



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 016 950 A1** 2008.10.09

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 016 950.9**

(22) Anmeldetag: **05.04.2007**

(43) Offenlegungstag: **09.10.2008**

(51) Int Cl.⁸: **C08J 3/24** (2006.01)

C08K 5/1515 (2006.01)

C09J 133/00 (2006.01)

C09J 163/00 (2006.01)

C09J 7/00 (2006.01)

C08F 8/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
tesa AG, 20253 Hamburg, DE

(72) Erfinder:
Zöllner, Stephan, Dr., 21244 Buchholz, DE;
Hansen, Sven, 22765 Hamburg, DE; Brandes, Kay,
24568 Kaltenkirchen, DE; Possel, Esther von,
22767 Hamburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

DE 101 30 888 A1

DE 697 09 859 T2

DE 22 27 349

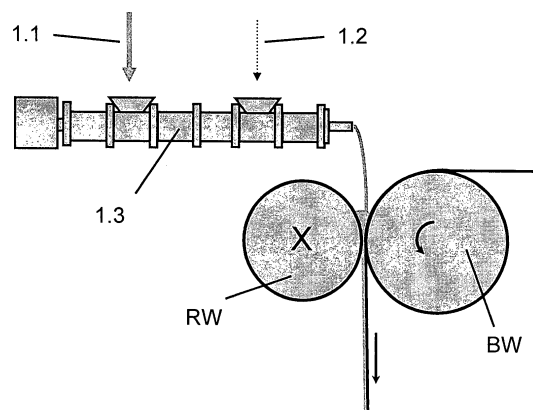
GB 12 19 629

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Thermisch vernetzende Polyacrylate und Verfahren zu deren Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Vernetzer-Beschleuniger-System für thermische Vernetzung von Polyacrylaten mit funktionellen Gruppen, die geeignet sind, mit Epoxidgruppen Verknüpfungsreaktionen einzugehen, umfassend zumindest eine epoxidgruppenhaltige Substanz (Vernetzer) und zumindest eine bei einer Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Polyacrylats für die Verknüpfungsreaktion beschleunigend wirkende Substanz (Beschleuniger).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Vernetzung von Polyacrylaten, ein Vernetzer-Beschleuniger-System für derartige Vernetzungen sowie entsprechend hergestellte thermisch vernetzende bzw. vernetzte Polyacrylate.

[0002] Für hochwertige industrielle Anwendungen, insbesondere auch als Klebe-, Haftklebe- oder Heißsiegelmassen, werden unter anderem Polyacrylate eingesetzt, da diese sich für die wachsenden Anforderungen in diesen Anwendungsbereichen als gut geeignet herausgestellt haben.

[0003] So müssen Haftmassen eine gute Anfassklebrigkeit („Tack“) aufweisen, aber auch hohen Anforderungen im Bereich der Scherfestigkeit gerecht werden. Gleichzeitig muss auch eine gute Verarbeitbarkeit, insbesondere eine hohe Eignung zur Beschichtung dieser Massen auf Trägermaterialien, gegeben sein. Dies wird insbesondere durch Polyacrylate mit hohem Molekulargewicht, hoher Polarität und anschließender effizienter Vernetzung erreicht. Zudem lassen sich Polyacrylate transparent und witterungsstabil herstellen.

[0004] Bei der Beschichtung von Polyacrylatmassen aus Lösung oder als Dispersion, die man beispielsweise als Haftkleber, viskoelastischer Träger oder Heißsiegelmassen verwenden kann, ist die thermische Vernetzung seit langem Stand der Technik. In der Regel setzt man den thermischen Vernetzer – z. B. ein multifunktionelles Isocyanat, ein Metall-Chelat oder ein multifunktionelles Epoxid – zur Lösung eines entsprechend mit funktionellen Gruppen ausgestatteten Polyacrylats zu, beschichtet flächig auf ein Substrat mit Hilfe eines Rakels oder Streichbalkens und trocknet anschließend. Dadurch werden Verdünnungsmittel – also organische Lösemittel oder Wasser im Falle der Dispersionen – verdampft und das Polyacrylat entsprechend vernetzt. Die Vernetzung ist sehr wichtig für die Beschichtungen, denn dadurch erhalten sie eine ausreichende Kohäsion und Wärmescherfestigkeit. Ohne Vernetzung wären die Beschichtungen zu weich und würden schon bei geringer Belastung zerfließen. Wesentlich für ein gutes Beschichtungsergebnis ist die Beachtung der Topfzeit (Verarbeitungszeit, in der das System im verarbeitungsfähigen Zustand vorliegt), die je nach Vernetzungssystem deutlich unterschiedlich sein kann. Ist diese Zeit zu kurz, dann hat der Vernetzer schon in der Polyacrylatlösung reagiert, die Lösung ist schon anvernetzt (angegellt bzw. vergelt) und nicht mehr gleichmäßig beschichtbar.

[0005] Insbesondere aus Umweltschutzgründen entwickelt sich der technologische Prozess zur Herstellung von Haftklebmassen immer weiter. Durch die restriktiver werdenden Umweltauflagen und die steigenden Preise für Lösungsmittel ist man bestrebt, die Lösungsmittel aus dem Fertigungsprozess für Polymere so weit wie möglich zu eliminieren. In der Industrie sind daher Schmelzverfahren (auch als Heißschmelzverfahren oder Hotmeltverfahren bezeichnet) mit lösungsmittelfreier Beschichtungstechnik zur Herstellung von Polymeren – insbesondere von Haftklebmassen – von anwachsender Bedeutung. Hierbei werden schmelzfähige Polymermassen, also solche Polymermassen, die bei erhöhten Temperaturen in den fließfähigen Zustand übergehen, ohne sich zu zersetzen, verarbeitet. Solche Massen lassen sich hervorragend aus diesem Schmelzzustand heraus verarbeiten. In Weiterentwicklungen dieses Prozesses kann auch die Herstellung lösungsmittelarm oder lösungsmittelfrei durchgeführt werden.

[0006] Die Einführung der Hotmelt-Technologie stellt wachsende Anforderungen an die Klebmassen. Insbesondere die vorgenannten schmelzfähigen Polyacrylatmassen (andere Bezeichnungen: „Polyacrylathotmelts“, „Acrylathotmelts“) werden sehr intensiv auf Verbesserungen hin untersucht. Bei der Beschichtung von Polyacrylatmassen aus der Schmelze ist die thermische Vernetzung bislang nicht sehr verbreitet, obwohl dieses Verfahren Vorteile hätte.

[0007] Bislang werden Acrylathotmelts vor allem durch strahlenchemische Verfahren (UV-Bestrahlung, ESH-estrahlung) vernetzt. Diese Verfahrensweise ist aber mit diversen Nachteilen verbunden:

- im Falle der Vernetzung mittels UV-Strahlen sind nur UV-transparente (UV-durchlässige) Schichten vernetzbar,
- im Falle der Vernetzung mit Elektronenstrahlen (Elektronenstrahlvernetzung bzw. Elektronenstrahlenhärtung, auch ESH) besitzen die Elektronenstrahlen nur eine begrenzte Eindringtiefe, die abhängig von Dichte des bestrahlten Materials und von der Beschleunigerspannung ist,
- in beiden vorgenannten Verfahren weisen die Schichten nach der Vernetzung ein Vernetzungsprofil auf, und die Haftklebeschicht vernetzt nicht homogen

[0008] Die Haftklebeschicht muss relativ dünn sein, damit man gut vernetzte Schichten erhält. In Abhängigkeit von Dichte, Beschleunigerspannung (ESH) und aktiver Wellenlänge (UV) variiert die durchstrahlbare Dicke zwar, ist aber immer stark limitiert, so dass sich nicht beliebig dicke Schichten durchvernetzen lassen, und zwar

schon gar nicht homogen.

[0009] Im Stand der Technik sind auch einige Verfahren zur thermischen Vernetzung von Acrylathotmelts bekannt. Hierbei wird jeweils zur Acrylatschmelze vor der Beschichtung ein Vernetzer zugesetzt, dann wird ausgeformt und zur Rolle gewickelt.

[0010] Eine direkte thermische Vernetzung von Acrylat-Hotmeltmassen, die NCO-reaktive Gruppen enthalten, wird in EP 0 752 435 A1 beschrieben. Die verwendeten blockierungsmittelfreien Isocyanate, insbesondere sterisch gehinderte und dimerisierte Isocyanate, benötigen sehr drastische Vernetzungsbedingungen, so dass eine sinnvolle technische Umsetzung Probleme bietet. Die in der EP 0 752 435 A1 beschriebene Vorgehensweise führt bei den Bedingungen, wie sie bei einer Verarbeitung aus der Schmelze herrschen, zu einer raschen, relativ weitgehenden Vernetzung, so dass eine Verarbeitung der Masse, insbesondere in Hinblick auf eine Beschichtung von Trägermaterialien, schwierig ist. Insbesondere können keine sehr homogenen Klebstoffschichten erhalten werden, wie sie für viele technische Anwendungen von Klebebändern erforderlich sind.

[0011] Weiterhin ist die Verwendung von blockierten Isocyanaten Stand der Technik. Nachteilig an diesem Konzept ist die Freisetzung von Blockierungsgruppen bzw. Fragmenten, die einen negativen Effekt auf die klebtechnischen Eigenschaften haben. Ein Beispiel ist US 4,524,104 A. Hier werden Acrylatschmelzhaftkleber beschrieben, die mit blockierten Polyisocyanaten zusammen mit Cycloamidinen oder Salzen davon als Katalysator vernetzt werden können. Bei diesem System können zum einen der notwendige Katalysator, vor allem aber das entstehende HCN, Phenol, Caprolactam oder dergleichen die Produkteigenschaften stark beeinträchtigen. Zudem sind auch bei diesem Konzept häufig drastische Bedingungen zur Freisetzung der reaktiven Gruppen benötigen. Ein nennenswerter Produkteinsatz ist bislang nicht bekannt und erscheint zudem unattraktiv.

[0012] Die DE 10 2004 044 086 A1 beschreibt ein Verfahren zur thermischen Vernetzung von Acrylathotmelts, bei dem ein lösemittelfreies funktionalisiertes Acrylatcopolymer, welches nach Zudosieren eines thermisch reaktiven Vernetzers eine für das Compoundieren, Fördern und Beschichten ausreichend lange Verarbeitungszeit hat, bevorzugt mittels eines Walzenverfahrens auf eine bahnförmige Schicht eines weiteren Materials, insbesondere ein bandförmiges Trägermaterial oder eine Klebmassenschicht, beschichtet wird und welches nach der Beschichtung unter milden Bedingungen nachvernetzt, bis eine für Haftklebebänder ausreichende Kohäsion erreicht wird. Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass durch die Reaktivität des Vernetzers (Isocyanats) die freie Verarbeitungszeit und der Vernetzungsgrad vorbestimmt wird. Bei der Verwendung von Isocyanaten reagieren diese zum Teil schon bei Zugabe, wodurch je nach System die gelfreie Zeit sehr kurz sein kann. Eine Masse mit einem höheren Anteil an funktionellen Gruppen wie Hydroxygruppen oder Carbonsäure ist dann in den Beschichtungen nicht mehr ausreichend gut beschichtbar. Ein streifiges, mit Gelstippen durchsetztes, also inhomogenes Strichbild wäre die Folge.

[0013] Weiterhin ergibt sich das Problem, dass der erzielbare Vernetzungsgrad begrenzt ist. Wenn durch Zusatz einer höheren Vernetzermenge ein höherer Vernetzungsgrad gewünscht ist, hat dies bei Verwendung multifunktionaler Isocyanate Nachteile. Die Masse würde zu schnell reagieren und wäre – wenn überhaupt – nur mit sehr geringer Verarbeitungszeit und somit sehr hoher Beschichtungsgeschwindigkeit beschichtbar, was die Problematik des nicht homogenen Beschichtungsbildes erhöhen würde.

[0014] Die DE 100 08 841 A1 beschreibt Polyacrylate, welche durch thermische Vernetzung einer Polymermischung zugänglich ist, die tert-Butoxycarbonyl-(BOC-)Schutzgruppen, einen kationischen Photoinitiator und ein bifunktionelles Isocyanat und/oder bifunktionelles Epoxid enthält. Beschrieben ist weiterhin ein Verfahren zur Herstellung von vernetzten Polyacrylaten, bei welchem die zu vernetzenden Polymere zunächst durch Einführung von tert-Butoxycarbonylgruppen geschützt werden und die Vernetzung erst nach der Entschützung durch thermische Behandlung der nunmehr entschützten Polyacrylate stattfindet. Die Einführung der Schutzgruppen dient dabei der Vermeidung der erst im nachhinein angestrebten Vernetzungsreaktion, wenn während früher Verarbeitungsstadien bereits hohe Prozesstemperaturen vorliegen, wie es beispielsweise im Hotmelt-Prozess der Fall ist. Der Schutz gilt insbesondere der Vernetzungsreaktion zu diesem Zeitpunkt, aber auch allen sonstigen Konkurrenzreaktionen, die an den ungeschützten funktionellen Gruppen des zu verarbeitenden Polymers, insbesondere an dessen Hydroxidgruppen, angreifen würden.

[0015] Nachteilig an dem dort vorgestellten Verfahren ist, dass die reaktiven Gruppen nach der Beschichtung erst durch UV-Bestrahlung freigesetzt werden müssen. Damit gelten hier für die thermische Vernetzung die Nachteile, die schon oben für die strahleninduzierte Vernetzung (UV-Bestrahlung) angeführt wurden. Zudem wird brennbares Isobuten freigesetzt.

[0016] EP 1 317 499 A beschreibt ein Verfahren zur Vernetzung von Polyacrylaten über eine UV-initiierte Epoxidvernetzung, bei denen die Polyacrylate während der Polymerisation mit entsprechenden Gruppen funktionalisiert wurden. Das Verfahren bietet Vorteile bezüglich der Scherfestigkeit der vernetzten Polyacrylate gegenüber konventionellen Vernetzungsmechanismen, insbesondere gegenüber der Elektronenstrahl-Vernetzung. In dieser Schrift wird die Verwendung von di- oder multifunktionellen sauerstoffhaltigen Verbindungen, insbesondere von di- oder multifunktionellen Epoxiden oder Alkoholen, als Vernetzungsreagenz für funktionalisierte Polyacrylate, insbesondere funktionalisierte Acrylatschmelzhaftkleber, beschrieben.

[0017] Da die Vernetzung durch UV-Strahlen initiiert wird, ergeben sich auch hier die bereits genannten Nachteile.

[0018] Über die Vernetzung mit multifunktionellen Epoxiden waren Polyacrylatmassen, insbesondere Polyacrylat-Schmelzhaftkleber, bislang somit nicht gut vernetzbar und diese Art der Vernetzung daher nicht industriell für einen Produktionsprozess einsetzbar.

[0019] Aufgabe der Erfindung ist es, eine thermische Vernetzung von aus der Schmelze verarbeitbaren Polyacrylatmassen („Polyacrylat-Hotmelts“), zu ermöglichen, wobei für die Verarbeitung aus der Schmelze eine hinreichend lange Verarbeitungszeit („Topfzeit“) zur Verfügung stehen soll, insbesondere verglichen mit der Topfzeit bei den bekannten thermischen Vernetzungssystemen für Polyacrylat-Hotmelts. Dabei soll auf den Einsatz von Schutzgruppen, die gegebenenfalls durch aktinische Strahlung oder andere Methoden wieder entfernt werden müssten, verzichtet werden können. Weiterhin soll der Vernetzungsgrad der Polyacrylatmasse auf ein gewünschtes Level einzustellen sein, ohne dass die Vorteile der Prozessführung negativ beeinflusst würden.

[0020] Im folgenden werden die Polyacrylatmassen auch in synonyme Weise kurz als „Polyacrylate“ bezeichnet. Für die nicht vernetzten Polyacrylatmassen wird auch der Begriff „Polymerisate“ verwendet, für die vernetzten oder anvernetzten Polyacrylatmassen der Begriff „Polymere“.

[0021] Überraschender Weise wurde gefunden, dass ein Vernetzer-Beschleuniger-System („Vernetzungssystem“) enthaltend zumindest eine epoxidgruppenhaltige Substanz als Vernetzer und zumindest eine bei einer Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur eines zu vernetzenden Polyacrylats für Vernetzungsreaktionen mittels epoxidgruppenhaltigen Verbindungen beschleunigend wirkende Substanz als Beschleuniger zu einer hervorragenden Lösung der genannten Aufgabe führte.

[0022] Beschleunigend wirkende Substanz bedeutet, dass die Substanz die Vernetzungsreaktion in sofern unterstützt, dass sie für eine erfindungsgemäß hinreichende Reaktionsgeschwindigkeit sorgt, während die Vernetzungsreaktion in Abwesenheit des Beschleunigers bei ausgewählten Reaktionsparametern, hier insbesondere einer Temperatur, die unterhalb der Schmelztemperatur der Polyacrylate liegt, nicht oder nur unzureichend langsam ablaufen würde. Der Beschleuniger sorgt also für eine wesentliche Verbesserung der Reaktionskinetik der Vernetzungsreaktion. Dies kann erfindungsgemäß auf katalytische Weise, aber auch durch Einbindung in das Reaktionsgeschehen erfolgen.

[0023] Die zu vernetzenden Polyacrylate enthalten funktionelle Gruppen, die geeignet sind, mit Epoxidgruppen Verknüpfungsreaktionen – insbesondere im Sinne von Additions- oder Substitutionsreaktionen – einzugehen.

[0024] Epoxide ohne entsprechende Beschleuniger reagieren nur unter Wärmeeinfluss, und zwar insbesondere erst nach längerer Zufuhr thermischer Energie. Die bekannten Beschleunigersubstanzen wie zum Beispiel ZnCl_2 führen zwar zur Verbesserung der Reaktionsfähigkeit im Temperaturbereich der Schmelze, aber bei fehlender Zufuhr thermischer Energie von außen (also beispielsweise bei Raumtemperatur) geht die Reaktivität der Epoxide auch in Gegenwart der Beschleuniger verloren, so dass die Vernetzungsreaktion abbricht (sie wirken also bei der gegebenen Temperatur nicht mehr beschleunigend im oben dargestellten Sinne). Dies ist insbesondere dann ein Problem, wenn die als Hotmelt verarbeiteten Polyacrylate innerhalb relativ kurzer Zeiträume (einige Minuten) beschichtet werden und dann mangels weiterer Wärmezufuhr rasch bis zur Raumtemperatur bzw. Lagerungstemperatur abkühlen. Ohne die Initiierung einer weiteren Vernetzungsreaktion könnte man keine hohen Vernetzungsgrade erzielen, was insbesondere für viele Anwendungsbereiche von Polyacrylaten, wie insbesondere der Verwendung als Haftklebmasse, in einer zu geringen Kohäsion der Masse resultieren würde.

[0025] Würde das Vernetzersystem mit nur in der Wärme funktionalen Beschleunigern, beispielsweise Epoxid-

vernetzer in Gegenwart von ZnCl_2 , zu früh in das Polyacrylat-System gegeben werden (um einen hinreichenden Vernetzungsgrad zu erzielen), so könnte man die Massen nicht mehr homogen verarbeiten, insbesondere compoundieren und beschichten, da die Massen zu schnell zu hoch vernetzen oder gar vergelen („unkontrolliert“ vernetzen) würden.

[0026] Eine Übertragung auf Hotmelt-Systeme war daher für den Fachmann wenig naheliegend.

[0027] Erst durch die erfindungsgemäße Kombination der genannten Komponenten konnte ein thermisches Vernetzungsverfahren angeboten werden, dass bei der Verarbeitung der Polyacrylat-Heißschmelzmassen, also in der Schmelze, nicht zu unkontrollierten Reaktionen (Vergelung der Masse) führt und für die Verarbeitung eine hinreichend lange Zeit (Topfzeit) belässt, so dass insbesondere bei der Ausstreichung als Schicht oder der Auftragung auf einen Träger ein gleichmäßiges und blasenfreies Strichbild geschaffen werden kann. Das Vernetzer-Beschleuniger-System ist zudem in der Lage, das Polyacrylat nach der Verarbeitung, insbesondere nach Ausstreichung als Schicht oder der Auftragung auf einen Träger, bei deutlich verringerter Zufuhr von thermischer Energie als zur Erzielung der Schmelze, also nach Abkühlung, weiter zu vernetzen, ohne dass hierzu aktinische Bestrahlung notwendig wäre.

[0028] Insbesondere sind die Polyacrylate durch das Vernetzer-Beschleuniger-System in der Lage, ohne weitere aktiv, also verfahrenstechnisch, zugeführte thermische Energie (Beheizung), insbesondere nach Abkühlung auf Raumtemperatur (RT, 20°C) oder auf eine Temperatur nahe der Raumtemperatur, weiter zu vernetzen. Insbesondere kann in dieser Phase der Vernetzung auf Beheizung verzichtet werden, ohne dass dies zu einem Abbruch der Vernetzungsreaktion führen würde.

[0029] Der Hauptanspruch betrifft daher ein Vernetzer-Beschleuniger-System für die thermische Vernetzung von Polyacrylaten, umfassend zumindest eine epoxidgruppenhaltige Substanz – als Vernetzer – und zumindest eine bei einer Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Polyacrylates, insbesondere bei Raumtemperatur, für die Verknüpfungsreaktion beschleunigend wirkende Substanz („Beschleuniger“); insbesondere multifunktionelle Amine. Dabei wird das Vernetzer-Beschleuniger-System insbesondere in Gegenwart von funktionellen Gruppen eingesetzt, die mit Epoxidgruppen eine Verknüpfungsreaktion, insbesondere in Form einer Addition oder Substitution, eingehen können. Bevorzugt kommt es also zu einer Verknüpfung der die funktionellen Gruppen tragenden Bausteine mit den die Epoxidgruppen tragenden Bausteinen (insbesondere im Sinne einer Vernetzung der entsprechenden die funktionellen Gruppen tragenden Polymerbausteine über die Epoxidgruppen tragenden Substanzen als Verknüpfungsbrücken).

