

Schneller batteriebetriebener temperaturbegrenzter Heizer ohne Temperatursensor

Arvi Kruusing

Hemeltron 2015

Der Heizer wurde entwickelt für die Montage von Nieten aus Formgedächtnispolymeren, aber der Schaltung kann auch für verschiedene andere Zwecke genutzt werden wie das Koagulieren der Proteine, das thermopolymerisieren, das Löten, für die Prüfung und Untersuchung von temperaturbefindlichen Materialien usw. Die Temperatur der Heizspitze kann bis 2000 °C betragen.

Stichworte: Heizer, Temperaturregelung

Merkmale der hier beschriebenen Schaltung

- Heizungsleistung 2...3 W;
- Temperatur der Heizspitze begrenzt auf 115 °C (einstellbar);
- Anstiegszeit des Temperatur 1...2 s;
- Durchmesser der Heizspitze ~1 mm;
- Heizspitze hat nur 2 Verbindungsleitungen, das Fertigen von abwechselbaren Spitzen ist kein Problem;
- 2 Signalleuchte für Indikation, dass die Temperatur des Heizers >70 °C ist;
- Heizungszeit intern begrenzt auf ~15 s (t_1);
- Heizung bricht sofort ab, wenn die Starttaste gelöst wird;
- Versorgungsspannung für die Steuerungschaltung wird automatisch nach 25 s von Start (t_2) eingestellt und das Gerät geht in den Wartezustand über;
- kleiner Strombedarf: im Wartezustand, 15 μ A (gemessen); in aktiver Zustand ohne Heizstrom und ohne Leuchtdioden 1,1 mA (gerechnet); Strom durch Leuchtdioden insgesamt 1,6 mA (gemessen);
- Batterie-betrieben, 1,5 V Versorgungsspannung;
- eine Batterie (Mignon) reicht für über 100 Heizungszyklen aus.

Prinzip der Temperaturregelung

Der Heizer ist von zwei Metallen mit verschiedene Thermospannungen zusammengestellt; der Heizungsstrom wird periodisch ausgeschaltet und während Pausen wird die Thermospannung am Heizer abgetastet.

Es wurden hier Kupfer und Konstantan angewandt – wegen der hohen Thermospannung, gute Lötbarkeit und Vorhandensein einer weiten Auswahl von Drähten.

