

Gruppe C und Gruppe D
Nr. 370 und Nr. 491

Beheizung, Leistung und Wärmeverbrauch von Verzinkungsöfen

Von Heinz Wübbenhorst in Düsseldorf

[Bericht Nr. 24 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute und der Forschungsgesellschaft Blechverarbeitung sowie Mitteilung Nr. 431 der Wärmestelle des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute*]

Möglichkeiten der Beheizung. Brennstoffwahl. Wärmebilanz. Entwicklung der brennstoffbeheizten Wanne zum geregelten Umwälzofen. Leistung und Wärmeverbrauch für Anlagen mit verschiedenem Einsatzgut. Entwicklung des deckelbeheizten Ofens. Sonderbauarten.

Möglichkeiten der Beheizung

Für die Beheizung kommen unterschiedliche Verfahren in Frage:

1. Brennstoff- oder widerstandsbeheizte eiserne Wannen (Kesselbauart) mit Wärmeübergang durch Gasstrahlung, Wandstrahlung und Konvektion.
2. Deckelbeheizte feuerfeste Pfannen (Heizung durch Gas oder Widerstandselemente) mit Wärmeübergang durch Gasstrahlung, Wandstrahlung und Konvektion.
3. Unmittelbare Beheizung durch die vom Glühen verbleibende fühlbare Wärme des zu verzinkenden Gegenstandes (Sendzimir-Verfahren für die Bandstahlverzinkung).
4. Elektroinduktive Beheizung (Ajax-Verfahren).

Die metallurgischen Bedingungen beim Feuerverzinken bestimmen die Anforderungen an die Beheizungseinrichtungen. Nur in einem engen Temperaturbereich oberhalb des

Zinkschmelzpunktes (419°) und unterhalb 480° kann verzinkt werden. Über 480° steigt die Hartzinkbildung sehr an. Um eine gleichmäßige Zinkauflage zu erreichen, wird die Spanne weiter eingengt. Meist muß die Badtemperatur auf 445 bis 460° gehalten werden. Die Beheizung ist also für einen niedrigen und engen Temperaturbereich festgelegt. Es muß alles vermieden werden, was zu einem Zinkangriff an der Innenseite sowie zu einer Verzunderung an der Außenseite der meist benutzten eisernen Wanne und zu einer Zinkoxydation an der Badoberfläche führt. Die Ofenbauarten dürfen nicht allein nach dem leistungsabhängigen Wärmeverbrauch, sondern müssen u. a. auch nach der Haltbarkeit und dem Zinkascheanfall beurteilt werden. Leider liegen zu den letzten beiden Punkten bisher nur wenig verwertbare Unterlagen vor.

Der Bericht behandelt die in Deutschland benutzten Beheizungsarten und geht dabei auf zu erreichende Leistungs- und Wärmeverbrauchsangaben ein. Die Unterlagen entstammen Versuchen der Wärmestelle Düsseldorf des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute und Mitteilungen der an-

*) Vorgetragen und erörtert auf dem 4. internationalen Verzinkerkongreß am 12. Juni 1956 in Mailand. — Der Bericht mit Erörterung erscheint auch in dem Sammelband „Fourth International Galvanizing Conference“, hrsg. von der Zinc Development Association, London.

geschlossenen Werke, den Erfahrungen der Ofenbauindustrie sowie dem Schrifttum.

Brennstoffwahl

Tafel 1 zeigt, daß die Wärmepreise der für Verzinkungsöfen benutzten Brennstoffe sehr unterschiedlich sind. Doch dürfen die Wärmepreise allein nicht den Ausschlag für die

Tafel 1. Wärmepreise verschiedener Brennstoffe in der Bundesrepublik (Stand Anfang 1956)

	Heizwert (Hu) kcal	Preis DM	Wärmepreis DM/10 ⁶ kcal
Braunkohlenbriketts . . .	4 500/kg	40/t ¹⁾	8,90
Fettnußkohle . . .	7 300/kg	67/t ¹⁾	9,20
Hochofengas . . .	1 000/Nm ³	1/100 Nm ³	10,00
Schweres Heizöl . . .	9 600/kg	130/t ²⁾	13,50
Leichtes Heizöl . . .	10 000/kg	180/t	18,00
Ferngas . . .	4 000/Nm ³	8/100 Nm ³	20,00
Strom . . .	860/kWh	8/100 kWh	(93,00 ²⁾)

¹⁾ Einschl. 10 DM/t Fraecht (für 100 km). — ²⁾ Einschl. 20 DM/t Verarbeitungskosten. — *) Nicht direkt vergleichbar, weil bei der Elektrowärme keine Abgasverluste auftreten.

Wahl des geeigneten Brennstoffes geben. Tafel 2 versucht zu zeigen, welche anderen Einflüsse, z. B. Anlage-, Unterhaltungs- und Bedienungskosten, Regelbarkeit, Sauberkeit, sich entscheidend auf die tatsächlichen Betriebskosten auswirken. Für Neuanlagen wird man Kohle trotz ihres niedrigen Wärmepreises kaum als Brennstoff heran-

Tafel 2. Wertstufung von Brennstoffen für Verzinkungswannen

Wertstufung	Brennstoffkosten	Anlagekosten	Unterhaltungs- und Bedienungskosten	Regelbarkeit	Sauberkeit
Günstig	Kohle	Kohle	Koksofengas	Strom	Strom
↑	Hochofengas	Koksofengas	Hochofengas	Koksofengas	Koksofengas
↓	Heizöl	Hochofengas	Heizöl	Hochofengas	Hochofengas
Ungünstig	Koksofengas	Heizöl	Strom	Heizöl	Heizöl
	Strom	Strom	Kohle	Kohle	Kohle

ziehen, weil eine schonende Beheizung nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen und eine leistungsabhängige Regelung nicht durchzuführen ist. Von den verschiedenen Gasarten kommen auch Schwachgase, wie Hochofen- und Generatorgas, in Frage. Falls sie zur Verfügung stehen, haben sie meist einen niedrigeren Wärmepreis als Ferngas. Verbrennungstechnisch führen die zwangsläufig anfallenden großen Abgasmengen zu den gewünschten niedrigen Verbrennungstemperaturen.

