

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 197 332
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **86103152.4**(51) Int. Cl.⁴: **H01H 1/02**, **H01H 11/04**,
H01H 33/76(22) Anmeldetag: **08.03.86**(30) Priorität: **01.04.85 DE 3511879**(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.10.86 Patentblatt 86/42(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE FR GB IT LI SE(71) Anmelder: **DODUCO KG. Dr. Eugen**
Dürrwächter
Im Altgefäll 12 Postfach 480
D-7530 Pforzheim(DE)(72) Erfinder: **Mayer, Ursula, Dr. Dipl.-Phys.**
Julius Näherstrasse 22
D-7530 Pforzheim(DE)
Erfinder: **Michal, Roland, Dr. Dipl.-Ing.**
Krähenstrasse 8
D-7530 Pforzheim(DE)
Erfinder: **Radbruch, Jens, Dipl.-Ing.**
Kanzlerstrasse 228
D-7530 Pforzheim(DE)(74) Vertreter: **Twelmeier, Ulrich, Dipl.Phys. et al**
Patentanwälte Dr. Rudolf Bauer
Dipl.-Ing. Helmut Hubbuch, Dipl.Phys. Ulrich
Twelmeier Westliche Karl-Friedrich-Strasse
29-31
D-7530 Pforzheim(DE)(54) **Werkstoff für elektrische Kontakte mit Lichtbogen-Löschvermögen.**

(57) Es wird ein Werkstoff für elektrische Kontakte mit Lichtbogenlöschung beschrieben, welcher aus einer irreversibel ausgehärteten Polymer-Formmasse (Duomer) besteht, welche mit 5 bis 20 Vol.-% eines Metallpulvers und wahlweise bis zu 40 Vol.-% eines weiteren anorganischen, elektrisch nicht leitenden Pulvers gefüllt ist.

Als Duomer wird ein solches verwendet, welches sich ohne Auftreten einer flüssigen Phase aushärten läßt.

EP 0 197 332 A2

Werkstoff für elektrische Kontakte mit Lichtbogenlöschvermögen

Die Erfindung geht aus von einem Werkstoff für elektrische Kontakte mit der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Zusammensetzung. Ein solcher Werkstoff ist in der US-PS 4 011 426 beschrieben. Die in dieser Druckschrift beschriebenen Werkstoffe enthalten ein Metallpulver, beispielsweise ein Nickelpulver, ferner ein anorganisches, elektrisch nicht leitendes Pulver, beispielsweise Quarzmehl, Aluminiumoxidpulver oder Dolomitpulver, und ferner noch einen Kunststoff, welcher unter Lichtbogeneinwirkung Gase freisetzt, die den Lichtbogen zu löschen vermögen, insbesondere einen Kunststoff, welcher unter Lichtbogeneinwirkung elektronegative Gase freisetzt wie z.B. Polytetrafluoräthylen. Diese Bestandteile des Kontaktwerkstoffs werden durch ein Bindemittel zusammengehalten, und zwar werden als Bindemittel duromere Kunststoffe genannt, z.B. Phenolharz, Harnstoffharz, Melaminharz, insbesondere ein Mehrkomponenten-Epoxidharz. Die Herstellung der bekannten Werkstoffe geschieht bei Verwendung von Epoxidharz in der Weise, dass die pulverigen Bestandteile in eine flüssige bis pastöse Harzzubereitung eingeührt werden, welche ausser der Epoxidharz-Grundsubstanz noch Lösungsmittel und Härtemittel enthält, welche die Aushärtung - (Vernetzung) des Kunstharzes bewirken.

