



WIAP®

MEMV®



# Metall entspannen mit Vibration

## Ermittlungsbericht WM897\_a\_Kunststoff Tempnern Info

Erstellt hpw 2018\_05\_20

Eine Anfrage aus dem Ausland im Beginn 2018 aufgrund unserer diversen Pressemitteilungen, ob auch Kunststoff entspannt werden kann, hat uns bewegt, diese Untersuchung zu beginnen.

Wir haben diesen Ermittlungs Datensammlung erstellt, um besser heraus zu finden, was passiert beim Kunststoff.

### Infos aus dem Internet

<https://de.wikipedia.org/wiki/Tempnern>

### Tempnern

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Dieser Artikel behandelt moderne technische Verfahren; zur Anwendung beim Material Feuerstein siehe [Tempnern von Feuerstein](#).

Der Begriff **Tempnern** beschreibt allgemein das Erhitzen eines [Materials](#) über einen längeren Zeitraum. Mit einem solchen Verfahren ist es beispielsweise möglich, die Verteilung [mechanischer Spannungen](#) in einem Bauteil aus [Glas](#) oder [Acryl](#) zu kontrollieren. Durch Tempnern ist es aber auch möglich, gezielt die Struktur eines Festkörpers zu ändern, beispielsweise das [Gefüge](#) bei Bauteilen aus [Gusseisen](#) oder die Umwandlung der [Kristallstruktur](#) von [dünnen Schichten](#). Tempnern ist eine Form der [Wärmebehandlung](#).

Tempnern wird in der Glas- und Kunststofftechnik, im Eisenhüttenwesen (siehe auch [Temperguss](#)) wie auch in der [Dünnschichttechnik](#) angewendet.

Eine Wärmebehandlung während oder nach dem galvanischen Prozess bei der Herstellung von Teilen der Verbindungstechnik (z. B. Schrauben) wird ebenfalls als Tempnern bezeichnet.

## Inhaltsverzeichnis

- [1 Beschreibung](#)
- [2 Anwendungsbereiche](#)
  - [2.1 Glas](#)
  - [2.2 Gusseisen](#)
  - [2.3 Herstellung von Verbindungselementen \(z. B. Schrauben\)](#)
  - [2.4 Elektronikfertigung](#)
  - [2.5 Halbleiter- und Mikrosystemtechnik](#)
- [3 Siehe auch](#)
- [4 Weblinks](#)
- [5 Einzelnachweise](#)

## Beschreibung

Im physikalischen Sinn bedeutet Tempnern, dass ein Festkörper auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur erhitzt wird. Dies geschieht über eine längere Zeit hinweg (einige Minuten bis hin zu einigen Tagen). Durch die erhöhte Beweglichkeit der Atome können so Strukturdefekte ausgeglichen und die Kristallstruktur in der Nah- und Fernordnung verbessert werden. Auf diese Weise kann der Prozess des Schmelzens und (extrem) langsamen Abkühlens zur Einstellung der Kristallstruktur vermieden werden.

## Anwendungsbereiche

### Glas

Das Bauteil wird auf eine Temperatur knapp oberhalb der [unteren Entspannungsgrenze](#) gebracht und dort ausreichend lange gehalten, bis sich das gesamte Bauteil gleichmäßig auf diese Temperatur erwärmt hat. Dabei darf die Temperatur nicht den [oberen Kühlpunkt](#) überschreiten, um unkontrollierte Formänderungen zu vermeiden.

Das anschließende Abkühlen wird je nach dem beabsichtigten Ergebnis in zwei unterschiedlichen Weisen ausgeführt:

- Wenn das Bauteil anschließend frei von inneren mechanischen Spannungen sein soll, erfolgt der Abkühlprozess bis zur unteren Entspannungsgrenze *langsam und stetig*. Unterhalb dieser kritischen Temperatur führen vorübergehende [Temperaturgradienten](#) nicht mehr zu eingefrorenen Verformungen und permanenten Spannungen und die weitere Abkühlgeschwindigkeit ist nun nur noch durch die [Zugfestigkeit](#) des Glases begrenzt. Vor allem bei [optischen Komponenten](#) ist die Freiheit von eingefrorenen inneren Spannungen ein entscheidendes Qualitätsmerkmal, da solche Spannungen bei Gläsern zu einer – meist ungewollten – [Doppelbrechung](#) führen.
- Ein rasches Abkühlen durch [Abschrecken](#) führt dazu, dass sich in der schneller abkühlenden Oberfläche zunächst Zugspannungen bilden, die durch plastische Verformung abgebaut werden. Diese Verformung wird eingefroren und bewirkt nach Ausgleich der Temperaturunterschiede Druckspannung in der Oberfläche, die bei korrekter Ausprägung die Festigkeit des so gewonnenen [Temperglases](#) gegen mechanische und thermische Belastungen während des Gebrauchs im Vergleich zum entspannten Glas wesentlich erhöhen.

