

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 579 083 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93110712.2**

(51) Int. Cl.⁵: **D02J 13/00, D02J 1/22**

(22) Anmeldetag: **05.07.93**

(30) Priorität: **10.07.92 DE 4222720**

(71) Anmelder: **HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.01.94 Patentblatt 94/03

D-65926 Frankfurt(DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL

(72) Erfinder: **Jacob, Ingolf, Dr.**
Nibelungenring 35
D-86836 Untermeitingen(DE)
Erfinder: **Geirhos, Josef**
Klimmacherstrasse 2
D-86399 Bobingen(DE)

(54) **Verfahren zum Verstrecken von erhitzten Garnen, damit erhältliche Polyesterfasern sowie deren Verwendung.**

(57) Beschrieben wird ein besonders schonendes und schnelles Verfahren zum Erhitzen und Verstrecken von berührungslos durch eine Erhitzungsvorrichtung schnelllaufenden Garnen. Das Verfahren umfaßt die Maßnahmen:

- i) Vorerwärmen eines Wärmeüberträgergases auf eine Temperatur, die oberhalb der gewünschten Garntemperatur liegt,
- ii) Zuführen des vorerwärmten Wärmeüberträgergases in den Fadenkanal, so daß dieses im wesentlichen senkrecht auf das laufende Garn entlang einer solchen Länge einströmt, daß sich das Garn innerhalb der Erhitzungsvorrichtung auf die gewünschte erhöhte Temperatur erwärmt, und wobei die Länge der Anblaszone so gewählt wird, daß durch ständiges Wegreißen der Grenzschicht durch die Anströmung des Wärmeüberträgergases das Garn direkt mit diesem in Kontakt kommt und somit eine sehr rasche Aufheizung des Garnes erfolgt, und
- iii) Spannen des berührungslos durch die Erhitzungsvorrichtung laufenden Garnes in einer solchen Weise, daß dieses beim Durchlaufen durch besagte Erhitzungsvorrichtung eine Verstreckung erfährt.

Die Erfindung betrifft ferner Polyesterfasern, die durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet sind:

Festigkeitsindex FI von größer gleich 50 und molekulare Orientierung MO von größer gleich 20, bzw. Nachgiebigkeit NG von kleiner gleich 12 und Speichermodulindex SP von größer gleich 100, wobei

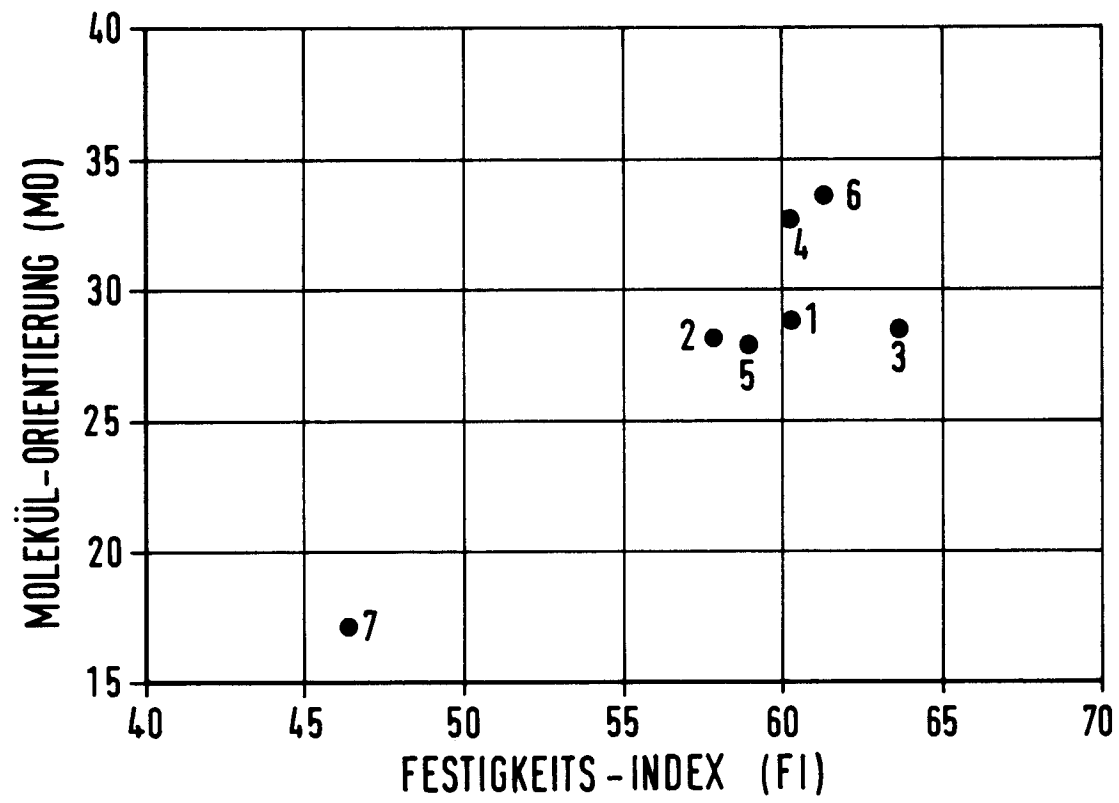
$$\begin{aligned} FI &= a_1 * F - a_2 * D - a_2 * S, \\ MO &= a_3 * SG - a_2 * D - a_2 * S, \\ NG &= a_2 * D + a_2 * S - a_4 * KAO, \text{ und} \\ SP &= a_1 * F - 4 * (a_2 * D + a_2 * S) + A_4 * KAO + a_3 * SG - a_2 * KG, \end{aligned}$$

bedeutet und worin $a_1 = 1 * (\text{tex}/\text{cN})$, $a_2 = 1 * (1/\%)$, $a_3 = 10 * (\text{sec}/\text{km})$ und $a_4 = 10 * (1/\%)$ bedeuten, F die Feinheitfestigkeit in cN/tex, D die Höchstzugkraftdehnung in %, S der Schrumpf in % bei 200 °C im Umluftofen gemessen, SG die Schallgeschwindigkeit in km/sec gemessen bei 25 °C, KAO die Kristallit-Achsen Orientierung in % ausgedrückt durch die "Hermannsche Orientierungs-Funktion" und KG den Kristallisationsgrad in % gemessen nach der Methode der Dichte-Gradienten-Säule bedeutet.

Die erfindungsgemäßen Polyesterfasern lassen sich insbesondere zur Verstärkung von Kunststoffen oder zur Herstellung von dimensionsstabilen textilen Flächengebilden einsetzen.

EP 0 579 083 A1

Fig. 1



Die vorliegende Erfindung betrifft ein neues Verfahren mit Hilfe dessen schnellaufende Garne schnell, schonend und gleichmäßig über den Querschnitt auf eine gewünschte erhöhte Temperatur erhitzt werden können, Polyesterfasern hoher Festigkeit, hohen Moduls und geringen Schrumpfes, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden können, sowie die Verwendung dieser Fasern als Verstärkungsmaterialien oder zur Herstellung textiler Flächegebilde.

