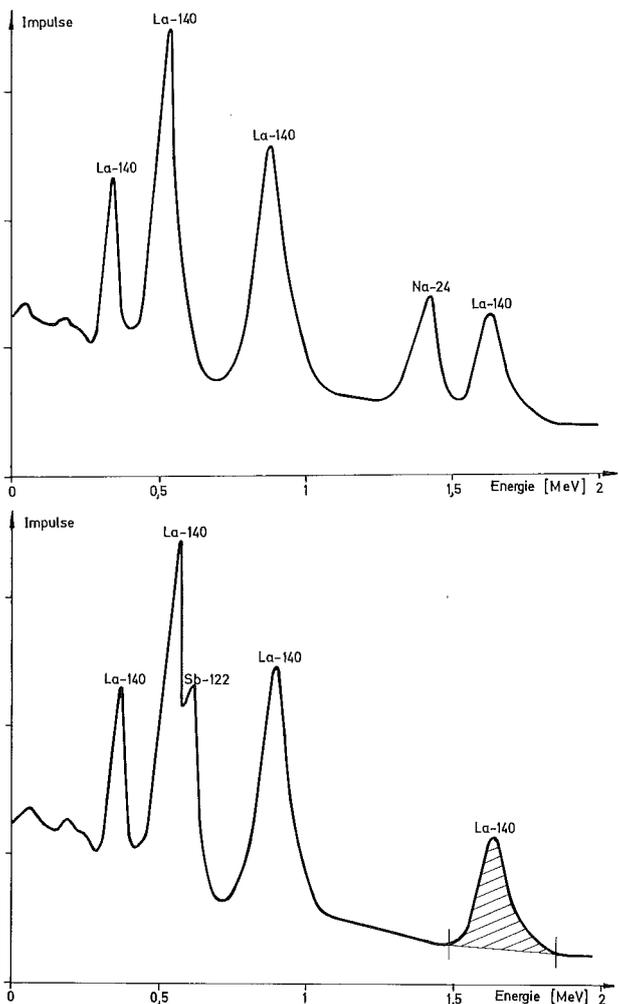


Abb. 3a und b γ -Spektrum einer reaktorbestrahlten PES/Viskose-Mischung
a = 1 Tag nach der Bestrahlung, b = 14 Tage nach der Bestrahlung

verändern, mußte der Lanthananteil allerdings gering gehalten werden (0,2%). Seine Beigabe beim chemischen Spinnprozeß erfolgte in Form von Lanthanoxid.

Zur Durchführung der Aktivierungsanalyse

Das Prinzip der Aktivierungsanalyse ist relativ einfach: Man bestrahlt das zu untersuchende Material, in unserem Falle eine Vielzahl von Garnabschnitten von 2 m Länge, durch Neutronenbeschuß in einem Reaktor oder mittels einer anderen Neutronenquelle, wobei bestimmte Anteile des Fasermaterials, u. a. auch das dem PES als Tracer beigegebene Lanthan, durch Kernreaktion radioaktiv werden. Zum besseren Verständnis sei ergänzend dazu bemerkt, daß selbstverständlich auch die Hauptkomponenten der Fasern, nämlich H, C, O, N ebenfalls Kernreaktionen eingehen. Die entsprechenden Reaktionsprodukte sind in diesen Fällen jedoch nicht nachweisbar, da die Wirkungsquerschnitte für die entsprechenden Reaktionen sehr klein und die Halbwertszeiten der gebildeten Radionuklide entweder extrem kurz oder außergewöhnlich lang sind.

Die gebildeten Radioisotope können besonders bequem gemessen werden, wenn sie γ -Strahlung emittieren, da mittels γ -Spektroskopie mehrere Nuklide gleichzeitig nebeneinander rein instrumentell bestimmbar sind. Die Aktivität eines Einzelnuklides, repräsentiert durch das Flächenintegral über einen oder mehrere zugehörige γ -Peaks, ist dem Elementanteil, aus dem sie gebildet wurde, direkt proportional, d. h. die Aktivitätsmessung liefert das eigentliche analytische Signal. In unserem Fall

entstand durch Reaktor-Neutronenbestrahlung aus dem Lanthan-Tracer durch eine Neutronen-Einfangreaktion radioaktives ^{140}La , dessen γ -Komponente von 1,6 MeV nach Abklingen des aus der Matrix störenden ^{24}Na gemessen wurde (vgl. Abb. 3). Die erhaltenen Impulse sind der jeweils vorhandenen Lanthan-Menge und damit dem PES-Anteil proportional.