In Deutschland haben sich in den letzten Jahren Heizölf Feuerungen auch für Verzinkungsöfen mehr und mehr durchgesetzt. Die Heizölsorten (Tafel 3) unterscheiden sich

Tafel 3. Richtwerte für Heizöle

	(Leichtes) Heizöl L ¹⁾	(Mittleres) Heizöl M ²⁾	(Schweres) Heizöl S ¹⁾
Dichte bei 15°	0,87	1,10	0,96
Zähigkeit bei 20°	2	3	250
Zähigkeit bei 50°	1,2	1,4	25,0
Zähigkeit bei 100°	0,8	1,0	3
Flammpunkt	85	90	130
Asche	bis 0,2	bis 1,0	bis 0,3
Hartasphalt	bis 0,1		bis 6
Conradson-Test	bis 0,2	bis 2	bis 8
Schwefelgehalt	bis 0,8	bis 1,0	bis 3,5
Kohlenstoffgehalt	etwa 84	etwa 90	etwa 85
Wasserstoffgehalt	etwa 12	etwa 6	etwa 11
Unterer Heizwert (Hu)	etwa 10000	etwa 9000	etwa 9600

¹⁾ Beispiel: mineralische Öle. — ²⁾ Beispiel: Steinkohlenteer-Heizöl (Typ IV ohne Pechzusatz).

vor allem in der Zähigkeit. Das im Wärmepreis günstigste Heizöl S kann meist aus verschiedenen Gründen nicht verwendet werden. Große Verbrennungsräume, die zur Vermeidung der gefürchteten Ölkoksbildung notwendig sind, können in den Öfen nicht vorgesehen werden. Das schwere Heizöl muß auch für die Verbrennung auf etwa 120° vorgewärmt werden, wozu in Verzinkereien die Voraussetzungen fehlen. Am einfachsten ist das Heizöl L zu verwenden, das weder für den Transport noch für die Verbrennung vorzuwärmen ist. Mittelschwere Heizöle, wie z. B. das Steinkohlenteeröl,

müssen für die Verbrennung auf 40 bis 50° erhitzt werden. Ein weiterer wichtiger Vorteil der leichten und mittleren Öle ist ihr vergleichsweise niedriger Schwefelgehalt.

Die Anwendung von Elektrowärme für Verzinkungsöfen ist in Deutschland noch selten, da sie gegenüber der Gaswärme in der Regel nicht wettbewerbsfähig ist. Bei gleichen Preisen für Ferngas (bezogen auf 1 Nm³) und Strom (bezogen auf 1 kWh), also Bedingungen, wie sie in mittleren Industriebetrieben durchaus vorliegen können, ist die elektrische Energie, bei der mit keinen Abgasverlusten zu rechnen ist, mindestens doppelt so teuer wie die Gasenergie. 2 kWh Strom dürfen nicht viel mehr kosten als 1 Nm³ Ferngas, wenn man unter Berücksichtigung der Vorteile der Elektrowärme zu vergleichbaren Wärmepreisen kommen will.

Wärmebilanz

Die Wärmebilanzgleichung des VerzinkungsOfens lautet:

$$\text{Wärmeaufwand} = \text{Nutzwärme} + \text{Wandverlust} + \text{Abgasverlust} \quad (1)$$

$$Q_{\text{gesamt}} = Q_{\text{Nutz}} + Q_{\text{Wand}} + Q_{\text{Abgas}}$$

Dabei umfaßt die Nutzwärme den Wärmeinhalt der zu verzinkenden Gegenstände und der verbrauchten Zinkmenge bei der Arbeitstemperatur. Die Wandverluste sind gegeben durch die Abstrahlung des gesamten Ofens, beson-

ders aber der Badoberfläche. Der von Menge und Temperatur der Abgase abhängige Abgasverlust wird durch den feuerungstechnischen Wirkungsgrad gekennzeichnet.

$$\eta_t = \frac{Q_{\text{Nutz}} + Q_{\text{Wand}}}{Q_{\text{gesamt}}} \quad (2)$$

Daraus ergibt sich

$$Q_{\text{gesamt}} = \frac{Q_{\text{Nutz}} + Q_{\text{Wand}}}{\eta_t} \quad (3)$$

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad ist für Ferngas und Generatorgas vom Luftfaktor und der Abgastemperatur

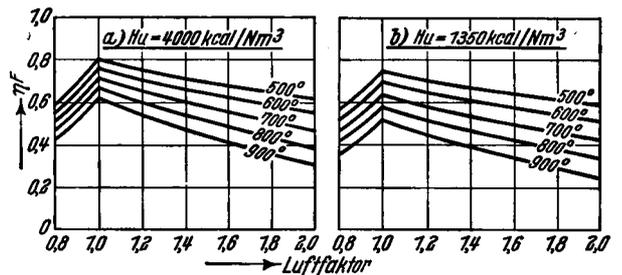


Bild 1. Feuerungstechnischer Wirkungsgrad für Ferngas (a) und Generatorkaltgas (b)

abhängig in Bild 1 dargestellt. Auch für überschlägliche Bilanzen muß von den Nebenvorgängen die exotherme Zinkveraschung berücksichtigt werden.

