

# **Protokoll und Annahmen zum manuellen Schleifen und Polieren**

Benedikt Kaffanke

10. April 2014

# Inhaltsverzeichnis

0.1	Vorgehensweise . . . . .	2
0.1.1	Herleitung der Formel und Berechnung der Oberflächentemperatur . . . . .	4

## 0.1 Vorgehensweise

Aufgrund von Engpässen in der Serienfertigung war es nicht möglich die Materialchargen F17, Fxx und F18 auf modernen Taktanlagen schleifen und polieren zu lassen. Deshalb wurde für diese Bearbeitungsstufe ein Handwerksbetrieb beauftragt. Um Erkenntnisse über die Oberflächentemperaturen des Bauteils während der Bearbeitung zu bekommen, wurden die Teile von innen mit Temperaturmessstreifen versehen (siehe Abbildung 2 auf der nächsten Seite). Weiterhin wurde, um Schmelzkreide aufzutragen, während des Polierens das Werkstück kurz weggeschwenkt.

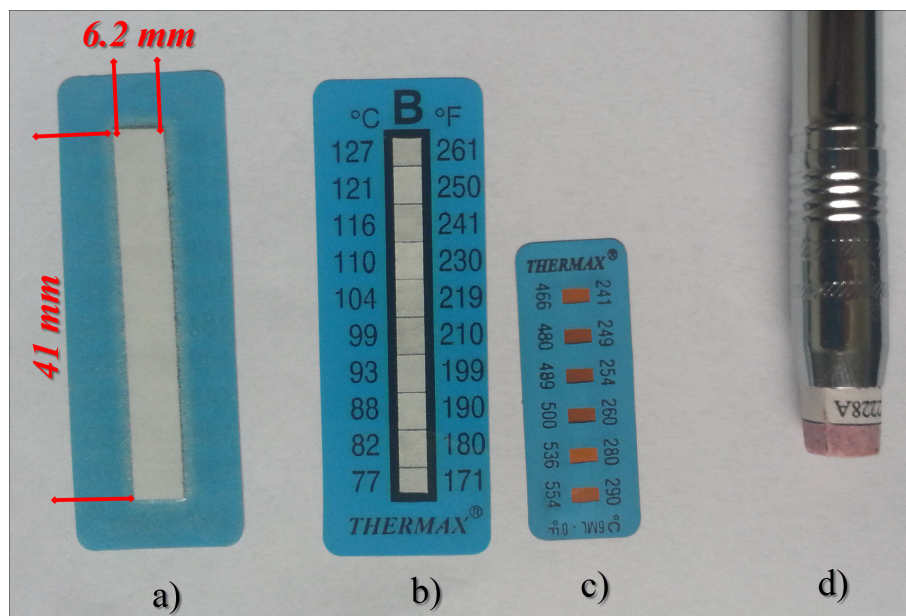


Abbildung 1: a) - c) Verschiedene Messstreifen für verschiedene Temperaturbereiche , d) Schmelzkreide (205 °C)

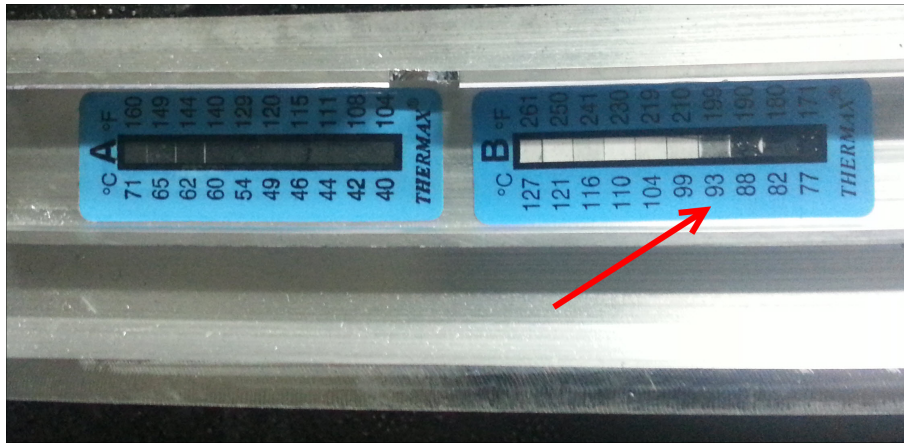


Abbildung 2: Messstreifen mit Verfärbung Temperaturbereich

Eine Übersicht der von den Messstreifen abgedeckten Temperaturbereiche ist in folgender Tabelle zu sehen:

Tabelle 1: Messbereiche der Messstreifen

Messstreifen	Temperaturbereich [°C]
Typ A	40-71
Typ B	77-127
Typ C	132-182
Typ D	188-249
Typ 8	241-290

Es sind sechs F17 Bauteile für die Versuchsserie mit den Messstreifen an jeweils drei Bereichen auf der Unterseite versehen worden.