Die Aktivierungsanalyse besitzt zwei wesentliche Vorteile: sie ist sehr empfindlich und kommt ohne die Zerstörung des Prüfgutes aus. Letzteres ist mitunter entscheidend, z. B. wenn die Analyse kontinuierlich, d. h. am laufenden Faden durchgeführt werden soll. Armstrong und Mitarbeiter [9] haben das kontinuierliche Verfahren im textilen Bereich unseres Wissens erstmals angewandt, und zwar an einer Mischung PES/Baumwolle. Sie konnten wegen der geringen Aktivität des im PES-Anteil enthaltenen Antimons jedoch nur Bänder und Vorgarne analysieren, aber keine Garne.

Wir haben uns aus Gründen der Genauigkeit in der vorliegenden Untersuchung für eine diskontinuierliche Arbeitsweise entschieden. Die erforderlichen großen Stückzahlen von Einzelanalysen konnten in Kauf genommen werden, da mit Hilfe eines Probenwechslers eine weitgehend automatische Vermessung der Einzelproben sichergestellt war.

Meßgenauigkeit der Aktivierungsanalyse gegenüber der chemischen Analyse

Ob sich die aktivierungsanalytische Methode zur Bestimmung der Mischungsverteilung überhaupt eignete, hing im wesentlichen von der erzielten Meßgenauigkeit ab. Den Untersuchungen an den Garnabschnitten gingen daher Untersuchungen an Faserflockenproben in bekannter Mischungszusammensetzung voraus (genaue Einwaage). Die Proben enthielten PES-Anteile von ca. 60–80% bzw. ca. 300–400 mg, was nach der Bestrahlung im Reaktor ein Lanthan-Meßsignal von etwa 100 000 Impul-

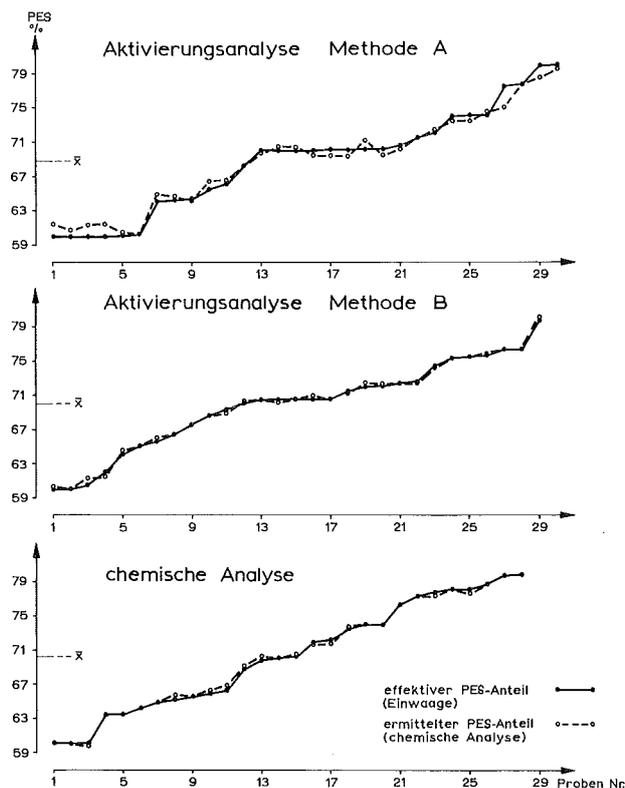


Abb. 4 Nach unterschiedlichen Analysenmethoden ermittelter PES-Anteil von ca. 500 mg schweren Flockenproben aus PES/Viskose in Gegenüberstellung zum genau eingewogenen PES-Anteil

sen bei 10 Minuten Meßzeit ergab. Damit lag der statistische Fehler der Zählratenmessung selbst bei 3facher Standardabweichung unterhalb 1%.

