

## Der Einfluß der Oberflächenrauheit und der Glühbehandlung auf die Güte des Zinküberzuges auf kalt gewalzten Feiblechen

Von Dietrich Horstmann und Ulrich Krause in Düsseldorf

[Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Abhandlung 865]

[Bericht Nr. 66 des Kaltwalzausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute\*) und Bericht Nr. 37 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken\*\*)]

*Die Glühbehandlung, ob normal oder rekristallisierend gegläht, hat keinen Einfluß auf die Verzinkungseigenschaften von Feiblech, während diese mit zunehmender Oberflächenrauheit, wie sie beim Nachwalzen erhalten werden kann, durch eine Erhöhung der Haftfestigkeit wesentlich zu verbessern ist.*

Der ständig zunehmende Anteil kalt gewalzter Bleche an der gesamten Feiblechherstellung hat dazu geführt, daß diese Bleche in immer stärkerem Maße auch für Verzinkungszwecke verwendet werden. Dabei sollen gelegentlich Schwierigkeiten dadurch auftreten, daß der Zinküberzug fehlerhaft ist oder schlecht am Eisen haftet und bei einer Umformung leicht abplatzt. Diese Erscheinungen werden teils darauf zurückgeführt, daß an der Oberfläche kalt gewalzter Bleche eine stark verformte Schicht vorhanden sein soll<sup>1)</sup>, zum Teil sollen sie aber auch dadurch hervorgerufen werden, daß diese Bleche wesentlich glatter als warm gewalzte sind und daß auf ihrer Oberfläche manchmal Glührückstände von Emulsionsfetten vorhanden sind. Da über die Ursache dieser Erscheinungen bis jetzt jedoch nur wenig bekannt ist und über den Einfluß der Oberflächenrauheit und der Glühbehandlung kalt gewalzter Bleche noch keine Untersuchungen vorliegen, erschien es angebracht, die Wirkung dieser beiden Einflußgrößen auf die Güte der Verzinkung näher zu bestimmen.

### Versuchswerkstoffe und Versuchsdurchführung

Für die Untersuchung wurde kalt gewalztes Breitband der Gruppe V nach DIN 1623 aus unberuhigtem nach Windfrisch-Sonderverfahren erblasenem Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt verwendet. Nach dem Kaltwalzen wurden diese Bänder geteilt und ein Teil normalgeglüht, ein anderer elektrolytisch gereinigt und dann rekristallisierend gegläht und der letzte ohne vorausgegangene Reinigung rekristallisierend gegläht. Die rekristallisierend geglähten Bandteile wurden mit Walzen verschiedener Oberflächenrauheit nachgewalzt. Aus diesen so vorbehandelten Bändern wurden Bleche von 2 m Länge geschnitten, die in den Werken A, B und C nach dem Trockenverzinkungsverfahren<sup>2)</sup> in mit Aluminium legierten Zinkbädern verzinkt wurden, da anzunehmen war, daß bei diesem Verzinkungsverfahren leichter Unterschiede im Verhalten der Bleche festzustellen sein würden als bei der unempfindlicheren Naßverzinkung.

Vor dem Verzinken wurden die Bleche in etwa im Verhältnis 1:1 mit Wasser verdünnter Salzsäure gebeizt. Die

Beizezeit betrug bei den verzünderten normalgeglühten Blechen in allen drei Werken etwa eine halbe Stunde. Die zunderfreien rekristallisierend geglähten Bleche wurden in den Werken A und C nur etwa 5 min lang gebeizt, im Werk B absichtlich zusammen mit den normalgeglühten ebenfalls eine halbe Stunde und einzelne Blechtafeln einiger Güten sogar etwa eine Stunde, um festzustellen, wie sich eine längere Säureeinwirkung auf die Güte der Verzinkung auswirkt. Nach dem Beizen wurde eine Flußmittellösung auf die Bleche aufgetragen und in Durchlauföfen aufgetrocknet. Unmittelbar daran anschließend erfolgte das Verzinken. Die Zinkbadtemperaturen lagen bei  $435 \pm 10^\circ\text{C}$ . Die Temperatur im Werk A lag dabei an der unteren Grenze, die des Werkes B an der oberen Grenze und die des Werkes C etwa in der Mitte dieses Bereiches. Der Aluminiumgehalt der Zinkschmelze betrug im Werk A 0,06%, im Werk B 0,11% und im Werk C 0,07%. Die Gehalte der übrigen Begleitelemente lagen in dem bei der Blechverzinkung üblichen Bereich; nur im Werk C war der Eisengehalt etwas höher als in den Zinkbädern der anderen beiden Werke. Die Ausziehgeschwindigkeit der Bleche aus dem Zinkbad wurde absichtlich so gewählt, daß die Zinkauflage im Werk A etwa  $550 \text{ g/m}^2$ , im Werk B etwa  $350 \text{ g/m}^2$  und im Werk C etwa  $400 \text{ g/m}^2$  doppelseitig betrug.