In der Technik der Herstellung und Verarbeitung von Garnen spielen Erhitzungsprozesse eine große Rolle; es sind daher bereits eine Vielzahl von Erhitzungsverfahren und von Erhitzungsvorrichtungen bekannt.

Diese Verfahren und Vorrichtungen lassen sich beispielsweise nach der Art der Wärmezufuhr unterscheiden. So ist es üblich, die Wärme mittels Wärmeüberträgermedien, wie beispielsweise mittels erhitzter Flüssigkeiten oder Gase, durch Kontaktierung mit dem Faden zuzuführen. Ferner ist es üblich, die Wärme mittels Strahlung von beheizten Oberflächen oder mittels Kontakt mit beheizten Oberflächen zu übertragen.

Auch bei einer Reihe von Verarbeitungsprozessen schnellaufender Garne, wie z.B. beim Verstrecken oder Fixieren ist ein Erhitzen erforderlich. Es ist allgemein bekannt, daß bei solchen Prozessen die Wärme möglichst schnell und schonend zugeführt werden sollte.

Bekanntermaßen hängt die Geschwindigkeit der Wärmeübertragung wesentlich vom Temperaturgefälle zwischen Wärmelieferant und zu erwärmendem Objekt ab. Um einen möglichst raschen Wärmeübergang zu erreichen, wählt man meist möglichst hohe Übertemperaturen des Erhitzungsmediums. Eine zu hohe Übertemperatur führt allerdings zu Überhitzung von Teilen des Garnbündels, wie heraushängenden Einzelfilamenten oder Schlingen. Die Forderungen nach möglichst schneller und zugleich schonender Behandlung sind also gegenläufig.

Aus der DE-A-3,431,831 ist ein Verfahren zum Verstrecken von Polyestergarnen bekannt, bei dem auf einer Bandstraße verstreckt wird. Das Verfahren wird bei reduzierten Geschwindigkeiten durchgeführt. Einzelheiten zum Erhitzen der laufenden Garne sind dieser Schrift nicht zu entnehmen.

Aus der EP-A-114,298 ist eine Heizkammer für laufende Garne bekannt, in welcher die Fäden mit gesättigtem Wasserdampf von mehr als 2 bar behandelt werden. Die Heizkammer ist durch eine spezielle Art der Abdichtung des Garnein- und -austritts gekennzeichnet, mit der eine gute Dichtungswirkung erzielt wird, die ein einfaches Einfädeln gestattet und mit der eine rasche Einstellung des Betriebszustandes nach dem Einfädeln möglich ist. Nach der Beschreibung erfolgt die Wärmeübertragung vor allem durch Kondensation des Sattdampfes auf dem Garn in der Heizkammer, wodurch eine hohe Gleichmäßigkeit der Behandlungstemperatur erzielt wird. Das aus der Heizkammer austretende Garn enthält im allgemeinen also kondensiertes Wasser, das in den nachfolgenden Schritten wieder verdampft. Die Behandlungstemperatur ist bei dieser Heizkammer nicht ohne weiteres variierbar, da sie der Temperatur des Sattdampfes entspricht.

Aus der EP-A-193,891 ist eine Heizeinrichtung für eine Kräuselmaschine bekannt. Diese Einrichtung weist ein an seinem Außenumfang beheiztes Fadenführungsrohr auf, das senkrecht oder schräg angeordnet ist. Zur Verbesserung des Wärmeübergangs auf das laufende Garn ist auf der Garneinlaufseite des Fadenführungsrohres eine Luftdüse gesetzt, durch die Frischluft in das Fadenlaufrohr eingeblasen wird. Mit dieser Vorrichtung soll die Wärmebehandlung wirkungsvoller gestaltet werden. Die eigentliche Aufheizung der Frischluft erfolgt erst in der Heizeinrichtung selbst. Mit dieser Heizeinrichtung kann keine Wärmebehandlung bei konstanten Temperaturen vorgenommen werden, da die Luft im Fadenführungsrohr eine nicht definierte Temperatur aufweist.

Aus der DE-A-2,927,032 ist eine Vorrichtung zum Texturieren von Garnen bekannt, worin diese in von Warmluft durchströmten Fadenkanälen direkt aufgeheizt werden. Die Fadenkanäle werden mit der Warmluft gespeist und sind mit einem Saugrohr verbunden. Die Vorrichtung ist durch eine spezielle Anordnung der Zu- und Ableitungen für die Warmluft und der Erhitzungsvorrichtung für die Warmluft gekennzeichnet; ferner sind Einlauf- und Abgangsstutzen auf den Fadenkanälen für die Zu- und Abfuhr der Garne vorgesehen. Mit der beschriebenen Anordnung soll eine genaue Temperaturführung und eine große Temperaturgleichheit innerhalb der Vorrichtung erzielt werden. Die Garne sind von einem gleichmäßigen Heißluftstrom direkt umgeben, was eine gleichmäßige Aufheizung der Garne bei konstanter Temperatur und Luftgeschwindigkeit ergibt. Die Vorrichtung erfordert ein Absaugen der verbrauchten Warmluft über ein separates Saugrohr.

Aus dem DE-Gebrauchsmuster 83 12 985 ist eine Vorrichtung zum Texturieren von Garnen bekannt, bei der eine Erhitzungsvorrichtung vorgesehen ist, in welcher Warmluft ein laufendes Garn in einem Fadenkanal erhitzt. Die Vorrichtung ist durch die spezielle Art der Luftführung im Fadenkanal gekennzeichnet, welche jeweils eine Vorlaufleitung zwischen mindestens zwei Rücklaufleitungen für die Warmluft aufweist. Mit der Vorrichtung soll ein möglichst geringer Temperaturabfall im Fadenkanal zwischen dessen Ein- und Ausgang erzielt werden. Das Garn wird ähnlich wie bei einer Injektordüse an einem Punkt von der Heißluft getroffen

und dann bewegen sich Garn und Luft gemeinsam bzw. entgegengesetzt, wobei die Luft an Temperatur verliert.

Aus der GB-A-1,216,519 ist ein Verfahren zum Erhitzen eines thermoplastischen Garns bekannt, wobei eine als Kontakteizer ausgestaltete Vorrichtung verwendet wird. Bei diesem Verfahren wird ein kontinuierlich sich bewegendes Garn durch einen als Kapillare ausgestalteten Fadenkanal geleitet. Der innere Durchmesser des Fadenkanals wird dabei so gewählt, daß Fluide innerhalb dieses Kanals sich nicht frei bewegen können, sondern sich aufgrund der Kapillarnatur des Fadenkanals eine Abdichtungswirkung ergibt. In diesen Fadenkanal wird ein unter Druck stehendes Heizfluid, beispielsweise Luft, überhitzter Wasserdampf oder Sattdampf, eingeleitet, so daß sich dieses entlang der Garnlaufrichtung zusammen mit dem Garn durch den Heizkanal bewegen kann und das Garn durch Kontakt plastifiziert. Aufgrund der Konstruktion dieser Vorrichtung ist davon auszugehen, daß sich entlang der Garnlaufrichtung im Fadenlaufkanal ein starker Temperaturgradient aufbaut und daß infolge der geringen Mengen an Heizfluid in der Kapillare des Fadenkanals mit einer Temperatur des Heizfluids gearbeitet werden muß, die weit über der gewünschten Garntemperatur liegt.