Diese bekannten Werkstoffe für elektrische Kontakte haben sich im praktischen Schaltbetrieb nicht bewährt: Ist der Anteil des Metallpulvers so hoch, dass man eine spezifische elektrische Leitfähigkeit von wenigstens 0,1 MS/m erreicht, dann ist der Abbrand im Schaltbetrieb zu hoch und das Lichtbogenlöschvermögen unzureichend. Setzt man andererseits den Anteil des Metallpulvers zugunsten der Substanzen mit Lichtbogenlöschvermögen so weit herab, dass man ein hinreichendes Lichtbogenlöschvermögen erhält, dann ist die elektrische Leitfähigkeit zu niedrig, um den Ausschaltstrom für die Zeitdauer der Lichtbogenlöschung zu führen. Der Abbrand im Schaltbetrieb bleibt hoch.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Werkstoff der eingangs genannten Art zu schaffen, welcher sich durch gutes Lichtbogenlöschvermögen und niedrigen Abbrand bei hinreichender elektrischer Leitfähigkeit auszeichnet. Diese Aufgabe wird gelöst durch Werkstoffe mit der im Patentanspruch 1 angegebenen Zusammensetzung. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Der erfindungsgemäße Werkstoff zeichnet sich durch die Auswahl eines besonderen Duromers aus, welches es erlaubt, eine vorgegebene elektrische Leitfähigkeit mit einem geringeren Anteil des Metallpulvers im Werkstoff zu erreichen als bisher. Der Anteil des Metallpulvers im Duromer soll erfindungsgemäß zwischen 5 und 20 Vol.-% liegen, vorzugsweise zwischen 8 und 12 Vol.-%. Dass man mit einem derart niedrigen Metallpulvergehalt bereits eine für Kontakte brauchbare elektrische Leitfähigkeit erreicht, hängt damit zusammen, dass für die Erfindung Duromere verwendet werden, die aus solchen Formmassen hergestellt sind, die sich ohne Auftreten einer flüssigen Phase härten lassen, insbesondere durch Erwärmen unter Druck härter sind. Die Formmassen enthalten ausser der Harzgrundlage üblicherweise Füllstoffe, z.B. Gesteinsmehl, Holzmehl.

In dem Vermeiden einer flüssigen Phase beim Aushärten liegt ein Unterschied zu den in der US-PS 4 011 426 beschriebenen Werkstoffen, in welchen als duromere Bindemittel Gießharze verwendet werden. Die Erfinder haben nämlich herausgefunden, dass die Partikel eines Metallpulvers in erfindungsgemäß ausgewählten Formmassen, welche unter Umgehung einer niedrigviskosen Schmelze irreversibel aushärten, in wesentlich geringerem Ausmaß von der Formmasse eingehüllt werden, als wenn sie in eine flüssige Gießharz-Zubereitung eingeührt werden, welche anschließend aushärtet. Deshalb kann man im erfindungsgemäßen Kontaktwerkstoff schon mit verhältnismäßig geringen Anteilen von Metallpulver eine große Zahl durchgehender Strompfade in der Formmasse ausbilden. So geringe Metallgehalte wären sonst nur möglich, wenn man durch Einbetten von Drähten oder dergleichen in den duromeren Kunststoff für durchgehende Strompfade sorgen würde; ein solcher Werkstoff wäre aber wegen seines inhomogenen und anisotropen Aufbaus als lichtbogenlöschender Kontaktwerkstoff nicht gut geeignet und in der Herstellung zu aufwendig. Das Ausbilden durchgehender Strompfade wird beim erfindungsgemäßen Kontaktwerkstoff begünstigt, wenn man ein Metallpulver verwendet, dessen Teilchen überwiegend in Form von Schuppen vorliegen, denn benachbarte Schuppen können durch wechselseitige Überlappung leichter Kontakt miteinander machen als kugelige oder dendritische Pulver.

Für die Erfindung sind Einkomponenten-Formmassen geeignet. Beispiele sind: Typ 802 nach DIN 16911, Typ 3515 der Fa. Bakelite GmbH in D-5680 Iserlohn (ein ungesättigtes Polyesterharz mit

kugeligem, anorganischem Füllstoff), Typ 870 nach der zurückgezogenen Norm DIN 16912, Typ 152 nach DIN 7708. Es handelt sich dabei um wärmehärtbare Formmassen.

