

Anlage zur Prallbeschichtung

MST- Workshop

Köln 16.5. 4. 2001

Georg Koppenwallner

| | |
|--|-----------|
| Prinzip und Vorteile der Prallbeschichtung. (Cold Gas-Dynamic Coating) | 2 |
| Historischer Rückblick | 3 |
| Historie der Entwicklungsarbeiten in Deutschland. | 4 |
| Die gasdynamische Beschleunigung des Pulvers. | 5 |
| Die Vor- und Nachteile von Über-bzw Unterschallbeschleunigung | 7 |
| Beschichtungsmaterialien und notwendige Aufheiztemperatur des Treibgases. | 8 |
| Die Komponenten der von HTG entwickelten Anlage. | 12 |
| Einsatzbereich und spezifische Eigenschaften der Erprobungsanlage | 14 |

HTG Hyperschall Technologie Göttingen
Max Planck Strasse 19 , 37191 Katlenburg Lindau
Tel. 05556 5025; FAX: 05556 1885
Email: mail@htg-hst.de Netz: <http://htg-hst.de>

***Prinzip und Vorteile der Prallbeschichtung.
(Cold Gas-Dynamic Coating)***

Das Beschichtungspulver wird in einem schnellen- Gasstrahl so stark beschleunigt, daß es beim Aufprall an Oberflächen infolge seiner kinetischen Energie aufschmilzt und haften bleibt.

Damit bietet sich gegenüber den herkömmlichen Beschichtungsverfahren folgende Vorteile.

- > Einfacher Betrieb im Vergleich zum Flamm- bzw. Plasmaspritzen.**
- > Kein Aufschmelzen der Partikel vor der Beschichtung, daher geringere Oxydationsgefahr.**
- > Wesentlich geringerer Leistungsbedarf im Vergleich zum Flamm- oder Plasmaspritzen.**
- > Thermische Belastung des Substrats ist gering.**

Historischer Rückblick

Das Verfahren wurde am ITAM (Institut for Theoretical and Applied Mechanics) in Novosibirsk bei Forschungsarbeiten zur Untersuchung von teilchenbeladenen Abgasstrahlen aus Raketentriebwerken durch Zufall entdeckt.

Nach entsprechender Forschungsarbeit erfolgte die Patentanmeldung:

EP- Patent 0484 533 , Method and device for coating (Veröffentlichung 1992)

Inhaber :Institut of Theoretical and Applied Mechanics, ITAM, Novosibirsk,

Erfinder : Prof.A. Alkhimov, Prof. A.. Papyrin; et al

EP bezieht sich auf: England, Deutschland, Frankreich

Wichtig.

Das EP -Patent bezieht sich auf Treibgasbeschleunigung mit Überschalldüsen.

Historie der Entwicklungsarbeiten in Deutschland.

Das Verfahren befindet sich bezüglich Anlagentechnik und Analyse der Beschichtungsqualität noch weitgehend in der Entwicklungs- und Erprobungsphase.

Nach unserer Kenntnis wurden Entwicklungsarbeiten von folgenden Stellen durchgeführt:

**DLR Göttingen, Institut für Strömungsmechanik
Hauptaspekte: Gas Dynamik der Partikelströmung.**

**Universität der Bundeswehr Hamburg ; Prof. Kreye
Oberflächenanalyse der Niederschlagsschichten**

**HTG, Katlenburg Lindau
Entwicklung einer transportablen Prototyp- Anlage**

**CGT Cold Gas Technology GMBH, 84539 Ampfing
Anlagenbau, Vertritt jetzt Patentinhaber**

Die gasdynamische Beschleunigung des Pulvers.

Das von ITAM patentierte Verfahren bezieht sich die Beschleunigung in Überschalldüsen.

Für Partikel mit niedriger Schmelztemperatur kann die Beschleunigung auch in Schalldüsen mit geeigneter Beschleunigungsstrecke vorgenommen werden.. (HTG - Patentanmeldung)

Die beiden Beschleunigungsmethoden werden in Bild 1 verglichen.