[0030] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Vernetzungsverfahren für Polyacrylate, welches mittels des erfindungsgemäßen Vernetzer-Beschleuniger-Systems durchgeführt werden kann; insbesondere ein Verfahren zur thermischen Vernetzung von aus der Schmelze verarbeitbaren Polyacrylathafklebmassen, bei dem das vorstehend beschriebene Vernetzer-Beschleuniger-System eingesetzt wird.

[0031] Sofern im Folgenden im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Angaben zu vorteilhaften Ausführungen zu dem eingesetzten Vernetzer-Beschleuniger-System gemacht werden, also beispielsweise vorteilhafte Zusammensetzungen und dergleichen, sollen diese auch für das erfindungsgemäße Vernetzer-Beschleuniger-System als solches – auch ohne direkten Bezug zu den Verfahrensdarstellungen und -ansprüchen – gelten.

[0032] Bei den epoxidgruppenhaltigen Substanzen handelt es sich insbesondere um multifunktionelle Epoxide, also solche mit zumindest zwei Epoxidgruppen, entsprechend kommt es insgesamt zu einer mittelbaren Verknüpfung der die funktionellen Gruppen tragenden Bausteine.

[0033] Das erfindungsgemäße Verfahren bietet in hervorragender, nicht zu erwartender Weise den Vorteil, dass ein stabiler Vernetzungsprozess für Polyacrylate angeboten werden kann, und zwar mit hervorragender Steuerungsmöglichkeit bezüglich des Vernetzungsbildes durch weitgehende Entkoppelung von Vernetzungsgrad und Reaktivität (Reaktionskinetik).

[0034] Das erfindungsgemäße Verfahren dient in vorteilhafter Weise zur thermischen Vernetzung von Polyacrylaten. Es wird einer Polyacrylatmasse (im folgenden einfach als „Polyacrylat“ bezeichnet), insbesondere einem Polyacrylatcopolymer, auf Basis von Acrylsäureestern und/oder Methacrylsäureestern ausgegangen, wobei zumindest ein Teil der Acrylsäureester und/oder Methacrylsäureester funktionelle Gruppen enthält, die mit Epoxidgruppen in vorstehend geschilderter Weise, insbesondere unter Bildung einer kovalenten Bindung, reagieren können.

[0035] Die vernetzten Polyacrylate können für alle möglichen Anwendungsgebiete eingesetzt werden, bei denen eine gewisse Kohäsion in der Masse gewünscht ist. Insbesondere günstig ist das Verfahren für viskoelastische Materialien auf Polyacrylatbasis. Ein spezielles Anwendungsgebiet des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die thermische Vernetzung von Haftklebmassen, insbesondere auch Heißschmelz-Haftklebmassen.

[0036] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren geht man insbesondere vorteilhaft derart vor, dass man die Vernetzung in der Schmelze des Polyacrylates initiiert und dieses danach zu einem Zeitpunkt abkühlt, zu dem das Polyacrylat noch hervorragend verarbeitbar ist, also beispielsweise homogen beschichtbar und/oder hervorragend ausformbar. Insbesondere für Klebebänder ist ein homogenes, gleichmäßiges Strichbild erforderlich, wobei sich in der Klebmassenschicht keine Klumpen, Stippen oder ähnliches finden lassen sollen. Entsprechend homogene Polyacrylate werden auch für die anderen Anwendungsformen verlangt.

[0037] Die Ausformbarkeit bzw. Beschichtbarkeit ist gegeben, wenn das Polyacrylat noch nicht oder erst zu einem geringen Grad vernetzt ist; vorteilhaft beträgt der Vernetzungsgrad bei Beginn der Abkühlung nicht mehr als 10%, bevorzugt nicht mehr als 3%, noch besser nicht mehr als 1%. Die Vernetzungsreaktion schreitet auch nach der Abkühlung fort, bis der endliche Vernetzungsgrad erreicht ist.

[0038] Der Begriff „abkühlen“ umfasst hier und im Folgenden auch das passive Abkühlenlassen durch Entfernung der Beheizung.

[0039] Das erfindungsgemäße Verfahren kann insbesondere derart durchgeführt werden, dass man die Vernetzung in der Schmelze des Polyacrylats in Gegenwart des Vernetzers, insbesondere des Vernetzer-Beschleuniger-Systems, initiiert (also thermisch), bevorzugt zu einem Zeitpunkt kurz vor der Weiterverarbeitung, insbesondere der Ausformung oder Beschichtung. Dies findet für gewöhnlich in einem Verarbeitungsreaktor (Compounder, beispielsweise ein Extruder) statt. Dann wird die Masse aus dem Compounder entnommen und wie gewünscht weiterverarbeitet und/oder ausgeformt. Bei der Verarbeitung bzw. Ausformung oder danach wird das Polyacrylat abgekühlt, indem aktiv abgekühlt wird und/oder die Erwärmung eingestellt wird oder indem das Polyacrylat auf eine Temperatur unterhalb der Verarbeitungstemperatur beheizt wird (ggf. auch hier nach vorheriger aktiver Kühlung), wenn die Temperatur nicht bis auf Raumtemperatur abfallen soll.

[0040] Die Weiterverarbeitung bzw. Ausformung kann insbesondere vorteilhaft die Beschichtung auf einen permanenten oder temporären Träger sein.

[0041] Bei einer sehr vorteilhaften Variante der Erfindung wird das Polyacrylat bei der oder nach der Entnahme aus dem Verarbeitungsreaktor auf einen permanenten oder temporären Träger beschichtet und bei der Beschichtung oder nach der Beschichtung die Polyacrylatmasse auf Raumtemperatur (oder eine Temperatur in der Nähe der Raumtemperatur) abkühlt, insbesondere unmittelbar nach der Beschichtung.

[0042] Initiierung „kurz vor“ der Weiterverarbeitung bedeutet insbesondere, dass mindestens eine der zur Vernetzung erforderlichen Komponenten (insbesondere die epoxidgruppenhaltigen Substanzen und/oder der Beschleuniger) so spät wie möglich im Hotmelt (also in der Schmelze) zugesetzt werden (homogene Verarbeitbarkeit aufgrund hier noch geringen Vernetzungsgrades; s. o.), aber so früh wie nötig, dass eine gute Homogenisierung mit der Polymermasse erfolgt.

[0043] Das Vernetzer-Beschleuniger-System ist so gewählt, dass die Vernetzungsreaktion bei einer Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur der Polyacrylatmasse, insbesondere bei Raumtemperatur, voranschreitet. Die Vernetzungsmöglichkeit bei Raumtemperatur bietet dabei den Vorteil, dass keine zusätzliche Energie zugeführt werden muss und daher eine Kostenersparnis verbucht werden kann.

[0044] Die Bezeichnung „Vernetzung bei Raumtemperatur“ bezieht sich dabei insbesondere auf die Vernetzung bei üblichen Lagertemperaturen von Klebebändern, viskoelastischen nichtklebrigen Materialien oder dergleichen und soll in sofern nicht auf 20°C beschränkt sein. Selbstverständlich ist es erfindungsgemäß auch vorteilhaft, wenn die Lagertemperatur aufgrund witterungsbedingter oder sonstiger Temperaturschwankungen von 20°C abweicht – oder die Raumtemperatur aufgrund lokaler Gegebenheiten von 20°C differiert – und die Vernetzung – insbesondere ohne weitere Energiezufuhr – fortschreitet.

[0045] Als epoxidgruppenhaltige Substanzen werden insbesondere multifunktionelle Epoxide eingesetzt, also solche, die mindestens zwei Epoxideinheiten pro Molekül aufweisen (also mindestens bifunktional sind). Dies können sowohl aromatische als auch aliphatische Verbindungen sein.

[0046] Hervorragend geeignete multifunktionelle Epoxide sind Oligomere des Epichlorhydrins, Epoxyether mehrwertiger Alkohole [insbesondere Ethylen-, Propylen-, und Butylenglycole, Polyglycole, Thiodiglycole, Glycerin, Pentaerythrit, Sorbit, Polyvinylalkohol, Polyallylalkohol und ähnliche], Epoxyether mehrwertiger Phenole [insbesondere Resorcin, Hydrochinon, Bis-(4-hydroxyphenyl)-methan, Bis-(4-hydroxy-3-methylphenyl)-methan, Bis-(4-hydroxy-3,5-dibromphenyl)-methan, Bis-(4-hydroxy-3,5-difluorphenyl)-methan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)ethan, 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)propan, 2,2-Bis-(4-hydroxy-3-methylphenyl)-propan, 2,2-Bis-(4-hydroxy-3-chlorphenyl)-propan, 2,2-Bis-(4-hydroxy-3,5-dichlorphenyl)-propan, 2,2-Bis-(4-hydroxy-3,5-dichlorphenyl)-propan, Bis-(4-hydroxyphenyl)-phenylmethan, Bis-(4-hydroxyphenyl)-phenylmethan, Bis-(4-hydroxyphenyl)diphenylmethan, Bis-(4-hydroxyphenyl)-4'-methylphenylmethan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-2,2,2-trichlorethan, Bis-(4-hydroxyphenyl)-(4-chlorphenyl)-methan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexan, Bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexylmethan, 4,4'-Dihydroxydiphenyl, 2,2'-Dihydroxydiphenyl, 4,4'-Dihydroxydiphenylsulfon] sowie deren Hydroxyethylether, Phenol-Formaldehyd-Kondensationsprodukte, wie Phenolalkohole, Phenolaldehydharze und ähnliche, S- und N-haltige Epoxide (zum Beispiel N,N-Diglycidylanillin, N,N'-Dimethyldiglycidyl-4,4-Diaminodiphenylmethan) sowie Epoxide, welche nach üblichen Verfahren aus mehrfach ungesättigten Carbonsäuren oder einfach ungesättigten Carbonsäureresten ungesättigter Alkohole hergestellt worden sind, Glycidylester, Polyglycidylester, die durch Polymerisation oder Mischpolymerisation von Glycidylestern ungesättigter Säuren gewonnen werden können oder aus anderen sauren Verbindungen (Cyanursäure, Diglycidylsulfid, cyclischem Trimethylentrisulfon bzw. deren Derivaten und anderen) erhältlich sind.

[0047] Sehr geeignete Ether sind beispielsweise 1,4-Butandiol diglycidether, Polyglycerol-3-Glycidether, Cyclohexan-dimethanoldiglycidether, Glycerintriglycidether, Neopentylglykoldiglycidether, Pentaerythrittriglycidether, 1,6-Hexandiol diglycidether, Polypropylenglykoldiglycidether, Trimethylolpropantriglycidether, Bisphenol-A-Diglycidether und Bisphenol-F-Diglycidether. Als Beschleuniger werden besonders bevorzugt Amine (formell als Substitutionsprodukte des Ammoniaks aufzufassen; in den folgenden Formeln sind diese Substituenten durch „R“ dargestellt und umfassen insbesondere Alkyl- und/oder Arylreste und/oder andere organische Reste) eingesetzt, insbesondere bevorzugt solche Amine, die mit den Bausteinen der Polyacrylate keine oder nur geringfügige Reaktionen eingehen.

[0048] Prinzipiell können als Beschleuniger sowohl primäre (NRH_2), sekundäre (NR_2H) als auch tertiäre Amine (NR_3) gewählt werden, selbstverständlich auch solche, die mehrere primäre und/oder sekundäre und/oder tertiäre Amingruppen aufweisen. Besonders bevorzugte Beschleuniger sind aber – insbesondere in Verbindung mit den vorgenannten Gründen – tertiäre Amine, wie beispielsweise Triethylamin, Triethylendiamin, Benzyl dimethylamin, Dimethylamino-methylphenol, 2,4,6-Tris-(N,N-dimethylaminomethyl)-Phenol, N,N'-Bis(3-(dimethyl-amino)propyl)harnstoff.

[0049] Als Beschleuniger werden können vorteilhaft auch multifunktionelle Amine wie Diamine, Triamine und/oder Tetramine eingesetzt.

[0050] Hervorragend geeignet sind zum Beispiel Diethylentriamin, Triethylentetramin, Trimethylhexamethylendiamin,

[0051] Weiterhin hervorragend geeignete Beschleuniger sind Pyridin, Imidazole (wie beispielsweise 2-Methylimidazol), 1,8-Diazabicyclo(5.4.0)undec-7-en. Auch cycloaliphatische Polyamine können hervorragend als Beschleuniger eingesetzt werden.

[0052] Geeignet sind auch Beschleuniger auf Phosphatbasis wie Phosphine und/oder Phosphoniumverbindungen, wie beispielsweise Triphenylphosphin oder Tetraphenylphosphonium-tetraphenylborat.

[0053] Die erfindungsgemäß zu vernetzende Zusammensetzung enthält zumindest ein Polyacrylat. Dabei handelt es sich um ein Polymerisat, welches durch radikalische Polymerisation von Acrylmonomeren, worunter auch Methylacrylmonomere verstanden werden, und gegebenenfalls weiteren, copolymerisierbaren Monomeren erhältlich ist.

[0054] Bevorzugt handelt es sich um ein mit Epoxidgruppen vernetzbares Polyacrylat. Entsprechend werden als Monomere oder Comonomere bevorzugt funktionelle, mit Epoxidgruppen vernetzungsfähige Monomere eingesetzt, hier kommen insbesondere Monomere mit Säuregruppen (besonders Carbonsäure-, Sulfonsäure oder Phosphonsäuregruppen) und/oder Hydroxygruppen und/oder Säureanhydridgruppen und/oder Epoxidgruppen und/oder Amingruppen zur Anwendung; bevorzugt sind carbonsäuregruppenhaltige Monomere. Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn das Polyacrylat einpolymerisierte Acrylsäure und/oder Methacrylsäure aufweist.

[0055] Weitere Monomere, die als Comonomere für das Polyacrylat verwendet werden können, sind z. B. Acrylsäure- und/oder Methacrylsäureester mit bis zu 30 C-Atomen, Vinylester von bis zu 20 C-Atome enthaltenden Carbonsäuren, Vinylaromaten mit bis zu 20 C-Atomen, ethylenisch ungesättigte Nitrile, Vinylhalogenide, Vinylether von 1 bis 10 C-Atome enthaltenden Alkoholen, aliphatische Kohlenwasserstoffe mit 2 bis 8 C-Atomen und 1 oder 2 Doppelbindungen oder Mischungen dieser Monomeren.

[0056] Für das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise ein Polyacrylat eingesetzt, welches auf die folgende Eduktmischung, enthaltend insbesondere weich machende Monomere, weiterhin Monomere mit funktionellen Gruppen, die in der Lage sind, mit den Epoxygruppen Reaktionen einzugehen, insbesondere Additions- und/oder Substitutionsreaktionen, sowie optional weitere einpolymerisierbare Comonomere, insbesondere hartmachende Monomere. Die Natur des herzustellenden Polyacrylats (Haftklebemasse; Heißsiegelmasse, viskoelastisches nichtklebriges Material und dergleichen) lässt sich insbesondere über eine Variation der Glasübergangstemperatur des Polymers durch unterschiedliche Gewichtsanteile der einzelnen Monomere beeinflussen.

[0057] Für rein kristalline Systeme gibt es am Schmelzpunkt T_s ein thermisches Gleichgewicht zwischen Kristall und Flüssigkeit. Amorphe oder teilkristalline Systeme sind hingegen durch die Umwandlung der mehr oder weniger harten amorphen bzw. teilkristallinen Phase in eine weichere (gummiartige bis zähflüssige) Phase gekennzeichnet. Am Glaspunkt kommt es insbesondere bei polymeren Systemen zum „Auftauen“ (bzw. „Einfrieren“ beim Abkühlen) der Brownschen Molekularbewegung längerer Kettensegmente.

[0058] Der Übergang vom Schmelzpunkt T_s (auch „Schmelztemperatur“; eigentlich nur für reinkristalline Systeme definiert; „Polymerkristalle“) zum Glasübergangspunkt T_g (auch „Glasübergangstemperatur“, „Glastemperatur“) kann daher als fließend angesehen werden, je nach dem Anteil der Teilkristallinität der untersuchten Probe. Im Rahmen dieser Schrift wird im Sinne der vorstehenden Ausführungen bei der Angabe des Glaspunktes der Schmelzpunkt mit umfasst, es wird also als Glasübergangspunkt (oder gleichbedeutend auch als Glasübergangstemperatur) auch der Schmelzpunkt für die entsprechenden „schmelzenden“ Systeme verstanden. Die Angaben der Glasübergangstemperaturen beziehen sich auf die Bestimmung mittels dynamisch mechanischer Analyse (DMA) bei geringen Frequenzen.

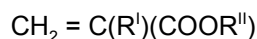
[0059] Zur Erzielung von Polymeren, beispielsweise Haftklebemassen oder Heißsiegelmassen, mit gewünschten Glasübergangstemperaturen wird die mengenmäßige Zusammensetzung der Monomermischung vorteilhaft derart gewählt, dass sich nach einer Gleichung (G1) in Analogie zur Fox-Gleichung (vgl. T. G. Fox, Bull. Am. Phys. Soc. 1 (1956) 123) der gewünschte T_g -Wert für das Polymer ergibt.

$$\frac{1}{T_g} = \sum_n \frac{w_n}{T_{g,n}} \quad (G1)$$

[0060] Hierin repräsentiert n die Laufzahl über die eingesetzten Monomere, w_n den Massenanteil des jeweiligen Monomers n (Gew.-%) und $T_{g,n}$ die jeweilige Glasübergangstemperatur des Homopolymers aus den jeweiligen Monomeren n in K.

[0061] Bevorzugt wird ein Polyacrylat eingesetzt, dass auf die folgende Monomerzusammensetzung zurückgeführt werden kann:

a) Acrylsäureester und/oder Methacrylsäureester der folgenden Formel



wobei $\text{R}^I = \text{H}$ oder CH_3 und R^{II} ein Alkylrest mit 4 bis 14 C-Atomen ist,

b) olefinisch ungesättigte Monomere mit funktionellen Gruppen der für eine Reaktivität mit Epoxidgruppen bereits definierten Art,

c) optional weitere Acrylate und/oder Methacrylate und/oder olefinisch ungesättigte Monomere, die mit der Komponente (a) copolymerisierbar sind.

[0062] Zur Anwendung des Polyacrylats als Haftkleber sind die Anteile der entsprechenden Komponenten (a), (b), und (c) derart gewählt, dass das Polymerisationsprodukt insbesondere eine Glastemperatur $\leq 15^\circ\text{C}$ (DMA bei geringen Frequenzen) aufweist.

[0063] Es ist zur Herstellung von Haftklebemassen sehr vorteilhaft, die Monomere der Komponente (a) mit einem Anteil von 45 bis 99 Gew.-%, die Monomere der Komponente (b) mit einem Anteil von 1 bis 15 Gew.-%

und die Monomere der Komponente (c) mit einem Anteil von 0 bis 40 Gew.-% zu wählen (die Angaben sind bezogen auf die Monomermischung für das „Basispolymer“, also ohne Zusätze eventueller Additive zu dem fertigen Polymer, wie Harze etc).

[0064] Für die Anwendung eines Heißschmelzklebers, also eines Materials, welches erst durch Erwärmen haftklebrig wird, werden die Anteile der entsprechenden Komponenten (a), (b), und (c) insbesondere derart gewählt, dass das Copolymer eine Glasübergangstemperatur (T_g) zwischen 15°C und 100°C aufweist, bevorzugt zwischen 30°C und 80°C, besonders bevorzugt zwischen 40°C und 60°C. Die Anteile der Komponenten (a), (b), und (c) sind entsprechend zu wählen.

[0065] Ein viskoelastisches Material, was beispielsweise typischerweise beidseitig mit haftklebrigen Schichten kaschiert sein kann, hat insbesondere eine Glasübergangstemperatur (T_g) zwischen - 50°C bis +100°C, bevorzugt zwischen -20°C bis +60°C, besonders bevorzugt 0°C bis 40°C. Die Anteile der Komponenten (a), (b), und (c) sind auch hier entsprechend zu wählen.

[0066] Die Monomere der Komponente (a) sind insbesondere weichmachende und/oder unpolare Monomere.

[0067] Vorzugsweise werden für die Monomere (a) Acrylmonomere eingesetzt, die Acryl- und Methacrylsäureester mit Alkylgruppen, bestehend aus 4 bis 14 C-Atomen, bevorzugt 4 bis 9 C-Atomen, umfassen. Beispiele für derartige Monomere sind n-Butylacrylat, n-Butylmethacrylat, n-Pentylacrylat, n-Pentylmethacrylat, n-Amylacrylat, n-Hexylacrylat, Hexylmethacrylat, n-Heptylacrylat, n-Octylacrylat, n-Octylmethacrylat, n-Nonylacrylat, Isobutylacrylat, Isooctylacrylat, Isooctylmethacrylat, und deren verzweigten Isomere, wie z. B. 2-Ethylhexylacrylat, 2-Ethylhexylmethacrylat.

[0068] Die Monomere der Komponente (b) sind insbesondere olefinische ungesättigter Monomere (b) mit funktionellen Gruppen, insbesondere mit funktionellen Gruppen, die eine Reaktion mit den Epoxidgruppen eingehen können.

[0069] Bevorzugt werden für die Komponente (b) Monomere mit solchen funktionellen Gruppen eingesetzt, die aus der folgenden Aufzählung ausgewählt sind: Hydroxy-, Carboxy-, Sulfonsäure-, oder Phosphonsäuregruppen, Säureanhydride, Epoxide, Amine. Besonders bevorzugte Beispiele für Monomere der Komponente (b) sind Acrylsäure, Methacrylsäure, Itaconsäure, Maleinsäure, Fumarsäure, Crotonsäure, Aconitsäure, Dimethylacrylsäure, β -Acryloyloxypropionsäure, Trichloracrylsäure, Vinyllessigsäure, Vinylphosphonsäure, Itasconsäure, Maleinsäureanhydrid, Hydroxyethylacrylat, Hydroxypropylacrylat, Hydroxyethylmethacrylat, Hydroxypropylmethacrylat, 6-Hydroxyhexylmethacrylat, Allylalkohol, Glycidylacrylat, Glycidylmethacrylat.