Es ist grundsätzlich aber auch möglich, Formmassen zu verwenden, die sich auf andere Weise, z.B. durch Strahlung, härten lassen, sofern beim Härten keine flüssige Phase auftritt.

Als Metallpulver können solche verwendet werden, die eine hinreichende elektrische Leitfähigkeit aufweisen, insbe sondere Silberpulver, Kupferpulver, versilbertes Kupferpulver. Verwendbar ist auch Nickelpulver, hat jedoch den Nachteil, eine schlechtere elektrische Leitfähigkeit aufzuweisen.

Im Gegensatz zu dem aus der US-PS 4 011 426 bekannten Kontaktwerkstoff enthält der erfindungsgemäße Kontaktwerkstoff keine weiteren organischen Bestandteile (wie z.B. Polytetrafluoräthylen) zum Abspalten elektronegativer Gase unter Lichtbogeneinwirkung. Das Lichtbogenlöschungsvermögen beruht vielmehr allein auf den Zersetzungsprodukten des Duromers unter Lichtbogeneinwirkung; die Lichtbogenlöschung wird in erster Linie durch den bei der Zersetzung des Duromers entstehenden Wasserstoff bewirkt, aber auch weitere gasförmige Zersetzungsprodukte, namentlich Kohlenmonoxid, liefern einen Beitrag zum Lichtbogenlöschvermögen. Das Lichtbogenlöschvermögen dieser Zersetzungsprodukte beruht - anders als bei der Zersetzung von beispielsweise Polytetrafluoräthylen - nicht auf ihrer Elektronegativität, sondern darauf, dass sie die Lichtbogensäule in axialer Richtung beblasen und unterstützt durch ihre hohe Wärmeleitfähigkeit wirksam kühlen.

Die Erfinder haben weiterhin herausgefunden, dass man bei einem erfindungsgemäßen Kontaktwerkstoff die elektrische Leitfähigkeit erhöhen kann, ohne den Volumenanteil des Metallpulvers im Kontaktwerkstoff zu erhöhen, indem man einen Teil des Duromers durch ein anorganisches, elektrisch nicht leitendes Pulver ersetzt, dessen Partikel ein möglichst großes Volumen/Oberflächenverhältnis haben. Durch ein solches anorganisches, elektrisch nicht leitendes Pulver wird das Volumen, in welchem sich Metallpulver befindet, reduziert und dadurch die Ausbildung von Strompfaden begünstigt. Die Wirksamkeit dieses weiteren anorganischen Füllstoffes ist abhängig von der Gestalt und Größe seiner Partikel. Am besten geeignet ist ein Füllstoff, dessen Partikel eine kugelige Gestalt und eine Größe von nicht mehr als 300 µm, vorzugsweise von nicht mehr als 100 µm haben; gleichzeitig sollte die Teilchengröße des Metallpulvers demgegenüber um den Faktor 10 bis 20 kleiner sein als die Größe der Partikel des weiteren

anorganischen Füllstoffes, denn bei derartiger Wahl der Teilchengrößen können die Metallpulverteilchen am leichtesten Ketten um die Partikel des weiteren Füllstoffes herum bilden.

Der Anteil dieses weiteren Füllstoffes im Kontaktwerkstoff sollte 40 Vol.-% nicht überschreiten, vorzugsweise zwischen 25 und 35 Vol.-% liegen. Bei größeren Gehalten wird das Lichtbogenlöschvermögen zu stark herabgesetzt und der Abbrand zu stark erhöht. Als anorganischer, elektrisch nicht leitender Füllstoff eignen sich beispielsweise Gesteinsmehle und Quarzmehle, vorzugsweise wird ein Glaspulver verwendet.

