

(19)



(11)

**EP 3 882 229 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.09.2021 Patentblatt 2021/38**

(51) Int Cl.:  
**C06B 21/00 (2006.01) C06B 45/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **21162112.3**

(22) Anmeldetag: **11.03.2021**

(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**

(30) Priorität: **18.03.2020 DE 102020001794**

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

(72) Erfinder:  
• **Pham-Schönwetter, Oliver  
91207 Lauf (DE)**  
• **Hahma, Arno  
91239 Henfenfeld (DE)**  
• **Donner, Björn  
91325 Adelsdorf (DE)**  
• **Schwegler, Philipp  
91207 Lauf (DE)**

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

(54) **SCHMELZGIESSBARE SPRENGSTOFFWIRKMASSE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Sprengstoffwirkmasse, umfassend einen kristallinen ersten Sprengstoff, einen zweiten Sprengstoff als Bindemittel und einen energetischen Zuschlagsstoff, wobei der zweite Sprengstoff einen Schmelzpunkt oder Schmelzbereich in einem Temperaturbereich zwischen 70 °C und 120 °C aufweist, wobei der erste Sprengstoff und der Zuschlagsstoff in

Form von Partikeln in einem Gemisch vorliegen, welches eine zumindest drei Modi aufweisende Partikelgrößenverteilung aufweist, wobei eine mittlere Partikelgröße eines ersten Modus um das 1,2-fache bis 20-fache größer ist als eine mittlere Partikelgröße eines zweiten Modus und um das 1,2-fache bis 20-fache kleiner ist als eine mittlere Partikelgröße eines dritten Modus.

**EP 3 882 229 A1**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Sprengstoffwirkmasse, welche einen kristallinen ersten Sprengstoff und einen schmelzbaren zweiten Sprengstoff als Bindemittel sowie einen energetischen Zuschlagsstoff umfasst.

**[0002]** Eine ähnliche Sprengstoffwirkmasse, jedoch ohne einen energetischen Zuschlagsstoff, ist unter dem Namen Octol bekannt. Dabei handelt es sich um ein festes Gemisch aus Cyclotetramethyltetranitramin (HMX) und Trinitrotoluol (TNT). In dem Gemisch können beispielsweise 70 Gew.-% HMX und 30 Gew.-% TNT ("Octol 70/30") oder 75 Gew.-% HMX und 25 Gew.-% TNT ("Octol 75 / 25") enthalten sein. Octol ist eine schmelzgießbare Sprengstoffwirkmasse, die jedoch eine hohe Sensitivität aufweist und daher in der Handhabung gefährlich ist.

**[0003]** Aus Ernst-Christian Koch, Defense Technology 15 (2019), Seiten 467 bis 487 sind insensitive Nitroguanidin enthaltende Sprengstoffwirkmassen bekannt. Außerdem ist aus der Veröffentlichung eine Guananylarnstoff-Dinitramid (FOX-12), Trinitrotoluol (TNT) und Hexogen (RDX) enthaltende Sprengstoffwirkmasse bekannt.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine alternative Sprengstoffwirkmasse bereitzustellen, welche bei einer Detonation eine ähnlich hohe Leistung wie Octol bereitstellt, gleichzeitig jedoch deutlich weniger empfindlich und daher sicherer zu handhaben ist.

**[0005]** Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Patentansprüche 2 bis 15.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Sprengstoffwirkmasse gelöst, die neben einem kristallinen ersten Sprengstoff und einem zweiten Sprengstoff als Bindemittel einen energetischen Zuschlagsstoff umfasst. Unter einem energetischen Zuschlagsstoff wird ein Zuschlagsstoff verstanden, welcher nach seiner Zündung oder Anzündung durch Reaktion ohne externe Oxidatoren, wie Luftsauerstoff, Energie, insbesondere mindestens 1 kJ/g freisetzt. Moleküle derartiger Zuschlagsstoffe tragen üblicherweise energetische Gruppen, wie Nitrogruppen, Nitramingruppen oder Nitratgruppen. Der zweite Sprengstoff weist einen Schmelzpunkt oder Schmelzbereich in einem Temperaturbereich zwischen 70 °C und 120 °C auf. Dadurch wird die erfindungsgemäße Sprengstoffwirkmasse schmelzgießbar. Eine Besonderheit der erfindungsgemäßen Sprengstoffwirkmasse besteht darin, dass der erste Sprengstoff und der Zuschlagsstoff in Form von Partikeln in einem Gemisch vorliegen, in welchem die Partikel eine multimodale Partikelgrößenverteilung aufweisen. In der erfindungsgemäßen Sprengstoffwirkmasse weist das Gemisch eine zumindest drei Modi aufweisende Partikelgrößenverteilung auf, wobei eine mittlere Partikelgröße der Partikel eines ersten Modus um das 1,2-fache bis 20-fache größer ist als eine mittlere Partikelgröße der Partikel eines zweiten Modus. Der zweite Modus kann derjenige der Modi sein, der die kleinste mittlere Partikelgröße aufweist. Die mittlere Partikelgröße der Partikel des ersten Modus ist außerdem um das 1,2-fache bis 20-fache kleiner als eine mittlere Partikelgröße der Partikel eines dritten Modus. Der dritte Modus kann derjenige der Modi sein, der die größte mittlere Partikelgröße aufweist.