Die Oberflächenrauheit wird nach DIN 4762 durch die Rauhtiefe  $R$ , die Glättungstiefe  $G$  und durch den arithmetischen Mittenrauhwert  $R_a$  gekennzeichnet. Zum Messen dieser Oberflächenkenngrößen wurde bei der Untersuchung das nach dem Tastschnittverfahren arbeitende Oberflächenmeßgerät Perth-O-Meter S 1 benutzt, wobei diese Kenngrößen als Festhaltewert an der elektrischen Anzeige des Gerätes abgelesen wurden. Dieses Gerät tastet die Oberfläche mit einem Pendeltaster (T 25) längs eines Tastweges von 5 mm ab; der elektrischen Anzeige liegt dabei die Bezugsstrecke  $S_b = 3,8 \text{ mm}$  zugrunde.  $R$ ,  $G$  und  $R_a$  wurden längs desselben Tastweges ermittelt. Die Rauhtiefe  $R$  wurde mit einem Wellenglätter von 2,5 mm, die Glättungstiefe  $G$  und der arithmetische Mittenrauhwert  $R_a$  mit einem Wellenglätter von 0,75 mm ermittelt. Für die Messungen wurden in jedem Werk von allen Blechgüten je zwei unverzinkte und verzinkte Streifen entnommen, die an jeweils zehn beliebig verteilten Stellen quer zur Walzrichtung abgetastet wurden. Die verzünderten normalgeglühten und die verzinkten Bleche wurden vor der Messung zum Freilegen der Eisen-

\*) Vorgetragen auf der 19. Vollsitzung des Kaltwalzausschusses am 7. Juli 1960 in Düsseldorf.

\*\*) Gebildet vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute, der Fachvereinigung Draht e. V. und der Gesellschaft für Blechforschung e. V.

<sup>1)</sup> Bablik, H.: Mitt. Forschungsges. Blechverarbeitung (1961) Nr. 18, S. 217/21.

<sup>2)</sup> Bablik, H.: Das Feuerverzinken. Wien 1941.

oberfläche in Salzsäure mit Antimontrioxyd als Sparbeizzusatz vorsichtig abgebeizt. Die Oberflächenfeingestalt der einzelnen Blechgüten wurde mit den aus diesen 20 Messungen gewonnenen Mittelwerten  $\bar{R}$ ,  $\bar{G}$  und  $\bar{R}_a$  festgelegt. Außerdem wurden aus den an jeder Blechgüte im unverzinkten Zustand durchgeführten 60 Einzelmessungen Häufigkeitskurven für  $R$ ,  $G$  und  $R_a$  gezeichnet. Um den Aufbau der Oberfläche aufzuzeigen, wurde zusätzlich von jedem Blechabschnitt

Eindrücke in ähnlicher Art wie das der Falzproben beurteilt.

Zur Untersuchung des Aufbaues des Zinküberzuges wurden von Blechproben Schliffe hergestellt, die zum Sichtbarmachen des Gefüges mit einem Ätzmittel nach D. H. Rowland<sup>5)</sup>, bestehend aus einer Lösung von 4 bis 5 Tropfen konzentrierter Salpetersäure, in 50 ml Amylalkohol geätzt wurden.

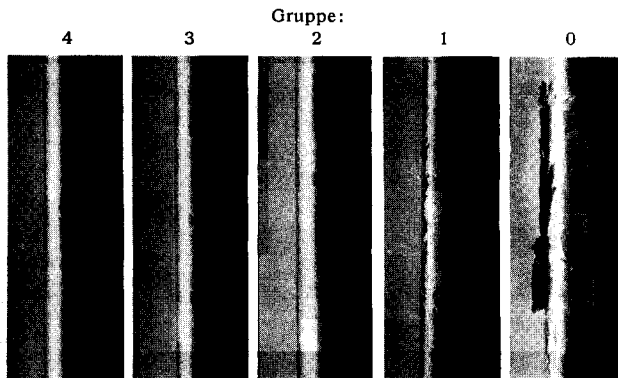


Bild 1. Beurteilung der Falzproben

bei ausgeschaltetem Wellenglättter ein Profilschrieb der wahren Oberfläche mit 1000facher Vergrößerung in y- und 40facher Vergrößerung in x-Richtung aufgezeichnet.

Zur Bestimmung der Zinkauflage wurden aus zwei Blechen jeder Güte je zehn Proben von  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  über die gesamte Blechbreite entnommen. An diesen Proben wurde die Zinkauflage aus dem Gewichtsunterschied vor und nach dem Abbeizen des Überzuges in Salzsäure mit Antimontrioxyd als Sparbeizzusatz ermittelt und aus den gefundenen Einzelwerten die mittlere Zinkauflage der Bleche berechnet.

Die Haftfestigkeit des Zinküberzuges wurde durch Falzproben und Erichsen-Prüfungen ermittelt. Die Falzproben wurden in ähnlicher Weise wie die Wickelproben zur Bestimmung der Haftfestigkeit von Zinküberzügen auf Drähten<sup>3) 4)</sup> nach ihrem Aussehen in fünf verschiedene Gruppen