[0070] Prinzipiell können im Sinne der Komponente (c) alle vinylisch-funktionalisierten Verbindungen eingesetzt werden, die mit der Komponente (a) und/oder der Komponente (b) copolymerisierbar sind, und können auch zur Einstellung der Eigenschaften der resultierenden Haftklebemasse dienen.

[0071] Beispielhaft genannte Monomere für die Komponente (c) sind:

Methylacrylat, Ethylacrylat, Propylacrylat, Methylmethacrylat, Ethylmethacrylat, Benzylacrylat, Benzylmethacrylat, sec.-Butylacrylat, tert-Butylacrylat, Phenylacrylat, Phenylmethacrylat, Isobornylacrylat, Isobornylmethacrylat, t-Butylphenylacrylat, t-Butylphenylmethacrylat, Dodecylmethacrylat, Isodecylacrylat, Laurylacrylat, n-Undecylacrylat, Stearylacrylat, Tridecylacrylat, Behenylacrylat, Cyclohexylmethacrylat, Cyclopentylmethacrylat, Phenoxyethylacrylat, Phenoxyethylmethacrylat, 2-Butoxyethylmethacrylat, 2-Butoxy-ethylacrylat, 3,3,5-Trimethylcyclohexylacrylat, 3,5-Dimethyladamantylacrylat, 4-Cumyl-phenylmethacrylat, Cyanoethylacrylat, Cyanoethylmethacrylat, 4-Biphenylacrylat, 4-Biphenylmethacrylat, 2-Naphthylacrylat, 2-Naphthylmethacrylat, Tetrahydrofurfuryl-acrylat, Diethylaminoethylacrylat, Diethylaminoethylmethacrylat, Dimethylaminoethylacrylat, Dimethylaminoethylmethacrylat, 2-Butoxyethylacrylat, 2-Butoxyethylmethacrylat, 3-Methoxyacrylsäuremethylester, 3-Methoxybutylacrylat, Phenoxyethylacrylat, Phenoxyethylmethacrylat, 2-Phenoxyethylmethacrylat, Butyldiglykolmethacrylat, Ethylenglycolacrylat, Ethylenglycolmonomethylacrylat, Methoxy Polyethylenglykolmethacrylat 350, Methoxy Polyethylenglykolmethacrylat 500, Propylenglycolmonomethacrylat, Butoxydiethylenglykolmethacrylat, Ethoxytriethylenglykolmethacrylat, Octafluoropentylacrylat, Octafluoropentylmethacrylat, 2,2,2-Trifluoroethylmethacrylat, 1,1,1,3,3,3-Hexafluoroisopropylacrylat, 1,1,1,3,3,3-Hexafluoroisopropylmethacrylat, 2,2,3,3,3-Pentafluoropropylmethacrylat, 2,2,3,4,4,4-Hexafluorobutylmethacrylat, 2,2,3,3,4,4,4-Heptafluorobutylacrylat, 2,2,3,3,4,4,4-Heptafluorobutylmethacrylat, 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-Pentadecafluorooctylmethacrylat, Dimethylaminopropylacrylamid, Dimethylaminopropylmethacrylamid, N-(1-Methylundecyl)acrylamid,

N-(n-Butoxymethyl)acrylamid, N-(Butoxymethyl)methacrylamid, N-(Ethoxymethyl)acrylamid, N-(n-Octadecyl)acrylamid, weiterhin N,N-Dialkyl-substituierte Amide, wie beispielsweise N,N-Dimethylacrylamid, N,N-Dimethylmethacrylamid, N-Benzylacrylamid, N-Isopropylacrylamid, N-tert-Butylacrylamid, N-tert-Octylacrylamid, N-Methylolacrylamid, N-Methylolmethacrylamid, Acrylnitril, Methacrylnitril, Vinylether, wie Vinylmethylether, Ethylvinylether, Vinylisobutylether, Vinylester, wie Vinylacetat, Vinylchlorid, Vinylhalogenide, Vinylidenchlorid, Vinylidenhalogenide, Vinylpyridin, 4-Vinylpyridin, N-Vinylphthalimid, N-Vinylactam, N-Vinylpyrrolidon, Styrol, a- und p-Methylstyrol, a-Butylstyrol, 4-n-Butylstyrol, 4-n-Decylstyrol, 3,4-Dimethoxystyrol Makromonomere wie 2-Polystyrolethylmethacrylat (Molekulargewicht M_w von 4000 bis 13000 g/mol), Poly(Methylmethacrylat)ethylmethacrylat (M_w von 2000 bis 8000 g/mol).

[0072] Monomere der Komponente (c) können vorteilhaft auch derart gewählt werden, dass sie funktionelle Gruppen enthalten, die eine nachfolgende strahlenchemische Vernetzung (beispielsweise durch Elektronenstrahlen, UV) unterstützen. Geeignete copolymerisierbare Photoinitiatoren sind z. B. Benzoinacrylat und acrylatfunktionalisierte Benzophenonderivate. Monomere, die eine Vernetzung durch Elektronenbestrahlung unterstützen sind, z. B. Tetrahydrofurfurylacrylat, N-tert-Butylacrylamid, Allylacrylat wobei diese Aufzählung nicht abschließend ist.

Herstellung der Polymerisate

[0073] Die Herstellung der Polyacrylate kann nach den dem Fachmann geläufigen Verfahren geschehen, insbesondere vorteilhaft durch konventionelle radikalische Polymerisationen oder kontrollierte radikalische Polymerisationen. Die Polyacrylate können durch Copolymerisation der monomeren Komponenten unter Verwendung der üblichen Polymerisationsinitiatoren sowie gegebenenfalls von Reglern hergestellt werden, wobei man bei den üblichen Temperaturen in Substanz, in Emulsion, z. B. in Wasser oder flüssigen Kohlenwasserstoffen, oder in Lösung polymerisiert.

[0074] Vorzugsweise werden die Polyacrylate durch Polymerisation der Monomeren in Lösungsmitteln, insbesondere in Lösungsmitteln eines Siedebereichs von 50 bis 150°C, vorzugsweise von 60 bis 120°C unter Verwendung der üblichen Mengen an Polymerisationsinitiatoren, die im allgemeinen bei 0,01 bis 5, insbesondere bei 0,1 bis 2 Gew.-% (bezogen auf das Gesamtgewicht der Monomeren) liegt, hergestellt.

[0075] Prinzipiell eignen sich alle für Acrylate dem Fachmann geläufigen, üblichen Initiatoren. Beispiele für Radikalquellen sind Peroxide, Hydroperoxide und Azoverbindungen, z. B. Dibenzoyl-Peroxid, Cumolhydroperoxid, Cyclohexanonperoxid, Di-t-butylperoxid, Cyclohexyl-sulfonylacetylperoxid, Diisopropylpercarbonat, t-Butylperoktoat, Benzpinacol. In einer sehr bevorzugten Vorgehensweise wird als radikalischer Initiator 2,2'-Azobis(2-methylbutyronitril) (Vazo® 67™ der Fa. DuPont) oder 2,2'-Azobis(2-methylpropionitril) (2,2'-Azobisisobutyronitril; AIBN; Vazo® 64™ der Fa. DuPont) verwendet.

[0076] Als Lösungsmittel kommen Alkohole, wie Methanol, Ethanol, n- und iso-Propanol, n- und iso-Butanol, vorzugsweise Isopropanol und/oder Isobutanol; sowie Kohlenwasserstoffe wie Toluol und insbesondere Benzine eines Siedebereichs von 60 bis 120°C in Frage. Insbesondere können Ketone, wie vorzugsweise Aceton, Methylethylketon, Methylisobutylketon und Ester, wie Essigsäureethylester sowie Gemische von Lösungsmitteln der genannten Art eingesetzt werden, wobei Gemische, die Isopropanol, insbesondere in Mengen von 2 bis 15 Gew.-%, bevorzugt 3 bis 10 Gew.-%, bezogen auf das eingesetzte Lösungsgemisch, enthalten, vorgezogen werden.

[0077] Die gewichtsmittleren Molekulargewichte M_w der Polyacrylate liegen bevorzugt in einem Bereich von 20.000 bis 2.000.000 g/mol; sehr bevorzugt in einem Bereich von 100.000 bis 1.000.000 g/mol, äußerst bevorzugt in einem Bereich von 150.000 bis 500.000 g/mol [die Angaben des mittleren Molekulargewichtes M_w und der Polydispersität PD in dieser Schrift beziehen sich auf die Bestimmung per Gelpermeationschromatographie (siehe Messmethode A3; experimenteller Teil)]. Dazu kann es vorteilhaft sein, die Polymerisation in Gegenwart geeigneter Polymerisationsregler wie Thiolen, Halogenverbindungen und/oder Alkoholen durchzuführen, um das gewünschte mittlere Molekulargewicht einzustellen.

[0078] Das Polyacrylat hat vorzugsweise einen K-Wert von 30 bis 90, besonders bevorzugt von 40 bis 70, gemessen in Toluol (1%ige Lösung, 21°C). Der K-Wert nach Fikentscher ist ein Maß für das Molekulargewicht und Viskosität des Polymerisats.

[0079] Für das erfindungsgemäße Verfahren besonders geeignet sind Polyacrylate, die eine enge Molekulargewichtsverteilung (Polydispersität $PD < 4$) haben. Diese Massen haben trotz eines relativ niedrigen Moleku-

largewichts nach dem Vernetzen eine besonders gute Scherfestigkeit. Zudem ermöglicht das niedrigere Molekulargewicht eine leichtere Verarbeitung aus der Schmelze, da die Fließviskosität gegenüber einem breiter verteilten Polyacrylat bei weitgehend gleichen Anwendungseigenschaften geringer ist. Eng verteilte Polyacrylate können vorteilhaft durch anionische Polymerisation oder durch kontrollierte radikalische Polymerisationsmethoden hergestellt werden, wobei letzteres besonders gut geeignet ist. Beispiele für derartige Polyacrylate, die nach dem RAFT Verfahren hergestellt werden, sind in der US 6,765,078 B2 und US 6,720,399 B2 beschrieben. Auch über N-Oxide lassen sich entsprechende Polyacrylate herstellen, wie beispielsweise in der EP 1 311 555 B1 beschrieben ist. Auch die Atom Transfer Radical Polymerization (ATRP) lässt sich in vorteilhafter Weise zur Synthese eng verteilter Polyacrylate einsetzen, wobei als Initiator bevorzugt monofunktionelle oder difunktionelle sekundäre oder tertiäre Halogenide und zur Abstraktion des(r) Halogenids(e) Cu-, Ni-, Fe-, Pd-, Pt-, Ru-, Os-, Rh-, Co-, Ir-, Ag- oder Au-Komplexe (vgl. beispielsweise EP 0 824 111 A1; EP 826 698 A1; EP 824 110 A1; EP 841 346 A1; EP 850 957 A1) eingesetzt werden. Die unterschiedlichen Möglichkeiten der ATRP sind ferner in den Schriften US 5,945,491 A, US 5,854,364 A und US 5,789,487 A beschrieben.

[0080] Man kann den durch das erfindungsgemäße Verfahren erhältlichen Polyacrylaten vor der thermischen Vernetzung zumindest ein klebrigmachendes Harz beimischen. Als zuzusetzende klebrigmachende Harze sind die vorbekannten und in der Literatur beschriebenen Klebharze einsetzbar. Insbesondere sei verwiesen auf alle aliphatischen, aromatischen, alkylaromatischen Kohlenwasserstoffharze, Kohlenwasserstoffharze auf Basis reiner Monomere, hydrierte Kohlenwasserstoffharze, funktionelle Kohlenwasserstoffharze sowie Naturharze. Bevorzugt lassen sich Pinen-, Inden- und Kolophoniumharze einsetzen, deren disproportionierte, hydrierte, polymerisierte, veresterte Derivate und Salze, Terpenharze und Terpenphenolharze sowie C5-, C9- und andere Kohlenwasserstoffharze. Auch Kombinationen dieser und weiterer Harze können vorteilhaft eingesetzt werden, um die Eigenschaften der resultierenden Klebmasse wunschgemäß einzustellen. Besonders bevorzugt lassen sich alle mit dem entsprechenden Polyacrylat kompatiblen (löslichen) Harze einsetzen. In einer besonders bevorzugten Vorgehensweise werden Terpenphenolharze und/oder Kolophoniumester hinzugesetzt.

[0081] Optional können auch pulver- und granulatförmige Füllstoffe, Farbstoffe und Pigmente, besonders auch abrasive und verstärkende, wie z. B. Kreiden (CaCO_3), Titandioxide, Zinkoxide und Ruße auch zu hohen Anteilen, das heißt von 1 bis 50 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge, hervorragend in die Polyacrylatmelze dosiert, homogen eingearbeitet und am 2-Walzenauftragswerk beschichtet werden. Hier versagen oftmals die konventionellen Verfahren aufgrund der dann sehr hohen Viskosität des Gesamtcompounds.

[0082] Sehr bevorzugt können verschiedene Kreideformen als Füllstoff eingesetzt werden, wobei besonders bevorzugt Mikrosöhl-Kreide eingesetzt wird. Bei bevorzugten Anteilen bis zu 30 Gew.-% verändern sich die klebtechnischen Eigenschaften (Scherfestigkeit bei RT, Sofortklebkraft auf Stahl und PE) durch den Füllstoffzusatz praktisch nicht.

[0083] Weiterhin können schwerentflammbare Füllstoffe, wie beispielsweise Ammoniumpolyphosphat, weiterhin elektrisch leitfähige Füllstoffe (wie beispielsweise Leiterfüllstoffe, Kohlenstofffasern und/oder silberbeschichtete Kugeln), weiterhin thermisch leitfähige Materialien (wie beispielsweise Bornitrid, Aluminiumoxid, Siliciumcarbid), weiterhin ferromagnetische Additive (wie beispielsweise Eisen-(III)-Oxide), weiterhin Additive zur Volumenvergrößerung, insbesondere zur Herstellung geschäumter Schichten, (wie beispielsweise Blähmittel, Glasvorkugeln, Glashohlkugeln, Mikrokugeln aus anderen Materialien, expandierbare Microballons, Kieselsäure, Silikate, organisch nachwachsende Rohstoffe, beispielsweise Holzmehl, organische und/oder anorganische Nanopartikel, Fasern), weiterhin Alterungsschutzmitteln, Lichtschutzmitteln, Ozonschutzmitteln, Compoundierungsmitteln und/oder Blähmittel vor oder nach der Aufkonzentration des Polyacrylats zugegeben oder eincompoundiert werden. Als Alterungsschutzmittel können bevorzugt sowohl primäre, z. B. 4-Methoxyphenol, als auch sekundäre Alterungsschutzmittel, z. B. Irgafos® TNPP der Fa. Ciba Geigy, auch in Kombination miteinander eingesetzt werden. Hier soll nur an dieser Stelle auf weitere entsprechenden Irganox® Typen der Fa. Ciba Geigy bzw. Hostano® der Firma Clariant verwiesen werden. Als weitere hervorragende Mittel gegen Alterung können Phenothiazin (C-Radikalfänger) sowie Hydrochinonmethylether in Gegenwart von Sauerstoff sowie Sauerstoff selbst eingesetzt werden.

[0084] Optional können die üblichen Weichmacher (Plastifizierungsmittel), insbesondere in Konzentrationen von bis zu 5 Gew.-%, zugesetzt werden. Als Weichmacher können beispielsweise niedermolekulare Polyacrylate, Phthalate, wasserlösliche Weichmacher, Weichharze, Phosphate, Polyphosphate und/oder Citrate zugesetzt werden.

[0085] Weiterhin optional kann das thermisch vernetzbare Acrylat auch mit anderen Polymeren ge-

blendet bzw. abgemischt werden. Hierzu eignen sich Polymere auf Basis von Naturkautschuk, Synthesekautschuk, EVA, Siliconkautschuk, Acrylkautschuk, Polyvinylether. Hierbei erweist sich als zweckmäßig, diese Polymere in granulierter oder andersartig zerkleinerter Form dem Acrylathotmelt vor Zugabe des thermischen Vernetzers zuzusetzen. Die Herstellung der Polymerblends erfolgt in einem Extruder, bevorzugt in einem Mehrwellenextruder oder in einem Planetwalzenmischer. Zur Stabilisierung der thermisch vernetzten Acrylathotmelts, insbesondere auch von Polymerblends aus thermisch vernetzten Acrylathotmelts und anderen Polymeren, kann es sinnvoll sein, das ausgeformte Material mit Elektronenbestrahlung geringer Dosen zu bestrahlen. Optional können zu diesem Zweck dem Polycrylat Vernetzungspromotoren wie di-, tri-, oder multifunktionelles Acrylat, Polyester und/oder Urethanacrylat zugesetzt werden.

Weitere Verfahrensdurchführung

[0086] Die Aufkonzentration des Polymerisats kann in Abwesenheit der Vernetzer- und Beschleunigersubstanzen geschehen. Es ist aber auch möglich, eine dieser Verbindungsklassen dem Polymerisat bereits vor der Aufkonzentration zuzusetzen, so dass die Aufkonzentration dann in Gegenwart dieser Substanz(en) erfolgt.

[0087] Die Polymerisate werden dann in einen Compounder überführt. In besonderen Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Aufkonzentration und die Compoundierung im selben Reaktor stattfinden.

[0088] Insbesondere kann als Compounder ein Extruder eingesetzt werden. Die Polymerisate liegen im Compounder in der Schmelze vor, entweder indem sie bereits im Schmelzzustand eingegeben werden oder indem sie im Compounder bis zur Schmelze erhitzt werden. Im Compounder werden die Polymerisate durch Beheizung in der Schmelze gehalten.

[0089] Solange weder Vernetzer (Epoxide) noch Beschleuniger im Polymerisat vorliegen, wird die mögliche Temperatur in der Schmelze durch die Zersetzungstemperatur des Polymerisates begrenzt. Die Prozesstemperatur im Compounder liegt üblicherweise zwischen 80 bis 150°C, insbesondere zwischen 100 und 120°C.

[0090] Die epoxidgruppenhaltigen Substanzen werden dem Polymerisat vor oder mit der Beschleunigerzugabe zugesetzt.

[0091] Die epoxidgruppenhaltigen Substanzen können den Monomeren bereits vor oder während der Polymerisationsphase zugegeben werden, wenn sie für diese hinreichend stabil sind. Vorteilhaft werden die epoxidgruppenhaltigen Substanzen dem Polymerisat aber entweder vor der Zugabe in den Compounder oder bei der Zugabe in den Compounder zugesetzt, also zusammen mit den Polymerisaten in den Compounder gegeben.

[0092] In sehr vorteilhafter Vorgehensweise werden die Beschleunigersubstanzen den Polymerisaten kurz vor der Weiterverarbeitung der Polymere, insbesondere einer Beschichtung oder anderweitigen Ausformung, zugesetzt. Das Zeitfenster der Zugabe vor der Beschichtung richtet sich insbesondere nach der zur Verfügung stehenden Topfzeit, also der Verarbeitungszeit in der Schmelze, ohne dass die Eigenschaften des resultierenden Produktes nachteilig verändert werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren konnten Topfzeiten von einigen Minuten bis zu einigen zehn Minuten erzielt werden (je nach Wahl der Versuchsparameter), so dass der Beschleuniger innerhalb dieser Zeitspanne vor der Beschichtung zugesetzt werden sollte. Vorteilhaft wird der Beschleuniger so spät wie möglich im Hotmelt zugesetzt, aber so früh wie nötig, dass noch eine gute Homogenisierung mit der Polymermasse erfolgt.

[0093] Als sehr vorteilhaft haben sich hier Zeitspannen von 2 bis 10 Minuten, insbesondere von mehr als 5 Minuten, bei einer Prozesstemperatur von 110 bis 120°C herausgestellt.

[0094] Die Vernetzer (Epoxide) und die Beschleuniger können auch beide kurz vor der Weiterverarbeitung des Polymers zugesetzt werden, also vorteilhaft in der Phase, wie sie vorstehend für die Beschleuniger dargestellt ist. Hierzu ist es vorteilhaft, das Vernetzer-Beschleuniger-System an ein- und derselben Stelle gleichzeitig in den Prozess eingebracht werden, auch als Epoxid-Beschleuniger-Abmischung.

[0095] Grundsätzlich ist es auch möglich, die Zugabezeitpunkte bzw. Zugabestellen an Vernetzer und Beschleuniger in den oben dargestellten Ausführungen zu vertauschen, so dass der Beschleuniger vor den epoxidgruppenhaltigen Substanzen zugesetzt werden kann.

[0096] Im Compoundierungsprozess beträgt die Temperatur des Polymerisats bei der Zugabe der Vernetzer und/oder der Beschleuniger zwischen 50 und 150°C, bevorzugt zwischen 70 und 130°C, besonders bevorzugt zwischen 80 und 120°C.

[0097] Es hat sich grundsätzlich als sehr vorteilhaft herausgestellt, wenn man den Vernetzer, also die epoxidgruppenhaltige Substanz, zu 0,1–5 Gew-%, bezogen auf das Polymer ohne Additive, hinzusetzt.

[0098] Vorteilhaft ist es, den Beschleuniger zu 0,05–5 Gew-%, bezogen auf das additivfreie Polymer, zuzugeben.

[0099] Es ist besonders vorteilhaft, wenn der Vernetzeranteil derart gewählt wird, dass ein elastischer Anteil der vernetzten Polyacrylate von mindestens 20% resultiert. Bevorzugt beträgt der elastische Anteil mindestens 40%, weiter bevorzugt mindestens 60% (jeweils gemessen nach Messmethode H3; vgl. experimenteller Teil).

[0100] Prinzipiell kann die Zahl der funktionellen Gruppen, also insbesondere der Carbonsäuregruppen, derart gewählt werden, dass diese bezüglich der Epoxidgruppen im Überschuss vorliegt, dass es im Polymer also nur hinreichend viele funktionelle Gruppen – also potentielle Vernetzungs- oder Verknüpfungsstellen im Polymer – gibt, um die gewünschte Vernetzung zu erzielen.

