

Untersuchung über die Prüfung verzinkter Drähte nach W. H. Preece

Von Dietrich Horstmann in Düsseldorf

[Bericht Nr. 91 des Ausschusses für Drahtverarbeitung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute*) und Bericht Nr. 35 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken**)]

Gruppe C

Nr. 495

Untersuchungen über die möglichen Schwankungen der Tauchzahl bei der Preece-Prüfung verzinkter Stahldrähte bei verschiedenen Prüfstellen nach der deutschen Vorschrift VDE 0210, der englischen Vorschrift BSS 443 und der amerikanischen Vorschrift ASTM A 239-41.

In mehreren Abnahmevorschriften zum Untersuchen der Güte von Zinküberzügen auf Stahldrähten wird unter anderem auch die Prüfung mit der Preeceprobe gefordert. Diese Prüfung wurde zuerst von M. Pettenkofer¹⁾ im Jahre 1848 bei der Untersuchung verzinkter Drähte für Fernsprecheinrichtungen angewendet und im Jahre 1880 von W. H. Preece²⁾ allgemein für die Untersuchung von verzinktem Stahl eingeführt. Bei dieser Prüfung wird ein Stück des zu prüfenden Drahtes eine oder eine halbe Minute lang in eine neutrale Kupfersulfatlösung mit bestimmter Konzentration eingetaucht, wobei Zink in Lösung geht und sich die äquivalente Menge Kupfer am Draht als zunächst noch schwammiger Niederschlag abscheidet. Nach der angegebenen Zeit wird der Draht mit Wasser abgespült und der am Draht haftende schwammige Kupferniederschlag mit einem weichen Tuch abgerieben. Dieser Vorgang, das Tauchen in Kupfersulfatlösung, Abspülen und Abreiben wird so oft wiederholt, bis sich ein festhaftender Kupferniederschlag auf der nach und nach freigelegten Eisenoberfläche bildet, der sich nicht mehr durch Abreiben entfernen läßt. Die Zahl der gefundenen Eintauchungen von einer oder einer halben Minute Dauer, die Tauchzahl, ist dann ein Maß für die Güte der Verzinkung.

Bei dieser Prüfung treten oft erhebliche Unterschiede auf, die hauptsächlich auf eine nicht genaue Einhaltung der Prüfvorschriften, daneben aber auch auf einen verschiedenartigen Aufbau des Zinküberzuges zurückzuführen sein dürften, wie zahlreiche Untersuchungen immer wieder ergeben haben^{3) bis 13)}. Da aber über die Schwankungsbreite der von verschiedenen Prüfstellen bei der Prüfung des gleichen verzinkten Drahtes gefundenen Ergebnisse noch keine näheren Angaben vorliegen, erschien es angebracht, diese bei handelsüblich und stark verzinkten Drähten näher festzulegen, um zu sehen, wie weit diese Prüfung überhaupt anwendbar ist.

Für die Untersuchung wurden aus handelsüblich und stark verzinkten Stahldrähten mit 1,0, 1,6, 2,4, 2,8 und 3,4 mm Dmr. jeweils 30 Proben von etwa 500 mm Länge für zehn verschiedene Prüfstellen entnommen. Bei jeder Prüfstelle wurden diese Proben nochmals unterteilt und von der einen Hälfte die Zinkauflagen der Drähte aus dem Gewichtsunterschied vor und nach dem Abbeizen des Zinküberzuges

in Salzsäure mit Sparbeizzusatz bestimmt. An der anderen Hälfte wurden bei jeder Prüfstelle an jeweils zehn Drahtproben die Tauchzahl mit der Preece-Prüfung ermittelt, und zwar nach der deutschen Vorschrift VDE 0210, der englischen Vorschrift BSS 443 und der amerikanischen Vorschrift ASTM A 239-41. Entsprechend den genannten Vorschriften enthielt die Prüflösung bei der Prüfung nach VDE 0210 ein Gewichtsteil chemisch reines, kristallisiertes Kupfersulfat und fünf Gewichtsteile Wasser, bei der Prüfung nach BSS 443 33 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ in 100 ml Wasser und bei der Prüfung nach ASTM A 239-41 36 Gewichtsteile CuSO_4 und 100 Gewichtsteile Wasser. Alle Lösungen wurden mit Kupferkarbonat oder Kupferhydroxyd neutralisiert. Ihre spezifischen Gewichte betrugen 1,113 bis 1,115 g/cm³ bei 20 °C (VDE 0210), 1,170 g/cm³ bei 15,6 °C (BSS 443) und 1,186 g/cm³ bei 18 °C (ASTM A 239-41). Bei der Durchführung der Preece-Prüfung wurden jeweils fünf Drahtproben gleichzeitig eingetaucht. Die Ergebnisse wurden dann im Max-Planck-Institut für Eisenforschung ausgewertet.

In den *Tafeln 1 und 2* sind die bei den verschiedenen Prüfstellen gefundenen Zinkauflagen, Tauchzahlen und die sich aus den jeweils zehn Bestimmungen der gleichen Prüfstelle ergebenden Mittelwerte der Tauchzahl für die handelsüblich und die stark verzinkten Drähte mit verschiedenen Durchmessern zusammengestellt. Die bei den einzelnen Prüfstellen gefundenen Zinkauflagen schwanken in geringen Grenzen. Bei den handelsüblich verzinkten Drähten beträgt die kleinste Abweichung 3,6%, die größte 11,9% von einem sich aus allen am gleichen Draht gefundenen Meßergebnissen errechneten Mittelwert. Bei den Drähten mit geringerer Zinkauflage sind diese Schwankungen im allgemeinen größer als bei den Drähten mit höherer Zinkauflage. Bei den stark verzinkten Drähten sind die Unterschiede infolge der wesentlich größeren Zinkauflage noch geringer. Die kleinste Schwankung beträgt hier nur 2,2%, die größte nur 8,7% vom Mittelwert. Auch hier werden die Unterschiede mit zunehmender Zinkauflage im allgemeinen geringer. Es ist anzunehmen, daß diese Unterschiede zwischen den bei den verschiedenen Prüfstellen gefundenen Zinkauflagen nur zum Teil auf herstellungsbedingten echten Schwankungen beruhen. Zum Teil dürften sie auf Meßungenauigkeiten, wie auf durch zu kurzes Abbeizen beruhende geringere oder auf durch zu langes Abbeizen bedingte größere Gewichtsunterschiede vor und nach dem Abbeizen oder auch auf Ungenauigkeiten beim Auswiegen zurückzuführen sein. Diese Vermutung wird dadurch erhärtet, daß bei der Prüfstelle 5 fast immer die niedrigsten, bei den Prüfstellen 3, 4 und 10 dagegen immer verhältnismäßig hohe Zinkauflagen gefunden wurden.