Die Zugabe eines anorganischen, elektrisch nicht leitenden Füllstoffes (Quarzmehl) lehrt zwar auch bereits die US-PS 4 011 426, dort jedoch nicht zum Zweck der Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit, sondern zur Verbesserung der strombegrenzenden Eigenschaft eines Schalters beim Trennen seiner beiden Kontaktstücke, von denen allerdings nur eines den anorganischen, elektrisch nicht leitenden Füllstoff enthält. Ausserdem lehrt die US-PS 4 011 426 nicht, die Teilchengrößen der pulverförmigen Ausgangsstoffe in der besonderen Weise aufeinander abzustimmen, wie das in Weiterbildung der vorliegenden Erfindung bevorzugt wird; die US-PS 4 011 426 empfiehlt vielmehr für alle pulverförmigen Ausgangsstoffe einheitlich eine Teilchengröße zwischen 2 und 5 µm, wodurch die elektrische Leitfähigkeit im Vergleich mit einem Werkstoff ohne einen solchen Füllstoff sogar verringert wird.

Patentanspruch 12 gibt ein neues Verfahren zum Herstellen des erfindungsgemäßen Werkstoffes an. Man nimmt zu diesem Zweck ein Metallpulver und gegebenenfalls den wahlweise vorgesehenen anorganischen, elektrisch nicht leitenden, pulverigen Füllstoff, insbesondere mit den angegebenen Teilchengrößen, und vermischt diese am besten trocken mit einer Duromer-Formmasse, welche man zu diesem Zweck zuvor pulverisiert hat und welche unter Umgehung einer flüssigen Phase wärmehärtbar ist. Das Pulverisieren erfolgt am besten durch Mahlen eines Granulats aus der Duromer-Formmasse. Es ist Stand der Technik, dass man solche Granulate bei niedrigen Temperaturen mahlen kann. Vorzugsweise stellt man durch Mahlen des Granulates ein Pulver her, dessen Teilchen kleiner als 300 µm, noch besser kleiner als 100 µm sind. Hat man die Pulver miteinander vermischt, dann preßt man aus der Mischung (am besten zunächst ohne Wärmezufuhr) Formlinge und härtet diese dann durch Wärmezufuhr unter Druck aus. Weil beim Aushärten keine niedrigvis-

kose Phase auftritt, besteht nicht die Gefahr, dass ein wesentlicher Anteil der Metallpulverteilchen von der Formmasse vollständig umhüllt wird und für die Ausbildung von Strompfaden verloren ist.

Nachfolgend geben wir noch Ausführungsbeispiele von erfindungsgemäßen Kontaktwerkstoffen an:

Beispiel 1:

Als Formmasse wird ein ungesättigtes Polyesterharz, Typ 804 nach DIN 16911 verwendet. Diese Formmasse wird bei Raumtemperatur zu einem Pulver gemahlen und mit 200 µm Maschenweite abgesiebt. 88 Vol.-% der pulverisierten Formmasse mit einer Teilchengröße von weniger als 200 µm werden trocken mit 12 Vol.-% eines schuppenförmigen Silberpulvers mit einer mittleren Teilchengröße von 9 µm vermischt. Aus dieser Mischung werden unter Anwendung eines Drucks von $1,2 \cdot 10^8$ bis $1,5 \cdot 10^8$ N/m² tablettenförmige Formlinge kalt gepreßt und anschließend bei einer Temperatur von 165°C unter einem Druck von $1,8 \cdot 10^8$ bis $2,2 \cdot 10^8$ N/m² ausgehärtet.

Man erhält auf diese Weise einen Werkstoff mit einer elektrischen Leitfähigkeit von ungefähr 0,5 MS/m mit gutem Lichtbogenlöschvermögen und guter Abbrandfestigkeit. Ein Vergleich mit dem Werkstoff, welcher in der US-PS 4 011 426, Spalte 6, Zeilen 26-65 beschrieben ist, ergab, dass beim Schalten von Strömen mit einer Stromstärke von 400 A und einer Kontakttrennung binnen 10 ms der Abbrand pro Abschaltung beim bekannten Werkstoff bei 60 mg liegt, wohingegen er bei dem erfindungsgemäßen Werkstoff bei nur 11 mg lag.