Generelle Anforderungen an die Beschleunigungsstrecke sind:

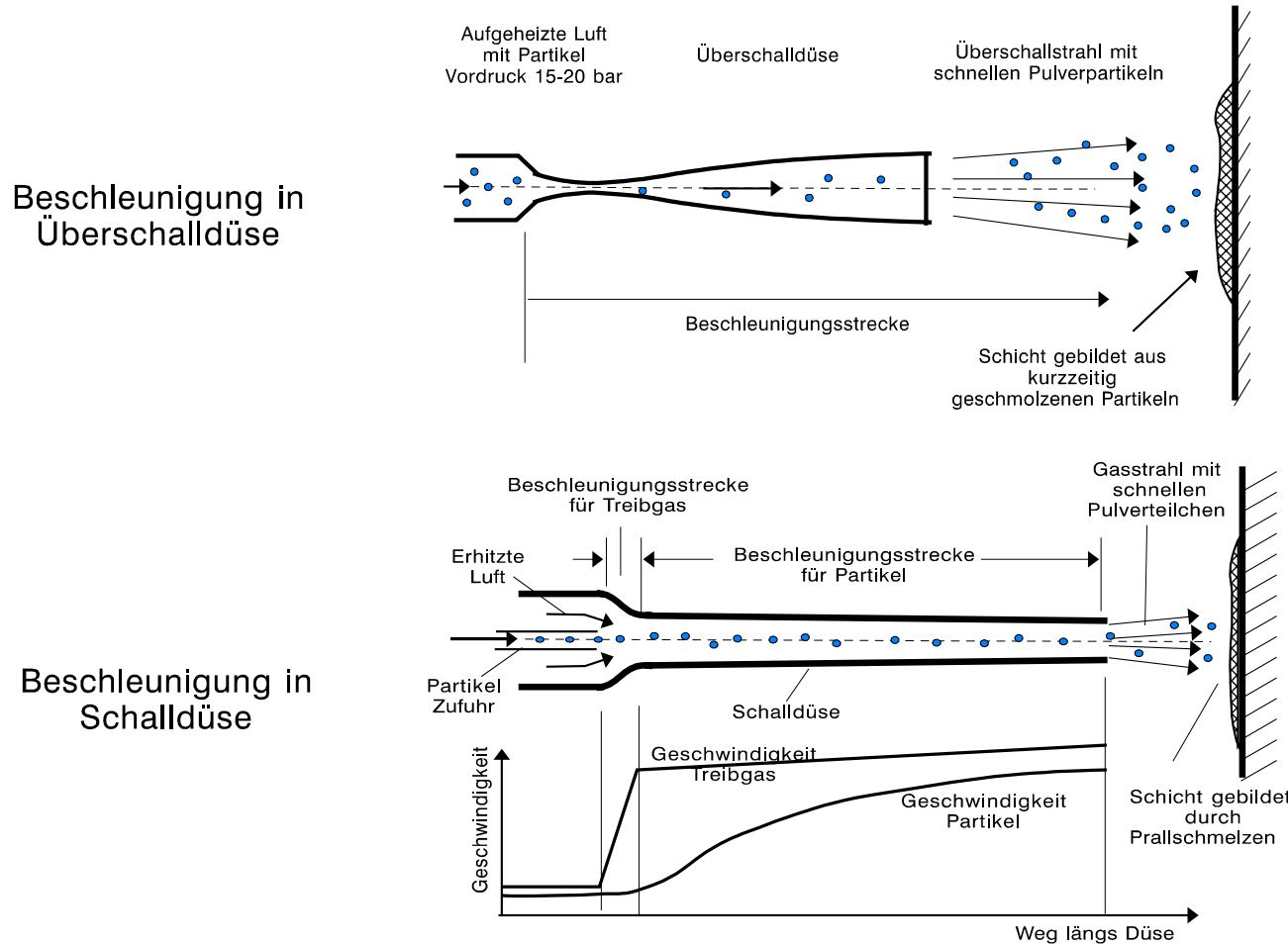
Die Strecke sollte möglichst lang sein damit Schlupf zwischen Partikel und Gas vermieden wird.