Vorteile

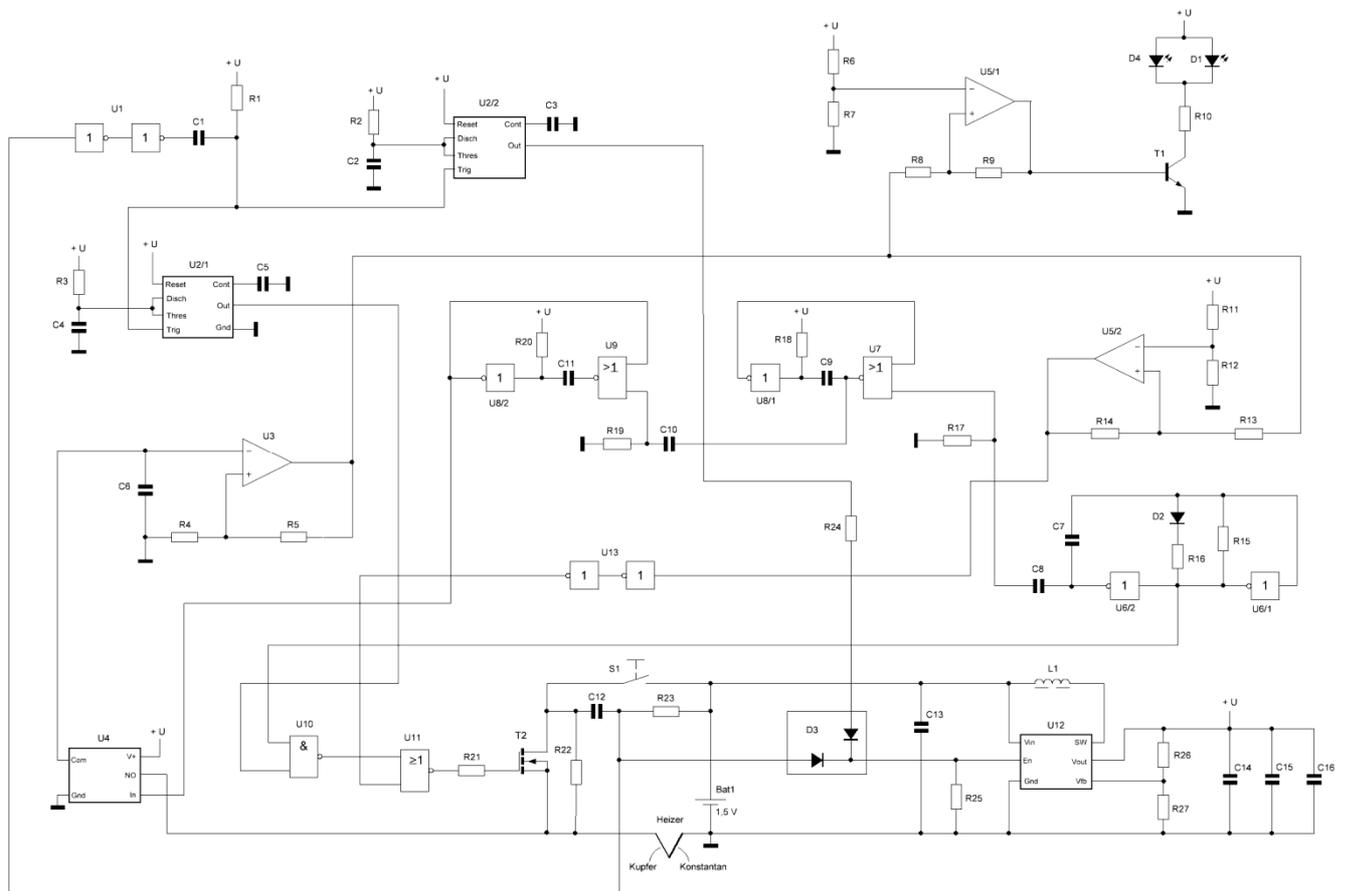
– Die Thermospannung hängt nicht vom Widerstand/Leistung des Heizers ab – Wechseln von unterschiedlich dimensionierten Heizspitzen bedingt keine Änderungen im Regelschaltung;
Kontaktwiderstände verursachen keinen Temperaturmessfehler;

– Der Heizer hat nur zwei Verbindungsleitungen;

– Kein Temperaturüberschuss beim Einschalten, weil zwischen dem Heizer und dem Sensor keinen Abstand gibt; sehr kleine Aufheizzeiten sind möglich ohne Überhitzungsgefahr des Heizers oder der Temperaturisolation. (z.B. Durchbrennen von Glühdraht bei der wechselnden Wärmeabfuhr wird vermieden.)

Der Verbindungspunkt von Leitern, in dem die Thermospannung entsteht und in dem der Temperatur bestimmt wird, kann an verschiedene Stellen des Heizers platziert werden, z.B. an die Spitze, an den Mittelpunkt oder an den Fuß.