Beispiel 2:

Als Formmasse wird eine ungesättigte Polyesterharz-Formmasse Typ 3515 der Fa. Bakelite GmbH in D-5860 Iserlohn verwendet. Diese Formmasse wird bei Raumtemperatur zu einem Pulver gemahlen und mit 100 µm Maschenweite abgesiebt. 88 Vol.-% der pulverisierten Formmasse mit einer Teilchengröße von weniger als 100 µm werden trocken mit 12 Vol.-% eines schuppenförmigen Silberpulvers mit einer mittleren Teilchengröße von 9 µm gemischt, unter Anwendung eines Drucks von $1,2 \cdot 10^8$ bis $1,5 \cdot 10^8$ N/m² kalt zu Tabletten gepreßt und anschließend bei einer Temperatur von 165°C unter einem Druck von $1,8 \cdot 10^8$ bis $2,2 \cdot 10^8$ N/m² ausgehärtet.

Der Werkstoff hat eine höhere Leitfähigkeit, aber ein geringeres Lichtbogenlöschvermögen als der im 1. Beispiel beschriebene Werkstoff.

Beispiel 3:

Als Formmasse wird eine Epoxidharz-Formmasse Typ 870 nach der zurückgezogenen Norm DIN 16912 verwendet. Diese Formmasse wird bei Raumtemperatur zu einem Pulver gemahlen und mit 100 µm Maschenweite abgesiebt. 88 Vol.-% der pulverisierten Formmasse mit einer Teilchengröße von weniger als 100 µm werden trocken mit 12 Vol.-% eines schuppenförmigen Silberpulvers mit einer mittleren Teilchengröße von 9 µm gemischt, unter Anwendung eines Drucks von $1,2 \cdot 10^8$ bis $1,5 \cdot 10^8$ N/m² kalt zu Tabletten gepreßt und anschließend bei einer Temperatur von 165 °C unter einem Druck von $1,8 \cdot 10^8$ bis $2,2 \cdot 10^8$ N/m² ausgehärtet.

Der Werkstoff hat eine höhere Leitfähigkeit und ein höheres Lichtbogenlöschvermögen als der im 1. Beispiel beschriebene Werkstoff.

Beispiel 4:

Als Formmasse wird eine Melaminharz-Formmasse, Typ 152 nach DIN 7708 verwendet. Diese Formmasse wird bei Raumtemperatur zu einem Pulver gemahlen und mit 100 µm Maschenweite abgesiebt. 88 Vol.-% der pulverisierten Formmasse mit Teilchengrößen von weniger als 100 µm werden trocken mit 12 Vol.-% eines schuppenförmigen Silberpulvers mit einer mittleren Teilchengröße von 9 µm gemischt, unter Anwendung eines Drucks von $1,2 \cdot 10^8$ bis $1,5 \cdot 10^8$ N/m² kalt zu Tabletten gepreßt und anschließend bei einer Temperatur zwischen 155 und 160°C unter einem Druck von $1,8 \cdot 10^8$ bis $2,2 \cdot 10^8$ N/m² ausgehärtet.

Der Werkstoff hat eine geringere elektrische Leitfähigkeit, aber ein wesentlich höheres Lichtbogenlöschvermögen als der im 1. Beispiel beschriebene Werkstoff.

Beispiel 5:

Das Beispiel 4 wird dahingehend abgewandelt, dass der Kontaktwerkstoff 30 Vol.-% Glaskugeln, 58 Vol.-% der Formmasse und 12 Vol.-% Silberpulver enthält. Es werden Glaskugeln mit einem Durchmesser $\phi \leq 0,1$ mm verwendet.

Der Werkstoff hat die höchste elektrische Leitfähigkeit aller fünf Beispiele und ein ähnlich gutes Lichtbogenlöschvermögen wie der Werkstoff aus dem 1. Beispiel.

Auch in den Beispielen 1 bis 4 kann ein entsprechender Anteil der duromeren Formmasse zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit durch Glaskugeln ersetzt werden. Eine Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit durch Erhöhen des Metalla-

nteils im Werkstoff hätte nach den Erkenntnissen der Erfinder den Nachteil, dass anders als bei der Zugabe eines anorganischen, nicht leitenden Pulvers das Lichtbogenlöschvermögen deutlich herabgesetzt würde (ein höherer Metallanteil führt unter Lichtbogeneinwirkung zu einer verstärkten, unerwünschten Metallverdampfung).

