

(19)



(11)

**EP 3 872 054 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**01.09.2021 Patentblatt 2021/35**

(51) Int Cl.:  
**C06B 23/00 (2006.01) C06B 45/10 (2006.01)**  
**C08K 5/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **21158071.7**

(22) Anmeldetag: **19.02.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

- **Pham-Schönwetter, Oliver**  
**91207 Lauf (DE)**
- **Schwegler, Philipp**  
**91207 Lauf (DE)**
- **Roth, Esme**  
**91096 Möhrendorf (DE)**
- **Donner, Björn**  
**91325 Adelsdorf (DE)**

(30) Priorität: **25.02.2020 DE 102020001204**

(74) Vertreter: **Diehl Patentabteilung**  
**c/o Diehl Stiftung & Co. KG**  
**Stephanstraße 49**  
**90478 Nürnberg (DE)**

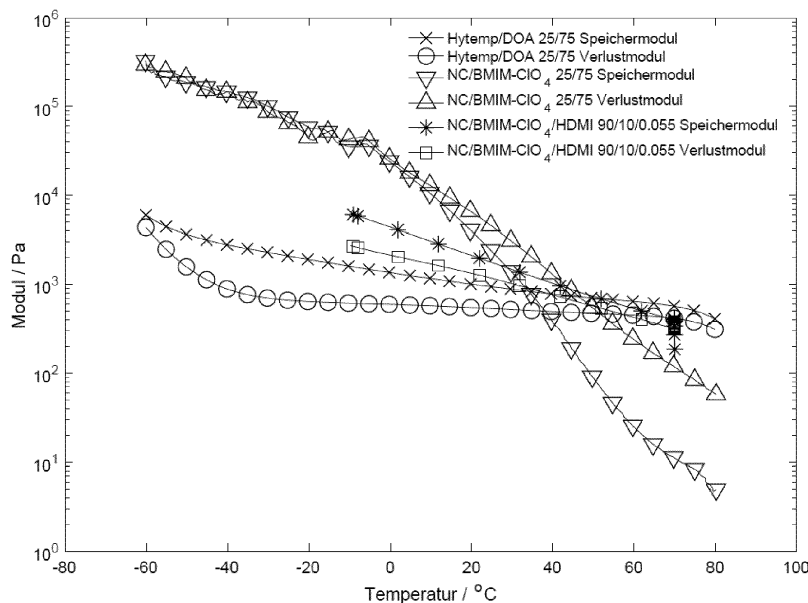
(71) Anmelder: **Diehl Defence GmbH & Co. KG**  
**88662 Überlingen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Hahma, Arno**  
**91239 Henfenfeld (DE)**

(54) **BINDEMittel FÜR EINEN SPRENGSTOFF**

(57) Die Erfindung betrifft ein Bindemittel für einen Sprengstoff, umfassend mindestens eine ionische Flüssigkeit und ein Polymer, wobei das Polymer aus mittels eines Vernetzungssagens zu einem elastischen Netzwerk

vernetzten Monomeren oder Molekülen eines weiteren Polymers gebildet ist, wobei die ionische Flüssigkeit in dem Netzwerk eingelagert ist.



**Fig. 3**

**EP 3 872 054 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Bindemittel für einen Sprengstoff, umfassend mindestens eine ionische Flüssigkeit und ein Polymer. Mehr als eine ionische Flüssigkeit können in einem Gemisch ionischer Flüssigkeiten vorliegen.

**[0002]** Aus der EP 2 698 361 B1 ist die Verwendung einer ein polares Polymer und eine ionische Flüssigkeit oder ein Gemisch ionischer Flüssigkeiten umfassenden Zusammensetzung als Mittel zum Phlegmatisieren und Binden einer pyrotechnischen Wirkmasse bekannt. Dabei ist die Zusammensetzung ein durch Lösen des Polymers in der ionischen Flüssigkeit oder dem Gemisch ionischer Flüssigkeiten gebildetes viskoelastisches Material, wobei das Polymer Polyacrylnitril, Polyvinylnitrat, Polyvinylpyrrolidon (PVP) oder Nitrocellulose umfasst.

**[0003]** Aus der EP 2 698 359 B1 ist eine insensitive Sprengstoffwirkmasse, umfassend einen Sprengstoff und ein Phlegmatisierungsmittel bekannt, wobei das Phlegmatisierungsmittel mindestens eine ionische Flüssigkeit umfasst, wobei die Sprengstoffwirkmasse weiterhin ein Bindemittel umfasst. Das Bindemittel umfasst ein polares Polymer oder polares Makromolekül oder ein Polymer oder Makromolekül, das in der ionischen Flüssigkeit löslich ist oder davon gequollen werden kann.

**[0004]** Bei der bekannten gießbaren und aushärtenden Hochleistungswirkmasse DLE-C038 handelt es sich um Hexanitroisowurtzitan (CL-20) in Form von Partikeln unterschiedlicher Größe, welche mit einem Binder vermischt sind, der aus Hydroxylterminiertem Polybutadien (HTPB) besteht, welches mittels einem Isocyanat als Härter ausgehärtet wurde.

**[0005]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein alternatives Bindemittel für einen Sprengstoff anzugeben, welches beim Binden eines Sprengstoffs in der Bildung einer insensitive Sprengstoffwirkmasse resultiert. Weiterhin soll ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bindemittels angegeben werden.

**[0006]** Die Erfindung wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 13 gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen ergeben sich aus den Merkmalen der Patentansprüche 2 bis 12 sowie 14 und 15.

**[0007]** Erfindungsgemäß ist ein Bindemittel für einen Sprengstoff vorgesehen, welches mindestens eine ionische Flüssigkeit und ein Polymer umfasst. Das Polymer ist aus Monomeren oder Molekülen eines weiteren Polymers gebildet, die mittels eines Vernetzungsagens zu einem elastischen Netzwerk vernetzten sind. Das Vernetzungsagens weist zur Erfüllung seiner Funktion mindestens zwei funktionelle Gruppen pro Molekül auf, die mit den jeweils mindestens zwei funktionelle Gruppen pro Molekül aufweisenden Monomeren oder Molekülen des weiteren Polymers reagieren, um die Vernetzung zu bewirken. Unter einem Netzwerk wird ein sich zweidimensional oder dreidimensional erstreckendes Polymer verstanden, d. h. das vernetzte Polymer ist in keinem Fall lediglich linear. Dies wird erreicht indem ein kleiner Anteil, beispielsweise 1%, der Moleküle des Vernetzungsagens oder der Monomere oder der Moleküle des weiteren Polymers mindestens drei funktionelle Gruppen aufweist. Bei den funktionellen Gruppen der Monomere oder der Moleküle des weiteren Polymers kann es sich beispielsweise um OH-Gruppen und bei den funktionellen Gruppen der Moleküle des Vernetzungsagens um Isocyanatgruppen handeln.

**[0008]** In das Netzwerk ist die ionische Flüssigkeit eingelagert. Die Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers sind bevorzugt polar, damit sie in der stets polaren ionischen Flüssigkeit löslich sind oder durch die ionische Flüssigkeit gequollen oder geliert werden können. Eine ionische Flüssigkeit (= Flüssigsalz) ist eine Flüssigkeit, die im Gegensatz zu einer Salzlösung oder einer sonstigen Ionen enthaltenden Flüssigkeit ausschließlich aus Ionen besteht, wobei ein geringer Anteil an Verunreinigungen der Ausschließlichkeit nicht entgegensteht. Im Gegensatz zu einer Salzschnmelze ist eine ionische Flüssigkeit bereits bei einer Temperatur unter 100 °C flüssig, ohne dass das Salz dabei in einem Lösungsmittel, wie Wasser, gelöst ist. Im Allgemeinen handelt es sich bei einer ionischen Flüssigkeit um ein organisches Salz, dessen Ionen durch Ladungsdelokalisierung und sterische Effekte die Bildung eines stabilen Kristalls verhindern.

**[0009]** Die Erfinder haben festgestellt, dass sich die viskoelastischen Eigenschaften der aus der EP 2 698 359 B1 bekannten insensitive Sprengstoffwirkmasse und der aus der Verwendung gemäß der EP 2 698 361 B1 resultierenden pyrotechnischen Wirkmasse stark in Abhängigkeit von der Temperatur ändern. Bei Hitze ist die Viskosität der Wirkmasse stark vermindert, während sie bei Kälte stark ansteigt und die Wirkmasse dadurch verhärtet. Diese Verhärtung erhöht die Empfindlichkeit gegenüber mechanischer Belastung, so dass es bei Kälte durch eine mechanische Belastung, wie beispielsweise einen Schlag, zu einer ungewollten Umsetzung bzw. Detonation der Wirkmasse kommen kann.

**[0010]** Die Erfinder haben erkannt, dass die vorteilhaften Eigenschaften der bekannten ein Polymer und eine ionische Flüssigkeit enthaltenden Wirkmasse über einen weiten Temperaturbereich beibehalten werden können und gleichzeitig die Temperaturabhängigkeit der viskoelastischen Eigenschaften verringert werden kann, wenn das Polymer ein zweidimensionales oder dreidimensionales Netzwerk bildet, in welchem die ionische Flüssigkeit eingelagert ist. Durch ein Vernetzen der Monomere oder der Moleküle des weiteren Polymers wird eine Migration der ionischen Flüssigkeit innerhalb des Bindemittels vermieden oder zumindest stark vermindert und die Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften des Bindemittels stark vermindert.