Aus der DE-PS-967,805 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Fixieren von laufenden Garnen beim Erzeugen von Falschdrall bekannt. Das Verfahren beinhaltet die berührungslose Bewegung eines oberflächenbefeuchteten und hochgedrehten Garns durch eine Heizvorrichtung, die Heißluft enthält. Die Fixierung des Falschdralls erfolgt unter Ausnutzung einer hohen Relativbewegung zwischen der Heißluft und dem sich bewegendem Garn. Nach der Beschreibung wird das Verfahren so ausgestaltet, daß sich ein hoher Temperaturgradient zwischen der Heißluft und dem Garn ausbildet; die Befeuchtung der Oberfläche dient danach dem Zweck, das Garn vor einer thermischen Schädigung zu bewahren.

Aus der DE-AS-1,908,594 ist eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung von entspannten synthetischen Garnen bekannt, bei der ein Garn durch einen hohlen Heizzyylinder geleitet wird. Am Garneinlaß ist ein mit einem Primärgasstrom aus Heizgas betriebener Injektor vorgesehen, der als Ringdüse ausgestaltet ist, und ein zusätzlicher Einlaß für einen Sekundärgasstrom. Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Einlaß für den Sekundärgasstrom so angeordnet ist, daß dieser Strom in Bewegungsrichtung des Garns gesehen hinter der Injektormündung in dem Heizzyylinder mit dem Primärgasstrom zusammen trifft. Mit der Vorrichtung soll die Bildung von Wirbeln im Heizzyylinder vermieden werden und es soll die Qualität der behandelten Garne verbessert werden. Die Gefahr der Wirbelbildung besteht deshalb, weil der Primärgasstrom mit relativ hoher Geschwindigkeit in den Heizzyylinder eintritt und sich dort verlangsamt.

Aus der DE-A-2,347,139 ist ein Verfahren zum Texturieren von thermoplastischem Garn bekannt, das eine Fixierung des verdrahten Garns mittels heißen Dampfes beinhaltet, der mit Schallgeschwindigkeit durch die Erhitzungseinrichtung hindurchgeleitet wird. Die Zuführung des Erhitzungsmediums erfolgt hier ebenfalls an der Garneinlaufstelle der Heizvorrichtung mittels einer Ringdüse. Das Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Produktivität aus. Die Erhitzung des Garns erfolgt durch Kontakt mit einer vergleichsweise kleinen Masse des turbulent, schnellströmenden Dampfes, wobei dieser Dampf eine im Vergleich zur gewünschten Endtemperatur des laufenden Garns erhöhte Temperatur aufweist.

Schließlich ist aus der DE-A-3,344,215 ein Garnheizer mit einem beheizten Garnlauf bekannt. Dieser Heizer ist dadurch gekennzeichnet, daß er Mittel enthält, durch die ein erhitztes Medium im Bereich des Garneinlaufes auf ein längs sich dieses Garnlaufes bewegendes Garn auftrifft. Die Zuführung des Erhitzungsmediums erfolgt hier ebenfalls mittels einer Ringdüse. Mit dem Heizer soll die Heizleistung gesteigert werden, so daß kürzere Heizer als bisher üblich einsetzbar sind. Einzelheiten über den Temperaturverlauf im Fadenkanal sind dieser Publikation nicht zu entnehmen.

Bei diesen vorbekannten Methoden der Erhitzung von Garnen kommen entweder keine schnellaufenden Garne zum Einsatz oder im Falle von schnellaufenden Garnen werden zum Teil hohe Übertemperaturen des Heizaggregates eingestellt, um bei kurzen Verweilzeiten die gewünschten Temperaturen am laufenden Garn zu erreichen, oder man erhält im Fadenkanal der Heizeinrichtungen größere Temperaturgradienten, da z.B. Turbulenzen des Erhitzungsmediums auftreten. Zwangsläufig erfolgt die Erwärmung dabei ungleichmäßig von außen nach innen in das Garn oder in das Garnbündel. Die Qualität der behandelten Garne oder Garnbündel läßt somit im allgemeinen zu wünschen übrig. Man stellt im allgemeinen fest, daß eine rasche und erhöht durchgeführte Erhitzung zu einer Abnahme der Festigkeit oder zu einer ungleichen Farbstoffaufnahme des Garns führen kann, da Teile des Garnbündels ungleichmäßig erhitzt werden.

Andere vorbekannte Erhitzungsverfahren, bei denen eine möglichst gleichmäßige Erwärmung des Garns im Fadenkanal angestrebt wird, erfordern eine spezielle Führung des Erhitzungsmediums und sind nur aufwendig zu realisieren.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, ein einfaches Verfahren zur Verstreckung von erhitzten frei laufenden Garnen bereitzustellen, bei dem besagte Garne möglichst schonend und gleichmäßig erwärmt werden.

Es wurde nun überraschenderweise gefunden, daß man berührungslos durch eine Erhitzungsvorrichtung schnelllaufende Garne auf schonende Art und Weise auf eine gewünschte erhöhte Temperatur erhitzen und verstrecken kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt folgende Maßnahmen:

- 5 i) Vorerwärmen eines Wärmeüberträrgases auf eine Temperatur, die oberhalb der gewünschten Garntemperatur liegt,
- ii) Zuführen des vorerwärmten Wärmeüberträrgases in den Fadenkanal, so daß dieses im wesentlichen senkrecht auf das laufende Garn entlang einer solchen Länge einströmt, daß sich das Garn innerhalb der Erhitzungsvorrichtung auf die gewünschte erhöhte Temperatur erwärmt, und wobei die
10 Länge der Anblaszone so gewählt wird, daß durch ständiges Wegreißen der Grenzschicht durch die Anströmung des Wärmeüberträrgases das Garn direkt mit diesem in Kontakt kommt und somit eine sehr rasche Aufheizung des Garns erfolgt, und
- iii) Spannen des berührungslos durch die Erhitzungsvorrichtung laufenden Garns in einer solchen Weise, daß dieses beim Durchlaufen durch besagte Erhitzungsvorrichtung eine Verstreckung erfährt.

