

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

~~26~~

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Gebäude

Von

Baurat H. Klaiber

Mit 39 Abbildungen



982

Elastizitätslehre für Ingenieure von Prof. Dr.-Ing. Max Enßlin. 2 Bde. Mit 109 Figuren	Nr. 519, 957
Nomographie des Bauingenieurs von Prof. Dr.-Ing. Max Mayer. Mit 47 Figuren	Nr. 959
Die Baumaschinen v. Ing. Johannes Körting. Mit 126 Abb.	Nr. 702
Graphische Darstellung in Wissenschaft und Technik von Obering. Prof. Dr. M. Pirani. Mit 58 Fig.	Nr. 728
Geometrisches Zeichnen von H. Becker, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln .	Nr. 58
Schattenkonstruktionen von Prof. J. Vonderlinn. Mit 114 Figuren	Nr. 236
Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Prof. J. Vonderlinn. Mit 121 Figuren . .	Nr. 260
Zentral-Perspektive von Hans Freyberger, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 132 Figuren	Nr. 57
Darstellende Geometrie von Prof. Dr. Robert Haubner. I. Mit 110 Figuren, II. Mit 88 Figuren	Nr. 142, 143
Die Baustoffkunde von Prof. H. Haberstroh. 3 Bände. Mit 74 Figuren	Nr. 506, 853, 854
Vermessungskunde von Prof. Dipl.-Ing. P. Werkmeister. I. Stückmessung und Nivellieren. Mit 140 Abbild. . .	Nr. 468
II. Messung von Horizontalwinkeln, Festlegung von Punkten im Koordinatensystem. Absteckungen. Mit 93 Abb.	Nr. 469
III. Trigonometrische und barometrische Höhenmessung. Tachymetrie und Topographie. Mit 61 Abbild. . . .	Nr. 862
Die Kostenberechnung im Ingenieurbau von Professor E. Kuhlmann und Dr.-Ing. H. Nitzsche. Mit 5 Tafeln . . .	Nr. 750
Die Baustoffe des Beton- und Eisenbetonbaus von Prof. Otto Graf. Mit 43 Abb.	Nr. 984
Baustoffverarbeitung und Baustellenprüfung des Betons von Prof. Dr.-Ing. A. Kleinlogel. Mit 22 Abb. . .	Nr. 978
Der Grundbau I: Der Baugrund und die Baugrube von Privatdoz. Dr.-Ing. Joachim Schultze. Mit 58 Abbild. . .	Nr. 993
Erdbau von Reg.-Baumeister Erwin Link. Mit 72 Abbild.	Nr. 630
Erdruck, Futter- und Stützmauern vom Städt. Bau- rat Dr.-Ing. Felix Kann. Mit 102 Textabbild.	Nr. 1011
Landstraßenbau von Ober-Ing. A. Liebmann. Mit 44 Abb.	Nr. 598
Stadtstraßenbau von Dr.-Ing. Georg Klose. Mit 50 Abb.	Nr. 740
Der Betonstraßenbau von Reg.-Baumstr. a. D. Dr.-Ing. W. Petry. Mit 49 Abb.	Nr. 976
Die Entwicklung des neuzeitlichen Eisenbahnbaues von Dipl.-Ing. Prof. Alfred Birk. Mit 28 Abbild.	Nr. 553
Die Linienführung d. Eisenbahnen v. Prof. H. Wegele. Mit 58 Abbild.	Nr. 623
Hochbauten d. Bahnhöfe v. Eisenbahnbauinsp. C. Schwab. I. Empfangsgebäude. Nebengebäude. Güterschuppen. Lokomotivschuppen. Mit 91 Abbild.	Nr. 515
Bahnhofsanlagen von Prof. Dr.-Ing. H. Wegele. I. Band. Mit 92 Abb. und einer Tafel	Nr. 989

Die mechanischen Stellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 3 Bände. Mit 143 Abbild. u. 2 Tafeln	Nr. 674, 688, 747
Die Kraftstellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 2 Bände. Mit 70 Abb. u. 1 Taf. Nr.	689, 690
Das elektrische Fernmeldewesen bei den Eisenbahnen von Geh. Baurat Klink. Mit 54 Abbild. . .	Nr. 707
Eisenbahnfahrzeuge v. Reg.-Baumeister H. Hinnenthal.	
I. Die Dampflokomotiven. Mit 95 Abbild. und 2 Tafeln.	Nr. 107
II. Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit Anhang: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 85 Abbild. Neubearbeitet von Ad. Wolff	Nr. 108
Schmalspurbahnen (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 99 Abbild.	Nr. 524
Straßenbahnen v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 72 Abb.	Nr. 559
Kolonial- und Kleinbahnen v. Geh. Oberbaurat Prof. F. Baltzer.	
I. Begriff und Wesen, Kolonialbahnen Afrikas, Kleinbahnen der wichtigsten Länder u. a. Mit 7 Abbild.	Nr. 816
II. Bauliche Ausgestaltung von Bahn und Fahrzeug, Betrieb und Verkehr. Mit 22 Abbild.	Nr. 817
Die allgemeinen Grundlagen des Brückenbaues von Dr.-Ing. K. Schaechterle. Mit 59 Abbild.	Nr. 687
Grundungen d. Brücken v. Prof. Th. Janssen. Mit 40 Abb.	Nr. 803
Holzbrücken von Dr.-Ing. K. Schaechterle. Mit 217 Abb.	Nr. 964
Eisenbetonbrücken von Dr.-Ing. K. W. Schaechterle. Mit 106 Abbild.	Nr. 627
Eiserne Balkenbrücken von Prof. Dr.-techn. Dr.-Ing. I. Melan. Mit 93 Abbild.	Nr. 977
Hydraulik von Prof. Dipl.-Ing. W. Hauber. Mit 45 Fig. . .	Nr. 397
Kreislauf des Wassers und Gewässerkunde von Dr.-Ing. R. Drenkhahn. Mit 46 Abbild. u. 16 Zahlentafeln	Nr. 960
Wehr- und Stauanlagen von Reg.-Baurat Dr.-Ing. Paul Böß. Mit 59 Abbild. und 5 Berechnungsbeispielen . . .	Nr. 965
Flußbau von Reg.-Baumstr. Otto Rappold. Mit 105 Abbild.	Nr. 597
Kanal- und Schleusenbau von Regierungsbaumeister Otto Rappold Mit 80 Abbild.	Nr. 585
Wasserkraftanlagen von Dr.-Ing. Felix Bundschu.	
I. Allgemeines und Stauwerke. Mit 67 Abbild.	Nr. 665
II. Werkwasserleitungen u. Entwurfsgrundlagen. Mit 77 Abb.	Nr. 666
Meliorationen von Oberbaurat Otto Fauser. 2 Bände. Mit 103 Abbild.	Nr. 691, 692
See- und Hafengebäude von Reg.-Baum. a. D. Franz Franzius und Marinebaurat K. Böckemann. Mit 100 Abbild.	Nr. 962
Wasserversorgung der Ortschaften von Prof. Dr.-Ing. Robert Weyrauch. Mit 79 Figuren	Nr. 5
Entwässerung und Reinigung der Gebäude von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit 92 Abbild.	Nr. 822
Gas- und Wasserversorgung der Gebäude von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit 119 Figuren	Nr. 412

Sammlung Göschen

Blitzschutz der Gebäude

Von

Baurat H. Klaiber

in Stuttgart

Mit 39 Abbildungen



Berlin und Leipzig

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

1928



~~I 26~~

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagshandlung vorbehalten.

I 301409

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig. 955727.

Akc. Nr.

478/51

BPK-B-1/2017

Inhaltsverzeichnis.

I. Gewitter, Blitz und Einschlag.	Seite
1. Ältere Anschauungen.	5
2. Die elektrische Ladung der Luft	7
3. Die Hauptformen der Gewitter	13
4. Entstehung und Verlauf der Blitze	17
5. Stromstärke, Spannung usw. der Blitze	26
6. Perlschnurblitze, Kugelblitze, Elmsfeuer, Donner	30
7. Allgemeine Folgerungen für den Blitzschutz	32
II. Der Blitzschaden und seine Bekämpfung.	
8. Die Größe der Blitzschäden	39
9. Beispiele von Blitzschlägen in Gebäude	44
10. Maßregeln bei Blitzgefahr und Einschlag.	53
III. Ausführung der Blitzableiter.	
11. Allgemeines	57
12. Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz	66
13. Baustoffe und Abmessungen	69
14. Auffang-, First- und Dachleitungen	77
15. Ableitungen	89
16. Erdleitungen	93
17. Entwerfen und Verlegen der Blitzableiter	106
IV. Sonderausführungen.	
18. Eisenbauten, Eisenbetonbauten, Eisendächer	108
19. Kirchen	110
20. Fabrikschornsteine	112
21. Windmühlen	114
22. Weichgedeckte Gebäude	115
23. Besonders wichtige u. besonders gefährdete Gebäude	116
24. Schutz ganzer Ortschaften, Siedlungen usw.	117
V. Prüfung der Blitzableiter.	
25. Prüfung durch Besichtigung	118
26. Elektrische Prüfung	120
VI. Kosten der Blitzableiter	123
Register	127

I. Gewitter, Blitz und Einschlag.

1. Ältere Anschauungen.

Der Blitzableiter ist die unbestrittene Erfindung Franklins¹⁾. Die Achtung vor seiner Leistung wird um so größer, je eindringlicher uns zum Bewußtsein kommt, wie winzig die von ihm beobachteten Funken an der Leidener Flasche im Vergleich zu der für uns Heutigen meßbaren Riesenenergie des Blitzes waren. Wir begrüßen in ihm auch den ersten Elektrotechniker, weil er als erster der Menschheit eine technische Anwendung der Elektrizitätslehre geschenkt hat. Mehr als anderthalb Jahrhunderte blieb man unter dem Eindruck der wohlverdienten Anerkennung des Erfinders ganz in den zu seiner Zeit herrschend gewesenen Anschauungen befangen. Erst durchgreifende technische und statistische Untersuchungen, sowie die Fortschritte der Meteorologie, der allgemeinen Elektrizitätslehre und der Elektrotechnik haben in neuester Zeit zu einer sachgemäßen Weiterentwicklung des Blitzableiterbaues geführt.

Als die Leidener Flasche die Zusammenfassung der damals erzeugbaren schwachen Äußerungen der Elektrizität erlaubte, kannte man die Leitfähigkeit der Metalle im Gegensatz zu der isolierenden Wirkung der Luft, man fand, daß es zweierlei Elektrizitäten gibt, die man, wie

¹⁾ Hennig, Aus der Geschichte des Blitzableiters, Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, 16. Bd., Berlin 1926.

damals, auch heute noch als positiv (plus, +) und negativ (minus, —) unterscheidet, und daß diese Elektrizitäten sich gegenseitig anziehen und sich beispielsweise auf den Belegungen eines Kondensators gegenseitig hervorrufen — die Vorgänge am Kondensator, der in der Schulphysik wie in der Hochspannungs- und Funktechnik vielseitige Verwendung findet, dürfen als bekannt vorausgesetzt werden. Bei den damaligen Versuchen mit Elektrizität spielte das Überspringen von Funken zwischen Spitzen von Metall eine wichtige Rolle.

Auf diesem Stand der Erkenntnisse beruht das hergebrachte Bild des Gewitters, das wir der Kürze halber das Franklinsche nennen wollen, obgleich Franklin selbst nicht für alle Einzelheiten verantwortlich ist. In diesem Bild stellen sich die Wolken einerseits, die Erde andererseits als leitende Belegungen eines Kondensators dar, die durchsichtige Luft unterhalb der Wolken gilt als dessen Isolierschicht. Sie wird vom Blitz an der Stelle des geringsten Widerstands durchschlagen, die Aufstellung hoher Spitzen aus Metall erleichtert den Durchbruch des Blitzes durch die Luft, zieht den Blitz auf sich, leitet ihn unschädlich zum Boden ab und schützt damit die Umgebung. Trotz des Widerspruchs von Franklin glaubte man sogar, daß Spitzen auch im großen die im kleinen beobachtete Wirkung haben, die in ihnen gewissermaßen zusammengedrückte Elektrizität ausströmen zu lassen und so die zwischen Wolke und Erde sich gegenüberstehenden Elektrizitätsmengen in einem stillen Ausgleich zu vereinigen.

Unzählige Blitze sind in den letzten 175 Jahren von Blitzableitern, die unter dem Einfluß dieser Anschauungen erbaut waren, schadlos abgeleitet worden. Aber gelegentlich beobachtete man doch Widersprüche, der Blitz schlug kurz

neben dem Blitzableiter einer Kirche oder eines Fabrik-schornsteins in ein niederes Haus, einen Baum oder gar in den Erdboden, er sprang vom Blitzableiter weg durch Mauern und meterlange Luftstrecken auf unvorhergesehene Bahnen ab. Solche Widersprüche verlangten eine Erklärung, die Blitzableitertechnik mußte die beschriebenen Versager und andere Enttäuschungen vermeiden lernen.

2. Die elektrische Ladung der Luft.

Wollen wir den Fehler der alten Anschauung entdecken und den Blitzschutz auf eine zeitgemäße wissenschaftliche Grundlage stellen, müssen wir uns über die elektrischen Vorgänge im Luftmeer Klarheit verschaffen. Die dazu nötigen Forschungen und Messungen sind einerseits von den Physikern und Meteorologen, andererseits von den Elektrizitätswerken ausgegangen, deren Leitungen von luftelektrischen Zuständen oft empfindlich gestört werden. Heute stehen wir vor einem neuen Bild des Gewitters, das zwar noch nicht in allen Teilen abgerundet und auch nicht so einfach ist wie das Franklinsche, das dafür aber auch für den Nichtfachmann um so reizvoller ist. Das Eindringen in die heutigen Anschauungen wird ebenso sehr durch das hierdurch vermittelte Verständnis für alle gewitterigen Vorgänge in der Luft belohnt, wie es für alle diejenigen nötig ist, die sich mit Blitzableiterbau befassen.

Der neueren Elektrizitätslehre entnehmen wir die Vorstellung, daß aus den Atomen oder Molekeln der Gase, insbesondere auch der Luft unter bestimmten Einwirkungen ein Elektron austreten kann. Das Elektron stellt die kleinste, nicht weiter teilbare Einheit der Elektrizitätsmenge oder der elektrischen Ladung, kurz die elektrische Einheitsladung dar. Hiernach besteht die Elektrizität aus kleinsten, unter sich gleichen Teilchen, ganz ähnlich

wie wir uns die Stoffe aus den Atomen aufgebaut denken. Das Elektron ist negativ. Ursprünglich haben sich in der Molekel positive und negative Elektrizitätsmengen das Gleichgewicht gehalten und insolange verhielt sich die Molekel unelektrisch. Durch den Verlust des negativen Elektrons erscheint die Molekel mit einem Überschuß an positiver Elektrizität geladen, sie wirkt von jetzt ab wie eine positive Ladung von der gleichen Größe, wie sie der negativen Ladung des Elektron zukommt. Der gemeinsame Name der geschiedenen positiven und negativen Elektrizitätsträger ist Ionen, der beschriebene Zustand der Luft heißt ionisiert. Die Ionisierung wird unter anderem hervorgerufen durch sehr hohe elektrische Spannungen, durch starke Erhitzung der Luft in Flammen, durch ultraviolettes Licht, Röntgenstrahlen und radioaktive Stoffe.

Alle Gas- und Luftmolekeln schweben unter lebhafter Bewegung frei im Raum, diese Teilchen stoßen von Zeit zu Zeit aufeinander. In gleicher Weise stoßen mit ihnen auch die frei gewordenen Ionen zusammen und hängen sich dann infolge ihrer elektrischen Ladung an die bisher unelektrischen Molekeln an. Die Luftmolekeln werden damit selbst zu Elektrizitätsträgern. In der Luft finden sich aber auch winzige Staubteilchen, ferner versprengte Teilchen fremder Gase, namentlich solche, die aus den Abgasen der Feuerungen stammen. Alle diese Teilchen werden durch Anlagerung der ursprünglichen Elektrizitätsträger selbst zu Trägern. In der großen Menge der unelektrischen Molekeln erscheinen also um so mehr „Träger“, je länger und je kräftiger die zur Abspaltung von Elektronen führende Einwirkung, die Ionisierung, dauert.

Die Luft unserer Atmosphäre ist immer schwach ionisiert, sie enthält im Kubikzentimeter mehrere Tausend Träger. Diese werden teilweise durch die fortwährend aus

der Erde aufsteigenden radioaktiven Stoffe hervorgerufen, der Rest stammt vermutlich aus kosmischen Einwirkungen, nämlich aus Strahlungen der Sonne oder auch weit entfernter Sterne (Andromedanebel).

Da die Träger und die in ihnen verkörperten elektrischen Ladungen mehr oder minder gleichmäßig im Raum verteilt sind, bezeichnet man diese Art der Ladung als Raumladung. Seitdem man weiß, daß die Luft dauernd ionisiert ist, haben sich die Forscher der Frage zugewandt, ob nicht aus dieser Raumladung der Luft sich die Gewitterelektrizität herleiten ließe.