Der Größe nach geordnet enthielten die aus je 29 Flockenproben bestehenden Meßreihen eingewogene PES-Anteile, entsprechend den in Abb. 4 stark ausgezogenen Kurven. Die in diesen Proben durch Aktivierungsanalyse bzw. chemische Analyse ermittelten PES-Anteile sind in entsprechender Zuordnung darüber gezeichnet.

Bei dem als aktivierungsanalytische Methode A bezeichneten Verfahren erfolgte die Bestrahlung der einzelnen Proben in der Rohrpostanlage des Karlsruher Forschungsreaktors (FR 2) bei einer Neutronenflußdichte von $9 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ und erreichte nicht die gewünschte Genauigkeit. Deutliche Verbesserungen und letztlich befriedigende Resultate lieferte die aktivierungsanalytische Methode B, der veränderte Bestrahlungsbedingungen im Drehteller der thermischen Säule des FR 2 bei einer Neutronenflußdichte von $3 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ zugrunde lagen. Gut waren die Übereinstimmungen zwischen Soll- und Ist-Werten auch bei der chemischen Analyse, die als Vergleichsbasis diente.

Wertet man die erhaltenen Kurvenzüge aus, indem man die zahlenmäßigen Abweichungen „a“ zwischen Soll- und Ist-Werten ermittelt, so erhält man Häufigkeitsverteilungen entsprechend Abb. 5. Der jeweilige durchschnittliche absolute Meßfehler ist dann

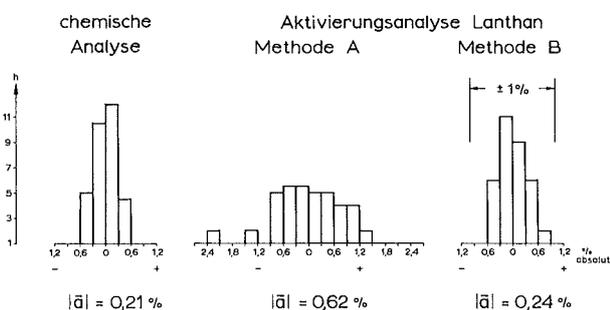


Abb. 5 Häufigkeitsverteilung der Abweichung a zwischen effektivem und ermitteltem PES-Anteil

$$|\bar{a}| = \frac{\sum a_i}{n} \quad (2)$$

Der Vergleich der Häufigkeitsschaubilder bzw. der durchschnittlichen absoluten Meßfehler bestätigt, daß die aktivierungsanalytische Methode A gegenüber der aktivierungsanalytischen Methode B einen wesentlichen Fortschritt gebracht hat und Methode B hinsichtlich der Meßgenauigkeit mit der chemischen Analyse ohne weiteres vergleichbar ist. Die auf $\pm 1\%$ abs. geschätzte Genauigkeit der aktivierungsanalytischen Methode konnte im vorliegenden Fall sogar unterschritten werden.

Ergebnisse der aktivierungsanalytischen Untersuchungen an den Mischgarnen

Nach erwiesener hinreichender Meßgenauigkeit des Lanthan-Analysenverfahrens konnte an die eigentliche Aufgabe, nämlich die Bestimmung der Mischungslängsverteilung der dreierlei Mischgespinste 500 dtex (Nm 20) aus PES 3.3/100, Viskose 4.2/100, 70:30%, herangegangen werden. Die für die Aktivierungsanalyse benötigten Garnabschnitte wurden jeweils 46 Kopsen entnommen, und zwar 5 Garnabschnitte pro Kops. Die Probenentnahme war auf eine möglichst sichere Erfassung der Querstreueung zwischen den Kopsen angelegt, die erfah-

rungsgemäß bei der Weiterverarbeitung der Garne störender in Erscheinung tritt als die Streueung innerhalb der Kopsen. Pro Mischpartie standen somit $46 \times 5 = 230$ Garnabschnitte von je 2 m Länge zur Verfügung.