**[0007]** Unter einer mittleren Partikelgröße wird dabei diejenige Partikelgröße verstanden, bei der gerade 50% der Partikel dieses Modus kleiner als diese Partikelgröße sind. Die Partikelgröße und die Partikelgrößenverteilung kann mittels Laserbeugung bestimmt werden. Dazu kann beispielsweise das Gerät "Mastersizer 3000" der Firma Malvern Panalytical GmbH, Kassel, Deutschland eingesetzt werden. Zur Partikelgrößenbestimmung mittels Laserbeugung werden die zu vermessenden Partikel in einer Flüssigkeit, beispielsweise Isopropanol, suspendiert und die Streuung eines durch die resultierende Suspension geleiteten Laserstrahls analysiert. Die Analyse erfolgt, indem ein durch die Laserbeugung erhaltenes Beugungsmuster mit Beugungsmustern verglichen wird, die durch Kalibrierung mittels definierten Suspensionen kugelförmiger Partikel unterschiedlicher Größe erhaltenen wurden. Bei der durch Laserlichtstreuung ermittelten Partikelgröße handelt es sich um einen physikalischen Äquivalentdurchmesser. Alternativ kann auch ein anderer physikalischer Äquivalentdurchmesser, beispielsweise durch eine Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit der Partikel in einer Flüssigkeit oder in Luft, bestimmt werden. Bei der Partikelgrößenbestimmung mittels der Sinkgeschwindigkeit von Partikeln in Luft spricht man vom aerodynamischen Durchmesser und bei der Partikelgrößenbestimmung mittels der Sedimentationsgeschwindigkeit von Partikeln in einer Flüssigkeit vom Äquivalentdurchmesser in einem Fluid.

**[0008]** Durch die Größenabstufung der in der Sprengstoffwirkmasse enthaltenen Partikel kann eine sehr hohe Dichte der Sprengstoffwirkmasse erreicht werden. Dadurch, dass die mittlere Partikelgröße des zweiten Modus um nicht mehr als das 20-fache kleiner ist als die mittlere Partikelgröße des ersten Modus, wird vermieden, dass die geschmolzene Sprengstoffwirkmasse zu viskos wird, um in geschmolzenem Zustand durch Gießen noch gut handhabbar zu sein. Sind die Partikel zu klein resultiert daraus eine hochviskose Schmelze.

**[0009]** Dadurch, dass der Zuschlagstoff energetisch ist, wird vermieden, dass die Sprengstoffwirkmasse durch den Zuschlagsstoff in ihrer Leistung allzu stark reduziert wird. Durch die durch die spezielle Partikelgrößenverteilung in mindestens drei Modi erreichte sehr dichte Packung der Partikel wird die Sensitivität der Sprengstoffwirkmasse reduziert. Sie kann weiter reduziert werden, wenn der Zuschlagsstoff ein insensitiver Zuschlagsstoff ist. Die Insensitivität des Zuschlagsstoffs, der Sprengstoffwirkmasse oder eines sonstigen Bestandteils der Sprengstoffwirkmasse kann mittels eines Gap-Tests ermittelt werden. 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 oder Sprengstoffwirkmassenkomponente so zu übertra-

gen, dass diese noch zuverlässig detoniert bzw. zuverlässig nicht mehr detoniert. Die Werte werden dabei üblicherweise in Millimeter der Wassersäule angegeben. Je niedriger der Wert ist, desto insensitiver ist die untersuchte Wirkmasse oder Wirkmassenkomponente. Bei einem üblichen Standardtest beträgt der Grenzwert des Spalts für einen insensitiven Stoff 15 mm. Ist der Spalt gleich oder kleiner als 15 mm und der Stoff detoniert dabei reproduzierbar noch nicht, wird er als insensitiv eingestuft. Derartige insensitive Zuschlagsstoffe sind bekannt. Es kann sich dabei beispielsweise um Nitroguanidin, Guanylharnstoff-Dinitramid (FOX-12; GUDN; CAS-Nr. 217464-38-5), Guanidindinitrat, Nitrotriazolon (NTO), Triaminotrinitrobenzol (TATB) oder Dihydroxylammonium-5,5'-bistetrazol-1,1'-diolat (TKX-50) handeln. Alternativ kann der Zuschlagsstoff zumindest einen der genannten Stoffe umfassen. Die absolute Dichte des Zuschlagsstoffs kann mindestens 1,74 g/cm<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 1,75 g/cm<sup>3</sup>, betragen. Dadurch reduziert der Zuschlagsstoff die üblicherweise möglichst hoch angestrebte Dichte der Sprengstoffwirkmasse allenfalls unwesentlich. Zusätzlich kann in der Sprengstoffwirkmasse ein Wachs, Kunststoff oder Harz enthalten sein, welches bzw. welcher einen Schmelzpunkt oder Schmelzbereich in einem Temperaturbereich von 80 °C bis 120 °C aufweist. Dadurch kann die Sensitivität auf kostengünstige Weise reduziert werden, wobei dies üblicherweise jedoch mit einem Leistungsverlust der Sprengstoffwirkmasse einhergeht.

**[0010]** Bei den Partikeln des ersten Modus kann es sich um Partikel des Zuschlagsstoffs handeln. Die mittlere Partikelgröße der Partikel des ersten Modus kann im Bereich von 90 µm bis 210 µm, insbesondere 100 µm bis 190 µm, insbesondere 110 µm bis 180 µm, liegen.

**[0011]** Ein Verhältnis des gewichtsprozentualen Anteils der Partikel des ersten Modus zum gewichtsprozentualen Anteil der Partikel des zweiten Modus an der Sprengstoffwirkmasse kann im Bereich von 1 : 5 bis 6 : 1, insbesondere 2 : 1 bis 5 : 1, liegen.

**[0012]** Ein Verhältnis des gewichtsprozentualen Anteils der Partikel des zweiten Modus zum gewichtsprozentualen Anteil der Partikel des dritten Modus an der Sprengstoffwirkmasse kann im Bereich von 1 : 2 bis 1 : 6, insbesondere 1 : 3 bis 1 : 5, liegen.

**[0013]** Ein Verhältnis des gewichtsprozentualen Anteils der Partikel des ersten Modus zum gewichtsprozentualen Anteil der Partikel des dritten Modus an der Sprengstoffwirkmasse kann im Bereich von 1 : 1 bis 1 : 12, insbesondere 1 : 2 bis 1 : 11, insbesondere 1 : 3 bis 1 : 5, liegen.