Die beiden *Tafeln* zeigen weiterhin, daß die Tauchzahl im allgemeinen bei steigendem Kupfersulfatgehalt in der Prüflösung erwartungsgemäß abnimmt. Nur gelegentlich findet man eine größere Tauchzahl bei der Prüfung in der konzentrierten Lösung, so z. B. bei dem von der Prüfstelle 4 untersuchten handelsüblich verzinkten Draht mit 1,6 mm Dmr., wo die Prüfung nach BSS 443 mit der weniger Kupfersulfat enthaltenden Lösung einen Mittelwert von 2,1, bei der Prüfung nach ASTM A 239-41 mit der an Kupfersulfat gesättigten

*) Vorgetragen auf der 23. Vollsitzung des Ausschusses für Drahtverarbeitung am 8. Juni 1960 in Düsseldorf.

**) Gemeinschaftsausschuß des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, der Forschungsgesellschaft Blechverarbeitung e. V. und der Fachvereinigung Draht e. V. Dinglers polytechn. J. 42 (1856) S. 420/210.

¹⁾ Flanders, W. T.: Galvanizing and tinning. New York 1916, S. 290.

²⁾ Patrick, W. A., u. W. H. Walker: J. Ind. Engng. Chem. 3 (1911) S. 239/42.

³⁾ Preece, W. M.: Iron Age 114 (1924) S. 199/201.

⁴⁾ Bablik, H.: Metal Ind. 28 (1926) S. 369/70.

⁵⁾ Bablik, H.: Über die Stärke einer Verzinkung. In: Stahl und Eisen als Werkstoff. Bd. 2. Eisen- und Schweißbau. Eisenbahn und Straßenbahn. Blechverarbeitung und Oberflächenbehandlung. Schweißen und Lötten. Düsseldorf 1928. S. 64/67. Vgl. Stahl u. Eisen 47 (1927) S. 2183.

⁶⁾ Walkup, H. H., u. E. C. Groesbeck: Metal Ind., Lond., 41 (1932) S. 177/78 u. 201/02.

⁷⁾ Groesbeck, E. C., u. H. H. Walkup: Bur. Stand. J. Res. 12 (1934) S. 785/802.

⁸⁾ Ellinger, G. A., W. J. Pauli u. T. H. Orem: Proc. Amer. Soc. Test. Mater. 53 (1953) S. 125/35.

⁹⁾ Bablik, H., F. Götzel u. E. Nell: Metalloberfläche, Ausg. A, 7 (1953) S. 66/72.

¹⁰⁾ Katz, W.: Arch. Eisenhüttenwes. 25 (1954) S. 307/14 (Gemeinschaftsaussch. Verzinken 12).

¹¹⁾ Barmaek, B. J.: ASTM-Bull. Nr. 217, 1956, S. 38.

¹²⁾ Hoff, H., u. G. von der Dunk: Arch. Eisenhüttenwes. 20 (1949) S. 135/38 (Werkstoffaussch. 678).