## Gusseisen

Beim Gusseisen versteht man unter Tempnern langzeitiges [Glühen](#) bei Temperaturen zwischen 700 °C und 1050 °C zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften ([Festigkeit](#), [Zähigkeit](#)). Das Ergebnis ist Temperguss.

## Herstellung von Verbindungselementen (z. B. Schrauben)

Werden Verbindungselement aus hochfestem Stahl ( $R_m > 1000 \text{ N/mm}^2$ ) aus Gründen des Korrosionsschutzes einer galvanischen Nachbehandlung unterzogen, muss zur Vermeidung der [Wasserstoffversprödung](#) während oder unmittelbar nach der Galvanisierung diese Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 200-230 °C durchgeführt werden.

## Elektronikfertigung

In der [Elektronikfertigung](#) wird das Temper-Verfahren zur Vorbereitung von Bauteilen sowie von unbestückten [Leiterplatten](#) benutzt. Ziel ist es, unerwünschte [Feuchtigkeit](#), welche im Laufe der Zeit in die Bauteile bzw. die Leiterplatte hineinkriecht, wieder zu entfernen. Andernfalls kann es durch die schnelle Aufheizung beim [Löten](#) (auf über 200 °C) zu [Verpuffungen](#) kommen, welche möglicherweise das Bauteil zerstört. Eine unbestückte Leiterplatte, die aus mehreren verklebten Lagen besteht, kann möglicherweise delaminieren, das heißt, die Lagen trennen sich voneinander.

## Halbleiter- und Mikrosystemtechnik

In der [Halbleiter-](#) und [Mikrosystemtechnik](#) finden Tempervverfahren vielfältige Anwendung. In der Regel handelt es sich dabei um Prozessschritte bei denen die Eigenschaften von dünnen Schichten oder dem Halbleitersubstrat (ein [Wafer](#)) verändert werden. Dazu zählen unter anderem:<sup>[1]</sup>

1. die Beseitigung von Kristallschäden, beispielsweise nach einem [Ionenimplantationsschritt](#), oft als „Ausheilen“ bezeichnet.
2. die Erhöhung der Diffusionsgeschwindigkeit für
  - o die [Eindiffusion](#) von Dotierstoffen
  - o die Beschleunigung von [chemischen Reaktionen](#), beispielsweise einer [Silizidbildung](#) bei den Source-Drain-Gebieten.
3. die Erhöhung der Flussgeschwindigkeit von bestimmten Schichten, beispielsweise von [Borphosphorsilicatglas](#) (BPSG) zur Glättung der [Wafertopografie](#)

Die Temperschnitte werden meist unter [Formiergas](#) oder einer anderen inerten Atmosphäre durchgeführt. Die dabei eingesetzten Temperaturen betragen je nach Anwendung und Material von wenigen hundert bis knapp zweitausend Grad Celsius. Im erweiterten Sinn werden manchmal auch Oberflächenreaktionen, bei denen Material aus dem Gasraum in die Schicht bzw. das Substrat eingebaut wird, beispielsweise die [thermische Oxidation von Silizium](#), als Temperschnitt bezeichnet.<sup>[1]</sup>

Die Temperschnitte erfolgen häufig in Rohröfen, wie sie auch bei der thermischen Oxidation von Silizium

angewendet werden. Diese Öfen weisen relativ lange Aufheiz- und Abkühlzeiten auf, da sie den gesamten Wafer möglichst gleichmäßig auf die gewünschte Temperatur bringen müssen. Für bestimmte Anwendungen sind sie daher entweder zu langsam oder lassen sich nicht ausreichend gut kontrollieren. Aus diesem Grund wurden sogenannte Kurzzeittemperverfahren (engl. [rapid thermal processing](#)) entwickelt, bei denen meist nur ein Teil des Wafers bzw. der Schicht aufgeheizt wird. Da hierbei weniger Material erwärmt werden muss lassen sich deutlich geringere Prozesszeiten erzielen – allerdings handelt es sich hierbei meist um eine Einzelwaferprozessierung und nicht wie beim Ofenprozess um eine Prozessierung von 100 oder mehr Wafern gleichzeitig.