Als Kriterium der Mischungsungleichmäßigkeit wurde — wie eingangs erläutert — jeweils der Variationskoeffizient der relativen Gewichtshäufigkeit der PES-Komponente ermittelt, d. h. des aktivierungsanalytisch bestimmten PES-Anteils von 2 m-Garnabschnitten (Tabelle 1).

Tabelle 1 Mischungungleichmäßigkeit PES

Mischungungleichmäßigkeit PES	
Spinnplan I	
Bandmischung	
3fache Mischungsdublierung	V = 4,94%
Spinnplan II	
Bandmischung	
180fache Mischungsdublierung	V = 1,78%
Spinnplan III	
Flockenmischung	
60 000fache Mischungsdublierung	V = 2,80%

Die Zahlen der Tabelle 1 sagen als Maß für die Mischungslängsverteilung selbst dem Fachmann zunächst wenig. Sie zeigen zwar, daß schon eine 180fache Mischungsdublierung gegenüber einer nur 3fachen eine wesentliche Verbesserung der Komponentenverteilung bringt, lassen jedoch die Frage nach der Homogenität der Mischung offen. Deutlich wird allerdings schon hier, daß eine hohe Dublierung allein keine Gewähr für eine gute Komponentenverteilung bietet (V = 2,80% bei D = 60 000), sondern noch andere Momente, wie z. B. das Mischverfahren oder die Verzugsigenschaften eine Rolle spielen.

Genauere Informationen über die erzielten Mischungsverteilungen erhält man, wenn man die jeweils 230 Einzelwerte einer Streueungsanalyse unterzieht, d. h. die Gesamtstreueung in die Streueung zwischen den Kopsen und

Tabelle 2 Streueungsanalyse

	innerhalb V _i %	zwischen V _z %	gesamt V _g %
Spinnplan I			
Bandmischung			
3fache Mischungsdublierung	4,44	6,60	4,94
Spinnplan II			
Bandmischung			
180fache Mischungsdublierung	1,61	2,32	1,78
Spinnplan III			
Flockenmischung			
60 000fache Mischungsdublierung	1,82	5,13	2,80

diejenige innerhalb derselben zerlegt. Die auf diese Weise erhaltenen Variationskoeffizienten finden sich in Tabelle 2.

Errechnet man darüber hinaus für das vorliegende Mischgarn auch noch die bei einer reinen Zufallsverteilung zu erwartende theoretisch optimale Längenvariationskurve und zeichnet man die bei der Streueungszerlegung erhaltenen V-Werte in dieses Diagramm ein (Abb. 6), so erhält man einen wesentlich besseren Einblick in den jeweils erzielten Grad der Mischungsverteilung.

Wie aus Abb. 6 hervorgeht, hat bereits die 180fache Dublierung die Mischungsverteilung nahe an das theo-

retische Optimum herangebracht, wobei die Tatsache, daß die Bänder vor der Mischstrecke reguliert wurden, sicher mit entscheidend war.

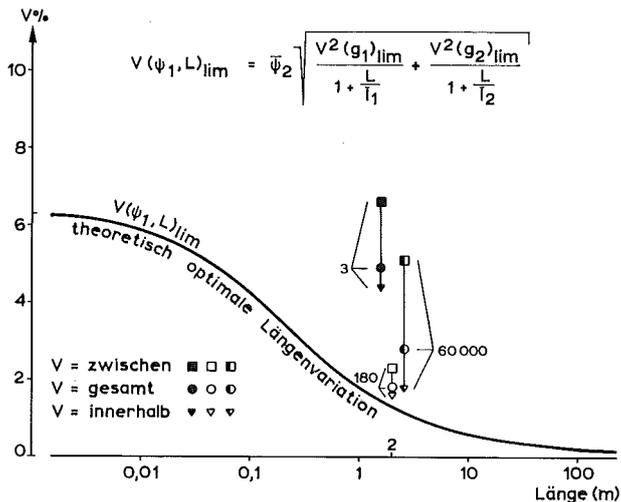


Abb. 6 Praktisch ermittelte Mischungsungleichmäßigkeit der PES-Komponente der drei Mischgespinste (3/180/60000fache Mischungs-dublierung) bei 2 m Abschnittlänge in Gegenüberstellung zur theoretisch optimalen Längenvariation. In obiger Näherungsformel für die theoretisch optimale Längenvariationskurve der Mischungsverteilung bedeuten:

- $V(\psi_1, L)_{lim}$ = theoretisch optimaler Variationskoeffizient der relativen Gewichtshäufigkeit der PES-Komponente
- ψ_1 = relative Gewichtshäufigkeit der PES-Komponente
- $\bar{\psi}_2$ = mittlere relative Gewichtshäufigkeit der VI-Komponente
- \bar{l}_1 = mittlere Faserlänge der PES-Komponente
- \bar{l}_2 = mittlere Faserlänge der VI-Komponente
- $V(g_1)_{lim}$ = Grenzungleichmäßigkeit nach Martindale für die Faserlänge der PES-Komponente
- $V(g_2)_{lim}$ = Grenzungleichmäßigkeit nach Martindale für die Faserlänge der VI-Komponente

Auffallend wiederum das ungünstige Abschneiden von Spinnplan III, der hinsichtlich der Streuung zwischen den Kopsen den Erfolg der 60 000fachen Dublierung vermissen läßt. Die Ursache hierfür ist in den Unwägbarkeiten bzw. subjektiven Einflüssen des Mischbettverfahrens zu suchen, die bekanntlich dazu zwingen, sich bei Flockenmischanlagen automatischer Wiegekastenspeiser zu bedienen. Daß die Streuung innerhalb der Kopse durch die 60 000fache Dublierung gegenüber der 180fachen statt einer Verbesserung eher eine Verschlechterung erfahren hat, dürfte der durch die hohe Passagenzahl reduzierten Bandhaftung bzw. einer einsetzenden Entmischungstendenz zuzuschreiben sein, konnte jedoch im einzelnen im Rahmen dieser Arbeit nicht näher untersucht werden. Die ebenfalls schlechter gewordene Usterungleichmäßigkeit des Vorgarnes spricht für diese Annahme.

Eine Ergänzung erfuhr die Auswertung der Untersuchungsergebnisse durch die Homogenitätsprüfung, bei der der Quotient der Streuungsquadrate zwischen und innerhalb der Kopse

$$\frac{s_z^2}{s_i^2} = f \quad (2)$$

gebildet und mit dem theoretisch ermittelten F-Wert verglichen wird (Tabelle 3).

Tabelle 3

Homogenitätstest

	f	F-Wert	
		S = 95%	S = 99%
Spinnplan I Bandmischung 3fache Mischungs- dublierung	2,21		
Spinnplan II Bandmischung 180fache Mischungs- dublierung	2,07	1,44	1,67
Spinnplan III Flockenmischung 60 000fache Mischungs- dublierung	7,91		

In Abb. 7 sind die Werte aus Tabelle 3 graphisch aufgetragen. Die Linie $f=1$ repräsentiert eine völlig homogene Mischung, d. h. eine Mischung ohne jeden Unterschied zwischen der Streuung innerhalb der Kopse und zwischen denselben. Unsere drei Mischgespinste ergaben f -Werte oberhalb dieser Linie. In allen drei Fällen kann mit 99prozentiger statistischer Sicherheit von keinem einheitlichen Material gesprochen werden, wenn sich die drei Mischgespinste hinsichtlich der Inhomogenität voneinander auch wesentlich unterscheiden. Das Garn nach Spinnplan II kam dem Homogenitätsbereich am nächsten. Um zu einer im mathematisch-statistischen Sinne homogenen Mischungsverteilung zu gelangen, wären mehr als 180 Mischungs-dublierungen erforderlich. Inwieweit dies in der betrieblichen Praxis notwendig ist, hängt bekanntermaßen weitgehend vom Einsatzgebiet ab.