Die nähere Betrachtung ergibt zunächst, daß die Elektrizitätsmenge, die in der gewöhnlichen Raumladung, in der sogenannten Schönwetterelektrizität enthalten ist, nicht ausreicht, um die große Zahl von Blitzen, die sich bei einem starken Gewitter rasch folgen, zu speisen. Ferner müssen wir uns noch fragen, woher die für die Entstehung der Blitze nötige Spannung kommt. Die positiven und negativen Ionen und die mit ihnen beladenen Träger müssen ja mit Notwendigkeit am Ort ihrer Entstehung in gleicher Zahl auftreten. Infolge ihrer gleichmäßigen gegenseitigen Durchmischung heben sich darum nach außen hin ihre elektrischen Wirkungen auf.

Dies wird aber sofort anders, wenn eine Kraft auftritt, die die positiven Träger von den negativen trennt, überhaupt die Träger des gleichen Vorzeichens an der einen Stelle und die des anderen Vorzeichens an einer anderen Stelle des Raumes zusammenballt. Dann haben wir zwei voneinander räumlich getrennte Raumladungen verschiedenen Vorzeichens und diese wirken nach allgemeinen Regeln der Elektrizitätslehre aufeinander ein, etwa ähnlich wie die sich gegenüberstehenden geladenen Kugeln einer Elektrifiziermaschine. Ist zwischen den Raumladungen die Spannung

auf genügende Höhe gestiegen, wird zwischen ihnen der Funke als Blitz überspringen.

Eine Möglichkeit, die Trennung der Träger nach ihrem Vorzeichen zu erklären, fand sich in der Entdeckung, daß die Regentropfen vielfach nach ihrer Größe verschiedene elektrische Ladung tragen. Fängt man die Tropfen einzeln auf und mißt ihre Ladung, so findet man, daß sich die negativen Träger mit Vorliebe an die kleinen, die positiven Träger an die großen Tropfen anlagern.

Jetzt brauchen wir auch nicht mehr nach der Kraft zu suchen, die zur Trennung der Ladungen nötig ist, sie drängt sich uns von selbst auf in dem bei keinem Gewitter fehlenden Wind. In der Technik macht man vielseitigen Gebrauch von der Windsichtung, wobei man durch einen Luftstrom aus einem Staubgemenge die Teilchen nach ihrer Größenordnung sichten läßt. Trifft ein senkrecht aufsteigender Luftstrom auf die in der Luft schwebenden Wassertropfen, so werden die Wasserstäubchen widerstandslos von ihm in die Höhe entführt, die etwas schwereren Tropfen werden gerade in der Schwebelage erhalten und die schwersten Tropfen fallen trotz dem ihnen entgegenwehenden Wind zu Boden. Für jede aufwärtsgerichtete Windgeschwindigkeit gibt es eine bestimmte Tropfengröße, die im Schweben erhalten wird, alle kleineren Tropfen steigen auf, alle größeren regnen ab.

Daß im Gewitter starke aufwärtsgerichtete Luftströmungen auftreten, darüber herrscht kein Zweifel. Man schätzt die Steiggeschwindigkeit der Luft in den Gewitterwolken im Mittel auf 10 m in der Sekunde, in einzelnen Fällen kann sie wohl noch sehr viel größer sein. Indem der Wind den negativen Wasserstaub über die in tieferer Lage zurückbleibende Masse der positiven Tropfen

empoträgt, muß er die Anziehung der entgegengesetzt elektrisch geladenen Teilchen überwinden, er leistet also mechanische Arbeit, diese wird durch die Trennung der Raumladungen im Wolkenmeer aufgespeichert. Im Blitz verpufft dann diese Energie nutzlos.

Für die Beobachtung, daß die elektrische Ladung der Regentropfen nach deren Größe verschieden zu sein pflegt, hat man schon lange nach einer Erklärung gesucht. Das Ergebnis der Forschungen ist noch nicht völlig befriedigend, gibt uns aber doch wertvolle Anhaltspunkte¹⁾. Wir besprechen diejenigen Erscheinungen, die vorläufig die meiste Aussicht auf Anerkennung haben, die Wasserfallelektrizität und die Influenzelektrizität.

Es ist schon lange beobachtet worden, daß an Wasserfällen der beim Aufprallen des Wassers gebildete Wasserstaub negativ elektrisch ist, die gleiche Erscheinung hat sich unter den eigentümlichen in der Wolke herrschenden Bedingungen nachweisen lassen. Die Luft in den Gewitterwolken müssen wir uns infolge der nicht gleichmäßig, sondern stoßweise unter wechselnden Kräften vor sich gehenden Strömung in heftige Wirbel aufgelöst denken. Die darin schwebenden Regentropfen und Nebelteilchen werden von den Luftstößen erfaßt und durcheinandergewirbelt. Ahmt man im Versuch diese Vorgänge nach, so läßt sich folgendes feststellen: Wassertropfen werden bei von unten angreifender stoßweiser Luftbewegung hutartig aufgebläht, die Luftströmung dringt in die Höhlung von unten ein und zersprengt die darüber gebildete Kappe, die hierbei nach oben herausgerissenen kleinsten Wasserstaubteilchen sind negativ elektrisch, die größeren Reste des Tropfens

¹⁾ Näheres siehe Luftelektrizität von Dr. K. Kähler, Sammlung Göschen Bd. 649; Elektrizität der Gewitter von Dr. K. Kähler, Sammlung Borngräber; Das Gewitter von Prof. Dr. A. Goekel, Berlin 1925.

tragen die entsprechende positive Ladung. Wir haben es hier mit einer höchst eigenartigen Scheidung der im Wassertropfen enthaltenen Elektrizität durch die mechanische Stoßkraft des Windes zu tun. Da bei genügender Stärke der aufwärts gerichteten Bewegung die Tropfen lange in der Schwebelage gehalten werden und der geschilderte Vorgang sich so an einem Tropfen beliebig oft wiederholen kann, ergeben sich auch die zur Unterhaltung einer längeren Blitzfolge nötigen Ladungen.

Ist in der Wolke die Luftbewegung minder unregelmäßig, so tritt an die Stelle des gewaltsamen Zerblasens der Tropfen ein einfaches Zerfahren. Im aufsteigenden Luftstrom nimmt der Tropfen Tellerform an, die durch den vorbeistreichenden Luftstrom von der Masse des Tropfens abgelösten Teiltropfen werden an den oberen Rand des Tropfens gedrängt, dort werden sie durch die Influenz der negativen Ladung der Erdoberfläche negativ. Die Erde ist gegenüber der Luft dauernd negativ, dies hängt mit der dauernden Ionisierung des Luftmeeres zusammen, indem die positiven Elektrizitätsträger im Überschuß in der Luft erhalten bleiben, während die negativen (vielleicht infolge ihrer größeren Beweglichkeit) mehr der Erde zustreben und sie negativ aufladen. Diese Ladung der Erde wirkt in ähnlicher Art, wie wir dies vom Kondensator gewohnt sind, auf jeden Regentropfen derart ein, daß seine der Erde zugekehrte Seite positiv, die Oberseite aber negativ ist. Darum ist der an der Oberseite eines Tropfens vom Wind entführte Wasserstaub negativ. Hierin eröffnet sich uns eine zweite Möglichkeit zur Erklärung der negativen Ladung des Wasserstaubes, und wir können sogar vermuten, daß auch die ersterwähnte Möglichkeit, die beim Zerblasen der Tropfen auftretende Wasserfallelektrizität, durch die Wirkung der Influenz allgemein verstärkt wird.

In großen Höhen herrscht empfindliche Kälte, dort gibt es statt der Nebeltröpfchen meist nur Eiskristalle und die aus ihnen zusammengebackenen Graupelkörner und Schneeflocken. Deren Zerbrechen im Luftwirbel hat die gleiche elektrisierende Wirkung, wie wir es bisher allein für die Wassertropfen beschrieben haben.

Die Größe der Ladung am fallenden Regentropfen, Schneekristall und Graupelkorn ist im einzelnen winzig, aber meßbar. Wird zugleich das Gewicht dieser Teilchen festgestellt, so läßt sich die auf ein Gramm der Niederschläge entfallende Elektrizitätsmenge berechnen. Da nun auch bekannt ist, welches Gewicht an Wasser den als Nebel sichtbaren Niederschlag in einer Gewitterwolke bildet, so führt uns die Vervielfältigung der Grammladung mit dem Gewicht der im Gewitter sichtbar auftretenden Flüssigkeit auf die Größe der darin im ganzen wirksamen Elektrizitätsmenge. Die hier in Betracht kommenden Zahlenwerte fassen wir später zusammen, es genügt in diesem Zusammenhang der allgemeine Hinweis, daß wir durch Versuch und Rechnung dem Kräftehaushalt des Gewitters einigermaßen nachzugehen vermögen, wenn auch die Erklärung noch nicht in allen Einzelheiten gelungen ist.

3. Die Hauptformen der Gewitter.

Das im Sommer häufig vorkommende Wärmegewitter bildet sich meist in den Nachmittagsstunden heißer Tage dadurch aus, daß die über dem Erdboden und namentlich über bergigen Gegenden lagernde Luft infolge kräftiger Bestrahlung durch die Sonne sich stärker erwärmt als in der Umgebung und aufzusteigen beginnt. Die Steighöhe und Steiggeschwindigkeit ist naturgemäß um so größer, je größer die Überhitzung der Luftschicht am Boden war. Die gleiche Wirkung hat aber auch eine sich über eine

warme Luftschicht schiebende, verhältnismäßig kalte Schicht. Im ganzen wird die Bildung des Gewitters durch die Wechselbeziehungen zwischen der Wärme, dem Luftdruck und der Feuchtigkeit der vom Boden aufsteigenden Luftmenge und den entsprechenden Eigenschaften der darüber lagernden Schichten bestimmt. Diese Eigenschaften unterliegen im aufsteigenden Luftstrom einer fortwährenden, teilweise sprunghaften Änderung, wodurch Wirbelbildung hervorgerufen wird. Den Mittelwert der Steiggeschwindigkeit haben wir schon oben zu 10 Meter in der Sekunde angegeben, er ist naturgemäß außerordentlich verschieden und darum auch schwer festzustellen, außerdem wird er durch die Wirbelbildung vielfach überdeckt.

Die aufsteigende Luftmenge ist nicht etwa wie in einem Kamin geführt, sie ist vielmehr auf dem ganzen Weg von dem übrigen Luftmeer nur lose umschlossen. Hieraus entspringen allerlei Wallungen und weitere Wirbel, der Auftrieb erfolgt nicht gleichmäßig und geradlinig, sondern stoßweise und wirbelnd.

Während des Aufsteigens tritt Abkühlung und als deren Folge in einer bestimmten Höhe, die bei uns im Hochsommer etwa 1—2 Kilometer über dem Boden liegt, der Niederschlag des Wasserdampfs, die Ausfällung des Nebels ein. Seine undurchsichtige, sich zu Haufenwolken zusammenballende Masse erfüllt schließlich den Luftraum bis in mehrere Kilometer Höhe hinauf. Darüber breitet sich später noch ein halbdurchsichtiger Schirm von aus Eisnadeln bestehenden Schleierwolken aus, das Ganze hat von der Ferne gesehen turmartiges Aussehen, der obere Rand erreicht 6—10 Kilometer Höhe.

Bis in diese Höhe hinauf haben wir mit fortschreitender Bildung von Niederschlägen und mit deren Durcheinanderwirbeln in einer stürmischen, überwiegend aufwärts ge-

richteten Luftbewegung zu rechnen. Wenn nun währenddessen die stoßartige Luftbewegung durch Zerblasen und Spalten der Wassertropfen die Elektrizitäten geschieden hat und wenn weiterhin der aufsteigende Luftstrom die Sichtung der verschiedenen Elektrizitäten vollzogen hat, sind die Bedingungen für den ersten Blitz geschaffen.

In diesem Augenblick kann man sich das fertige Gewitter in einer stark vereinfachten und namentlich in Richtung der Breite verkürzten Zeichnung¹⁾ ungefähr so vorstellen wie Abb. 1. Wir halten dabei die Anschauung fest, daß in diesem Gewitterturm die entgegengesetzten Elektrizitäten in der Hauptsache der Höhe nach getrennt sind, so daß oben die negative, unten die positive Raumladung schwebt.

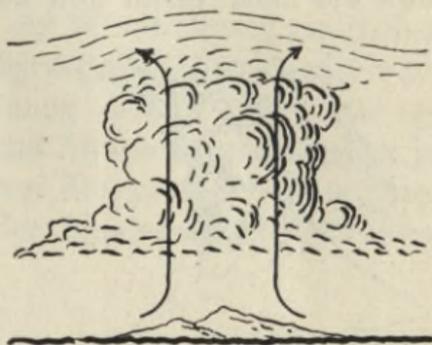


Abb. 1.

Wir dürfen allerdings nicht erwarten, daß in einem schon bei der Beobachtung mit bloßem Auge sich so stürmisch darstellenden Vorgang, wie es die Gewitterbildung ist, sich die Trennung und Ablagerung der Elektrizitäten mit mathematischer Regelmäßigkeit vollzieht. Wieweit die Abweichungen von diesem vereinfachten Bild heute der messenden Beobachtung zugänglich sind, davon berichten wir später. Die Vereinfachung ist zulässig und zweckmäßig, weil sie uns erlaubt, uns in einem neuen Gebiet rasch so weit zurechtzufinden, als es für den eigentlichen Zweck unserer Betrachtungen, den Blitzableiterbau, notwendig ist.

¹⁾ Die hier gewählte Darstellung des Gewitters und des Blitzes schließt sich vielfach an eine Veröffentlichung von Töpfer in den Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H., Heft 25, 1926, an.

Die zweite Hauptform der Gewitter ist das Frontgewitter. Es entsteht vermutlich dadurch, daß sich eine Schicht kalter Luft unter wärmere Luftschichten schiebt. Dies tritt namentlich am westlichen Rand der Tiefdruckgebiete ein. Durch das keilförmige Vorrücken der kalten Luft wird die wärmere gehoben und weicht schräg nach aufwärts aus. Bei stürmischer Entwicklung wird diese Bewegung zum Gewitter. In dessen vorderem Rand herrscht nun die nach vorne und aufwärts gerichtete Strömung.

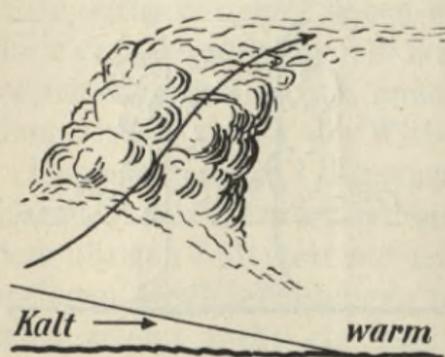


Abb. 2.

Weil gleichzeitig die ganze Erscheinung sich in der Richtung der herandrängenden kalten Luft vorwärtsbewegt, verdoppelt sich am Boden die Luftgeschwindigkeit, das ist der das Gewitter einleitende Sturm, die Gewitterbö. Das Bild des Frontgewitters in einem stark verkürzten Querschnitt ist durch Abb. 2 gekennzeichnet.

Die schräg aufwärtsgerichtete Luftströmung führt zu einer derartigen Schichtung der Elektrizitäten, daß die obere negative Schicht gegen die untere positive nach vorne übergreifend verschoben ist. Auch hierbei haben wir mit allerlei Abweichungen von der einfachsten Form durch Wirbelbildung usw. zu rechnen.

Seinen Namen führt das Frontgewitter daher, weil es im rechten Winkel zum Querschnitt auf eine große Länge ausgedehnt zu sein pflegt, wobei es meist eine sich nordsüdlich erstreckende Walze bildet, die unter Umständen ihre Front über ganz Deutschland ausdehnt und sich von West nach Ost fortpflanzt. Im Gegensatz zum örtlichen Wärme-

gewitter bringt es meist einen gründlichen Witterungs-umschlag.

Im Winter tritt zwar selten, aber dann gelegentlich mit großer Gewalt die dritte Hauptform, das Wintergewitter auf. Man kann sich seine elektrischen Eigenschaften dadurch entstanden denken, daß der Wind die großen, positiv geladenen Schneeflocken vor sich hertreibt, während die kleineren negativen verhältnismäßig zurückbleiben. In diesem Fall sind also die Elektrizitäten nicht der Höhe nach getrennt, sie sind vielmehr in der Windrichtung am Boden entlang wagrecht auseinandergezogen. Auch hierbei werden wir keine restlose Trennung der Elektrizitäten erwarten, es werden sich allerhand Abweichungen ergeben je nach der Wirkung verschiedener Stärke und Richtung des Windes und der Eigenart der hineingerateten Schneeflocken.

4. Entstehung und Verlauf der Blitze.

Eine weittragende Verbesserung unserer Kenntnisse vom Blitz und überhaupt vom elektrischen Funken verdanken wir dem Lichtbild.