**[0014]** Durch die spezielle Partikelgrößenverteilung der erfindungsgemäßen Sprengstoffwirkmasse kann ein Verhältnis der gewichtsprozentualen Anteile der Partikel des ersten, zweiten und dritten Modus an der Sprengstoffwirkmasse so gewählt sein, dass die Sprengstoffwirkmasse dadurch eine Dichte von mehr als 99%, insbesondere mehr als 99,1%, insbesondere mehr als 99,2%, insbesondere mehr als 99,3%, insbesondere mehr als 99,4%, der theoretischen maximalen Dichte und/oder eine absolute Dichte von mindestens 1,77 g/cm<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 1,78 g/cm<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 1,79 g/cm<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 1,80 g/cm<sup>3</sup>, aufweist. Je höher die Dichte im Verhältnis zur theoretischen maximalen Dichte ist, desto insensitiver ist die Sprengstoffwirkmasse. Um eine möglichst hohe Dichte und eine hohe Insensitivität zu erreichen, kann die mittlere Partikelgröße der Partikel des ersten Modus um das 1,3-fache bis 18-fache, insbesondere das 1,4-fache bis 12-fache, insbesondere das 1,5-fache bis 8-fache, größer sein als die mittlere Partikelgröße der Partikel des zweiten Modus. Alternativ oder gleichzeitig kann die mittlere Partikelgröße der Partikel des ersten Modus um das 1,3-fache bis 18-fache, insbesondere das 1,4-fache bis 12-fache, insbesondere das 1,5-fache bis 8-fache, kleiner sein als die mittlere Partikelgröße der Partikel des dritten Modus.

**[0015]** Bei einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Sprengstoffwirkmasse weist die Partikelgrößenverteilung drei oder vier Modi auf.

**[0016]** Bei dem ersten Sprengstoff kann es sich um Cyclotetramethylenetetranitramin (HMX), 1,1-diamino-2,2-dinitroethylen (DADNE, FOX-7), Hexogen (RDX), 3,3'-diamino-4,4'-azoxyfuran (DAAF), 2,6-Diamino-3,5-Dinitropyrazin-1-Oxid (LLM-105) handeln. Es kann sich bei dem ersten Sprengstoff aber auch um jeden anderen kristallinen Sprengstoff handeln, dessen Detonationsdruck höher ist als der Detonationsdruck von Cyclotrimethylenetrinitramin (Hexogen) und dessen Detonationsgeschwindigkeit höher ist als die Detonationsgeschwindigkeit von Hexogen bei einer Detonation von dem anderen kristallinen Sprengstoff und Hexogen.

**[0017]** Der zweite Sprengstoff kann Trinitrotoluol (TNT), 1-Methyl-2,4,5-trinitroimidazol (MTNI), Bis(1,2,4-oxadiazolyl)furoxan (BOF), N-Methyltetranitropyrrol (MTNP), Bis(1,2,4-oxadiazolyl)bis(methylen)dinitrat (BITN), 3,3-Bis-isoxazol-5,5'-bis-methylendinitrat (BIDN), 3-(4-Aminofuran-3-yl)-4-(4-nitrofuran-3-yl)furan (ANTF), 1,3,3-Trinitroazetidin (TNAZ), ein Ammoniumnitrat enthaltendes eutektisches Gemisch oder Ammoniumdinitramin (ADN) sein.

**[0018]** Bei einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Sprengstoffwirkmasse bestehen die Partikel des ersten Modus aus dem Zuschlagsstoff. Die Partikel des zweiten und des dritten Modus können jeweils aus dem ersten Sprengstoff bestehen. Es ist aber auch möglich, dass die Partikel des zweiten Modus oder des dritten Modus aus dem Zuschlagsstoff bestehen oder die Partikel des ersten und des dritten Modus oder des ersten und des zweiten Modus aus dem Sprengstoff bestehen. Jegliche andere Kombination der Zusammensetzung der Partikel der einzelnen Modi ist möglich. Es ist sogar möglich, dass Partikel unterschiedlicher Zusammensetzung demselben Modus der Partikelgrößenverteilung angehören.

**[0019]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

**[0020]** Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm der Partikelgrößenverteilung von Guanylharnstoff-Dinitramid (GUDN),

Fig. 2 ein Diagramm der Partikelgrößenverteilung von Nitroguanidin (NQ),

5 Fig. 3 ein Diagramm der Partikelgrößenverteilung von HMX der Spezifikation NSO137 und

Fig. 4 ein Diagramm der Partikelgrößenverteilung von HMX der Klassifikation Grade B Klasse 2.

10 **[0021]** Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Sprengstoffwirkmasse wurden die Partikelgrößenverteilungen der Partikel potentieller Komponenten einer erfindungsgemäßen Sprengstoffwirkmasse mittels des Partikelgrößenmessgeräts "Mastersizer 3000" der Firma Malvern Panalytical GmbH in einer Suspension der Partikel in Isopropanol bestimmt. Die Messungen wurden jeweils mehrfach durchgeführt, um eine artifizielle Verfälschung der Messergebnisse erkennen zu können. Die Ergebnisse der Messungen sind in den Figuren 1 bis 4 dargestellt. Dabei wurden sämtliche mit derselben Substanz ermittelte Messkurven jeweils in derselben Figur dargestellt. In der Reihenfolge der Figuren 1 bis 4 zeigen 15 diese die Ergebnisse der Partikelgrößenbestimmungen von Guanylharnstoff-Dinitramid, Nitroguanidin, HMX NSO137 und HMX Grade B Klasse 2. Die dabei ermittelte mittlere Partikelgröße, d. h. diejenige Partikelgröße, bei der 50% der insgesamt in der gemessenen Probe enthaltenen Partikel kleiner sind als dieser Wert, beträgt bei Guanylharnstoff-Dinitramid 164  $\mu\text{m}$ , bei Nitroguanidin 115  $\mu\text{m}$ , bei HMX NSO137 244  $\mu\text{m}$  und bei HMX Grade B Klasse 2 9,87  $\mu\text{m}$ . Da 20 die für die jeweilige Substanz ermittelten Messkurven nahezu deckungsgleich sind, kann eine artifizielle Verfälschung der Messungen, beispielsweise durch Luftbläschen, ausgeschlossen werden.