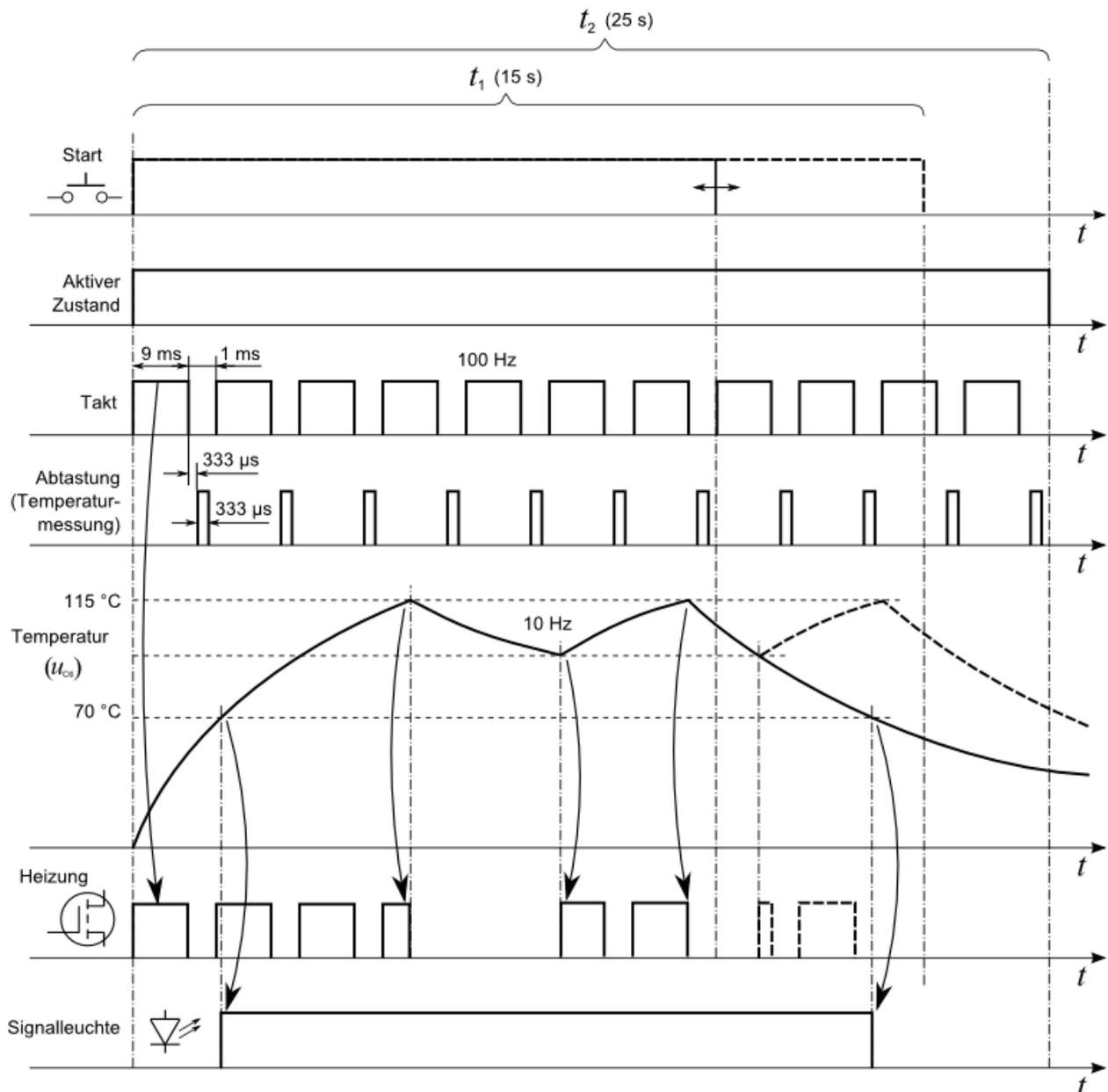
Schaltbild



Schalter:– Lötbare Schnappscheibe von INOVAN GmbH & Co. KG, Artikel 40 2210 02; Ø8,2 mm, vergoldet, auf vergoldete Leiterbahnen.

Diese Schnappscheibe schaltete problemlos bis 2 A Gleichstrom bei 1,5 V (geprobt: 2 A, über 200 Zyklen). Übergangswiderstand der Schalter betrug $\approx 20 \text{ m}\Omega$.

Funktionsweise der Schaltung



Ausgangszustand (Wartezustand):

Der Spannungswandler U12 ist im passiven Zustand und generiert keine Ausgangsspannung. Der Kondensator C13 ist auf Batterie-Leerspannung 1,5...1,8 V aufgeladen; C12 ist auf Schwellspannung von D3 (0,5 V) aufgeladen.

Nach Betätigung des Schalters S1:

- Die Spannung am Kondensator C12 summiert sich mit Batteriespannung (insgesamt etwa 2...2,3 V); der Spannungswandler aktiviert sich (Spannung am Eingang E_n überschreitet $0,9 \times U_{\text{bat}}$). Auch der Kippspannungspiegel der Schmitt-Triggerschaltung U1 wird überschritten und ein Auslösungsimpuls für Zeitgeber U2 formiert.
- Der Ausgang 5 der U2 kippt auf dem Pegel „Hoch“ auf ~25 s (die Dauer des aktiven Zustandes der Schaltung) und der Ausgang 9 der U2 kippt auf dem Pegel „Hoch“ auf ~15 s (die größtmögliche Dauer des Heizungsstroms).

Temperaturüberwachung und -begrenzung:

– Der Taktgeber U6 und monostabile Kippschaltungen U7...U9 generieren Signale für das periodische Abbrechen des Heizstroms und für die Abtastung der Thermospannung. R15//R16 bestimmen die Dauer der Heizstrompause (1 ms); U8/2+U9 formieren den Abtastimpuls ($\sim 333 \mu\text{s}$); U8/1+U7 verschieben den Abtastimpuls in die Mitte der Heizstrompause.