Es wird vermutet, dass der geringe Abbrand erfindungsgemäß hergestellter Kontaktstücke damit zusammenhängt, dass zum einen das Lichtbogenlöschvermögen der verwendeten Duromere günstig ist und dass zum anderen unter der Lichtbogeneinwirkung auf der Kontaktoberfläche keine -schmelzflüssige Phase entsteht, welche erfahrungsgemäß mit größerem Abbrand verbunden ist und obendrein den Übergangswiderstand durch Unterbrechen von Strompfaden erhöht. Andererseits ist der Anteil des Metallpulvers so niedrig, dass selbst bei Zugabe des anorganischen, elektrisch nicht leitenden Pulvers als weiterer Füllstoff in den angegebenen Mengen die damit hergestellten Kontaktstücke noch eine hinreichende Festigkeit haben.

Ansprüche

1. Werkstoff für elektrische Kontakte mit Lichtbogenlöschvermögen auf der Basis eines mit Metallpulver gefüllten, irreversibel ausgehärteten Polymers (Duomer), dadurch gekennzeichnet, dass er 5 bis 20 Vol.-% Metallpulver enthält und dass das Duomer aus einer Formmasse gebildet ist, welches sich ohne Auftreten einer flüssigen Phase aushärten läßt.
2. Werkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er 8-12 Vol.-% Metallpulver enthält.
3. Werkstoff nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallpulver überwiegend in Form von schuppenförmigen Teilchen vorliegt.
4. Werkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilchengröße des Metallpulvers zwischen 0,5 µm und 20 µm, vorzugsweise zwischen 0,5 µm und 10 µm liegt.
5. Werkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er als weiteren Füllstoff bis zu 40 Vol.-% eines anorganischen, elektrisch nicht leitenden Pulvers enthält, dessen Partikel eine möglichst kugelige Gestalt haben.
6. Werkstoff nach Anspruch 5, dadurch gekenn-

zeichnet, dass er zwischen 25 und 35 Vol.-% des weiteren Füllstoffes enthält.

7. Werkstoff nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Füllstoff Glas ist.

8. Werkstoff nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel des weiteren Füllstoffes eine Größe von nicht mehr als 300 µm vorzugsweise eine Größe von nicht mehr als 100 µm haben.

9. Werkstoff nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel des weiteren Füllstoffes eine Größe von mindestens 50 µm haben.

10. Werkstoff nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilchengrößen der Partikel des weiteren Füllstoffes das Zehnfache bis zum Zwanzigfachen der mittleren Teilchengröße des Metallpulvers betragen.

11. Werkstoff nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Duomer aus der Gruppe der Formmassen Typ 802 - (DIN 16 911), Typ 3515 der Fa. Bakelite GmbH in D-5680 Iserlohn (ein ungesättigtes Polyesterharz mit kugeligem, anorganischem Füllstoff), Typ 870 - (zurückgezogene DIN 16 912), und Typ 152 (DIN 7708) ausgewählt ist.

12. Verfahren zum Herstellen eines Werkstoffes mit einer Zusammensetzung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass man das Metallpulver, eine zu einem Pulver vermahlene, wärmehärtbare Duomer-Formmasse und gegebenenfalls das wahlweise als weiterer Füllstoff vorgesehene anorganische, elektrisch nicht leitende Pulver miteinander vermischt, zu Formlingen preßt und diese unter Druck durch Wärmezufuhr aushärtet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die pulverige Duomer-Formmasse durch Absieben auf Teilchengrößen von maximal 300 µm, vorzugsweise maximal 100 µm, beschränkt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel der pulverigen Duomer-Formmasse und des weiteren anorganischen Füllstoffes ungefähr gleich groß sind.

15. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass man die Pulver trocken vermischt und kalt zu Formlingen preßt, bevor sie ausgehärtet werden.