**[0022]** Als schmelzfähiger Sprengstoff mit einem Schmelzpunkt von 80,1 °C wurde Trinitrotoluol (TNT) eingesetzt. Zur Herstellung erfindungsgemäßer Sprengstoffwirkmassen wurden die in der nachfolgenden Tabelle 1 angegebenen Komponenten in dem angegebenen gewichtsprozentualen Mischungsverhältnis gemischt, um die jeweilige Mischung zu erhalten. Die resultierenden Mischungen wurden jeweils in einem Wasserbad geschmolzen, homogen vermischt und 25 dann zu den Probekörpern gegossen. Die Probekörper wurden für die Bestimmung der tatsächlichen Dichte, für die Durchführung des Gap-Tests und für die Ermittlung der Detonationseigenschaften eingesetzt.

Tabelle 1

Mischung Nr.	Komponenten	Mischungsverhältnis [Gew.-%]
5	GUDN	5
	TNT	30
	HMX NSO137	51
	HMX Grade B Klasse 2	14
7	Nitroguanidin	15
	TNT	33
	HMX NSO137	41
	HMX Grade B Klasse 2	11

**[0023]** Zur Durchführung des Gap-Tests wurden jeweils 24 g der Wirkmasse enthaltende Tabletten mit einem Durchmesser von 21 mm hergestellt und beim Gap-Test eingesetzt. Die gemessenen Werte sind in der nachfolgenden Tabelle 2 jeweils in Millimeter der Wassersäule angegeben. Der erste Wert unter "Gap-Test GO" bezeichnet jeweils den Wert, bei dem die zu untersuchende Sprengstoffwirkmasse zuverlässig gerade noch detoniert und der Wert unter "Gap-Test NOGO" jeweils den Wert, bei dem die zu untersuchende Sprengstoffwirkmasse zuverlässig gerade nicht mehr detoniert. Je niedriger diese Werte sind, desto insensitiver ist die Sprengstoffwirkmasse.

Tabelle 2

Zusammensetzung	Gap-Test GO	Gap-Test NOGO
Octol 70/30 (Referenz)	17 mm	18 mm
GUDN/TNT/HMX NSO137/HMX Grade B Klasse 2 (V5)	14 mm	15 mm
NQ/TNT/HMX NSO137/HMX Grade B Klasse 2 (V7)	13 mm	15 mm

**[0024]** "V5" bezeichnet dabei die Mischung Nr. 5 und "V7" die Mischung Nr. 7. 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 reproduzierbar noch nicht, wird er als insensitiv eingestuft. Aus der obigen Tabelle 2 ist deutlich erkennbar, dass das als Referenz eingesetzte Octol 70/30 nicht insensitiv ist, während die Mischungen Nr. 5 und 7 als insensitiv einzustufen sind.

**[0025]** Die Ergebnisse von Dichtemessungen sind in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellt. "Dichte zur TMD [%]" bezeichnet dabei die prozentuale Dichte der jeweiligen Sprengstoffwirkmasse im Verhältnis zur theoretischen maximalen Dichte der jeweiligen Sprengstoffwirkmasse.

Tabelle 3

Zusammensetzung	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Dichte zur TMD [%]
Octol 70/30 (Referenz)	1,8281	99,8940
GUDN/TNT/HMX NSO137/HMX Grade B Klasse 2 (V5)	1,8021	99,4547
NQ/TNT/HMX NSO137/HMX Grade B Klasse 2 (V7)	1,7804	99,4610

**[0026]** Aus der obigen Tabelle 3 ist erkennbar, dass die jeweils gemessene Dichte nahezu 100% der theoretischen maximalen Dichte erreicht. Im Gegensatz zu Octol 70/30 ist die erfindungsgemäße Sprengstoffwirkmasse dabei jedoch insensitiv. Die hohe Dichte zeigt, dass die Partikel in der jeweiligen Sprengstoffwirkmasse eine nahezu optimale Packungsdichte erreichen. Die absoluten Dichten liegen mit 1,8021 g/cm<sup>3</sup> und 1,7804 g/cm<sup>3</sup> relativ nahe an der Dichte von Octol 70/30. Damit konnten auch sehr ähnliche Detonationseigenschaften erreicht werden, wie mit Octol 70/30.

**[0027]** Um die Detonationseigenschaften der Mischungen Nr. 5 und 7 zu untersuchen, sind die Mischungen geschmolzen und daraus einen Durchmesser von 50 mm aufweisende Stränge gegossen worden. Zwei der so erhaltenen Gießlinge sind verklebt worden, um einen Prüfkörper mit einer Messstrecke von 300 mm zu erhalten. In Abständen von 45 mm sind Bohrungen in den so erhaltenen zusammengesetzten Prüfkörper gesetzt worden. In die Bohrungen sind Messsonden für die Detonationsmessung eingebracht worden. Im gesamten zusammengesetzten Prüfkörper sind 7 Messsonden eingebracht worden, um eine gleichmäßige Detonationsfront über eine Messstrecke von 300 mm messen zu können. An das obere Ende des Prüfkörpers ist eine Tablette eines sogenannten HWC-Boosters (94,5 Gew.-% Hexogen, 4,5 Gew.-% Wachs, 1 Gew.-% Graphit) geklebt und zur Zündung des Prüfkörpers mittels einer elektrischen Sprengkapsel gezündet worden. Die resultierenden Messergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen 4 bis 7 dargestellt.

Tabelle 4

Proben identität	GUDN/TNT/HMX NSO137/HMX Grade B Klasse 2 (V5)
Solldichte [g/cm <sup>3</sup> ] (TMD)	1,812
Detonationsdruck [kbar] (berechnet) zur TMD	323,334
Detonationsgeschwindigkeit [m/s] (berechnet) zur TMD	8442,185
Auflösung [μs]	0,1
Bemerkung	HMX-Mischung: NSO137 [51%] & Grade B Klasse 2 [14%]

Tabelle 5

Sonden nummer	Messzeit [μs]	Detonationsgeschwindigkeit [m/s]
1-2	5,6	8040
2-3	5,3	8490
3-4	5,5	8180
4-5	4,9	9184
5-6	5,4	8333
6-7	5,5	8180
		<b>8401,166667</b>