In Tafel 4 ist die Wärmebilanz für einen VerzinkungsOfen zusammengestellt, der stündlich 0,8 t Geschirr mit einem Gesamtzinkverbrauch von 100 kg/t durchsetzt, wobei mit Richtwerten nach Tafel 4a gerechnet wird. Die Zinkveraschung soll 10 % der eingesetzten Gesamtzinkmenge betragen.

Nach diesem Beispiel errechnet sich ein Wärmeverbrauch von $\frac{175\,000}{0,8} \text{ kcal/t} = 219 \text{ kcal/kg}$ und ein Ferngasverbrauch von $\frac{219\,000 \text{ kcal/t}}{4000 \text{ kcal/Nm}^3} = 55 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Der Anteil der Nutzwärme

beträgt etwa 30%, der Wandverluste etwa 45% und der Abgasverluste etwa 25%.

Entwicklung der brennstoffbeheizten Wanne zum geregelten Umwälzofen

Seit Einführung der Ferngasversorgung hat man sich in Deutschland in stärkerem Maße mit dem Umstellen der rost-

gas(t) gesenkt werden konnte. Vorübergehend wurden gasbeheizte Strahlrohre verwendet, die allerdings sehr sorgfältig überwacht und eingestellt werden mußten. Auf das Ausmauern der Pfannenwände mit Schamotte konnte man verzichten. Mitunter wurde Siliziumkarbid als Verkleidung gewählt. Später wurden allgemein Niederdruck-Ventilatorbrenner eingeführt, die besser zu regeln waren.

Tafel 4. Wärmebilanz für einen Geschirr-Verzinkungsöfen

Nutzwärme	
Wärmeinhalt Geschirr 800 kg/h · 58 kcal/kg	= 46 400 kcal/h
Zinkschmelzen 80 kg/h · 72 kcal/kg	= 5 800 kcal/h
	<u>52 200 kcal/h = 52 200 kcal/h</u>
Wandverluste	
Badabstrahlung 3,2 m · 1,2 m · 18000 kcal/m ² · h	= 69 000 kcal/h
Andere Wandverluste (nach Annahme)	= 20 000 kcal/h
	<u>89 000 kcal/h</u>
Abzüglich Zinkveraschung 8 kg · 1275 kcal/kg	= 10 200 kcal/h
	<u>78 800 kcal/h = 78 800 kcal/h</u>
Nutzwärme und Wandverluste	<u>131 000 kcal/h</u>
Wärmeaufwand bei einem feuerungstechnischen Wirkungsgrad $\eta = 0,75$	
	$\frac{131 000}{0,75} \text{ kcal/h} = 175 000 \text{ kcal/h}$

Die Abgasumwälzung war für die Wärmebehandlung von Leichtmetall und für Trockenkammern schon länger als wirtschaftlichste Lösung bekannt, um eine gleichmäßige und schonende Beheizung von Niedrigtemperatur-Öfen zu erreichen²⁾. Seit etwa 1940 wurde in Deutschland und vorher schon im anglo-amerikanischen Ausland die Abgasumwälzung für eiserne Verzinkungswannen eingeführt. Durch die Abgasumwälzung kann die Feuergastemperatur stark ge-

senkt werden, ohne daß, wie bei der Zufuhr von großen Mengen Überschlußluft, übermäßige Abgasverluste eintreten. Bild 1 zeigt, daß die Senkung der Abgastemperatur für Ferngas von z. B. 800° bei einem Luftfaktor von 1,55 auf 500° bei einem Luftfaktor von 1,2 den feuerungstechnischen Wirkungsgrad um etwa 33% verbessert. Nach Gleichung (3) kann die Wärmezufuhr oder der Wärmeverbrauch entsprechend vermindert werden. Bei der Umwälzfeuerung³⁾ für Verzinkungswannen wird das Abgas durch einen Heißgasventilator zwangsläufig umgewälzt (Bild 2). Gegebenenfalls können die Brenner, wenn sie als Treibstrahlbrenner ausgebildet sind, entsprechend der Bewegungsenergie der Feuer-

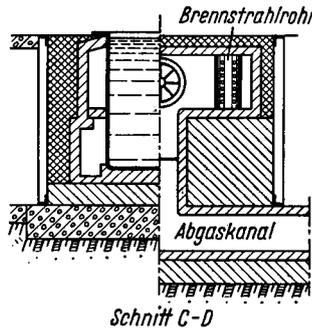
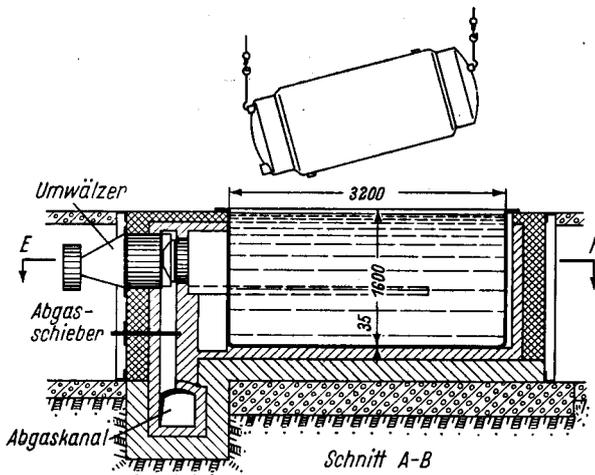
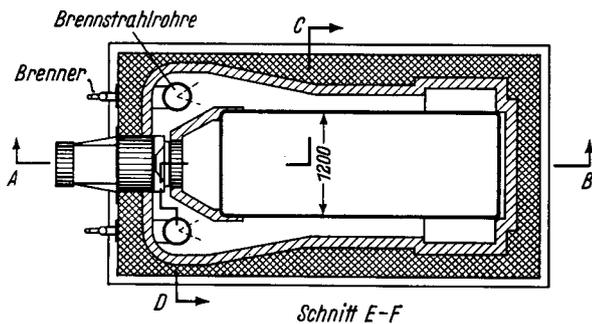