Schon vor längerer Zeit hatte man Lichtbildaufnahmen des Blitzes erhalten, auf denen der Blitzstrahl sich nicht als einfache Linie, sondern als eine Reihe von nebeneinander verlaufenden Linien verschiedener Stärke und in verschiedenem Abstand abzeichnete, etwa wie in Abb. 3¹⁾. Ein kräftiger Wind hat den vom ersten Blitzstrahl in die Luft gebohrten Kanal seitlich verschoben, so daß die in demselben Kanal folgenden weiteren Entla-

¹⁾ Gezeichnet nach einer Aufnahme von G. Rümcker, Hamburg, veröffentlicht von B. Walter, Annalen der Physik, 4. Folge, Bd. 19, 1906, S. 1032, Tafel V. An einer Stelle zeigt der Funkenkanal Schichtung, vermutlich die Folge der Luftverdünnung durch die vorangegangene Entladung.

dungen sich nebeneinander auf der Platte abbilden. Gleichartige Bilder erzielt man durch eine Bewegung der Lichtbildkammer während der Aufnahme, dann bilden sich die einzelnen Entladungen ebenfalls nebeneinander ab, auch wenn der Blitzkanal in der Richtung der Sehlinie der Kammer feststeht. Ist im ersten Fall die Windgeschwindigkeit, im zweiten die Geschwindigkeit der bewegten Kammer bekannt, so läßt sich der zeitliche Abstand der verschiedenen Entladungen und die Dauer der gesamten Erscheinung berechnen.

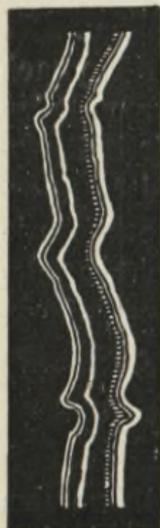


Abb. 3.

Weitere Aufschlüsse vermittelt uns die Aufnahme desselben Blitzes mit zwei in einiger Entfernung voneinander stehenden Kammeren, sie gestattet uns, im Stereoskop die einzelnen Verästelungen des Blitzes und die Krümmungen der einzelnen Blitzbahnen in ihrer räumlichen Anordnung zu übersehen¹⁾. Nimmt man mit einer dritten, aber bewegten Kammer gleichzeitig auf, so erhält man außerdem noch Aufschluß über die zeitliche Reihenfolge der Entladungen in den einzelnen Ästen. Es liegt auf der Hand, daß das Gelingen brauchbarer Nachtaufnahmen ebenso sehr vom Zufall wie von gewandter Anordnung der Versuche abhängt, Blitzaufnahmen von Liebhabern können für die Wissenschaft sehr wertvoll sein.

Aber auch der Funke der Leidener Flasche hat im Lichtbild seine Entstehung geoffenbart; man hat gefunden, daß die Entladung nicht mit einem Schlag einsetzt, sondern durch tastende Vorentladungen eingeleitet wird. An den

¹⁾ B. Walter, Stereoskopische Blitzaufnahmen, Physikal. Zeitschrift 1912, S. 1082, 1913, S. 48.

sich gegenüberstehenden Spitzen bilden sich zuerst Lichtbüschel, wie sie in der Natur als Elmsfeuer vorkommen. Das Auge (ebenso die Platte bei Standaufnahmen) nimmt sie deshalb nicht wahr, weil die blendende Helle der eigentlichen Entladung das vorangehende schwache und kurzdauernde Leuchten überstrahlt.

Die bisherigen Beobachtungen an Blitzen und an hochgespannter Elektrizität berechtigen uns bis auf weiteres, uns über Entstehung und Verlauf der Blitze die folgende Anschauung zu eigen zu machen, deren allgemeine Umrisse wir den Veröffentlichungen Töplers¹⁾ entnehmen.

Die Schulphysik stellt an der Elektrisiermaschine zwei Metallkörper, Kugeln oder Spitzen, einander gegenüber. Beträgt zwischen ihnen der Spannungsunterschied auf jedes Zentimeter Abstand mehrere tausend Volt, so tritt am positiven Körper eine leuchtende Erscheinung, das positive Büschel auf, bestehend aus einzelnen leuchtenden Fäden auf einem kurzen Stiel, das negative Büschel besteht aus einem phosphoreszenzartigen Leuchten ohne Stiel, Abb. 4. In der Wolke sitzt die Elektrizität nicht an der Oberfläche irgendeines festen Körpers, sie ist vielmehr in kilometerdicke Nebelschichten als Raumladung eingebettet. Zwischen diesen Schichten entgegengesetzter Ladung bildet sich nach den gewöhnlichen Regeln der Elektrizitätslehre in Abhängigkeit von der Dichte und dem Abstand der Raumladungen eine Spannung aus, die ihren Höchstwert an der Grenz- oder Übergangsschicht



Abb. 4.

¹⁾ Töpler, Gewitter und Blitze, Verbandsmitteilungen, Dresden 1917, S. 43. Gewitter, Blitze und Wanderwellen auf Leitungsnetzen, Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H. 1926 Heft 25.

erreicht. Hier möge nun die Spannung die soeben für das Auftreten von Büscheln geforderte Höhe annehmen. In einem dort schwebenden Tropfen, Abb. 5, wird die positive Ladung bei der in der Abbildung angedeuteten Verteilung der Wolkenladungen durch die Influenz auf seine Oberseite, die negative auf die Unterseite gedrängt. Oben erscheint also an ihm das positive und unten das negative Büschel.

In den Leuchtfäden der Büschel suchen die durch die außergewöhnliche Spannung in Bewegung gesetzten

Ionen nach der entgegengesetzten Elektrizität hinzuwandern, die Elektrizität sucht tastend den Weg zum Ausgleich zu finden. Sobald einmal durch einen der Fäden eine größere Zahl von Ionen gewandert ist, wird er leitend, es fließt in ihm ein Strom, jeder elektrische Strom beruht auf der Wanderung der Ionen oder Elektronen. Der leitend gewordene Faden zieht die Strömung der Umgebung an sich, die Nachbarfäden erlöschen, der verstärkte Faden wird zum Stiel und

an seinem Ende erscheint jetzt das Büschel. So schiebt sich unter dem Einfluß der Spannung der Stiel samt dem Büschel immer weiter vor und wenn die Erscheinung eine gewisse Ausdehnung angenommen hat, genügt zum Weiterwachsen auch eine geringere als die zur Entstehung nötige Spannung.

Beim Vordringen verzweigt sich das Büschel und dehnt damit seine Wirkung allseitig mehr in den Raum aus. Von der Ursprungsstelle aus wachsen beiderseits die Büschel in die Raumladungen hinein, in dem gemeinsamen Stiel erkennen wir den Funkenkanal des werdenden Blitzes, Abb. 6.



Abb. 5.

Im Funkenkanal strömt die Elektrizität im Sinn der herkömmlichen Ausdrucksweise von der positiven zur negativen Ladung. In der gleichen Richtung schiebt sich das positive Büschel vor, das negative in der entgegengesetzten. Um den Vorgang klar zu durchschauen, müssen wir also die Strömungsrichtung der Elektrizität von der Marschrichtung der Büschel unterscheiden.

An den Funkenkanal des weiterwachsenden Blitzes müssen wir uns gemäß der Abb. 6 mächtige Büschel angesetzt denken, die wir mit Töpler als Blitzköpfe bezeichnen wollen. Sie sind sowohl fürs Auge wie für die photographische Platte wegen der Überstrahlung durch den weißglühenden Funkenkanal unsichtbar. Diese Büschel saugen die Elektrizität aus den von ihnen durchheilten Wolken heraus und bewirken eine Umlagerung der Spannungs- und Dichtigkeitsverhältnisse in den Wolkenladungen. Da nun die Verteilung dieser Ladungen infolge ihrer wechselvollen Entstehungsgeschichte die mannigfaltigsten Unregelmäßigkeiten aufweist, verstehen wir auch die scheinbar so willkürlich geschlängelte Form der Blitze. Die Neigung der Büschel zu Verzweigungen erklärt uns zugleich die Verästelung der Blitze, die auf Lichtbildern deutlicher hervortritt als in dem vom Hauptstrahl geblendeten Auge. Eigentliche Zickzacklinien, wie sie dem Blitz auf bildlichen Darstellungen zugeschrieben werden, kommen in der Natur nicht nachweisbar vor.

Der Einfachheit halber stellen wir uns die Raumladungen streng wagrecht geschichtet vor, etwa oben negativ, unten positiv, mit einer gleichfalls wagrechten Trennungsschicht. In gleichem Abstand von der Trennungsschicht sind die Spannungen beiderseits gleich, aber entgegengesetzt ge-

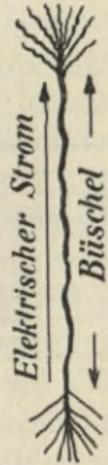


Abb. 6.

richtet, die in den beiderseitigen Schichten herrschenden Spannungen sind daher durch die wagrechten Linien der Abb. 7 gekennzeichnet, in der Nähe der Grenzschicht ist der auf 1 cm Höhe sich geltend machende Spannungsunterschied am größten. Denkt man sich in diese Ladungen einen geraden Leiter, also einen Draht oder den gleichfalls leitenden Blitzkanal senkrecht hineingelegt, so gleicht der

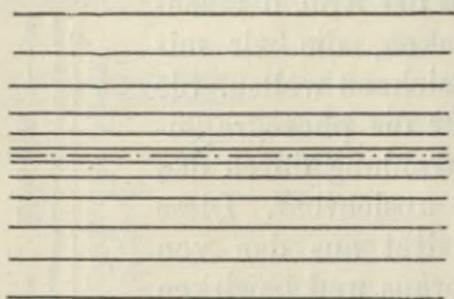


Abb. 7.

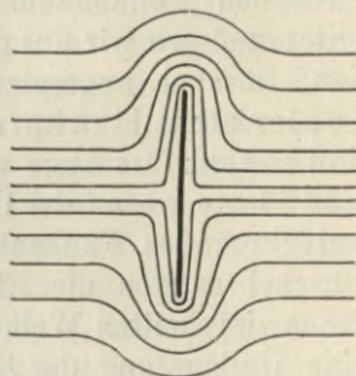


Abb. 8.

Leiter in seiner nächsten Umgebung die Spannungen aus, er saugt sie gewissermaßen aus seiner Umgebung heraus, die Linien nehmen die Form der Abb. 8 an und dringen dabei selbst in Gebiete ein, die vorher unelektrisch waren.

Diese eigenartige Form der Spannungslinien haben wir soeben vergleichsweise auf eine Saugwirkung des Drahtes zurückgeführt, wir wollen den wirklichen Vorgang genauer betrachten. Nach der Darstellung der Abb. 8 kann im Draht kein Strom fließen, denn sonst würde durch diesen die beiderseitige Spannung alsbald ausgeglichen werden. Der Draht kann wie jeder gute Leiter innerhalb seiner Länge keinen wesentlichen Spannungsunterschied aufweisen, er

wird also eine Spannung annehmen, die etwa in der Mitte zwischen der Spannung der Luft an seinem oberen Ende und der am unteren Ende liegt. Zwischen jedem Drahtende und der umgebenden Luft besteht also ein gewisser Spannungsunterschied und dieser treibt die Ionen aus der Luft gegen den Draht. Das Abwandern der Ionen aus der Luft legt den Vergleich mit einer Saugwirkung nahe. Die den Draht erreichenden Ionen geben an ihn ihre Ladung ab, es fließt also doch in ihm ein allerdings winziger, aus den Einheitsladungen der Ionen zusammengesetzter Strom. Er ist deshalb so klein, weil die Marschgeschwindigkeit der Ionen durch den als Bremse wirkenden Widerstand der Luft außerordentlich verringert ist. Infolgedessen bleiben die Spannungslinien in der durch Abb. 8 gekennzeichneten Form rings um den Draht stehen, solange keine ungewöhnliche Spannung herrscht. Sobald aber der Spannungsunterschied die schon erwähnte Größe von einigen Tausend Volt auf 1 Zentimeter Weg erreicht oder überschreitet, schließen sich die Ionen auf ihrer Wanderung rechtwinklig zu den Spannungslinien zu leuchtenden Fäden zusammen, an den Drahtenden erscheinen Büschel, und wenn wir den Draht durch den Funkenkanal ersetzen, beobachten wir an ihm das früher geschilderte Vorscheißen der Blitzköpfe.

Die Verzerrung der Spannungslinien durch den in sie hineingelegten Draht oder Funkenkanal bewirkt notwendig an manchen Stellen eine Steigerung des Spannungsunterschiedes auf die Längeneinheit, wie sie beispielsweise in Abb. 8 am oberen und unteren Ende des Drahtes durch die Zusammendrängung der Spannungslinien erkennbar ist, hierdurch wird die erneute Bildung von Büscheln oder das weitere Vordringen eines schon vorhandenen Blitzkopfes begünstigt.

Den Verlauf einer Entladung, wie man sie sich nach Töpler vorstellen darf, zeigt Abb. 9. Das obere Ende des Blitzes ist verzweigt, das untere nahezu unverzweigt. Dieses Ende nähert sich der Erde, die bei der vorher angenom-

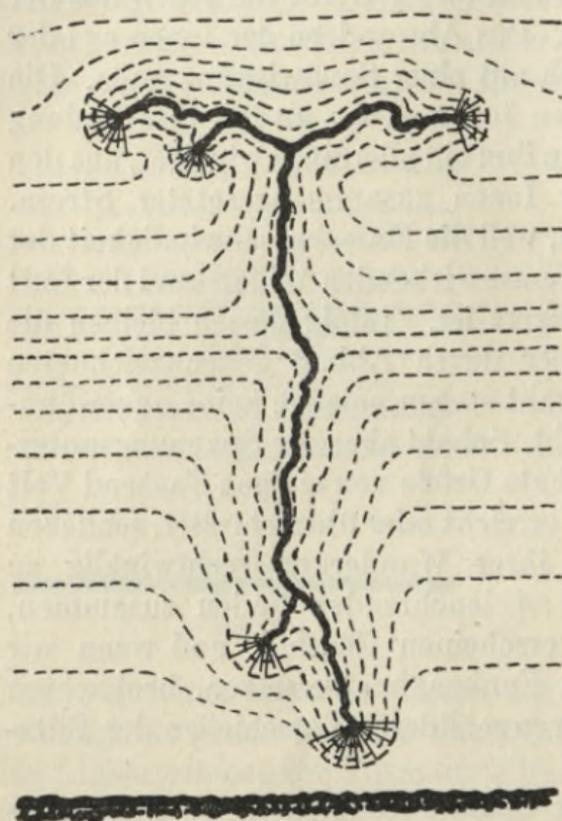


Abb. 9.

menen regelmäßigen Schichtung der Raumladungen elektrisch kaum beeinflusst war. In dem gezeichneten Augenblick kann die Strömung im Funkenkanal erlöschen, weil die den Blitz umgebenden Ladungen, soweit er sie nach dem vorhin gebrauchten Bild ansaugen kann, zum Ausgleich gebracht sind. Es ist aber auch denkbar, daß die an der Erdoberfläche bestehenden elektrischen Zustände den Blitz vollends zum Einschlag veranlassen.

Der Blitz arbeitet sich in der geschilderten Form ruckweise vor. Nachdem um seine Endbüschel herum die Ladungen erschöpft sind, hört die Strömung im Funkenkanal auf, dieser selbst bleibt aber, weil er aus ionisierter Luft besteht, leitend, es handelt sich um Bruchteile von Sekunden, die Umlagerung der Spannungen bewirkt alsdann neue

Büschelbildung und neues Vortreiben der Entladung. Diese ruckweise Blitzbildung veranschaulicht Abb. 10. Aus Blitzaufnahmen geht hervor, daß der aus einer solchen Verzweigung zum Boden schlagende Strahl weder der stärkste noch der letzte zu sein braucht. Trotz der Entladung aus einer der Bildungsstufen zur Erde kann eine nachfolgende Stufe wieder aus einer Entladung zwischen den Wolken bestehen. Bei dem jedesmaligen Aufflammen der ganzen Erscheinung sieht man auf den Aufnahmen den Blitz auch wieder kräftig in alle vorher gebildeten Seitenäste hinein-schlagen, offenbar eine Wirkung der von Teilentladung zu Teilentladung erhalten bleibenden Leitfähigkeit der einmal gebildeten Funkenkanäle.

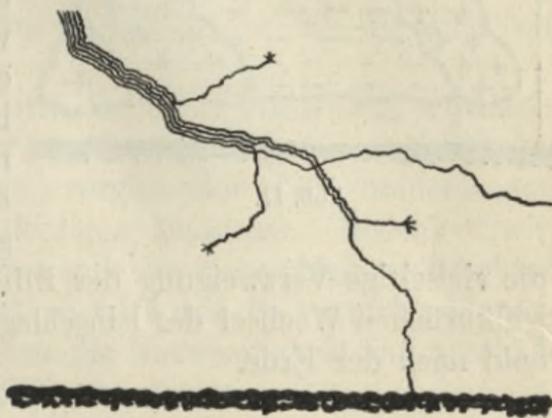


Abb. 10.

Die zwischen zwei Teilentladungen vergehende Zeit kennzeichnet anscheinend einen Erschöpfungszustand, der so lange andauert, bis durch Umlagerung der Ladungen oder durch Vortreiben neuer Blitzäste oder beides zugleich sich ein neuer Energiestrom durch das Gebilde ergießt.