**[0011]** Herstellen lässt sich ein solches Bindemittel durch das erfindungsgemäße Verfahren, bei dem die Monomere oder die Moleküle des weiteren Polymers, die ionische Flüssigkeit und das Vernetzungsagens sowie optional der Sprengstoff zur Vernetzung der Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers in einer Vernetzungsreaktion miteinander vermischt und das daraus resultierende Gemisch inkubiert wird. Durch das Inkubieren wird das Vonstattengehen der

Vernetzung erlaubt. Das Inkubieren erfolgt üblicherweise bis zum Abschluss der Vernetzungsreaktion. Die Vernetzung kann durch Zufuhr von Wärme beschleunigt werden. Während des Inkubierens kann das Bindemittel mit gegebenenfalls darin enthaltenem Sprengstoff in Form gebracht werden, beispielsweise indem es in eine entsprechende Munitionshülle gegossen oder in sonstiger Weise eingebracht wird.

5 **[0012]** Die Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers können, insbesondere vor einem Vermischen mit dem Sprengstoff und/oder mit dem Vernetzungsmittel oder auch währenddessen in der ionischen Flüssigkeit gelöst oder gequollen werden. Das Vernetzungsmittel kann dann vor, während oder nach dem Lösen mit der ionischen Flüssigkeit gemischt werden. Zur Beschleunigung der Vernetzungsreaktion kann das Gemisch erwärmt werden. Alternativ oder  
10 zusätzlich kann zur Beschleunigung der Vernetzungsreaktion ein die Vernetzungsreaktion katalysierender Katalysator, insbesondere Eisenacetylacetonat zur Aktivierung von Isocyanatgruppen in dem Vernetzungsmittel, mit den Monomeren oder Molekülen des weiteren Polymers, der ionischen Flüssigkeit und dem Vernetzungsmittel sowie optional dem Sprengstoff vermischt werden. Der Katalysator kann dazu vor, während oder nach dem Mischen einzelnen der genannten Komponenten oder einer resultierenden Mischung zugesetzt werden. Er kann beispielsweise auch in der ionischen Flüssigkeit gelöst werden, bevor die Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers mit der ionischen Flüssigkeit in  
15 Kontakt gebracht werden.

**[0013]** Die Monomere und die Moleküle des weiteren Polymers und/oder die ionische Flüssigkeit können so gewählt werden, dass die Zersetzungstemperatur des vernetzten Polymers oder der ionischen Flüssigkeit niedriger ist als die Zersetzungstemperatur des Sprengstoffs. Dadurch wird die Sicherheit einer das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden Sprengstoffwirkmasse, die in einem festen geschlossenen Behälter enthalten ist, deutlich erhöht, wenn das  
20 Behältnis mit der Sprengstoffwirkmasse langsam erhitzt wird, wie es beispielsweise in einem Brandfall oder simuliert beim sogenannten Cook-off-Test erfolgt. Der Grund dafür ist, dass das Behältnis durch eine frühe Zersetzung des Polymers oder der ionischen Flüssigkeit durch einen Temperaturanstieg und den dadurch entstehenden Druck innerhalb des Behältnisses aufgebrochen wird, bevor der Sprengstoff reagieren kann. Dadurch kann eine Detonation eines Gefechtskopfes oder eines Geschosses bei einem Brand verhindert oder die Wirkung einer Detonation der darin enthaltenen Sprengstoffwirkmasse zumindest stark vermindert werden.

**[0014]** Das weitere Polymer kann ein lineares, d. h. unverzweigtes, Polymer oder ein energetisches Polymer umfassen oder daraus bestehen. Das energetische Polymer kann ein lineares Polymer sein. Unter einem energetischen Polymer wird dabei ein Polymer verstanden, welches nach einer Zündung oder Anzündung durch Reaktion ohne externe Oxidationsmittel, wie Luftsauerstoff, Energie, insbesondere mindestens 1 kJ/g, freisetzt. Derartige Polymere tragen üblicherweise energetische Gruppen, wie Azidgruppen, Nitrogruppen, Nitramingruppen oder Nitratgruppen. Für das erfindungsgemäße Bindemittel gut geeignete energetische Polymere sind beispielsweise Nitrocellulose (NC) oder Polyvinylnitrat (PVN). NC und PVN sind üblicherweise immer unvollständig nitriert, d. h. nicht alle in dem zu Grunde liegenden Grundmolekül Zellulose bzw. Polyvinylalkohol enthaltenen OH-Gruppen sind beim Nitrieren des Grundmoleküls verestert worden. NC und PVN werden mit unterschiedlichen N-Gehalten kommerziell angeboten. Für das erfindungsgemäße Bindemittel hat sich beispielsweise eine NC mit einem N-Gehalt von 12% als gut geeignet erwiesen. In kommerziell erhältlicher NC und kommerziell erhältlichem PVN gibt es stets Moleküle mit zumindest zwei oder drei freien OH-Gruppen, die für eine Vernetzungsreaktion mit dem Vernetzungsmittel zur Verfügung stehen. Die Anwesenheit von Molekülen mit nur einer oder keiner freien OH-Gruppe ist unschädlich, weil diese Moleküle nicht zu einem Netzwerk vernetzt werden können und dadurch sogar als Weichmacher in dem erfindungsgemäßen Bindemittel wirken, wodurch die Sensitivität eines damit gebundenen Sprengstoffs herabgesetzt wird.  
30

**[0015]** Das Bindemittel kann neben dem energetischen Polymer höchstens 50 Gew.-% eines nicht-energetischen Polymers umfassen. Bei dem nicht-energetischen Polymer kann es sich um ein Epoxidharz, ein Polyester, Polytetrahydrofuran, Polyethylenglycol oder Polypropylenglycol handeln. Ein Anteil von über 50 Gew.-% eines nicht-energetischen Polymers führt zu einer verhältnismäßig starken Leistungsverringerung einer das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden Sprengstoffwirkmasse.  
35

**[0016]** Das Vernetzungsmittel kann ein, insbesondere jeweils aliphatisches, Diisocyanat, Triisocyanat, Polyisocyanat oder ein Gemisch aus mindestens zwei dieser Isocyanate, ein, insbesondere di-, tri- oder polyfunktionales, Epoxid, insbesondere ein Bisphenol-A-basiertes Epoxid, oder ein, insbesondere di-, tri- oder polyfunktionales, Säureanhydrid umfassen oder daraus bestehen. Bei dem Diisocyanat kann es sich um Hexamethylendiisocyanat (HDI), Isophorondiisocyanat (IPI), Toluylendiisocyanat (TDI) oder Methylendiphenyldiisocyanat (MDI) handeln. Das Triisocyanat kann beispielsweise Hexamethylentriisocyanat, Hexamethylendiamin-Biuret oder ein Biuret-Triisocyanat sein. Ein geeignetes Gemisch aus Hexamethylendiisocyanat und Hexamethylendiamin-Biuret wird unter dem Handelsnamen "Desmodur® N100" von der Covestro AG vertrieben. Von diesem Gemisch sollten bei dem erfindungsgemäßen Bindemittel jedoch nur eine verhältnismäßig geringe Menge eingesetzt werden, um eine verhältnismäßig starke Vernetzung und damit eine relativ große Härte des Bindemittels zu vermeiden.  
40

**[0017]** Bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bindemittels weisen Moleküle des Vernetzungsmittels jeweils mindestens drei jeweils zur Ausbildung einer Bindung mit einem der Monomere oder der Moleküle des weiteren Polymers geeignete funktionelle Gruppen, insbesondere Isocyanatgruppen, auf. Alternativ oder zusätzlich können die Monomere  
45

oder Moleküle des weiteren Polymers jeweils mindestens drei jeweils zur Ausbildung einer Bindung mit einem Molekül des Vernetzungsagens geeignete funktionelle Gruppen, insbesondere OH-Gruppen, aufweisen. Es hat sich als günstig erwiesen, wenn mindestens 1% der Moleküle des Vernetzungsagens oder der Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers oder 1% der insgesamt vorliegenden Moleküle des Vernetzungsagens und der Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers mindestens drei funktionelle Gruppen aufweist. Dadurch kann eine gute Immobilisierung der ionischen Flüssigkeit durch Ausbildung eines zumindest zweidimensionalen Netzwerks sichergestellt werden.

**[0018]** Günstig ist es auch, wenn die ionische Flüssigkeit wasserunlöslich und insbesondere wasserunlöslich und nicht hygroskopisch ist. Dadurch kann verhindert werden, dass sich die Zusammensetzung und die Eigenschaften des erfindungsgemäßen Bindemittels durch, insbesondere aus der Luft, aufgenommenes Wasser verändern.