Tafel 1. Ergebnisse der Untersuchung handelsüblich verzinkter Drähte

Draht- durchm. in mm	Prüf- stelle	Prüfung nach VDE 0210			Prüfung nach BSS 443			Prüfung nach ASTM 239-41		
		Zinkauflage in g/m²	Tauchzahl (Schwan- kungen)	Tauchzahl (Mittelwert)	Zinkauflage in g/m²	Tauchzahl (Schwan- kungen)	Tauchzahl (Mittelwert)	Zinkauflage in g/m²	Tauchzahl (Schwan- kungen)	Tauchzahl (Mittelwert)
1,0	1	65	2 bis 3	2,9	65	2	2,0	65	2	2,0
	2	66	2 bis 3	2,7	66	2 bis 3	2,6	66	1 bis 4	2,4
	3	65	1 bis 2	1,6	65	1	1,0	64	1	1,0
	4	59	2 bis 3	2,5	73	2	2,0	55	2	2,0
	5	58	1	1,0	62	1	1,0	59	0	0,0
	6	66	1 bis 2	1,9	68	0 bis 2	1,3	66	0 bis 1	0,8
	7	63	1 bis 2	1,8	66	1 bis 2	1,8	65	0 bis 1	0,9
	8	61	1 bis 2	1,8	62	1	1,0	61	0 bis 1	0,9
	9	57	2 bis 3	2,6	58	2	2,0	60	1 bis 2	1,9
	10	67	2	2,0	68	1	1,0	69	0 bis 1	0,4
Schwan- kungen		57 bis 67 = 62 ± 8,1 %	1 bis 3 = 2,0 ± 50 %	1,0 bis 2,9	58 bis 73 = 66 ± 11,9 %	0 bis 3 = 1,5 ± 100 %	1,0 bis 2,6 = 1,8 ± 44 %	55 bis 69 = 62 ± 11,3 %	0 bis 4 = 2,0 ± 100 %	0,0 bis 2,4
1,6	1	61	3	3,0	60	2	2,0	62	2	2,0
	2	62	3	3,0	63	3 bis 4	3,1	62	2	2,0
	3	66	2	2,0	66	1 bis 2	1,2	66	1	1,0
	4	64	2 bis 4	3,0	64	2 bis 3	2,1	61	2 bis 3	2,7
	5	56	2	2,0	56	1	1,0	61	1	1,0
	6	63	2	2,0	64	1	1,0	65	1	1,0
	7	61	2 bis 3	2,5	60	2	2,0	62	1 bis 2	1,6
	8	65	2	2,0	65	1	1,0	66	1	1,0
	9	61	2 bis 3	2,4	61	2	2,0	61	1 bis 3	2,2
	10	62	3	3,0	61	2	2,0	62	1 bis 2	1,9
Schwan- kungen		56 bis 66 = 61 ± 8,2 %	2 bis 4 = 3,0 ± 33 %	2,0 bis 3,0	56 bis 65 = 61 ± 8,2 %	1 bis 4 = 2,5 ± 60 %	1,0 bis 3,1 = 2,1 ± 52 %	61 bis 66 = 64 ± 4,7 %	1 bis 3 = 2,0 ± 50 %	1,0 bis 2,7
2,4	1	112	4	4,0	110	3	3,0	111	3	3,0
	2	116	6 bis 7	6,4	115	5 bis 6	5,1	111	2 bis 3	2,8
	3	116	3	3,0	117	2	2,0	114	1 bis 2	1,5
	4	108	5 bis 6	5,3	113	5 bis 6	5,6	106	4 bis 5	4,7
	5	108	3	3,0	108	1 bis 2	1,9	111	1	1,0
	6	113	4	4,0	111	2 bis 4	2,6	114	1 bis 3	1,9
	7	111	3 bis 4	3,7	113	2	2,0	110	2	2,0
	8	115	3	3,0	112	2	2,0	114	1 bis 2	1,6
	9	111	4 bis 5	4,3	110	3	3,0	113	3	3,0
	10	114	4	4,0	112	2 bis 3	2,4	115	2	2,0
Schwan- kungen		108 bis 116 = 112 ± 3,6 %	3 bis 7 = 5,0 ± 40 %	3,0 bis 6,4	108 bis 117 = 113 ± 4,4 %	1 bis 6 = 3,5 ± 72 %	1,9 bis 5,6 = 3,8 ± 50 %	106 bis 115 = 111 ± 4,5 %	1 bis 5 = 3,0 ± 67 %	1,0 bis 4,5
2,8	1	113	4 bis 5	4,6	113	3 bis 4	3,3	114	3 bis 4	3,3
	2	114	6	6,0	117	6	6,0	117	3 bis 4	3,6
	3	119	4	4,0	120	2 bis 3	2,5	121	2	2,0
	4	111	5 bis 8	6,5	125	4 bis 7	5,6	105	4 bis 6	4,9
	5	111	3	3,0	111	2	2,0	113	2	2,0
	6	119	3 bis 4	3,9	116	2 bis 3	2,8	119	2 bis 3	2,4
	7	111	4 bis 5	4,7	112	3 bis 4	3,3	107	3 bis 4	3,2
	8	118	4	4,0	114	3	3,0	117	3	3,0
	9	114	5	5,0	113	3 bis 4	3,8	114	3 bis 4	3,1
	10	117	4 bis 5	4,8	115	3	3,0	115	2	2,0
Schwan- kungen		111 bis 119 = 115 ± 3,6 %	3 bis 8 = 5,5 ± 45 %	3,0 bis 6,5	111 bis 125 = 118 ± 5,9 %	2 bis 7 = 4,5 ± 56 %	2,0 bis 6,0 = 4,0 ± 50 %	105 bis 121 = 113 ± 7,1 %	2 bis 6 = 4,0 ± 50 %	2,0 bis 4,9
3,4	1	97	4 bis 5	4,7	96	3	3,0	95	2	2,0
	2	99	7	7,0	99	6	6,0	99	3	3,0
	3	103	4	4,0	103	2	2,0	105	2	2,0
	4	99	9 bis 10	9,7	106	6 bis 9	8,2	94	6 bis 10	8,6
	5	95	3	3,0	96	2	2,0	95	2	2,0
	6	88	4 bis 7	5,5	94	3 bis 4	3,5	97	1 bis 3	2,0
	7	101	4 bis 5	4,4	97	3 bis 4	3,8	100	1 bis 2	1,6
	8	104	4	4,0	102	2	2,0	101	2	2,0
	9	104	5 bis 6	5,3	100	3 bis 4	3,4	104	3	3,0
	10	105	6	6,0	105	3	3,0	104	2 bis 3	2,2
Schwan- kungen		88 bis 105 = 97 ± 9,3 %	3 bis 10 = 6,5 ± 54 %	3,0 bis 9,7	94 bis 106 = 100 ± 6,0 %	2 bis 9 = 5,5 ± 64 %	2,0 bis 8,2 = 5,1 ± 61 %	94 bis 105 = 100 ± 6,0 %	1 bis 10 = 5,5 ± 82 %	1,6 bis 8,6

Lösung aber ein Mittelwert von 2,7 Tauchungen gefunden wurde (Tafel 1). Die Schwankungen zwischen den beim gleichen Draht gefundenen Tauchzahlen sind erheblich größer als die der bestimmten Zinkauflagen. Bei der gleichen Prüf-

stelle schwanken die Tauchzahlen häufig um 2 bis 3 und bei Drähten mit größerer Zinkauflage auch um 4 bis 5 Punkte. Die Unterschiede sind noch erheblich größer, wenn man die Meßergebnisse der verschiedenen Prüfstellen untereinander

