



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: B 22 C 1/20

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪

634 764

⑳ Gesuchsnummer: 2572/78

㉔ Anmeldungsdatum: 09.03.1978

㉓ Priorität(en): 31.12.1977 DE 2759262

㉔ Patent erteilt: 28.02.1983

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 28.02.1983

㉗ Inhaber:
Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH,
Düsseldorf-Heerdt (DE)

㉗ Erfinder:
Dr. rer. nat. Thorwald Born, Hannover 1 (DE)
Dr. rer. nat. Karl-Heinz Brüning, Langenhagen 1
(DE)

㉗ Vertreter:
Patentanwälte W.F. Schaad, V. Balass, E.E.
Sandmeier, Zürich

⑤④ **Bindemittelsystem für Formstoff-Mischungen zur Herstellung von Giessformen und Kernen.**

⑤⑦ Das Bindemittelsystem für Formstoff-Mischungen zur Herstellung von Giessformen und Kernen enthält als Reaktionspartner zur Bildung eines Polyurethans ein Polyisocyanat mit mindestens 2 NCO-Gruppen im Molekül und ein Polyol mit mindestens 2 OH-Gruppen im Molekül. Als Beschleuniger wird ein tertiäres Amin oder eine metallorganische Verbindung verwendet. Das Lösungsmittel des Bindemittelsystems besteht aus solchen Estern oder enthält solche Ester, deren Säure-Komponente entweder eine aliphatische Dicarbonsäure mit 6-12 C-Atomen oder eine Benzolpolycarbonsäure mit 3 oder mehr COOH-Gruppen ist, und deren Alkohol-Komponente ein aliphatischer, cycloaliphatischer, aryl-aliphatischer oder aromatischer Alkohol mit 6-13 C-Atomen ist.

PATENTANSPRÜCHE

1. Bindemittelsystem für Formstoffmischungen zur Herstellung von Giessformen und Kernen, mit einem Polyisocyanat mit mindestens 2 NCO-Gruppen im Molekül und einem Polyol mit mindestens 2 OH-Gruppen im Molekül als Reaktionspartner zur Bildung eines Polyurethans, mit einem tertiären Amin oder einer metallorganischen Verbindung als Beschleuniger sowie einem Lösungsmittel, welches aus Estern besteht oder Ester enthält, dadurch gekennzeichnet, dass solche Ester zugegen sind, deren Säurekomponente entweder eine aliphatische Dicarbonsäure mit 6 bis 12 C-Atomen oder eine Benzolpolycarbonsäure mit 3 oder mehr COOH-Gruppen ist und deren Alkoholkomponente ein aliphatischer, cycloaliphatischer, arylaliphatischer oder aromatischer Alkohol mit 6 bis 13 C-Atomen ist.

2. Bindemittelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ester im Gemisch mit hochsiedenden unpolaren Lösungsmitteln eingesetzt sind, wobei der Esteranteil von 10 Gew.-% an aufwärts beträgt und vorzugsweise im Bereich von 10 bis 60 Gew.-% liegt.

In der Giessereitechnik werden zur Herstellung von Giessformen und Kernen in nennenswertem Umfang Formstoff-Mischungen eingesetzt, bei denen ein körniger Formgrundstoff (meistens Sand) mit einem kalt aushärtbaren Bindemittelsystem auf Polyurethan-Basis vermischt ist. Ein solches Bindemittelsystem setzt sich zusammen aus Polyisocyanaten mit mindestens zwei NCO-Gruppen im Molekül und Polyolen mit mindestens zwei OH-Gruppen im Molekül als Reaktionspartnern sowie einem tertiären Amin (oder gegebenenfalls auch einer metallorganischen Verbindung) als Beschleuniger. Je nachdem, ob nach dem sogenannten «Kalthärteverfahren» oder nach dem sogenannten «Gashärteverfahren» gearbeitet wird, wird der Beschleuniger dabei entweder zusammen mit den übrigen Bestandteilen des Bindemittelsystems unmittelbar vor der Verarbeitung der Formstoff-Mischung zugesetzt, oder aber er wird erst nach dem Einbringen der zunächst ohne den Beschleuniger hergestellten Formstoff-Mischung in ein Formwerkzeug zugegeben, indem die Mischung im Formwerkzeug (gegebenenfalls nach vorheriger Verdichtung) mit einem gasförmigen tertiären Amin begast wird.