15 Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird das Garn über eine gewisse Länge mit gleichmäßig erwärmtem Wärmeüberträrgas angeblasen, so daß der Wärmetransportvorgang mehr durch Bewegung des Wärmeüberträrgases (Konvektion) als durch Wärmeübertragung mittels Temperaturgefälle erfolgt. Durch diese Art der Anblasung wird dem Garn die anhaftende Luftgrenzschicht, die durch ihre Isolationswirkung der Wärmeübertragung entgegenwirkt, auf eine längere Garnstrecke weggeblasen und das erhitzte Wärmeüberträrgas kann seine Wärme schnell und gleichmäßig an das Garn abgeben. Die Temperatur des
20 Wärmeüberträrgases braucht dazu nur wenig über der Garntemperatur liegen, weil der größte Teil des Wärmetransportes durch konvektive Luftbewegung und nur ein kleinerer Teil durch Temperaturgefälle erfolgt. Diese konvektive Art der Wärmeübertragung ist sehr effizient und es wird auch die Überheizung des Garnmaterials vermieden, so daß eine schonende und gleichmäßige Erwärmung verwirklicht wird.

25 Unter dem Begriff "Garn" sind im Rahmen dieser Erfindung alle endlosen Fäden zu verstehen, also sowohl Multifilamentgarne als auch Stapelfasergarne oder Monofilamente. Je nach Einsatzgebiet sind Garntiter von 50 bis 2500 dtex üblich, vorzugsweise Garntiter von 50 bis 300 dtex (bei textilen Einsatzgebieten) und 200 bis 2000 dtex (bei technischen Einsatzgebieten).

Der Begriff "Faser" wird im Rahmen dieser Erfindung als Oberbegriff in seiner weitesten Bedeutung
30 verstanden, beispielsweise als Garn oder als Stapelfaser. Hinsichtlich des faserbildenden Materials ist das erfindungsgemäße Verfahren keinen Beschränkungen unterworfen. Es lassen sich sowohl Garne aus anorganischem Material, beispielsweise Glas-, Kohlenstoff- oder Metallgarne, als auch Garne aus organischem Material, beispielsweise Garne auf der Basis von aliphatischem oder aromatischem Polyamid, Polyester, insbesondere Polyethylenterephthalat, oder Polyacrylnitril, verwenden.

35 Unter dem Begriff "schnelllaufend" sind im Rahmen dieser Erfindung üblicherweise Geschwindigkeiten von mehr als 300 m/min, vorzugsweise 400 bis 6000 m/min, insbesondere 400 bis 3000 m/min zu verstehen; diese Angaben beziehen sich auf die Geschwindigkeit beim Verlassen der Erhitzungsvorrichtung.

Als Wärmeüberträrgas lassen sich beliebige Gase verwenden, die gegenüber dem zu erwärmenden Garn unter den jeweiligen Behandlungsbedingungen inert sind. Beispiele für solche Gase sind Stickstoff,
40 Argon oder insbesondere Luft. Die Gase können auch Zusätze enthalten, beispielsweise einen gewissen Gehalt an Feuchtigkeit; der Feuchtigkeitsgehalt darf allerdings nicht so hoch sein, daß in der Erhitzungsvorrichtung eine nennenswerte Kondensation auf dem Garn stattfindet.

Das Wärmeüberträrgas kann auf jede dafür übliche Art und Weise vorgewärmt werden; beispielsweise durch Kontakt mit einem Wärmeaustauscher, Durchleiten durch beheizte Rohre oder durch direktes
45 Beheizen über Heizspiralen. Die Temperatur des vorerhitzten Wärmeüberträrgases liegt über der im Einzelfall gewünschten Garntemperatur; vorzugsweise erhitzt man das Wärmeüberträrgas auf Temperaturen bis zu 20 °C darüber und trägt dafür Sorge, daß zwischen der Vorerhitzung und dem eigentlichen Erwärmen des Garns kein nennenswerter Temperaturabfall eintritt.

Das erhitzte Wärmeüberträrgas kann an beliebigen Stellen in den Fadenlaufkanal eingeführt werden.
50 Vorzugsweise leitet man das Wärmeüberträrgas dem Fadenlaufkanal in einer solchen Weise zu, daß dieses entlang des gesamten Fadenlaufkanals in Kontakt mit dem Garn treten kann. Bevorzugt beläuft sich die Länge der Anblaszone auf mehr als 6 cm, insbesondere auf 6 bis 200 cm. Für den Fall, daß die Heizvorrichtung in einen Verstreckschritt integriert ist, beläuft sich die Länge der Anblaszone vorzugsweise auf 6 bis 20 cm. Für den Fall, daß die Heizvorrichtung in einen Fixierschritt integriert ist, beläuft sich die
55 Länge der Anblaszone vorzugsweise auf 6 bis 120 cm, insbesondere 6 bis 60 cm.

Bevorzugt leitet man das Wärmeüberträrgas senkrecht zur Garnlaufrichtung in den Fadenlaufkanal, wobei das Wärmeüberträrgas einerseits vom laufenden Garn mitgerissen wird und die Erhitzungsvorrichtung über die Garnaustrittsöffnung zusammen mit dem laufenden Garn verläßt, und andererseits sich gegen

die Garnlaufrichtung bewegt und die Erhitzungsvorrichtung über die Garneintrittsöffnung verläßt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Wärmeüberträrgas im mittleren Teil des Fadenlaufkanals auf einer Länge von etwa 1/4 bis 1/2 der Kanallänge aus kleinen Öffnungen senkrecht auf das Garn geblasen und entweicht in und gegen die Garnlaufrichtung aus dem Fadenlaufkanal. In einer ebenfalls
5 bevorzugten Abwandlung dieser Ausführungsform erfolgt eine Queranblasung mit einer Absaugung auf den Gegenseite.

Das Kontaktieren des Wärmeüberträrgases in der Erhitzungsvorrichtung mit dem laufenden Garn hat unter solchen Bedingungen zu erfolgen, daß sich das Garn innerhalb der Erhitzungsvorrichtung auf die gewünschte erhöhte Temperatur erwärmt und sich das Wärmeüberträrgas in der Erhitzungsvorrichtung
10 praktisch nur sehr wenig abkühlt.

Dem Fachmann stehen eine Reihe von Maßnahmen zur Verfügung, mit Hilfe derer diese Vorgaben eingestellt werden können. So ist es beispielsweise möglich, im Vergleich zur Garnmasse, die sich pro Zeiteinheit durch den Fadenkanal bewegt, relativ große Massen an Wärmeübertragungsgas pro Zeiteinheit durch den Fadenkanal strömen zu lassen, so daß sich trotz des effektiven und raschen Wärmeübergangs
15 auf das Garn nur eine geringe Abkühlung des Wärmeübertragungsgases ergibt. Im Gegensatz zur Anblasung an praktisch einer Stelle des sich bewegenden Garnes ergibt sich beim Anblasen entlang einer gewissen Zone eine besonders intensive Wechselwirkung des Heizgases mit dem Garn, da die Grenzschicht zwischen Garn und umgebendem Medium in dieser Zone ständig weggerissen wird. Auf diese Weise ist es möglich, auch mit nur einer geringen Temperaturänderung des Gases ein effektives Aufheizen
20 des Garnes zu erzielen. Die Steuerung des Temperaturverlaufs des Wärmeübertragungsgases läßt sich ferner durch Auswahl der Wärmekapazität des Gases oder durch die Strömungsgeschwindigkeit des Gases in an sich bekannter Weise steuern.