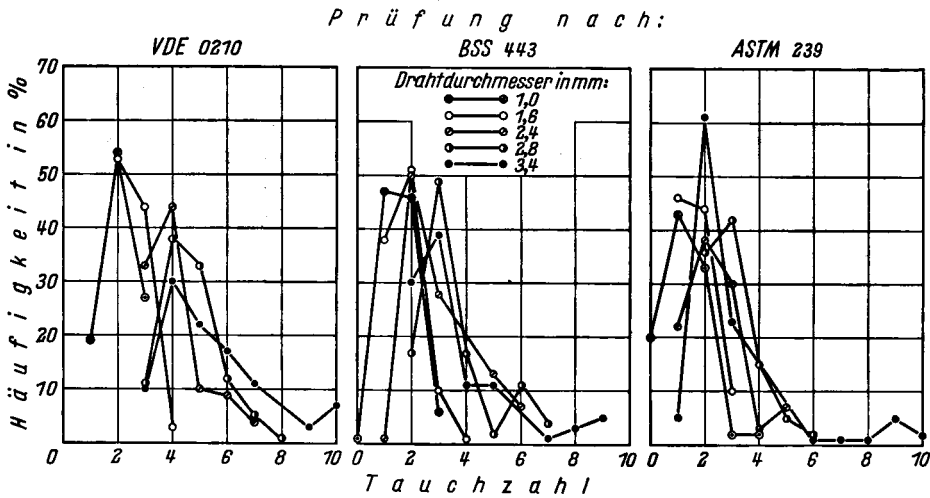


Bild 1. Häufigkeitsverteilung der Tauchzahl bei der Prüfung handelsüblich verzinkter Drähte

vergleicht. Bei der Prüfung der handelsüblich verzinkten Drähte nach VDE 0210 treten Schwankungen auf, die zwischen 33 und 54% von dem sich aus allen Prüfergebnissen ergebenden Mittelwert abweichen. Noch größer sind die Unterschiede der in den konzentrierten Lösungen gefundenen Tauchzahlen. Bei der Prüfung nach BSS 443 treten Abweichungen der gefundenen Tauchzahlen von 56 bis 72% auf. Bei der Prüfung nach ASTM 239-41 beobachtet man Schwankungen von 50 bis 82%. Bei den stark verzinkten Drähten sind die

Tafel 2. Ergebnisse der Untersuchung stark verzinkter Drähte

Draht- durchm. in mm	Prüf- stelle	Prüfung nach VDE 0210			Prüfung nach BSS 443			Prüfung nach ASTM 239-41		
		Zinkauflage in g/m²	Tauchzahl (Schwan- kungen)	Tauchzahl (Mittelwert)	Zinkauflage in g/m²	Tauchzahl (Schwan- kungen)	Tauchzahl (Mittelwert)	Zinkauflage in g/m²	Tauchzahl (Schwan- kungen)	Tauchzahl (Mittelwert)
1,0	1	158	4	4,0	158	3	3,0	154	3	3,0
	2	156	4 bis 5	4,8	158	4	4,0	159	3	3,0
	3	152	3	3,0	156	2 bis 3	2,8	154	2	2,0
	4	148	3 bis 5	4,0	157	3 bis 4	3,9	136	4	4,0
	5	147	3	3,0	150	2	2,0	149	1	1,0
	6	156	3 bis 4	3,1	157	2 bis 3	2,5	159	2	2,0
	7	159	3 bis 4	3,9	160	3	3,0	161	2	2,0
	8	147	3 bis 4	3,6	146	2	2,0	147	2	2,0
	9	153	4 bis 5	4,4	150	3	3,0	151	3 bis 4	3,8
	10	156	4	4,0	158	2 bis 3	2,2	159	2	2,0
Schwan- kungen		147 bis 159 =153 ± 3,9 %	3 bis 5 =4,0 ± 25 %	3,0 bis 4,8	146 bis 160 =153 ± 4,6 %	2 bis 4 =3,0 ± 33 %	2,0 bis 4,0 =3,0 ± 33 %	136 bis 161 =149 ± 8,7 %	1 bis 4 =2,5 ± 60 %	1,0 bis 4,0
1,6	1	273	8	8,0	281	5 bis 6	5,1	280	5	5,0
	2	275	8 bis 10	8,8	272	8 bis 9	8,5	279	4 bis 5	4,6
	3	280	6 bis 7	6,5	288	4 bis 5	4,9	284	4 bis 5	4,1
	4	276	10 bis 11	10,8	293	7 bis 11	9,5	264	6 bis 7	6,4
	5	263	5	5,0	263	3 bis 4	3,8	269	2 bis 3	2,9
	6	278	6 bis 7	6,2	272	4 bis 5	4,5	274	4 bis 5	4,3
	7	277	7	7,0	272	6 bis 7	6,6	275	3 bis 4	3,9
	8	264	6	6,0	269	4 bis 5	4,9	262	3 bis 4	3,5
	9	261	6 bis 7	6,9	268	4 bis 6	5,2	261	5 bis 6	5,2
	10	278	8	8,0	274	4 bis 5	4,4	272	4	4,0
Schwan- kungen		261 bis 280 =267 ± 2,2 %	5 bis 11 =8,0 ± 37 %	5,0 bis 10,8	263 bis 293 =278 ± 5,4 %	3 bis 11 =7,0 ± 57 %	3,8 bis 9,5 =6,7 ± 43 %	261 bis 284 =273 ± 4,4 %	2 bis 7 =4,5 ± 56 %	2,9 bis 6,4
2,4	1	263	6	6,0	261	5	5,0	254	4 bis 5	4,9
	2	271	10 bis 11	10,1	268	5 bis 6	5,1	269	5	5,0
	3	269	6 bis 7	6,3	272	3 bis 4	3,8	274	3 bis 4	3,2
	4	248	9 bis 11	10,4	293	10 bis 12	11,3	235	6 bis 8	6,9
	5	248	5 bis 6	5,7	249	3 bis 4	3,4	257	2 bis 3	2,7
	6	270	6 bis 8	7,4	267	3 bis 4	3,8	272	3 bis 4	3,9
	7	267	7	7,0	270	4 bis 5	4,7	269	3 bis 4	3,7
	8	258	6	6,0	261	4	4,0	257	3 bis 4	3,8
	9	255	7 bis 8	7,4	255	5 bis 6	5,1	262	5 bis 7	5,7
	10	263	7 bis 8	7,6	266	4 bis 5	4,5	262	3 bis 4	3,5
Schwan- kungen		248 bis 271 =260 ± 4,8 %	5 bis 11 =8,0 ± 37 %	5,7 bis 10,4	249 bis 293 =271 ± 8,1 %	3 bis 12 =7,5 ± 60 %	3,4 bis 11,3 =6,9 ± 51 %	235 bis 274 =255 ± 7,8 %	2 bis 8 =5,0 ± 60 %	2,7 bis 6,9
2,8	1	282	6 bis 8	6,9	282	5 bis 7	5,9	276	5 bis 6	5,7
	2	267	11 bis 12	11,5	276	9 bis 10	9,9	273	5 bis 6	5,1
	3	276	6 bis 8	7,3	277	5	5,0	278	4 bis 5	4,4
	4	263	11 bis 14	13,0	294	10 bis 14	12,1	290	7 bis 11	8,9
	5	260	6 bis 7	6,5	270	4 bis 5	4,1	272	4	4,0
	6	273	7 bis 9	7,7	266	4 bis 5	4,8	270	4 bis 5	4,7
	7	265	6 bis 8	7,1	263	6 bis 7	6,4	258	5 bis 6	5,8
	8	274	7	7,0	275	5	5,0	277	5	5,0
	9	275	8 bis 9	8,4	275	4 bis 6	4,7	275	5 bis 6	5,5
	10	282	10 bis 11	10,6	283	6 bis 8	6,8	280	4 bis 5	4,6
Schwan- kungen		260 bis 282 =271 ± 4,1 %	6 bis 14 =10,0 ± 40 %	6,5 bis 13,0	263 bis 294 =279 ± 5,7 %	4 bis 14 =9,0 ± 56 %	4,1 bis 12,1 =8,1 ± 49 %	258 bis 290 =274 ± 5,8 %	4 bis 11 =7,5 ± 47 %	4,0 bis 8,9
3,4	1	308	10 bis 11	10,5	304	6 bis 7	6,6	311	5	5,0
	2	294	13 bis 14	13,5	290	10 bis 12	11,8	297	6	6,0
	3	303	9	9,0	307	5	5,0	307	5	5,0
	4	300	15 bis 17	16,6	315	11 bis 14	12,6	284	9 bis 12	10,7
	5	302	8 bis 9	8,8	300	5 bis 6	5,4	304	5	5,0
	6	294	11 bis 12	11,5	292	5 bis 7	6,1	296	5 bis 6	5,6
	7	301	10 bis 12	10,2	298	5 bis 7	6,0	300	4 bis 6	5,1
	8	296	9	9,0	298	5 bis 6	5,8	295	5	5,0
	9	300	9 bis 11	10,4	301	6	6,0	300	6	6,0
	10	316	13 bis 14	13,6	311	7 bis 9	7,9	311	5 bis 7	5,6
Schwan- kungen		294 bis 316 =305 ± 3,6 %	8 bis 17 =13,5 ± 37 %	8,8 bis 16,6	290 bis 311 =301 ± 3,7 %	5 bis 14 =9,5 ± 47 %	5,0 bis 12,6 =8,8 ± 43 %	284 bis 311 =298 ± 4,7 %	4 bis 12 =8,0 ± 50 %	5,0 bis 10,7