### Oberflächenrauheit und Ergebnis der Verzinkung

In *Tafel 1* sind die Glühbehandlungen und die Rauheitskennzahlen der Bleche vor dem Verzinken und nach dem Abbeizen des Zinküberzuges zusammengestellt. Man sieht, daß die aus 20 Einzelmessungen gewonnenen Mittelwerte von  $R$ ,  $G$  und  $R_a$  der aus dem gleichen Band geschnittenen Bleche in einem gewissen Bereich schwanken, was dadurch bedingt ist, daß die Messungen an verschiedenen Stellen des Bandes durchgeführt wurden. Die Werte zeigen, daß die normalgeglühten Bleche mit mittleren Rauhtiefen  $\bar{R}$  von 1,7 bis  $4,2 \mu$ , mittleren Glättungstiefen  $\bar{G}$  von 0,47 bis  $1,51 \mu$  und mittleren arithmetischen Mittenrauhwerten  $\bar{R}_a$  von 0,20 bis  $0,64 \mu$  am glattesten sind, was darauf zurückzuführen ist, daß diese Bleche nach dem Glühen nicht mehr mit aufgerauten Walzen nachgewalzt wurden. Bei den elektrolytisch gereinigten rekristallisierend geglühten Blechen liegt  $\bar{R}$  zwischen 4,3 und  $6,8 \mu$ ,  $\bar{G}$  zwischen 1,12 und  $2,42 \mu$  und  $\bar{R}_a$  zwischen 0,74 und  $1,26 \mu$ . Die vor dem Glühen nicht gereinigten Bleche haben mit Werten von  $\bar{R}$  von 4,3 bis  $6,8 \mu$ ,  $\bar{G}$  von 1,19 bis  $2,74 \mu$  und  $\bar{R}_a$  von 0,80 bis  $1,30 \mu$  nahezu die gleiche Oberflächenrauheit. Die am gleichen Band im unverzinkten Zustand gemessenen Rauheitskennzahlen verteilen sich, wie die aus 60 Einzelmessungen ermittelte Häufigkeitsverteilung zeigt, annähernd gleichmäßig in Form einer Gaußschen Fehlerverteilungskurve um einen Mittelwert. In *Bild 2* sind als Beispiele Häufigkeitskurven für  $R$ ,  $G$  und  $R_a$  für drei Bleche wiedergegeben. Durch das Verzinken verändern sich die Rauheitskennzahlen nicht

Tafel 1. Glühbehandlung und Rauheitskennzahlen der verwendeten Bleche

Blech	Glühbehandlung <sup>1)</sup>	Rauheitskennzahlen in $\mu$																	
		Werk A						Werk B						Werk C					
		Vor dem Verzinken			Nach dem Verzinken			Vor dem Verzinken			Nach dem Verzinken			Vor dem Verzinken			Nach dem Verzinken		
		$R$	$G$	$R_a$	$R$	$G$	$R_a$	$R$	$G$	$R_a$	$R$	$G$	$R_a$	$R$	$G$	$R_a$	$R$	$G$	$R_a$
1	a	1,7	0,53	0,21	1,9	0,64	0,20	2,1	0,60	0,23	2,1	0,60	0,29	1,8	0,53	0,23	1,8	0,47	0,25
2	a	4,0	1,45	0,61	4,2	1,51	0,64	3,4	1,31	0,58	3,3	1,28	0,61	3,3	1,26	0,57	3,1	1,29	0,41
3	b	4,3	1,18	0,77	4,8	1,45	0,94	4,3	1,12	0,74	5,2	1,46	0,98	4,8	1,39	0,87	4,4	1,19	0,74
4	b	5,6	2,23	1,02	5,4	1,99	0,96	5,4	2,18	1,00	4,9	1,95	0,96	5,6	2,00	1,02	5,3	2,07	0,99
5	b	5,2	2,04	1,06	5,1	1,81	1,06	6,5	2,38	1,26	5,9	2,29	1,25	6,5	2,42	1,26	6,8	2,18	1,17
6	c	4,6	1,19	0,83	4,8	1,40	0,94	4,6	1,32	0,81	5,4	1,51	0,86	4,6	1,32	0,82	4,9	1,54	0,80
7	c	5,3	1,71	0,99	5,4	1,97	1,09	5,5	1,89	1,03	6,3	2,10	1,20	5,0	1,73	0,97	4,6	1,74	1,03
8	c	4,9	1,83	0,99	4,3	1,40	0,86	5,8	2,22	1,12	5,5	2,23	1,21	5,5	1,84	1,03	5,9	1,64	0,92
9	c	5,6	2,04	1,00	5,4	1,81	1,05	6,0	1,98	0,97	5,7	2,24	1,11	5,5	1,95	0,90	5,6	1,87	0,95
10	c	6,2	2,39	1,22	6,8	2,74	1,30	6,1	2,34	1,19	6,4	2,52	1,07	6,4	2,26	1,21	6,2	2,31	1,27

<sup>1)</sup> a = normalgeglüht; b = gereinigt, rekristallisierend geglüht; c = nicht gereinigt, rekristallisierend geglüht.

eingeteilt. Dabei wurde ein auch nach dem Falzen noch glatter Überzug in Gruppe 4, ein leicht rauher Überzug in Gruppe 3, ein Zinküberzug mit leichten Rissen in Gruppe 2, ein Überzug mit starken Rissen in Gruppe 1 und ein Zinküberzug, der abblättert, in Gruppe 0 eingestuft (*Bild 1*). Bei der Erichsen-Prüfung wurden die Proben zunächst bis zum deutlich sichtbaren Aufreißen oder Abblättern des Zinküberzuges und dann weiter bis zum Bruch des Bleches gezogen und das Verhältnis der beiden Tiefungswerte als Maß für die Haftfestigkeit des Zinküberzuges gebildet. Außerdem wurde das Aussehen der Erichsen-

merkmale, wie ein Vergleich der vor dem Verzinken und der nach dem Abbeizen des Zinküberzuges gemessenen Werte zeigt. Abweichungen beider Werte voneinander liegen in allen Fällen innerhalb der Häufigkeitsverteilung. Dieser Befund wird deutlicher durch *Bild 3* veranschaulicht, in dem die nach dem Abbeizen des Zinküberzuges gemessenen Rauheitskennzahlen in Abhängigkeit von den vor dem Verzinken ermittelten Werten wiedergegeben sind. Man sieht, daß die Meßwerte um die 45°-Geraden gleicher Rauheitskennzahlen schwanken. Auch der Charakter der Oberflächenrauheit ändert sich beim Verzinken nicht. Die vor dem Verzinken

<sup>2)</sup> Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 78 (1958) S. 1456/62.

<sup>4)</sup> Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 79 (1959) S. 1002/05.