Tabelle 6

Proben identität	NQ/TNT/HMX NSO137/HMX Grade B Klasse 2 (V7)
Solldichte [g/cm <sup>3</sup> ] (TMD)	1,790
Detonationsdruck [kbar] (berechnet) zur TMD	306,909
Detonationsgeschwindigkeit [m/s] (berechnet) zur TMD	8357,565
Auflösung [μs]	0,2
Bemerkung	HMX-Mischung: NSO137 [41%] & Grade B Klasse 2 [11%]

Tabelle 7

Sonden nummer	Messzeit [μs]	Detonationsgeschwindigkeit [m/s]
1-2	5,4	8333
2-3	5,6	8040
3-4	5,4	8333
4-5	5,6	8040
5-6	5,4	8333
6-7	5,2	8650
		<b>8288,166667</b>

**[0028]** Entsprechende Daten für die Dichte, den Detonationsdruck und die Detonationsgeschwindigkeit für Octol 70/30 sind in der nachfolgenden Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 8

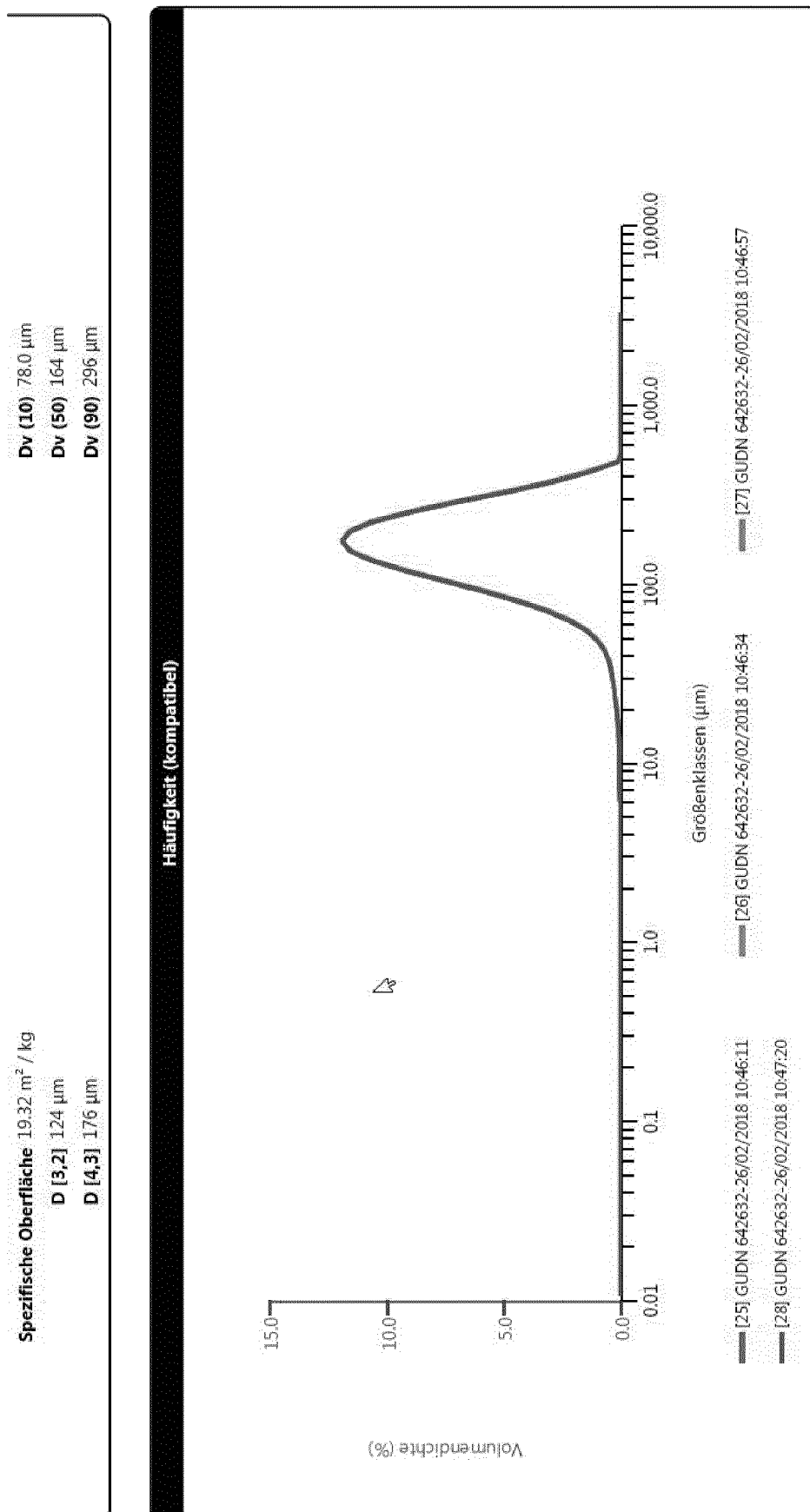
Zusammensetzung	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Dichte zur TMD [%]	Detonationsdruck (berechnet) [kbar]	Detonationsgeschwindigkeit (berechnet) [m/s]
Octol 70/30	1,8281	99,894	332,773	8509,194

**[0029]** Aus einem Vergleich der Daten der erfindungsgemäßen Mischungen Nr. 5 und Nr. 7 mit den entsprechenden Daten für Octol 70/30 geht hervor, dass die maximalen Detonationsgeschwindigkeiten der erfindungsgemäßen Mischungen nahezu die Detonationsgeschwindigkeit von Octol 70/30 erreichen. In Anbetracht dessen, dass die erfindungsgemäßen Sprengstoffwirkmassen jedoch insensitive sind, ist das Erreichen solcher Detonationsgeschwindigkeiten überraschend.