Schwankungen der Tauchzahlen nicht ganz so groß. Sie betragen bei der Prüfung nach VDE 0210 25 bis 40%. Bei der Prüfung nach BSS 443 sind sie wieder etwas größer und liegen zwischen 33 und 60%, und bei der

Prüfung nach ASTM 239-41 betragen sie 47 bis 60%. Diese außerordentlich großen Schwankungen dürften im wesentlichen auf geringe Unterschiede bei der Durchführung der Preece-Prüfung und auf die vom Prüfer abhängende Beurtei-

Prüfung nach:

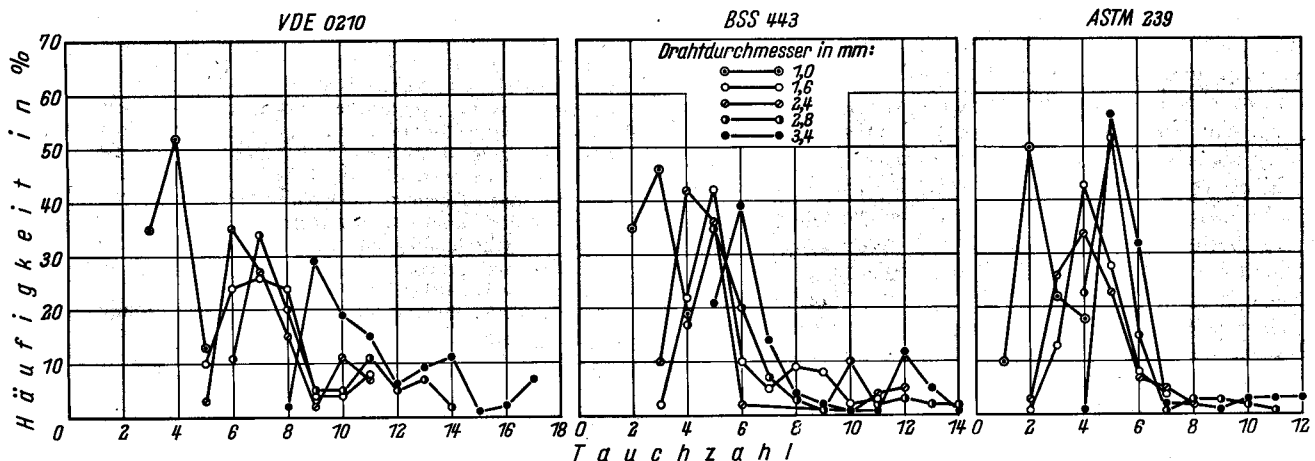


Bild 2. Häufigkeitsverteilung der Tauchzahl bei der Prüfung stark verzinkter Drähte

lung des Endpunktes der Probe beruhen¹³⁾; eine Annahme, die dadurch wahrscheinlicher wird, daß bei der Prüfstelle 5 fast immer die niedrigsten Werte, bei den Prüfstellen 1 und 4 dagegen fast immer die höchsten Tauchzahlen ermittelt wurden, während bei anderen Prüfstellen, z. B. bei der Prüfstelle 10 zum Teil verhältnismäßig hohe, zum Teil aber auch sehr niedrige Tauchzahlen gefunden wurden. Diese großen Schwankungen zeigen aber auch, daß die Preeceprobe kaum zur Beurteilung der Güte des Zinküberzuges angewendet werden kann.