Jeder Blitz, sei es von Wolke zu Wolke, sei es von der Wolke zur Erde, kann in seiner Nähe, unabhängig von seinem Energiestrom, aber als Folge der in der Umgebung hervorgerufenen Umschichtung der Elektrizität weitere Blitze auslösen.

Wie willkürlich die Verteilung der Ladungen in den Wolken sich ausbildet, zeigt der erst in jüngster Zeit ge-

lungene Versuch, in einer Gewitterwolke durch besondere Meßvorrichtungen den wahrscheinlichen Verlauf der

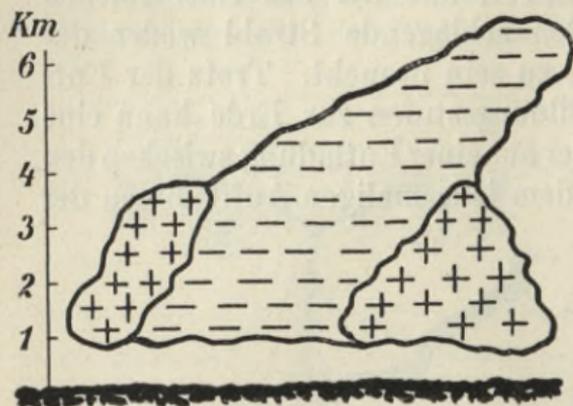


Abb. 11.

Ladungen aufzunehmen, Abb. 11¹⁾. Wenn es sich hier auch vorerst nur um die Wahrscheinlichkeit handelt, daß so wie dargestellt die Ladungen verteilt waren, so gibt uns dieses erstmals auf Messungen beruhende Bild genügenden Einblick in die bisher verborgen gebliebenen Gründe für

die vielseitige Verzweigung der Blitze und den scheinbar willkürlichen Wechsel des Einschlags bald in eine Wolke, bald nach der Erde.

5. Stromstärke, Spannung usw. der Blitze.

Auf die im Blitz wirksamen Energiegrößen schließen wir mangels unmittelbarer Meßmittel aus den Wärmewirkungen, aus den hinterlassenen magnetischen Spuren, aus Versuchen mit hochgespannter Elektrizität, die man betriebsmäßig bis zur Höhe von 1 Million Volt beherrscht, aus Lichtbildaufnahmen und soweit möglich durch rechnerische Verfolgung der Vorgänge.

Die Elektrizitätsmenge, die der einzelne Blitz zum Ausgleich bringt, kann man im Mittel auf 10—20 Coulomb schätzen, das heißt, bei gleichmäßiger Entladung während einer Sekunde würde die Stromstärke 10—20 Amp.

¹⁾ Elektrotechn. Zeitschrift 1925 Heft 24.

betragen. Ist die Entladung auf $\frac{1}{1000}$ Sek. zusammengedrängt, so steigt die Stromstärke auf 10 000—20 000 Amp. An Blitzableitern angebrachte Stahlstäbe ließen aus ihrer Magnetisierung auf 26 000—40 000 Amp. schließen. Einzelne Beobachtungen führen auf Elektrizitätsmengen von 100—200 Coul. und auf Stromstärken von 90 000 Amp., die im Gang befindlichen Versuche versprechen weitere Aufklärungen¹⁾.

Die zwischen den Blitzköpfen herrschende Spannung kann man bei 1—8 km Blitzlänge auf 20—50 Mill. Volt schätzen.

Hieraus berechnet sich für einen Blitzschlag mittlerer Stärke die in ihm verpuffende Arbeit zu 10 000 bis 30 000 Kilowattstunden, vergleichbar der stundenlangen Leistung einer 1000pferdigen Maschine. Bedenken wir, daß sich diese Energiemenge in einem kleinen Bruchteil einer Sekunde austobt, so tritt uns die vernichtende Gewalt des Blitzschlags und die Notwendigkeit, ihn unschädlich abzuführen, deutlich vor Augen.

Die Dicke des Funkenkanals wird meist auf einige Millimeter bis 40 cm geschätzt, selbst starke Blitze bohren in Fensterscheiben oft nur runde Löcher von wenigen Millimeter Durchmesser. Beim Einschlag in trockenen Sand verschweißt der Blitz die den Kanal umgebenden Sandkörner zu einer Röhre und bildet so seinen weißglühenden Körperumfang in den genannten Abmessungen selbst ab. In Ausnahmefällen wurde die Strahldicke zu 10 m geschätzt, dabei ist aber vielleicht unbewußt die Dicke der Endbüschel gemessen worden.

Im innersten Teil des aus ionisierter Luft bestehenden Funkenkanals wird die Stromdichte auf 10 000 Amp. im

¹⁾ Versuche der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, Elektrizitätswirtschaft, Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke 1927 Heft 1.

Quadratcentimeter geschätzt, es werden dort alle Molekeln an der Leitung beteiligt sein, nach außen wird die Stromdichte abnehmen. Der Leitwert des Funkenkanals im ganzen wird etwa dem eines dünnen Drahtes gleichkommen.

Im umgekehrten Verhältnis zum Leitwert eines Drahtes und so auch des Funkenkanals steht dessen Widerstand. Zu seiner Überwindung muß der Blitz einen Teil seiner Energie opfern. Einen weit größeren Energieanteil verwendet oder verschwendet er auf die Ionisierung der ganzen umgebenden, an der Leitung nicht mehr beteiligten Luft. Spannungen der hier auftretenden Art sind ja die wirksamsten Ursachen der Ionisierung, vgl. S. 8. Setzt nun in diesen plötzlich neu entstandenen Ionenwolken die sichtende Wirkung des Windes ein, so wird die Grundlage für rasch folgende weitere Blitze aus derselben Gegend geschaffen. Wie sich der Vorgang im einzelnen vollzieht, ist nicht restlos erforscht.

Die Länge der Leuchtfäden in den Endbüscheln schätzt Töpler auf 4—10 m.

Die Geschwindigkeit, mit der die Büschel vom Ausgangspunkt vorschießen, also die Geschwindigkeit der Blitzköpfe, schätzt er auf 100 km in der Sekunde.

Die Stromrichtung in den Blitzen hat man früher an den hinterlassenen magnetischen Spuren in eisenhaltigem Gestein, neuerdings an Rahmenantennen abgelesen¹⁾. Der Strom fließt viel seltener von der Wolke zur Erde als umgekehrt. Die Blitze, deren Elektrizität von der Wolke zur Erde fließt, werden von den Meteorologen als positiv, die umgekehrt verlaufenden (Stromrichtung Erde—Wolke) als negativ bezeichnet, die letzteren scheinen in ungefähr sechsfacher Überzahl vorzukommen. Damit ist nicht gesagt, daß diese zahlreicheren Blitze ihren Ursprung alle

¹⁾ Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen a. a. O.

oder überwiegend an der Erde haben. Wir müssen wieder die Stromrichtung im Blitz von der Marschrichtung seiner Köpfe unterscheiden. Denken wir uns beispielsweise einen Blitz der Abb. 6 oder 9 in die rechte Seite der Wolke Abb. 11 hineingestellt, so schießt da in der unteren Hälfte des „negativen“ Blitzes das negative Büschel durch den positiven Wolkenteil herab. Vielleicht erlischt der Blitz nach Aussaugung dieser kleinen positiven Ladung, vielleicht schießt er bis zur Erdoberfläche weiter, um aus dem unerschöpflichen Vorrat der Erde so viel positive Ladung zu entnehmen, als zum Ausgleich des größeren negativen Wolkenteils in der Mitte noch nötig ist. Nach dem Franklin'schen Gewitterbilde müßte die Erde unterhalb des positiven Wolkenteils eine negative Ladung zusammengezogen haben, die neuzeitlichen Messungen ergeben aber, daß auch unter positiven Wolken negative Blitze vorkommen, bei denen also auch die Erde positive Ladung hergeben muß. Von der Stärke und räumlichen Anordnung der verschiedenen Wolkenladungen wird es abhängen, ob überhaupt und in welchem Sinne sie eine Wirkung auf die Erdoberfläche ausüben.

Wenn wir bei der Behandlung der Blitzableiter die landläufige Ausdrucksweise gebrauchen, als fahre der Blitz von der Wolke zur Erde, so soll damit über die wirklich eintretende Strömungsrichtung keine Aussage gemacht sein.

Die Dauer des Blitzes ist keine einfache Größe. Gewöhnlich besteht der dem Auge als ein Strahl erscheinende Blitz aus mehreren Teilentladungen nach Abb. 3, die auch an verschiedenen Stellen nach Abb. 10 einschlagen können. Die Teilentladung dauert ungefähr $\frac{1}{1000}$ — $\frac{1}{100}$ Sek., die Zwischenzeiten sind ebenso kurz oder dauern bis zu $\frac{1}{10}$ Sek., manchmal auch länger. Die ganze Erscheinung erstreckt sich so im allgemeinen auf $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$ Sek. Sekundenlange

Blitze kennzeichnen sich durch besonders kräftige Schmelzwirkungen an den Blitzableiterspitzen.

Die bisher über die Natur des Blitzes vorgetragene Anschauung läßt ihn als unterbrochenen Gleichstrom erscheinen, die Ansicht, daß der Blitz aus sehr rasch verlaufenden Wechselstromschwingungen bestehe, ist nicht mehr allgemein anerkannt. Die von letzterer Annahme ausgehenden Berechnungen finden trotzdem beim Bau der Blitzableiter sinnvolle Anwendung, wie an anderer Stelle ausgeführt ist.

6. Perlschnurblitze, Kugelblitze, Elmsfeuer, Donner.

Zur Ergänzung unserer Beschreibung der hauptsächlich wichtigen Linienblitze besprechen wir kurz die selteneren übrigen Formen der Blitze samt ihrer unvermeidlichen Begleiterscheinung, dem Donner.

Die Perlschnurblitze weisen den allgemeinen Verlauf der Linienblitze auf, zeigen aber in regelmäßigen Abständen kugelförmige Verdickungen. Die Kugeln mögen 20 cm bis mehrere Meter Dicke haben, die Dicke kann während ihrer Erscheinung wechseln. Manchmal zeigt die Blitzbahn Schleifenform.

Die Kugelblitze sind vielfach beobachtet und beschrieben worden, eine befriedigende Erklärung scheint noch nicht gelungen zu sein. Am häufigsten wird berichtet, daß sich eine leuchtende Kugel von der Größe einer Kegelskugel und auch mit der Geschwindigkeit einer solchen am Boden oder in der Luft bewegt habe. Die Kugel erscheint oder endigt meist mit einem Knall. Töpler vermutet, daß das langsame Nachströmen von Elektrizität im Funkenkanal eines gewöhnlichen Blitzes an einer Stelle zur Bildung einer leuchtenden Kugel führt, die Bewegung der Kugel entspricht der Verwehung des Kanals durch den Wind.

Hört die Strömung auf, so erlischt die Erscheinung lautlos, kommt aber der Funkenkanal an eine gutleitende Stelle des Bodens, so fährt durch ihn noch einmal ein Blitz, dessen Knall dann als Explosion der Kugel aufgefaßt wird.

Wer einen Perlschnur- oder Kugelblitz beobachtet, macht sich durch Einsendung einer eingehenden Beschreibung mit genauen zahlenmäßigen Angaben an die nächste meteorologische Anstalt um die Wissenschaft verdient.

Das Elmsfeuer besteht aus den früher geschilderten Büscheln und tritt besonders an Spitzen und hochragenden Gegenständen auf, wenn die Erde gegen die Luft die nötige Spannung aufweist, die Form des Büschels gibt Auskunft über das Ausströmen positiver oder negativer Elektrizität, vgl. Abb. 4. Starke Elmsfeuer pflegen von einem singenden Ton begleitet zu sein, der Bergsteiger erkennt an ihm auch bei Tage die gewitterige Ladung der Luft und bringt sich in Sicherheit. Im Gebirge ist die Erscheinung häufiger zu beobachten als im Tiefland.

Der Donner entsteht dadurch, daß durch die mechanische Wirkung des Blitzes, die Erhitzung der Luft und die Verdampfung der Feuchtigkeit die Luft aus dem werdenden Funkenkanal nach außen geschleudert wird. Darum geht vom Blitzkanal zuerst eine Explosionswelle mit über 700 m Geschwindigkeit in der Sekunde aus, sie geht dann rasch in die Schallgeschwindigkeit von 333 m/sec über. Von einem senkrecht herniederfahrenden Blitz nimmt der Beobachter in der Nähe nur die Explosionswelle als harten Knall wahr, in größerer Entfernung den Donner. Das Rollen des Donners beruht auf Schwebungen, die die Schallwellen auf ihrem Weg infolge verschiedener Luftfeuchtigkeit und darum verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit erleiden, dazu kommt die Verwehung durch den Wind und schließlich die Wirkung der Teilentladungen im Blitz und das Echo.

7. Allgemeine Folgerungen für den Blitzschutz.

Der gewöhnliche elektrische Zustand der Luft, die Schönwetterelektrizität, ist uns schon bekannt (S. 9). Verfolgt man mit Meßgeräten den Wert der positiven Spannung der Luft gegen die Erde, so erhält man in unseren Gegenden folgendes Bild: Über der wagrechten Erdoberfläche beträgt die Spannung der Luft gegen die Erde in 1 m Höhe im Mittel beiläufig 100 Volt, in 2 m Höhe 200 Volt usw.,

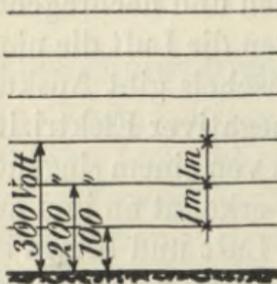


Abb. 12.

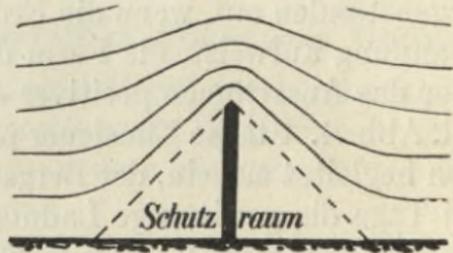


Abb. 13.

kurz die Spannung nimmt in den unteren Schichten in geradem Verhältnis zur Höhe zu, vgl. Abb. 12.

Steckt man in die Erde eine Stange aus leitendem Stoff, etwa Metall, so ist klar, daß das obere Ende der Stange die Spannung der Erde, die man herkömmlicherweise als Ausgangspunkt der meisten Messungen mit Null bezeichnet, annehmen muß. Wie aber die Spannungslinien aus dem ungestörten Gebiet nach der Stangenspitze hin verlaufen, darüber können uns nur Messungen Aufschluß geben.

Früher hat man anscheinend sich die Vorstellung gebildet als verlaufe die Spannung ungefähr nach Abb. 13. Schließlich hat man um den Fußpunkt der Stange, wenn sie als Blitzableiter dienen sollte, einen Kreis mit der Stangenslänge als Halbmesser gezogen und hat diesen Kreis als

Schutzkreis bezeichnet. In diesen Kreis oder, räumlich betrachtet, in den von der Spitze zum Kreis gezogenen Kegelmantel sollte kein Blitz eindringen. Diesem einfachen Schutzkreis hat man mit dem doppelten Halbmesser einen schwächer wirkenden doppelten Schutzkreis gegenübergestellt usw. Die Erfahrung lehrte aber, daß der Blitz gar nicht so selten in die Schutzkreise einschlug, auch die Wahl geometrisch anders geformter Schutzräume führte zu keinem einwandfreien Ergebnis.

Im Sinne der Franklinschen Auffassung dachte man sich durch die Erhebung der Spannungslinien an der Erde gemäß der Abb. 13 die Spannungen in der nahen Wolke durch Influenz gewissermaßen spiegelbildlich ebenfalls zusammengezogen, für die Durchbrechung der Luftstrecke an einer solchen Stelle schien also dem elektrischen Funken der Weg durch zweierlei Vorbedingungen bereitet zu sein, nämlich einmal durch die Annäherung der Stangenspitze, die als Blitzableiter natürlich über einem Haus oder Kirchturm zu denken ist, an die Wolke, und zum anderen durch die Zusammendrängung der Spannung infolge der Verzerrung der Spannungslinien. Wenn so der Blitzableiter den Blitz auf sich hinzog und unschädlich ableitete, so schien die Umgebung mindestens innerhalb der Schutzkreise hinlänglich gesichert. Die vermeintliche Sicherheit stieg sogar noch durch den Glauben an die Ausgleichswirkung der Spitzen (vgl. S. 6).

Die Messung der Raumladungen stellt an die Feinheit der Meßgeräte sehr hohe Anforderungen. Erst in neuerer Zeit ist sie in genügendem Umfang gelungen und zuletzt auch auf die Raumladungen in möglichster Nähe der Gewitter ausgedehnt worden. Damit haben wir heute ein anderes Bild sowohl von der Höhe wie der Verteilung der Spannungen in der Gewitterluft.