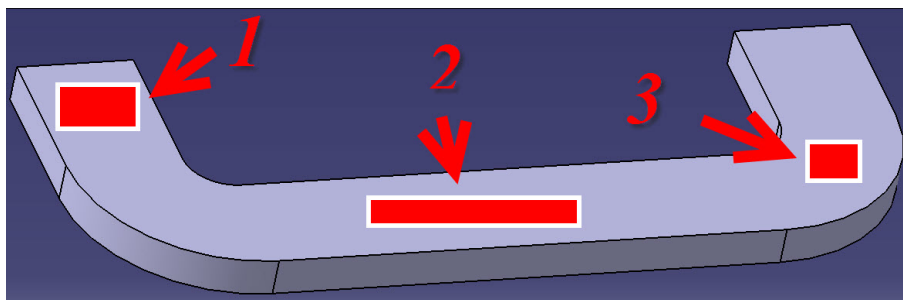


Abbildung 3: Messzonen an Bauteilunterseite

Nach dem Schleifvorgängen war keiner der Messstreifen verfärbt. Deshalb wird bei weiteren Betrachtungen nur noch der Polierprozess erwähnt. Nach dem Polieren der Proben wurden folgende Ergebnisse in einer Tabelle festgehalten und der Mittelwert (107,5 °C) ermittelt.

Tabelle 2: Messwerte nach dem Polieren

Charge/Nr.	Temperatur [°C]		
	Zone 1	Zone 2	Zone 3
F17 14	93	82	93
F17 15	99	93	82
F17 16	110	132	116
F17 17	99	127	104
F17 18	104	127	127
F17 19	104	127	116

Mit der auf der Oberfläche aufgetragenen Temperaturschmelzkreide ließ sich zwar schreiben, dennoch hatte sie sich nicht vollständig aufgelöst. Daraus folgt das zumindest kurz nach dem Entfernen des Bauteils aus der Polierzone auf der Oberfläche die 205 °C nicht überschritten wurden. Hier ist jedoch zu beachten, dass sich die Oberfläche (auch zusätzlich bedingt durch die kühlende Luft des rotierenden Polierringes) schnell abkühlt.



Abbildung 4: Direkt nach dem „Wegschwenken“ der Oberfläche aus der Polierzone aufgetragene Temperaturschmelzkreide(205 °C). Nicht geschmolzen.

### 0.1.1 Herleitung der Formel und Berechnung der Oberflächentemperatur

Die metallurgischen Vorgänge in der Oberflächenzone bei dem Polierprozess sind sehr komplex. Auch die wirklichen Temperaturen in der Bearbeitungszone sind messtechnisch schwer zu erfassen. Eine Wärmekamera oder die Finite - Elemente - Methode wären aufschlussreicher, jedoch auch aufwendiger. Da das Polieren ein instationärer Prozess ist (Wärme wird zu unterschiedlichen Zeiten eingebracht, der ausgeübte Druck ist nicht gleichmäßig und variiert unter den Polierzonen aufgrund der unterschiedlichen Geometrien des Werkstücks, auch variierende Andruckkraft bei unterschiedlichen Personen um nur einige Parameter zu erwähnen) sind auch mathematische Herleitungen sehr theoretisch . Deshalb wird, um eine gute Annäherung der Oberflächentemperatur zu erhalten, vereinfachend von einem stationären Prozess bei der *Wärmeleitung* durch eine ebene Wand ausgegangen.