Ein Vergleich der Häufigkeit der bei gleichen Drähten gefundenen Tauchzahlen zeigt, daß diese nur bei dünnen Drähten annähernd gleichmäßig in Form einer symmetrischen Gaußschen Verteilungskurve um einen Mittelwert schwanken (Bilder 1 und 2). Bei den dickeren Drähten findet man dagegen allgemein eine zu größeren Werten langsamer abfallende Häufigkeitsverteilung der Tauchzahlen. Außerdem ergibt sich, daß die Häufigkeitskurven mit zunehmendem Drahtdurchmesser meistens flacher verlaufen. Die Ursache dieser Erscheinung dürfte darin zu suchen sein, daß sich der Aufbau des Zinküberzuges infolge der mit zunehmendem Drahtdurchmesser für das Verzinken nötigen längeren Tauchzeit im Zinkbad ändert, was zur Folge hat, daß sich das Verhältnis der Dicke der Legierungsschicht zur Dicke der Reinzinkschicht mit zunehmendem Drahtdurchmesser zugunsten der ersteren ändert. Untersuchungen von G. A. Ellinger, W. J. Pauli und T. H. Orem⁹⁾ haben gezeigt, daß sich reines Zink schneller in Kupfersulfatlösungen auflöst als Eisen-Zink-Verbindungen. In Bild 3 ist die bei den einzelnen Tauchungen abgelöste Überzugsmenge für Drähte mit ver-

gende persönliche Einfluß bei der Bestimmung des Endpunktes bei Drähten mit einem Überzug, der zum größeren Teil aus Eisen-Zink-Legierungsschichten besteht, stärker bemerkbar machen als bei Drähten mit fast nur aus Rein-zink bestehendem Überzug, was offenbar zu einer abgeflachten asymmetrischen Häufigkeitsverteilung der gefundenen Tauchzahlen führt. Auch aus diesem Grunde sollte die Preece-Prüfung zur Beurteilung der Güte von Zinküberzügen auf Stahldrähten nicht mehr angewendet werden.

Zusammenfassung

Untersuchungen über die Preece-Prüfung zur Bestimmung der Güte von Zinküberzügen auf Stahldrähten nach der deutschen Vorschrift VDE 0210, der englischen Vorschrift BSS 443 und der amerikanischen Vorschrift ASTM A 239-41 haben ergeben, daß die Ergebnisse sehr stark schwanken. Bei handelsüblich verzinkten Drähten können Unterschiede bis zu 82%, bei stark verzinkten Drähten Unterschiede bis zu 60% auftreten, wenn man die Ergebnisse verschiedener Prüfstellen miteinander vergleicht. Daher erscheint es angebracht, diese Prüfung nicht zur Beurteilung der Güte des Zinküberzuges heranzuziehen.

* * *

An den Bericht schloß sich folgende Erörterung an:

Jürgen-Echter Becker, Hamm: Herr Horstmann hat in seinem Vortrag über die Preece-Prüfung eindeutig klargestellt, welche Schwankungen in den Ergebnissen selbst bei sorgfältiger Durchführung der Prüfung auftreten können. Diese Probe kann daher keinesfalls für die Beurteilung der Dicke und Güte der Zinkschicht hinzugezogen werden. Auch als Prüfung für die Gleichmäßigkeit der Zinkschicht wird sie in den jüngsten Jahren in den meisten internationalen Normen nicht mehr aufgeführt, da durch die neuzeitlichen Verzinkungsverfahren die Gleichmäßigkeit der Zinkschicht weitgehend gegeben ist.

Ich möchte besonders hinweisen auf die kanadische Vorschrift C 49/1957 „Specification For Aluminium Stranded Conductors“ und aus dem Vorwort folgendes in der Übersetzung wiedergeben:

„Wahrscheinlich ist die wichtigste Änderung gegenüber der ersten Ausgabe, daß die Preece-Prüfung und ihre Bedingungen nicht länger zur verzinkten Stahlprobe passen. Diese Probe war ursprünglich als ein Schnellverfahren für die Bestimmung von Überzügen geringster Zinkdicke auf dem Draht vorgesehen. Aber die Ergebnisse wurden oft mißbraucht, um Zinkgewichte und Lebensdauer des Erzeugnisses festzulegen. Es kommt hinzu, daß Schwierigkeiten bei der Durchführung der Prüfung festgestellt wurden, und zwar bei der Entscheidung, wann der Endpunkt erreicht ist. Angesichts dieser Tatsachen hat das Komitee einstimmig zugestimmt, daß die altbekannte (old familiar) Preece-Probe aus der Spezifikation verschwindet, daß aber später Überlegungen angestellt werden sollten mit dem Ziel, eine befriedigende Gleichmäßigkeitsprobe vorzusehen, wenn eine solche entwickelt werden sollte.“

Ziel, eine befriedigende Gleichmäßigkeitsprobe vorzusehen, wenn eine solche entwickelt werden sollte.“

Ich habe Ihnen diesen Absatz aus dem Vorwort der angeführten Spezifikation vorgetragen, weil in diesen Sätzen die Schwächen der Preece-Prüfung besonders klar dargestellt sind. Das kanadische Komitee weist auf die Schwierigkeiten bei der Durchführung der Prüfung hin; es stellt fest, daß sie oft für Güteangaben mißbraucht wurde. Das Komitee hat sich zweifellos Gedanken gemacht, eine Gleichmäßigkeitsprüfung für den Zinküberzug festzulegen, ist aber zu keinem Entschluß gekommen; denn es liegt fest, „daß später Überlegungen angestellt werden sollten, eine befriedigende Gleichmäßigkeitsprobe vorzusehen“, und ist sehr skeptisch, da weiter gesagt wird „wenn eine solche entwickelt werden sollte“. Auf jeden Fall wurde die Preece-Prüfung auch als Probe für die Gleichmäßigkeit der Auflage vom Komitee einstimmig abgelehnt.