Weiterhin gehört zu einem solchen Bindemittelsystem im allgemeinen aber auch noch ein Lösungsmittel, und zwar besonders dann, wenn einer oder beide der Reaktionspartner in einer höhermolekularen Form, z. B. als Präpolymer vorliegen. So sind beispielsweise Kondensationsharze aus Phenolen oder phenolartigen Verbindungen mit Aldehyden sehr gut geeignete Polyole, die aufgrund ihres höheren Molekulargewichts regelmässig ein Lösungsmittel benötigen.

Obgleich das Lösungsmittel nicht an der Urethanbildung (also der Reaktion zwischen den Polyisocyanaten und den Polyolen) teilnimmt, übt es doch einen Einfluss auf den Reaktionsablauf aus, was u. a. wohl damit zusammenhängt, dass die beiden Reaktionspartner mit den verschiedenen Lösungsmittel-Typen unterschiedlich verträglich sind. So sind im allgemeinen polare Lösungsmittel gut für Phenolharze und dergleichen Polyole geeignet und nur weniger gut mit Polyisocyanaten verträglich, während für unpolare Lösungsmittel das umgekehrte gilt. In der Praxis werden deshalb normalerweise Gemische von polaren und unpolaren Lösungsmitteln eingesetzt, die auf das jeweilige Bindemittelsystem abgestimmt sind. Die einzelnen Bestandteile dieses Ge-

mischs sollten dabei im übrigen keinen zu niedrigen Siedebereich haben, damit das Lösungsmittel nicht durch Verdunstung zu rasch unwirksam werden kann.

Als unpolare Lösungsmittel dienen bevorzugt hochsiedende aromatische Kohlenwasserstoffe (meistens in Form von Gemischen) mit einem Siedebereich oberhalb von etwa 150 °C (bei Normaldruck), und als polare Lösungsmittel sind bisher aliphatische und zyklische Ketone, Fettsäureester, Acetale bzw. Ketale, Glycolester, Glycolätherester, Glycoldiäther und dergleichen Verbindungstypen, die auch mit ausreichend hohem Siedebereich zur Verfügung stehen, zum Einsatz gekommen.

Sämtliche dieser vorgenannten polaren Lösungsmittel haben jedoch – im Gegensatz zu den hochsiedenden Aromaten – den schwerwiegenden Nachteil, dass sie einen äusserst unangenehmen Geruch besitzen und damit zu einer erheblichen Arbeitsplatz-Belastung führen, die auch meist nicht durch Schutzmassnahmen wie Abzugshauben oder dergleichen abgefangen werden kann. In dem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die Entwicklung bei den Harzen inzwischen zu Produkten mit sehr geringer Geruchsbelästigung (z. B. infolge eines Restgehaltes an freiem Formaldehyd) geführt hat, so dass derzeit tatsächlich nur die Lösungsmittel die Hauptursache der Arbeitsplatz-Belastung sind.

Geruchlose Lösungsmittel mit im übrigen befriedigenden Eigenschaften sind daher dringend geboten.

Einen ersten Schritt in dieser Richtung bringt die OE-PS 342 794 durch den Vorschlag, als polare Lösungsmittel Phthalsäuredialkylester (vorzugsweise der o-Phthalsäure) zu verwenden, die bei Raumtemperatur flüssig sind und die einen Alkylrest von 1–12 und vorzugsweise von 3–6 C-Atomen besitzen. Solche Phthalsäureester sind tatsächlich weitgehend bis vollständig geruchsfrei. Sie haben auch noch den Vorteil, dass sie mit Polyisocyanaten verträglicher sind als z. B. Isophoron (ein häufig als Lösungsmittel eingesetztes zyklisches Keton) und deshalb zu Formkörpern mit etwas besseren Eigenschaften führen. Allerdings ist ihre Verträglichkeit mit Polyisocyanaten noch nicht optimal, und ausserdem haben sie den Nachteil, dass sie beim Giessvorgang leicht spalten können, was dann abgussseitig eine Sublimation mit starker Rauchentwicklung und entsprechend starkem Giessgeruch ergibt.