[0101] Für die Wirkung des erfindungsgemäßen Vernetzer-Beschleuniger-Systems, insbesondere in Hinblick auf das erfindungsgemäße Verfahren inklusive seiner Ausführungsvarianten, ist es besonders vorteilhaft, die Mengen an Beschleuniger und Vernetzer (epoxidgruppenhaltige Substanzen) aufeinander und gegebenenfalls auch auf die Menge an für die Vernetzungsreaktion reaktiven, funktionellen Gruppen im Polyacrylat abzustimmen und für das gewünschte Vernetzungsergebnis zu optimieren (siehe hierzu auch die Ausführungen zu den entsprechenden Zusammenhängen und zur Steuerungsmöglichkeit des Verfahrens).

[0102] Zur Angabe der Verhältnisse der Bestandteile des Vernetzer-Beschleuniger-Systems zueinander kann insbesondere das Verhältnis der Anzahl der Epoxidgruppen im Vernetzer zur Anzahl der reaktiven funktionellen Gruppen im Polymer herangezogen werden. Grundsätzlich kann dieses Verhältnis frei gewählt werden, so dass entweder ein Überschuss an funktionellen Gruppen, zahlenmäßige Gleichheit der Gruppen oder ein Überschuss an Epoxidgruppen vorliegt.

[0103] Vorteilhaft wird dieses Verhältnis derart gewählt, dass die Epoxidgruppen im Unterschuss (bis maximal anzahliger Gleichheit) vorliegen; ganz besonders bevorzugt liegt das Verhältnis der Gesamtzahl der Epoxidgruppen im Vernetzer zur Anzahl der funktionellen Gruppen im Polymer im Bereich von 0,1:1 bis 1:1.

[0104] Eine weitere Kennzahl ist das Verhältnis der Anzahl beschleunigungswirksamer Gruppen im Beschleuniger zur Anzahl der Epoxidgruppen im Vernetzer. Als beschleunigungswirksame Gruppen werden insbesondere sekundäre Amingruppen und tertiäre Amingruppen gerechnet. Auch dieses Verhältnis kann grundsätzlich frei gewählt werden, so dass entweder ein Überschuss an beschleunigungswirksamen Gruppen, zahlenmäßige Gleichheit der Gruppen oder ein Überschuss an Epoxidgruppen vorliegt. Es ist besonders vorteilhaft, wenn das Verhältnis der Anzahl beschleunigungswirksamer Gruppen im Beschleuniger zur Anzahl der Epoxidgruppen im Vernetzer von 0,2:1 bis 4:1 beträgt.

[0105] Nach der Compoundierung der Masse erfolgt die Weiterverarbeitung des Polymers, insbesondere die Beschichtung auf einen permanenten oder auf einen temporären Träger (der permanente Träger verbleibt bei der Anwendung mit der Klebmassenschicht verbunden, während der temporäre Träger in dem weiteren Verarbeitungsprozess, zum Beispiel der Konfektionierung des Klebebandes, oder bei der Anwendung von der Klebmassenschicht wieder abgenommen wird).

[0106] Die Beschichtung der Selbstklebmassen kann mit dem Fachmann bekannten Hotmelt-Beschichtungsdüsen oder bevorzugt mit Walzenauftragswerken, auch Beschichtungskalandern genannt, erfolgen. Die Beschichtungskalandern können vorteilhaft aus zwei, drei, vier oder mehr Walzen bestehen.

[0107] Bevorzugt ist zumindest eine der Walzen mit einer anti-adhäsiven Walzenoberfläche versehen, bevorzugt alle Walzen, die mit dem Polyacrylat in Berührung kommen. Es können in günstiger Vorgehensweise alle Walzen des Kalanders anti-adhäsiv ausgerüstet sein.

[0108] Als anti-adhäsive Walzenoberfläche wird besonders bevorzugt ein Stahl-Keramik-Silikon-Verbundwerkstoff eingesetzt. Derartige Walzenoberflächen sind gegen thermische und mechanische Belastungen re-

sistent.

[0109] Für den Fachmann überraschend hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn man Walzenoberflächen einsetzt, die eine Oberflächenstruktur aufweisen, insbesondere in der Art, dass die Fläche keinen vollständigen Kontakt zur zu verarbeitenden Polymerschicht herstellt, sondern dass die Kontaktfläche – verglichen mit einer glatten Walze – geringer ist. Besonders günstig sind strukturierte Walzen wie Metall-Rasterwalzen (beispielsweise Stahlrasterwalzen).

[0110] Die Beschichtung kann insbesondere vorteilhaft entsprechend der Beschichtungsverfahren, wie sie in der WO 2006/027387 A1 von Seite 12, Zeile 5 bis Seite 20, Zeile 13 dargestellt sind, und zwar insbesondere unter den Abschnitten „Variante A“ (Seite 12), „Variante B“ (Seite 13), „Variante C“ (Seite 15), „Verfahren D“ (Seite 17), „Variante E“ (Seite 19) sowie die Figuren [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#). Die genannten Offenbarungsstellen aus der WO 2006/027387 A1 seien daher explizit in den Offenbarungsgehalt der vorliegenden Schrift eingeschlossen.

[0111] Besonders gute Ergebnisse werden bei den Zwei- und Dreiwalzenkalandern (vgl. insbesondere Varianten B – [Fig. 3](#), Variante C – [Fig. 4](#) und Variante D – [Fig. 4](#) der WO 2006/027387 A1) durch die Verwendung von Kalandervalzen erzielt, die mit antiadhäsiven Oberflächen ausgerüstet sind oder mit oberflächenmodifizierten Walzen, hier besonders vorteilhaft zu erwähnen sind Metall-Rasterwalzen. Diese Metall-Rasterwalzen, vorzugsweise Stahl-Rasterwalzen, weisen eine regelmäßig geometrisch unterbrochene Oberflächenstruktur auf. Dies gilt insbesondere vorteilhaft für die Überführungswalze ÜW. Diese Oberflächen tragen in besonders vorteilhafter Weise zu einem Gelingen des Beschichtungsverfahrens bei, da anti-adhäsive und strukturierte Oberflächen die Übertragung der Polyacrylatmasse selbst auf anti-adhäsiv ausgerüstete Trägeroberflächen ermöglichen. Verschiedene Arten anti-adhäsiver Oberflächenbeschichtungen können für die Kalandervalzen verwendet werden. Als besonders geeignet haben sich auch hier zum Beispiel die bereits vorstehend genannten Metall-Keramik-Silikon-Verbundwerkstoffe PALLAS SK-B-012/5 der Fa. PALLAS OBERFLÄCHENTECHNIK GMBH, Deutschland sowie AST 9984-B der Fa. ADVANCED SURFACE TECHNOLOGIES, Deutschland, erwiesen.

[0112] Insbesondere die Überführungswalzen (ÜW) können dabei als Stahl-Rasterwalzen ausgebildet sein (vgl. Varianten B – [Fig. 3](#), Variante C – [Fig. 4](#) und Variante D – [Fig. 4](#) der WO 2006/027387 A1). Besonders bevorzugt eingesetzt als Überführungswalze ÜW werden beispielsweise Stahl-Rasterwalzen mit der Bezeichnung 140 L/cm und einer Stegbreite von 10 µm, z. B. solche von der Firma Saueressig, Deutschland.

[0113] Bei der Beschichtung können insbesondere bei Einsatz der Mehrwalzenkalandern Beschichtungsgeschwindigkeiten bis 300 m/min verwirklicht werden.

[0114] An [Fig. 1](#) der vorliegenden Schrift ist beispielhaft, ohne sich dadurch einschränken zu wollen, der Compoundierungs- und Beschichtungsprozess anhand eines kontinuierlichen Ablaufs dargestellt. Die Polymere werden an der ersten Eingabestelle (1.1) in den Compounder (1.3), hier beispielsweise ein Extruder, gegeben. Entweder erfolgt die Eingabe bereits in der Schmelze, oder die Polymere werden im Compounder bis zur Schmelze erhitzt. Vorteilhaft werden an der ersten Eingabestelle mit dem Polymer die epoxidhaltigen Verbindungen in den Compounder gegeben.

[0115] Kurz vor der Beschichtung werden an einer zweiten Eingabestelle (1.2) die Beschleuniger zugesetzt. Dies hat den Erfolg, dass die Beschleuniger den epoxidhaltigen Polymeren erst kurz vor der Beschichtung zugesetzt werden und die Reaktionszeit in der Schmelze gering ist.

[0116] Die Reaktionsführung kann auch diskontinuierlich erfolgen. In entsprechenden Compoundern wie beispielsweise Reaktorkesseln kann die Zugabe der Polymere, der Vernetzer und der Beschleuniger zeitversetzt und nicht, wie in der [Fig. 1](#) dargestellt, ortsversetzt stattfinden.

[0117] Direkt nach der Beschichtung – bevorzugt mittels Walzenauftrag oder mittels Extrusionsdüse – ist das Polymer nur leicht anvernetzt, aber noch nicht ausreichend vernetzt. Die Vernetzungsreaktion verläuft vorteilhaft auf dem Träger.

[0118] Nach der Beschichtung kühlt die Polymermasse relativ rasch aus, und zwar bis auf die Lagerungstemperatur, in der Regel auf Raumtemperatur. Das erfindungsgemäße Vernetzer-Beschleuniger-System ist geeignet, ohne die Zufuhr von weiterer thermischer Energie (ohne Wärmezufuhr) die Vernetzungsreaktion voranschreiten zu lassen.

[0119] Die Vernetzungsreaktion zwischen den funktionellen Gruppen des Polyacrylats und den Epoxiden mittels des erfindungsgemäßen Vernetzer-Beschleuniger-System verläuft auch ohne Wärmezufuhr bei Normalbedingungen (Raumtemperatur) vollständig ab. In der Regel ist nach einer Lagerzeit von 5 bis 14 Tagen die Vernetzung so weit abgeschlossen, dass ein funktionsfähiges Produkt (insbesondere ein Klebeband oder eine funktionsfähige Trägerschicht auf Basis des Polyacrylates) vorliegt. Der Endzustand und damit die endgültige Kohäsion des Polymers wird je nach Wahl des Polymers und des Vernetzer-Beschleuniger-Systems nach einer Lagerung von insbesondere 14 bis 100 Tagen, in vorteilhafter Weise nach 14 bis 50 Tagen Lagerungszeit bei Raumtemperatur erreicht, bei höherer Lagerungstemperatur erwartungsgemäß früher.

[0120] Durch die Vernetzung erhöhen sich die Kohäsion des Polymers und damit auch die Scherfestigkeit. Die Verknüpfungen sind sehr stabil. Dies ermöglicht sehr alterungsstabile und wärmebeständige Produkte wie Klebebänder, viskoelastische Trägermaterialien oder Formkörper.

[0121] Die physikalischen Eigenschaften des Endproduktes, insbesondere dessen Viskosität, Klebkraft und Anfassklebrigkeit, können durch den Grad der Vernetzung beeinflusst werden, so dass sich durch geeignete Wahl der Reaktionsbedingungen das Endprodukt optimieren lässt. Diverse Faktoren bestimmen das Prozessfenster dieses Verfahrens. Die wichtigsten Einflussgrößen sind die Mengen (Konzentrationen und Verhältnisse zueinander) und die chemischen Beschaffenheiten der Vernetzer und der Beschleuniger, die Prozess- und Beschichtungstemperatur, die Verweilzeit in Compoundierer (insbesondere Extruder) und im Beschichtungsaggregat, Anteil an funktionellen Gruppen (insbesondere Säuregruppen und/oder Hydroxygruppen) im Polymerisat sowie das mittlere Molekulargewicht des Polyacrylats.

[0122] Im Folgenden werden einige Zusammenhänge bei der Herstellung der erfindungsgemäß vernetzten Selbstklebmasse beschrieben, die das Verfahren zur Herstellung näher charakterisieren, aber nicht einschränkend für den erfindungsgemäßen Gedanken gemeint sind.

[0123] Das erfindungsgemäße Verfahren bietet in hervorragender, nicht zu erwartender Weise den Vorteil, dass ein stabiler Vernetzungsprozess für Polyacrylate angeboten werden kann, und zwar mit hervorragender Steuerungsmöglichkeit bezüglich des Vernetzungsbildes durch weitgehende Entkoppelung von Vernetzungsgrad und Reaktivität (Reaktionskinetik). Die zugesetzte Vernetzermenge (Epoxidmenge) beeinflusst dabei weitgehend den Vernetzungsgrad des Produktes, der Beschleuniger steuert weitgehend die Reaktivität.

[0124] Überraschenderweise konnte festgestellt werden, dass sich durch die Menge der zugesetzten epoxidhaltigen Substanzen der Vernetzungsgrad vorwählen ließ, und zwar weitgehend unabhängig von den sonst gewählten Verfahrensparametern Temperatur und Menge an zugesetztem Beschleuniger.

[0125] Den Einfluss der Epoxidgruppenkonzentration auf den Vernetzungsgrad bei gleich bleibender Beschleunigermenge und Temperatur zeigt schematisch [Fig. 2](#). Dabei steigt die Beschleunigerkonzentration von der Konzentration A (obere Kurve; niedrige Konzentration) über die Konzentrationen B (zweitniedrigste Konzentration) und C (zweithöchste Konzentration) auf die Konzentration D (untere Kurve; höchste Konzentration) an. Wie sich zeigt, steigt der Endwert des Vernetzungsgrades – hier dargestellt durch geringer werdende Werte des Mikroscherwertes – mit ansteigender Epoxidkonzentration an, während die Reaktionskinetik nahezu unbeeinflusst bleibt.

[0126] Weiterhin wurde festgestellt, dass die zugesetzte Menge an Beschleuniger direkten Einfluss auf die Vernetzungsgeschwindigkeit, also auch den Zeitpunkt des Erreichens des End-Vernetzungsgrades hatte, ohne diesen aber absolut zu beeinflussen. Dabei kann die Reaktivität der Vernetzungsreaktion so gewählt werden, dass die Vernetzung auch bei der Lagerung des fertigen Produktes bei den dort üblichen Bedingungen (Raumtemperatur) innerhalb weniger Wochen zu dem gewünschten Vernetzungsgrad führt, insbesondere ohne dass noch thermische Energie (aktiv) zugeführt werden müsste oder dass das Produkt weiter behandelt werden müsste.

[0127] Die Abhängigkeit der Vernetzungszeit bei gleich bleibender Temperatur (hier Raumtemperatur) und konstanter Epoxidmenge ist schematisch in [Fig. 3](#) wiedergegeben. Dabei steigt die Beschleunigerkonzentration von der Konzentration 1 (obere Kurve; niedrige Konzentration) über die Konzentrationen 2 (zweitniedrigste Konzentration) und 3 (zweithöchste Konzentration) auf die Konzentration 4 (untere Kurve; höchste Konzentration) an. Hier zeigt sich, dass der Endwert des Vernetzungsgrades nahezu konstant bleibt (bei der geringsten Reaktion ist dieser Wert noch nicht erreicht); dieser Wert bei hohen Beschleunigerkonzentrationen aber schneller erreicht wird als bei niedrigen Beschleunigerkonzentrationen.

[0128] Zusätzlich zu den vorgenannten Parametern kann die Reaktivität der Vernetzungsreaktion auch durch Variation der Temperatur beeinflusst werden, wenn dies gewünscht ist, insbesondere in den Fällen, wo der Vorteil der "Eigenvernetzung" während der Lagerung bei üblichen Bedingungen keine Rolle spielt. Bei gleich bleibender Vernetzerkonzentration führt eine Erhöhung der Prozesstemperatur zu einer verringerten Viskosität, dies verbessert die Beschichtbarkeit der Masse, reduziert jedoch die Verarbeitungszeit.

[0129] Eine Erhöhung der Verarbeitungszeit erhält man durch Verringerung der Beschleunigerkonzentration, Erniedrigung des Molekulargewichts, Verringerung der Konzentration an funktionellen Gruppen im Polymerisat, Verringerung des Säureanteils im Polymerisat, Verwendung von weniger reaktiven Vernetzern (Epoxiden) bzw. weniger reaktiven Vernetzer-Beschleuniger-Systemen und Verringerung der Prozesstemperatur. Eine Kohäsionsverbesserung der Masse kann man durch unterschiedliche Wege erhalten. Entweder wird die Beschleunigerkonzentration erhöht, was die Verarbeitungszeit reduziert. Man kann bei gleich bleibender Beschleunigerkonzentration auch das Molekulargewicht des Polyacrylats erhöhen, was möglicherweise effizienter ist. Im erfindungsgemäßen Sinne ist jedenfalls vorteilhaft, die Vernetzerkonzentration (epoxidgruppenhaltige Substanzen) zu erhöhen. Je nach gewünschtem Anforderungsprofil der Masse bzw. des Produktes müssen die oben genannten Parameter in geeigneter Weise angepasst werden.

Vorteilhafte Anwendungen

[0130] Die erfindungsgemäß hergestellten Polyacrylate können für breitgefächerte Anwendungen eingesetzt werden. Nachstehend seien einige besonders vorteilhafte Einsatzgebiete beispielhaft dargestellt.

[0131] Das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Polyacrylat wird insbesondere als Haftklebemasse verwendet, bevorzugt als Haftklebemasse für ein Klebeband, wobei die Acrylathaftklebemasse als ein- oder doppelseitiger Film auf einer Trägerfolie vorliegt.

[0132] Insbesondere gut geeignet sind diese Polyacrylate, wenn ein hoher Masseauftrag in einer Schicht gefordert ist, da mit diesem Beschichtungsverfahren ein nahezu beliebig hoher Masseauftrag, bevorzugt mehr als 100 g/m², besonders bevorzugt mehr als 200 g/m², möglich ist, und zwar insbesondere bei gleichzeitig besonders homogener Vernetzung durch die Schicht hindurch. Günstige Anwendungen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, sind beispielsweise technische Klebebänder, insbesondere für den Einsatz im Bauwesen, z. B. Isolierbänder, Korrosionsschutzbänder, Aluminiumklebebänder, gewebeverstärkte Folienklebebänder (Duct-Tapes), Bauspezialklebebänder, z. B. Dampfsperren, Montageklebebänder, Kabelwickelbänder, selbstklebende Folien und/oder Papieretiketten.

[0133] Das erfindungsgemäß hergestellte Polyacrylat kann auch als Haftklebemasse für ein trägerloses Klebeband, als ein sogenanntes Transferklebeband, angeboten werden. Auch hier ist der nahezu beliebig hoch einstellbare Masseauftrag bei gleichzeitig besonders homogener Vernetzung durch die Schicht hindurch besonders vorteilhaft. Bevorzugte Flächengewichte sind mehr als 10 g/m² bis 5000 g/m², besonders bevorzugt 100 g/m² bis 3000 g/m².

[0134] Das erfindungsgemäß hergestellte Polyacrylat kann auch als Heißsiegelklebemasse in Transferklebebändern oder in ein- oder doppelseitigen Klebebändern vorliegen. Auch hier kann für trägerhaltige Haftklebebänder der Träger ein erfindungsgemäß erhaltenes viskoelastisches Polyacrylat sein.

[0135] Eine vorteilhafte Ausführungsform der entsprechend erhaltenen Klebebänder kann in vorteilhafter Weise als stripfähiges Klebeband verwendet werden, insbesondere derart, dass es durch Zug im wesentlichen in der Verklebungsebene rückstandsfrei wieder abgelöst werden kann.

[0136] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich auch besonders gut zur Herstellung von dreidimensionalen haftklebrigen oder auch nicht haftklebrigen Formkörpern. Ein besonderer Vorteil dieses Verfahrens ist, dass eine Schichtdickenbegrenzung des zu vernetzenden, auszuformenden Polyacrylats im Gegensatz zu UV- und ESH härtenden Verfahren nicht vorhanden ist. Entsprechend der Wahl des Beschichtungs- oder Ausformungsaggregate lassen sich somit beliebig geformte Gebilde herstellen, die dann unter milden Bedingungen zu gewünschter Festigkeit nachvernetzen können.

[0137] Besonders geeignet ist dieses Verfahren auch zur Herstellung besonders dicker Schichten, insbesondere von Haftklebeschichten oder viskoelastischen Acrylatschichten mit einer Dicke oberhalb von 80 µm. Derartige Schichten sind mit der Lösemitteltechnik schlecht herstellbar (Blasenbildung, sehr langsame Beschichtungsgeschwindigkeit, Kaschieren dünner Schichten übereinander ist aufwendig und birgt Schwachstellen).

Dicke Haftklebeschichten können beispielsweise ungefüllt als Reinacrylat oder harzabgemischt oder mit organischen oder anorganischen Füllstoffen gefüllt vorliegen. Auch nach den bekannten Verfahren offenzellig oder geschlossenzellig geschäumte Schichten sind möglich. Als Methode zur Schäumung ist die Schäumung über komprimierte Gase wie Stickstoff oder CO₂ möglich, oder die Schäumung über Blähmittel wie Hydrazine oder expandierbare Mikrobällons. Im Falle der Verwendung von expandierenden Mikrobällons wird die Masse bzw. die ausgeformte Schicht vorteilhaft in geeigneter Weise mittels Wärmeeintrag aktiviert. Die Schäumung kann im Extruder oder nach der Beschichtung erfolgen. Es kann zweckmäßig sein, die geschäumte Schicht durch geeignete Walzen oder Trennfolien zu glätten. Zur Herstellung schaumartiger Schichten können dem haftklebrigen thermisch vernetzten Acrylschmelzhaftkleber auch Glashohlkugeln oder bereits expandierte polymere Mikrobällons zugesetzt werden.