<http://www.selbst.de/kunststoff-tempnern-49.html>

**Bearbeitet man Kunststoff in der heimischen Werkstatt, führt das zu internen Spannungen im Material. Dass aus diesen Materialspannungen keine Risse oder Schäden entstehen, sollte man den Kunststoff tempnern.**

Wenn Sie Kunststoffe wie Acrylglas/Plexiglas spanabhebend (abrasiv) bearbeiten (wie sägen, fräsen oder drehen) entstehen Spannungen im Material die schnell zu Schäden führen können. Gleiches droht, wenn Sie den Acrylglas warmverformen (= biegen und abkanten). Kommen die Kunststoffe zusätzlich noch mit korrosiven Substanzen (wie Lösungsmitteln, Lacken oder aggressiven Reinigungsmitteln) in Kontakt tauchen schnell Spannungsrisse im Material auf. Hochwertige Kunststoffe wie Acryl-

glas/Plexiglas tolerieren zwar recht hohe Zugspannungen, doch auch bei diesen Werkstoffen ist es sinnvoll, den bearbeiteten Kunststoff zu tempnern, um spätere Schäden von ihm fernzuhalten.

**Ziel des Tempnern von Kunststoff ist es vor allem ...**

- innere Spannungen abzubauen und
- eine bessere Wärmebeständigkeit des Werkstoffs zu erzielen

Unter **Kunststoff tempnern** versteht man die Wärmebehandlung eines Materials, um die produkt-spezifischen Eigenschaften zu erhalten oder wieder herzustellen. Bei vielen thermoplastischen Kunststoffen (vor allem bei Acrylglas PMMA) erfolgt dies durch sogenanntes Warmlagern. In der Industrie geschieht das in großem Maßstab in temperaturgeregelten Umluftöfen – zuhause genügt für kleine Acrylglas-Beiteile der eigene Umluft-Backofen, um den **Kunststoff zu tempnern**.

**Standard-Vorgehen beim Tempnern von Kunststoff:**

- Tempnern Sie Kunststoff nur in einem temperaturgeregelten Umluftofen
- Die Temper-Temperatur muss unterhalb des materialspezifischen Erweichungs-/Schmelzpunkts liegen
- Während des Temperns ist die Temperatur möglichst konstant zu halten und für eine allseitige Luftzirkulation innerhalb des Ofens zu sorgen
- Wichtig für den Erfolg des Temperns von Kunststoff ist eine

langsame, gleichmäßige Temperaturerhöhung und ...

- ... das konstante Halten der Temperatur über einen vergleichsweise langen Zeitraum
- Entscheidend für den Erfolg des Tempers ist zudem eine sehr langsame, gleichmäßige Abkühlung

Das Tempnern greift in die Molekülstruktur des Kunststoffs ein: Durch die Bearbeitung "durcheinandergeratene" Molekülgerüste werden wieder geordnet, was die internen Spannungen löst. Damit das Acrylglas diese zurückgewonnen positiven Eigenschaften auch nach dem Tempnern beibehält, ist eine geordnete Abkühlung wichtig: Die Kunststoff-Bauteile sollten erst bei unter 50° C aus dem Ofen genommen werden und danach langsam bei Raumtemperatur weiter auskühlen.

### **Plexiglas tempnern**

Falsches Sägen und Bohren beeinflusst die Materialeigenschaften von Plexiglas. Die Wärme aus der mechanischen Bearbeitung verändert die Molekülketten des Materials. Es bauen sich dauerhafte Spannungen auf, die dazu führen, dass das Material reißt, sobald es mit aggressiven Mitteln, wie Klebern, Reinigungsmitteln, Dichtungsmitteln oder Parfum in Kontakt kommt.

Vor der Weiterverarbeitung muss man daher alle Werkstücke tempnern, um diese von Materialspannungen zu befreien. Dazu legt man das Plexiglas auf ein Gitterrost in den Umluftherd. Gegossenes Plexiglas (GS) bei 80 °C, extrudiertes (XT) bei 70 °C. Die Heizdauer in Stunden errechnet sich aus der Materialstärke in mm durch drei – mindestens jedoch zwei Stunden.