Bei Überschalldüsen erfolgt die Beschleunigung deshalb im langen Überschallteil der Düse.
Bei Schalldüsen liegt die Beschleunigungsstrecke vor dem Düsenhals (Ma zwischen 0,8-1)

Für die erreichbaren Strömungsgeschwindigkeiten gilt:

| | | |
|-----------------------------|--------|--------------------------|
| Überschalldüse mit Machzahl | Ma = 3 | Geschwindigkeit V = 2 a* |
| Schalldüse mit Machzahl | Ma = 1 | Geschwindigkeit V = a* |

Wobei für die Schallgeschwindigkeit a* im Düsenhals gilt: $a^* = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa + 1} RT_0}$



Vergleich der Pulverbeschleunigung mit Überschall- bzw. Schalldüse

Bild 1

Die Vor- und Nachteile von Über-bzw Unterschallbeschleunigung

Beschleunigung mit Überschalldüsen:

Vorteile :

**Strömungsgeschwindigkeit um Faktor 2 höher
Beschichtung mit hochschmelzenden Materialien möglich.**

Nachteile

**Düse ist schwieriger zu fertigen.
Verschmutzung beeinträchtigt Strömung erheblich
Hoher Betriebsdruck von etwa 20 -25 bar ist notwendig um Gleichdruckaustritt zu erzeugen.**

Beschleunigung mit Schalldüsen:

Vorteile:

**Düse einfacher in der Herstellung.
Betriebsdruck liegt niedriger (Druckstufe 16)
Für niedrig schmelzende Beschichtungsmaterialien reicht Beschleunigung mit Schalldüse aus.
Druckbelastung des Beschichtungsobjektes ist niedriger**

Nachteile

Eingeschränkte Beschleunigungsmöglichkeit.

Beschichtungsmaterialien und notwendige Aufheiztemperatur des Treibgases.

Die Aufheizung ist aus folgenden Gründen notwendig;

- a. Geschwindigkeit des Treibgases steigt mit Temperatur T_0 ; $V \approx (T_0)^{0,5}$
- b. Partikel werden im warmen Gasstrahl vorgewärmt.

Aufheiztemperatur T_0 richtet sich nach folgenden charakteristischen Daten des Beschichtungspulver:
(Siehe Tabelle 1)

| | |
|-------------------|-------|
| Spezifische Wärme | c_p |
| Schmelzwärme | h_s |
| Schmelztemperatur | T_s |

Die spezifische kinetisch Energie e_{kin} der Partikel sollte beim Aufprall betragen

$$e_{kin} = 0,5 V^2 \approx c_p (T_s - T_0) + h_s$$

Bild 2 zeigt für verschieden Materialien an Hand von Beispiel -Rechnungen. die notwendigen Kesseltemperaturen T_0 .

Anforderungen an Partikelgröße des Pulvers

Um den Geschwindigkeitsschlupf zum Gas zu minimieren sollte das Pulver mit folgenden Dimensionen benutzt werden:

$$d \approx 10-40 \mu m$$

Tabelle 1 Charakteristische Daten von Beschichtungsmaterialien

| Material | | Materialdaten | | | |
|----------|-------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Name | Kurzzeichen | Dichte Rho, kg/m ³ | Schmelztemp. Ts, °C | spez. Wärme cp ,J/kg K | Schmelzwärme hs, J/g |
| Zinn | Sn | 7238 | 232 | 213 | 59,6 |
| Zink | Zn | 7140 | 420 | 388 | 111 |
| Alu | Al | 2700 | 660 | 900 | 388 |
| Silber | Ag | 10500 | 962 | 237 | 103 |
| Kupfer | Cu | 8960 | 1083 | 385 | 205 |
| Nickel | Ni | 8900 | 1453 | 444 | 292 |
| Titan | Ti | 4500 | 1668 | 523 | 365 |
| Wolfram | W | 19350 | 3410 | 133 | 192 |