[0138] Insbesondere können mit diesem Verfahren auch dicke Schichten hergestellt werden, die als Trägerschicht für beidseitig mit Haftklebmasse beschichtete Klebebänder verwendet werden können, insbesondere bevorzugt gefüllte und geschäumte Schichten, die als Trägerschichten für schaumartige Klebebänder genutzt werden können. Auch bei diesen Schichten ist es sinnvoll, dem Polyacrylat vor dem Zusatz des Vernetzer-Beschleuniger-Systems oder des Vernetzers oder des Beschleunigers Glasvöllkugeln, Glashohlkugeln oder expandierende Mikrobällons zuzusetzen. Im Falle der Verwendung von expandierenden Mikrobällons wird die Masse bzw. die ausgeformte Schicht in geeigneter Weise mittels Wärmeeintrag aktiviert. Die Schäumung kann im Extruder oder nach der Beschichtung erfolgen. Es kann zweckmäßig sein, die geschäumte Schicht durch geeignete Walzen oder Trennfolien oder durch das Zukaschieren einer auf ein Trennmateriel beschichteten Haftklebmasse zu glätten. Zu einer derartigen schaumartigen, viskoelastischen Schicht kann mindestens einseitig eine Haftklebeschicht zukaschiert werden. Bevorzugt wird beidseitig eine Corona-vorbehandelte Polyacrylschicht zukaschiert. Es können alternativ anders vorbehandelte Klebeschichten, also Haftklebeschichten und/oder hitzeaktivierbare Schichten auf der Basis anderer Polymere als auf Acrylatbasis zu der viskoelastischen Schicht zukaschiert werden. Geeignete Basispolymere sind Klebmassen auf Basis von Naturkautschuk, Synthesekautschuke, Acrylatblockcopolymere, Styrolblockcopolymere, EVA, bestimmte Polyolefine, spezielle Polyurethane, Polyvinylether, und Silikone. Bevorzugt sind jedoch Massen, die keine nennenswerten Anteile an migrierfähigen Bestandteilen haben, die mit dem Polyacrylat so gut verträglich sich, dass in signifikanter Menge in die Acrylschicht eindiffundieren und dort die Eigenschaften verändern.

[0139] Statt beidseitig eine Haftklebeschicht zu kaschieren, kann auch mindestens einseitig eine Schmelzklebeschicht oder thermisch aktivierbare Klebschicht verwendet werden. Derartige asymmetrische Klebbänder erlauben das Verkleben kritischer Substrate mit hoher Verklebungsfestigkeit. Ein derartiges Klebeband kann beispielsweise zur Befestigung von EPDM-Gummiprofilen an Fahrzeugen verwendet werden.

[0140] Ein besonderer Vorteil der thermisch vernetzten Polyacrylate besteht darin, dass diese Schichten, ob als viskoelastischer Träger, als Haftklebmasse oder als Heißsiegelmasse genutzt, bei gleicher Oberflächengüte kein Vernetzungsprofil durch die Schicht (bzw. entsprechend die aus den Polyacrylaten hergestellten Formkörper) – insbesondere im Gegensatz zu UV- und ESH-ernetzten Schichten – zeigen. Dadurch lässt sich die Balance zwischen adhäsiven und kohäsiven Eigenschaften durch die Vernetzung ideal für die gesamte Schicht steuern und einstellen. Bei strahlenchemisch vernetzten Schichten hingegen ist immer eine Seite oder eine Teilschicht über- oder untervernetzt.

Experimenteller Teil

[0141] Die folgenden beispielhaften Experimente sollen die Erfindung näher erläutern, ohne dass durch die Wahl der angegebenen Beispiele die Erfindung unnötig eingeschränkt werden soll.

Messmethoden (allgemein):

Feststoffgehalt (Messmethode A1):

[0142] Der Feststoffgehalt ist ein Maß für den Anteil an nicht verdampfenden Bestandteilen in einer Polymerlösung. Er wird gravimetrisch bestimmt, indem man die Lösung einwiegt, dann für 2 Stunden bei 120°C im Trockenschrank die verdampfenden Anteile abdampft und den Rückstand zurückwiegt.

K-Wert (nach FIKENTSCHER) (Messmethode A2):

[0143] Der K-Wert ist ein Maß für die durchschnittliche Molekülgröße hochpolymerer Stoffe. Zur Messung wurden einprozentige (1 g/100 ml) toluolische Polymerlösungen hergestellt und mit Hilfe eines VOGEL-OS-

SAG-Viskosimeters deren kinematische Viskositäten bestimmt. Nach Normierung auf die Viskosität des Toluols wird die relative Viskosität erhalten, aus der sich nach FIKENTSCHER der K-Wert errechnen lässt (Polymer 8/1967, 381 ff.)

Gelpermeationschromatographie GPC (Messmethode A3):

[0144] Die Angaben des gewichtsmittleren Molekulargewichtes M_w und der Polydispersität PD in dieser Schrift beziehen sich auf die Bestimmung per Gelpermeationschromatographie. Die Bestimmung erfolgt an 100 µl klarfiltrierter Probe (Probenkonzentration 4 g/l). Als Eluent wird Tetrahydrofuran mit 0,1 Vol.-% Trifluoressigsäure eingesetzt. Die Messung erfolgt bei 25°C. Als Vorsäule wird eine Säule Typ PSS-SDV, 5 µ, 10^3 Å, ID 8,0 mm × 50 mm verwendet. Zur Auftrennung werden die Säulen des Typs PSS-SDV, 5 µ, 10^3 Å sowie 10^5 Å und 10^6 Å mit jeweils ID 8,0 mm × 300 mm eingesetzt (Säulen der Firma Polymer Standards Service; Detektion mittels Differentialrefraktometer Shodex RI71). Die Durchflussmenge beträgt 1,0 ml pro Minute. Die Kalibrierung erfolgt gegen PMMA-Standards (Polymethylmethacrylat-Kalibrierung)].

Messmethoden (insbesondere Haftklebmassen):

180° Klebkrafttest (Messmethode H1):

[0145] Ein 20 mm breiter Streifen einer auf Polyester als Schicht aufgetragenen Acrylathaftklebmasse wurde auf Stahlplatten aufgebracht, die zuvor zweimal mit Aceton und einmal mit Isopropanol gewaschen wurden. Der Haftklebestreifen wurde zweimal mit einem Anpressdruck entsprechend einem Gewicht von 2 kg auf das Substrat aufgedrückt. Das Klebeband wurde anschließend sofort mit einer Geschwindigkeit von 300 mm/min und in einem Winkel von 180° vom Substrat abgezogen. Alle Messungen wurden bei Raumtemperatur durchgeführt.

[0146] Die Messergebnisse sind in N/cm angegeben und sind gemittelt aus drei Messungen. Analog wurde die Klebkraft auf Polyethylen (PE) bestimmt.

Scherstandzeit (Messmethode H2):

[0147] Ein 13 mm breiter und mehr als 20 mm (beispielsweise 30 mm) langer Streifen des Klebebandes wurde auf eine glatte Stahloberfläche, die dreimal mit Aceton und einmal mit Isopropanol gereinigt wurde, aufgebracht. Die Verklebungsfläche betrug 20 mm · 13 mm (Länge · Breite), wobei das Klebeband die Prüfplatte am Rand überragt (beispielsweise um 10 mm entsprechend oben angegebener Länge von 30 mm). Anschließend wurde das Klebeband viermal mit einem Anpressdruck entsprechend einem Gewicht von 2 kg auf den Stahlträger gedrückt. Diese Probe wurde senkrecht aufgehängt, so dass das überstehende Ende des Klebebandes nach unten zeigt.

[0148] Bei Raumtemperatur wurde ein Gewicht von 1 kg an dem überstehenden Ende des Klebebandes befestigt. Die Messung wird bei Normalklima (23°C, 55% Luftfeuchtigkeit) und bei 70°C in einem Wärmeschrank durchgeführt.

[0149] Die gemessenen Scherstandzeiten (Zeiten bis zum vollständigen Ablösen des Klebebandes vom Untergrund; Abbruch der Messung bei 10.000 min) sind in Minuten angegeben und entsprechen dem Mittelwert aus drei Messungen.

Mikroschertest (Messmethode H3)

[0150] Dieser Test dient der Schnellprüfung der Scherfestigkeit von Klebebändern unter Temperaturbelastung.

Messprobenpreparation für Mikroschertest:

[0151] Ein aus dem jeweiligen Probenmuster geschnittenes Klebeband (Länge ca. 50 mm, Breite 10 mm) wird auf eine mit Aceton gereinigte Stahl-Prüfplatte verklebt, so dass die Stahlplatte das Klebeband rechts und links überragt und dass das Klebeband die Prüfplatte am oberen Rand um 2 mm überragt. Die Verklebungsfläche der Probe beträgt Höhe × Breite = 13 mm × 10 mm. Die Verklebungsstelle wird anschließend mit einer 2 kg-Stahlrolle und einer Geschwindigkeit von 10 m/min sechsmal überrollt. Das Klebeband wird bündig mit einem stabilen Klebestreifen verstärkt, der als Auflage für den Wegmessfühler dient. Die Probe wird mittels der

Prüfplatte senkrecht aufgehängt.

Mikroschertest:

[0152] Das zu messende Probenmuster wird am unteren Ende mit einem Gewicht von 100 g belastet. Die Prüftemperatur beträgt 40°C, die Prüfdauer 30 Minuten (15 Minuten Belastung und 15 Minuten Entlastung). Die Scherstrecke nach der vorgegebenen Testdauer bei konstanter Temperatur wird als Ergebnis in µm angegeben, und zwar als Maximalwert [„max“; maximale Scherstrecke durch 15 minütige Belastung]; als Minimalwert [„min“; Scherstrecke („Restauslenkung“) 15 min nach Entlastung; bei Entlastung erfolgt eine Rückbewegung durch Relaxation]. Angegeben wird ebenfalls der elastische Anteil in Prozent [„elast“; elastischer Anteil = $(\max - \min) \cdot 100 / \max$].

Messmethoden (insbesondere Dreischichtenaufbauten):

90° Klebkraft Stahl – offene und abgedeckte Seite (Messmethode V1):

[0153] Die Bestimmung der Klebkraft Stahl erfolgt bei einem Prüfklima von 23°C +/- 1°C Temperatur und 50% +/- 5% rel. Luftfeuchte. Die Muster wurden auf 20 mm Breite zugeschnitten und auf eine Stahlplatte geklebt. Die Stahlplatte wird vor der Messung gereinigt und konditioniert. Dazu wird die Platte zunächst mit Aceton abgewischt und danach 5 Minuten an der Luft liegen gelassen, damit das Lösungsmittel abdampfen kann. Die dem Prüfuntergrund abgewandte Seite des Dreischichtverbundes wurde dann mit einer 50 µm Aluminiumfolie abgedeckt, wodurch verhindert wird, dass sich das Muster bei der Messung dehnt. Danach erfolgte das Anrollen des Prüfmusters auf den Stahluntergrund. Hierzu wurde das Tape mit einer 2 kg Rolle 5 mal hin und her, bei einer Aufrollgeschwindigkeit von 10 m/min, überrollt. Unmittelbar nach dem Anrollen wurde die Stahlplatte in eine spezielle Halterung geschoben, die es ermöglicht das Muster in einem Winkel von 90° senkrecht nach oben abziehen. Die Klebkraftmessung erfolgte mit einer Zwick-Zugprüfmaschine. Beim Applizieren der abgedeckten Seite auf die Stahlplatte wird die offene Seite des Dreischichtverbundes zunächst gegen die 50 µm Aluminiumfolie kaschiert, das Trennmaterial entfernt und auf die Stahlplatte geklebt, analog angerollt und vermessen.

[0154] Die Messergebnisse beider Seiten, offen und abgedeckt, sind in N/cm angegeben und sind gemittelt aus drei Messungen.

Scherstandzeit – offene und abgedeckte Seite (Messmethode V2):

[0155] Die Musterpräparation erfolgte in einem Prüfklima von 23°C +/- 1°C Temperatur und 50% +/- 5% rel. Luftfeuchte. Das Prüfmuster wurde auf 13 mm zugeschnitten und auf eine Stahlplatte geklebt. Die Verklebungsfläche beträgt 20 mm x 13 mm (Länge x Breite). Vor der Messung wurde die Stahlplatte gereinigt und konditioniert. Dazu wird die Platte zunächst mit Aceton abgewischt und danach 5 Minuten an der Luft liegen gelassen, damit das Lösungsmittel abdampfen kann. Nach dem Verkleben wurde die offene Seite mit einer 50 µm Aluminiumfolie verstärkt und mit einer 2 kg Rolle 2 mal hin und her überrollt. Anschließend wurde eine Gurtschleife am überstehenden Ende des Dreischichtverbundes angebracht. Das Ganze wurde dann an einer geeigneten Vorrichtung aufgehängt und mit 10 N belastet. Die Aufhängvorrichtung ist so beschaffen, dass das Gewicht die Probe in einem Winkel von 179° +/- 1° belastet. Dadurch ist sichergestellt, dass sich der Dreischichtverbund nicht von der Plattenunterkante abschälen kann. Die gemessene Scherstandzeit, die Zeit zwischen Aufhängen und Abfallen des Musters, ist in Minuten angegeben und entspricht dem Mittelwert aus drei Messungen. Zur Messung der abgedeckten Seite wird die offene Seite zunächst mit der 50 µm Aluminiumfolie verstärkt, das Trennmaterial entfernt und auf die Prüfplatte analog der Beschreibung geklebt. Die Messung wird bei Normalklima (23°C, 55% Luftfeuchtigkeit) durchgeführt.

Wandhakentest (Messmethode V3):

[0156] **Fig. 6** zeigt die Herstellung der Polyacrylathafklebeschichten (Schicht A und/oder C). Ein zwischen zwei polierten Stahlplatten (**3.2**) fixiertes Prüfmuster (**3.1**) der Größe 30 mm x 30 mm wird 1 Minute lang mit 0,9 kN angedrückt (Kraft P). Danach wird ein 9 cm langer Hebelarm (**3.3**) in die oberste Stahlplatte eingeschraubt und dieser anschließend mit einem 1000 g Gewicht (**3.4**) belastet. Es wird darauf achtgegeben, dass die Zeit zwischen Andrücken und Belasten nicht mehr als zwei Minuten beträgt ($t \leq 2$ min). Gemessen wird die Haltezeit, d. h. die Zeit zwischen dem Aufhängen und Abfallen des Musters. Als Ergebnis wird die Haltezeit in Minuten als Mittelwert einer Dreifachbestimmung angegeben. Das Prüfklima beträgt 23°C +/- 1°C und 50% r.F. +/- 5% r.F. (r.F. relativer Feuchte).

[0157] Es wurde jeweils die offene und die abgedeckte Seite gemessen.

Kommerziell erhältliche, eingesetzte Chemikalien

Chemische Verbindung	Handelsname	Hersteller	CAS-Nr.
Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat	Perkadox® 16	Akzo Nobel	15520-11-3
Klebstoff auf Terpen-Phenolbasis (Erweichungspunkt 110°C, Hydroxylwert 45–60)	Dertophene® T110	DRT, Frankreich	73597-48-5
Pentaerythrittetraglycidether	Polypox® R16	UPPC AG	3126-63-4
Triethylentetramin	Epikure® 3234 Epikure® 925	Hexion Speciality Chemicals	112-24-3
Isopropyliertes Triarylphosphat	Reofos® 65	Great Lakes, USA	68937-41-7
Diethylentriamin	Epikure® 3223	Hexion Speciality Chemicals	111-40-0
Trimethylolpropantriglycidether	Polypox® R20	UPPC AG	30499-70-8
Trimethylhexamethylen-diamin	Epikure® 940	Hexion Speciality Chemicals	25620-58-0
2,2'-Azobis(2-methylpropionitril), AIBN	Vazo® 64	DuPont	78-67-1
Hohlglaskugeln (Dichte 0,28 g/cm ³ ; Schüttdichte 0,16 g/cm ³ , Partikeldurchmesser 5–115 µm [Range]; 65 µm [Durchschnittswert])	Q-Cel® Hollow Glass Spheres 5028	Potters Industries	
Kreide	Mikrosöhl® 40	Vereinigte	1317-65-3
(Dichte 2,74 g/cm ³ , Schüttdichte 0,56 g/cm ³ , pH-Wert 8,8–9,5, Löslichkeit [Wasser] 16 mg/l, Zersetzungspunkt 900°C)		Kreidewerke Dammann KG	
Thermoplastische Mikrohohlkugeln (Partikelgröße 10–17 µm; Dichte max. 0,017 g/cm ³ ; Expansionstemperatur 127–139°C [Start]; 164–184°C [max. Exp.])	Expancel® 092 DU 40	Akzo Nobel	

alle Spezifikationsangaben bei 20°C;

Epikure® auch vertrieben unter den Handelsbezeichnungen Epi-Cure® und Bakelite® EPH

Beispiele Haftkleber

Herstellung der Ausgangspolymere für die Beispiele PSA B1 bis B8

[0158] Im Folgenden wird die Präparation der Ausgangspolymere beschrieben. Die untersuchten Polymere werden konventionell über eine freie radikalische Polymerisation in Lösung hergestellt.

Basispolymer P1

[0159] Ein für radikalische Polymerisationen konventioneller Reaktor wurde mit 45 kg 2-Ethylhexylacrylat, 45 kg n-Butylacrylat, 5 kg Methylacrylat, 5 kg Acrylsäure und 66 kg Aceton/Isopropanol (92,5:7,5) befüllt. Nach 45 minütiger Durchleitung von Stickstoffgas unter Rühren wurde der Reaktor auf 58°C hochgeheizt und 50 g AIBN hinzugegeben. Anschließend wurde das äußere Heizbad auf 75°C erwärmt und die Reaktion konstant bei dieser Außentemperatur durchgeführt. Nach 1 h wurden erneut 50 g AIBN zugegeben und nach 4 h wurde mit 20 kg Aceton/Isopropanol Gemisch verdünnt.

[0160] Nach 5 sowie nach 7 h wurde jeweils mit 150 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat nachinitiiert. Nach 22 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt. Das Polyacrylat hat einen Umsatz von 99,6%, einen K-Wert von 59, einen Feststoffgehalt von 54%, ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 557.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 7,6.

Basispolymer P2

[0161] Ein für radikalische Polymerisationen konventioneller Reaktor wurde mit 47,5 kg 2-Ethylhexylacrylat, 47,5 kg n-Butylacrylat, 5 kg Acrylsäure, 150 g Dibenzoyltrithiocarbonat und 66 kg Aceton befüllt. Nach 45 minütiger Durchleitung von Stickstoffgas unter Rühren wurde der Reaktor auf 58°C hochgeheizt und 50 g AIBN hinzugegeben. Anschließend wurde das äußere Heizbad auf 75°C erwärmt und die Reaktion konstant bei dieser Außentemperatur durchgeführt. Nach 1 h wurden erneut 50 g AIBN zugegeben. Nach 4 h verdünnte man mit 10 kg Aceton. Nach 5 und nach 7 h erfolgte eine Zugabe von jeweils 150 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat. Nach 22 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt.

[0162] Das Polyacrylat hat einen Umsatz von 99,5%, einen K-Wert von 41,9, einen Feststoffgehalt von 56,5%, ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 367.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 2,8.

Basispolymer P3

[0163] Analog Beispiel P1 wurden 41,5 kg 2-Ethylhexylacrylat, 41,5 kg n-Butylacrylat, 15 kg Methylacrylat, 1 kg Acrylsäure und 1 kg 2-Hydroxyethylmethacrylat (HEMA) in 66 kg Aceton/Isopropanol (92,5:7,5) polymerisiert. Initiiert wurde zweimal mit jeweils 50 g AIBN, zweimal mit jeweils 150 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat und verdünnt mit 20 kg Aceton/Isopropanol Gemisch (92,5:7,5). Nach 22 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt.

[0164] Das Polyacrylat hat einen Umsatz von 99,6%, einen K-Wert von 69,5, einen Feststoffgehalt von 53,3%, ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 689.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 7,8.

Basispolymer P4

[0165] Analog Beispiel P1 wurden 68 kg 2-Ethylhexylacrylat, 25 kg Methylacrylat und 7 kg Acrylsäure in 66 kg Aceton/Isopropanol (92,5:7,5) polymerisiert.

[0166] Das Polyacrylat hat einen Umsatz von 99,7%, einen K-Wert von 51, einen Feststoffgehalt von 55,0%, ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 657.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 8,2.

Verfahren 1: Aufkonzentration/Herstellung der Schmelzhafkleber:

[0167] Die Acrylatcopolymere (Basispolymere P1 bis P4) werden mittels Einschnellenextruder (Aufkonzentrationsextruder, Berstorff GmbH, Deutschland) weitestgehend vom Lösemittel befreit (Restlösemittelgehalt $\leq 0,3$ Gew.-%; vgl. bei den einzelnen Beispielen). Exemplarisch sind hier die Parameter der Aufkonzentration des Basispolymeren P1 dargestellt. Die Drehzahl der Schnecke betrug 150 U/min, der Motorstrom 15 A, es wurde ein Durchsatz von 58,0 kg flüssig/h realisiert. Zur Aufkonzentration wurde an 3 verschiedenen Domen ein Vakuum angelegt. Die Unterdrücke betrugen jeweils zwischen 20 mbar und 300 mbar. Die Austrittstemperatur des aufkonzentrierten Hotmelts liegt bei ca. 115°C. Der Feststoffgehalt betrug nach diesem Aufkonzentrations-schritt 99,8%.

Verfahren 2: Herstellung der modifizierten Schmelzhaftkleber und viskoelastischen Träger

[0168] Die nach dem oben erläuterten Verfahren 1 hergestellten Acrylatschmelzhaftkleber wurden direkt in einen nachgeschalteten WELDING-Doppelschneckenextruder (WELDING Engineers, Orlando, USA; Model 30 MM DWD; Schneckendurchmesser 30 mm, Länge Schnecke 1 = 1258 mm; Länge Schnecke 2 = 1081 mm; 3 Zonen) gefördert. Über ein Feststoffdosiersystem wurde das Harz Dertophene® T110 in Zone 1 zudosiert und homogen eingemischt. Bei der Masse für die Beispiele MT 1 und MP 2 wurde kein Harz zudosiert. Bei den Beispielen MT 3, MT 4 und MT 5 wurde über das Feststoffdosiersystem die entsprechenden Zuschlagstoffe zudosiert und homogen eingemischt. Exemplarisch sind hier für die Harzcompoundierung mit dem Basispolymer P1 die Parameter dargelegt. Drehzahl betrug 451 U/min, der Motorstrom 42 A, es wurde ein Durchsatz von 30,1 kg/h realisiert. Die Temperaturen der Zonen 1 und 2 betrugen jeweils 105°C, die Schmelzetemperatur in Zone 1 betrug 117°C und die Massetemperatur bei Austritt (Zone 3) bei 100°C.