Mit der Erfindung soll nunmehr ein Bindemittelsystem für Formstoff-Mischungen zur Herstellung von Giessformen und Kernen ein geruchsfreies polares Lösungsmittel angegeben werden, das den Nachteil der Phthalsäuredialkylester hinsichtlich der thermischen Beständigkeit beim Giessvorgang vermeidet und das ausserdem die Eigenschaften sowohl der Formstoff-Mischung als auch der daraus hergestellten Formkörper erheblich verbessert.

Dieses Ziel erreicht die Erfindung dadurch, dass das Lösungsmittel aus solchen Estern besteht oder solche Ester enthält, deren Säure-Komponente entweder eine aliphatische Dicarbonsäure mit 6–12 C-Atomen oder eine Benzolpolycarbonsäure mit 3 oder mehr COOH-Gruppen ist, und deren Alkohol-Komponente ein aliphatischer, cycloaliphatischer, arylaliphatischer oder aromatischer Alkohol mit 6–13 C-Atomen ist.

Typische Beispiele für die Säure-Komponente der erfindungsgemäss vorgesehenen Gruppe von Estern sind die Reste der aliphatischen Dicarbonsäuren Adipinsäure (6 C-Atome), Suberinsäure (8 C-Atome), Azelainsäure (9 C-Atome), Sebacinsäure (10 C-Atome) und Dekandicarbonsäure (12 C-Atome), sowie die Reste der Benzolpolycarbonsäuren Trimellitsäure (3 COOH-Gruppen am Benzolkern) und Pyromellitsäure (4 COOH-Gruppen am Benzolkern). Für die Alkohol-Komponente sind alle aliphatischen Alkohole mit 6–13 C-Atomen vorgesehen, also beispielsweise vom Hexyl-

alkohol bis zum Tridecylalkohol, aber auch cycloaliphatische, arylaliphatische und aromatische Alkohole mit 6–13 C-Atomen wie Cyclohexylalkohol, Cyclooctylalkohol und Benzylalkohol, sowie gegebenenfalls auch Alkohole mit zusätzlichen Ätherbrücken wie Butoxyäthylalkohol. Sowohl für die Säure-Komponente als auch für die Alkohol-Komponente sind dabei alle Isomeren und Isomeren-Gemische, wie sie in Handelsprodukten üblicherweise vorkommen, mit eingeschlossen. Im übrigen brauchen die erfindungsgemässen Lösungsmittel nicht nur aus einem aus der oben definierten Gruppe von Estern zu bestehen, sondern können ebenso auch Gemische aus verschiedenen dieser Ester sein.

Dementsprechend können die erfindungsgemässen Lösungsmittel aus einem oder mehreren der folgenden speziellen Ester, die sich als sehr gut geeignet erwiesen haben, ausgewählt sein: Bis-(2-äthylhexyl)-adipat (DOA), Di-n-nonyl- u. Di-isononyl-adipat, Di-n-octyl- und Di-iso-octyl-adipat, Di-n-decyl- und Di-isodecyl-adipat (DIDA), Bis-[methylcyclohexyl]-adipat, Bis-[methylcyclohexylmethyl]-adipat, Benzyl-octyl-adipat, Bis-[butoxyäthyl]-adipat, Di-n-hexyl-azelainat (DHAZ), Tetrakis-[2-äthylhexyl]-pyromellitat, Trisisooctyl-trimellitat, tris-octyl-trimellitat, Bis-2-äthylhexyl-sebacat, Di-n-octyl-sebacat, Di-n-hexyl-sebacat, sowie Estern aus Alkohol-Gemischen wie Tri-n-C₈-C₁₀-Trimellitat (TTM) und Di-n-C₇-n-C₉-adipat). Ihr Siedebereich liegt durchweg oberhalb von 200 °C/20 Torr. und meistens erheblich oberhalb dieses Wertes. Sie gehören also sämtlich in die Klasse der sehr hoch siedenden Stoffe.

Die erfindungsgemässen Lösungsmittel sind geruchsfrei und nicht toxisch, sie erfüllen also die Forderungen nach einem Umweltschutz am Arbeitsplatz. Weiterhin sind sie thermisch sehr stabil, und sie verdunsten praktisch nicht. Vor allem aber verbessern sie die Eigenschaften der Formstoff-Mischung und der daraus hergestellten Formkörper in einem erheblichen Ausmass, der bei Formstoff-Mischungen für das Gashärteverfahren besonders markant zutage tritt.