Die Periode der Heizstrom-Abbrechen/Thermospannung-Abtastung wurde auf 10 ms eingestellt – es muss kleiner sein als die thermische Trägheit der Heizspitze.

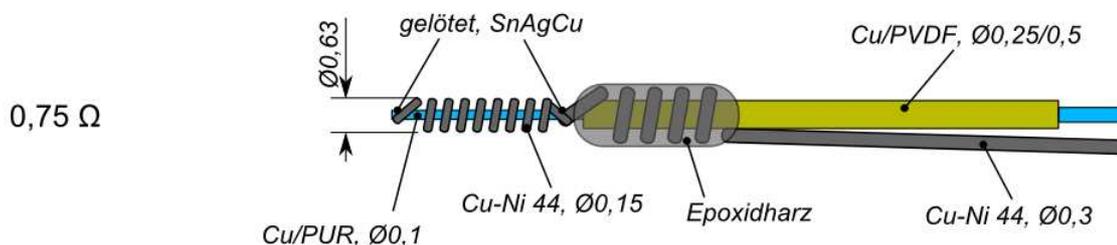
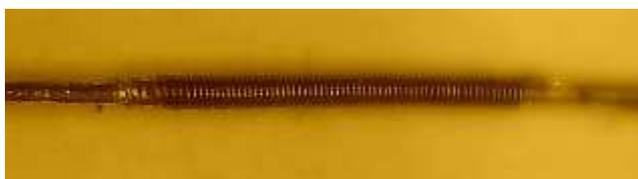
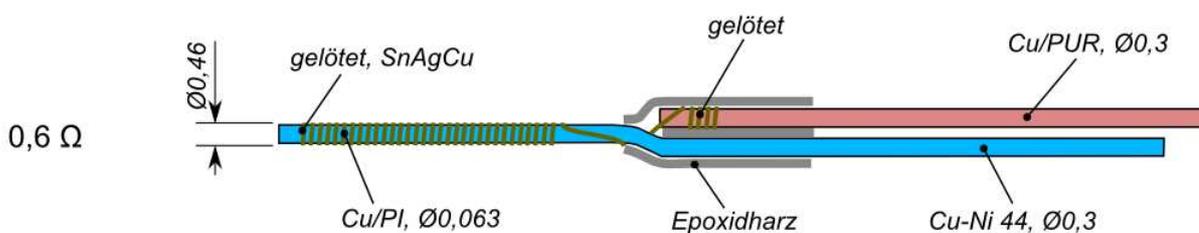
– Die Thermospannung wird durch den Transistorschalter U4 im Kondensator C6 gespeichert (U4-C6 bilden eine Abtast-Halteschaltung).

– U3 verstärkt die Thermospannung (einige mV) auf den Pegel bis auf etwa 2 V.

– U5/1 und U5/2 funktionieren als Spannungskomparatoren mit Hysteresen: U5/1 steuert die Signalleuchte und U5/2 sorgt für Begrenzung/Stabilisierung der Temperatur. Die Temperaturregelung geschieht nach dem Zweipunkt-Prinzip; in dieser Schaltung wurde die eingestellte Maximaltemperatur etwa 10 Mal per Sekunde erreicht.

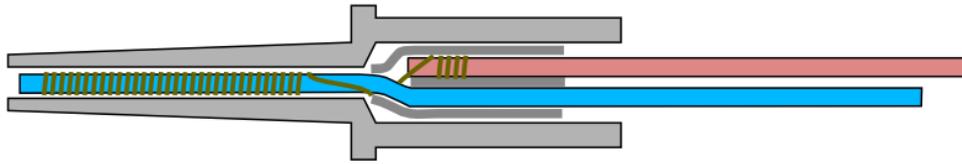
Der Vorwiderstand R21 vor T2 verlangsamt Ein- und Ausschalten des Transistors, um Funkstörungen niedrig zu halten.