Bild 2. Geschirr-Verzinkungsöfen mit Umwälzfeuerung (Ofenbaugesellschaft Berg & Co. mbH, Köln-Kalk)



oder halbgasgefeuerten Wanne auf Gasheizung befaßt. Anfangs waren Schwierigkeiten zu überwinden. Das Gas stand ungereinigt und nur mit niedrigem Druck zur Verfügung. Auch hatte man sich bei der Entwicklung von gasbeheizten Öfen noch sehr an die früher üblichen Bauformen angelehnt. Oft hatte man auch keine geeigneten Brenner. Injektorbrenner hatten den Nachteil, daß sie bei Änderungen in der Wärmezufuhr nicht mit einem gleichbleibenden Luft/Gas-Gemisch betrieben werden konnten. A. Duphorn¹⁾ teilte als Erfolg einer längeren Entwicklungsarbeit mit, daß z. B. der Wärmeverbrauch bei der Drahtverzinkung je nach Drahtdicke von 490 bis 1400 kcal/kg (7 bis 20% Kohlenverbrauch) auf 280 bis 480 kcal/kg (70 bis 120 Nm³ Fern-

Tafel 4a. Wärmetechnische Richtwerte für Verzinkungsöfen

Stahl		
spezifische Wärme (0 bis 450°)	0,129	kcal/kg · °C
Wärmeinhalt bei 450°	58	kcal/kg
Zink		
Schmelzwärme	27,5	kcal/kg
spezifische Wärme (0 bis 450°)	0,16	kcal/kg · °C
Wärmeinhalt bei 450°	72	kcal/kg
Oxydationswärme	1 275	kcal/kg
spezifisches Gewicht (gegossen)	7,0	t/m ³
spezifisches Gewicht (geschmolzen)	6,6	t/m ³
Badabstrahlungsverluste		
bei blanker Badoberfläche	18 000	kcal/m ² · h
bei veraschter Badoberfläche	15 000	kcal/m ² · h
bei mit Koksgrus oder Vermiculit abgedeckter Oberfläche	10 000	kcal/m ² · h
für Wandflächen bei 75° Wandtemp.	800	kcal/m ² · h
bei 100° Wandtemp.	1 000	kcal/m ² · h
bei 160° Wandtemp.	2 000	kcal/m ² · h
Heizflächenleistung		
normal für eiserne Wannen	20 000	kcal/m ² · h
zum Vergleich bei Stoßöfen	bis 150 000	kcal/m ² · h
zum Vergleich bei Dampfkesseln	bis 200 000	kcal/m ² · h
zum Vergleich bei Siemens-Martin-Öfen	bis 500 000	kcal/m ² · h

gase selbsttätig eine bestimmte Abgasmenge ansaugen (Bild 3). Die Blockbauweise, bei der die Wanne, die Feuer-

¹⁾ Lempert, G.: Gas- u. Elektrowärme 1944, S. 28/34.

²⁾ Kohlgrüber, J., J. Leutbecher u. Th. Türk: Stahl u. Eisen 74 (1954) S. 464/74 (Gemeinsch.-Aussch. Verzinken 7).

³⁾ Stahl u. Eisen 70 (1950) S. 658/64 (Aussch. Drahtverarb. 30).

nung und das Gebläse zusammengefaßt sind, hat sich allgemein durchgesetzt. Beim Ofen mit Zwangsumlauf ist energie-wirtschaftlich ein gewisser Stromverbrauch zu berücksichtigen. J. Kohlgrüber³⁾ führt an, daß die Umwälzge-

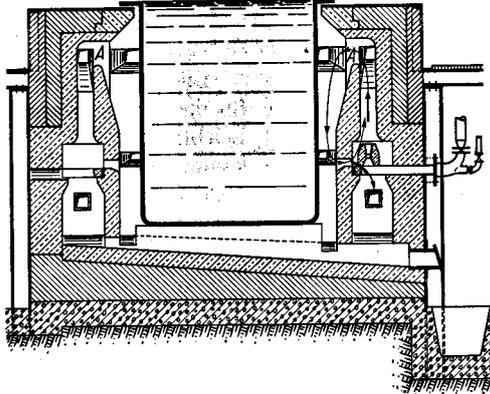


Bild 3. Verzinkungsöfen mit senkrechten Treibstrahlbrennern (Bauart W. Körner, Hagen)

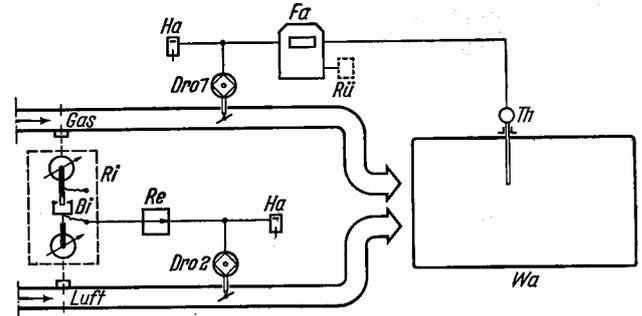
windigkeit aus wirtschaftlichen Gründen auf 15 bis 20 m/s begrenzt werden muß. Für einen Drahtverzinkungs- ofen, der 1 t/h durchsetzt und dafür 50 m³ Ferngas ver- braucht, ist für das Umwälzgebläse mit 4 bis 6 kWh zu rechnen. Andererseits wird durch das Herabsetzen der Feuer- gastemperatur bei höheren Feuergasgeschwindigkeiten ein schonendes, gleichmäßiges Beheizen der Wanne erreicht.