Verfahren 3: Herstellung der erfindungsgemäßen Klebebänder Abmischung mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System für die thermischen Vernetzung und Beschichtung

[0169] Die nach den Verfahren 1–2 hergestellten Acrylatschmelzhaftkleber wurden in einem Fütterextruder (Einschneckenförderextruder der Firma TROESTER GmbH & Co KG, Deutschland) aufgeschmolzen und mit diesem als Polymerschmelze in einen Doppelschneckenextruder gefördert (Fa. LEISTRITZ, Deutschland, Bez. LSM 30/34. Das Aggregat wird von außen elektrisch beheizt und über verschiedene Gebläse luftgekühlt und ist so konzipiert, dass bei guter Verteilung des Vernetzer-Beschleuniger-Systems in der Polymermatrix gleichzeitig eine kurze Verweilzeit der Klebmasse im Extruder gewährleistet ist. Dazu wurden die Mischwellen des Doppelschneckenextruders so angeordnet, dass sich fördernde und mischende Elemente abwechseln. Die Zugabe der jeweiligen Vernetzer und Beschleuniger erfolgt mit geeignetem Dosierequipment gegebenenfalls an mehreren Stellen ([Fig. 1](#): Dosierstellen 1.1 und 1.2) und gegebenenfalls unter Verwendung von Dosierhilfsmitteln in die druckfreien Förderzonen des Doppelschneckenextruders.

[0170] Nach Austritt der fertig compoundierten, d. h. mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System abgemischten Klebmasse aus dem Doppelschneckenextruder (Austritt: Runddüse, 5 mm Durchmesser), erfolgt die Beschichtung nach [Fig. 1](#) auf ein bahnförmiges Trägermaterial. Die Zeit zwischen Zudosierung des Vernetzer-Beschleuniger-Systems bis zum Ausformen bzw. Beschichten wird als Verarbeitungszeit bezeichnet. Die Verarbeitungszeit gibt den Zeitraum an, in welcher die mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System abgemischte Klebmasse bzw. die viskoelastische Trägerschicht mit optisch gutem Strichbild (gelfrei, stippenfrei) beschichtet werden kann. Die Beschichtung erfolgt mit Bahngeschwindigkeiten zwischen 1 m/min und 20 m/min, die Rakeiwalze des 2-Walzenauftragswerks wird nicht angetrieben.

[0171] In den nachfolgenden Beispielen und in den Tab.1 bis Tab.3 werden die eingesetzten Formulierungen, die Herstellparameter und die erzielten Eigenschaften jeweils näher beschrieben.

Beispiel B1

[0172] Das Basispolymer P1 wird gemäß dem beschriebenen Polymersationsverfahren polymerisiert, gemäß Verfahren 1 aufkonzentriert (Feststoffgehalt 99,8%) und anschließend gemäß Verfahren 2 mit Harz Dertophene® T110 abgemischt. Diese harzmodifizierte Acrylat-Hotmeltmasse wurde dann gemäß Verfahren 3 kontinuierlich mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System bestehend aus einem

- Pentaerthritetetracyclidether,
hier Polypox® R16 der Fa. UPPC AG, Deutschland (Epoxid)
und einem
- Triethylentriamin,
hier Epikure® 3234 der Fa. HEXION, Deutschland (Aminbeschleuniger)
compoundiert.

[0173] Detaillierte Beschreibung: In dem in Verfahren 3 beschriebenen Doppelschneckenextruder wurde ein Gesamtmassestrom bestehend aus 70 Teilen Polymer P1 und 30 Teilen Harz Dertophene® T110 von 533,3 g/min (das entspricht 373 Gramm des reinen Polymers pro Minute) mit 1,14 g/min des Epoxidvernetzers Pentaerythritetetracyclidether (entspricht 0,31 Gew.-% auf Polymer) und 1,89 g/min des Aminbeschleunigers Triethylentetramin (entspricht 0,51 Gew.-% auf Polymer) abgemischt. Die Dosierung des Amins und des Epoxids erfolgt separat über zwei Schlauchpumpen an Dosierstelle 1.1 (siehe [Fig. 1](#)). Zur Verbesserung der Dosierfähigkeit und der erreichbaren Mischgüte wurde das verwendete Vernetzersystem mit dem flüssigen Phosphates-ter (Isopropyliertes Triarylphosphat; Reofos 65; Fa. GREAT LAKES, USA) verdünnt (Verhältnis zum Vernetzer

0,5:1). Die Prozessparameter sind in Tab. 2 zusammengefasst.

[0174] Die Verarbeitungszeit des fertigen Compounds war größer 7 min bei einer durchschnittlichen Masstemperatur von 125°C nach dem Verlassen des LEISTRITZ-Doppelschneckenextruders. Die Beschichtung erfolgt an einem 2-Walzenauftragswerk gemäß [Fig. 1](#) bei Walzenoberflächentemperaturen von jeweils 100°C und einem Masseauftrag von 86 g/m² auf 23 µm PET-Folie. Von dem so hergestellten Klebeband wurden die Klebkraft auf Stahl bei Raumtemperatur und Mikroschwerwege bei 40°C in Abhängigkeit der Lagerungsdauer gemessen. Nach 25 Tagen Raumtemperaturlagerung wird der maximale Mikroschwerweg mit 160 µm bei einem elastischen Anteil von 75% gemessen. Weitere klebtechnische Daten des Beispiels B1 sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Mit diesem Beispiel wird gezeigt, dass sehr leistungsfähige Klebebänder hergestellt werden können, die sich unter anderem durch gute Klebkraften auf polaren und unpolaren Substraten (Stahl und Polyethylen) und gute kohäsive Eigenschaften auch unter Temperatureinfluss auszeichnen.

Beispiel B2

[0175] Das gemäß Verfahren 1 aufkonzentrierte und gemäß Verfahren 2 mit Harz Dertophene® T110 abgemischte Basispolymer P2 (Restlösemittelanteil: 0,1 Gew.-%) wurde analog Beispiel B1 nach Verfahren 3 im Doppelschneckenextruder mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System compounding und beschichtet.

[0176] Das Vernetzer-Beschleuniger-System besteht aus

- Trimethylolpropantriglycidether,
hier Polypox® R20, Fa. UPPC AG, Deutschland (Epoxid)
und
- Diethylentriamine,
hier Epikure® 3223, Fa. HEXION, Deutschland (Aminbeschleuniger).

[0177] Analog Beispiel B1 wurden 0,87 Gew.% des multifunktionellen Epoxides Trimethylolpropantriglycidether und 0,48 Gew.% des Amins Diethylentriamin (jeweils bezogen auf Acrylatcopolymer) gemäß Verfahren 3 zugesetzt. Die Extruderdrehzahl des LEISTRITZ-Doppelschneckenextruders betrug 125 Umdrehungen pro Minute, der Massedurchsatz 16,4 kg/h. Die Verarbeitungszeit betrug mehr als 5 min bei einer effektiven Masstemperatur von 108°C nach dem Verlassen des Extruders. Mittels Walzenauftragswerk gemäß [Fig. 1](#) wurden mit einem Masseauftrag von 101 g/m² auf 23 µm PET-Folie beschichtet.

[0178] Von dem so hergestellten Klebeband wurden Klebkraft-, Scherstandzeiten und Mikroschwerwegmessungen in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer der Muster bei Raumtemperatur durchgeführt. Nach 25 Tagen Raumtemperaturlagerung wurden Scherteststandzeiten größer 10.000 min bei Raumtemperatur gemessen. Dieses Klebebandmuster wurde stark vernetzt, erkennbar an der sehr geringen maximalen Scherstrecke von nur 70 µm und einem hohen elastischen Anteil von 90% gemäß Messmethode H3 „Mikroschwerweg.“ Die Klebkraft auf Polyethylen (PE) ist mit 2,5 N/cm erwartungsgemäß gering. Weitere klebtechnische Daten sind in Tabelle 3 unter Beispiel B2 aufgelistet.

Beispiel B3

[0179] Die Polymerisation des verwendeten Polymers P3, die Aufkonzentration, die Harzabmischung und das Einarbeiten des Vernetzer-Beschleuniger-Systems und die Beschichtung erfolgt im Wesentlichen wie in Beispiel 1 beschrieben.

[0180] Das hier verwendete Vernetzungssystem besteht aus

- Pentaerythrittriglycidether,
hier Polypox® R16 der Fa. UPPC AG, Deutschland
und
- Trimethylhexamethyldiamin,
hier Epikure® 940 der Fa. HEXION, Deutschland.

[0181] Analog Beispiel B1 wurden 0,35 Gew.% des multifunktionellen Epoxides Pentaerythrittriglycidether und 0,30 Gew.% des Amins Trimethylhexamethyldiamin (jeweils bezogen auf Acrylatcopolymer) zugesetzt. Dieses gegenüber den Beispielen B1 und B2 verwendete Polymersystem enthält weniger Acrylsäure, hat einen höheren K-Wert von 69,5 und ist bezüglich der kohäsiven Eigenschaften, den Scherstandzeiten bei 23°C und 70°C moderater eingestellt. Die Scherstandzeiten bei 23°C liegen bei 1.600 min. Weitere Details zu massespezifischen Angaben befinden sich in Tabelle 1.

Beispiel B4

[0182] Die Polymerisation des verwendeten Polymers P3, die Aufkonzentration, die Harzabmischung und das Einarbeiten des Vernetzer-Beschleuniger-Systems und die Beschichtung erfolgt im Wesentlichen wie in Beispiel 1 beschrieben. Abweichend wurde in Verfahren 2 zusätzlich der Füllstoff Kreide Mikrosöhl® 40 eingearbeitet, dazu wurden die Mischschneckengeometrien des verwendeten Doppelschneckenextruders entsprechend angepasst. Das hier verwendete Vernetzer-Beschleuniger-System wurde wie in Beispiel P3 gewählt. Zugewetzt wurden 0,45 Gew.% des multifunktionellen Epoxides Pentaerythrittetraglycidether und 0,40 Gew.% des Amins Trimethylhexamethyldiamin (jeweils bezogen auf Acrylatcopolymer).

[0183] Die mittlere Massetemperatur nach Austritt aus dem Compoundierextruder stieg gegenüber dem Masssystem aus Beispiel B3 von 110°C auf 117°C an. Sowohl die gemessenen Klebkräfte mit 9,4 als auch die Scherstandzeiten mit 3.800 min sind gegenüber dem Beispiel 83 verbessert.

[0184] Weitere Details zu massespezifischen Angaben befinden sich in Tabelle 1, zu eingestellten Prozessparametern in Tabelle 2 und zu klebtechnischen Ergebnisse in Tabelle 3 jeweils in Zeile B4.

Beispiel B5

[0185] Das gemäß Verfahren 1 aufkonzentrierte Basispolymer P4 (Restlösemittelanteil: 0,15 Gew.-%) wurde analog Beispiel B1 nach Verfahren 3 im Doppelschneckenextruder mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System compoundingiert und beschichtet.

[0186] Das Vernetzer-Beschleuniger-System besteht aus

- Trimethylolpropantriglycidether,
hier Polypox® R20, Fa. UPPC AG, Deutschland (Epoxid)
und
- Diethylentriamine,
hier Epikure® 3223, Fa. HEXION, Deutschland (Aminbeschleuniger).

[0187] Analog Beispiel B1 wurden 0,78 Gew.% des multifunktionellen Epoxides Trimethylolpropantriglycidether und 0,48 Gew.% des Amins Diethylentriamin (jeweils bezogen auf Acrylatcopolymer) gemäß Verfahren 3 zugesetzt. Die Extruderdrehzahl des LEISTRITZ-Doppelschneckenextruders betrug 100 Umdrehungen pro Minute, der Massedurchsatz 10 kg/h. Die Verarbeitungszeit betrug mehr als 5 min bei einer effektiven Massetemperatur von 114°C nach dem Verlassen des Extruders. Mittels Walzenauftragswerk gemäß [Fig. 1](#) wurden mit einem Masseauftrag von 125 g/m² auf 23 µm PET-Folie beschichtet.

Beispiel B6 (Vergleichsbeispiel)

[0188] Die Polymerisation des verwendeten Polymers P1, die Aufkonzentration, die Harzabmischung, das Einarbeiten der Vernetzerkomponente und die Beschichtung erfolgt im Wesentlichen wie in Beispiel 1 beschrieben, aber mit folgender Variation:

Das hier verwendete Vernetzungssystem besteht aus

- Pentaerythrittetraglycidether,
hier Polypox® R16 der Fa. UPPC AG, Deutschland
und
- Zinkchlorid.

[0189] Zugewetzt wurden 0,79 Gew.% des multifunktionellen Epoxides Pentaerythrittetraglycidether und 0,43 Gew.% Zinkchlorid.

[0190] Die gemessenen Scherwege gemäß Messmethode H3 „Mikroscherweg“ werden nach 25 Tagen Lagerung bei Raumtemperatur zu größer als 2000 µm gemessen, der elastische Anteil beträgt 0%, was bedeutet, dass keine oder keine nennenswerte Vernetzung stattgefunden hat.

Wiederholung der Messungen nach Temperaturlagerung:

[0191] Dieses Klebebandmuster vernetzt weder nach 6-tägiger Lagerung bei 60°C, noch nach einstündiger Lagerung bei 140°C in einem Wärmeschrank. Gemessen wurden die Klebebandmuster nach diesen Lagerungsbedingungen wiederum mit der Messmethode H3 „Mikroscherweg“ und die Scherstrecken wiederum zu größer

2000 µm bestimmt. Aufgrund nicht vorhandener Vernetzung werden keine weiteren klebtechnischen Ausprüfungen vorgenommen.

[0192] Weitere Details zu massespezifischen Angaben befinden sich in Tabelle 1 und zu den eingestellten Prozessparametern in Tabelle 2 jeweils in Zeile B6.

Beispiel 67 (Vergleichsbeispiel)

[0193] Die Polymerisation des verwendeten Polymers P1, die Aufkonzentration, die Harzabmischung, das Einarbeiten der Vernetzerkomponente und die Beschichtung erfolgt im Wesentlichen wie in Beispiel 1 beschrieben, aber mit folgender Variation: Das hier verwendete Vernetzungssystem besteht nur aus

- Triethylentetramin,
hier Epikure® 3234 der Fa. HEXION, Deutschland.

[0194] In diesem Beispiel wird kein Epoxid eingesetzt.

[0195] Zugesezt wurden 0,50 Gew.% des multifunktionellen Amins Triethylentetramin.

[0196] Die gemessenen Scherwege gemäß Messmethode H3 „Mikroscherweg“ werden nach 25 Tagen Lagerung bei Raumtemperatur zu größer als 2000 µm gemessen, der elastische Anteil beträgt 0%, was bedeutet, dass keine oder keine nennenswerte Vernetzung stattgefunden hat.

Wiederholung der Messungen nach Temperaturlagerung:

[0197] Dieses Klebebandmuster vernetzt weder nach 3-monatiger Lagerung bei 70°C, noch nach einstündiger Lagerung bei 140°C in einem Wärmeschrank. Gemessen wurde nach diesen Lagerungen wiederum mit der Messmethode H3 „Mikroscherweg“, die Scherstrecken zu größer 2000 µm bestimmt. Aufgrund nicht vorhandener Vernetzung werden keine weiteren klebtechnischen Ausprüfungen vorgenommen.

[0198] Weitere Details zu massespezifischen Angaben befinden sich in Tabelle 1 und zu den eingestellten Prozessparametern in Tabelle 2 jeweils in Zeile B7.

Beispiel B8 (Vergleichsbeispiel)

[0199] Die Polymerisation des verwendeten Polymers P1, die Aufkonzentration, die Harzabmischung, das Einarbeiten der Vernetzerkomponente und die Beschichtung erfolgt im Wesentlichen wie in Beispiel 1 beschrieben, aber mit folgender Variation:

Das hier verwendete Vernetzungssystem besteht nur aus

- Pentaerthritetraglycidether,
hier Polypox® R16 der Fa. UPPC AG, Deutschland.

[0200] Zugesezt wurden 0,31 Gew.% bezogen auf Polymer des multifunktionellen Epoxides Pentaerythritetraglycidether.

[0201] In diesem Beispiel wird kein Amin eingesetzt.

[0202] Die gemessenen Scherwege gemäß Messmethode H3 „Mikroscherweg“ werden nach 25 Tagen Lagerung bei Raumtemperatur zu größer als 2000 µm gemessen, der elastische Anteil beträgt 0%, was bedeutet, dass keine oder keine nennenswerte Vernetzung stattgefunden hat.

Wiederholung der Messungen nach Temperaturlagerung:

[0203] Dieses Klebebandmuster vernetzt weder nach nachgeschalteter 3-monatiger Lagerung bei 70°C, noch nach einstündiger Lagerung bei 140°C in einem Wärmeschrank. Gemessen wurde nach diesen Lagerungsbedingungen erneut mit der Messmethode H3 „Mikroscherweg“, die Scherstrecken wurden jeweils zu größer 2000 µm bestimmt. Aufgrund nicht vorhandener Vernetzung wurden keine weiteren klebtechnischen Ausprüfungen vorgenommen. Weitere Details zu massespezifischen Angaben befinden sich in Tabelle 1 und zu den eingestellten Prozessparametern in Tabelle 2 jeweils in Zeile B8.

[0204] Bei Verwendung des erfindungsgemäßen Vernetzer-Beschleuniger-Systems läuft die Vernetzungsre-

aktion über die funktionellen Gruppen des Polyacrylates auch ohne Wärmezufuhr bei Normalbedingungen (Raumtemperatur) vollständig ab. In der Regel ist nach einer Lagerzeit von 5 Tagen bis 14 Tagen die Vernetzungsreaktion so weit abgeschlossen, dass ein funktionsfähiges Klebeband bzw. eine funktionsfähige Trägerschicht vorliegt. Der Endvernetzungszustand und damit die endgültige Kohäsion der Masse wird je nach Wahl des Masse-Vernetzer-Systems nach einer Lagerung von 14 bis 100 Tagen, in vorteilhafter Form nach 14 bis 50 Tagen Lagerungszeit bei Raumtemperatur erreicht, bei höherer Lagertemperatur erwartungsgemäß früher.

[0205] Durch die Vernetzung erhöhen sich die Kohäsion der Klebmasse und damit auch die Scherfestigkeit. Diese Gruppen sind bekanntermaßen sehr stabil. Dies ermöglicht sehr alterungsstabile und wärmebeständige Selbstklebeblätter.

[0206] Hingegen zeigt sich bei Betrachtung der Vergleichsbeispiele B6 bis B8, dass die Vernetzung nicht zum Erfolg führt, wenn man das erfindungsgemäße Vernetzer-Beschleuniger-System nicht einsetzt.

Beispiele Viskoelastische Träger und Dreischichtaufbauten

I. Herstellung der Haftklebmasse

Polyacrylathafkleber 1 (PA1):

[0207] Ein für radikalische Polymerisationen konventioneller 100 L-Glasreaktor wurde mit 2,8 kg Acrylsäure, 8,0 kg Methylacrylat, 29,2 kg 2-Ethylhexylacrylat und 20,0 kg Aceton/Isopropanol (95:5) befüllt. Nach 45minütiger Durchleitung von Stickstoffgas unter Rühren wurde der Reaktor auf 58°C hochgeheizt und 20 g AIBN hinzugegeben. Anschließend wurde das äußere Heizbad auf 75°C erwärmt und die Reaktion konstant bei dieser Außentemperatur durchgeführt. Nach 1 h Reaktionszeit wurde wiederum 20 g AIBN hinzugegeben. Nach 4 und 8 h wurde mit jeweils 10,0 kg Aceton/Isopropanol (95:5) Gemisch verdünnt. Zur Reduktion der Restinitiatoren wurden nach 8 und nach 10 h jeweils 60 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat hinzugegeben. Die Reaktion wurde nach 24 h Reaktionszeit abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt. Anschließend wurde das Polyacrylat mit 0,4 Gew.-% Aluminium-(III)-acetylacetonat (3%ige Lösung in Isopropanol) abgemischt, auf einen Feststoffgehalt von 30% mit Isopropanol verdünnt und dann aus Lösung auf eine silikonisierte Trennfolie (50 µm Polyester) beschichtet. (Beschichtungsgeschwindigkeit 2,5 m/min, Trockenkanal 15 m, Temperaturen Zone 1: 40°C, Zone 2: 70°C, Zone 3: 95°C, Zone 4: 105°C) betrug der Masseauftrag 50 g/m².

II. Herstellung der viskoelastischen Träger

Herstellung der Ausgangspolymere für die viskoelastischen Träger der Beispiele VT 1 bis 5

[0208] Im Folgenden wird die Präparation der Ausgangspolymere beschrieben. Die untersuchten Polymere werden konventionell über eine freie radikalische Polymerisation in Lösung hergestellt.

Basispolymer HPT 1

[0209] Ein für radikalische Polymerisationen konventioneller Reaktor wurde mit 40 kg 2-Ethylhexylacrylat, 40 kg n-Butylacrylat, 15 kg Methylacrylat, 5 kg Acrylsäure und 67 kg Aceton/Isopropanol (95:5) befüllt. Nach 45minütiger Durchleitung von Stickstoffgas unter Rühren wurde der Reaktor auf 58°C hochgeheizt und 40 g AIBN hinzugegeben. Anschließend wurde das äußere Heizbad auf 75°C erwärmt und die Reaktion konstant bei dieser Außentemperatur durchgeführt. Nach 1 h wurden erneut 60 g AIBN zugegeben und nach 4 h wurde mit 14 kg Aceton/Isopropanol Gemisch verdünnt.

[0210] Nach 5 sowie nach 7 h wurde jeweils mit 150 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat nachinitiiert. Nach 22 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt. Das Polyacrylat hat einen K-Wert von 57, einen Feststoffgehalt von 54,6%, ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 714.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 7,6.

Basispolymer HPT 2

[0211] Analog Beispiel 1 wurden 65 kg 2-Ethylhexylacrylat, 30 kg tert.-Butylacrylat und 5 kg Acrylsäure in 67 kg Aceton/Isopropanol (95:5) polymerisiert. Initiiert wurde zweimal mit jeweils 50 g AIBN, zweimal mit jeweils 150 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat und verdünnt mit 20 kg Aceton/Isopropanol Gemisch

(95:5). Nach 22 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt. Das Polyacrylat hat einen K-Wert von 61,0 einen Feststoffgehalt von 53,2%, ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 697.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 7,1.