Mißt man die Spannung am Rande des Schutzkreises einer Stange, so findet man sie nur um eine Kleinigkeit von der ungestörten Spannung verschieden. Die Spannungslinien schließen sich also viel unmittelbarer an die Stange an, etwa wie in Abb. 14 gezeichnet, und dies stimmt auch besser mit solchen Spannungslinien überein, wie sie von erfahrenen Hochspannungstechnikern, beispielsweise in der Art der Abb. 8 und 9, entworfen werden.

An die Stelle der Werte von 100 Volt auf jedes Meter Höhenabstand von der Erde treten in der Gewitterluft

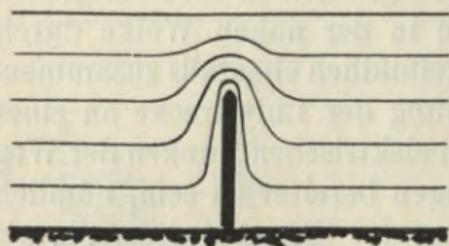


Abb. 14.

Werte von 10000—20000 Volt, die schätzungsweise bis auf 100000 Volt steigen. Für die genaue Messung der letztgenannten Spannungen müssen die Meßgeräte erst geschaffen werden. Diese Spannungen erweisen sich — im

Gegensatz zur Schönwetterelektrizität — bald als positiv und bald als negativ, der Zeichenwechsel kann sogar innerhalb kurzer Zeiträume auftreten.

Auf dem Dach eines Hauses hat in einem solchen Fall die Blitzableiterspitze in 10 m Abstand vom Erdboden gegen die umgebende Luft eine Spannung von $10 \times 100000 = 1$ Mill. Volt. Das Haus befindet sich demnach schon inmitten des Gewitters. In dieser Auffassung darf uns die Tatsache nicht irremachen, daß die Luft am Erdboden meistens durchsichtig ist. Die Entstehung der elektrischen Raumladungen ist allerdings nach der hierüber vorgetragenen zur Zeit wahrscheinlichsten Annahme an die sichtbare Feuchtigkeit der Luft gebunden. Die Ladungen verschwinden jedoch nicht, wenn der sie ursprünglich tragende

Nebel durch Verdampfung wieder unsichtbar wird, darum ist auch ein Blitz aus heiterem Himmel keine physikalische Unmöglichkeit, wenn auch gewiß eine ungewöhnliche Seltenheit. Wie sehr das betrachtete Haus der Blitzgefahr ausgesetzt ist, erkennen wir daran, daß bei der angegebenen Spannungszunahme um 100000 Volt auf 1 m die Spannung auf 1 cm um 1000 Volt zunimmt, also schon die Größenordnung besitzt, die wir oben für das Auftreten von Büscheln zur Einleitung des Blitzes als hinreichend bezeichnet haben.

Nun müssen wir uns aber vergegenwärtigen, daß diese Spannung nicht gleichmäßig über einer bestimmten Stelle der Erde ruhend verharret, sondern dauernd vom Winde verweht wird. Die Raumladung bildet eben, ob sie an Wolkennebel gebunden ist oder nicht, ihrerseits Wolken, die widerstandslos mit dem Winde dahinziehen. Darum wechselt auch über einem bestimmten Punkt der Erdoberfläche die Stärke der Ladung und mit ihr die Spannung ununterbrochen, und darum wechselt die Spannung ihr Vorzeichen, wenn positive und negative Raumladungen abwechselnd vorüberziehen.

Soweit unsere heutige Kenntnis reicht, stellt sich das Gewitter viel abwechslungsreicher dar als in dem Franklinschen Bilde, und unser Blitzschutz muß darum auch den vielseitigen Angriffen der bald hoch in den Wolken schwebenden, bald mit Windeseile über den Boden huschenden Lufterktrizität gewachsen sein.

Die Franklinsche Auffassung stellte der Erde als der einen Belegung des Kondensators in verhältnismäßig nicht allzu großer Entfernung die Wolke als entgegengesetzte Belegung gegenüber. Auf die gedachten kurzen Entfernungen machte die Höhe eines Kirchturms schon etwas aus, der Kirchturm bewies auch in zahlreichen Fällen eine

anziehende Wirkung auf den Blitz. Wenn aber der Blitz neben dem Kirchturm oder überhaupt innerhalb des Schutzbereiches irgendeines hohen Blitzableiters einschlug, war man ratlos, im ungünstigsten Fall erwuchs aus solchen Beobachtungen Mißtrauen gegen den Blitzableiter überhaupt.

Bei der Besprechung der Abb. 9 haben wir angeführt, daß die Blitzköpfe in vorher unelektrische Gebiete eindringen können, daß überhaupt ihr Weg von den Verhältnissen an der Erdoberfläche unbeeinflusst bleiben kann. Darum ist es nicht ausgeschlossen, daß rein infolge der in der Luft herrschenden Zustände ein Blitzstrahl neben einem Kirchturm oder überhaupt in der Nähe eines hochragenden Blitzableiters einschlägt, die Schutzwirkung dieser Teile darf also nicht einseitig überschätzt werden, beispielsweise muß das Schiff der Kirche seine eigene Blitzableitung erhalten, auf ausgedehnten Hausdächern darf man sich nicht mit einer einzigen Spitze begnügen.

Nach Lichtbildaufnahmen kommen die von der Wolke zur Erde fahrenden Blitze meist aus einer Höhe zwischen 1 und 2 km. Dieser vom Blitz durchschlagenen Luftstrecke gegenüber spielt die Höhe eines Hauses oder selbst eines Turms keine ausschlaggebende Rolle, es ist darum auch gar nicht verwunderlich, wenn in einzelnen Fällen der Blitz von hohen Blitzableitern nicht sichtbar beeinflußt wird.

Schließlich ist das unmittelbar durch Messungen bewiesene Vorhandensein bodennaher Ladungen von großer Stärke eine weitere Mahnung zur Vorsicht. Denn bei ihrer Unbeständigkeit ist nicht abzusehen, an welcher Stelle der Erdoberfläche der Ausbruch des Funkens erfolgt.

Alle diese Überlegungen zwingen uns zu der Erkenntnis, daß kein Punkt der Erdoberfläche vor Blitzschlag sicher ist. Dem Blitzableiter kann man auch keine eigentlich anziehende Wirkung zuschreiben; es ist darum

heute nicht mehr berechtigt, sich auf die physikalisch nicht weiter begründeten Schutzkreise zu verlassen.

Wenn ein Blitz in die Nähe eines Blitzableiters kommt, wird es wesentlich von der gegenseitigen Anordnung der um den Blitzkopf und die Blitzableiterspitze zu denkenden Spannungslinien Abb. 15 abhängen, welchen weiteren Weg der Blitz einschlagen wird. Er wird am leichtesten senkrecht zu den Spannungslinien an der Stelle ihrer stärksten Zusammendrängung vordringen. Abgesehen von den Wirkungen der ständigen Verwehung der Ladungen fehlen uns die genauen Unterlagen, um den wirklichen Verlauf der Spannungslinien in ihrer mit der Annäherung des Blitzes fort-

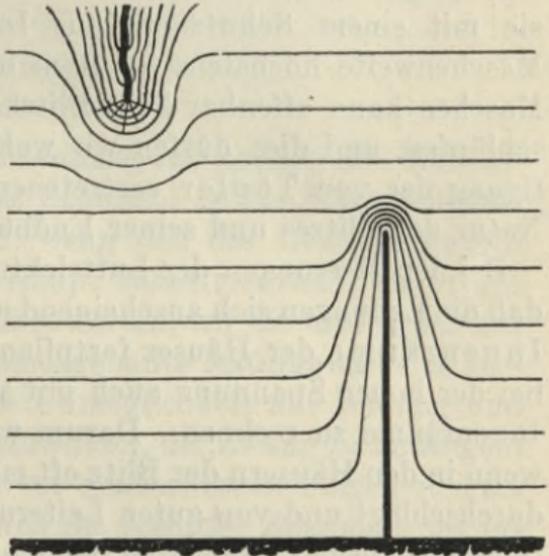


Abb. 15.

gesetzt wechselnden Form zu entwerfen, zeichnerische Darstellungen nach Art der Abb. 15 können darum nur als grobe Annäherung betrachtet und daraus keinerlei zahlenmäßige Schlüsse auf die Entfernung gezogen werden, auf die hin der Blitzableiter etwa den Blitz an sich heranzieht und die Umgebung schützt.

Nur eine Behauptung kann man mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit vertreten: Wenn auch nur einer der Leuchtfäden am Blitzkopf den Blitzableiter berührt, wird er die ganze Stromführung sofort an sich reißen, er wird zum

Funkenkanal des Blitzes. Der Blitzableiter schützt also seine Umgebung auf eine Entfernung gleich der mutmaßlichen Länge der Leuchtfäden. In Übereinstimmung mit dieser Auffassung steht die Erfahrung, daß man solche Anlagen, deren Blitzschutz unbedingt und ohne Rücksicht auf die Kosten gewährleistet sein muß, wie Pulvermagazine und dergleichen, mit Sicherheit schützen kann, wenn man sie mit einem Schutznetz aus Drähten umgibt, deren Maschenweite höchstens 5—10 m beträgt. Durch solche Maschen kann offenbar kein Blitzkopf ungestreift durchschlüpfen, und dies dürfen wir wohl auch als eine Bestätigung der von Töpler vertretenen Auffassung über die Natur des Blitzes und seiner Endbüschel werten.

Bei den Messungen der Luftelektrizität hat sich gezeigt, daß die Ladungen sich anscheinend ungehindert auch in die Innenräume der Häuser fortpflanzen. Wir haben dann bei der hohen Spannung auch mit starker Ionisierung der Innenräume zu rechnen. Darum wundern wir uns nicht, wenn in den Häusern der Blitz oft meterlange Luftstrecken durchschlägt und von guten Leitern zu scheinbar schlechteren überspringt. So klären sich die mannigfachen Launen des Blitzes auf seinem Wege in physikalisch einleuchtender Weise auf.

Es ist höchste Zeit, daß aus den Lehrbüchern, aus der Meinung der weitesten Volkskreise und aus den Ansichten und Anpreisungen der Blitzableitersetzer das Franklinsche Bild vom Gewitter endlich verschwindet, wobei nochmals betont sei, daß Franklin selbst gar nicht für all die Dinge verantwortlich ist, die sich aus der Auffassung seiner und der nachfolgenden Zeit bis in unsere Tage fortgeschleppt haben.

II. Der Blitzschaden und seine Bekämpfung.

8. Die Größe der Blitzschäden.

Die Erkenntnis von der Unberechenbarkeit des Blitzes, die wir in längerem Rundgang durch die einschlägigen Gebiete der Physik und Meteorologie errungen haben, hat der Dichter in das kurze Wort gekleidet:

Aus der Wolke, ohne Wahl,
Zuckt der Strahl.

Er hat in diesem Zusammenhang ein machtvolles Bild entworfen, wie der Blitz als Schicksal in das Menschenleben eingreift. Und fürwahr, wenn sich das Gewitter unheilrohend über unserem Haupt zusammenzieht, bleibt uns keine andere Wahl als abzuwarten, wo die unsichtbar aus Wind und Wärme zusammengeballte Naturgewalt sich austoben wird. Gerade die Unmöglichkeit auf Bildung und Richtung des Blitzes einzuwirken, der Zwang zu untätigem Warten und die Furcht vor unabsehbaren Folgen steigert bei empfindlichen Naturen die seelische Spannung bis ins Unerträgliche.

Franklin hat uns von dieser Spannung befreit. Wer sich im Schutz des Blitzableiters geborgen weiß, kann die Entfesselung der Naturkräfte in Blitz und Donner und den hinreißenden Schwung ihrer das Auge und das Ohr bis zur Grenze der Aufnahmefähigkeit fesselnden Erscheinung mit der Ruhe des wissenschaftlichen Beobachters oder des genießenden Naturfreundes über sich ergehen lassen.

Diese Befreiung vom seelischen Druck ist also eine sich bei jedem Gewitter einstellende Wohltat des Blitzableiters, und weil sie sich oft genug wiederholt, ist die Auffassung berechtigt, daß sie jedesmal die inzwischen aufgelaufenen Zinsen für die Anlagekosten des Blitzableiters wett macht.

Der sachliche Grund zu der Angst, die uns beim aufsteigenden Gewitter befällt, ist der im Falle des Einschlages wahrscheinliche Schaden. Wollen wir uns über die Höhe des wahrscheinlichen Schadens überhaupt Klarheit verschaffen, so müssen wir auch über die Wahrscheinlichkeit des Einschlages zahlenmäßigen Aufschluß haben. Um die Gewinnung brauchbarer Mittelwerte für Deutschland haben sich vor allem Findeisen und Ruppel bemüht. Nach ihren Angaben haben wir im großen und ganzen mit folgenden abgerundeten Zahlen zu rechnen. Im Jahr werden von einer Million Menschen etwa 4 vom Blitz getötet, davon einer innerhalb von Gebäuden. Von 10000 Häusern wird jährlich eines vom Blitz getroffen, in einzelnen Gegenden scheint diese Zahl allerdings bis auf 5 zu steigen. Bei Kirchen ist aber die Gefährdung über 20 mal größer. Die Zusammenstellungen, denen solche Mittelwerte entnommen werden können, stammen im allgemeinen von den Feuerversicherungsgesellschaften und schließen daher gewisse Fehlerquellen in sich, weil dort gewöhnlich nur jene Blitzschläge zur Anmeldung gelangen, die einen nach den verschiedenartigen Satzungen der Gesellschaften ersatzpflichtigen Schaden mit sich gebracht haben. Allgemeine Veränderungen in der Bauart der Häuser, wie Ersatz der weichen Bedachung durch harte, Änderungen in der Anordnung der Bauweise und Siedlungsart (Gartenstädte, Villenvororte) bewirken auch eine Verschiebung der dem Blitzschaden mehr oder weniger ausgesetzten Häuser innerhalb der Gesamtzahl. Dadurch wird die Auswertung der zur Verfügung stehenden Zahlen erschwert. So läßt sich beispielsweise die Behauptung, daß die Gewitterhäufigkeit in den letzten Jahrzehnten zugenommen habe, nicht einwandfrei nachprüfen.

In der Zeit vor dem Krieg ist der sich alljährlich wiederholende Gesamtschaden durch Blitzschläge in Deutschland

auf etwa 12 Mill. Mark berechnet worden. Von diesen Werten sind rund 11 Mill. durch zündende und eine Million durch nichtzündende, sogenannte kalte Schläge verzehrt worden. Es möge an dieser Stelle gleich dem Vorurteil entgegengetreten werden, als ob die zündende oder nichtzündende Wirkung in verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Blitzschläge begründet wäre. Naturgemäß ist bei einem besonders starken Blitz die Gefahr jeder Art größer als bei einer schwachen Entladung. Aber grundsätzlich liegt der Anlaß zur Zündung nicht im Blitz, sondern im getroffenen Gegenstand. Davon legt die Zergliederung der Blitzschäden nach ihrer Verteilung auf Stadt und Land beredtes Zeugnis ab. Von jenen 12 Mill. Mark Schäden entfallen nämlich nach Ruppel 93 %, also 11,2 Mill. auf das Land und nur der unbedeutende Rest auf die Städte. Die Erklärung liegt nur zum Teil in der Tatsache, daß die Gebäude in den Städten wegen ihrer Zusammendrängung dem Blitzschlag im Verhältnis zu ihrer Gesamtzahl weniger ausgesetzt sind als die mehr vereinzelter Gebäude auf dem Land. Die städtischen Gebäude sind durch ihre viel kräftigere Bauart, die ausschließlich harte Bedachung und die vielen Metallteile, namentlich Rohrleitungen gegen Zündung von Natur gewappnet, ausbrechende Brände werden meist im Keim erstickt. Auf dem Land aber begünstigen Bauart und Inhalt die Entflammung der Häuser, die dann oft genug rettungslos niederbrennen. Den Vollschäden auf dem Land verdankt der Gesamtschaden seine Höhe.

Dieser Unterschied spricht sich auch mit schlagender Deutlichkeit in den Erfahrungen der Feuerversicherungsgesellschaften aus, wonach von sämtlichen gezählten Blitzschlägen auf dem Land jeder dritte, in der Stadt kaum jeder sechste zündet. Darum hat seit Franklins Zeiten der Blitzableiterbau den wertvollsten Schritt getan, als Find-

eisen den von den natürlichen Blitzableitern kostenlos gelieferten Blitzschutz einwandfrei feststellte und durch sinngemäßen technischen Ausbau dieser Erkenntnis dem heute anerkannten Grundsatz: möglichst viele, aber billige Blitzableiter zum Durchbruch verhalf.