Bei Öfen mit Abgasumwälzung ist in vielen Fällen in Verbindung mit dem Überwachen der Temperatur das Regeln der Verbrennung mit großem Nutzen für einen sparsamen Wärmeverbrauch und eine lange Lebensdauer der Wanne eingeführt. Ein Eisen-Konstant-Thermo- element oder ein Widerstandsthermo- meter als vergleichsweise genaueres Tem- peraturmeßgerät gibt den Regelimpuls für Gas- und Luftzufuhr. Die Temperatur wird auf einen Fallbügelregler übertragen, der auf einen Steuermotor mit gekoppelten Dros- selklappen oder besser auf eine Gemisch- regelung arbeitet. Bei der Regelanlage in Bild 4 zieht das Gas die Verbrennungsluft über eine Doppelringwaage mit Differen- tialkontakt nach. Die Regelanlagen er- reichen nur ihren Zweck, wenn auch ofen- technisch bestimmte Voraussetzungen er- füllt sind. Eine gleichmäßige Badtempe- ratur ist nicht zu erreichen, wenn sich nach dem Abschalten der Wärmezufuhr die Speicherwärme des Ofenmauerwerks noch auswirken kann, worauf z. B. K. Lewus⁴⁾ hinweist, oder wenn der Badinhalt zu klein ist. Ein Aufheizen des Kesselinhalts nach dem Abschalten kann bei Wannen mit Ab- gasumwälzung vermieden werden, da die weiter umlaufenden Abgase Temperaturspitzen abfangen können. Nach Bild 5 bleibt auch bei verminderter Ofenbelastung und im Leerlauf die Badtemperatur fast gleich, während in den Schalt- zeiten die Umlaufgastemperatur schwankt. Das Umwälzen der Feuergase hat die Möglichkeit für einen zu regelnden Ofen gegeben, da die Zahl der Brenner begrenzt ist und die Speicherwärme in Mauerwerk klein gehalten werden kann.

⁴⁾ Mitt. Mittgl. Forsch.-Ges. Blechverarb. 1953, S. 269/76; vgl. Stahl u. Eisen 74 (1954) S. 903/04.

Leistung und Wärmeverbrauch für Anlagen mit verschiedenem Einsatzgut

Leistung und Wärmeverbrauch stehen bei Verzinkungs- öfen wie bei jedem Industrieofen in engem Zusammenhang.



- Wa - Zinkwanne
- Th - Thermoelement oder Widerstandsthermometer
- Fa - Fallbügeltemperaturregler
- (Rü - Rückführung)
- Dro 1 - Gasdrosselklappe
- Ri - Doppelringwaage mit Di = Differentialkontakt
- Re - Relais
- Dro 2 - Luftdrosselklappe
- Ha - Handschalter

Bild 4. Temperatur- und Gemischregelung für Zinkwannen

Die hohen Badabstrahlungsverluste bedingen einen be- trächtlichen Leerlaufverbrauch. Nach dem Bilanzbeispiel in Tafel 4 ist mit einem Leerlaufverbrauch von $\frac{78\ 800}{0,75} = 105\ 000$ kcal/h zu rechnen. Das sind etwa 60% der Wärme-

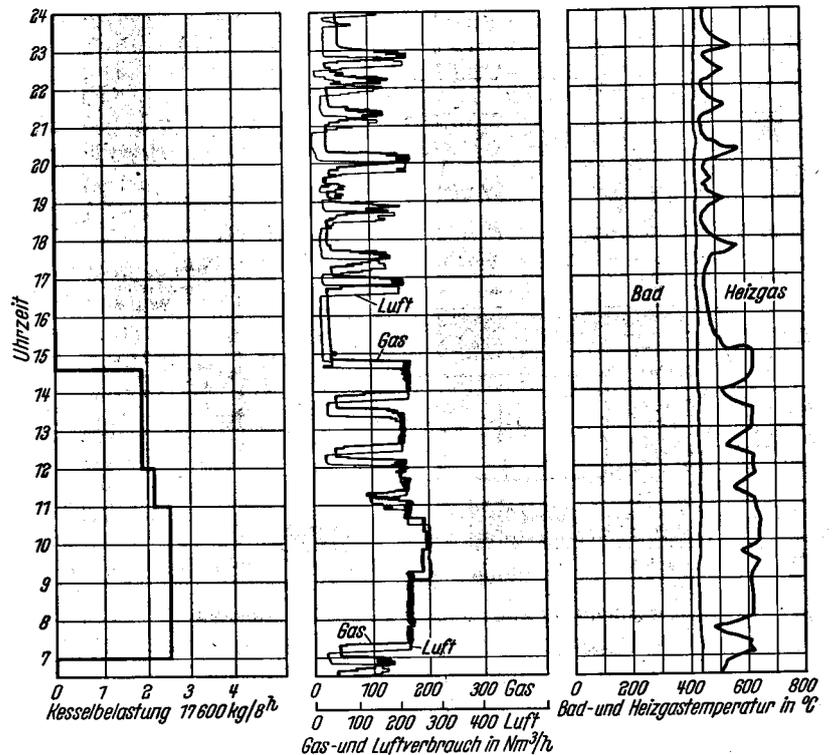


Bild 5. Verlauf von Leistung, Gas- und Luftmengen sowie Temperaturen an einem geregelten Blechverzinkofen

zufuhr bei der an und für sich niedrigen Normalleistung (175 000 kcal/h bei 0,8 t Geschirr/h). Je höher die Leistung ist, um so weniger wirkt sich der Anteil des Leerlaufver- brauchs aus. In Bild 6 ist für Blech-, Band-, Draht-, Rohr- und Geschirrverzinkungsanlagen der bezogene Wärme- verbrauch abhängig von der Stundenleistung dargestellt. Für jeden Kessel gibt es einen günstigsten Arbeitsbereich,

auf den die Beheizung schon bei der Konstruktion aus- zulegen ist. Die Höchstleistung ist begrenzt, weil die Wärme- zufuhr einen bestimmten Wert nicht überschreiten darf, um die Wanne zu schonen.