<sup>5)</sup> Trans. Amer. Soc. Met. 40 (1948) S. 983/1011.

und nach dem Abbeizen des Zinküberzuges aufgenommenen Profilschriebe der Oberfläche zeigen den gleichen Aufbau (Bild 4). Die Ursache für diesen Befund dürfte darin zu suchen sein, daß die Tauchzeit der Bleche im Zinkbad sehr

kurz war. Bei längeren Tauchzeiten wird sich dagegen die Oberflächenrauheit beim Verzinken durch das stärkere Wachstum der Eisen-Zink-Legierungsschichten etwas verändern.

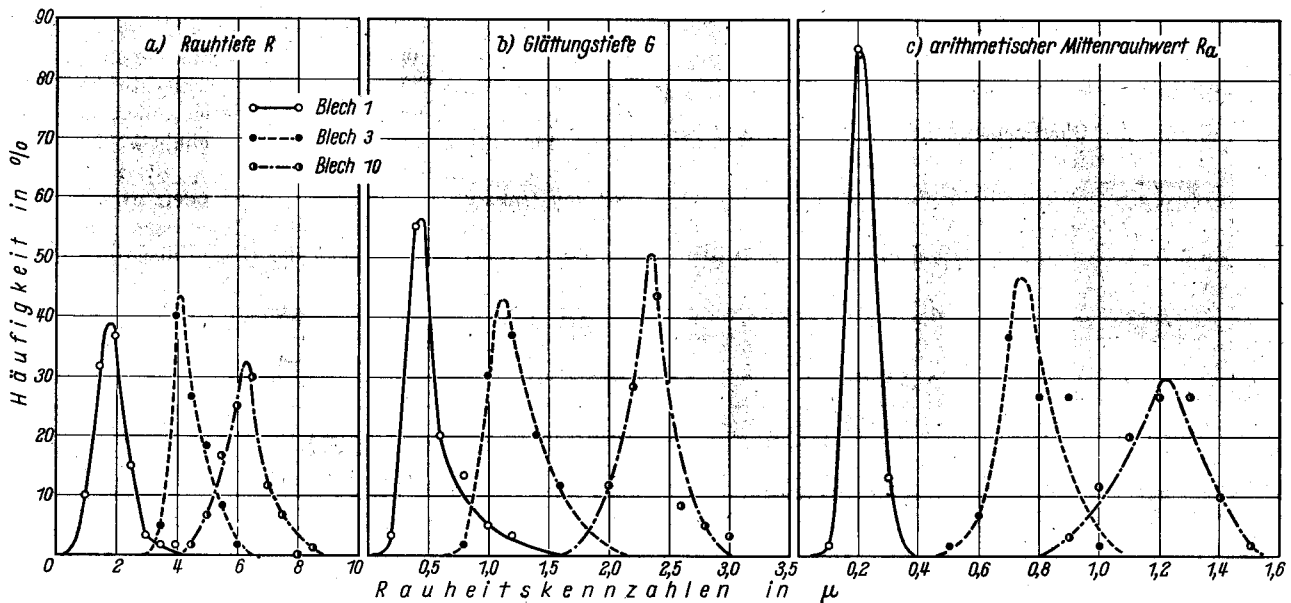


Bild 2. Häufigkeitsverteilung der Rauheitskennzahlen

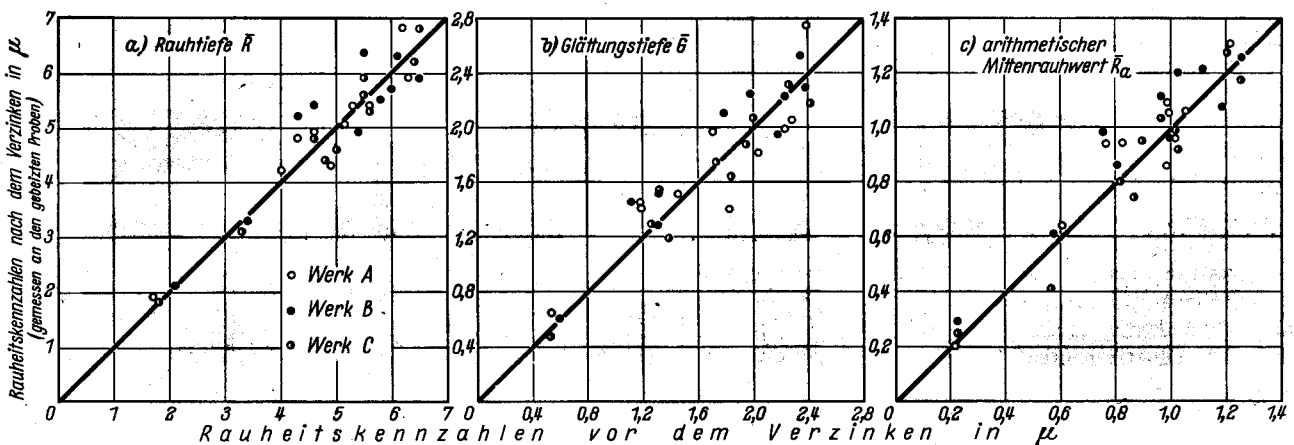


Bild 3. Veränderung der Rauheitskennzahlen beim Verzinken

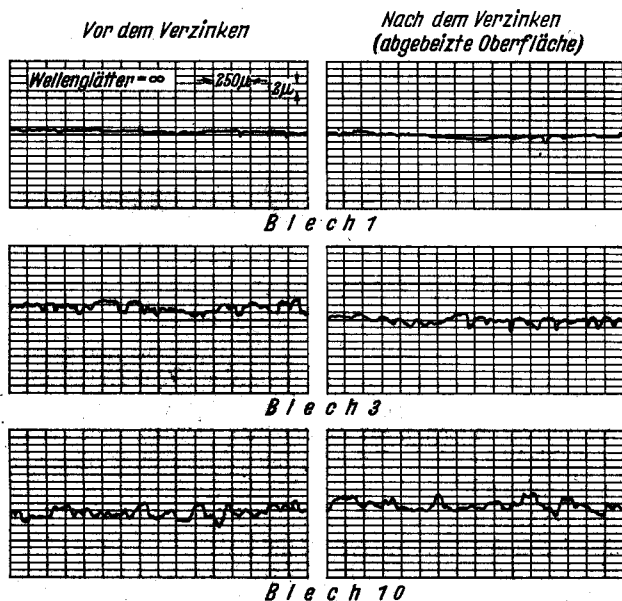


Bild 4. Oberflächenprofilschriebe vor und nach dem Verzinken (gemessen an der abgebeizten Oberfläche)

Beim Verzinken traten in allen drei Werken bei keiner Blechgüte Fehlererscheinungen und Schwierigkeiten irgendwelcher Art auf. Nur einzelne der im Werk B absichtlich eine halbe Stunde lang gebeizten rekristallisierend geglähten Bleche zeigten stellenweise ein milchiggraues Aussehen. Bei genauerer Beobachtung konnten an diesen Stellen kleine Krater von beim Erstarren der Zinkschmelze aufgeplatzten Blasen festgestellt werden. Die Ausdehnung dieser milchiggrauen Stellen war bei den einzelnen noch länger gebeizten Blechen größer und die Erscheinung deutlicher sichtbar. Unterschiede im Verhalten der nicht gereinigten und der elektrolytisch gereinigten geglähten Bleche waren hierbei nicht festzustellen. Die Erscheinung ist daher eindeutig auf das absichtlich zu lange Beizen zurückzuführen. Wahrscheinlich ist das Auftreten dieser milchiggrauen Stellen auf eine stärkere Wasserstoffaufnahme durch die längere Säureeinwirkung auf das Blech beim Beizen zurückzuführen, die beim Verzinken auch noch nach dem Herausziehen des Bleches aus dem Zinkbad während des Erstarrens der Reinzinkschicht eine Wasserstoffabgabe zur Folge hat. Zunderfreie kalt gewalzte Bleche sollten daher möglichst kurz gebeizt werden, um diese

Erscheinung zu vermeiden. Die lediglich das Aussehen der verzinkten Bleche bestimmenden Zinkblumen waren bei den im Werk A verzinkten Blechen bei allen Güten annähernd gleich ausgebildet. Bei den Blechen, die in den Werken B und C verzinkt wurden, waren die Zinkblumen auf den normalgeglühten Blechen dagegen allgemein etwas größer als auf den rekristallisierend geglühten; eine Beobachtung, die mit sonstigen Betriebserfahrungen übereinstimmt.