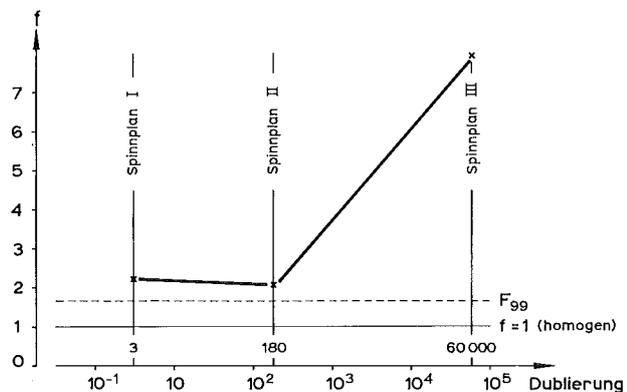


Abb. 7 Homogenitätsfaktor f in Abhängigkeit vom Spinnplan bzw. der Höhe der Dublierung (Garnabschnittlänge 2 m)

Frage der Wirtschaftlichkeit

Abschließend bleibt noch die Frage zu stellen, inwieweit das aktivierungsanalytische Verfahren gegenüber der chemischen Analyse wirtschaftlich vertretbar ist. Hier das Ergebnis einer überschlägigen Vergleichsrechnung, bei der nur die reinen Analysenkosten berücksichtigt sind und nicht der in beiden Fällen etwa gleichgroße Zeitaufwand für das Schneiden und Wiegen der Proben.

Chemische Analyse

Bei einer geschätzten Leistung von 20 Einzelanalysen pro Tag und Laborantin, einem angenommenen Kostensatz von 30 DM pro Laborstunde und einer Arbeitszeit von täglich 8 Stunden ergibt sich für die einzelne chemische Analyse im Rahmen einer größeren, mehrere hundert Messungen umfassenden Meßreihe ein Betrag von 12 DM.

Aktivierungsanalyse

Die Leistung einer Laborantin wird hier, wiederum eine

größere Meßreihe von mehreren hundert Werten vorausgesetzt, auf etwa 100 Einzelmessungen pro Arbeitstag geschätzt. Der Kostensatz für eine Laborstunde liegt wegen der kostspieligeren Einrichtungen bei 40 DM pro Laborstunde. Hinzu kommen die Kosten für die Bestrahlungen der täglich 100 Proben im Reaktor, die sich auf ca. 70 DM belaufen. Das ergibt für die einzelne Aktivierungsanalyse einen Betrag von 3,90 DM.

Die Kostensituation ist folglich bei der aktivierungsanalytischen Methode deutlich günstiger als bei der chemischen Analyse, optimale Untersuchungstechnik in beiden Fällen vorausgesetzt. Hinzu kommt bei der aktivierungsanalytischen Methode ein zeitlicher Vorteil, der darin besteht, daß die Ergebnisse sicher in weniger als der halben Zeit zur Verfügung stehen, was bei umfangreichen Meßreihen von großer Bedeutung sein kann.

Zusammenfassung

Während die Bestimmung der Masseungleichmäßigkeit eines Faserverbandes durch die kapazitive Meßmethode befriedigend gelöst ist, stellt die rationelle Bestimmung der Mischungsungleichmäßigkeit in Längsrichtung eines Garnes noch ein Problem dar. In vorliegender Arbeit wird untersucht, inwieweit sich zu dessen Lösung die aktivierungsanalytische Methode eignet.

Dem PES-Anteil eines Mischgespinnstes PES/Viskose 70 : 30% wurden zu diesem Zweck in der Primärspinnerei 0,2% Lanthan als inaktiver Tracer beigemischt, nach unterschiedlichen Spinnplänen Garnpartien ausgesponnen, daraus Proben entnommen und diese in 2m-Garnabschnitte unterteilt. Die Bestrahlung letzterer erfolgte mittels Rohrpostanlage im Drehteller der thermischen Säule des Karlsruher Forschungsreaktors (FR 2) bei einer Neutronenflußdichte von $3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Die nach Abklingen der störenden Matrix gemessene Aktivität des entstandenen radioaktiven ^{140}La war ein Maß für den jeweiligen PES-Anteil. Andere, von vornherein im Fasermaterial vorhandene stabile, jedoch leicht aktivierbare Elemente erwiesen sich als Leitsubstanzen wegen der nicht gewährleisteten homogenen Verteilung als ungeeignet.