Bevor die Vorteile der erfindungsgemässen Lösungsmittel im einzelnen erläutert werden, sei noch darauf hingewiesen, dass diese Vorteile angesichts der Tatsache, dass die bislang als Lösungsmittel bekannt gewordenen Ester im Prinzip analog strukturiert sind, in keiner Weise vorhersehbar waren. Allerdings haben bei den als Lösungsmittel bekannten aliphatischen Estern beide Komponenten oder mindestens eine Komponente eine relativ kurze Kettenlänge von weniger als 6 C-Atomen, und bei den bekannten Phtalsäureestern sind nur zwei Estergruppen am Benzolkern angeordnet. Demgegenüber weisen die erfindungsgemässen Lösungsmittel, soweit sie Ester einer aliphatischen Dicarbonsäure sind, eine im gleichen Bereich liegende, relativ grosse Anzahl von C-Atomen für beide Komponenten auf, und im Falle der Benzolpolycarbonsäuren besitzen sie drei oder sogar noch mehr Estergruppen am Benzolkern. Dieser Unterschied hat sich nun für den Erfolg der Erfindung als entscheidend erwiesen. Die erfindungsgemäss enthaltenen Ester besitzen nämlich – trotz der durchweg höheren Anzahl von Estergruppen im Molekül – einen stark hydrophoben, unpolaren Molekülaufbau, bei dem die polare Wirkung der Estergruppen weitgehend durch die aussenliegenden hydrophoben Reste abgeschirmt ist. Völlig überraschend ist dabei, dass sie dadurch gewissermassen eine Zwitterstellung bekommen, indem sie dem Harz gegenüber wie ein gutes polares Lösungsmittel wirken und ein gutes Lösungsvermögen zeigen, sich im übrigen aber wie ein unpolares Lösungsmittel verhalten, also hydrophobierend wirken und auch ausgezeichnet mit Polyisocyanaten verträglich sind.

Andere Ester mit langkettigen Komponenten, die aber nicht in den Bereich der Erfindung fallen, wie beispielsweise Butylstearat, erbringen die positiven Wirkungen der erfin-

dungsgemässen Lösungsmittel nicht. Dementsprechend ist der Bereich der erfindungsgemässen Lösungsmittel nach unten hin dadurch begrenzt, dass sich bei weniger als 6 C-Atomen für nur eine der beiden Ester-Komponenten (Säure oder Alkohol) kein Erfolg mehr einstellt. Nach oben hin ergibt sich die Grenze dadurch, dass Ester mit mehr als 12 bzw. 13 C-Atomen für die beiden Komponenten bereits wachstümlich fest werden.

Die gute thermische Stabilität der erfindungsgemässen Lösungsmittel in Verbindung mit ihrem hohen Siedebereich verzögert den Zerfallzeitpunkt beim Giessvorgang und erhöht damit die thermische Belastbarkeit der Formkörper. Dadurch werden nicht nur Belästigungen durch unangenehme Spaltprodukte vermieden, sondern es ergibt sich auch eine Verbesserung der Gussoberfläche, und zwar insbesondere bei Grauguss. Ausserdem verdunsten die erfindungsgemässen Lösungsmittel nicht, so dass sie auch beim Lagern von Kernen oder dergleichen Formteilen, die nach dem Gashärteverfahren gehärtet werden, erhalten bleiben und dadurch zur Energieaufnahme beim Abguss geeignet sind.

Weiterhin sind die Festigkeiten der Formkörper, die unter Verwendung der erfindungsgemässen Lösungsmittel hergestellt worden sind, generell ganz ausgezeichnet und jedenfalls den mit den bisher bekannten Lösungsmitteln erzielbaren Werten überlegen. In dem Zusammenhang ist aber auch besonders noch auf zwei andere Faktoren hinzuweisen, die beim Gashärteverfahren eine wichtige Rolle spielen, nämlich die Sandlebenszeit und die Lagerfähigkeit der ausgehärteten Kerne. Die Sandlebenszeit ist die Zeitdauer, innerhalb der eine vorbereitete, aber noch nicht mit dem Beschleuniger versetzte Formstoff-Mischung gelagert werden kann und brauchbar bleibt. Bei Verwendung der erfindungsgemässen Lösungsmittel lassen sich Sandlebenszeiten von 5 und mehr Stunden erzielen, wobei sich Formkörper ergeben, deren Festigkeiten zwar niedriger liegen als bei sofortiger Verarbeitung, aber für den Abguss durchaus noch voll ausreichend sind. Derartig hohe Sandlebenszeiten sind mit den bisher bekannten Lösungsmitteln nicht möglich gewesen. Entsprechend gut sind auch die ausgehärteten Formkörper lagerfähig. Während bei Verwendung der bisher bekannten Lösungsmittel die Festigkeitswerte im Verlaufe der Lagerung, insbesondere auch bei hohem Luftfeuchtigkeitsgehalt, nach Überschreiten eines Maximums wieder abfallen, zeigen Formkörper, die mit einem erfindungsgemässen Lösungsmittel hergestellt sind, diese Erscheinung nicht.