Danach müssen die Werkstücke im geschlossenen Ofen etwa auf Raumtemperatur abkühlen, ehe Sie sie weiterverarbeiten können.

### **Werkstücke im Umluftherd tempnern**



Roland Sättler, Anwendungstechniker bei Evonik Röhm, rät:

Hier Temper r2

Die Firma Thyssen hat auf Ihrer Webseite auch viel über Kunststoff. Was Sie bei den Diversen Arten über Tempnern in den Unterlagen haben, hier ein Auszug

Alle Infos aus Kunststoff Thyssen PDF Datei betreffs dem Tempnern

### **Anpressdruck**

Bedingt durch die geringe Oberflächenhärte und dem insgesamt zähelastischen Verhalten kann es an der Bearbeitungsstelle nach Abzug des Werkzeugs zu Rückfederungen kommen. Deshalb sollte der Anpressdruck gering gehalten werden.

### **Tempnern**

Infolge frei werdender innerer Spannungen durch mechanische Bearbeitung können Risse auftreten. Durch den Einsatz von getempertem Halbzeug kann dies verhindert werden. Trotzdem entstehen bei der mechanischen Bearbeitung

### **Lagerung**

In Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeitsaufnahme treten Maßänderungen auf. Die Lagerung von Halbzeug bei Bearbeitungstemperatur (Wärmeausdehnung ist zu beachten) kann viele Probleme durch temperaturbedingte Formatänderungen minimieren.

### **Tempnern**

Hinsichtlich der Planheit der Tafeln können Probleme infolge frei werdender innerer Spannungen auftreten. Durch den Einsatz von konditioniertem, getempertem Halbzeug kann hier vorgebeugt werden. Gepresste Tafeln sind grundsätzlich spannungsärmer als extrudierte. Bei komplexen Konturen (Maschinenbau) kann auch Zwischentempnern während des Bearbeitungsprozesses Abhilfe leisten, um Toleranzen einzuhalten.

### **Spanende Bearbeitung**

Entscheidend ist hier die Wahl der richtigen Werkzeuge und der richtigen Schnittbedingungen. Bei der spanenden Bearbeitung ist es wichtig, auf eine hohe Schnittgeschwindigkeit, scharfe Werkzeuge, geringen Vorschub und eine gute Spanabführung zu achten. Die beste Kühlung ist die Wärmeabfuhr über den Span, da Thermoplaste schlechte Wärmeleiter sind. Bei Flüssigkeitskühlung nur reines Wasser verwenden (sonst ist Spannungsrissbildung möglich).

**Lagerung**

In Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit Aufnahme treten Maßänderungen auf. Die Lagerung von Halbzeug bei Bearbeitungstemperatur (Wärmeausdehnung ist zu beachten) kann viele Probleme durch temperaturbedingte Formatänderungen minimieren.

**Tempn**

Probleme hinsichtlich der Planheit der Tafeln können infolge frei werdender innerer Spannungen auftreten. Durch den Einsatz von konditioniertem, getempertem Halbzeug kann hier vorgebeugt werden. Bei komplexen Konturen (Maschinenbau) kann auch Zwischentempn während des Bearbeitungsprozesses Abhilfe leisten, um Toleranzen einzuhalten. Mit dem Tempn erreicht man eine Reduzierung von Eigen- und Bearbeitungsspannungen und eine Verbesserung mechanischer Gebrauchseigenschaften.

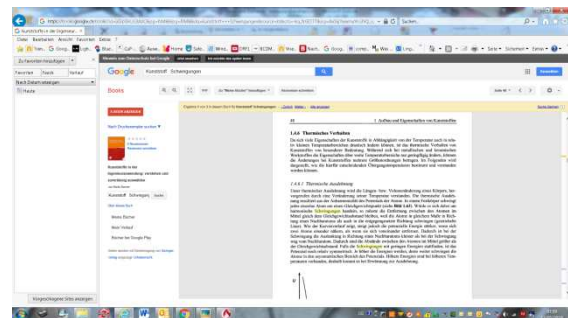
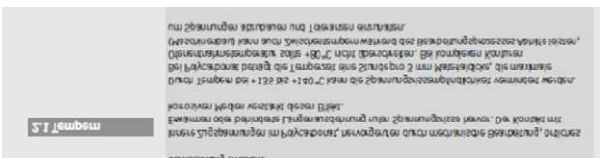
**Spanende Bearbeitung**

Entscheidend ist hier die Wahl der richtigen Werkzeuge und der richtigen Schnittbedingungen. Bei der spanenden Bearbeitung ist es wichtig, auf eine hohe Schnittgeschwindigkeit, scharfe Werkzeuge, geringen Vorschub und eine gute Spanabführung zu achten. Die beste Kühlung ist die Wärmeabfuhr über den Span, da Thermoplaste schlechte Wärmeleiter sind. Bei Flüssigkeitskühlung nur reines Wasser verwenden (sonst ist Spannungsrissbildung möglich). Um eine hohe Sicherheit im Dauerbetrieb der Konstruktionsteile zu gewährleisten, sollte bei der Herstellung möglichst auf scharfe Konturen verzichtet werden.