#### Einfluß der Oberflächenrauheit auf die Dicke der Zinkauflage und die Haftfestigkeit der Zinkschicht

Die Zinkauflage der im Werk A verzinkten Bleche lag zwischen 520 und 540 g/m<sup>2</sup> doppelseitig, die der im Werk B verzinkten Bleche zwischen 337 und 353 g/m<sup>2</sup> doppelseitig und die der im Werk C verzinkten zwischen 395 und 415 g/m<sup>2</sup> doppelseitig. Die für diese Versuchsreihe gewünschten unterschiedlichen Zinkauflagen bei den in den drei Werken verzinkten Blechen wurden also gut eingehalten.

In Bild 5 ist die Zinkauflage der Bleche in Abhängigkeit von den Rauheitskennzahlen aufgetragen. Man sieht, daß sie in allen drei Fällen mit zunehmender Oberflächenrauheit ansteigt. Diese Zunahme ist in allen drei Werken gleich groß, wie der parallele Verlauf der Geraden anzeigt. Es liegt also hier eindeutig ein Einfluß der Oberflächenrauheit und nicht etwa ein Einfluß der Verzinkungsbedingungen vor, die in allen drei Werken verschieden waren. Die Unterschiede der Verzinkungsbedingungen, vor allem die Zinkbadtemperatur, der Aluminiumgehalt und die Ausziehgeschwindigkeit, wirken sich nur in der gewünschten ungefähren Lage der Zinkauflage aus. Die Glühbehandlung der Bleche, ob normal oder rekristallisierend geglüht und auch eine elektrolytische Reinigung der Bleche vor dem Glühen scheinen sich dagegen nicht auf die Höhe der Zinkauflage auszuwirken, da alle Meßpunkte in einem gemeinsamen Streubereich liegen.

Die Haftfestigkeit der Zinküberzüge wird mit zunehmender Oberflächenrauheit wesentlich besser, wie es die Beurteilung der Falzproben zeigt (Bild 6). Bei sehr glatten Blechen blättert der Zinküberzug in allen Fällen teilweise ab oder zeigt starke Risse nach dem Falzen (Beurteilungsgruppen 0 und 1). Mit zunehmender Rauheit der Blechoberfläche

treten noch leichte Risse beim Falzen auf (Beurteilungsgruppe 2), und bei größeren Oberflächenrauheiten zeigt der Zinküberzug nach dem Falzen nur noch eine leicht aufgeraute Oberfläche oder bleibt glatt (Beurteilungsgruppen 3 und 4). Im ganzen gesehen ist die Haftfestigkeit des Zinküberzuges bei dünneren Zinkauflagen besser als bei dickeren; so ist sie bei den im Werk B verzinkten Blechen am besten, bei den im Werk C verzinkten etwas schlechter und bei denen aus Werk A mit der beabsichtigten außerordentlich hohen Zinkauflage noch schlechter. Ein ähnliches Ergebnis wurde schon bei den Untersuchungen über die Haftfestigkeit von Zinküberzügen auf Drähten gefunden, wo die Haftfestigkeit ebenfalls mit steigender Zinkauflage schlechter wurde<sup>3) 4)</sup>. Wieweit sich neben der Gesamtdicke des Zink-