Insbesondere ist es möglich, durch Einzelstellen- oder Gruppensteuerung, die Heizleistung so zu regeln, daß am Faden eine vorgegebene Temperatur herrscht, indem ein oder mehrere Meßfühler in
25 Garnnähe über einen Regelkreis die Heizleistung regeln. Da die Zeitkonstante von elektronischen Regelkreisen unterhalb von 1 Sekunde liegt, können Anfahrvorgänge damit sehr schnell eingeregelt werden, so daß der Anteil an Vorlaufware, die außerhalb der gewünschten Spezifikationen liegt, erniedrigt wird, und Verlustwickel bzw. Umlegen auf verkaufbare Spulen dadurch entfallen.

Die Temperatur des Wärmeüberträrgases in der Erhitzungsvorrichtung ändert sich unter den Betriebsbedingungen im Regelfall nur unwesentlich; d.h. dieses Gas erfährt beim Passieren durch die Erhitzungsvorrichtung keine nennenswerte Temperaturänderung. Dies ist durch geeignete Isolation der gasführenden Teile der Vorrichtung zu erreichen.

Als besonderer Vorteil ist anzusehen, daß durch die oben geschilderte Regelung der Temperatur die Verluste der Wärme zwischen Heizvorrichtung und Garn unberücksichtigt bleiben können, weil die Erhitzungsvorrichtung nach der Temperatur nahe dem Garn gesteuert wird. Dadurch kann die aufwendige Wandheizung in der Luftführung zwischen Heizvorrichtung und Garn vermieden werden. Selbst Schwankungen in der Isolationswirkung von Stelle zu Stelle können durch diese Art der Regelung ausgeregelt werden.

Als besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verstreckverfahrens wird angesehen, daß Fasern mit einer erhöhten Festigkeit und hoher Dimensionsstabilität erzeugt werden können. Die Obergrenze der
40 Temperatur des Wärmeüberträrgases ist beim erfindungsgemäßen Verfahren weniger kritisch, da das kompakte Garn wegen seines Wärmehaltes der Heißgastemperatur nicht sofort folgt. Hier kann also durchaus auch mit Temperaturen des Wärmeüberträrgases gearbeitet werden, die höher als die Schmelztemperatur des Garnmaterials sind.

Zur Abschätzung eines geeigneten Wertes an Durchsatz des Wärmeüberträrgases durch die Erhitzungsvorrichtung dient ein x_L -Wert, der vorzugsweise überschritten werden sollte. Dieser Wert x_L läßt sich
45 nach folgender Formel berechnen:

$$X_L = 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot (v \cdot f_d \cdot c_{pf}) / (q_L \cdot c_{pl})$$

Dabei bedeuten:

X_L = Gasdurchsatz in Nm³/h (Nm = Normkubikmeter)

v = Garngeschwindigkeit in m/min

f_d = Garntiter in dtex

c_{pf} = Wärmekapazität des Garnmaterials in kJ/Kg * K

q_L = Dichte des Wärmeüberträrgases in kg/m³

c_{pl} = Wärmekapazität des Wärmeüberträrgases in kJ/Kg * K

Bevorzugte X_L -Werte für ein bestimmtes Garnmaterial und Wärmeüberträgermaterial bewegen sich im Bereich der durch die obige Formel errechneten Werte bis zum Vierfachen dieses Wertes. Ein üblicher X_L -

Wert beläuft sich auf 2,2 Nm³/h.

In einer besonders bevorzugten Variante läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren bei der Herstellung hochfester Multifilamentgarne, vorzugsweise auf Polyesterbasis, insbesondere auf Basis von Polyethylenterephthalat, einsetzen.

5 Im Falle von Polyethylenterephthalat-Multifilamenten wird die über die Temperatur des Wärmeübertragergases gesteuerte Verstreck-/Fixiertemperatur üblicherweise im Bereich von 160 bis 250 °C, vorzugsweise von 210 bis 240 °C, gewählt. Die Verstreckspannung beträgt üblicherweise 1,5 bis 3,0 cN/dtex, vorzugsweise 2,3 bis 2,8 cN/dtex, bezogen auf den Endtiter.

10 Auf diese Art und Weise verstreckte und fixierte Polyester-Multifilamentgarne besitzen überraschenderweise eine um etwa 5 bis 10 cN/tex höhere Festigkeit als Polyester-Multifilamentgarne, die unter Verwendung konventioneller Wärmequellen verstreckt worden sind.

Unerwarteterweise zeigen Polyesterfasern, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren einstufig verstreckt worden sind (z.B. Verstrecken zwischen Liefer- und Abzugsgaletten mit dazwischengeschalteter Heizvorrichtung), einen sehr hohen Fixiergrad und einen sehr hohen Kristallisationsgrad auf, besitzen 15 niedrige Restschumpfwerte und damit eine hohe Dimensionsstabilität. Diese Fasern sind nach der einstufigen Verstreckung als schrumpfarme Fasern technisch einsetzbar und weisen bei 180 °C einen Schrumpf von weniger als 8 % auf.

Um schrumpfarme Polyesterfasern nach herkömmlichen Verfahren herzustellen, ist eine zweite Verfahrensstufe notwendig, in der ein Teil des Schrumpfes bei hoher Temperatur herausgelassen wird. Wegen 20 des Rückganges der Fadenorientierung beim Schrumpfen sind diese Fäden anfällig gegen Nachverdehnung im Weiterverarbeitungsprozeß. Dagegen weisen die erfindungsgemäß hergestellten Polyesterfasern schon niedrige Schrumpfwerte bei höchster Orientierung der Moleküle auf. Eine Nachverdehnung ist dann praktisch nicht mehr möglich. Die auf diese Weise erhältlichen Fasern können durch Festigkeitsindex FI und molekulare Orientierung MO bzw. durch Nachgiebigkeit NG und Speichermodulindex SP gekennzeichnet 25 werden.