## Patentansprüche

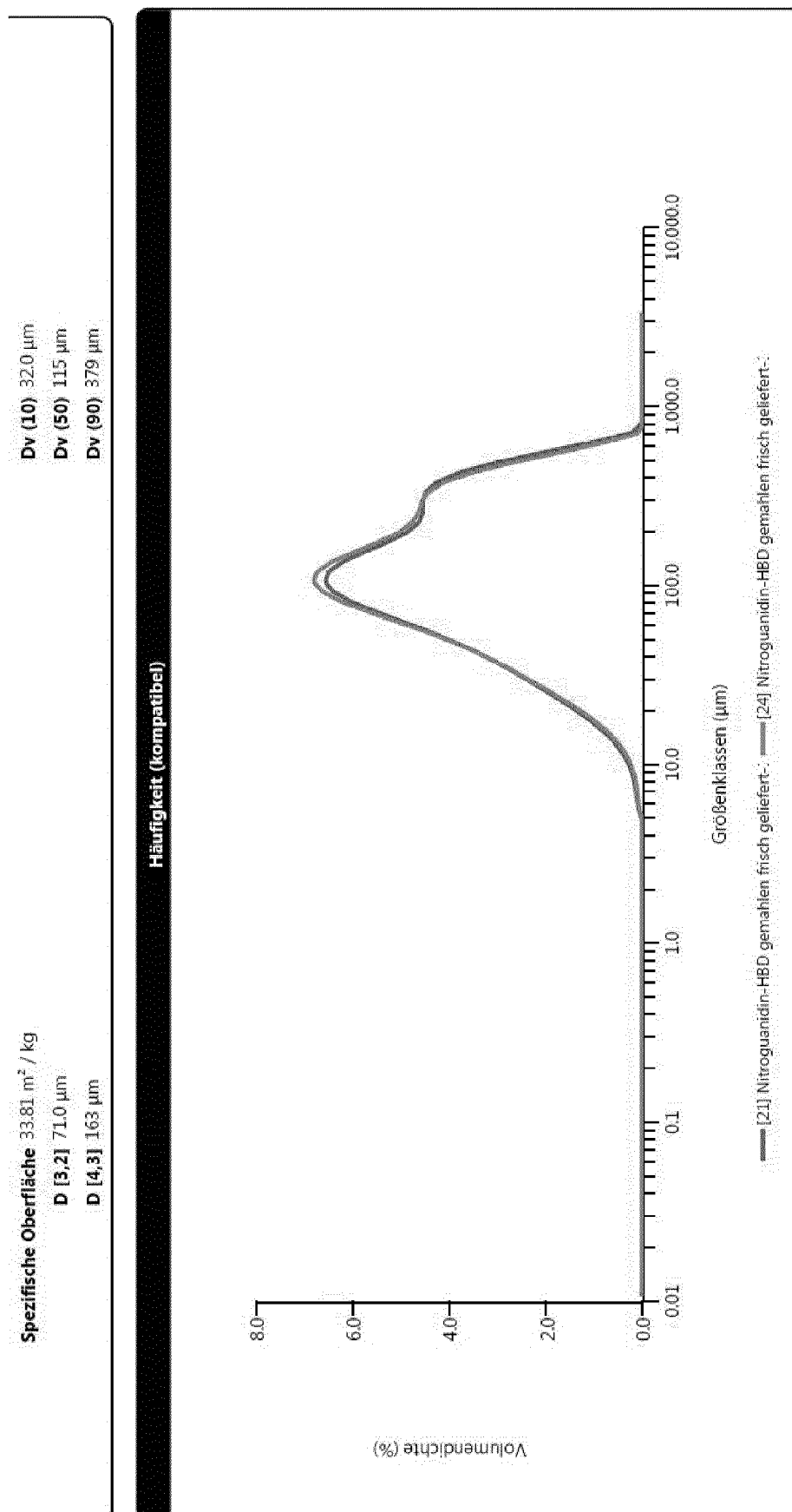
1. Sprengstoffwirkmasse, umfassend einen kristallinen ersten Sprengstoff, einen zweiten Sprengstoff als Bindemittel und einen energetischen Zuschlagsstoff, wobei der zweite Sprengstoff einen Schmelzpunkt oder Schmelzbereich in einem Temperaturbereich zwischen 70 °C und 120 °C aufweist, wobei der erste Sprengstoff und der Zuschlagsstoff in Form von Partikeln in einem Gemisch vorliegen, welches eine zumindest drei Modi aufweisende Partikelgrößenverteilung aufweist, wobei eine mittlere Partikelgröße eines ersten Modus um das 1,2-fache bis 20-fache größer ist als eine mittlere Partikelgröße eines zweiten Modus und um das 1,2-fache bis 20-fache kleiner ist als eine mittlere Partikelgröße eines dritten Modus.
2. Sprengstoffwirkmasse nach Anspruch 1, wobei die mittlere Partikelgröße der Partikel des ersten Modus im Bereich von 90 μm bis 210 μm liegt.