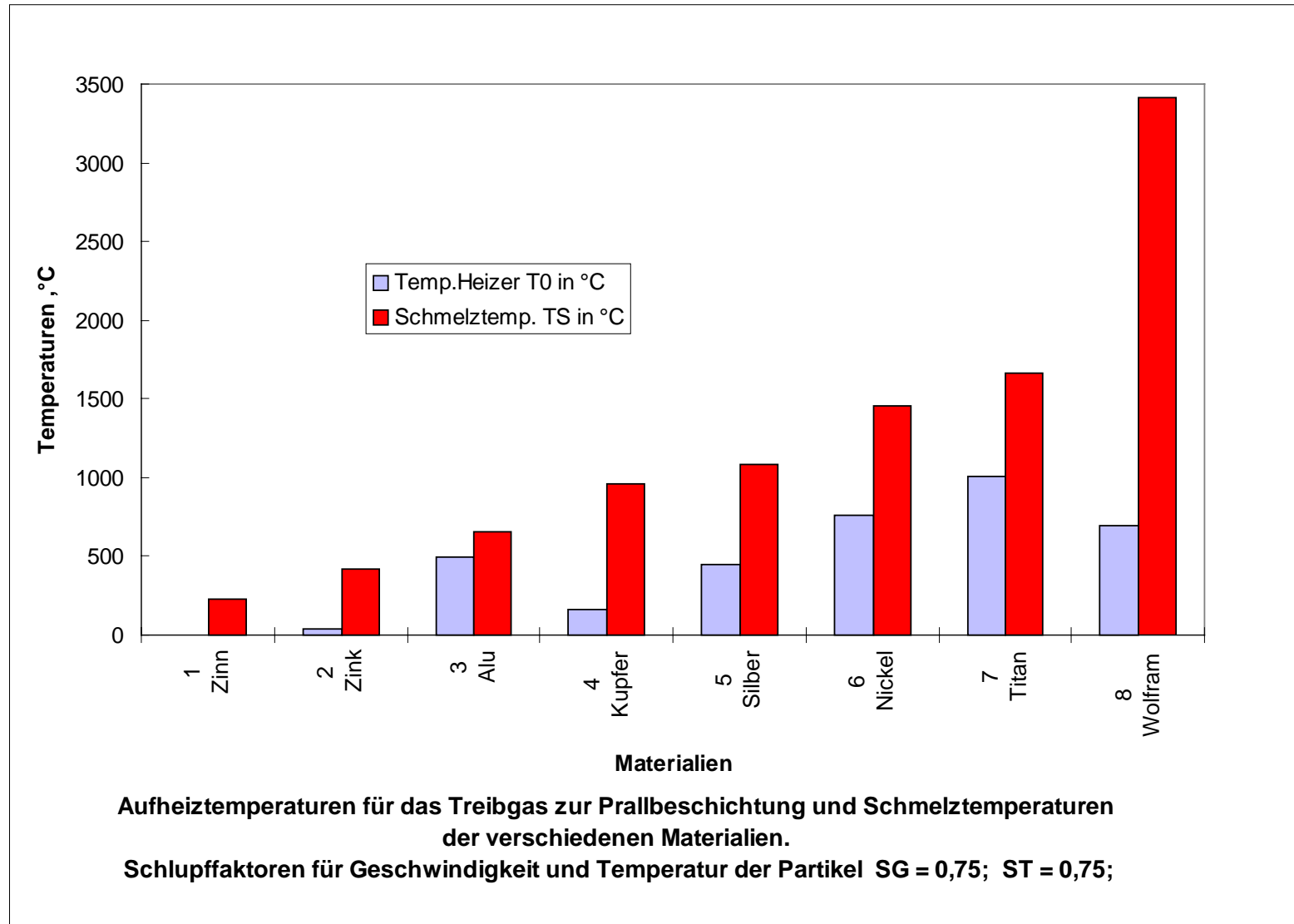


Bild 2

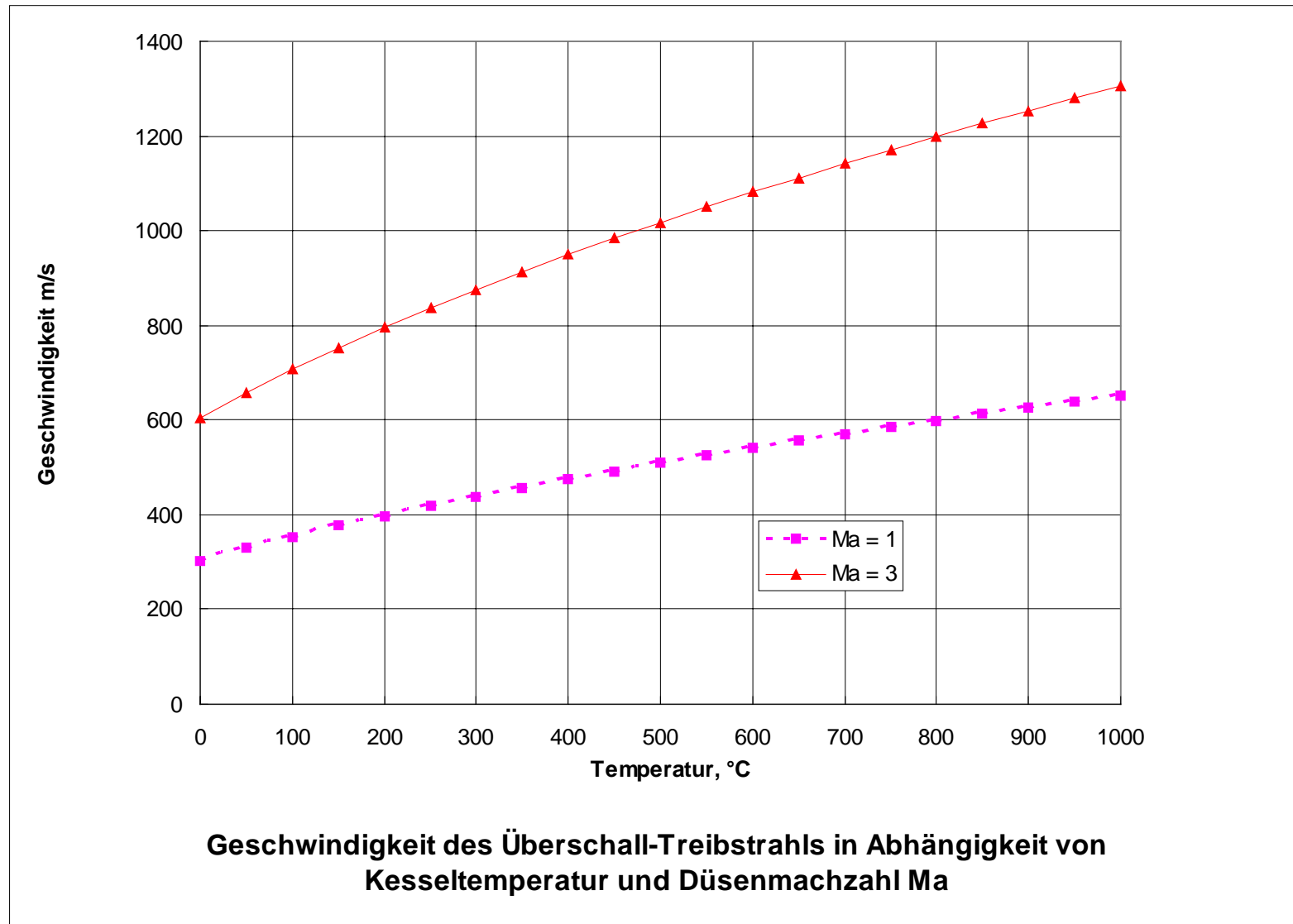


Bild 3

Die Komponenten der von HTG entwickelten Anlage.

1. Heizerblock mit Beschleunigungsdüsen.
2. Partikel- Feeder.
3. Stromversorgung mit Temperaturregler.
4. Pneumatische Regeleinheit für Treibstrahl und Feederluft für Pulver.

5. Verbindungsleitungen zwischen Kontrolleinheit und Beschichtungskanone.
 - 2 Druckluftleitungen .
 - Stromkabel
 - Meßleitungen