**[0019]** Als Anion kann die ionische Flüssigkeit ein Perchlorat-, Nitrat-, Acetat-, Dicyanamid-, Hexafluorophosphat- oder Tetrafluorborat-Ion enthalten. Als Kation kann die ionische Flüssigkeit ein Alkylimidazolium-Ion, ein Alkyl-Alkylimidazolium-Ion, ein Alkyl-Methylimidazolium-Ion, insbesondere Dimethylimidazolium-Ion oder Ethylmethylimidazolium-Ion, ein Tetrazolium-Ion oder ein Triazolium-Ion enthalten. Die ionische Flüssigkeit kann beispielsweise ein Alkylimidazolium-Perchlorat, ein Alkyl-Alkylimidazolium-Perchlorat, ein Alkylimidazolium-Tetrafluorborat, ein Alkyl-Alkylimidazolium-Tetrafluorborat, Alkylimidazolium-Dicyanamid oder ein Alkyl-Alkylimidazolium-Dicyanamid sein. Geeignete ionische Flüssigkeiten sind beispielsweise 1-Butyl-3-methylimidazoliumtetrafluorborat (BMIM-BF<sub>4</sub>), 1-Butyl-3-methylimidazoliumdicyanamid (BMIM-C<sub>2</sub>N<sub>2</sub>) oder n-Butylmethylimidazoliumperchlorat (BMIM-ClO<sub>4</sub>). Im Hinblick auf die Verwendung des Bindemittels für einen Sprengstoff ist es günstig, wenn die ionische Flüssigkeit eine energetische ionische Flüssigkeit, insbesondere n-Butylmethylimidazoliumperchlorat (BMIM-ClO<sub>4</sub>), ist. Eine energetische ionische Flüssigkeit ist eine solche, die nach einer Zündung oder Anzündung ohne das Erfordernis eines zusätzlichen Oxidationsmittels, wie beispielsweise Luftsauerstoff, Energie, insbesondere mindestens 1 kJ/g, freisetzt. Auf diese Weise ist es möglich, ein Bindemittel bereitzustellen, welches mindestens 1 MJ/kg an Energie freisetzt, wenn ein damit gebundener Sprengstoff umgesetzt wird.

**[0020]** Um eine möglichst hohe Dichte einer das Bindemittel enthaltenden Sprengstoffwirkmasse zu erreichen, ist es außerdem günstig, wenn die ionische Flüssigkeit eine solche ist, deren Dichte mindestens 1000 kg/m<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 1100 kg/m<sup>3</sup>, beträgt.

**[0021]** Das Bindemittel kann in einer einen, insbesondere kristallinen, Sprengstoff umfassenden Sprengstoffwirkmasse enthalten sein. Bei dem Sprengstoff kann es sich um Oktogen, Hexogen, Nitropenta (PETN), Triaminotrinitrobenzol (TATB), Diaminodinitroethylen (FOX-7), Hexanitroisowurtzitan (CL-20) handeln oder Dihydroxyl-ammonium-5,5'-bistetrazol-1,1'-diolat (TKX-50).

**[0022]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Sämtliche der folgenden Figuren zeigen das Ergebnis rheologischer Messungen verschiedener Bindemittel über die jeweils angegebenen Temperaturbereiche. Die Ergebnisse sind jeweils als Werte für der Speichermodul G' und der Verlustmodul G'' dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 Das Ergebnis einer Messung eines nicht vernetzten Bindemittels gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 das Ergebnis einer Messung eines erfindungsgemäßen Bindemittels,

Fig. 3 die Ergebnisse von Messungen von zwei Bindemitteln gemäß dem Stand der Technik und einem erfindungsgemäßen Bindemittel,

Fig. 4 das Ergebnis einer Messung eines zweiten erfindungsgemäßen Bindemittels,

Fig. 5 das Ergebnis einer Messung eines dritten erfindungsgemäßen Bindemittels,

Fig. 6 das Ergebnis einer Messung eines vierten erfindungsgemäßen Bindemittels,

Fig. 7 das Ergebnis einer Messung eines fünften erfindungsgemäßen Bindemittels und

Fig. 8 das Ergebnis einer Messung eines sechsten erfindungsgemäßen Bindemittels.

**[0023]** In den nachfolgenden Tabellen sind die Reagenzien zur Herstellung von Bindemittel enthaltenden Sprengstoffwirkmassen angegeben. Von jeder der Sprengstoffwirkmassen wurde 1 kg hergestellt. Bei den Nitrocellulose (NC) enthaltenden Sprengstoffwirkmassen wurde die NC zunächst in einem Gemisch aus Aceton und Ethylacetat im Verhältnis 1 : 1 aufgelöst. Anschließend wurde die jeweilige ionische Flüssigkeit, das jeweilige Isocyanat und das als Katalysator dienende Eisenacetylacetonat jeweils zu dieser Lösung zugesetzt und danach noch einige Minuten mittels eines Magnetrührers gerührt, um eine homogene Mischung zu erhalten. Von dem Aceton-Ethylacetat-Gemisch wurden jeweils

## EP 3 872 054 A1

ca. 400 ml eingesetzt. Statt des verwendeten Aceton-Ethylacetat-Gemischs hätte auch Ethanol, Ethanol und Ethylether im Verhältnis 2 : 1, Ethanol und Aceton im Verhältnis 2 : 1 oder Ethanol-Ethylacetat im Verhältnis 2 : 1 oder jedes beliebige andere Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemisch, welches sowohl die zu vernetzenden Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers löst als auch mit der ionischen Flüssigkeit mischbar ist, eingesetzt werden können.

**[0024]** In die resultierende Lösung wird jeweils der getrocknete Sprengstoff eingeschlämmt und das resultierende Gemisch in einen Mischer eingefüllt und darin gemischt. Nach 5 Minuten wird das Gemisch auf etwa 70 °C erhitzt und der Druck allmählich auf unter 2 mbar gesenkt, um das Aceton-Ethylacetat-Gemisch vollständig abzuziehen. Dadurch erfolgt eine Beschichtung der Sprengstoffkristalle mit dem Bindemittel. Nach Abzug des Lösungsmittels wurden das Mischen und das Beheizen des Mixers beendet und der Druck in dem Mischer wieder dem Atmosphärendruck angeglichen. Nach Öffnen des Mixers fand sich darin eine leicht klebrige, farblose, pulverförmige und gut dosierbare Masse. Diese wurde entnommen und jeweils 24 g davon in einem 21 mm Durchmesser aufweisenden Presswerkzeug zu einer Tablette gepresst. So hergestellte Tabletten wurden in einem Gap-Test eingesetzt.

**[0025]** Bei dem Gap-Test handelt es sich um einen Standardtest für die Ermittlung der Insensitivität von Sprengstoffwirkmassen oder Sprengstoffen. Dabei wird die als "Gap" bzw. "Spalt" bezeichnete Höhe einer standardisierten Wassersäule gemessen, die ausreicht, um eine durch Detonation einer Standardsprengladung erzeugte Stoßwelle in der Wassersäule auf die zu untersuchende Sprengstoffwirkmasse zu übertragen, so dass diese noch zuverlässig detoniert, bzw. zuverlässig nicht mehr detoniert. Die Werte sind dabei jeweils in mm der Wassersäule angegeben. In den nachfolgenden Tabellen bezeichnet der erste Wert unter "Gap [mm]" jeweils den Wert, bei dem die zu untersuchende Sprengstoffwirkmasse zuverlässig noch detoniert ("GO") und der zweite Wert den Wert, bei dem die zu untersuchende Sprengstoffwirkmasse zuverlässig gerade nicht mehr detoniert ("NO GO"). Je niedriger diese Werte sind, desto insensitiver ist die Sprengstoffwirkmasse. "TMD" bezeichnet in den nachfolgenden Tabellen jeweils die in kg/m<sup>3</sup> angegebene theoretische maximale Dichte der jeweiligen Sprengstoffwirkmasse.

Beispiel 1 - Stand der Technik:

**[0026]** Gemisch zur Herstellung der bekannten pressbaren, einen Weichmacher enthaltenden insensitiven Sprengstoffwirkmasse DXP-1340:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Acrylatgummi	Hytemp 4454	1,0	TMD = 1833
Dioctyladipat (DOA)	Weichmacher	3,0	
Oktofen	NSO 137 gesiebt 630 µm	67,2	
Oktofen	NSO 152	28,8	

Beispiel 2 - Stand der Technik:

**[0027]** Gemisch zur Herstellung einer aus der EP 2 698 359 B1 bekannten pressbaren, eine ionische Flüssigkeit enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Hagedorn H24	1,75	TMD = 1853
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,25	
Oktofen	NSO 137 gesiebt 630 µm	65,7	
Oktofen	NSO 152	27,3	

Beispiel 3:

**[0028]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsmittel:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Nitrochemie TLP-NC	0,70	TMD = 1849
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	6,30	

## EP 3 872 054 A1

(fortgesetzt)

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Oktofen	NSO 137 gesiebt 630 $\mu\text{m}$	65,1	
Oktofen	NSO 152	27,9	
Hexamethylendiisocyanat	Sigma-Aldrich 52649	0,0175	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,0035	

5

10 Beispiel 4:

**[0029]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgens:

15

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Synthesia Grade E	1,398	
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,593	TMD = 1852
Oktofen	NSO 137 gesiebt 630 $\mu\text{m}$	65,1	
Oktofen	NSO 152	27,9	
Hexamethylendiisocyanat	Sigma-Aldrich 52649	0,006	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	

20

25

Beispiel 5:

**[0030]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgens:

30

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Synthesia Grade E	1,748	
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,243	TMD = 1854
Oktofen	NSO 137 gesiebt 630 $\mu\text{m}$	65,1	
Oktofen	NSO 152	27,9	
Hexamethylendiisocyanat	Sigma-Aldrich 52649	0,006	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	

35

40

Beispiel 6:

**[0031]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgens:

45

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Synthesia E37	1,747	
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,241	TMD = 1854
Oktofen	NSO 137 gesiebt 630 $\mu\text{m}$	65,1	
Oktofen	NSO 152	27,9	
Hexamethylendiisocyanat	Sigma-Aldrich 52649	0,008	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	

50

55

## EP 3 872 054 A1

Beispiel 7:

**[0032]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgagens:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Synthesia Grade E	1,747	TMD = 1854
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,241	
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 µm	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
Hexamethylendiisocyanat	Sigma-Aldrich 52649	0,008	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	

Beispiel 8:

**[0033]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgagens:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Synthesia Grade E	1,048	TMD = 1856
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,241	
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 µm	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
Hexamethylenpolyisocyanat	Desmodur ® N100	0,008	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	

Beispiel 9:

**[0034]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgagens:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Synthesia E37	1,744	TMD = 1854
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,232	
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 µm	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
Hexamethylendiisocyanat	Sigma-Aldrich 52649	0,021	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	

Beispiel 10:

**[0035]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgagens:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Synthesia E37	1,744	TMD = 1854
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,233	

## EP 3 872 054 A1

(fortgesetzt)

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 $\mu\text{m}$	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
Hexamethylenpolyisocyanat	Desmodur ® N100	0,020	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	

5

10 Beispiel 11:

**[0036]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgagens:

15

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Synthesia Grade E	1,744	TMD = 1854
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	5,233	
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 $\mu\text{m}$	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
Hexamethylenpolyisocyanat	Desmodur ® N100	0,020	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	

20

25

Beispiel 12:

**[0037]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgagens:

30

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Nitrochemie TLP-NC	0,689	TMD = 1848
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	6,204	
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 $\mu\text{m}$	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
pG-DiNCO	Sigma-Aldrich 433497	0,103	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,003	
pG-DiNCO = Polypropylenglycol, toluen(2,4)di-isocyanatterminiert			

35

40

Beispiel 13:

**[0038]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsgagens:

45

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Nitrochemie TLP-NC	0,692	TMD = 1848
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	6,231	
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 $\mu\text{m}$	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
pG-DiNCO	Sigma-Aldrich 433497	0,069	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,007	
pG-DiNCO = Polypropylenglycol, toluen(2,4)di-isocyanatterminiert			

50

55

Beispiel 14:

**[0039]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsagens:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Nitrochemie TLP-NC	0,689	TMD = 1848
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	6,201	
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 µm	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
pG-DiNCO	Sigma-Aldrich 433497	0,103	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,007	
pG-DiNCO = Polypropylenglycol, toluen(2,4)di-isocyanatterminiert			

Beispiel 15:

**[0040]** Gemisch zur Herstellung einer pressbaren, eine ionische Flüssigkeit und das erfindungsgemäße Bindemittel enthaltenden vollenergetischen insensitiven Sprengstoffwirkmasse mit einer ionischen Flüssigkeit, einem weiteren Polymer und einem Vernetzungsagens:

Stoff	Typ	Gew.-%	Sonstiges
Nitrocellulose	Nitrochemie TLP-NC	0,692	TMD = 1849
BMIM-ClO <sub>4</sub>	selbst synthetisiert	6,225	
Oktogen	NSO 137 gesiebt 630 µm	65,1	
Oktogen	NSO 152	27,9	
pG-DiNCO	Sigma-Aldrich 433497	0,069	
Eisenacetylacetonat	Merck 8.03912.0250	0,014	
pG-DiNCO = Polypropylenglycol, toluen(2,4)di-isocyanatterminiert			

**[0041]** In den Figuren 1 bis 8 sind jeweils die Ergebnisse aus rheometrischen Messungen der rheologischen Eigenschaften der Bindemittel einiger der obigen Sprengstoffwirkmassen dargestellt. Für diese Messungen war das Bindemittel nicht mit dem jeweiligen Sprengstoff vermischt. Der Speichermodul G' gibt dabei den Wert für den elastischen Anteil und der Verlustmodul G'' den Wert für den viskosen Anteil des in Form einer komplexen Zahl wie folgt definierten komplexen Schubmoduls G\* an:

$$G^* = G' + i \cdot G''$$

i ist dabei die imaginäre Einheit der komplexen Zahl G\*. Der Speichermodul G' ist proportional zu dem Anteil der Deformationsenergie, der im Bindemittel gespeichert wird und nach Entlastung wieder aus dem Bindemittel gewonnen werden kann. Der Verlustmodul G'' entspricht dem Verlustanteil der Energie, welche durch innere Reibung in dem Bindemittel in Wärme umgewandelt wird. Die Bindemittelproben mit Vernetzungsagens wurden jeweils zunächst bei der höchsten dargestellten Temperatur so lange gemessen, bis der Speichermodul G' nicht mehr angestiegen ist. Dies zeigte den Abschluss der Vernetzungsreaktion an. Anschließend wurde die Temperatur langsam über den in den Figuren jeweils angegebenen Temperaturbereich abgesenkt.

**[0042]** Fig. 1 zeigt das Ergebnis der rheometrischen Messung des Bindemittels aus Beispiel 2. Dieses Bindemittel enthält Nitrocellulose und eine ionische Flüssigkeit, jedoch kein Vernetzungsagens. Der Verlauf der Kurven in Fig. 1 zeigt, dass sich der Speichermodul G' im Temperaturbereich von +80 °C bis -60 °C von 5 Pa auf 500 kPa, d. h. über 5 Größenordnungen, ändert.

**[0043]** Fig. 2 zeigt das Ergebnis der entsprechenden rheometrischen Messung für die in Beispiel 3 enthaltene erfindungsgemäße Bindemittelzusammensetzung, welche das Vernetzungsagens Hexamethylendiisocyanat und den die Vernetzung katalysierenden Katalysators Eisenacetylacetonat enthält. Die Figur zeigt, dass sich der Speichermodul G'

hier im Bereich von +80 °C bis -60 °C wesentlich weniger stark ändert als bei dem Bindemittel aus Beispiel 2.

[0044] Fig. 3 zeigt die Ergebnisse der Messungen der Bindemittelzusammensetzungen aus Beispiel 1 ("Hytemp/DOA 25/75"), Beispiel 2 ("NC/BMIM-ClO<sub>4</sub> 25/75") und Beispiel 3 ("NC/BMIM-ClO<sub>4</sub>/HDMI 90/10/0.055"). Fig. 3 zeigt deutlich die Wirkung der Vernetzung. Das als Referenz dienende Bindemittel aus Beispiel 1 ist ebenfalls vernetzt. Dieses Bindemittel ist jedoch nicht energetisch und resultiert daher in einer reduzierten

[0045] Leistung einer dieses Bindemittel enthaltenden Sprengstoffwirkmasse gegenüber der mit dem erfindungsgemäßen Bindemittel erreichbaren Leistung, wenn in diesem ein energetisches weiteres Polymer und/oder eine energetische ionische Flüssigkeit enthalten ist/sind.

[0046] Die in den weiteren Figuren dargestellten Ergebnisse sind jeweils wie folgt mit den Bindemitteln aus den weiteren Beispielen ermittelt worden:

Fig. 4: Bindemittel aus Beispiel 4

Fig. 5: Bindemittel aus Beispiel 8

Fig. 6: Bindemittel aus Beispiel 12

Fig. 7: Bindemittel aus Beispiel 13

Fig. 8: Bindemittel aus Beispiel 14

[0047] Die Ergebnisse zeigen gegenüber unvernetzten Bindemitteln eine deutlich reduzierte Veränderung des Speichermoduls G' in Abhängigkeit von der Temperatur.

[0048] Die Ergebnisse der Gap-Tests sind in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgelistet:

Tabelle 1:

Stoff	TMD/(kg/m <sup>3</sup> )	Dichte/(kg/m <sup>3</sup> )	% TMD	Gap/mm	Ergebnis	Tg/°C	Insensitiv?	% Weichmacher
Beispiel 1	1833	1810	98,7	12/13	GO/NO GO	-55	Ja	DOA
Beispiel 2	1853	1840	99,3	12/13	GO/NO GO	<-60	Ja	BMIM-ClO <sub>4</sub>
Beispiel 3	1849	1820	98,5	12/13	GO/NO GO	<-60	Ja	BMIM-ClO <sub>4</sub>

[0049] Beim Gap-Test beträgt der Grenzwert des Spalts für einen insensitiven Sprengstoff 15 mm. Ist der Spalt gleich oder kleiner als 15 mm und der Sprengstoff detoniert dabei wiederholbar noch nicht, wird er als insensitiv eingestuft. Bei sämtlichen Beispielen der obigen Tabelle erfolgte bei einem Spalt von 13 mm noch keine Detonation, so dass die getesteten Sprengstoffwirkmassen alle als insensitiv eingestuft werden können. "Tg" bedeutet in der obigen Tabelle "Glasübergangstemperatur". Die Glasübergangstemperatur wurde mittels dynamischer Differenz-Kalorimetrie (DSC) gemessen. Für militärische Zwecke sollte die Glasübergangstemperatur unterhalb von -54 °C liegen. Dies wird für die erfindungsgemäße Wirkmasse gemäß Beispiel 3 ohne Weiteres erreicht.

[0050] In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die für die Beispiele 1 bis 3 berechneten und gemessenen Leistungsdaten bei den tatsächlich erreichten Dichten gemäß der obigen Tabelle 1 angegeben. Die gemessenen Werte sind dabei jeweils in Klammern angegeben.

Tabelle 2:

Stoff	D/(m/s)	p/GPa
Beispiel 1	8850 (8615)	33,0
Beispiel 2	8860 (8630)	34,5
Beispiel 3	8770	33,5

**Patentansprüche**

1. Bindemittel für einen Sprengstoff, umfassend mindestens eine ionische Flüssigkeit und ein Polymer,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** das Polymer aus mittels eines Vernetzungsgagens zu einem elastischen Netzwerk vernetzten Monomeren oder Molekülen eines weiteren Polymers gebildet ist, wobei die ionische Flüssigkeit in dem Netzwerk eingelagert ist.