Die Erfindung betrifft daher auch Polyesterfasern, insbesondere Multifilamente, erhältlich durch das erfindungsgemäße Verstreckverfahren, die durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet sind: Festigkeitsindex FI von größer gleich 50, insbesondere von 58 bis 65, und molekulare Orientierung MO von größer gleich 20, insbesondere von 25 bis 35, bzw. durch Nachgiebigkeit NG von kleiner gleich 12, insbesondere 30 von 2 bis 8, und Speichermodulindex SP von größer gleich 100, insbesondere von 115 bis 150, bzw. durch eine Kombination der Parameter FI, MO, NG und SP in den oben angegebenen Bereichen, wobei

$$\begin{aligned} FI &= a_1 \cdot F - a_2 \cdot D - a_2 \cdot S, \\ MO &= a_3 \cdot SG - a_2 \cdot D - a_2 \cdot S, \\ 35 \quad NG &= a_2 \cdot D + a_2 \cdot S - a_4 \cdot KAO, \text{ und} \\ SP &= a_1 \cdot F - 4 \cdot (a_2 \cdot D + a_2 \cdot S) + A_4 \cdot KAO + a_3 \cdot SG - a_2 \cdot KG, \end{aligned}$$

worin $a_1 = 1 \cdot (\text{tex/cN})$, $a_2 = 1 \cdot (1\%)$, $a_3 = 10 \cdot (\text{sec/km})$ und $a_4 = 10 \cdot (1\%)$ bedeuten, F die Feinheitfestigkeit in cN/tex, D die Höchstzugkraftdehnung in %, S der Schrumpf in % bei 200 °C im 40 Umluftofen gemessen, SG die Schallgeschwindigkeit in km/sec gemessen bei 25 °C, KAO die Kristallit-Achsen Orientierung in % ausgedrückt durch die "Hermannsche Orientierungs-Funktion" und KG den Kristallisationsgrad in % gemessen nach der Methode der Dichte-Gradienten-Säule bedeutet.

Die den obigen Definitionen für FI, MO, NG und SP zugrunde liegenden Größen werden wie folgt ermittelt:

45 Die Feinheitfestigkeit F und die Höchstzugkraftdehnung D werden gemäß DIN 53834 bestimmt.

Der Schrumpf S wird durch Wärmebehandlung in einem Umluftofen bei 200 °C und einer Verweilzeit von 5 Minuten ausgelöst und dann bei einer Belastung, die dem Gewicht von 500 Metern des Ausgangsgarnes entspricht, gemessen.

Die Schallgeschwindigkeit SG wird bei einer Belastung von 1 cN/dtex mit einem Dynamic Modulus 50 Tester PPM-5 der Firma Morgan & Co./Massachusetts USA gemessen.

Der Kristallisationsgrad KG wird aus der Dichte nach dem Zweiphasen-Modell bestimmt, wobei für die Dichte der amorphen Phase 1,331 g/cm³ und für die Dichte der kristallinen Phase 1,455 g/cm³ angenommen werden. Die Dichte wird mittels Gradienten Methode in Zinkchlorid/Wasser gemessen.

Die Kristallit-Achsen Orientierung KAO wird durch die "Hermannsche Orientierungs-Funktion" $f_c = 1/2 \cdot (3 \cdot \langle \cos^2(\theta) \rangle - 1)$ ausgedrückt. Gemessen wird die azimutale Intensitäts-Verteilung des (-1,0,5) Reflexes von Polyethylenterephthalat und daraus nach der oben angegebenen Formel f_c errechnet. Die Röntgen-Untersuchungen wurden mit Hilfe des Röntgen-Diffraktometers D 500 (Siemens) nach der Methode von Biangardi, Schriftenreihe "Kunststoff-Forschung" 1, TU-Berlin, durchgeführt. 55

Die erfindungsgemäßen Polyesterfasern lassen sich vorteilhaft auf allen denjenigen Gebieten einsetzen, in denen hochfeste, hochmodulige und schrumpfarme Fasern Verwendung finden.

Vorzugsweise setzt man die erfindungsgemäßen Polyesterfasern als Verstärkungsmaterialien für Kunststoffe oder zur Herstellung von textilen Flächengebilden, wie Geweben, Gewirken oder Gestricken, ein.

5 Ein bevorzugtes Einsatzgebiet der erfindungsgemäßen Polyesterfasern betrifft die Verwendung als Verstärkungsmaterialien für Elastomere, insbesondere zur Herstellung von Fahrzeugreifen oder von Förderbändern.

Eine weitere bevorzugte Verwendung der erfindungsgemäßen Polyesterfasern betrifft die Herstellung von dimensionsstabilen textilen Flächengebilden, wie Abdeckplanen.

10 Die folgenden Beispiele beschreiben die Erfindung ohne sie zu begrenzen. Die in diesen Beispielen angegebenen Werte für FI, MO, NG und SP wurden anhand der weiter oben gegebenen Definitionen und beschriebenen Messungen für F, D, S, SG, KAO und KG ermittelt. Viskositätsangaben in den folgenden Beispielen beziehen sich auf die intrinsische Viskosität, gemessen an Lösungen des Polyesters in o-Chlorphenol bei 25 °C.

15 Beispiele 1 bis 7:

Polyethylenterephthalat (PET) wird in üblicher Weise schmelzgesponnen und über ein einstufiges Streckwerk bestehend aus Liefer- und Abzugsgaletten verstreckt. Beispiele 1 bis 6 beschreiben Ausführungsformen, bei denen die erfindungsgemäße Heizvorrichtung verwendet wird, während Beispiel 7 einen handelsüblichen hochfesten und hochmoduligen PET-Faden betrifft, der ohne die erfindungsgemäße Heizvorrichtung hergestellt worden ist. Die folgenden Tabellen Ia, Ib und Ic geben die Verfahrensbedingungen sowie die Eigenschaften der erhaltenen Fäden wieder.

25

30

35

40

45

50

55

Tab. Ia

Bsp.-Nr.	Spinn-Abzugs- geschwindigkeit m/min	Intrinsische Viskosität	Titer dtex	Einzelfad entiter dtex	Temperatur der Heißluft ° C	Temperatur der Verstreckgalette ° C	Geschwindigkeit der Verstreckgalette m/min
1	1000	0,76	138	48	250	230	600
2	200	0,76	194	96	280	230	600
3	3000	0,76	180	96	320	230	600
4	2000	0,67	122	32	280	230	600
5	3000	0,67	126	32	280	230	600
6	4000	0,67	113	32	300	230	600
7	1000	0,76	138	32			

Tab Ib

Bsp.-Nr.	Feinheitfestigkeit F cN/tex	Höchstzugkraft- dehnung D und Schrumpf S %	Kristallit-Achsen Orientierung KAO %	Schallgeschwindig- keit SG km/sec	Kristallisationsgrad KG %
1	77,3	17,1	94,95	4,57	58,44
2	74,1	16,1	94,91	4,41	57,22
3	80	16,2	94,77	4,46	56,21
4	73,7	13,5	95,07	4,61	60,98
5	74,6	15,5	94,59	4,33	57,49
6	74,1	12,7	95,07	4,61	59,82
7	70	23,5	94,53	4,05	55,41

Tab Ic

Bsp.-Nr.	FI	MO	NG	SP
1	60,2	28,6	7,605	122,535
2	58	28	6,609	120,511
3	63,8	28,4	6,723	125,487
4	60,2	32,6	3,993	136,287
5	59,1	27,8	6,041	122,849
6	61,4	33,4	3,193	138,727
7	46,5	17	14,047	81,363