Diese Überlegenheit, die die erfindungsgemässen Lösungsmittel gegenüber den bisher bekannten Lösungsmitteln hinsichtlich der Festigkeit und Lagerfähigkeit der ausgehärteten Formkörper sowie der Sandlebenszeit aufweisen, ist offensichtlich eine Folge der stark hydrophoben Natur der erfindungsgemässen Lösungsmittel. Die bisher bekannten Lösungsmittel (einschliesslich auch der Phthalsäureester) sind nicht hydrophob genug, so dass es generell notwendig ist, die Formstoff-Mischung zur zusätzlichen Hydrophobierung noch mit speziellen Silanen zu versetzen. Die erfindungsgemässen Lösungsmittel benötigen eine solche Silanisierung nicht unbedingt. Sie führen auch ohne Silan-Zusatz bereits zu Ergebnissen, die mit den bisher bekannten Lösungsmitteln nur durch Silanisierung erreichbar sind. Wenn auch bei den erfindungsgemässen Lösungsmitteln noch eine zusätzliche Silanisierung erfolgt, werden die Ergebnisse dann entsprechend noch besser.

Weiterhin hat sich gezeigt, dass durch die erfindungsgemässen Lösungsmittel auch die Klebneigung bei der Kernherstellung drastisch verringert oder sogar völlig aufgehoben wird. Dadurch wird eine reibungslose Fertigung mit geringsten Ausschussquoten unter Fortfall von zeitraubenden Kernausschussarbeiten möglich. Auch das ist ein deutli-

cher Vorteil gegenüber den bisher bekannten Lösungsmitteln einschliesslich den Phthalsäureestern.

Schliesslich hat sich auch noch die überraschende Tatsache herausgestellt, dass Formstoff-Mischungen für das Gashärteverfahren, die unter Verwendung der erfindungsgemässen Lösungsmittel hergestellt sind, eine erheblich geringere Menge an gasförmigem tertiären Amin zur Begasung benötigen. Dieser verringerte Aminverbrauch, der je nach speziellem Harz und speziellem Lösungsmittel bis zu 50% betragen kann, ist ein weiterer wichtiger Vorteil.

Die erfindungsgemässen Lösungsmittel können für sich allein verwendet werden, kommen aber vorzugsweise im Gemisch mit üblichen unpolaren Lösungsmitteln, insbesondere den hochsiedenden Aromaten zum Einsatz. Bezogen auf ein solches Lösungsmittelgemisch kann der Anteil an erfindungsgemässen Lösungsmitteln dabei von 10% an aufwärts betragen, er liegt vorzugsweise im Bereich von 10–60% und wird auf das jeweilige Harz abgestimmt. Die fertige Harzlösung kann in allen Fällen einen im üblichen Bereich liegenden Feststoffgehalt von etwa 40–60% besitzen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einiger Ausführungsbeispiele erläutert und mit entsprechenden Vergleichsbeispielen verglichen. In allen Fällen wurde dabei wie folgt vorgegangen:

Es wurden für das Gashärteverfahren Formstoff-Mischungen in Chargen von 30 kg hergestellt, die sich jeweils aus