- 5     **2.** Bindemittel nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das weitere Polymer ein lineares Polymer oder ein, insbesondere lineares, energetisches Polymer, insbesondere Nitrocellulose (NC) oder Polyvinylnitrat (PVN), umfasst oder daraus besteht.
- 10    **3.** Bindemittel nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Bindemittel neben dem energetischen Polymer höchstens 50 Gew.-% eines nicht-energetischen Polymers, insbesondere ein Epoxidharz, ein Polyester, Polytetrahydrofuran, Polyethylenglycol oder Polypropylenglycol, umfasst.
- 15    **4.** Bindemittel nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Vernetzungsgagens ein, insbesondere jeweils aliphatisches, Diisocyanat, Triisocyanat, Polyisocyanat oder ein Gemisch aus mindestens zwei dieser Isocyanate, ein Epoxid, insbesondere ein Bisphenol-A-basiertes Epoxid, oder ein Säureanhydrid umfasst oder daraus besteht.
- 20    **5.** Bindemittel nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Diisocyanat Hexamethylendiisocyanat (HDI), Isophorondiisocyanat (IPI), Toluylendiisocyanat (TDI) oder Methylendiphenyldiisocyanat (MDI) und das Triisocyanat Hexamethylentriisocyanat, Hexamethyldiamin-Biuret oder ein Biuret-Triisocyanat ist.
- 25    **6.** Bindemittel nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** entweder Moleküle des Vernetzungsgagens jeweils mindestens drei jeweils zur Ausbildung einer Bindung mit einem der Monomere oder der Moleküle des weiteren Polymers geeignete funktionelle Gruppen, insbesondere Isocyanatgruppen, und/oder die Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers jeweils mindestens drei jeweils zur Ausbildung einer Bindung mit einem Molekül des Vernetzungsgagens geeignete funktionelle Gruppen, insbesondere OH-Gruppen, aufweisen.
- 30    **7.** Bindemittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die ionische Flüssigkeit wasserunlöslich, insbesondere wasserunlöslich und nicht hygroskopisch, ist.
- 35    **8.** Bindemittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die ionische Flüssigkeit ein Perchlorat-, Nitrat-, Acetat-, Dicyanamid-, Hexafluorophosphat- oder Tetrafluoroborat-Ion als Anion und/oder ein Alkylimidazolium-Ion, ein Alkyl-Alkylimidazolium-Ion, ein Alkyl-Methylimidazolium-Ion, insbesondere Dimethylimidazolium-Ion oder Ethylmethylimidazolium-Ion, ein Triazolium-Ion oder ein Triazolium-Ion als Kation umfasst.
- 40    **9.** Bindemittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methylimidazoliumtetrafluoroborat (BMIM-BF<sub>4</sub>), 1-Butyl-3-methylimidazoliumdicyanamid (BMIM-C<sub>2</sub>N<sub>2</sub>) oder n-Butylmethylimidazoliumperchlorat (BMIM-ClO<sub>4</sub>) ist.
- 45    **10.** Bindemittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die ionische Flüssigkeit eine energetische ionische Flüssigkeit, insbesondere n-Butylmethylimidazoliumperchlorat (BMIM-ClO<sub>4</sub>), ist.
- 50    **11.** Bindemittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**
- 55

**dass** die ionische Flüssigkeit eine solche ist, deren Dichte mindestens  $1000 \text{ kg/m}^3$ , insbesondere mindestens  $1100 \text{ kg/m}^3$ , beträgt.

5 **12.** Bindemittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** das Bindemittel in einer einen Sprengstoff, insbesondere Oktogen, Hexogen, Nitropenta (PETN), Triamino-trinitrobenzol (TATB), Diaminodinitroethylen (FOX-7) oder Hexanitrisowurtzitan (CL-20), umfassenden Sprengstoffwirkmasse enthalten ist.

10 **13.** Verfahren zur Herstellung eines Bindemittels nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers, die ionische Flüssigkeit und das Vernetzungsagens  
oder

15 - die Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers, die ionische Flüssigkeit, das Vernetzungsagens und der Sprengstoff

zur Vernetzung der Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers in einer Vernetzungsreaktion miteinander vermischt und das daraus resultierende Gemisch inkubiert wird.

20 **14.** Verfahren nach Anspruch 13,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Monomere oder Moleküle des weiteren Polymers, insbesondere vor einem Vermischen mit dem Sprengstoff und/oder mit dem Vernetzungsagens, in der ionischen Flüssigkeit gelöst oder gequollen werden.

25 **15.** Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** ein die Vernetzungsreaktion katalysierender Katalysator, insbesondere Eisenacetylacetonat, mit den Monomeren oder Molekülen des weiteren Polymers, der ionischen Flüssigkeit und dem Vernetzungsagens sowie optional dem Sprengstoff vermischt wird.