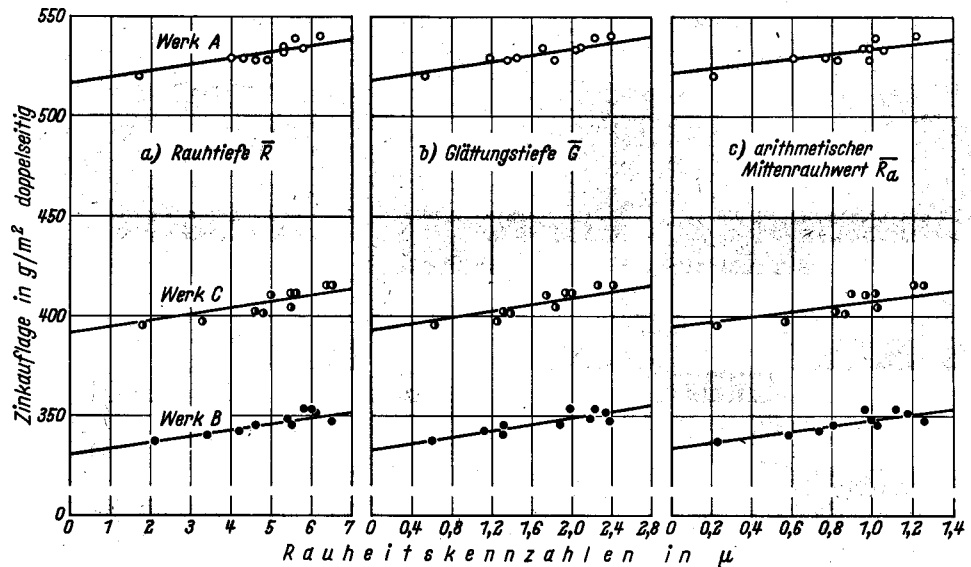
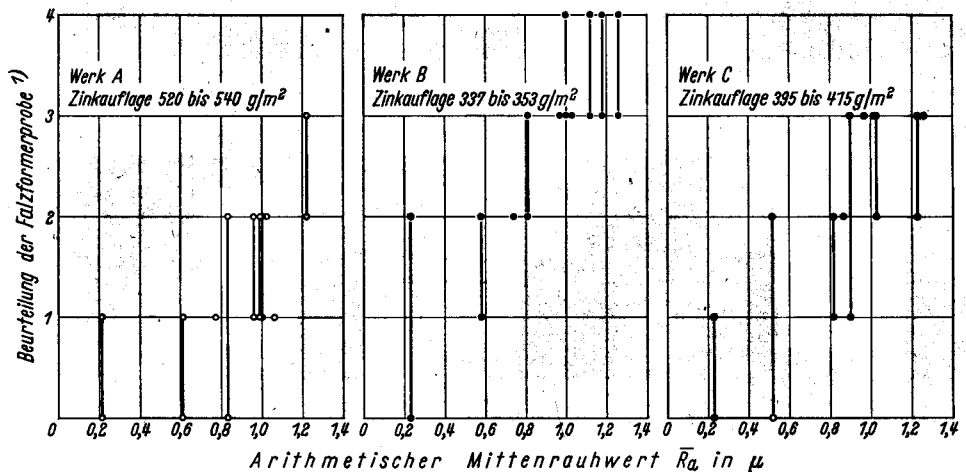


Bild 5. Abhängigkeit der Zinkauflage von den Rauheitskennzahlen



1) 0 = Abblättern, 1 = starke Rißbildung, 2 = leichte Rißbildung, 3 = rau, 4 = glatt

Bild 6. Abhängigkeit der Falzformprobe vom arithmetischen Mittenrauhwert

überzuges auch noch die Ausbildung der Eisen-Zink-Legierungsschicht auf die Haftfestigkeit auswirkt, kann aus diesen Versuchsergebnissen nicht entnommen werden. Der etwas unterschiedliche Verlauf der Abhängigkeit deutet aber auf einen gewissen Einfluß hin. Die Art der Glühbehandlung des Bleches vor dem Verzinken und ein Reinigen vor dem Glühen scheint sich dagegen weniger auf die Haftfestigkeit des Zinküberzuges auszuwirken; alle Beurteilungen der Falzproben der Bleche mit verschiedener Glühbehandlung liegen in einem gemeinsamen Bereich.