100 Gewichtsteilen Quarzsand H 32,
1 Gewichtsteil Harzlösung,
1 Gewichtsteil 85%ige Polyisocyanatlösung in hochsiedenden Aromaten (Siedebereich 150–250°C)

zusammensetzten. Variiert wurde nur die Harzlösung einmal in Hinsicht auf das Lösungsmittel und zum anderen auch in Hinsicht auf die Harztype selbst. Zum Einsatz kamen dabei hinsichtlich der Lösungsmittel mehrere in den erfindungsgemässen Bereich fallende Ester sowie zwei bekannte Lösungsmittel und hinsichtlich des Harzes zwei etwas unterschiedliche Kondensationsharze aus Basis Phenol-Formaldehyd, von denen das eine (Harz A) etwas langsamer reagierte und das andere (Harz B) etwas reaktiver war. In allen Fällen betrug die relative Luftfeuchtigkeit 70–80% und die Mischungstemperatur $24 \pm 1^\circ\text{C}$.

Die solcherart hergestellten Formstoff-Mischungen wurden in der üblichen Weise zu Formkörpern verschossen und durch Begasung mit Triäthylamin (Begasungszeit 1 sec) gehärtet. Anschliessend wurden sie 10 sec lang mit Luft gespült.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Biegefestigkeiten der so hergestellten Formkörper zusammengefasst, und zwar für die beiden unterschiedlichen Harztypen A und B und für eine Reihe verschiedener bekannter bzw. erfindungsgemässer Lösungsmittel in Abhängigkeit von der Lagerzeit der ausgehärteten Formkörper. Dabei wurden die gleichen Untersuchungsreihen einmal mit einer sofort verarbeiteten Formstoff-Mischung im Vergleich zu einer zuvor 1 Stunde lang gelagerten Formstoff-Mischung durchgeführt sowie zum anderen mit einem silanisierten Harz im Vergleich zu einem nicht silanisierten Harz. In allen Fällen ist dabei die Überlegenheit der erfindungsgemässen Lösungsmittel deutlich erkennbar.

Tabelle
Biegefestigkeiten in N/cm²

Harzlösung I: Gew. 55% Harz A (nicht silanisiert)
Gew. 15% polares Lösungsmittel
Gew. 30% hochsiedende Aromaten

polares Lösungsmittel mit 15%	Mischung sofort verarbeitet					Mischung 60 min gelagert				
	sof.	45'	24 h	48 h	7 Tg.	sof.	45'	24 h	48 h	7 Tg.
Iso	196	432	226	186	147	177	363	245	177	137
DOP	265	451	422	412	334	245	383	383	363	324
TTM	265	559	589	628	634	226	491	579	608	589
DOA	275	441	510	530	500	255	481	510	500	491
DIDA	275	481	500	520	540	265	461	491	491	520
DHAZ	284	491	530	530	530	255	461	530	520	530

Harzlösung II: Gew. 55% Harz B (nicht silanisiert)
Gew. 10% polares Lösungsmittel
Gew. 35% hochsiedende Aromaten

polares Lösungsmittel mit 10%	Mischung sofort verarbeitet					Mischung 60 min gelagert				
	sof.	45'	24 h	48 h	7 Tg.	sof.	45'	24 h	48 h	7 Tg.
Iso	314	451	441	422	304	275	412	373	353	275
DOP	216	481	520	540	520	206	422	432	451	451
TTM	314	540	634	618	589	284	481	530	540	549
DOA	314	530	559	608	608	284	451	510	549	549
DIDA	294	520	579	628	618	275	500	540	579	579
DHAZ	245	540	634	667	657	235	510	579	598	589

Harzlösung III: Gew. 55% Harz A (mit 0,3% Silanzusatz)
 Gew. 15% polares Lösungsmittel
 Gew. 30% hochsiedende Aromaten

polares Lösungsmittel mit 15%	Mischung sofort verarbeitet					Mischung 60 min gelagert				
	sof.	45'	24 h	48 h	7 Tg.	sof.	45'	24 h	48 h	7 Tg.
Iso	206	412	392	363	314	216	402	373	353	324
DOP	265	510	579	598	589	275	491	549	540	549
DOA	294	549	628	647	706	275	510	579	569	618
DHAZ	265	530	634	697	736	255	510	589	634	677

Erläuterungen der Abkürzungen:

Iso: Isophoron
 DOP: Di-(2-äthylhexyl)-phthalat
 TTM: Tri-nC₈-C₁₀-Trimellitat
 DOA: Di-(2-äthylhexyl)-adipat
 DIDA: Di-isodecyladipat
 DHAZ: Di-hexylazelainat