Realisierte Heizer bis 140 °C



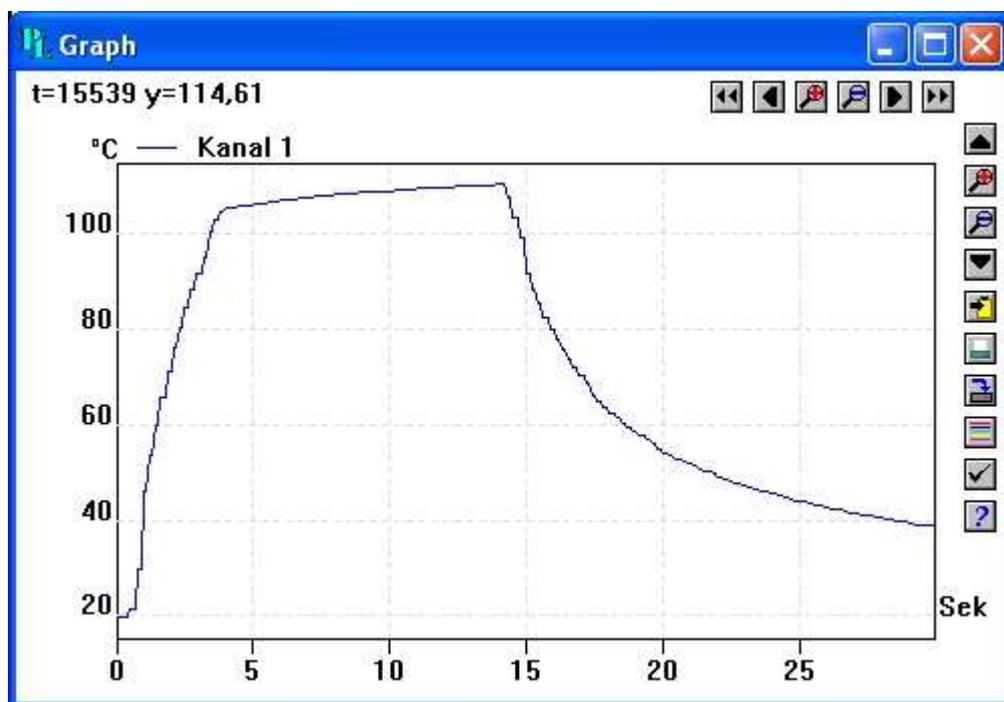
Aufbau der Heizspitzen

Die Gehäuse wurden aus dem Kapillarrohr mit dem Innendiameter $\varnothing 0,5$ mm gefertigt. Der Kanal wurde vor der Montage des Heizers mit Epoxidharz gefüllt – eingesaugt mit Hilfe einer Vakuumpinzetten-Pumpe.



Dieses Heizergehäuse ist doch nicht optimal – viel Wärme fließt rückwärts und das Gehäuse des Gerätes wird bei der dauernden Nutzung bis 30 °C aufgeheizt.

Der typische Temperaturverlauf in der Mitte der Heizspitze:



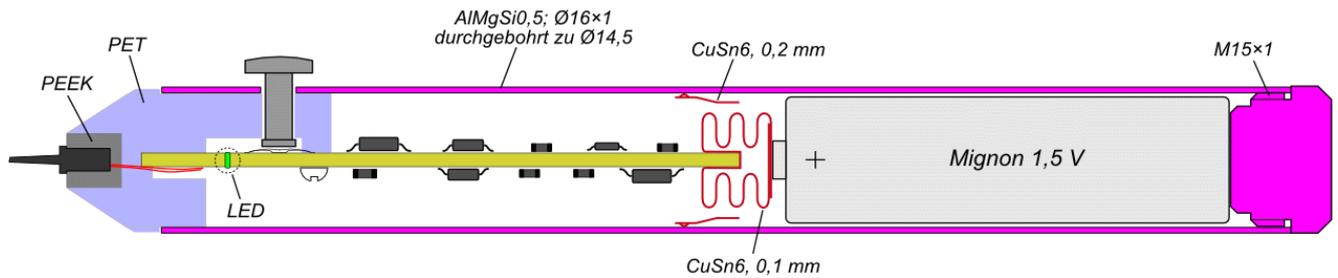
Gesamtansicht des Gerätes:



Das Gehäuse wurde von außen mit Pulverfarbe lackiert.

Die Fenster für die Signalleuchte wurden von dem herkömmlichem Heißklebestoff (wahrscheinlich Ethylvinylacetat) gefertigt.