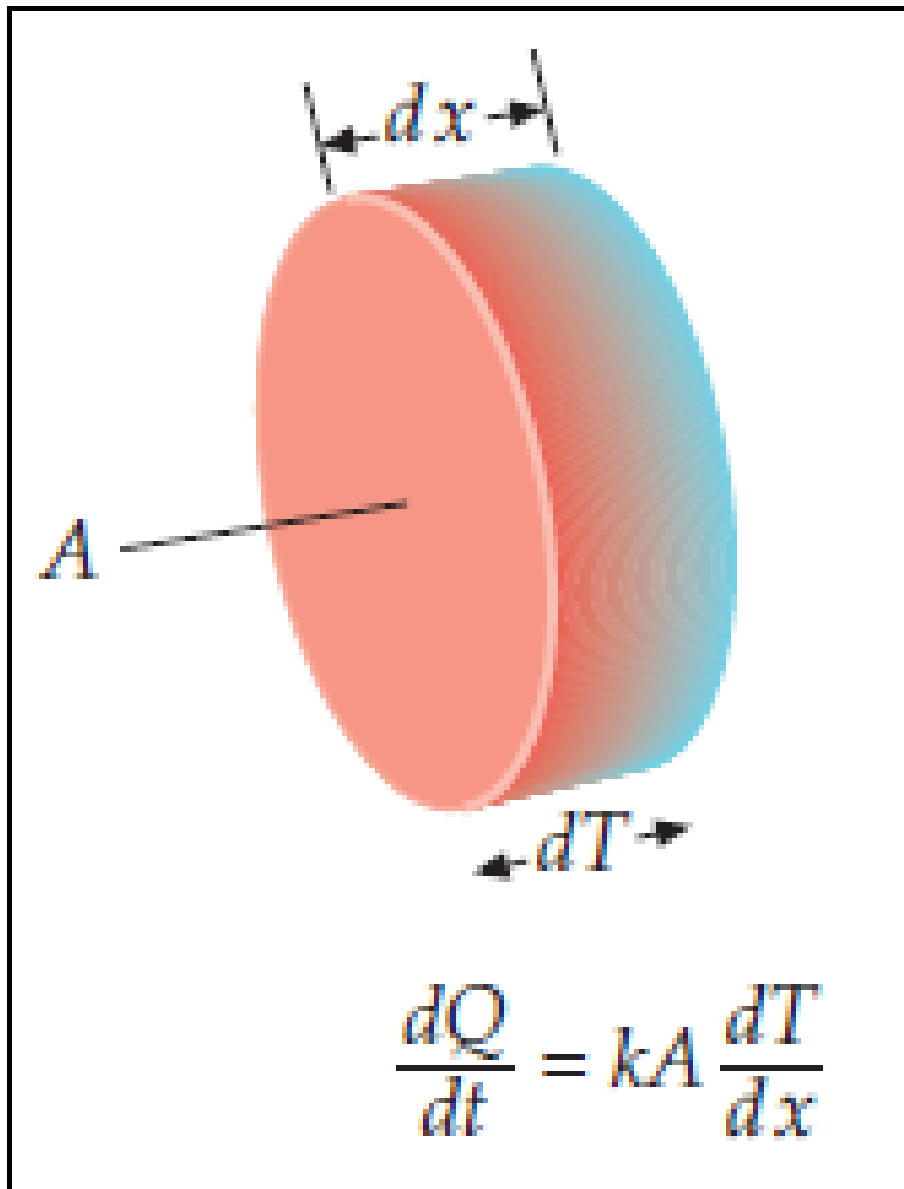


Abbildung 5: Stationäre Wärmeleitung durch ebene Wand<sup>1</sup>

Die unten vollzogene Näherungsrechnung ergab eine Oberflächentemperatur von 175,69 °C. Ein Resultat was auch durchaus realistisch erscheint. An dieser Stelle sei noch hinzugefügt, dass bei modernen Roboterpolierzellen wesentlich höhere Temperaturen in der Materialoberfläche auftreten.

<sup>1</sup>Vgl. Paul Tipler und Gene Mosca. *Physics for Scientist and Engineers*. Sixth Edition. W.H. Freeman und Company, 2008, S. 675

$\vartheta$  Temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\dot{Q}$  Wärmestrom [W]

T thermodynamische (auch absolute) Temperatur [K]

$\lambda$  Wärmeleitfähigkeit [ $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ], ist in diesem speziellen Fall die Wärmeleitfähigkeit von Aluminium EN AW 6060 ( $200 - 220 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ )<sup>2</sup>. In der Rechnung wird der Mittelwert ( $210 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ) verwendet.