Basispolymer HPT 3

[0212] Es wurde analog Beispiel 1 vorgegangen. Zur Polymerisation wurden 60 kg 2-Ethylhexylacrylat, 30 kg Styrol, 5 kg Methylacrylat und 5 kg Acrylsäure in 25 kg Ethylacetat/Isopropanol (97:3) polymerisiert. Initiiert wurde zweimal mit jeweils 50 g AIBN, zweimal mit jeweils 150 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat (nach 36 und 44 h Reaktionszeit) und verdünnt mit 20 kg Ethylacetat/Isopropanol (97:3). Nach 48 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt. Das Polyacrylat hat einen K-Wert von 61, einen Feststoffgehalt von 68,4% und ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 567.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 11,8.

Basispolymer HPT 4

[0213] Ein für radikalische Polymerisationen konventioneller Reaktor wurde mit 65 kg 2-Ethylhexylacrylat, 30 kg tert-Butylacrylat, 5 kg Acrylsäure, 100 g Dithiobenzoesäurebenzylester und 67 kg Aceton befüllt. Nach 45minütiger Durchleitung von Stickstoffgas unter Rühren wurde der Reaktor auf 58°C hochgeheizt und 50 g AIBN hinzugegeben. Anschließend wurde das äußere Heizbad auf 75°C erwärmt und die Reaktion konstant bei dieser Außentemperatur durchgeführt. Nach 1 h wurden erneut 50 g AIBN zugegeben. Nach 4 h verdünnte man mit 10 kg Aceton. Nach 5 und nach 7 h erfolgte eine Zugabe von jeweils 150 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat. Nach 22 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt.

[0214] Das Polyacrylat hat einen K-Wert von 49,2, einen Feststoffgehalt von 59,2%, ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 379.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 3,1.

Basispolymer HPT 5

[0215] Ein für radikalische Polymerisationen konventioneller Reaktor wurde mit 68 kg 2-Ethylhexylacrylat, 25 kg Methylacrylat, 7 kg Acrylsäure und 66 kg Aceton/Isopropanol (95:5) befüllt. Nach 45minütiger Durchleitung von Stickstoffgas unter Rühren wurde der Reaktor auf 58°C hochgeheizt und 40 g AIBN hinzugegeben. Anschließend wurde das äußere Heizbad auf 75°C erwärmt und die Reaktion konstant bei dieser Außentemperatur durchgeführt. Nach 1 h wurden erneut 60 g AIBN zugegeben. Nach 4 h verdünnte man mit 20 kg Aceton/Isopropanol (95:5). Nach 5 und nach 7 h erfolgte eine Zugabe von jeweils 150 g Bis-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat. Nach 22 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und auf Raumtemperatur abgekühlt.

[0216] Das Polyacrylat hat einen K-Wert von 55, einen Feststoffgehalt von 55%, ein mittleres Molekulargewicht von $M_w = 579.000$ g/mol, Polydispersität PD (M_w/M_n) = 7,9.

Aufkonzentration und Compoundierung der Basispolymere HPT 1–5 für die viskoelastischen Träger:

[0217] Die Acrylatcopolymere HPT 1–5 werden analog Verfahren 1 von den Lösemitteln befreit und ggf. anschließend analog Verfahren 2 mit Zusatzstoffen versetzt, vgl. die einzelnen Beispiele.

Verfahren 4: Herstellung der 3-Schichtaufbauten mittels 2-Walzenkalanders

[0218] Das Verfahren wurde wie in [Fig. 5](#) beschrieben durchgeführt. Mittels Verteilerdüse (1) wird die mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System und ggf. Füllstoffen fertig compoundierte viskoelastische Masse (3) dem Walzenspalt zugeführt. Die Ausformung der viskoelastischen Masse zu einem viskoelastischen Film erfolgt zwischen den Kalanderswalzen (W1) und (W2) im Walzenspalt zwischen zwei Selbstklebemassen (6a, 6b), die ihrerseits auf anti-adhäsiv ausgerüsteten Trägermaterialien (5a, 5b) beschichtet zugeführt werden. Dabei kommt es gleichzeitig zur Ausformung der viskoelastischen Masse auf die eingestellte Schichtdicke und zur Beschichtung mit den beiden zugeführten Selbstklebemassen. Um die Verankerung der Selbstklebemassen (6a, 6b) auf der ausgeformten, viskoelastischen Trägerschicht (4) zu verbessern, werden die Selbstklebemassen vor der Zuführung in den Walzenspalt mittels Corona-Station (8) coroniert (Corona-Anlage der Firma VI-TAPHONE, Dänemark, 100 W·min/m²). Diese Behandlung führt nach der Herstellung des Dreischichtverbundes zu einer verbesserten chemischen Anbindung an die viskoelastische Trägerschicht.

[0219] Die Bahngeschwindigkeit bei Durchlaufen der Beschichtungsanlage beträgt 30 m/min. Nach Verlassen des Walzenspaltes wird ggf. ein anti-adhäsiver Träger (**5a**) ausgedeckt und das fertige Dreischichtprodukt (**9**) mit dem verbleibenden zweiten anti-adhäsiven Träger (**5b**) aufgewickelt.

[0220] Im Folgenden werden konkrete Beispiele zur Herstellung der Selbstklebmassen und Beschichtung der erfindungsgemäßen Klebebänder vorgestellt, ohne dass durch die Wahl der angegebenen Formulierungen, Konfigurationen und Prozessparameter die Erfindung unnötig eingeschränkt werden soll.

Beispiel MT 1

[0221] Das Basispolymer HPT1 wurde gemäß Verfahren 1 aufkonzentriert (Feststoffgehalt 99,7%) und anschließend gemäß Verfahren 3 im Doppelschneckenextruder kontinuierlich mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System bestehend aus Trimethylolpropantriglycidether (Polypox® R20; 0,48 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) und Diethylentriamin (Epikure® 3223; 0,40 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) compoundingiert. Die Beschichtung zur Erzeugung des viskoelastischen Trägers VT1 aus dem Basispolymer HPT1 zwischen die zuvor auf silikonisierte Polyesterfolien beschichtete Masseschichten PA 1 erfolgt am 2-Walzenauftragswerk bei Walzentemperaturen von 100°C gemäß Verfahren 4. Die Schichtdicke des viskoelastischen Trägers VT 1 betrug 800 µm. Die Coronaleistung betrug 100 W·min/m². Nach 7 Tagen Raumtemperaturlagerung wurden die klebtechnischen Daten jeweils von der offenen und abgedeckten Seite gemessen. Die Daten des Beispiels MT 1 sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Beispiel MT 2

[0222] Das Basispolymer HPT2 wurde gemäß Verfahren 1 aufkonzentriert (Feststoffgehalt 99,8%) und anschließend gemäß Verfahren 3 im Doppelschneckenextruder kontinuierlich mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System bestehend aus Trimethylolpropantriglycidether (Polypox® R20; 0,56 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) und Diethylentriamin (Epikure® 3223; 0,40 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) compoundingiert. Anschließend wurde analog Beispiel 1 zwischen jeweils zuvor auf silikonisierte Polyesterfolien beschichtete Masseschichten PA 1 am 2-Walzenauftragswerk gemäß Verfahren 3 beschichtet. Die Schichtdicke des viskoelastischen Trägers VT 2 betrug 850 µm. Die Coronaleistung betrug 100 W·min/m². Nach 7 Tagen Raumtemperaturlagerung wurden die klebtechnischen Daten jeweils der offenen und abgedeckten Seite gemessen. Die Daten des Beispiels MT 2 sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Beispiel MT 3

[0223] Das Basispolymer HPT3 wurde gemäß Verfahren 1 aufkonzentriert (Feststoffgehalt 99,7%) und anschließend gemäß Verfahren 2 mit 6,5 Gew.-% Hohlglaskugeln Q-CEL® 5028 (Fa. Potters Industries) compoundingiert und gemäß Verfahren 3 im Doppelschneckenextruder kontinuierlich mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System bestehend aus Trimethylolpropan-triglycidether (Polypox® R20; 0,56 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) und Diethylentriamin (Epikure® 3223; 0,80 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) compoundingiert. Die Beschichtung zur Erzeugung des viskoelastischen Trägers VT3 zwischen die zuvor auf silikonisierte Polyesterfolien beschichtete Masseschichten PA 1 erfolgt am 2-Walzenauftragswerk bei Walzentemperaturen von 100°C gemäß Verfahren 3. Die Schichtdicke des viskoelastischen Trägers VT 3 betrug 800 µm. Die Coronaleistung betrug 100 W·min/m². Nach 7 Tagen Raumtemperaturlagerung wurden die klebtechnischen Daten jeweils der offenen und abgedeckten Seite gemessen. Die Daten des Beispiels MT 3 sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Beispiel MT 4

[0224] Das Basispolymer HPT 4 wurde gemäß Verfahren 1 aufkonzentriert (Feststoffgehalt 99,7%), anschließend gemäß Verfahren 2 mit 18 Gew.-% Mikrosöhl-Kreide (Mikrosöhl® 40) abgemischt und gemäß Verfahren 3 im Doppelschneckenextruder kontinuierlich mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System bestehend aus Trimethylolpropantriglycidether (Polypox® R20; 0,34 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) und Diethylentriamin (Epikure® 3223; 0,42 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) compoundingiert. Die Beschichtung zur Erzeugung des viskoelastischen Trägers VT4 zwischen die zuvor auf silikonisierte Polyesterfolien beschichtete Masseschichten PA 1 erfolgt am 2-Walzenauftragswerk bei Walzentemperaturen von 100°C gemäß Verfahren 3. Die Schichtdicke des viskoelastischen Trägers VT 4 betrug 800 µm. Die Coronaleistung betrug 100 W·min/m². Nach 7 Tagen Raumtemperaturlagerung wurden die klebtechnischen Daten jeweils der offenen und abgedeckten Seite gemessen. Die Daten des Beispiels MT 4 sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

[0225] Das Basispolymer HPT 5 wurde gemäß Verfahren 1 aufkonzentriert (Feststoffgehalt 99,8%), anschließend gemäß Verfahren 2 mit 3 Gew.-% nicht expandierten Mikrohohlkugeln Expancel® 092 DU 40 (Fa. Akzo Nobel, Deutschland) abgemischt und gemäß Verfahren 3 im Doppelschneckenextruder kontinuierlich mit dem Vernetzer-Beschleuniger-System bestehend aus Trimethylolpropantriglycidether (Polypox® R20; 0,54 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) und Diethylentriamin (Epikure® 3223; 0,42 Gew.-% bezogen auf das Polyacrylat) compoundiert. Durch Einbringen von Wärme wurde die Mischung im Extruder expandiert und anschließend zwischen die zuvor auf silikonisierte Polyesterfolien beschichtete Masseschichten PA 1 gemäß Verfahren 3 bei Walzentemperaturen von 130°C beschichtet. Die Schichtdicke des expandierten viskoelastischen Trägers VT 5 betrug 800 µm. Die Coronaleistung zur Vorbehandlung der Haftklebeschichten betrug 100 W·min/m². Nach 7 Tagen Raumtemperaturlagerung wurden die klebtechnischen Daten jeweils der offenen und abgedeckten Seite gemessen. Die Daten des Beispiels MT 5 sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

[0226] Wie den Daten der Tabelle 4 zu entnehmen ist, haben die erfinderisch doppelseitig klebenden Montageklebebander sehr gute klebtechnische Daten. Besonders positiv ist das ausgewogene Klebprofil der jeweiligen Seiten. Bei gleicher Klebmassenschicht auf beiden Seiten des Klebebandes zeigen diese nahezu gleiche klebtechnische Daten. Dies zeigt die homogene Vernetzung durch die Schicht hindurch. Dies ist für den Fachmann überraschend. Zudem zeigen diese dreischichtigen Klebebander keine Delaminierung. Die Verankerung der Schichten untereinander ist durch die Coronabehandlung der Haftklebeschichten und der Nachvernetzung der angrenzenden viskoelastischen Trägerschicht sehr gut.

Tabelle 1: Massespezifische Angaben

			Compoundie- ren gemäß Ver- fahren 2		
Beispiel	Basispolymer	K-Wert	Polymer und Zuschlagstoffe	Einsatzstoffe und -mengen	
		□		Vernetzer Beschleuniger	Gew-% auf Po- lymer
B1	P1	59	70 Teile Poly- mer P1 + 30 Teile Harz DT 110	Polypox® R16	0,31
				Epikure® 3234	0,51
B2	P2	41,9	70 Teile Poly- mer P2 + 30 Teile Harz DT 110	Polypox® R20	0,87
				Epikure® 3223	0,48
83	P3	69,5	70 Teile Poly- mer P3 + 30 Teile Harz DT 110	Polypox® R16	0,35
				Epikure® 940	0,30
64	P3	69,5	49 Teile Poly- mer P3 + 21 Teile Harz DT 110 + 30 Teile Kreide Mi- krosöhl® 40	Polypox® R16	0,45
				Epikure® 940	0,40
65	P4	51	100 Teile Poly- mer P4	Polypox® R20	0,78
				Epikure® 3223	0,48
B6	P1	59	70 Teile Poly- mer P1 + 30 Teile Harz DT 110	Polypox® R16	0,79
				Zinkchlorid	0,43
67	P1	59	70 Teile Poly- mer P1 + 30 Teile Harz DT110	/	/
				Epikure® 3234	0,50
B8	P1	59	70 Teile Poly- mer P1 + 30 Teile Harz DT110	Polypox® R16	0,31
				/	/

K-Wert = Messmethode A2
DT 110 = Dertophene® T110

Tabelle 2: Prozessparameter

Bei- spiel	Basispolymer		Compoundierung gemäß Verfahren 2	Prozessparameter										Beschich- tungs- walze BW	Verar- beitungs- zeit [min]
	Polymer	K-Wert	Anteil Zuschlagstoffe	Durchsatz Gesamt- masse DSE [kg/h]	Drehzahl DSE [1/min]	Sollstrom- aufnahme DSE [A]	Druck Ausgang DSE [bar]	Masse- temp. nach DSE [°C]	Rakel- walze RW						
[]	[]	[]	[]												
B1	P1	59	70 Teile Polymer P1 + 30 Teile Harz DT 110	32,0	110	15	12	125	100	100	größer 7				
B2	P2	41,9	70 Teile Polymer P2 + 30 Teile Harz DT 110	16,4	125	7	5	108	100	100	größer 5				
B3	P3	69,5	70 Teile Polymer P3 + 30 Teile Harz DT 110	12,0	110	8	10	110	100	100	größer 5				
B4	P3	69,5	49 Teile Polymer P3 + 21 Teile Harz DT 110 + 30 Teile Kreide Mikrosöhl® 40	16,0	120	10	15	117	100	100	größer 7				
B5	P4	51	Polymer P4	10,0	100	14	20	114	100	100	größer 5				
B6	P1	59	70 Teile Polymer P1 + 30 Teile Harz DT 110	15,0	100	9	11	111	100	100	größer 10				
B7	P1	59	70 Teile Polymer P1 + 30 Teile Harz DT 110	16,0	100	11	10	118	100	100	größer 10				
B8	P1	59	70 Teile Polymer P1 + 30 Teile Harz DT 110	15,0	100	9	8	115	100	100	größer 10				

DSE = Doppelschneckenextruder; DT 110 = Dertophene® T110

Tabelle 3: Klebtechnische Ergebnisse

Beispiel	Basispolymer		Compoundierverfahren 2	Trägerfolie []	Klebtechnische Eigenschaften nach einer Lagerung der Muster von 25 Tagen bei Raumtemperatur							
	Polymer []	K-Wert []			Masse- auftrag [g/m²]	Klebkraft Stahl [N/cm]	Klebkraft PE [N/cm]	Scher- standzeit 10N, 23°C [min]	Scher- standzeit 10N, 70°C [min]	MSW 40°C / elast. Anteil [µm] / [%]		
[]												
B1	P1	59	70 Teile Polymer P1 + 30 Teile Harz DT 110	23µm PET-Folie	86	9,8	4,6	> 10.000	80		160 / 75	
B2	P2	41,9	70 Teile Polymer P2 + 30 Teile Harz DT 110	23µm PET-Folie	101	8,5	2,5	> 10.000	30		70 / 90	
B3	P3	69,5	70 Teile Polymer P3 + 30 Teile Harz DT 110	23µm PET-Folie	79	8,1	3,4	1.600	15		512 / 67	
B4	P3	69,5	49 Teile Polymer P3 + 21 Teile Harz DT 110 + 30 Teile Kreide Mikrosöhl® 40	23µm PET-Folie	98	9,4	2,9	3.800	28		430 / 73	
B5	P4	51	nur Polymer P4	23µm PET-Folie	125	8,6	2,5	10.000	5670		960 / 79	
B6	P1	59	70 Teile Polymer P1 + 30 Teile Harz DT 110	23µm PET-Folie	105	Prüfungen nicht möglich, Formulierung ist nicht vernetzt.					größer 2000 / 0	
B7	P1	59	70 Teile Polymer P1 + 30 Teile Harz DT 110	23µm PET-Folie	75	Prüfungen nicht möglich, Formulierung ist nicht vernetzt					größer 2000 / 0	
B8	P1	59	70 Teile Polymer P1 + 30 Teile Harz DT 110	23µm PET-Folie	81	Prüfungen nicht möglich, Formulierung ist nicht vernetzt					größer 2000 / 0	

Klebkraft Stahl / PE = Messmethode H1

Scherstandzeit = Messmethode H2

MSW = Mikroscherweg = Messmethode H3

DT 110 = Dertophene® T110

Tabelle 4: Produktaufbau und klebtechnische Daten der Dreischichtaufbauten

Bei- spiel	Dreischichtprodukt			Träger- dicke [μm]	Klebkraft Stahl, [N/cm]		Scherstandzeit 10 N 23°C [min]		Wandhakentest [min]		MSW 40°C / elast. Anteil [μm] / [%]
	Haft- kleber 1	Visko- elas- tische Träger- schicht	Haft- kleber 2		offene Seite	abge- deckte Seite	offene Seite	abge- deckte Seite	offene Seite	abge- deckte Seite	
MT 1	50 g/m ² PA 1	VT 1	50 g/m ² PA 1	800	14,2	13,7	> 10000	> 10000	2580	2795	950 / 76
MT 2	50 g/m ² PA 1	VT 2	50 g/m ² PA 1	850	11,8	11,6	7850	6970	4876	4456	877 / 78
MT 3	50 g/m ² PA 1	VT 3	50 g/m ² PA 1	800	13,7	14,2	> 10000	> 10000	9320	9360	546 / 69
MT 4	50 g/m ² PA 1	VT 4	50 g/m ² PA 1	800	10,7	10,6	> 10000	> 10000	7540	7468	738 / 75
MT 5	50 g/m ² PA 1	VT 5	50 g/m ² PA 1	800	13,5	13,6	> 10000	> 10000	> 10000	> 10000	1067 / 78

Klebkraft Stahl = Messmethode V1

Scherstandzeit = Messmethode V2

Wandhakentest = Messmethode V3

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 0752435 A1 [[0010](#), [0010](#)]
- US 4524104 A [[0011](#)]
- DE 102004044086 A1 [[0012](#)]
- DE 10008841 A1 [[0014](#)]
- EP 1317499 A [[0016](#)]
- US 6765078 B2 [[0079](#)]
- US 6720399 B2 [[0079](#)]
- EP 1311555 B1 [[0079](#)]
- EP 0824111 A1 [[0079](#)]
- EP 826698 A1 [[0079](#)]
- EP 824110 A1 [[0079](#)]
- EP 841346 A1 [[0079](#)]
- EP 850957 A1 [[0079](#)]
- US 5945491 A [[0079](#)]
- US 5854364 A [[0079](#)]
- US 5789487 A [[0079](#)]
- WO 2006/027387 A1 [[0110](#), [0110](#), [0111](#), [0112](#)]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- T. G. Fox, Bull. Am. Phys. Soc. 1 (1956) 123 [[0059](#)]

Patentansprüche

1. Vernetzer-Beschleuniger-System für die thermische Vernetzung von Polyacrylaten mit funktionellen Gruppen, die geeignet sind, mit Epoxidgruppen Verknüpfungsreaktionen einzugehen, umfassend zumindest eine epoxidgruppenhaltige Substanz (Vernetzer) und zumindest eine bei einer Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Polyacrylats für die Verknüpfungsreaktion beschleunigend wirkende Substanz (Beschleuniger).
2. Vernetzer-Beschleuniger-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Beschleuniger Amine eingesetzt werden.
3. Vernetzer-Beschleuniger-System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Beschleuniger tertiäre Amine eingesetzt werden.
4. Vernetzer-Beschleuniger-System nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Beschleuniger multifunktionelle Amine eingesetzt werden.
5. Vernetzer-Beschleuniger-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Beschleuniger Phosphine oder Phosphoniumverbindungen eingesetzt werden.
6. Vernetzer-Beschleuniger-System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als epoxidgruppenhaltige Substanz multifunktionelle Epoxide eingesetzt werden.
7. Vernetzer-Beschleuniger-System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als epoxidgruppenhaltige Substanz bifunktionelle Epoxide, also solche enthaltend zwei Epoxidgruppen, eingesetzt werden.
8. Verfahren zur thermischen Vernetzung von Polyacrylaten mit funktionellen Gruppen, die geeignet sind, mit Epoxidgruppen Verknüpfungsreaktionen einzugehen, gekennzeichnet durch den Einsatz eines Vernetzer-Beschleuniger-Systems umfassend epoxidgruppenhaltige Substanzen (Vernetzer) und zumindest eine bei einer Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Polyacrylats für die Verknüpfungsreaktion beschleunigend wirkende Substanz (Beschleuniger).
9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch ein Vernetzer-Beschleuniger-System nach einem der Ansprüche 2 bis 7.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die funktionellen Gruppen der Polyacrylate gewählt sind aus der Gruppe, umfassend Carboxylgruppen, Hydroxygruppen, Säureanhydridgruppen, Sulfonsäuregruppen, Phosphonsäuregruppen.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass man die Vernetzung in der Schmelze des Polyacrylates in Gegenwart des Vernetzer-Beschleuniger-Systems initiiert und dieses danach zu einem Zeitpunkt abkühlt, zu dem die Vernetzungsreaktion zu weniger als 10% abgeschlossen ist, mit der Maßgabe, dass die Vernetzungsreaktion auch nach der Abkühlung fortschreitet, bis der endliche Vernetzungsgrad erreicht ist.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühlung bis auf im Wesentlichen Raumtemperatur stattfindet.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Initiierung in einem Verarbeitungsreaktor erfolgt, das Polyacrylat nach der Initiierung aus dem Verarbeitungsreaktor entnommen wird und auf einen permanenten oder temporären Träger beschichtet wird und das Polyacrylat bei der Beschichtung oder unmittelbar nach der Beschichtung auf im Wesentlichen Raumtemperatur abgekühlt wird.
14. Verwendung eines nach einem der Ansprüche 8 bis 13 hergestellten Polyacrylats als Haftklebmasse.
15. Verwendung nach Anspruch 14 für ein ein- oder doppelseitig mit der Haftklebmasse beschichtetes Haftklebeband.