Die deutsche Vorschrift DIN 1548 „Zinküberzüge runder Stahldrähte“ ist eine Kriegsnorm, die aus dem Jahre 1942 stammt. Sie entspricht nicht mehr dem Stand der internationalen Normen

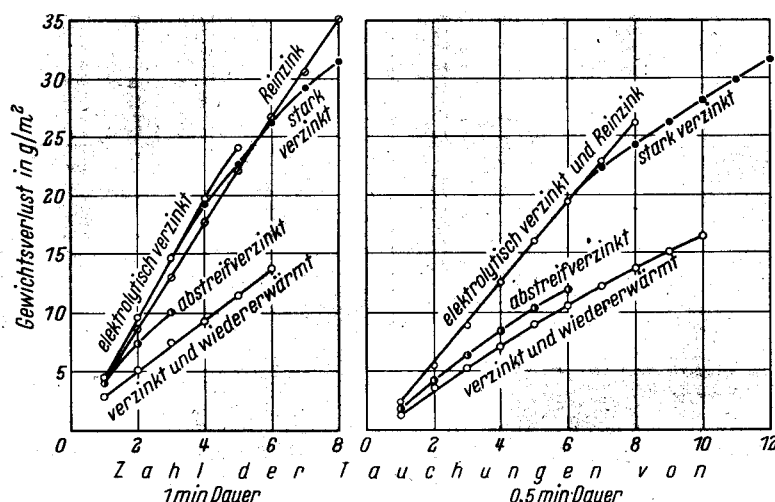


Bild 3. Gewichtsverlust von Zinküberzügen mit verschiedenem Aufbau beim Tauchen in Kupfersulfatlösung [nach G. A. Ellinger, W. J. Pauli u. T. H. Orem⁹⁾]

schiedenem Aufbau des Zinküberzuges wiedergegeben. Man sieht, daß die Kurven für Überzüge, die fast nur aus Eisen-Zink-Legierungsschichten bestehen (Linien abgestreift sowie verzinkt und wiedererwärmt) wesentlich flacher verlaufen, und daß bei Überzügen mit einer dickeren Reinzinkschicht dann ein Abknicken der Kurve zu beobachten ist, wenn diese abgelöst ist und auch hier nur noch eine Legierungsschicht vorhanden ist (stark verzinkt), während dieses Abknicken nicht eintritt, wenn der Überzug nur aus Rein-zink besteht, wie bei elektrolytisch verzinkten Drähten. Durch das langsamere Auflösen der Legierungsschicht wird sich daher der Einfluß der bei der Preece-Prüfung möglichen Fehlerquellen, wie geringe Konzentrationsabweichungen der Prüflösungen, nicht genaues Einhalten der Prüftemperatur, ein zu rauhes Abstreifen des auf dem Draht niedergeschlagenen schwammigen Kupfers und der von dem Prüfer abhän-

und muß neu aufgestellt werden. Die Zinkauflagen müssen überprüft und für starkverzinkte Drähte erhöht werden. Die Preece-Prüfung sollte jedoch entsprechend den anerkannten internationalen Vorschriften auch aus der Deutschen Norm verschwinden. Dieses dürfte durch die Großzahluntersuchung von Herrn Horstmann eindeutig geklärt sein.

Georg von der Dunk, Dortmund: Auf Grund eigener Untersuchungen, die wir vor einer Reihe von Jahren durchgeführt haben¹⁸⁾, kann ich zu dem Bericht einige ergänzende Angaben machen.

In seinen Ausführungen hat der Verfasser die Unterschiede in den Ergebnissen der Preece-Prüfung unter anderem auf nicht genaue Einhaltung der Prüfbedingungen, wie der Temperatur und der Konzentration der Kupfersulfatlösung, zurückgeführt.

Bild 4 zeigt als ein Ergebnis unserer Versuche die Gewichtsabnahme der Auflage eines verzinkten Drahtes bei Ausführung

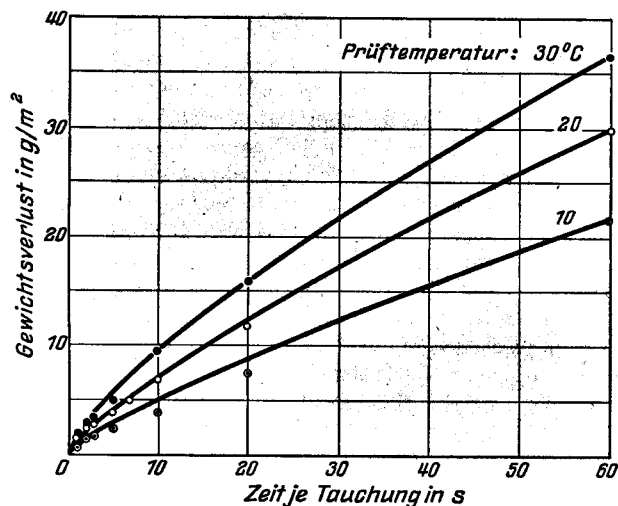


Bild 4. Einfluß der Tauchdauer auf die Gewichtsverluste von verzinktem Draht beim Kupfersulfatversuch (Lösung mit 1 Teil Kupfersulfat und 5 Teilen Wasser)

der Kupfersulfat-Tauchprobe für verschiedene Tauchzeiten und Temperaturen. Es wurden Tauchungen von 1, 2, 3, 5, 10, 20 und 60 s ausgeführt. Dabei zeigte sich, daß der Anstieg des Gewichtsverlustes nicht verhältnismäßig mit steigender Tauchdauer verläuft, sondern daß bei kurzen Tauchzeiten verhältnismäßig mehr Zink in Lösung geht als bei den längeren Zeiten. Aus dem Bild geht auch der Einfluß der Temperatur des Kupfersulfatbades auf den Gewichtsverlust der Auflage hervor. Durch Steigerung der Temperatur von zum Beispiel 10 auf 30°C erhöht sich der Gewichtsverlust fast auf den doppelten Betrag.