Die Arbeit hat als wichtigstes Ergebnis, daß zur Bestimmung der Komponentenverteilung in Mischgespinnsten die Methode der Neutronenaktivierungsanalyse gut geeignet ist. Sie erreicht Meßgenauigkeiten von unter 1% und übertrifft das chemische Analysenverfahren kostenmäßig um etwa den Faktor 3. Der zeitliche Gewinn beträgt mindestens den Faktor 2.

Die textiltechnische Aufgabenstellung, an der das meßtechnische Problem abzuhandeln war, bestand in der Ermittlung des Einflusses von Dublierung und Mischmetho-

de auf die Komponentenverteilung des Mischgespinnstes. Die Vergleichsuntersuchungen zwischen Mischungs-dublierungen von 3, 180 und 60 000fach (Gesamtdublierung 10, 600 und 60 000fach) haben im wesentlichen ergeben, daß eine 180fache Mischungs-dublierung bei dem fraglichen Garn schon eine relativ nahe an dem theoretischen Optimum liegende Komponentenverteilung in 2 m-Garnabschnitten ergibt, die Mischungsverteilung aber aufgrund einer Streuungsanalyse noch nicht als homogen im mathematisch-statistischen Sinne angesehen werden darf. Ferner hat sich gezeigt, daß das Mischbettverfahren gegenüber der Streckenbandmischung Unwägbarkeiten enthält, die unter Umständen selbst durch eine extrem hohe Dublierung nicht ausgeglichen werden können. Hinzu kommt, daß eine Erhöhung der Streckenpassagenzahl die Verzugseigenschaften infolge der sich abbauenden Bandhaftung zunehmend beeinträchtigen kann.

Die beschriebene aktivierungsanalytische Methode wird, wie in der Abhandlung näher ausgeführt, auf Untersuchungen im Rahmen der Forschung beschränkt bleiben müssen. Hier jedoch könnte in einem nächsten Schritt die diskontinuierliche Arbeitsweise durch die Entwicklung von on-line-Aktivierungsverfahren mit künftig verfügbaren Neutronen-Isotopenquellen zu einem kontinuierlichen Meßverfahren am laufenden Faden ausgebaut werden.

Die Arbeit wurde vom Forschungskuratorium Gesamttextil e. V. gefördert, dem wir an dieser Stelle unseren Dank aussprechen. Zugleich danken wir Fräulein Haag (Denkendorf) und den Herren Chemie-Ingenieur R. Härtel und L. Scholz (Karlsruhe), die an der Abwicklung der Versuche wesentlichen Anteil hatten. Das Fasermaterial stellte freundlicherweise die Enka-Glanzstoff AG zur Verfügung.

Literatur

- [1] Lünenschloß, J. und Rottmayr, H., Textil-Praxis 25 (1970), 541—546, 591—594, 731—734; 26 (1971), 11—23
- [2] Schmidt-Küster, W. J. und Wiesner, L., Anwendung radioaktiver Isotope in der Textilforschung und -technik; Thiemig-Taschenbuch, Band 9, 1964, Verlag Karl Thiemig KG
- [3] Automation und Rationalisierung in der Textilindustrie durch Kernstrahlung; Informationsheft 35 des Büro Eurisotop über die Konferenz in Evian-les-Bains, 1967
- [4] Radioisotope und Strahlung für den Fortschritt der Verfahrenstechnik in der Textilindustrie; Informationsheft 36 des Büro Eurisotop über die Konferenz in Baden-Baden, 1967
- [5] Lünenschloß, J., Schuler, B. G. und Vogg, H., Textil-Praxis 28 (1973), 76—79
- [6] Coplan, M. J., Klein, W. G., Textile Research Journal 26 (1956), 914—924
- [7] Kirschner, E., Die Faserverteilung in Mischgarnen; Dissertation 1962, TH Stuttgart
- [8] Kühn, W., Untersuchungen mit Radionukliden an Textilfasern; Thiemig-Taschenbuch, Band 9, 1964, Verlag Karl Thiemig KG
- [9] Armstrong, A. A., Bogdan, J. F., Chudgar, A. J., Measurement of Fiber Blend Variability by Activation Analysis; Modern Trends in Activation Analysis (1965), Texas, 9—12