$P_{zu}$  Leistung [W], hier Leistung des Antriebs der Poliermaschine (Drehstrommotor) 9 W

$P_{ab}$  abgegebene Leistung [W] der Poliermaschine nach der Formel  $P_{ab} = P_{zu} \cdot \eta_{el} \cdot \eta_{mech.}$ <sup>3</sup>

$\eta_{el.}$  Wirkungsgrad des Drehstrommotors (Richtwert 0,85)<sup>4</sup>

$\eta_{mech.}$  Wirkungsgrad des Breitkeilriemengetriebes der Poliermaschine (Richtwert 0,85)<sup>5</sup>

$A_{mess}$  effektive Fläche des Messstreifens (siehe a) in Abbildung 1 auf Seite 2)  $A_{mess} = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 4,1 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$x_a$  Maß an Bauteil Außenwand (dort wo der Kontakt zum Polerring entsteht und die Wärme eintritt)[m].

$x_i$  Maß Bauteil Innenwand (Wärmeaustritt)[m]

$\vartheta_a$  Temperatur Außenwand [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\vartheta_i$  Temperatur Innenwand [ $^{\circ}\text{C}$ ] hier Mittelwert der Messungen  $107,5^{\circ}\text{C}$

$\Delta x$  Blechdicke [m], hier  $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Herleitung der Formel<sup>6</sup> für die zu ermittelnde Oberflächentemperatur:

---

<sup>2</sup>Vgl. [http://www.smh-metalle.de/internet/media/smh/pdf/datenblatt/datenblatt\\_en\\_aw\\_6060.pdf](http://www.smh-metalle.de/internet/media/smh/pdf/datenblatt/datenblatt_en_aw_6060.pdf)[09.04.2014].

<sup>3</sup>Vgl. Gieck. *Technische Formelsammlung*. Zweiunddreißigste Auflage. Carl Hanser Verlag München, 2011, R2.

<sup>4</sup>Vgl. Fischer, Heinzler und Näher. *Tabellenbuch Metall*. Vierundvierzigste neu bearbeitete Auflage. Europa-Verlag, 2008, S. 40.

<sup>5</sup>Vgl. ebd., S. 40.

<sup>6</sup>Vgl. Peter von Böckh und Thomas Wetzel. *Wärmeübertragung*. Vierte Auflage. Springer Verlag, 2011, S. 18-19.

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot A_{mess} \cdot \frac{d\vartheta}{dx} \quad (1)$$

$$\int_{x_a}^{x_i} \dot{Q} dx = \int_{\vartheta_a}^{\vartheta_i} -\lambda \cdot A_{mess} d\vartheta \quad (2)$$

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{x_i - x_a} \cdot A_{mess} \cdot (\vartheta_a - \vartheta_i) = \frac{\lambda}{\Delta x} \cdot A_{mess} \cdot (\vartheta_a - \vartheta_i) \quad (3)$$

$$P_{zu} \cdot \eta_{el.} \cdot \eta_{mech.} = \frac{\lambda}{\Delta x} \cdot A_{mess} \cdot (\vartheta_a - \vartheta_i) \quad (4)$$

$$\Rightarrow \vartheta_a = \frac{P \cdot \eta_{el.} \cdot \eta_{mech.} \cdot \Delta x}{\lambda \cdot A_{mess}} + \vartheta_i \quad (5)$$

$$\vartheta_a = \left( \frac{9 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 0.85 \cdot 0.85 \cdot 2.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{210 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 2.54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} - 273.15 \text{ K} \right) \cdot 1 \text{ }^\circ\text{C K}^{-1} + 107.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_a = \underline{\underline{175.69 \text{ }^\circ\text{C}}}$$

## Literatur

Fischer, Heinzler und Näher. *Tabellenbuch Metall*. Vierundvierzigste neu bearbeitete Auflage. Europa-Verlag, 2008.

Gieck. *Technische Formelsammlung*. Zweiunddreißigste Auflage. Carl Hanser Verlag München, 2011.

Tipler, Paul und Gene Mosca. *Physics for Scientist and Engineers*. Sixth Edition. W.H. Freeman und Company, 2008.

von Böckh, Peter und Thomas Wetzels. *Wärmeübertragung*. Vierte Auflage. Springer Verlag, 2011.