Auch bei der Erichsen-Prüfung stellte sich heraus, daß die Haftfestigkeit des Zinküberzuges beim Tiefziehen mit zunehmender Oberflächenrauheit verbessert wird. In Bild 7 ist das Verhältnis der Erichsen-Tiefe, bei der ein Abblättern

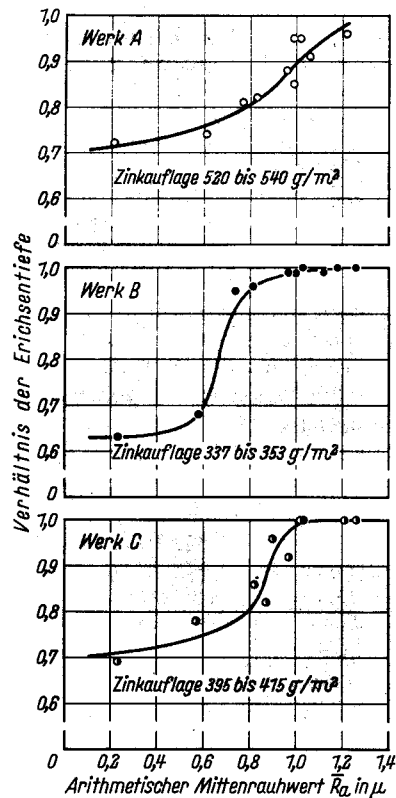


Bild 7. Oberflächenrauheit und Erichsentiefe

oder deutliches Einreißen des Zinküberzuges eintritt, zur Erichsen-Tiefe, bei der das Blech aufreißt, in Abhängigkeit vom arithmetischen Mittenrauhwert  $\bar{R}_a$  aufgetragen. Ebenso wie die Beurteilung der Falzproben nimmt auch das Verhältnis der Erichsen-Tiefe in Form einer S-Kurve mit steigender Rauheit der Blechoberfläche zu. Auch hier wird das Verhältnis der Erichsen-Tiefe, bei dem eine sichtbare Beschädigung des Zinküberzuges erst beim Bruch des Bleches eintritt, bei den im Werk B verzinkten Blechen mit der kleinsten Zinkauflage schon bei

zeigt, die alle um einen gemeinsamen Kurvenverlauf schwanken. In Bild 8 ist das Aussehen einiger Erichsen-Proben nach dem Ziehen bis zum Bruch des Bleches wiedergegeben. Bei einem sehr kleinen Verhältnis der Erichsen-Tiefe ist der Zinküberzug nach dem Bruch des Bleches weitgehend abgeblättert oder zeigt sehr grobe Risse (Bild 8d, c). Bei größeren Werten beobachtet man meistens nur eine leichte Ribbildung im Zinküberzug (Bild 8b), und bei Verhältnissen

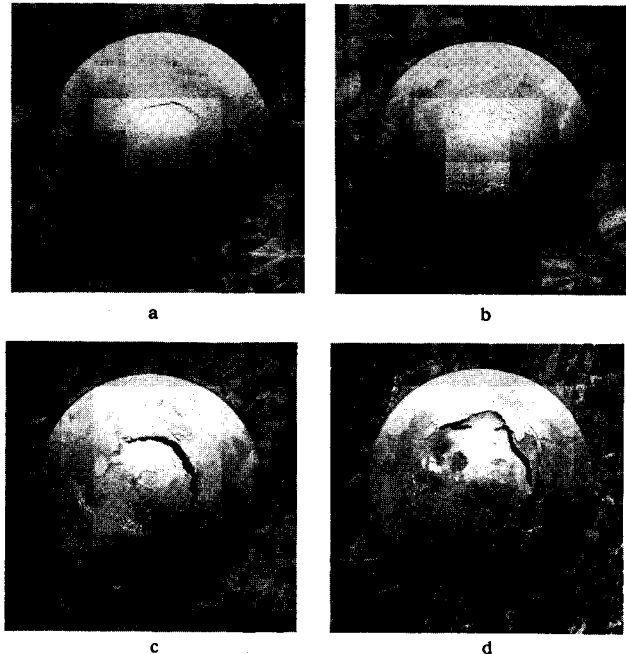


Bild 8. Aussehen der Erichsenproben (0,7:1, Original 1:1)