Innenaufbau:

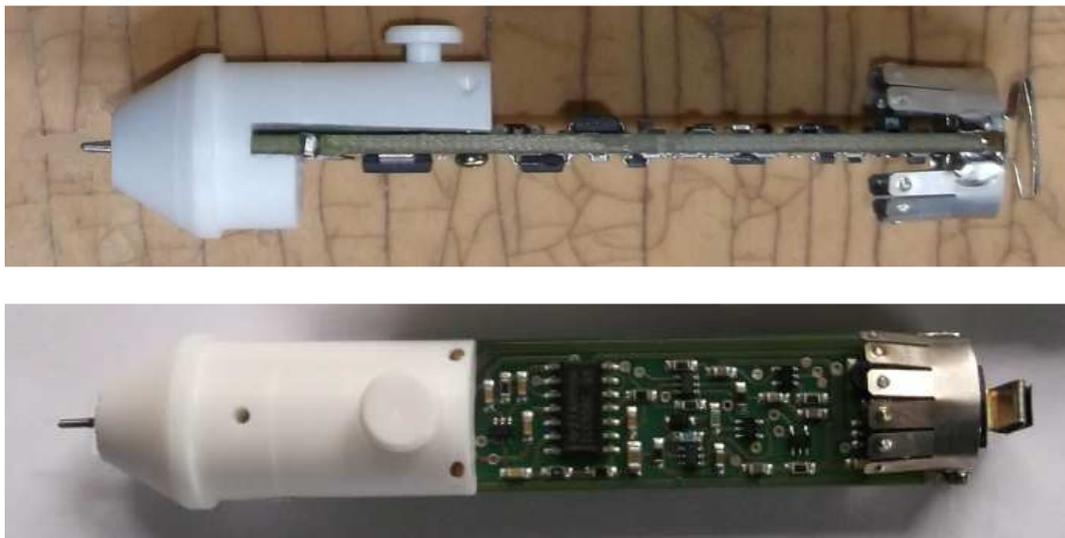


Starttaste:



Die Spitze ist dicker ausgeführt, um das Ausfallen aus dem Leitloch zu vermeiden.

Funktionaler Teil:



Die elektronischen Bauelemente wurden auf eine zweiseitige Leiterplatte montiert; doch erforderte diese Lösung die Verwendung von 11 St. 0Ω -Widerstände als Brücken über Leitungen. Die elektronischen Bauelemente kosteten insgesamt 6,86 Euro (2014).

Beim Entwurf der Leiterplatte muss man dafür sorgen, dass Heizer und der signalverarbeitende Teil der Schaltung separate Minusleitungen haben.

Wegen der niedrigen Speisespannung ist es wichtig, alle Kontakt- und Leitungswiderstände niedrig zu halten.

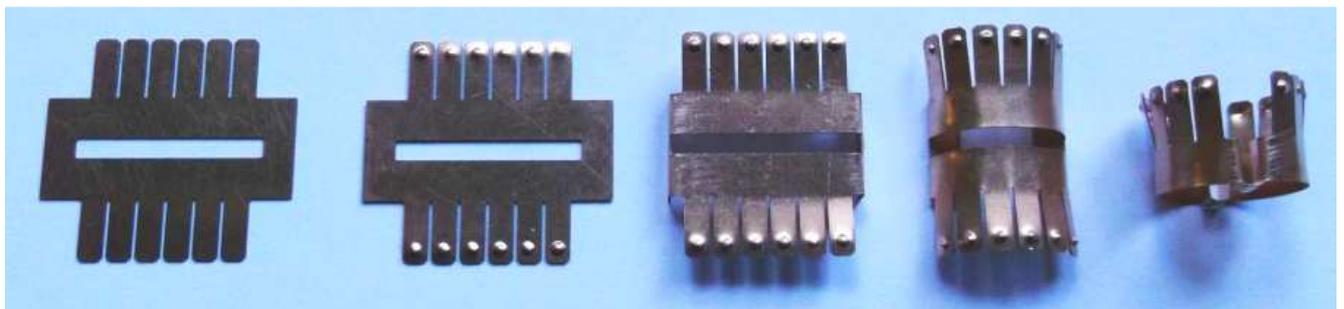
Plus-Stromabnehmer:



NB! Es war notwendig auch die erste Welle zu fixieren:



Fertigung des Minus-Stromabnehmers:



Die Stromabnehmer wurden mit SENO 3201 -Glanzzinn verzinkt.