Die Gewohnheit der Gegenwart, alle technischen Einrichtungen nach der Wirtschaftlichkeit zu beurteilen, verfängt in der üblichen Form bei Blitzableitern nicht. Rechnet man beispielsweise auf die 10000 Gebäude, von denen jährlich im Durchschnitt langer Jahre je eines getroffen wird, für jeden Blitzableiter gleichfalls im Durchschnitt 100 Mark Anlagekosten, so brauchen alle diese Gebäude eine Million Mark für ihre Blitzableiter. Der Schaden ist wiederum in langjährigem Durchschnitt beiläufig 100 Mark für einen Einschlag. Der Ersparung dieses einen, jährlichen Schadens würde die Verzinsung, Tilgung und Unterhaltung der 10000 Blitzableiter mit 50000—100000 Mark jährlichem Aufwand gegenüberstehen. Dieses Mißverhältnis ist der Grund, weshalb man, von außergewöhnlichen Fällen wie Sprengstofffabriken und dergleichen abgesehen, darauf verzichtet hat Blitzableiter für die Gebäude vorzuschreiben und weshalb selbst die Feuerversicherungsgesellschaften für Gebäude mit Blitzableitern im allgemeinen keine Bevorzugung beim Ansatz der Umlagen eintreten lassen können.

Daß aber diese Form der Wirtschaftlichkeitsrechnung nicht ausschlaggebend sein kann, beweist die weite Verbreitung der Blitzableiter seit bald 2 Jahrhunderten. Im Einzelfall stellt der Hausherr auch ganz andere Erwägungen an, wenn er sich über eine Schutzanlage zu entscheiden hat. Er weiß, daß er niemals vor einem Einschlag sicher ist, und für diesen Fall, mag ihn auch die Wahrscheinlichkeitsrechnung in noch so weite Ferne rücken, vergleicht er den eintretenden Schaden mit den

Anschaffungs- oder Betriebskosten der Schutzanlage. Rechnen wir wieder mit den grob abgerundeten Werten von 100 Mark für die Anschaffung und ebenfalls 100 Mark für einen mittleren Schaden, so gleichen sich beim Einschlag diese Werte schon aus, oder mit anderen Worten, mit jedem Blitzeinschlag macht sich der Blitzableiter bezahlt. Wer einen Blitzableiter gebaut hat und zeitlebens vom Blitzeinschlag verschont bleibt, wird sich darob nicht grämen, genau wie man bei dauernder Einzahlung in eine Versicherungskasse froh ist, wenn der bestimmungsgemäße Schadensfall nicht eintritt. Im übrigen liegt, wie schon eingangs erwähnt, eine reichliche Verzinsung in der Entlastung von Sorge um Leben und Besitz.

Ein Schaden in der Höhe von 100 Mark kann übrigens für einen sorgsamem Hausherrn schon recht peinliche Folgen haben. Ein Dutzend herabgeschleuderte Dachziegel, ein zersplitterter Dachsparren, ein Loch in einer Gipsdecke ruft gleich ein Aufgebot von Handwerkern mit ihren Gehilfen, mit Werkzeug und Gerüsten auf den Plan, der Betrieb des Hauses kann tagelang gestört sein, die Aufräumarbeiten hernach können noch allerhand Unruhe mit sich bringen. Manchem wird schon die Erhaltung der Ruhe im Haus mehr wert sein als die heute geringfügigen Baukosten eines sachgemäßen Blitzableiters. Selbst gelinde Blitzschläge können in ungeschützten Häusern einen sehr verwickelten Lauf nehmen (vgl. die Beispiele im nächsten Abschnitt) und so vom Dach bis zum Sockel eine ganze Reihe von Ausbesserungsarbeiten verlangen. Schließlich kommt es häufig vor, daß der Blitz im Dach auch ohne zu zünden die Sparren senkrecht aufrichtet, wohl eine Folge der auf die Luftverdichtung durch den Blitz folgenden Luftverdünnung.

Wie schwer ein Brandfall in das Leben und die Wirtschaft der Hausbewohner eingreift, bedarf keiner Aus-

malung. Mit Nachdruck ist aber auf die Vorliebe des Blitzes hinzuweisen, in aufgestapelte Vorräte wie geschichtetes Holz und besonders Heu und Stroh hineinzufahren. Ruppel hat festgestellt, daß von allen Zündungen 80% auf Heu und Stroh zurückzuführen sind. Und in diesen Fällen tritt meist Vollschaten ein, indem diese Stoffe sofort in ihrer ganzen Ausdehnung in Flammen stehen und so die Rettung des Hauses unmöglich machen. Wenn auch der Schaden nach dem Geldwert von der Versicherung gedeckt ist, so erleidet doch der Betrieb der Landwirtschaft, ebenso der von Fabriken, meist einen schweren Ausfall, der im Geldwert keine Deckung findet. Darum ist trotz der Versicherung für die Landwirtschaft der Schutz der Scheunen einschließlich der Feldscheunen von der größten Bedeutung und dieser Schutz läßt sich heute in zuverlässiger Form mit einem so geringen Aufwand erzielen, daß auf diesem Gebiet die nachdrücklichste Werbung für den Blitzableiter durchaus am Platz ist.

Seitens der Versicherungsgesellschaften kann wegen der Höhe der gerade bei Scheunen und verwandten Gebäudearten auftretenden Schäden auch ein gewisses Entgegenkommen gezeigt werden, indem diese Gebäude in eine niedrigere Gefahrenklasse eingeteilt werden, wenn sie mit Blitzschutz versehen sind. Eine andere Form der Entlastung, die für den meist kapitalarmen Landwirt besonders erwünscht ist, besteht in der Leistung einmaliger Beiträge durch die Versicherungsgesellschaften zur Errichtung des Blitzableiters.

9. Beispiele von Blitzschlägen in Gebäude.

Will man den Blitz bekämpfen, so bedarf man einer eingehenden Kenntnis seiner bedrohlichen Gepflogenheiten. Die lehrreichste Sammlung von Blitzeinschlägen verdan-

ken wir Findeisen. Er hat sich auf 20jährige eingehende Berichterstattung durch die staatlichen Bezirksbautechniker in ganz Württemberg stützen können, indem diese für die staatliche Gebäudebrandversicherung jeden auch nichtzündenden Blitzschlag zu begutachten hatten, soweit dabei ein durch die Versicherung zu ersetzender Schaden am Gebäude entstanden war. Die von Findeisen aus der reichen Fülle des ihm so zugeflossenen Stoffes ausgewählten Fälle verdienen auch heute noch volle Beachtung und seine durch Zeichnungen erläuterten Beispiele¹⁾ bilden Urkunden von um so höherem Wert als die umfangreichen aktenmäßigen Unterlagen inzwischen den Weg in die Papiermühle gegangen sind.

Die für unsere Zwecke wichtigsten Beispiele führen wir auszugsweise und in der unseren Absichten angepaßten Reihenfolge an.

Blitzschlag in ein Scheuergebäude in Hausen am 20. Juni 1896 (Findeisen Nr. 40 S. 35).

Die Einschlagstelle und der Blitzweg konnten nicht angegeben werden, weil die Scheuer sofort in ihrer ganzen Ausdehnung in Flammen stand. Dieselbe ist vollständig abgebrannt. Es lagerten große Vorräte von Heu und Stroh in dem Gebäude, welche fast in ihrem ganzen Umfang gleichzeitig vom Blitz entzündet worden sein sollen. Gebäudeschaden 10000 Mark.

Blitzschlag in ein Wohn- und Ökonomiegebäude in Berkheim am 10. Juli 1896 (Nr. 41 S. 35).

Alle näheren Anhaltspunkte über die Blitzeinschlagstelle und den Blitzweg fehlen, weil der ganze Dachstuhl der Scheuer alsbald in Flammen stand, und das Gebäude samt Anbau bis auf die Stockmauern niedergebrannt ist. Es lagerten etwa 12000 kg Heu in der Scheuer, welches unzweifelhaft die Entzündungsursache bildete. Gebäudeschaden 8450 Mark.

Blitzschlag in ein Scheuer- und Stallgebäude in Nellingsheim am 5. September 1896 (Nr. 42 S. 35).

¹⁾ Findeisen, Ratschläge über den Blitzschutz der Gebäude, Berlin 1899.

Der Blitzweg konnte nicht ermittelt werden, weil sofort das ganze Gebäude in Flammen stand. Es lagerten große Vorräte von Heu, Garben und Stroh in dem Gebäude. Das ganze Gebäude wurde zerstört. Gebäudeschaden 4020 Mark.

Die genannten Beispiele erläutern mit besonderer Deutlichkeit die vorhin hervorgehobene Eigentümlichkeit des Blitzes, beim Eindringen in Heu und Stroh die ganze brennbare Masse gleichzeitig in Brand zu versetzen. Man beachte, daß die jeweils angegebenen Schadensbeträge nur den eigentlichen Gebäudeschaden umfassen.

Die folgenden Beispiele geben uns einen Einblick in die für die Insassen der getroffenen Gebäude besonders unheimlichen Verzweigungen des Blitzes im Innern.

Blitzschlag in ein Wohn- und Ökonomiegebäude in Jagstzell am 28. Juli 1896 (Nr. 37 S. 34).

Der Blitz schlug in die südliche Giebelspitze. Es wurde der äußere und innere Verputz dieses Giebels losgelöst, einige Fachwerkshölzer wurden zersplittert, mehrere Fenster zerschlagen und ein Regenschirm, eine an der Wand hängende Mütze sowie ein in einem Schrank liegendes Buch entzündet. Gebäudeschaden 44 Mark.

Blitzschlag in ein Wohnhaus in Beihingen am 1. Juli 1897 (Nr. 39 S. 34).

Der Blitz schlug in den First über dem östlichen Giebel. Der Dachfirst wurde auseinandergerissen, ein Windbrett samt anstoßender Ziegelreihe losgelöst, einige Giebelhölzer wurden zersplittert, die Riegelfelder gelockert, im Dachraum hängende Kleider und Säcke entzündet, in der Wohnstube Tapeten abgerissen und entzündet, zwei Fensterscheiben zertrümmert, im Schlafzimmer Wände und Decken beschädigt und ein Loch durch die Küchenwand geschlagen. Der Blitz verlor sich in der Wohnstube, es war keine Stelle zu finden, wo er in den Boden gedrungen ist. Gebäudeschaden 56 Mark.

Die in diesen Fällen glimpflich abgelaufenen Zündungen bilden eine Mahnung, nach einem Einschlag vor allem die Dachräume, wo oft leicht feuerfangende Sachen lagern, nachzusehen.

Die folgenden beiden Beispiele machen auf den Einfluß der Wasserleitungen aufmerksam, sie zeigen aber auch die gute Leitfähigkeit der großflächigen Rußbekleidung in den Schornsteinen und die Wirkung der Schornsteine als Auffangstangen.

Blitzschlag in ein Wohnhaus in Feldrennach am 10. Juli 1896 (Nr. 22 S. 26).

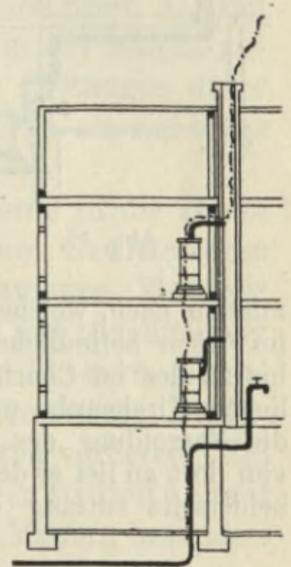
Der Blitz schlug in einen den First überragenden Schornstein, folgte diesem bis zu einem im Dachstock einmündenden Ofenrohr, sodann diesem und dem eisernen Ofen (Abb. 16), sprang von da unter Durchschlagung der Zimmerdecke auf den eisernen Ofen im ersten Stock und dann auf die unmittelbar darunter im Erdgeschoß befindliche Wasserleitung, wo sich seine Spur verlor. Beschädigt wurden der Schornsteinkopf, die Gipsung innerhalb des Daches neben dem Schornsteinreinigungstürchen und die Deckengipsungen. Die Öfen samt Ofenrohren und die Wasserleitung blieben unbeschädigt. Gebäudeschaden 11 Mark.

Blitzschlag in ein Wohn- und Ökonomiegebäude in Wilsingen am 4. August 1896 (Nr. 23 S. 27).

Der Blitz schlug in einen den First überragenden Schornstein, folgte demselben bis zu seinem unteren Ende (Abb. 17), sodann einem daselbst einmündenden Ofenrohr und sprang von diesem auf die in unmittelbarer Nähe befindliche Wasserleitung. Beschädigt wurden der Schornstein und die Dachbedeckung in dessen Umgebung sowie das Ofenrohr, die Wasserleitung blieb unbeschädigt. Gebäudeschaden 44 Mark.

Blitzschlag in eine Scheuer in Effringen am 2. Juni 1896 (Nr. 14 S. 22).

Dieser Blitzschlag war ausnahmsweise nicht mit Regen begleitet. Der Blitz schlug in den First, 3 m vom nördlichen Giebel



— Rohre,
Rinnen, Bleche usw.
- - - Blitzweg

Abb. 16.

(Abb. 18) entfernt, ein, folgte dem dortigen Sparren, denselben zersplitternd und die darüber befindlichen Dachplatten zerschmetternd, zerfetzte ein Stück des hölzernen Dachgesimses, wurde sodann vom eisernen Stangenriegel des Scheuertors angezogen und tötete einen daselbst stehenden jungen Mann. Die Stelle, wo der Blitz in den Boden drang, ist kaum bemerkbar. Gebäudeschaden 45 Mark.

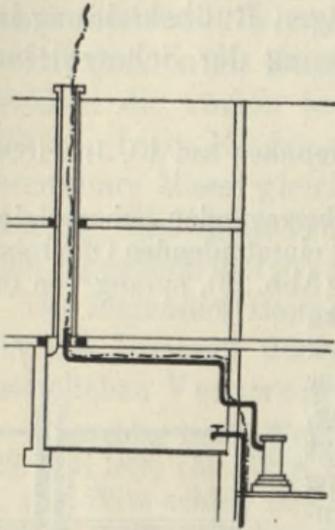


Abb. 17.

Blitzschlag in die Kirche in Eglos am 6. Juni 1897 (Nr. 19 S. 25).

Der Blitz schlug in die Windfahne am nördlichen Turmgiebel (Abb. 19) und die nördliche Turmgiebelmauer. Ein Teil der Entladung scheint durch das frei aus der Turmrinne abfließende Wasser abgeführt worden zu sein, der Hauptschlag aber drang ins Innere, dort ging er der aus 10 mm starken Eisenstangen bestehenden Uhrentransmission nach, welche leicht verbogen wurde, er beschädigte die im Turm befindliche Uhr, folgte dann der Uhrentransmission bis zu der im Chorbogen befindlichen Kirchenguhr und schwärzte die Vergoldung des Zifferblattes, von dort an lief er dem Chorbogen beiderseits entlang und an den

mission nach, welche leicht verbogen wurde, er beschädigte die im Turm befindliche Uhr, folgte dann der Uhrentransmission bis zu der im Chorbogen befindlichen Kirchenguhr und schwärzte die Vergoldung des Zifferblattes, von dort an lief er dem Chorbogen beiderseits entlang und an den

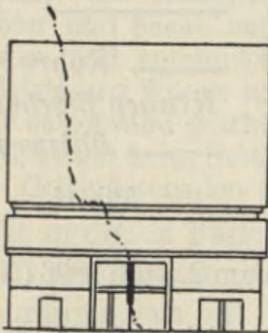


Abb. 18.

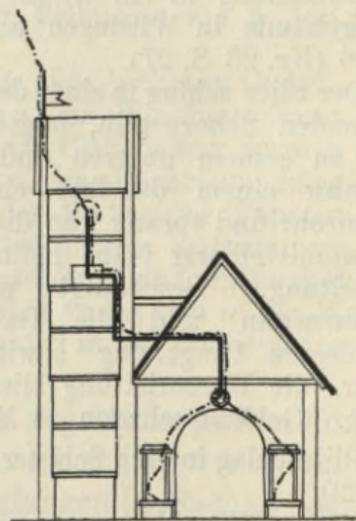


Abb. 19.

Seitenaltären herab bis zu den steinernen Tischplatten, wo sich die Spuren der Beschädigung verloren. Gebäudeschaden 732 Mark.

Die letzteren beiden Fälle führen uns die ausschlaggebende Wirkung von Metallteilen auf den Blitzweg vor. Dadurch, daß an dem Gebäude Abb. 18 anscheinend außer dem langen eisernen Türriegel sich keine größeren Metallteile befanden, hat dieses Eisen wie eine Auffangstange gewirkt, man erinnere sich auch der durch solch einen einzelnen Leiter hervorgerufenen Verzerrung der Spannungslinien nach Abb. 8, und dies unscheinbare Eisen hat ein Menschenleben gekostet. Der Blitzweg in der Kirche andererseits zeigt uns, mit wie spärlichen Leitungen unter Umständen der Blitz vorlieb nimmt, wenn sie nur auf lange Strecken gut zusammenhängen.

Da hochgespannte Elektrizität sich gerne in die Breite ausdehnt, benützt der Blitz oft die vom Gewitterregen durchnäßten Hauswände als willkommenen Weg zur Erde, dabei verschwindet er anscheinend mit zunehmender Stärke der Mauern nach unten zu in deren Innerem, mindestens in den mehr oder minder durchfeuchteten Mauersockeln, so daß die Spuren sich nach unten verlieren. Ein an Fachwerkhäusern vielfach vorhandener Bauteil kommt nun dieser Neigung zur Ausbreitung auf Mauern besonders entgegen, das sind die zur Befestigung der Gipsung ausgespannten Drähte und Drahtnetze.