Die Ergebnisse in der Tabelle Ic sind in den Figuren 1 und 2 graphisch dargestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verstrecken und Erhitzen von berührungslos durch eine Erhitzungsvorrichtung schnelllaufenden Garnen umfassend die Schritte:
 - i) Vorerwärmen eines Wärmeüberträrgases auf eine Temperatur, die oberhalb der gewünschten Garntemperatur liegt,
 - ii) Zuführen des vorerwärmten Wärmeüberträrgases in den Fadenkanal, so daß dieses im wesentlichen senkrecht auf das laufende Garn entlang einer solchen Länge einströmt, daß sich das Garn innerhalb der Erhitzungsvorrichtung auf die gewünschte erhöhte Temperatur erwärmt, und wobei die Länge der Anblaszone so gewählt wird, daß durch ständiges Wegreißen der Grenzschicht durch die Anströmung des Wärmeüberträrgases das Garn direkt mit diesem in Kontakt kommt und somit eine sehr rasche Aufheizung des Garnes erfolgt, und
 - iii) Spannen des berührungslos durch die Erhitzungsvorrichtung laufenden Garnes in einer solchen Weise, daß dieses beim Durchlaufen durch besagte Erhitzungsvorrichtung eine Verstreckung erfährt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fadenkanal zusätzlich beheizt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmeüberträrgas Stickstoff, Argon oder insbesondere Luft verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeüberträrgas im wesentlichen entlang des gesamten Laufweges des Garnes in der Erhitzungsvorrichtung auf dieses Garn aufgebracht wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeüberträrgas radial von außen nach innen gerichtet auf das laufende Garn einströmt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeüberträrgas im mittleren Teil des Fadenlaufkanals auf einer Länge von etwa 1/4 bis 1/2 der Kanallänge aus kleinen Öffnungen senkrecht auf das Garn geblasen wird und in und gegen die Garnlaufrichtung aus dem Fadenlaufkanal entweicht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung durch Einzelstellen- oder Gruppensteuerung so geregelt wird, daß am Garn eine vorgegebene Temperatur herrscht, indem ein oder mehrere Meßfühler in Garnnähe über einen Regelkreis die Heizleistung regeln.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchsatz des Wärmeüberträrgases durch die Erhitzungsvorrichtung mindestens x_L in Nm³/h beträgt, wobei x_L nach der Formel

$$x_L = 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot (v \cdot f_d \cdot c_{pt}) / (q_L \cdot c_{pl}).$$

berechnet wird und v = Garngeschwindigkeit in m/min, fd = Garntiter in dtex, c_{pf} = Wärmekapazität des Garnmaterials in kJ/(kg * K), q_L = Dichte des Wärmeüberträrgergases in kg/m³, und c_{pl} = Wärmekapazität des Wärmeüberträrgergases in kJ/(kg * K) bedeutet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchsatz des Wärmeüberträrgergases durch die Erhitzungsvorrichtung zwischen x_L und $4 * x_L$ gewählt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Garn um ein Multifilamentgarn auf Polyesterbasis, insbesondere auf der Basis von Polyethylenterephthalat handelt, daß das Wärmeüberträrgergas auf eine Temperatur von 160 bis 250 °C vorgewärmt ist, und eine Streckspannung von 1,5 bis 3,0 cN/dtex, vorzugsweise 2,3 bis 2,8 cN/dtex, bezogen auf den Endtiter, eingestellt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstreckung des Garnes einstufig erfolgt.

12. Polyesterfasern, insbesondere Multifilamente, mit einem Festigkeitsindex FI von größer gleich 50, und einer molekularen Orientierung MO von größer gleich 20, wobei

$$FI = a_1 * F - a_2 * D - a_2 * S, \text{ und} \\ MO = a_3 * SG - a_2 * D - a_2 * S,$$

worin $a_1 = 1 * (\text{tex/cN})$, $a_2 = 1 * (1\%)$ und $a_3 = 10 * (\text{sec/km})$ bedeuten, F die Feinheitfestigkeit in cN/tex, D die Höchstzugkraftdehnung in %, S der Schrumpf in % bei 200 °C im Umluftofen gemessen und SG die Schallgeschwindigkeit in km/sec gemessen bei 25 °C, bedeuten.

13. Polyesterfasern, insbesondere Multifilamente, mit einer Nachgiebigkeit NG von kleiner gleich 12 und einem Speichermodulindex SP von größer gleich 100, wobei

$$NG = a_2 * D + a_2 * S - a_4 * KAO, \text{ und} \\ SP = a_1 * F - 4 * (a_2 * D + a_2 * S) + A_4 * KAO + a_3 * SG - a_2 * KG,$$

worin $a_1 = 1 * (\text{tex/cN})$, $a_2 = 1 * (1\%)$, $a_3 = 10 * (\text{sec/km})$ und $a_4 = 10 * (1\%)$ bedeuten, F die Feinheitfestigkeit in cN/tex, D die Höchstzugkraftdehnung in %, S der Schrumpf in % bei 200 °C im Umluftofen gemessen, SG die Schallgeschwindigkeit in km/sec gemessen bei 25 °C, KAO die Kristallit-Achsen Orientierung in % ausgedrückt durch die "Hermannsche Orientierungs-Funktion" und KG den Kristallisationsgrad in %, gemessen nach der Methode der Dichte-Gradienten-Säule, bedeuten.

14. Polyesterfasern, insbesondere Multifilamente, nach Anspruch 12 und 13 mit einem Festigkeitsindex FI von größer gleich 50, einer molekularen Orientierung MO von größer gleich 20, einer Nachgiebigkeit NG von kleiner gleich 12 und einem Speichermodulindex SP von größer gleich 100, wobei FI, MO, NG und SP die in den Ansprüchen 12 und 13 definierten Bedeutungen aufweisen.

15. Polyesterfasern gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß FI 58 bis 65 bedeutet, MO 25 bis 35 ist, NG 2 bis 8 bedeutet und SP 115 bis 150 ist.

16. Polyesterfasern gemäß einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Polyester Polyethylenterephthalat ist.

17. Verwendung von Polyesterfasern gemäß einem der Ansprüche 12 bis 16 als Verstärkungsmaterialien für Kunststoffe oder zur Herstellung von textilen Flächengebilden.

18. Verwendung von Polyesterfasern gemäß Anspruch 17 als Verstärkungsmaterialien für Elastomere.

19. Verwendung von Polyesterfasern gemäß Anspruch 18 zur Herstellung von Fahrzeugreifen oder von Förderbändern.

- 20.** Verwendung von Polyesterfasern gemäß Anspruch 17 zur Herstellung von dimensionstabilen textilen Flächengebilden, insbesondere von Abdeckplanen.