Der auf dem Draht niedergeschlagene Kupferbelag haftet um so fester, je kürzer die Tauchzeit ist. Aus diesem Grunde ist auch vorgeschlagen worden, an eine Tauchung von 60 s eine Kurztauchung von 1 bis 5 s zum besseren Erkennen des Endpunktes anzuschließen. Außerdem ist besonders bei dünnen verzinkten Drähten die Tauchzahl oft nur gering und kann eine verhältnismäßig starke Abweichung dadurch erfahren, daß man nicht feststellen kann, ob der zum Erkennen des Endpunktes der Prüfung dienende zusammenhängende Kupferbelag zu Beginn oder am Ende der betreffenden Tauchung entstanden ist. Aus diesen Gründen hatten wir damals vorgeschlagen, zum besseren Erkennen des Endpunktes und zum Erreichen einer größeren Sicherheit des Versuchsergebnisses die Dauer der Tauchung zu kürzen. Der Zusammenhang zwischen der Dauer der einzelnen Tauchung und der Zahl der Tauchungen, die ein schwach, ein

mittel und ein stark verzinkter Draht aushielten, geht aus Bild 5 hervor. Durch Senken der Tauchdauer von 60 auf 20 s wird die Zahl der Tauchungen auf den 2- bis 2,5fachen Betrag erhöht. Das Bild zeigt aber auch, wie sehr ein ungenaues Einhalten der Tauchdauer die Zahl der Tauchungen beeinflussen kann.

In welchem Umfange ein unterschiedlicher Gehalt an Kupfersulfat auf die Tauchzeiten einwirkt, zeigt Bild 6. Sinkt der Gehalt an Kupfersulfat zum Beispiel von 20 auf 15 g in 100 ml Wasser, so steigt die Tauchzahl um etwa zwei Einheiten, beim Absinken auf 10 g Kupfersulfat auf drei bis vier Einheiten an.

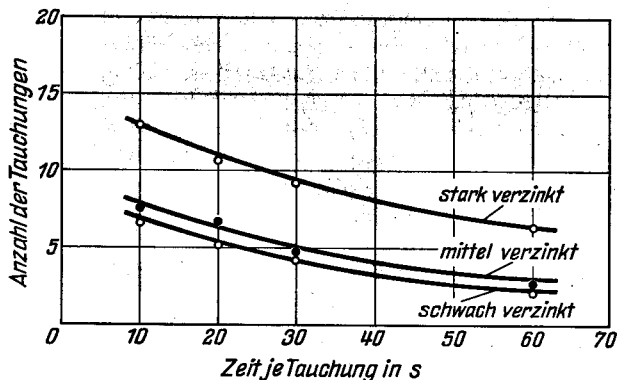


Bild 5. Einfluß der Tauchdauer auf die Anzahl der Tauchungen beim Kupfersulfatversuch an verzinktem Stahldraht (Prüftemperatur 20° C, Lösung 1 Teil Kupfersulfat und 5 Teile Wasser)

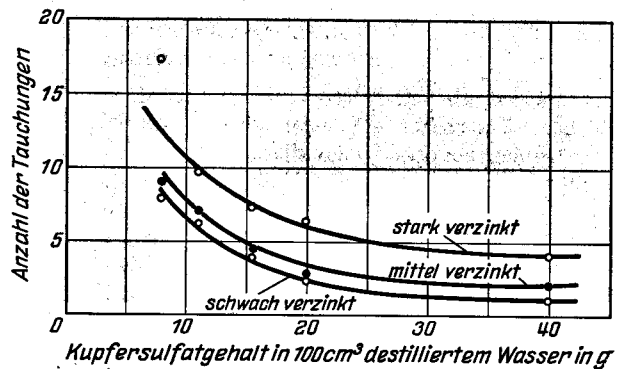


Bild 6. Einfluß der Konzentration der Kupfersulfatlösung auf die Anzahl der Tauchungen beim Kupfersulfatversuch an verzinktem Stahldraht (Prüftemperatur 20° C, Tauchdauer 1 min)

Ich möchte also den Ausführungen des Verfassers dahingehend zustimmen, daß verhältnismäßig geringe Abweichungen von den Prüfbedingungen die Tauchzahl deutlich beeinflussen können. Es handelt sich hier nicht etwa um ein genaues analytisches Verfahren, sondern um eine einfache technologische Prüfung, und gerade dabei müssen die Prüfvorschriften genauestens eingehalten werden; daß diese Forderung im Betrieb auf Schwierigkeiten stößt, ist erklärlich.

Trotzdem dürfte bei allen Einschränkungen bezüglich ihrer Zuverlässigkeit die Kupfersulfat-Tauchprüfung einen begrenzten Wert, zumindest als innerbetriebliche Prüfung, zum Nachweis grober Ungleichmäßigkeiten der Zinkauflage haben, besonders da ein einfacheres Verfahren zum Führen dieses Nachweises nicht bekannt ist. Bei genauem Einhalten der Versuchsbedingungen können besonders dann brauchbare Ergebnisse erhalten werden, wenn durch die von uns vorgeschlagene Verkürzung der Tauchdauer das Erkennen des Endpunktes sicherer gestaltet wird.