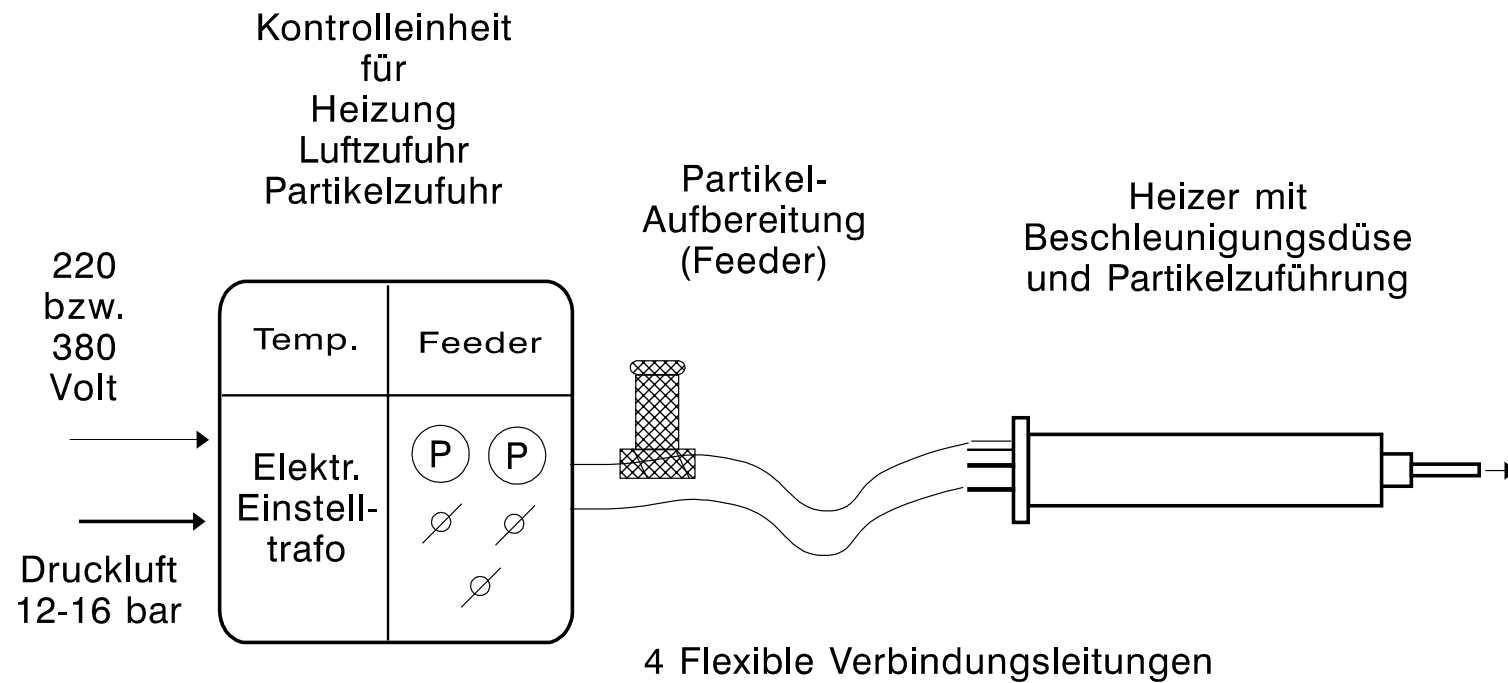
3. Notwendige Versorgung.
 - Druckluft: 16 bar, ca. 40 - 60 kg/h
 - Elektrisch: 220 Volt ; 16 Amp.

4. Die Leistungsdaten für Beschichtung mit Zink.

Die Daten beziehen sich auf Düse mit 2mm Halsdurchmesser und einer Gesamttemperatur von 300°C

| | | | |
|---------------------------|---|-----|--|
| Heizleistung | : | 3 | kW |
| Gasdurchsatz | : | 42 | kg/h; entspricht 36 Nm ³ /h |
| Gastemperatur | : | 300 | °C |
| Mittlere Heizertemperatur | : | 600 | °C |

Bild 4 skizziert die Komponenten der Anlage.



Die Komponenten der Prallbeschichtungsanlage

Bild 4

Einsatzbereich und spezifische Eigenschaften der Erprobungsanlage

Anlage ist transportabel

Heizerblock mit Beschleunigungsdüse wiegen etwa 3 kg.

Anlage ist für die Erprobung von Beschichtungsmöglichkeiten konzipiert.

**Beschichtungsobjekte: Kleine Bauteile
 Schweißnähte
 Nachbeschichtung von Fehlstellen.**

Erprobungstatus: Mit folgenden Materialien wurde beschichtet

**Zink
Alu
Kupfer
Titandioxyd**