fassern⁵⁾ als üblich hingestellte Leistung überschritten. Eine Möglichkeit, die Heizflächenleistung bei gegebenem Durch- satz und gegebener Badoberfläche zu begrenzen, liegt in der Wahl eines profilierten Wannenquerschnittes. Wärme- technisch wesentlich ist nach R. Haarmann⁶⁾ der auf die Badoberfläche bezogene Durch- satz. Die entsprechenden Werte liegen zwi- schen 183 und 945 kg/m² · h. Je größer das Ver- hältnis Stundenleistung : Badoberfläche ist, desto niedriger liegt der Wärmeverbrauch.

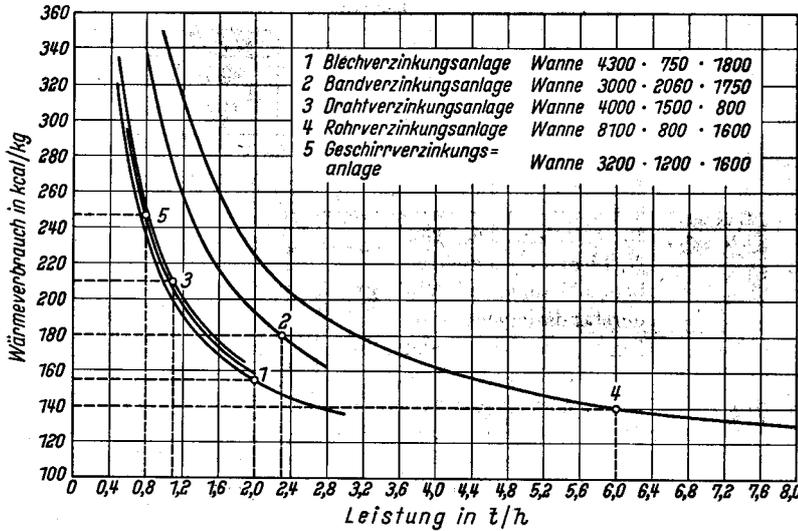


Bild 6. Leistung und Wärmeverbrauch von Verzinkungsanlagen. (Die Normal- leistungen sind durch Kreise besonders gekennzeichnet)

Tafel 5. Angaben über Verzinkungswannen (Kesselbauart)

	1	2	3	4	5	6
Verzinkungsgut	Geschirr und Stückgut	Geschirr und Stückgut	Blech	Blech	Band	Draht
Brennstoff	Ferngas	Ferngas	Ferngas	Ferngas	Ferngas	Ferngas
Heizart (Umwälzung)	Gebläse	Gebläse	Gebläse	Gebläse	Gebläse	Gebläse
Wanne						
Länge	3 200	3 500	4 300	3 200	2 300	4 000
Breite	1 200	1 000	750	820	2 000	1 500
Tiefe	1 600	1 600	1 800	1 800	880	800
Mittlere Wanddicke	35	35	40	35	40	30
Wannengewicht	5,3	—	7,2	4,9	3,7	3,9
Zinkgewicht	40	45	38	29,6	25,0	29
Feuergasbeheizte Fläche (Heizfläche)	8,7	11	13,2	11,6	12,0	12
Badoberfläche	3,9	3,5	3,2	2,6	4,6	6
Bezogene Werte						
Durchsatz	800	1 000	2 000	2 000	2 100	1 100
Durchsatz/Badoberfläche	205	286	625	770	456	183
Stündliche Wärmezufuhr	197 000	250 000	310 000	400 000	310 000	232 000
Wärmezufuhr/Heizfläche	22 600	22 700	23 500	34 500	25 800	19 400
Wärmeverbrauch	247	250	155	200	147	211
	7	8	9	10	11	12
Verzinkungsgut	Draht	Draht	Röhre	Röhre	Röhre	Röhre
Brennstoff	Heizöl L	Ferngas	Ferngas	Heizöl L	Ferngas	Ferngas
Heizart (Umwälzung)	Treibstrahl	Treibstrahl	Treibstrahl	Gebläse	Treibstrahl	Treibstrahl
Wanne						
Länge	4 000	4 000	8 200	8 000	8 220	8 220
Breite	1 000	1 300	1 350	1 000	1 300	1 300
Tiefe	1 200	1 200	1 800	1 500	1 800	1 800
Mittlere Wanddicke	35	40	40	35	40	40
Wannengewicht	4,7	6	16	—	14,1	14,1
Zinkgewicht	33	42	135	100	123	123
Feuergasbeheizte Fläche (Heizfläche)	9,6	9,6	28	24	31,4	30,4
Badoberfläche	4	5,2	11,1	8	10,7	10,7
Bezogene Werte						
Durchsatz	1 900	2 000	6 000	3 000	7 500	10 100
Durchsatz/Badoberfläche	475	385	540	375	700	945
Stündliche Wärmezufuhr	295 000	352 000	1 200 000	750 000	950 000	1 150 000
Wärmezufuhr/Heizfläche	30 800	36 800	42 900	31 200	30 300	37 800
Wärmeverbrauch	155	176	200	250	127	114