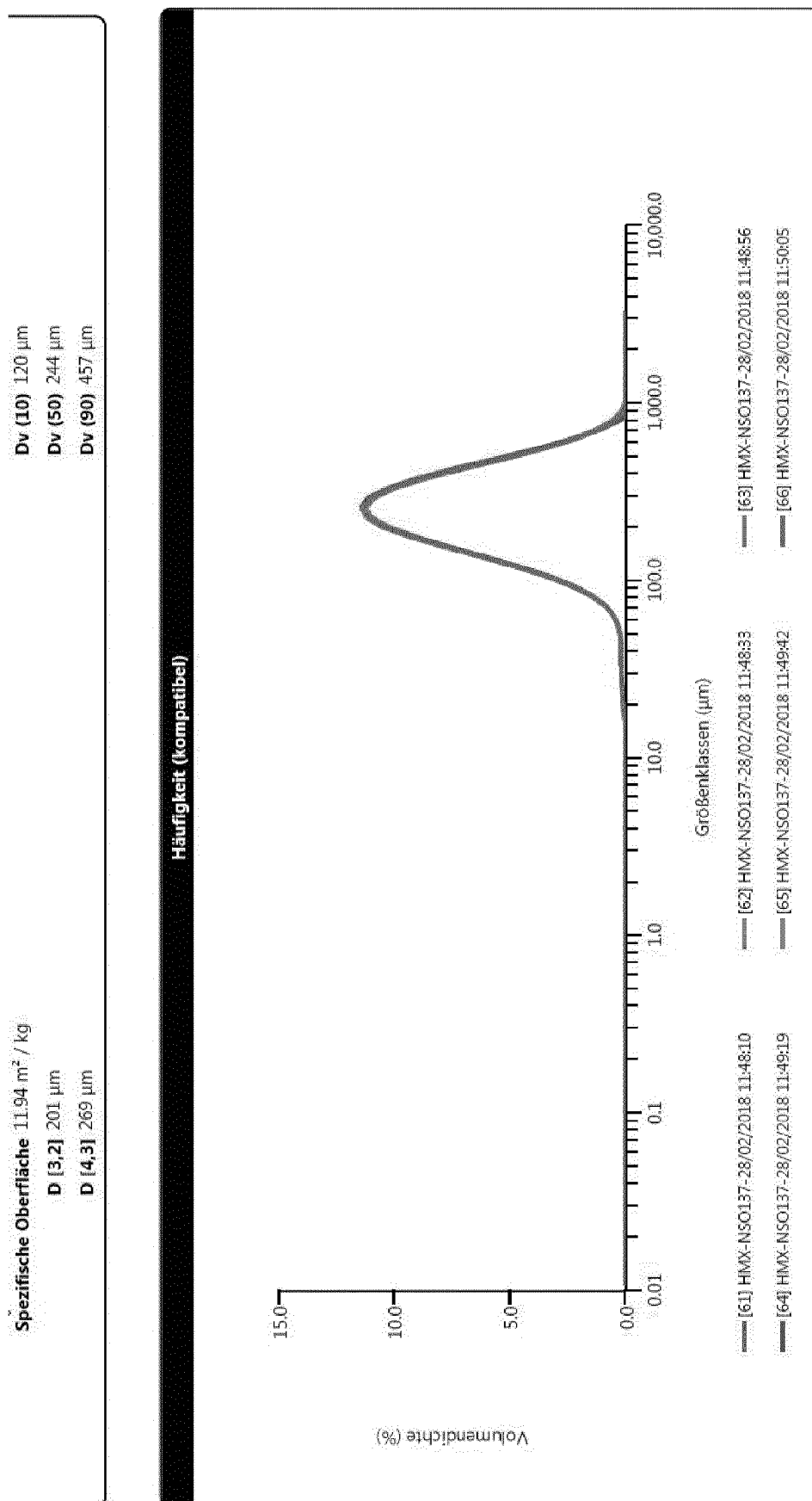
3. Sprengstoffwirkmasse nach Anspruch 1 oder 2,  
wobei ein Verhältnis des gewichtsprozentualen Anteils der Partikel des ersten Modus zum gewichtsprozentualen Anteil der Partikel des zweiten Modus an der Sprengstoffwirkmasse im Bereich von 1 : 5 bis 6 : 1 liegt und/oder  
wobei ein Verhältnis des gewichtsprozentualen Anteils der Partikel des zweiten Modus zum gewichtsprozentualen Anteil der Partikel des dritten Modus an der Sprengstoffwirkmasse im Bereich von 1 : 2 bis 1 : 6, insbesondere 1 : 3 bis 1 : 5, liegt.
4. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei ein Verhältnis des gewichtsprozentualen Anteils der Partikel des ersten Modus zum gewichtsprozentualen Anteil der Partikel des dritten Modus an der Sprengstoffwirkmasse im Bereich von 1 : 1 bis 1 : 12 liegt.
5. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei ein Verhältnis der gewichtsprozentualen Anteile der Partikel des ersten, zweiten und dritten Modus an der Sprengstoffwirkmasse so gewählt ist, dass die Sprengstoffwirkmasse eine Dichte von mehr als 99% der theoretischen maximalen Dichte und/oder eine Dichte von mindestens 1,77 g/cm<sup>3</sup> aufweist.
6. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei die mittlere Partikelgröße des ersten Modus um das 1,3-fache bis 18-fache, insbesondere das 1,4-fache bis 12-fache, größer ist als die mittlere Partikelgröße des zweiten Modus und/oder kleiner ist als die mittlere Partikelgröße des dritten Modus.
7. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei Partikelgrößenverteilung drei oder vier Modi aufweist.
8. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei der erste Sprengstoff Cyclotetramethylentetranitramin (HMX), 1,1-diamino-2,2-dinitroethylen (DADNE, FOX-7), Hexogen (RDX), 3,3'-diamino-4,4'-azoxyfurazan (DAAF), 2,6-Diamino-3,5-Dinitropyrazin-1-Oxid (LLM-105) ist.
9. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei der zweite Sprengstoff Trinitrotoluol (TNT), 1-Methyl-2,4,5-trinitroimidazol (MTNI), Bis(1,2,4-oxadiazolyl)furoxan (BOF), N-Methyltetranitropyrrol (MTNP), Bis(1,2,4-oxadiazol)bis(methylen)dinitrat (BITN), 3,3-Bis-isoxazol-5,5'-bis-methylendinitrat (BIDN), 3-(4-Aminofurazan-3-yl)-4-(4-nitrofurazan-3-yl)furazan (ANTF), 1,3,3-Trinitroazetidin (TNAZ), ein Ammoniumnitrat enthaltendes eutektisches Gemisch oder Ammoniumdinitramin (ADN) ist.
10. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei die Partikel des ersten Modus aus dem Zuschlagsstoff bestehen.
11. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei die Partikel des zweiten und des dritten Modus jeweils aus dem ersten Sprengstoff bestehen.
12. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei der Zuschlagsstoff ein insensitiver Zuschlagsstoff ist.
13. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei der Zuschlagsstoff Nitroguanidin, Guanylhamstoff-Dinitramid (FOX-12; GUDN; CAS-Nr. 217464-38-5), Guanidindinitrat, Nitrotriazolon (NTO), Triaminotrinitrobenzol (TATB) oder Dihydroxylammonium-5,5'-bistetrazol-1,1'-diolat (TKX-50) umfasst oder ist.
14. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei die Dichte des Zuschlagstoffs mindestens 1,74 g/cm<sup>3</sup>, insbesondere mindestens 1,75 g/cm<sup>3</sup>, beträgt.
15. Sprengstoffwirkmasse nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei darin zusätzlich ein Wachs, Kunststoff oder Harz enthalten ist, welches/welcher einen Schmelzpunkt oder Schmelzbereich in einem Temperaturbereich von 80 °C bis 120 °C aufweist.