**Tempn**

Probleme hinsichtlich der Planheit der Tafeln können infolge frei werdender innerer Spannungen auftreten. Durch den Einsatz von konditioniertem, getempertem Halbzeug kann hier vorgebeugt werden. Gepresste Tafeln sind grundsätzlich spannungärmer als extrudierte. Bei komplexen Konturen (Maschinenbau) kann auch Zwischentempn während des Bearbeitungsprozesses Abhilfe leisten, um Toleranzen einzuhalten.

[https://books.google.ch/books?id=uGipGKU3A0C&pg=PA48&lpg=PA48&dq=Kunststoff+++Schwingungen&source=bl&ots=-Kq\\_NGID77&sig=A6SxjYxexmuVlo3VQ\\_oJK1dS7hE&hl=de&sa=X&ved=2ahUKewiyuTTvf\\_aAhUG\\_KQKHbjUBgQQ6AEwBHoECAAQPg#v=onepage&q=Kunststoff%20%20%20Schwingungen&f=false](https://books.google.ch/books?id=uGipGKU3A0C&pg=PA48&lpg=PA48&dq=Kunststoff+++Schwingungen&source=bl&ots=-Kq_NGID77&sig=A6SxjYxexmuVlo3VQ_oJK1dS7hE&hl=de&sa=X&ved=2ahUKewiyuTTvf_aAhUG_KQKHbjUBgQQ6AEwBHoECAAQPg#v=onepage&q=Kunststoff%20%20%20Schwingungen&f=false)



Diese Technischen Unterlagen WM 897\_a\_Kunststoff Tempn\_Info . Ist eine Datensammlung für die Ermittlung und bessere Erkenntnisse für unserer MEMV Verfahren. Der Quell Link liegt bei.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Temperguss>

In früheren Jahren hat HP Widmer bei der +GF+ in der Tempergiesserei 3 Monate in der Reparatur Abteilung arbeiten dürfen. Daher besteht heute noch ein Bezug zu Temperguss, das viel für Fitting verwendet wurde. Wir selber arbeiten auch heute noch oft noch damit. Kunststoff tempnern, interessant!

Ende Ermittlungsbericht Bericht WIAP  
MEMV WM\_897\_a  
Kunststoff\_Tempnern\_Info

## Temperguss

---

**Temperguss** (lateinisch *temperare*, deutsch ‚mäßigen‘) ist eine Gusseisensorte, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und des Erstarrungsvorgangs nach dem metastabilen System des Eisen-Kohlenstoff-Diagramms graphitfrei erstarrt und als vorerst harter, spröder Temperrohrguss in der Gussform entsteht. Eine anschließende Wärmebehandlung, das Tempnern, bewirkt eine Gefügewandlung. Der Zementit im Gussgefüge wird erst nach besonders langer Glühzeit zum Zerfall gebracht. Der dabei entstehende Graphit wird als Temperkohle bezeichnet und zeichnet sich durch seine charakteristische Knöllchenform aus. Durch diese Gestalt unterbrechen die Temperkohleflocken den Zusammenhang der metallischen Grundmasse nicht so ungünstig und mit potentieller Kerbwirkung wie die Grafitlamellen im Gusseisen mit Lamellengrafit. Das ist der Hauptgrund, warum Temperguss bessere mechanische Eigenschaften als normales Gusseisen mit Lamellengrafit aufweist und daher als zäh und gut bearbeitbar bezeichnet werden kann. Anhand des Bruchaussehens wird der Temperguss in schwarzen und weißen Temperguss unterteilt.

Diese Technischen Unterlagen WM 897\_a\_Kunststoff Tempnern\_Info . Ist eine Datensammlung für die Ermittlung und bessere Erkenntnisse für unserer MEMV Verfahren. Der Quell Link liegt bei.