30

35

40

45

50

55

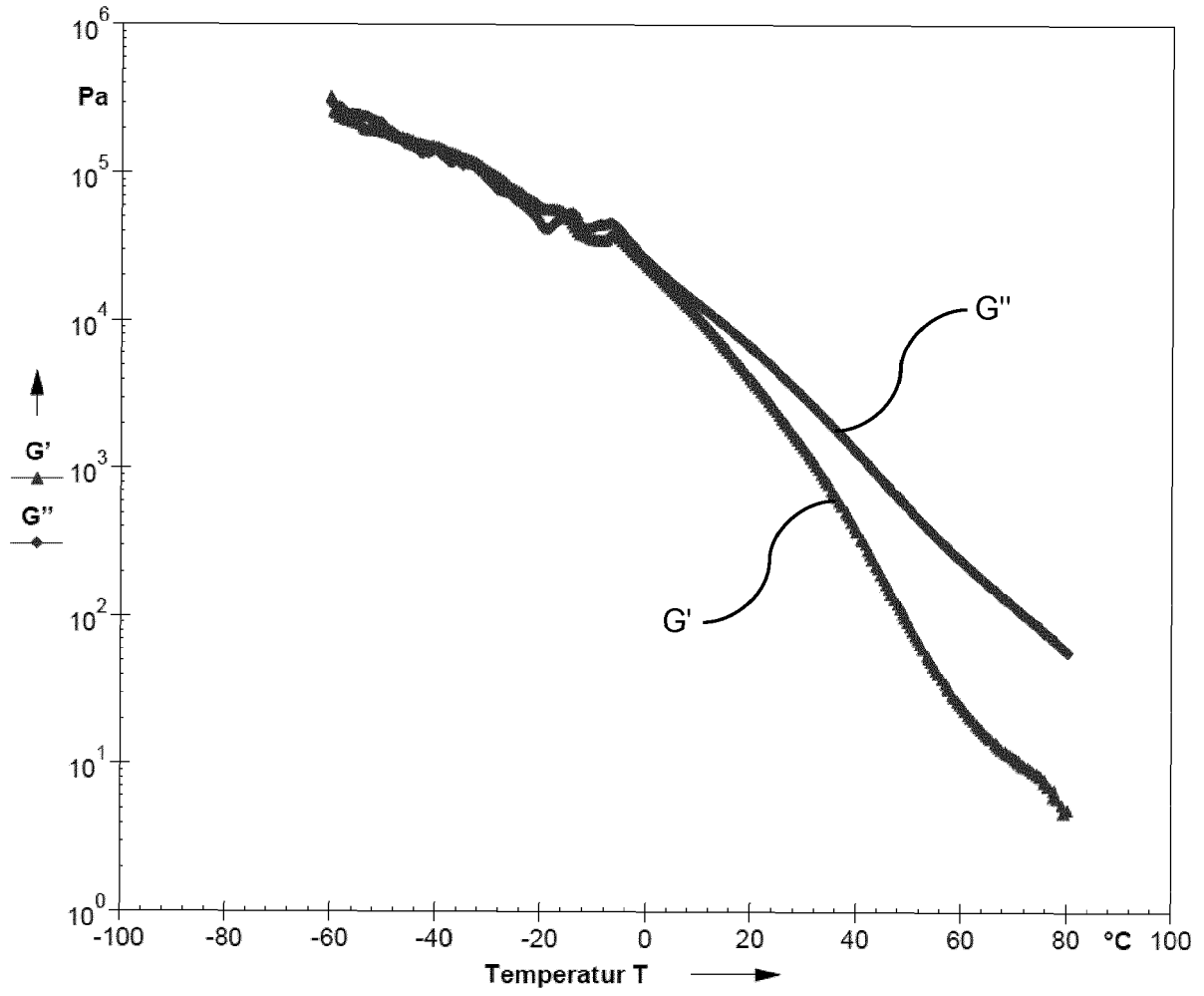


Fig. 1

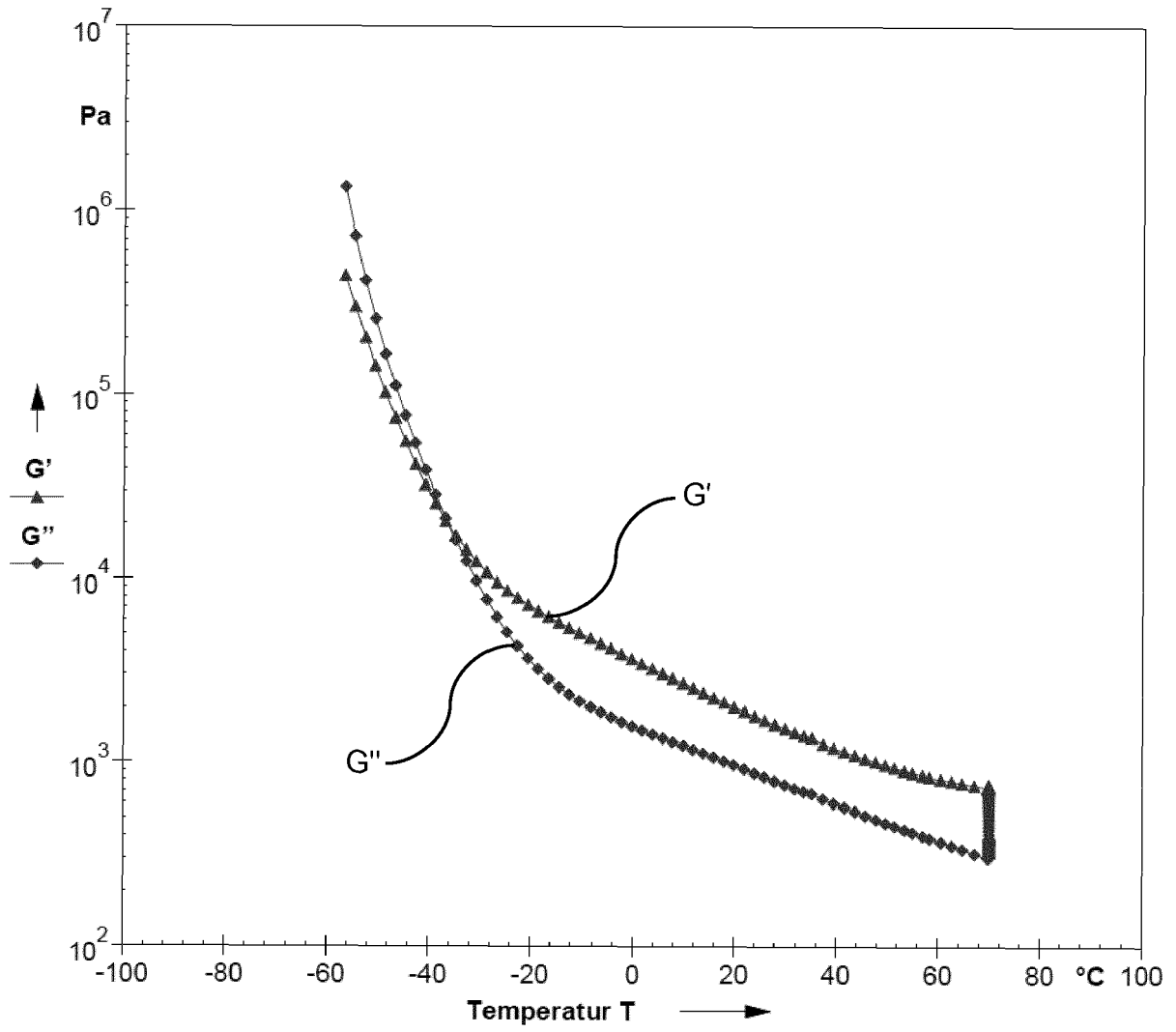


Fig. 2

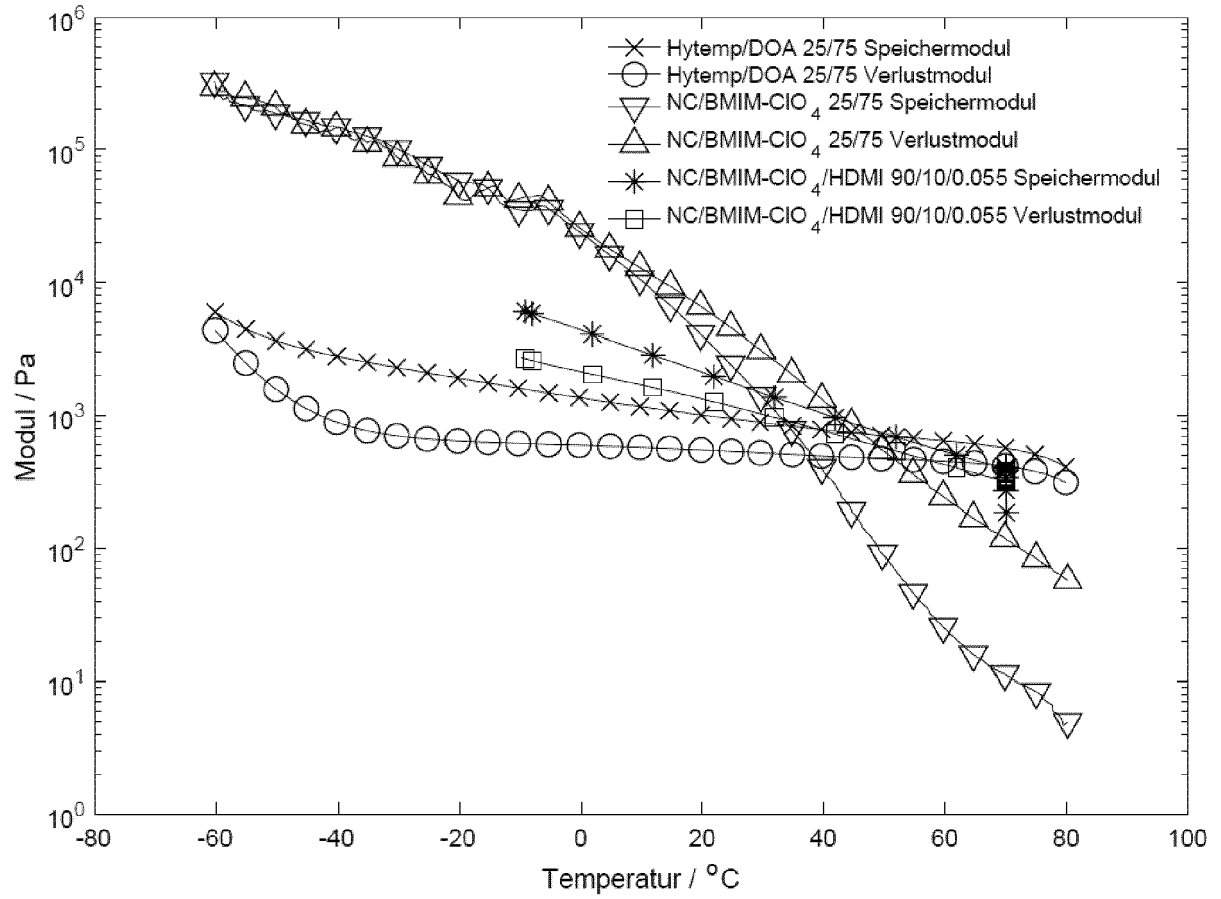


Fig. 3

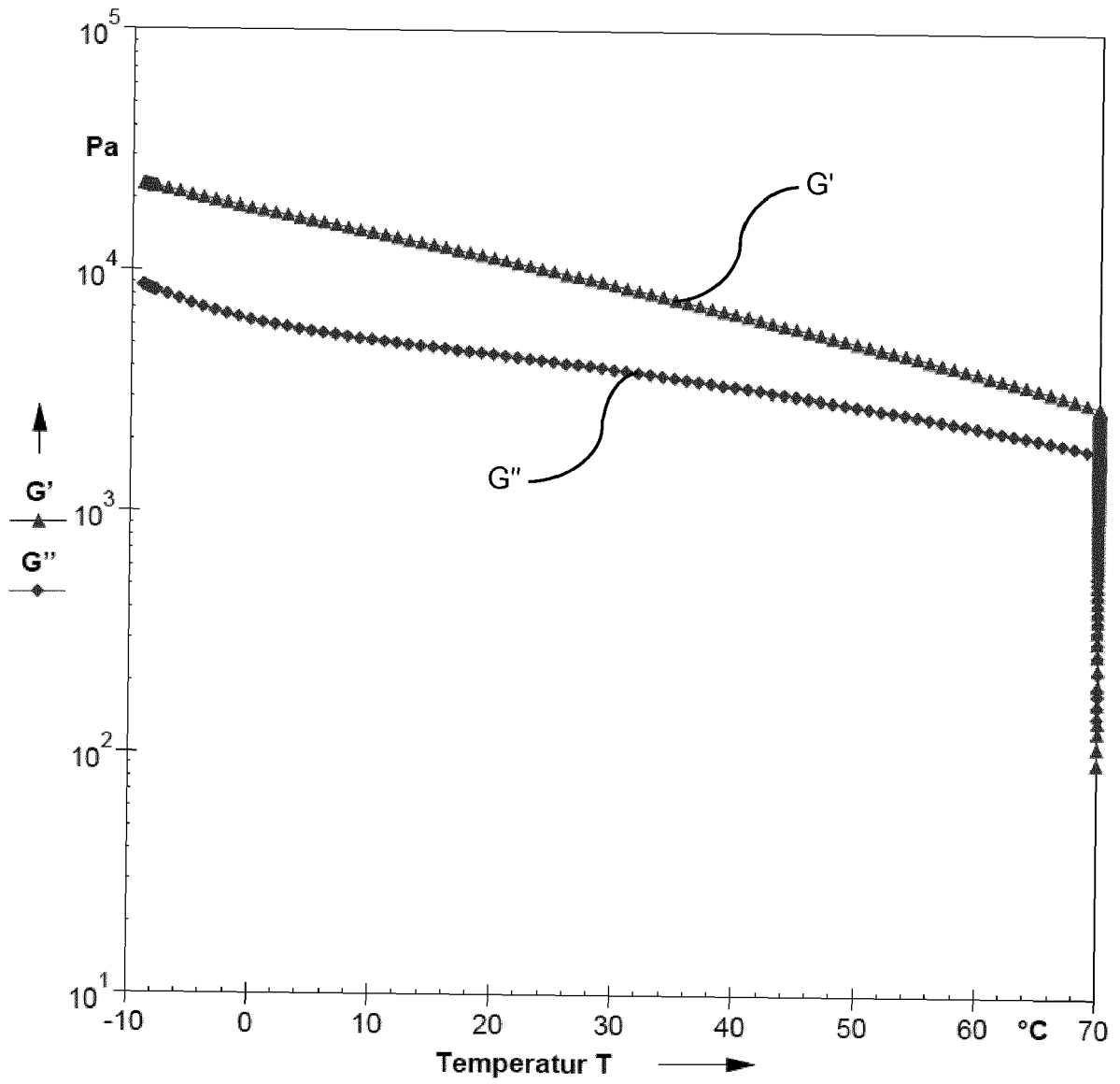


Fig. 4

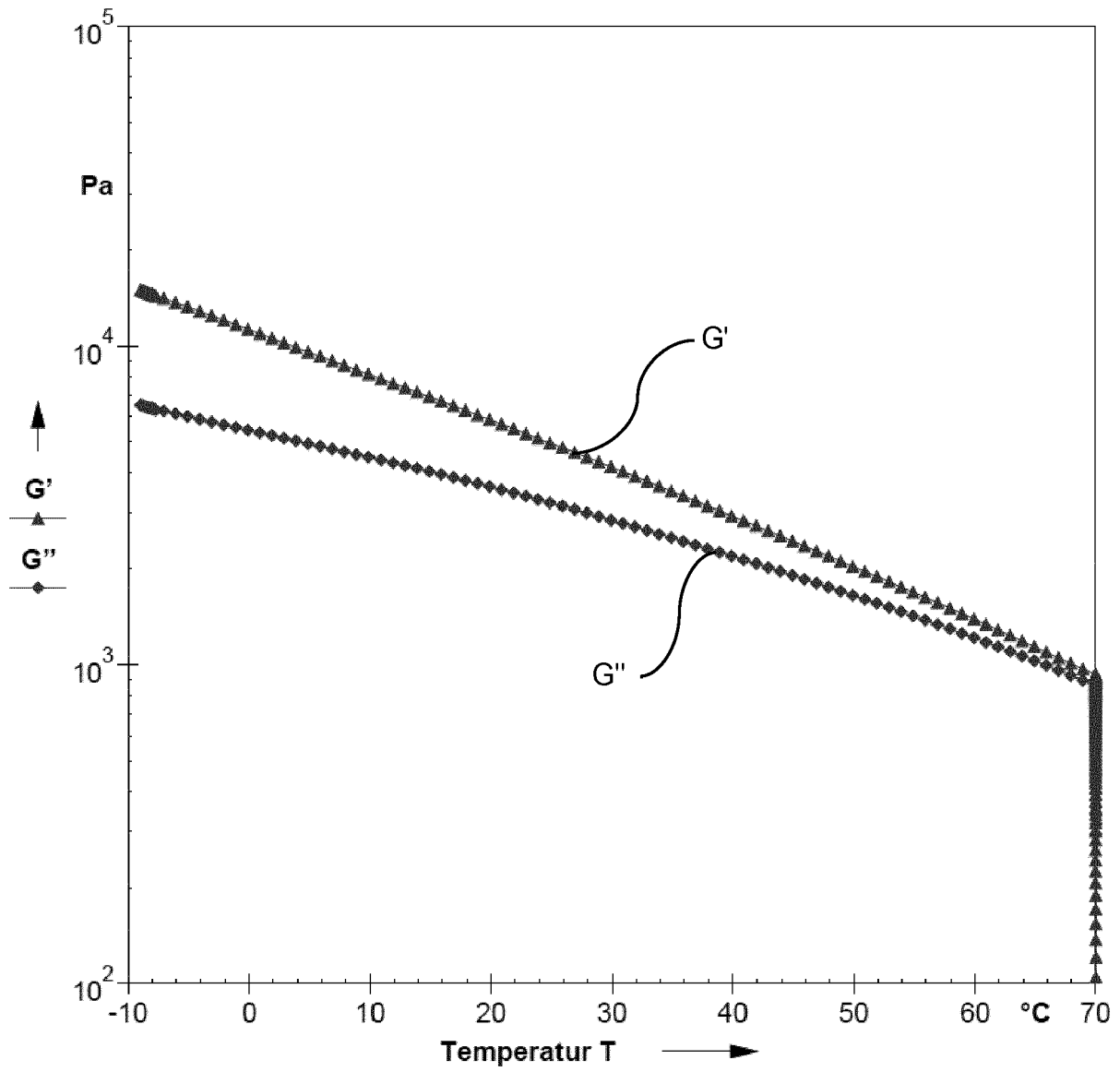


Fig. 5

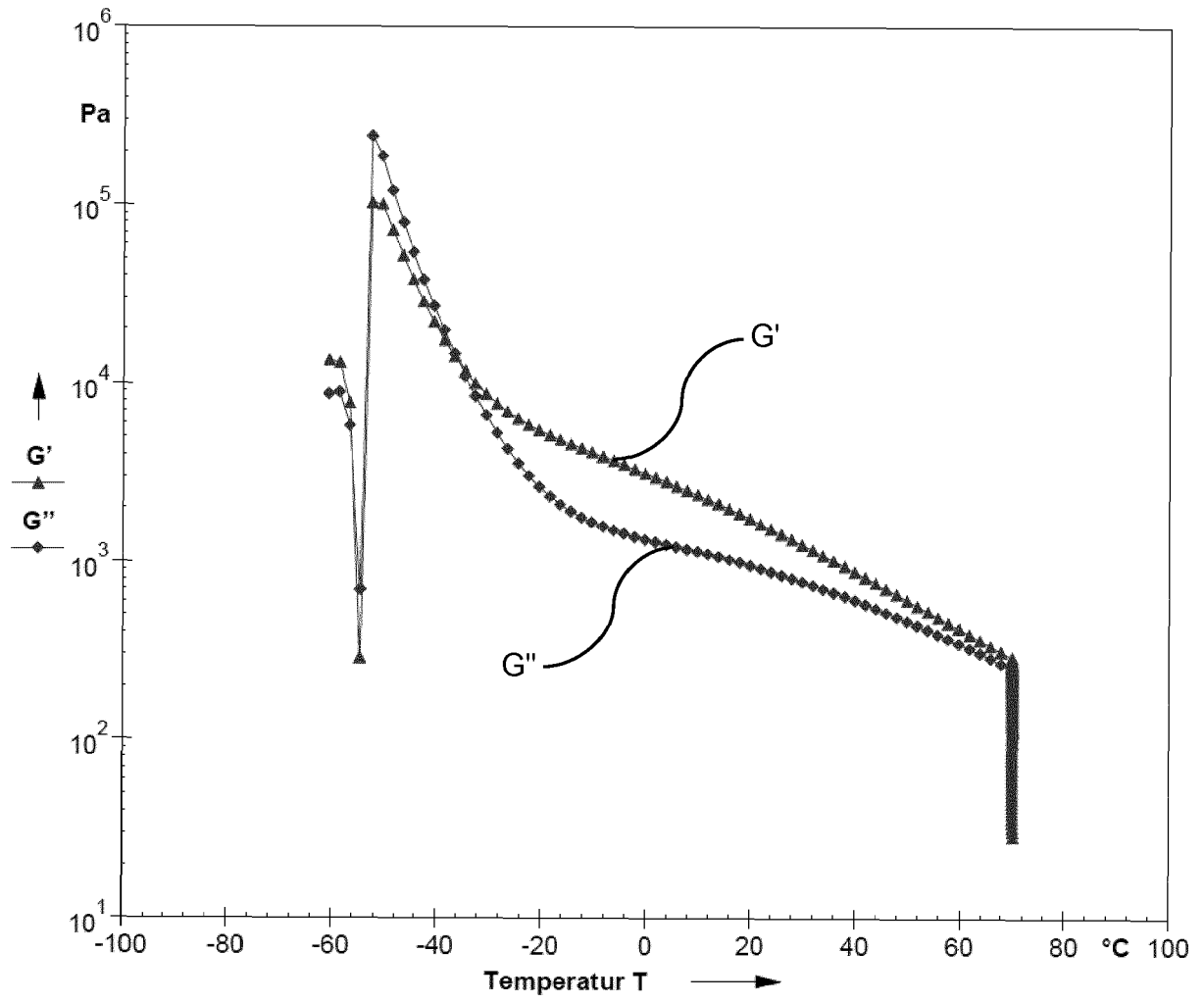


Fig. 6

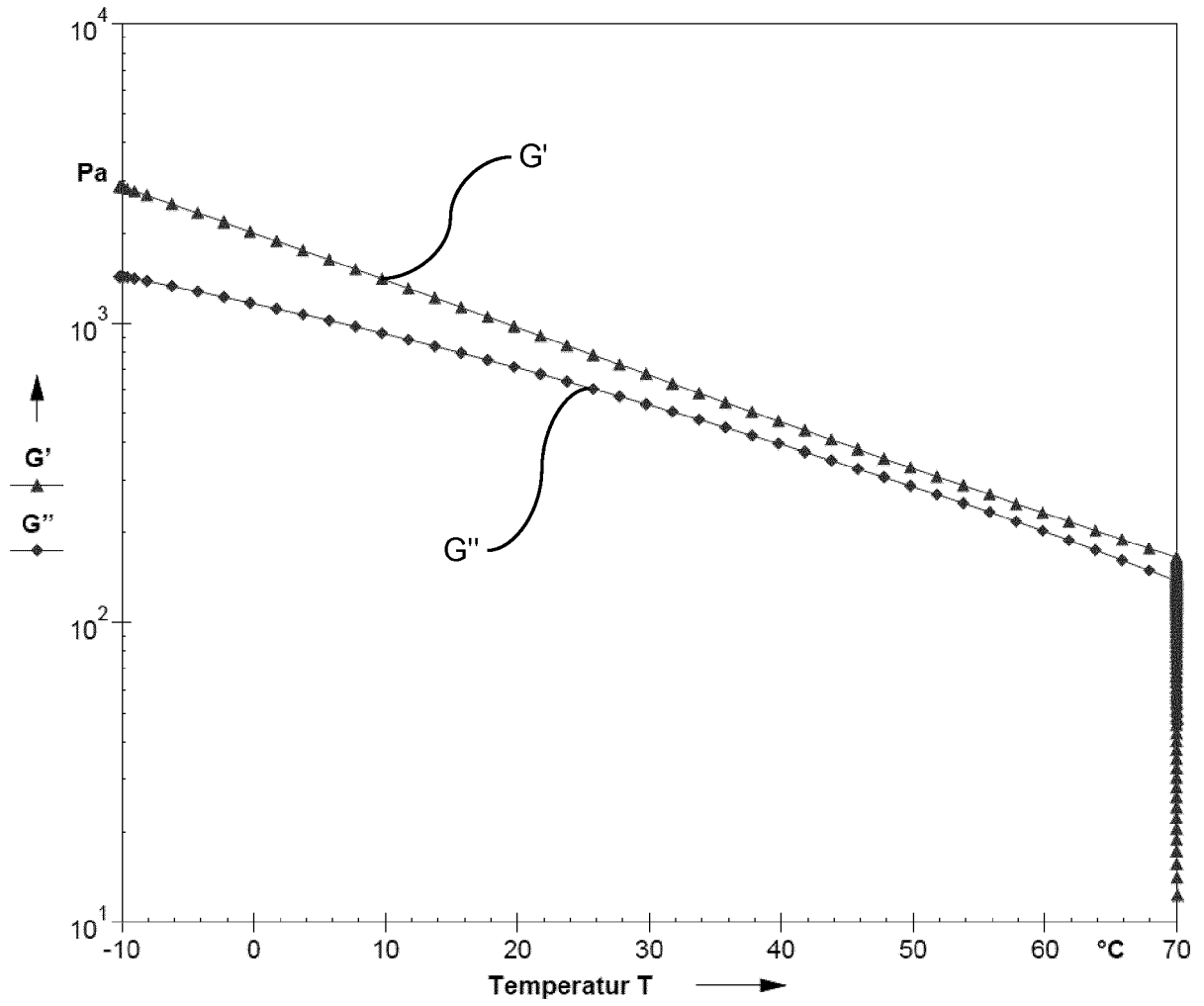


Fig. 7

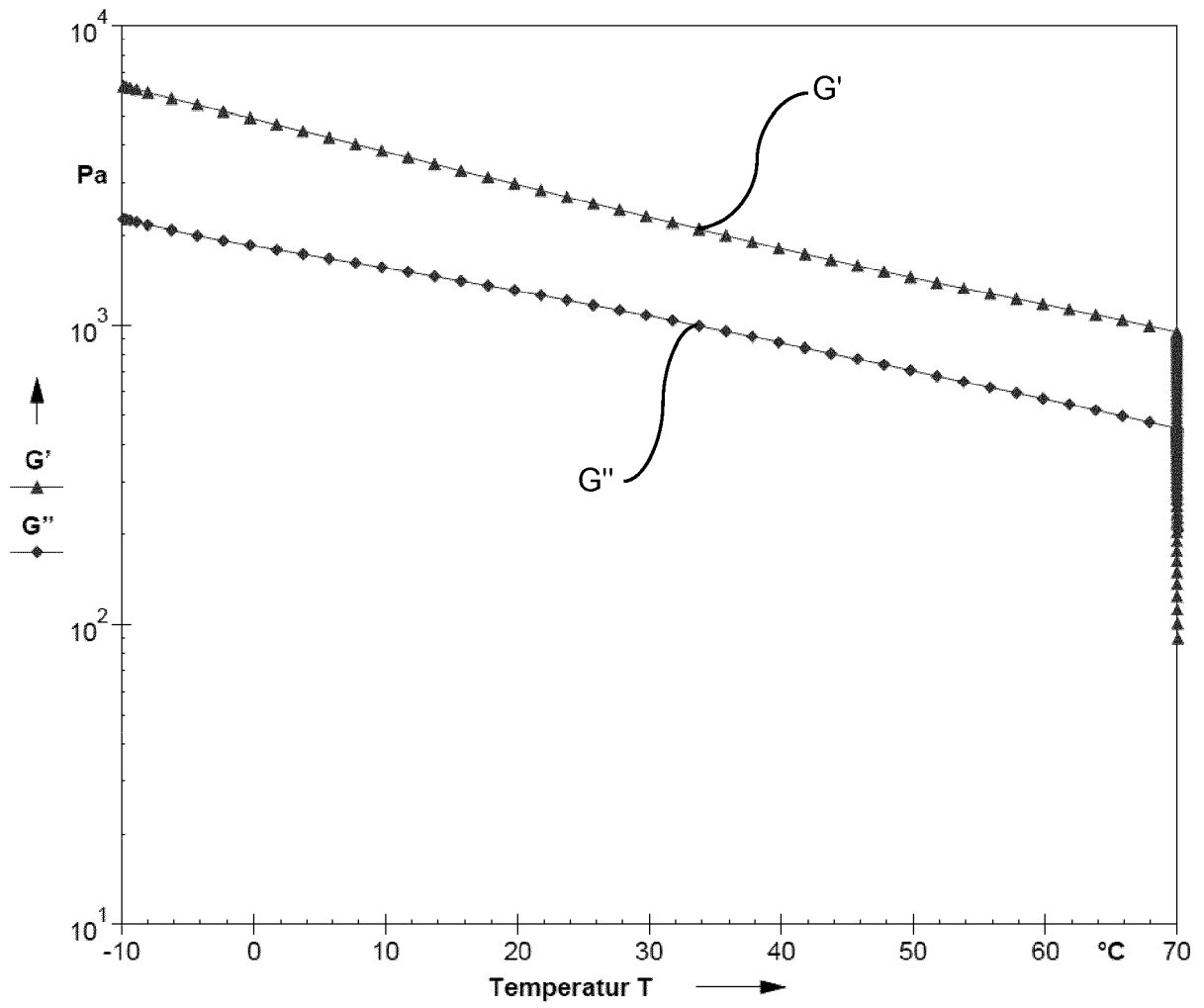


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 21 15 8071

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	US 2006/011276 A1 (GRIX CHARLES [US] ET AL) 19. Januar 2006 (2006-01-19) * Absätze [0066], [0067], [0073]; Tabelle 2 *	1-6,8, 11-15 7,9,10	INV. C06B23/00 C06B45/10 C08K5/00