**Fig. 1**







Dv (10) 1.40 µm  
Dv (50) 9.87 µm  
Dv (90) 57.9 µm

Spezifische Oberfläche 641.6 m<sup>2</sup> / kg  
D [3,2] 3.74 µm  
D [4,3] 21.1 µm

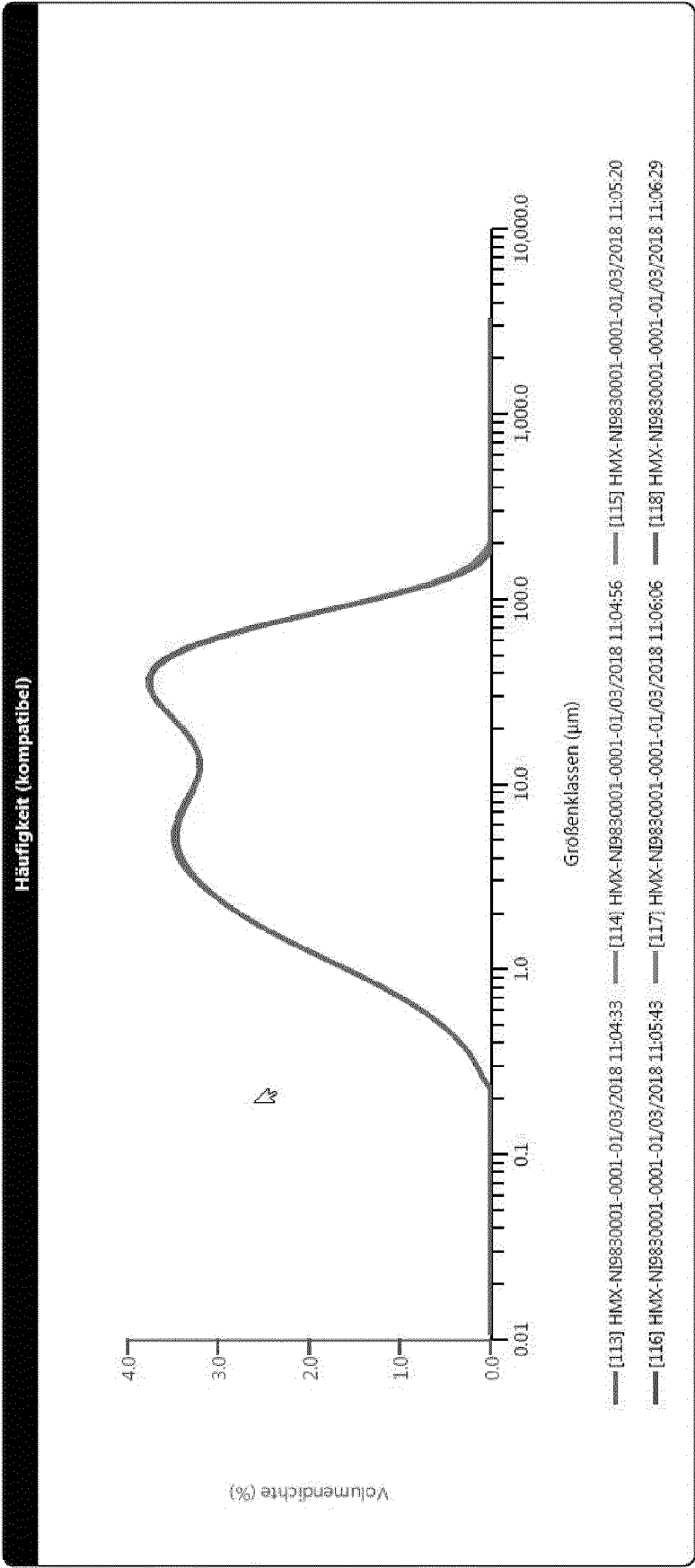


Fig. 4



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 21 16 2112

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	US 2012/305149 A1 (COULOUARN CHRISTOPHE [FR] ET AL) 6. Dezember 2012 (2012-12-06)	1-12, 14, 15	INV. C06B21/00 C06B45/02
A	* Absatz [0046]; Ansprüche 1, 2; Beispiel 1 *	13	
-----			
A	US 5 067 996 A (LUNDSTROM NORMAN H [US] ET AL) 26. November 1991 (1991-11-26)	1-15	
	* Spalte 2, Zeilen 3-9, 31-34 *		
-----			
A	DE 38 04 396 C1 (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM GMBH) 18. Mai 1989 (1989-05-18)	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)  C06B
	* Absätze [0001], [0004]; Beispiele 1-5 *		
-----			
A	US 2005/081970 A1 (HOFMANN HEINZ [DE] ET AL) 21. April 2005 (2005-04-21)	1-15	
	* Absätze [0007], [0021]; Ansprüche 1, 2, 5 *		
-----			
A	US 2010/065170 A1 (DOLL DANIEL W [US] ET AL) 18. März 2010 (2010-03-18)	1-15	
	* Beispiel 38 *		
-----			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		22. Juli 2021	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 : mündliche 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 16 2112

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.

22-07-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	US 2012305149	A1	06-12-2012	EP 2516355 A1		31-10-2012
				ES 2645933 T3		11-12-2017
				FR 2954308 A1		24-06-2011
				NO 2516355 T3		20-01-2018
				PL 2516355 T3		29-12-2017
				US 2012305149 A1		06-12-2012
				WO 2011086246 A1		21-07-2011
20	US 5067996	A	26-11-1991	KEINE		
	DE 3804396	C1	18-05-1989	KEINE		
	US 2005081970	A1	21-04-2005	KEINE		
25	US 2010065170	A1	18-03-2010	KEINE		
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 Nicht-Patentliteratur**

- **ERNST-CHRISTIAN KOCH.** *Defense Technology*, 2019, vol. 15, 467-487 [0003]