5

10

15

20

25

30

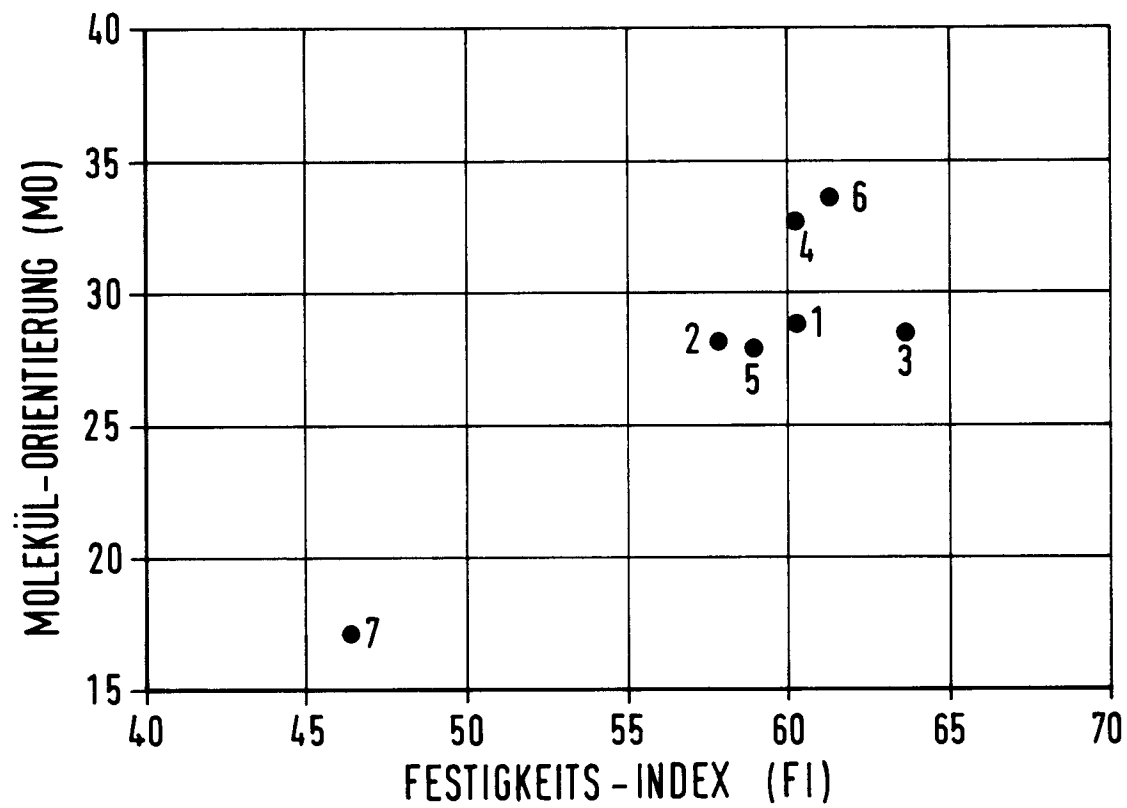
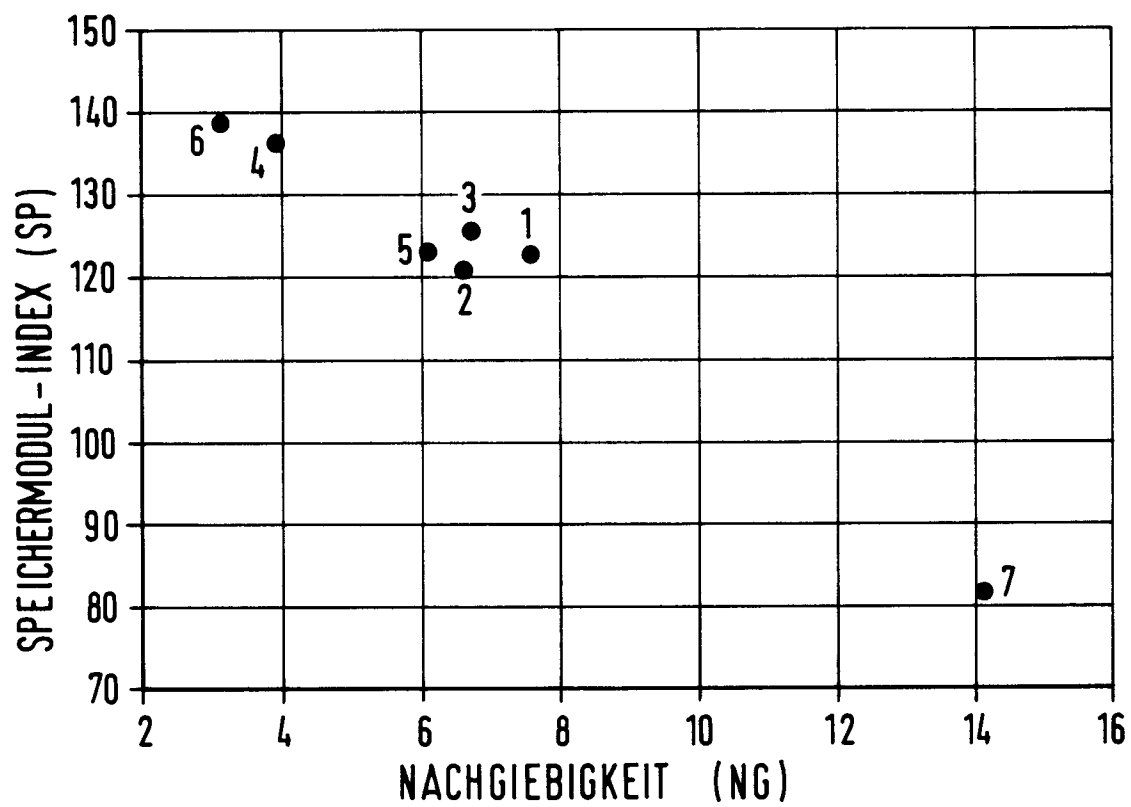
35

40

45

50

55

Fig. 1***Fig. 2***



European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 93 11 0712

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.5)
X	NL-A-7 018 370 (AKZO N.V.)	1,3-7,11	D02J13/00
A	* page 2, line 32 - page 9, line 29 *	10	D02J1/22

X	US-A-3 694 872 (SUNDBECK)	1,3-5,11	
A	* column 2, line 49 - column 6, line 18 *	12-16,19	

D,A	DE-A-16 60 314 (FARBWERKE HOECHST AG)	1-6	
	* page 2, line 1, paragraph 2 - page 3, line 17, paragraph 2; example 1 *		

A	EP-A-0 428 045 (BARMAG AG.)	7	
	* column 9, line 4 - column 13, line 57 *		

The present search report has been drawn up for all claims			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.5)
			D02J
Place of search		Date of completion of the search	Examiner
THE HAGUE		28 October 1993	VAN BEURDEN, S
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS			
X : particularly relevant if taken alone		T : theory or principle underlying the invention	
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category		E : earlier patent document, but published on, or after the filing date	
A : technological background		D : document cited in the application	
O : non-written disclosure		L : document cited for other reasons	
P : intermediate document		& : member of the same patent family, corresponding document	