Blitzschlag in ein Wohnhaus in Maichingen am 16. Juni 1896 (Nr. 11 S. 20).

Der Blitz schlug angeblich gleichzeitig in einen den First überragenden Schornsteinkopf, welchen er zerstörte, und in die in unmittelbarer Nähe befindliche südliche Giebelspitze. Er verbreitete sich über die Verputzdrähte sämtlicher vier aus Holzfachwerk bestehender Umfassungswände des Gebäudes, fast den ganzen äußeren Verputz loslösend. Durch die teils glühend gewordenen, teils geschmolzenen Drähte wurde das

Holzwerk an vielen Stellen geschwärzt, eine förmliche Entzündung desselben fand jedoch nicht statt. Schaden 494 Mark.

An anderer Stelle (Nr. 49 S. 40) berichtet Findeisen über den Einschlag in eine Kirche, wo der Blitz vom Blitzableiter über die Dachrinne ins Innere drang und dort auf eine Länge von 20 m wagrecht an der Verdrahtung eines schweren Deckengesimses entlang lief.

Nunmehr wenden wir uns jenen Fällen zu, die von Findeisen an die Spitze seiner Aufzählung gestellt worden sind, weil sie am einleuchtendsten den Weg zur Ausnutzung der natürlichen Blitzableiter, das heißt der aus baulichen Gründen sowieso vorhandenen und schon von Natur oder mit geringer Nachhilfe zur Blitzableitung geeigneten Metallteile weisen.

Blitzschlag in Bernloch am 16. Juli 1896 (Nr. 1 S. 11).

Der Blitz schlug in die südliche Giebelspitze eines Wohn- und Ökonomiegebäudes, nahm seinen Weg über die nasse Dachfläche (Abb. 20) zu der auf der westlichen Langseite befindlichen Dachrinne, folgte dieser auf ihre ganze Länge sowie dem am Ende derselben angebrachten Abfallrohr, welches zu einer mit Wasser gefüllten Zisterne führt. Eine größere Anzahl Ziegelplatten wurde zertrümmert, ein Giebelsparren zersplittert, der Giebelsaum und die Dachrinne, die letztere durch herabgefallene Ziegelplatten, beschädigt, das Abfallrohr blieb unbeschädigt, obgleich dessen einzelne Teile nicht miteinander verlötet, sondern nur je einige Zentimeter ineinander gesteckt waren. Gebäudeschaden 62 Mark.

In einem ganz ähnlichen Fall (Nr. 2, S. 12) fuhr der Blitz in einem Strahl ebenfalls auf ganze Gebäudelänge der Dachrinne entlang bis zum Abfallrohr, ein Zweigstrahl fuhr jedoch von der Einschlagstelle im Giebel über die nasse Hauswand unmittelbar zur Erde, einen Holzpfeiler zersplitternd und den Wandputz beschädigend. Gebäudeschaden 41 Mark.

Blitzschlag in ein Wohn- und Ökonomiegebäude in Betzweiler am 9. August 1896 (Nr. 8 S. 17).

Der Blitz schlug in einen den First überragenden Schornstein, sprang von da auf die Firstverwahrung aus Schwarzblech (Abb. 21) über, folgte dieser, sich in zwei Strahlen teilend, auf die ganze Länge des Gebäudes bis zum östlichen und westlichen Fachwerksgiebel, wo mehrere Hölzer zerschmettert und herausgerissen und die Riegelausmauerung beschädigt wurden. Schaden 100 Mark.

Dachrinnen und Abfallrohre befanden sich nicht an diesem Gebäude. An dem mit Ölfarbe gestrichenen Firstblech war, wie ich

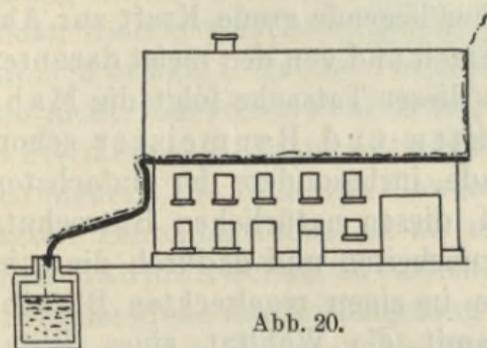


Abb. 20.

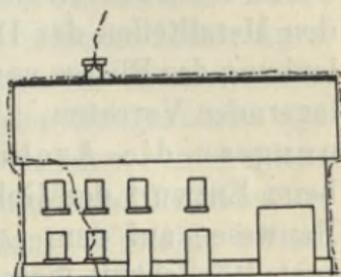


Abb. 21.

(Findeisen) mich selbst überzeugte, nicht die geringste Spur von Beschädigung bemerkbar, obwohl die einzelnen je 1 m langen Blechtafeln nur 10 cm übereinandergriffen und durch die Ölfarbschichten voneinander getrennt waren.

Der Dachraum des Gebäudes war mit Heu gefüllt, das Firstblech, welches also den Blitz von der Einschlagstelle an bis zu den Giebelseiten des Gebäudes weiterleitete, hat offenbar verhindert, daß der Blitz mit dem Heu in Berührung kam und dasselbe entzündete.

In einem ähnlichen Fall (Nr. 9, S. 18) ging ein Strahl von dem im First sitzenden Schornstein durch dessen Inneres zur Küche, der andere Strahl lief auf 15 m Länge dem Firstblech entlang bis zum Giebel und von dort über die Nagelreihen der Brettervertäfelung zur Erde. Das Firstblech besteht aus mit Ölfarbe gestrichenem Schwarzblech

von 0,56 mm Dicke, die einzelnen Tafeln sind je 2 m lang und 25 cm breit, sie greifen ohne jede Verbindung nur 5 cm übereinander. An diesen Firstblechen und den anstoßenden Dachplatten war bei wiederholten genauen Untersuchungen keine Spur von Beschädigung ersichtlich.

Die Beispiele der zuletzt behandelten Art werden genügen, um die notwendigen Lehren daraus zu ziehen. Der Vergleich der Einschläge in die mit Firstblechen oder Dachrinnen ausgestatteten Gebäude mit anderen Gebäuden, denen dieser natürliche Blitzschutz fehlt, ergibt sofort die in den Metallteilen der Dächer liegende große Kraft zur Ablenkung des Blitzes vom Dach und von den meist darunter lagernden Vorräten. Aus dieser Tatsache folgt die Mahnung an die Architekten und Baumeister schon beim Entwurf der Gebäude, insbesondere der einfachsten Bauwesen auf dem Land, diesen natürlichen Blitzschutz nach Möglichkeit herauszuarbeiten und dadurch die zum Bau gehörigen Metallteile in einen regelrechten Blitzableiter umzugestalten, damit die Wohltat eines Blitzableiters den weitesten Volksschichten zugänglich wird und vor allem die Erntevorräte gegen die bisher immer noch häufige Vernichtung durch den Blitz gesichert werden.

Die von Findeisen ausgearbeiteten Richtlinien für einfache Gebäudeblitzableiter sind inzwischen Gemeingut aller wohlunterrichteten Blitzableiterbauer geworden und sind in die unten ausführlich besprochenen Leitsätze für den Blitzschutz der Gebäude, die heute allgemeine Anerkennung genießen, übergegangen. Die im III. Teil dieses Buches folgenden Ausführungen über Blitzableiterbau sind unter voller Berücksichtigung dieser Richtlinien geschrieben.

10. Maßregeln bei Blitzgefahr und Einschlag.

Wer im Freien in den Bereich eines Gewitters gerät, der muß sich vergegenwärtigen, daß sein Körper eine Auffangstange nach Abb. 14 oder 15 bildet. Ist deren Höhe auch gering, so kann doch die Verzerrung der Spannungslinien um den menschlichen Körper, wenn der Blitz sich nähert und anderweitige Ablenkung nicht vorhanden ist, die Wirkung haben, daß der ganze Schlag oder eine Teilentladung durch den Körper geht. Da ein regelrechter Blitzschlag tödlich wirkt oder mindestens schwere Lähmungen mit sich bringt, ist größte Vorsicht geboten. Man versuche also nicht vom freien Feld in aufrechter Gangart oder gar zu Pferd oder im Wagen nach Hause zu eilen, sondern lege sich nieder. Die Nähe von Gewässern oder anderen bevorzugten Einschlagstellen ist zu meiden. Verfehlt ist es, unter Bäumen Schutz zu suchen, denn damit wird nur die wirksame Höhe der Auffangstange vergrößert. Die Bäume mit ihren vom Erdreich bis zur Krone führenden Saftbahnen sind unter allen Umständen gute Leiter der Elektrizität, so daß die Unterschiede in der Blitzgefährdung der einzelnen Baumarten, wofern sie überhaupt besteht, ganz in den Hintergrund treten. Wie im Freien den einzelstehenden Baum, vermeidet man im Wald die hohen Bäume.

Die Gefahr wird ferner erhöht, wenn der Mensch Werkzeuge oder dergleichen auf der Schulter trägt, wie dies bei Feldarbeitern häufig zutrifft. Man lege diese Werkzeuge weg. Schon kleine Metallmassen haben die in Abb. 8 dargestellte Wirkung, sie bereiten dem Blitz damit in ihrer Nähe einen willkommenen Einschlagsweg. Wer Metall oder sonstige gute Leiter in der Hand hält, verspürt bei einem Einschlag, selbst wenn er in beträchtlicher Entfernung vor sich geht, einen heftigen Schlag, der mit einer länger dauern-

den Lähmung der Hand verbunden zu sein pflegt. Man bedenke, daß die durch den Einschlag bedingte Umlagerung der Spannungslinien rings um die Einschlagstelle ein plötzliches Fließen der elektrischen Ladung in der Luft hervorruft und daß diese Verschiebungsströme durch die in ihrem Weg liegenden Metallteile auf engen Raum zusammengedrängt werden. Wer solche Leiter berührt, verspürt nicht den Blitz, sondern die in seinem Gefolge auftretende Spannungsumlagerung.

Im Inneren von Gebäuden kann man sich viel sicherer fühlen als im Freien. Der Blitz verläuft, wenn er überhaupt ins Haus eindringt, vorwiegend an den Wänden und Decken entlang. Will man besondere Vorsicht aufwenden, legt man sich gleichfalls möglichst in der Mitte des Zimmers nieder oder setzt sich wenigstens.

Weil der Blitz im ungeschützten Haus die metallischen Wege heraussucht und weil bei zeitgemäßen Blitzableiteranlagen die Metallmassen des Hauses, insbesondere die Wasser-, Gas- und Heizrohre an den Blitzableiter angeschlossen sind, meide man deren Nähe und allermindestens deren Berührung. Denn auch dann, wenn der Blitzstrom nicht durch diese Leitungen geht, leiten sie im Augenblick eines auch weiter entfernten Einschlags die dadurch plötzlich umgelagerte Elektrizität von Orten höherer zu solchen niederer Spannung. In solchen Häusern, die an ein Elektrizitätswerk mit geerdetem Nulleiter angeschlossen sind, beobachtet man bei Blitzschlägen, auch wenn sie verhältnismäßig weit entfernt niedergehen, ein Zischen in den Anschlußdosen der Hausleitung. Dieses Zischen kündigt den Übergang von Funken aus den im Haus verlegten Drähten zum Nulleiter, also zur Erde an, gleichfalls eine Wirkung der Verschiebung der Luftelektrizität durch die Entladung im Blitz. Die gleiche Erscheinung tritt an den

Antennen der dem Funkempfang dienenden Einrichtungen und an den Einführungen der Fernsprechleitungen auf, die Antennen sollen darum bei Gewitter geerdet werden, die Fernsprechleitungen haben an der Einführung ins Haus eigene den gefahrlosen Stromübergang zur Erde bewirkende Sicherungen. Alle diese Leitungen saugen nach dem von uns früher gebrauchten Bild die plötzlich rings um sie neu gebildete Spannung ab und führen sie zur Erde, im Fall der Berührung schaltet der Mensch sich in diese Stromleitung ein und verspürt die Folgen.

Werden die über ein Haus hinwegführenden Fernsprechleitungen oder die Antenne selbst vom Blitz getroffen, so hängt der Umfang der diesen Einrichtungen zukommenden Schutzwirkung von der Güte ihrer Erdung ab. Die Fernsprechleitungen sind stets ausgezeichnet geerdet. Es wird aber trotzdem nicht zu empfehlen sein, auf den Blitzschutz eines Hauses bloß darum zu verzichten, weil Fernsprechleitungen darüber weggehen.

Die Antennen werden, wenn sie in senkrechter oder wagrechter Richtung weit über ein Gebäude hinaus sich erstrecken, als Auffangstangen für den Blitz wirken, werden ihn aber bei guter Erdung auch unschädlich ableiten. Die Antennen müssen, wie jedem Funkfreund bekannt ist, einen Überspannungsschutz und einen Erdungsschalter haben. Der erstere sichert die Anlage gegen die Wirkung der Raumladungen und der Verschiebungsströme, der letztere leitet nicht nur diese, sondern auch unmittelbare Entladungen zur Erde. Die Erdleitung muß den in den späteren Abschnitten angeführten allgemeinen Grundsätzen des Blitzableiterbaus entsprechen.

Hat der Blitz in ein Haus eingeschlagen, muß sofort in allen Räumen und vor allem unter dem Dach nachgesehen werden, ob nicht Zündung oder sonstiger Schaden

eingetreten ist. Die oben herausgegriffenen Beispiele zeigen ja, welche Vielseitigkeit der Blitz bei der Wahl seines Wegs in den Gebäuden entwickelt. Wie früher eingehend begründet, müssen wir bei einem Einschlag in das Haus oder dessen Nähe mit einer durchgreifenden Ionisierung des ganzen Innenraums rechnen, wodurch Strecken leitend werden können, die sonst dem Blitz oder den geschilderten Ausgleichströmen großen Widerstand entgegensetzen würden. Diese Gefahr wird bei einer sachgemäßen Blitzschutzanlage ausgeschaltet, in ungeschützten Gebäuden kann sie aber dem Blitz Wege eröffnen, an die man vorher nicht gedacht hat und die eben demjenigen, der keinen Einblick in die Grundlagen solcher Erscheinungen hat, als Launen des Blitzes erscheinen.

Hat der Blitz in einen Blitzableiter eingeschlagen, so ist dieser in allen Teilen gründlich nachzusehen, dabei ist möglichst auch die gute Erhaltung der Erdleitung zu prüfen. Dies geschieht, wenn möglich, durch Aufgraben und Bloßlegen der ganzen Erdleitung. Ist übrigens die Einmündungsstelle der Ableitung in den Boden und der anschließende Teil der Erdleitung gut erhalten, so darf man mit einiger Sicherheit daraus schließen, daß die übrigen Teile der Erdleitung, die den Einflüssen der wechselnden Feuchtigkeit, der Verunreinigung usw. weniger ausgesetzt sind, um so besser erhalten geblieben sind. Ohne gründliches Nachsehen kann die Erdleitung nur auf elektrischem Weg geprüft werden (vgl. Abschnitt 26).

Es kommt häufig vor, daß der Blitz ein einmal getroffenes Haus mehrmals heimsucht; worin abgesehen von besonders ausgesetzter Lage die Gründe hierfür liegen können, etwa in Besonderheiten des Untergrundes, ist vorläufig nicht festzustellen. Diese Erfahrung mahnt aber zur **Vorsicht**.

Sollte der Blitz vom Blitzableiter abgesprungen sein oder sonstwie der Blitzableiter seine Aufgabe nicht einwandfrei erfüllt haben, so ist unter genauer Angabe aller Einzelheiten ein erfahrener Fachmann zu Rate zu ziehen. Es kann bei älteren Anlagen vorkommen, daß die dem Blitz zur Verfügung stehenden Wege nicht sorgfältig berücksichtigt worden sind. In solchen Fällen sind Ergänzungen des Blitzableiters im Sinn der heutigen Blitzableitertechnik auszuführen.

III. Ausführung der Blitzableiter.

11. Allgemeines.

Da nach den früheren Voraussetzungen kein Gebäude vor Blitzschlag sicher ist, so liegt der vornehmste Zweck des Blitzableiters in der unschädlichen Abführung der Blitzenergie in den Erdboden, dessen Aufnahmefähigkeit auch für die größten vorkommenden Entladungen außer Zweifel steht.