16. Verwendung nach Anspruch 14 für ein trägerloses Klebeband.

17. Verwendung eines nach einem der Ansprüche 8 bis 13 hergestellten Polyacrylats als Heißsiegelmasse.

18. Verwendung eines nach einem der Ansprüche 8 bis 13 hergestellten Polyacrylats als Trägermaterial, insbesondere für ein ein- oder beidseitig mit Haftklebmasse beschichtetes Klebeband.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

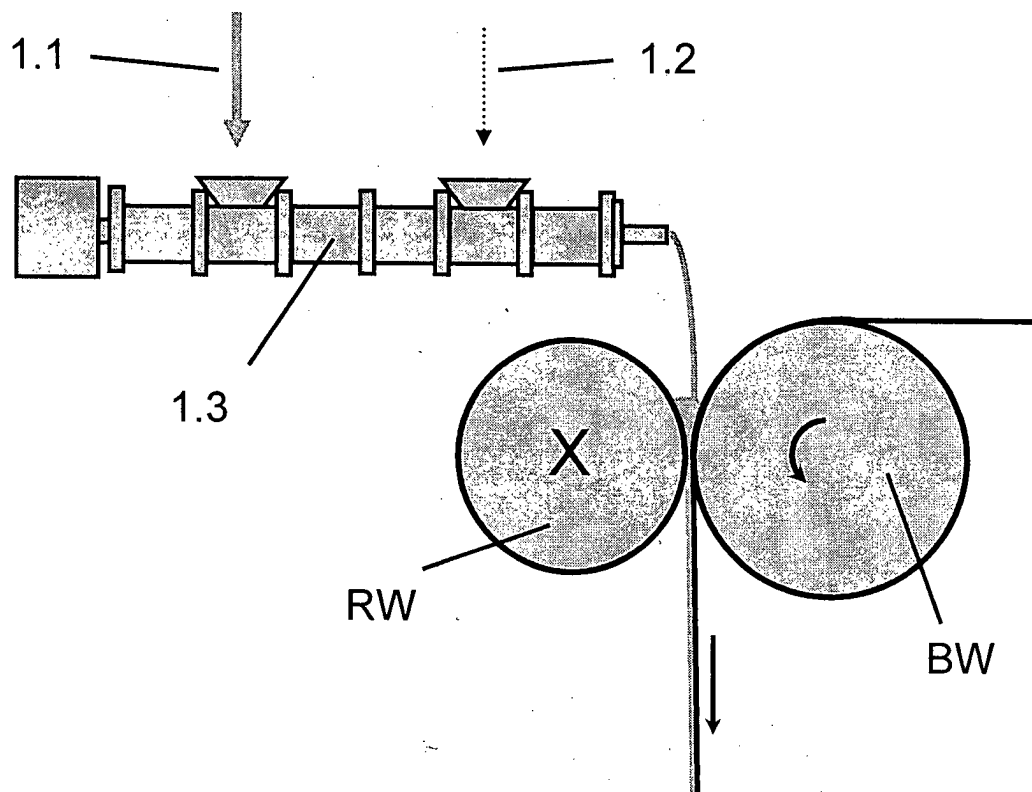


Fig. 1

Einfluss der Epoxidkonzentration

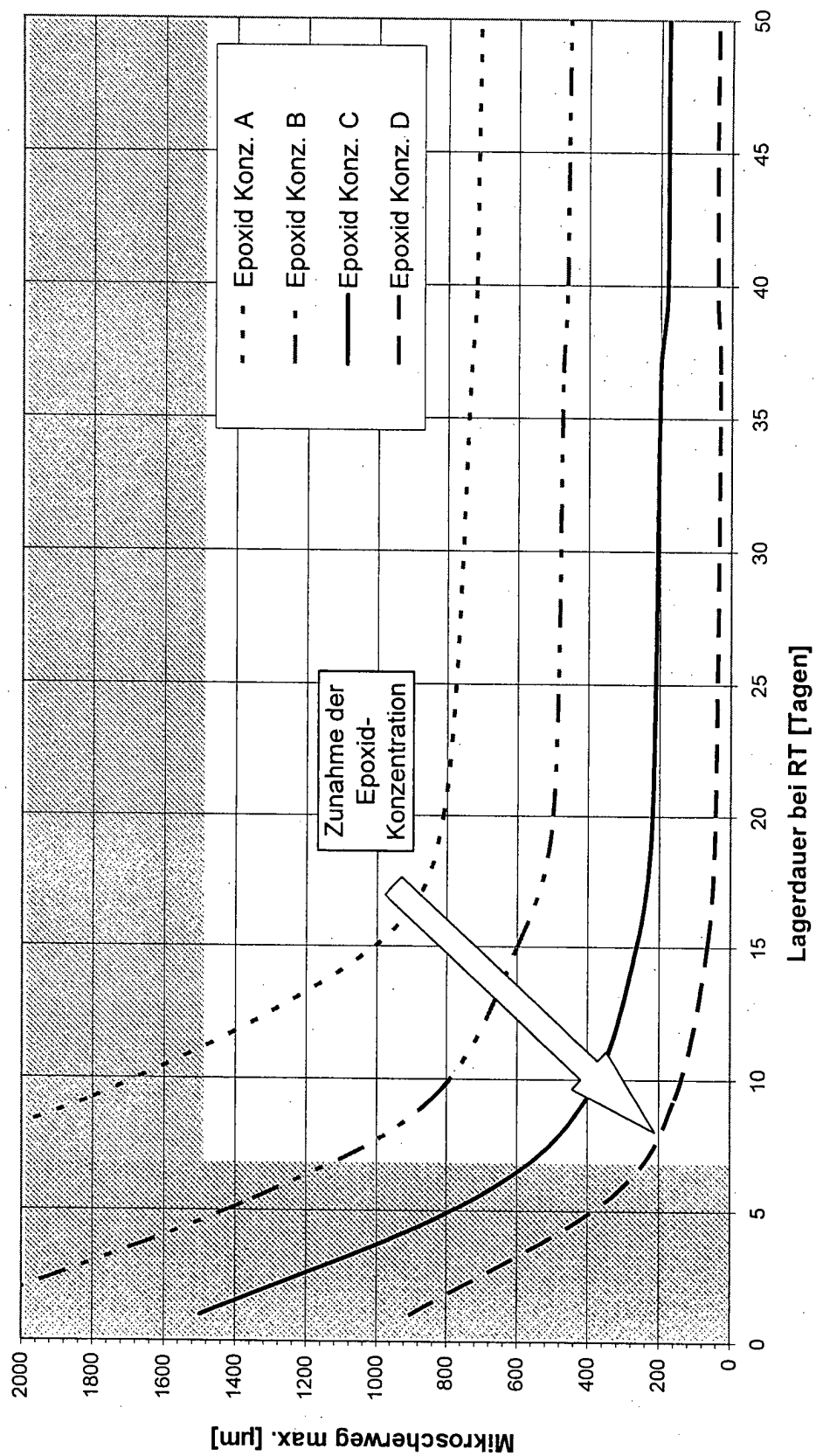


Fig. 2

Einfluss des Beschleunigers

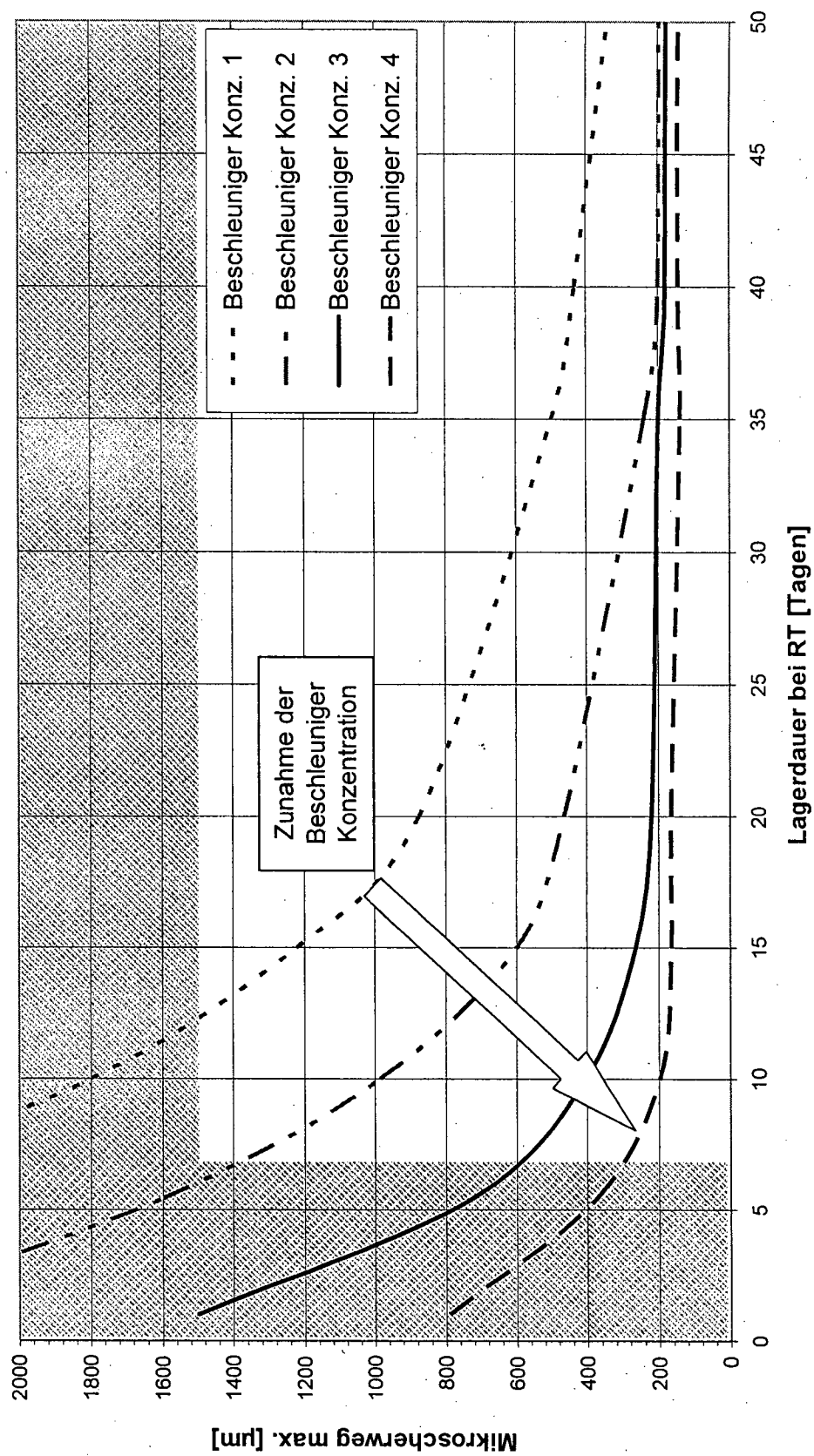


Fig. 3

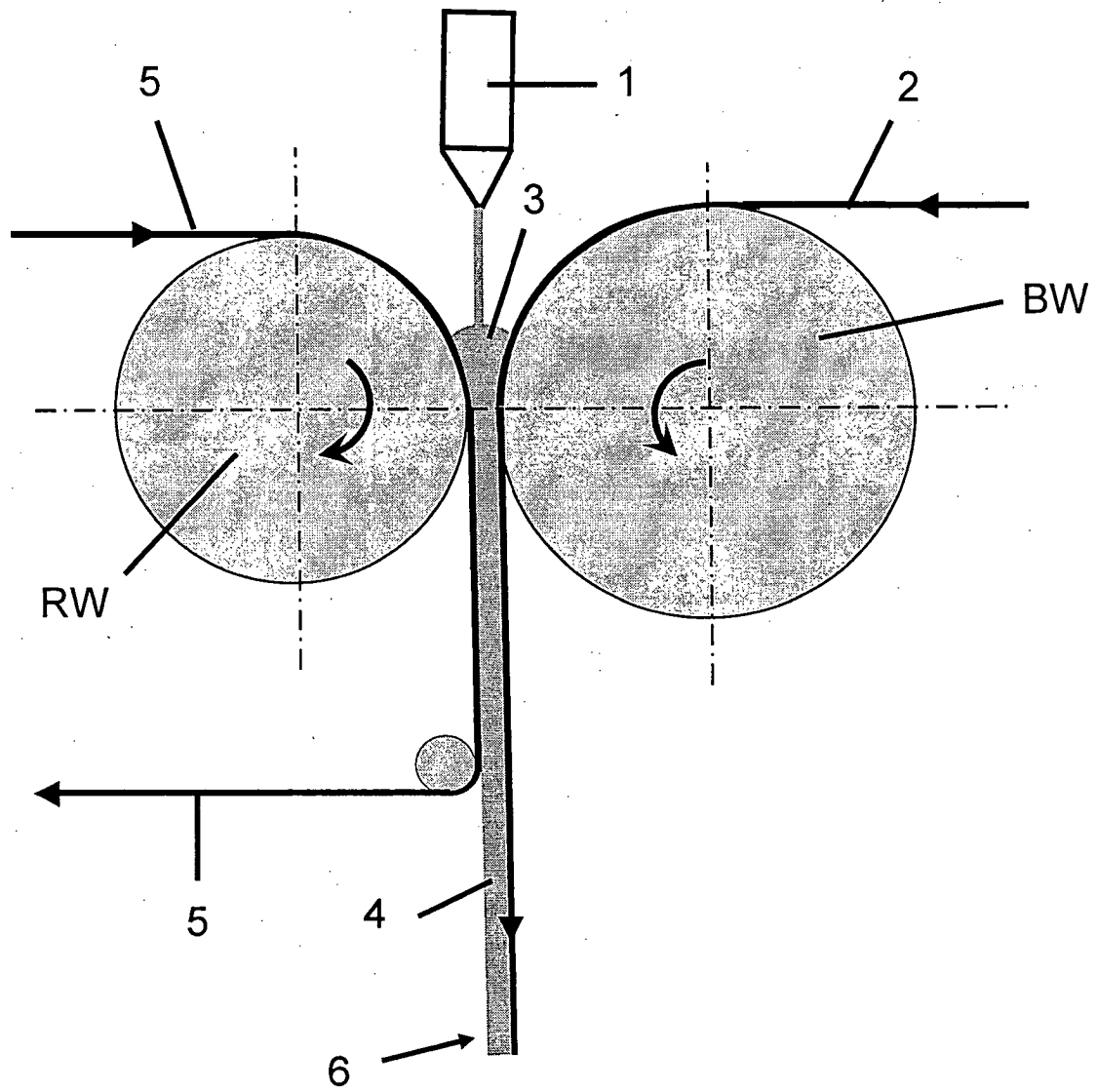


Fig. 4

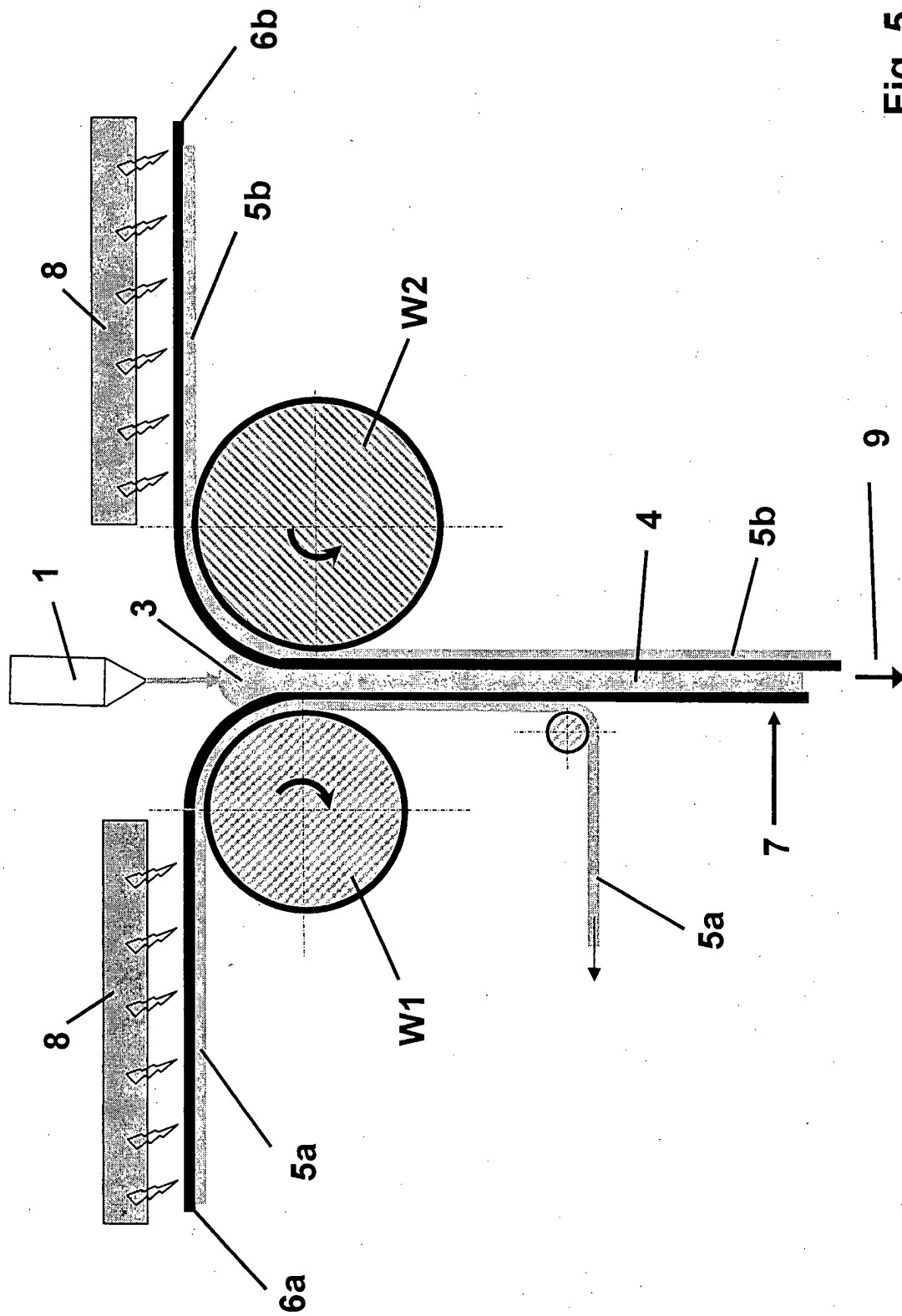


Fig. 5

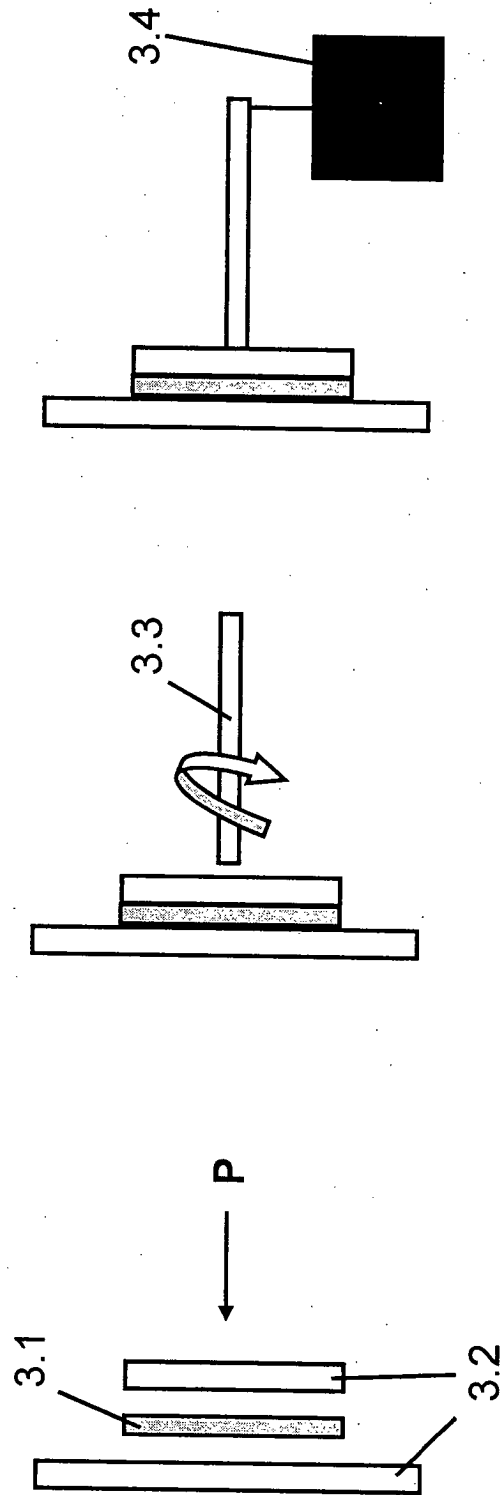


Fig. 6