Einzelangaben über Verzinkungswannen mit ihren be- zogenen Kennwerten sind in Tafel 5 zusammengestellt. Alle Wannen haben Abgasumwälzung. Der Wärmeverbrauch dieser Öfen wird je nach Leistung, Größe der Badoberfläche und Art des Einsatzgutes zwischen 114 und 250 kcal/kg aus- gewiesen. Die Heizflächenleistung (Wärmezufuhr/Heiz- fläche) schwankt zwischen etwa 20 000 und 43 000 kcal/m² · h. Vor allem bei Rohrwannen wird die von verschiedenen Ver-

stelle Düsseldorf bestätigt wurden, werden bei niedrigen Wandverlusten günstige Werte für den Wärmeverbrauch erreicht (Tafel 6). Bild 8 zeigt einen deckelbeheizten Ofen für die Verzinkung von Muffen. Ein möglichst großer

⁵⁾ Bablik, H.: Ind.-Anz. 76 (1954) S. 413/16 u. 1105/07.

⁶⁾ Stahl u. Eisen 69 (1949) S. 734/39.

⁷⁾ Hartmann, F.: Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verstählen, Verbleien und das Überziehen von Metallen mit anderen Metallen überhaupt. 3. Aufl. Wien 1892.

Teil der Badoberfläche wird durch den Heizraum überdeckt und deshalb gegen Abstrahlung geschützt.

Diese Öfen, bei denen keine Schwierigkeiten mit Zinkdurchbrüchen auftreten können, sind auf die Durchlauf- und

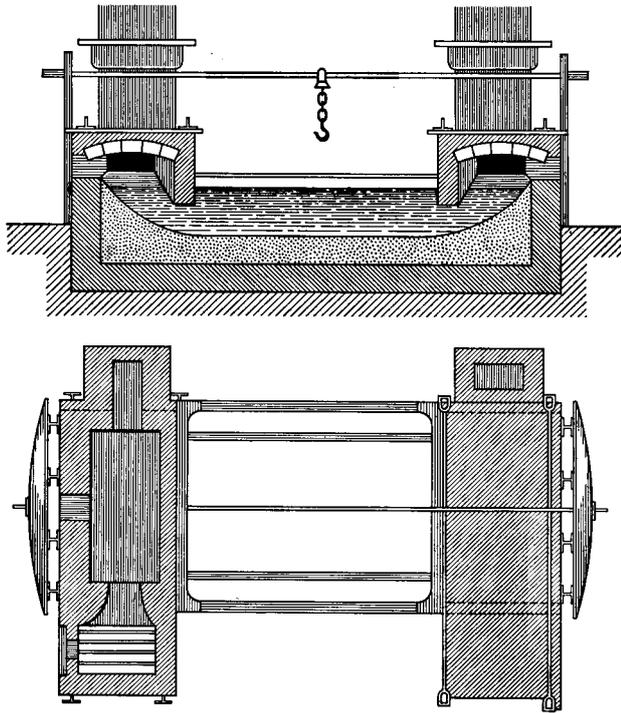


Bild 7. Deckelbeheizter Verzinkungsöfen [nach F. Hartmann⁷⁾

Tafel 6. Angaben über Verzinkungspfannen mit Deckelbeheizung

	1	2	3	4	5	6
Verzinkungsgut	Draht 1,8 bis 5 mm	Draht 1,8 bis 5 mm	Draht 1,2 mm	Geflecht	Draht	Fittings
Beheizung	Ferngas	Ferngas	Heizöl L	Ferngas	Ferngas	Heizöl L
Wanne						
Länge	mm 3 500	3 500	2 000	3 800	800	2 200
Breite	mm 1 400	1 700	600	1 500	500	800
Tiefe	mm 500	500	450	600	600	700
Zinkinhalt	t 14,5	17,5	7	18	6,8	11
Durchsatz	kg/h 800	1 200	320	500	250	350
Wärmezufuhr	kcal/h 140 000	205 000	80 000	110 000	65 000	95 000
Wärmeverbrauch	kcal/kg 175	171	250	220	260	271

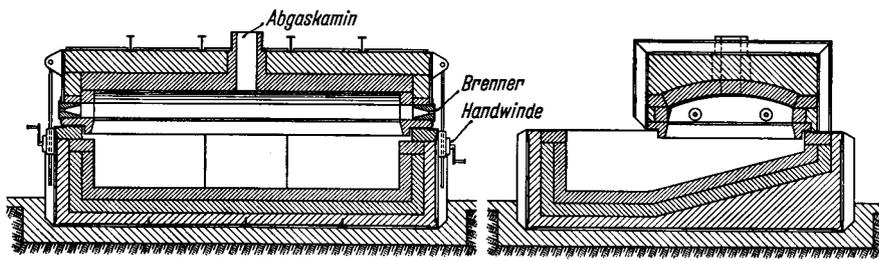
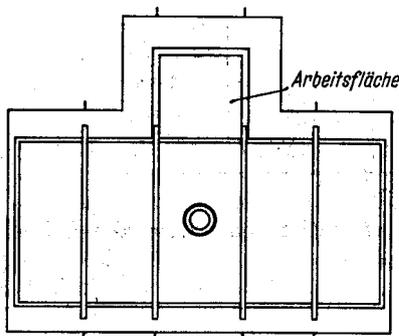


Bild 8
Verzinkungsöfen mit gas- (strom-) beheiztem
Deckel für Stückgut
(Ofenbau Fritz GmbH, Hagen)