X,D A	EP 2 698 359 B1 (DIEHL DEFENCE GMBH & CO KG [DE]) 27. November 2019 (2019-11-27) * Ansprüche 1, 6, 8-10; Beispiel 5 *	1-3,6-15 4,5	
X A	CN 105 542 222 B (JIANGYIN CHANGJING GARDEN WOOL TEXTILE CO LTD) 27. Juli 2018 (2018-07-27) * Beispiel 4 *	1-3,6-9, 11,13-15 4,5,10, 12	
A,D T	EP 2 698 361 B1 (DIEHL BGT DEFENCE GMBH & CO KG [DE]) 29. März 2017 (2017-03-29) * Ansprüche 1, 2, 6 *  JIAN-YING WANG ET AL: "Properties of-butylpyridinium nitrate ionic liquid and its binary mixtures with water", THE JOURNAL OF CHEMICAL THERMODYNAMICS, ACADEMIC PRESS LONDON, GB, Bd. 45, Nr. 1, 8. September 2011 (2011-09-08), Seiten 43-47, XP028328650, ISSN: 0021-9614, DOI: 10.1016/J.JCT.2011.09.003 [gefunden am 2011-09-16]	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C06B C08K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 30. Juni 2021	Prüfer Kappen, Sascha
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 15 8071

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-06-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 2006011276 A1	19-01-2006	KEINE	
	-----			
15	EP 2698359 B1	27-11-2019	DE 102012016478 A1	20-02-2014
			EP 2698359 A2	19-02-2014
			ZA 201306134 B	30-04-2014
	-----			
	CN 105542222 B	27-07-2018	KEINE	
	-----			
20	EP 2698361 B1	29-03-2017	DE 102013007678 A1	20-02-2014
			EP 2698361 A1	19-02-2014
			ZA 201306132 B	30-04-2014
	-----			
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 2698361 B1 [0002] [0009]
- EP 2698359 B1 [0003] [0009] [0027]