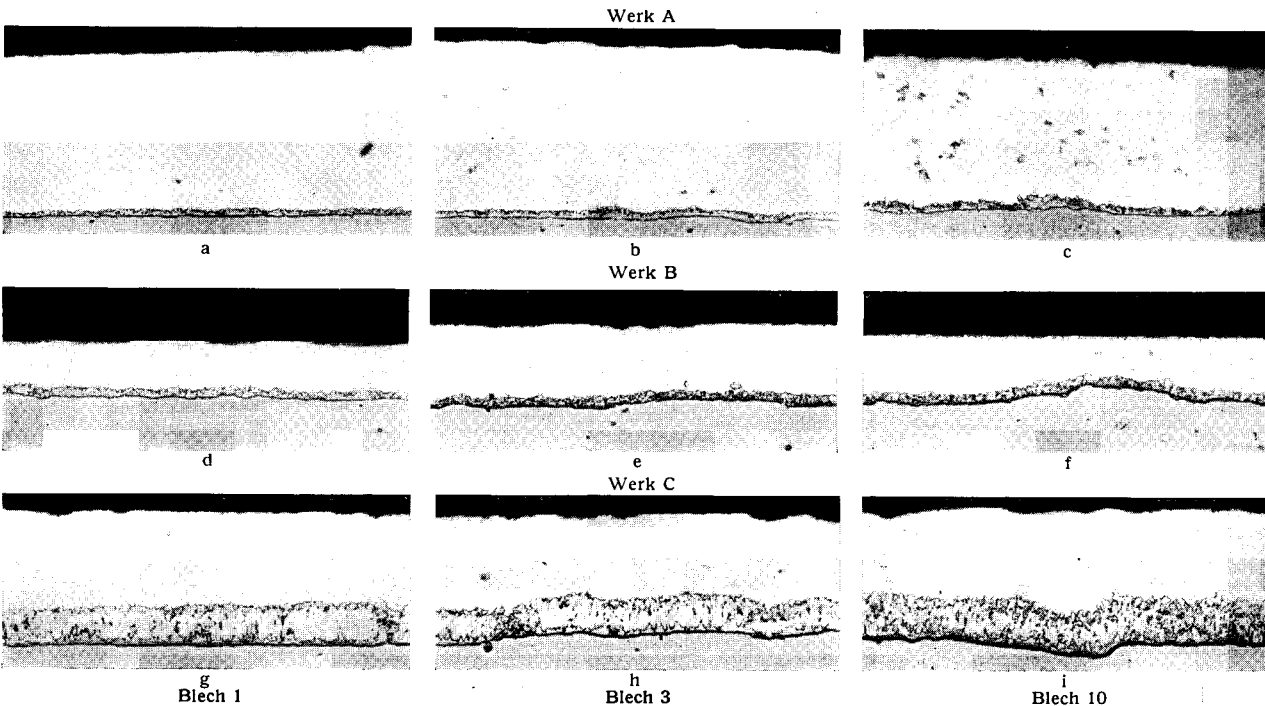


Bild 9. Gefüge der Zinküberzüge (rd. 330:1, Original 500:1)

geringeren Oberflächenrauheiten erreicht als bei den in den Werken A und C verzinkten Blechen mit dickeren Überzügen. Der verschiedenartige Verlauf der Kurven deutet auf einen stärkeren Einfluß der Ausbildung der Eisen-Zink-Legierungsschichten hin. Die Glühbehandlung der Bleche und eine elektrolytische Reinigung der Bleche vor dem Glühen scheinen hier aber ebenfalls keine wesentliche Rolle zu spielen, wie die Lage der Meßwerte

sehr nahe dem Wert 1 ist der Zinküberzug beim Bruch des Bleches nur mehr oder weniger stark aufgeraut (Bild 8a).

#### Aufbau der Zinküberzüge

Die Zinküberzüge der im gleichen Werk verzinkten Bleche zeigen unabhängig von der Glühbehandlung der Bleche und ihrer Oberflächenrauheit den gleichen Aufbau. Geringfügige Unterschiede, wie sie vielleicht andeutungsweise in Bild 9

erkennbar sind, finden sich auch an verschiedenen Stellen des gleichen Bleches. In allen Fällen beobachtet man eine am Eisen haftende mehr oder weniger dicke Eisen-Zink-Legierungsschicht mit der darüber liegenden Reinzinkschicht. Bei den in Werk A verzinkten Blechen ist die Legierungsschicht besonders dünn (*Bilder 9a bis c*). Da der Aluminiumgehalt des Zinkbades in diesem Fall verhältnismäßig niedrig war, muß angenommen werden, daß die Ursache hierfür vor allem bei der tiefen Zinkbadtemperatur und bei der durch die hohe Ausziehgeschwindigkeit bedingt kurzen Tauchzeit zu suchen ist, die dazu führen, daß die Hemmwirkung des vorhandenen Aluminiums auf die Bildung und das Wachstum der Eisen-Zink-Legierungsschichten noch ausgereicht hat, eine stärkere Legierungsschichtenbildung zu unterdrücken, weil die Dauer dieser Hemmwirkung sehr stark von diesen beiden Einflußgrößen abhängt<sup>6)</sup>. Die Reinzinkschicht ist hier durch die große Ausziehgeschwindigkeit und die niedrigere Zinkbadtemperatur besonders dick. Bei den im Werk B verzinkten Blechen ist die Eisen-Zink-Legierungsschicht trotz des höheren Aluminiumgehaltes des Zinkbades dieses Werkes etwas stärker ausgeprägt (*Bilder 9d bis f*), eine Erscheinung, die durch die höhere Zinkbadtemperatur und die längere Tauchzeit bedingt sein dürfte. Die Reinzinkschicht ist bei diesen Blechen durch die langsamere Ausziehgeschwindigkeit wesentlich dünner als bei den Blechen des Werkes A. Die ausgeprägteste Legierungsschichtenbildung beobachtet man bei den Blechen des Werkes C

(*Bilder 9g bis i*). Hier war der Aluminiumgehalt des Zinkbades fast genauso niedrig wie bei dem des Werkes A, die Badtemperatur jedoch höher und die Tauchzeit der Bleche länger, so daß sich das stärkere Wachstum aus dem Zusammenwirken dieser drei Einflußgrößen erklärt. Die Reinzinkschicht ist hier nur wenig dicker als bei den Blechen des Werkes B. Die höhere Zinkauflage dieser Bleche gegenüber denen des Werkes B ist also hauptsächlich auf die dickere Legierungsschicht zurückzuführen.

#### Zusammenfassung

Untersuchungen über den Einfluß der Glühbehandlungen und der Oberflächenrauheit von kalt gewalzten Blechen beim Verzinken haben ergeben, daß die Art der Glühbehandlung, ob normalgeglüht oder rekristallisierend geglüht, unter üblichen Betriebsbedingungen keine merkliche Wirkung auf die Verzinkungsfähigkeit ausübt. Auch eine elektrolytische Reinigung der Bleche vor dem Glühen brachte keine Vorteile. Dagegen wird die Zinkauflage bei gleichen Verzinkungsbedingungen mit zunehmender Oberflächenrauheit des Bleches etwas größer und die Haftfestigkeit des Zinküberzuges wesentlich verbessert. Kalt gewalzte Bleche für Verzinkungszwecke sollten daher nach Möglichkeit eine gewisse Oberflächenrauheit aufweisen, um eine genügend gute Falzfähigkeit des Zinküberzuges zu gewährleisten. Der Aufbau des Zinküberzuges und die Ausbildung der Eisen-Zink-Legierungsschicht hängen vor allem von den Verzinkungsbedingungen ab. Glühbehandlung und Oberflächenrauheit des Bleches sind hierbei weitgehend ohne Einfluß.

<sup>6)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 27 (1956) S. 297/302.