Kleinteilverzinkung beschränkt. Hartzink kann sich nur aus der Reaktion zwischen Verzinkungsgut und Zinkbad bilden. Über den Metallverlust durch die Zinkveraschung liegen bisher bei oberflächenbeheizten Öfen nur wenige An-

gaben vor. F. Hartmann⁷⁾ erwähnt die starke Oxydationsneigung der Flammengase gegenüber dem Zinkbad, die man durch Abdecken mit eisernen Blechen nach Möglichkeit zu

Tafel 7. Zusammensetzung feuchter Abgase bei einem Luftfaktor 1,0

Abgas	% CO ₂	% N ₂	% H ₂ O	H ₂ O in g/Nm ³
von Ferngas	7,8	69,7	22,5	181
von Heizöl (mineral.)	14,2	74,6	11,2	90
von Gichtgas	23,6	73,1	3,3	27

vermeiden suchte. Bei den Kohlefeuerungen war von vornherein mit einem hohen Luftüberschuß in den Feuergasen zu rechnen. Die von N. Thoren⁸⁾ beschriebenen Wannen mit Widerstandselementen im Deckel werden an der Oberfläche mit einem Emailpulver gegen Oxydation geschützt. Kohlen säure und Wasserdampf als Verbrennungsergebnisse aller Brennstoffe (Tafel 7) können oxydierend wirken, wenn an der Grenzschicht Feuergas/Bad zu hohe Temperaturen vorliegen. An einem oberflächenbeheizten Drahtverzinkungsöfen wurde bei einem Gesamtzinkverbrauch von etwa 5 % der Zinkverlust in der Zinkasche mit 22,4% und im Hartzink mit 11,2% festgestellt. Von der eingesetzten Zinkmenge standen also 66,4% für die Zinkauflage zur Verfügung. Notwendig ist an den deckelbeheizten Öfen, genaue Metallbilanzen bei verschiedenen Betriebsverhältnissen aufzustellen.

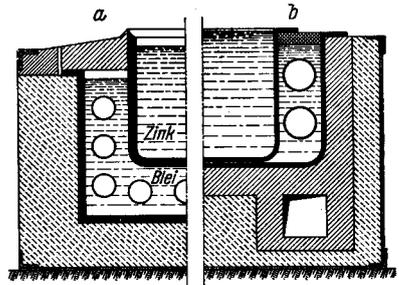


Bild 9. Bleibadbeheizte Verzinkungswannen
a) Widerstandsheizung (Brown, Boveri & Cie.)
b) Gasbeheizung (W. Körner, Hagen)

Sonderbauarten

Bei bleibadbeheizten Verzinkungswannen (Bild 9) ist man davon ausgegangen, daß die Wärmeübertragung durch Blei gleichmäßiger und schonender vor sich geht als durch Feuergase. Die Beheizung kann mit auswechselbaren Widerstandselementen oder Strahlrohren erfolgen⁹⁾. Da verhältnismäßig große Bleimengen und dann teure Ofenfundamente benötigt werden,

wird diese Art der Beheizung nur für kleinere Verzinkungsanlagen angewendet.

Da in Deutschland Bandstahl noch nicht kontinuierlich verzinkt wird, kann auf die wärmetechnisch vorbildliche Nutzbarmachung der fühlbaren Wärme des gegliihten Bandes für die Zinkbaderwärmung nicht eingegangen werden⁹⁾. Bisher ist es nicht möglich, die kontinuierliche Drahtverzinkung nach einem ähnlichen Verfahren durchzuführen¹⁰⁾.

⁷⁾ Thoren, N.: Top heated galvanizing bath at Virsbo, Sweden. In: Second international conference on hot dip galvanizing held at Düsseldorf, 30th June—4th July 1952. Oxford 1953. S. 115/22.
⁸⁾ McArthur, D. A., A. R. Geisler u. J. Upton jr.: Steel 134 (1954) Nr. 14, S. 100/02; Nr. 15, S. 102/04; vgl. Stahl u. Eisen 75 (1955) S. 1519/20.
⁹⁾ Landeau, J.: Thermal factors affecting output in sheet and strip galvanizing. In: Third international conference on hot dip galvanizing held at Oxford, 4th—9th July 1954. Oxford 1954. S. 28/37.

In Deutschland werden nur einige kleinere Öfen bei günstigen Stromtarifen mit Widerstandsbeheizung betrieben. Erfahrungen mit elektro-induktiv beheizten Öfen liegen bisher noch nicht vor.

*

Für die Überlassung von Unterlagen sei auch an dieser Stelle den Herren E. Fritz, Hagen, F. Holzrichter, Mülheim (Ruhr), und J. Kohlgrüber, Köln, gedankt.

Zusammenfassung

Für Verzinkungsöfen liegen eine Reihe wärmetechnisch unterschiedlicher Beheizungsverfahren vor. Soweit diese bisher in Deutschland zum Einsatz kamen, werden sie —

z. B. im Hinblick auf die Brennstoffwahl — besprochen. An Hand von Richtangaben ist eine Wärmebilanz für Geschirrz-Verzinkungsöfen aufgestellt. Die Entwicklung der brennstoffbeheizten Öfen mit Umwälzfeuerung wird dargestellt. Ihre Vorteile durch Herabsetzen der Abgasverluste, schonende Beheizung und gute Regelfähigkeit werden herausgestellt. Die Leistung der Verzinkungswannen beeinflusst den Wärmeverbrauch in hohem Maße, da die Wandverluste auch bei neuzeitlichen Öfen in der Hauptsache durch die Abstrahlung recht hoch sind. Für eine Reihe von Öfen werden aus Betriebs- und Konstruktionsunterlagen spezifische Werte, wie Heizflächenleistung, auf die Badoberfläche bezogener Durchsatz, genannt. Abschließend wird auf den deckelbeheizten Ofen eingegangen.