Diesen Zweck erfüllt eine ununterbrochen vom Dach bis in den Erdboden hineinführende metallische Leitung von einem den vorkommenden Stromstärken gewachsenen Querschnitt, wenn sie einerseits das Dach unter vorzugsweiser Einbeziehung der erfahrungsmäßigen Einschlagpunkte derartig umspannt, daß der Blitz keine Neigung hat, das Gebäude statt der Leitung zu treffen, und wenn sie andererseits sich im Erdboden so wirksam verzweigt, daß die ganze gewaltige Stromstärke in einem winzigen Bruchteil einer Sekunde in die sehr schlechtleitende Erde versickern kann. Wie ein Baum zur Erhaltung des Lebens seiner in freier Luft atmenden Krone eines der Krone im Umfang nahezu ebenbürtigen Wurzelstockes bedarf, so muß die Erdleitung eines Blitzableiters die (wie wir jetzt wissen)

zerstreut aus der Luft aufgefangene elektrische Energie auch in reichlich zerstreuter Form wieder an die Erde abgeben. Während die elektrischen Vorgänge in der Luft und am Blitzableiter auch dem Nichtfachmann noch einigermaßen zur Beobachtung zugänglich sind, müssen zum Bau einer wirksamen Erdleitung die wissenschaftlichen Erkenntnisse über den Austausch der Energie zwischen dem Metall und der einen 100—1000 Mill. mal größeren Widerstand bietenden Erde herangezogen werden. Darum wird in den folgenden Auseinandersetzungen der Erdleitung besondere Beachtung zu schenken sein.

Bei der Führung der Leitungen müssen scharfe Ecken, enge Bögen und namentlich spitze Winkel vermieden werden. Denn die Erfahrung lehrt, daß solche Stellen für den Blitzstrom offenbar einen so großen Widerstand bieten, daß er lieber meterlange Luftstrecken durchschlägt. Wer also in die Leitung ohne zwingenden Grund eine scharfe Ecke legt, der muß sich vergegenwärtigen, daß diese wie eine meterlange Unterbrechung der Leitung wirkt, und hat sich daraufhin zu überlegen, ob die Wahrscheinlichkeit besteht, daß der Blitzstrom von der Stelle, wo er von der Leitung abspringt, wieder auf die Leitung zurückfährt oder ob er etwa in der Nähe einen anderen Leiter findet, der ihm gleichfalls einen Weg, vielleicht sogar einen besseren Weg zur Erde darbietet. Es ist einleuchtend, daß die als Hauptzweck des Blitzableiters bezeichnete gefahrlose Ableitung zur Erde in diesen Fällen nicht mehr erfüllt ist.

Ein kennzeichnendes Beispiel entnehmen wir Find-eisen (Nr. 50, S. 41 in der früheren Bezeichnung). Von der Firstleitung a (Abb. 22) führte die Dachleitung b in spitzem Winkel zur Ableitung nach der Erde, der Blitz schlug in a ein und sprang durch die Luft schräg über die einspringende Ecke nach b hinüber. An dieser Stelle wurden die darunter

befindlichen Dachziegel zertrümmert, an der Firstleitung wurden die Stützen der Blitzableitung seitwärts gebogen und die sie tragenden Firstziegel aus dem Verband und dem Mörtel gehoben. Ersetzt man, um die Rechnung zu erleichtern, den spitzen Winkel durch eine kleine Krümmung und betrachtet man die im Winkel liegenden Schenkel der Leitung auf eine kurze Strecke als parallel, so erhält man unter der Annahme, daß der Blitz eine hochfrequente Entladung sei, für diese Ecke einen Wechselstromwiderstand von einigen Tausend Ohm, zu dessen Überwindung ein mittelstarker Blitzstrom von 50000 Amp. viele Millionen Volt Spannung opfern muß. Diese Spannung genügt zur Durchbrechung einer Luftstrecke von einigen Metern, und wenn sie einmal durchgeschlagen ist, bleibt sie infolge der Ionisierung gut leitend und wird darum den nachfolgenden Teilentladungen immer wieder als Weg dienen.

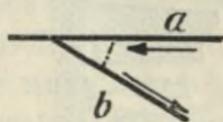


Abb. 22.

Zwischen den als parallel betrachteten Leiterteilen, die vom Strom, wie die Pfeile zeigen, nahezu in entgegengesetzter Richtung durchflossen werden, tritt ein mechanischer Druck von mehreren Hundert Kilogramm auf, dieser sucht die Teile voneinander zu entfernen, womit die Verbiegung der Leitung sich zwanglos erklärt. In der Wissenschaft werden gute Gründe dafür angeführt, daß der Blitz nicht als hochfrequente Entladung anzusehen ist. Der schlagartige Anstieg des Stroms von Null auf viele Tausend Ampere hat anscheinend dieselbe Wirkung wie Hochfrequenz, infolgedessen geben uns Rechnungen der oben angeführten Art immerhin einen wertvollen Anhalt zur Beurteilung der wirklich im Blitzableiter auftretenden Vorgänge. Es ist übrigens zu hoffen, daß die im Gang befindlichen Messungen in Bälde die

physikalisch richtigen Größen zu einwandfreien Rechnungen liefern (vgl. S. 27).

Bei älteren Blitzableiteranlagen trifft man häufig auf Bogenführungen, besonders beim Übergang vom Dach zur Hauswand, und das an solchen und ähnlichen Stellen beobachtete Abspringen des Blitzes hat viel Beunruhigung geschaffen. Als verfehlt ist darum eine Anordnung etwa wie Abb. 23 zu betrachten, wenn es sich um die Umführung der Leitung um den Dachvorsprung oder um ähn-

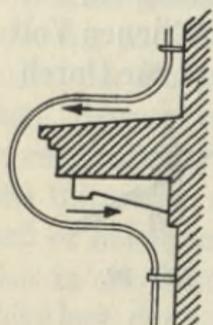


Abb. 23.

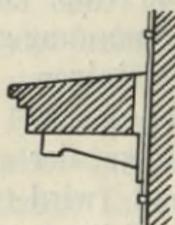


Abb. 24.

liche Gebäudevorsprünge handelt. Die beste Lösung ist die gerade Durchführung durch den Gebäudeteil, Abb. 24, wobei die obere Einführung wasserdicht abzuschließen ist. Wo diese Lösung nicht zugänglich ist, muß durch überlegte Anordnung der ganzen Leitung für mög-

lichste Vermeidung der Bögen gesorgt werden. Bei den Dachrinnen ist dies heute um so mehr erleichtert, als diese nicht mehr von den Leitungen umgangen, sondern in sie einbezogen werden sollen, wie gleich hierunter ausführlich begründet ist. Immer ist zu beachten, daß ein Bogen nach Abb. 23 zweierlei schädliche Wirkungen entwickelt, er verstopft erstens den Weg für die Entladung durch seinen hohen Wechselstromwiderstand und er setzt zweitens den Blitzableiter den mechanischen Belastungen durch die abstoßende Wirkung der gegeneinanderfließenden Ströme aus.

Grundsätzlich sind alle am Dach vorhandenen Metallteile zur Blitzableitung mit heranzuziehen. Es ist das große

Verdienst von Findeisen¹⁾, daß er, gestützt auf die in Abschnitt II behandelten Beobachtungen, die hervorragende Eignung der an allen Dächern vorkommenden Blechteile, Firstbleche, Ortgangbleche, Regenrinnen, Abfallrohre für die Blitzableitung betont und darauf die Herstellung zuverlässiger und doch billiger Blitzableiter gegründet hat. Voraussetzung ist natürlich, daß die Querschnitte genügen, und diese ist immer insofern erfüllt, als die im Bauwesen üblichen Querschnitte bei den Blechen und den Rohren diejenigen übersteigen, die man den künstlichen Leitungen, das heißt den zur Blitzableitung eigens verlegten Drähten, Seilen und Bändern gibt. So wie der Baumeister diese Blechteile ohne Rücksicht auf den Blitzschutz, nur mit Rücksicht auf den Regenschutz verlegt, ist die weitere Voraussetzung, nämlich die ununterbrochene Verbindung, nicht restlos erfüllt. Die einzelnen Firstbleche sind zwar im allgemeinen untereinander nicht vernietet oder verlötet, sondern bloß mit Überlappung aufeinander gelegt, die Rohre der Regenrinnen oft bloß ineinandergesteckt. Für den Blitzschutz liegt hierin noch keine Beeinträchtigung. Denn der Blitz durchschlägt schon, ehe er in Erdnähe kommt, kilometerlange Luftstrecken, darum überwindet er diese kleinen Luftspalten ohne Schaden. Man kann sogar vermuten, daß bei der Annäherung des Blitzes diese Stellen kräftig ionisiert und damit überhaupt leitend werden, und wo dies noch nicht der Fall ist, da drückt der zwischen zwei Blechen auftretende Spannungsunterschied diese auch mechanisch mit Gewalt und schlagartig zusammen. Die verschiedenartigen Bauteile, also Firstbleche, Ortgangbleche, Regenrinnen und Abfallrohre stehen aber ihrem bloß bautechnischen Zweck nach nicht in

¹⁾ Praktische Anleitung zur Herstellung einfacher Gebäudeblitzableiter von F. Findeisen, Berlin 1907, vgl. auch Bemerkung S. 45.

elektrisch gut leitender Verbindung untereinander. Findeisen hat deshalb empfohlen, einen vollkommenen Blitzableiter aus ihnen dadurch zu machen, daß sie durch angelötete Blechstreifen, Bänder und dergleichen von genügendem Querschnitt überbrückt und so zu einem durchlaufenden elektrischen Leiter ausgebildet werden. Dieser muß nun natürlich auch eine vollwertige Erdung erhalten.

Mit besonderem Nachdruck sind in neuerer Zeit die Findeisenschen Vorschläge von Ruppel¹⁾ vertreten und fortgebildet worden.

Es ist zweifellos möglich, auf diesem Weg häufig zu einem nahezu kostenlosen und trotzdem allen Ansprüchen genügenden Blitzableiter zu gelangen. Darin liegt, wie schon früher hervorgehoben, eine Aufforderung an alle Architekten, beim Entwurf der Gebäude von vornherein dieser Möglichkeit Rechnung zu tragen. So kann gewissermaßen auf Kosten des Blitzableiters ein eisernes Firstblech durch ein Kupferblech ersetzt werden, wobei eine eigene Blitzableitung erspart wird und das Dach an Haltbarkeit und gutem Aussehen gewinnt.

Da wir grundsätzlich von der Auffassung ausgehen, daß dem Blitz sein Weg in erster Linie von den in der Luft herrschenden elektrischen Zuständen vorgeschrieben und daß der eingeschlagene Weg erst in zweiter Linie von den natürlichen und künstlichen Leitungen am Gebäude beeinflußt wird, so rechnen wir auch mit dem Auftreffen des Blitzes an beliebiger Stelle des Dachs und hier wieder insbesondere auf beliebigen Metallteilen. Darum ist kein Blitzableiter als vollkommen zu bezeichnen, der nicht alle Metallteile des Dachs in die Leitung einbezieht. Es genügt also nicht, bei einem Blitzableiter nach dem Findeisenschen Vorschlag bloß die sich zunächst zu einer durchlaufenden Verbindung

¹⁾ Vereinfachte Blitzableiter von Prof. Dipl.-Ing. S. Ruppel, Berlin 1918.

darbietenden Metallmassen am Dach zusammenzuschließen, es müssen vielmehr alle überhaupt vorhandenen Metallmassen in die Leitung einbezogen und damit an die Erdleitung angeschlossen werden.

Dieselbe Überlegung zwingt aber auch dann zum Anschluß aller Metallmassen am Dach, wenn ein Blitzableiter ganz unter Verzicht auf die durch den Findeisenschen Vorschlag gebotenen Vorteile als durchgehende selbständige Leitung gebaut oder wenn ein Mittelweg eingeschlagen wird.

Diese Vorschrift bezieht sich vor allem auf Kaminaufsätze, Windfahnen, Zierknäufe, Abdeckungen der Firste und Grate durch Zinkblech, Kehlbleche und andere Blechverwahrungen, Dachrinnen, Kiesleisten, Schneefanggitter, große eiserne Dachfenster, Glockenstühle, Uhrtransmissionen, Wasserbehälter, eiserne Treppengeländer, eiserne Leitern, Reklameschilder usw.

Wird der Gebäudeschutz hiernach ausgeführt, so nähert er sich am meisten dem Faradayschen Käfig. Man versteht darunter die Umhüllung des zu schützenden Körpers mit einem Netz aus Metalldrähten. Bei Versuchen im Laboratorium hält das Netz die äußeren elektrischen Zustände vom Eindringen in das Innere des geschützten Raumes ab und findet darum in der Physik vielfältige Anwendung. Aber auch der umständlichste Blitzableiter, wie er am Äußeren eines Hauses verwirklicht werden kann, bildet nur eine entfernte Annäherung an einen Faradayschen Käfig. Und der Blitz wird nicht, so wie es bei Laboratoriumsversuchen vorausgesetzt und erreicht wird, seine Stromstärke gleichmäßig über die Leiter verteilen; er wird an einem Draht, der ihm gerade den günstigsten Weg bietet, überwiegend entlang fahren, und daraus ergibt sich auch unvermeidlich eine einseitige Rückwirkung durch die In-

fluenz dieser Strombahn auf das Innere. Alle Metallteile und sonstigen Leiter im Inneren sind auch vor dem Einschlag auf hohe Spannung aufgeladen und geben diese Spannung nach dem Einschlag oder währenddessen an die entladene Erde ab. Diese Verschiebungsströme sind auch durch das vollkommenste Netz nicht zu verhüten. Die verhältnismäßige Annäherung des Blitzableiters an die Netzform entbindet darum nicht von der sorgfältigen Beachtung aller für den gewöhnlichen Blitzableiter geltenden Vorsichtsmaßnahmen.

Der Blitzableitertechniker muß allgemein die Befähigung besitzen, sich gewissermaßen in die Bedürfnisse und Gewohnheiten des Blitzes hineinzusetzen und aus solchem inneren Verständnis heraus seine Anordnungen im Einzelfall zu entwerfen. Dazu gehört Einblick in die wissenschaftlichen Grundlagen aus der Elektrizitätslehre und reiche Erfahrung über das Verhalten des Blitzes in früheren Fällen. Zur besonderen Vorsicht mahnen gerade die Vorgänge im Inneren der Gebäude. Wir haben schon die Gründe besprochen, die den Blitz zum Abspringen von Leiterteilen zwingen, wir haben auch gehört, daß gewitterige Spannungszustände das Innere der Häuser durchdringen und damit die Luft leitend machen und dem Blitz dort Wege bereiten. Darum ist die gefahrlose Ableitung des Blitzes nicht gewährleistet, wenn man bei der Anlage des Blitzableiters nicht auch sorgfältig die Verhältnisse im Inneren des Hauses prüft und berücksichtigt. Erfahrungsgemäß sind auch dicke Mauern kein Hindernis für den Blitz, er durchschlägt oder durchdringt sie ohne weiteres, wenn er dadurch im ganzen sich einen bequemeren Weg bahnen kann.

Wie die Metallmassen am Dach, sind daher auch alle ausgedehnten Metallmassen im Inneren in die Blitz-

ableitung einzubeziehen. Vor allem findet dies auf die Wasserleitung Anwendung. Sie bildet, wie später bei der Erdung näher auseinanderzusetzen ist, eine vorzügliche Ableitung für den Blitz, er sucht sie deshalb, wie auch aus den Findeisenschen Beispielen hervorgeht, selbst unter Überwindung sonstiger Widerstände und durch Mauern hindurch auf. Das gleiche gilt von Gasleitungen und von den Rohrleitungen und Gefäßen der Zentralheizung. Ferner kommen alle senkrecht verlaufenden Eisenkonstruktionen wie eiserne Treppen, Fahrstühle und dergleichen in Betracht.

Man geht im allgemeinen davon aus, daß Entfernungen zwischen dem Blitzableiter und den Rohrleitungen usw. von weniger als 3 m senkrecht oder wagrecht gemessen unbedingt durch Anschlußleitungen zu überbrücken sind, und daß sich der Anschluß bis zu 6 m je nach den Umständen empfiehlt. Die Gefahr des Überspringens wird erhöht, wenn zwischen dem künstlichen oder natürlichen Blitzableiter und der Rohrleitung sich andere Leiter ausdehnen, z. B. solche für elektrischen Strom.

Die Anschlußleitungen müssen immer mit Gefälle verlegt werden, so daß der vom Dach kommende Blitz nicht etwa an einer Stelle aufsteigen muß, um zu einem abwärtsführenden Leiterteil zu gelangen. Die Ansammlung leicht entzündlicher Stoffe in der Nähe der Anschlußleitungen ist zu vermeiden. Bei der Zentralheizung darf deren unterer Anschluß an die Erde nicht vergessen werden.

In Gebäuden ohne Rohrleitungen und in solchen, wo die Wasserleitung nicht über das Erdgeschoß aufsteigt, spielen unter Umständen die elektrischen Leitungen und deren rohrförmige Umhüllung eine Rolle als Leiter des Blitzes im Inneren, wie es gelegentlich in ländlichen Gebäuden vor-

kommt, daß jemand unter der elektrischen Lampe vom Blitz erschlagen wird.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen werden die „Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz“ verständlich sein. Sie sind schon im Jahr 1901 vom Verband Deutscher Elektrotechniker aufgestellt und neuerdings von einem selbständigen „Ausschuß für Blitzableiterbau“ (kurz ABB), dem außer dem genannten alle sonst an der Frage des Gebäudeblitzschutzes beteiligten Verbände angehören, durchberaten worden. Die unveränderte Annahme der Leitsätze durch die im ABB vereinigten Fachleute beweist am schlagendsten ihre seit über 25 Jahren bewährte Zuverlässigkeit.

Zu den „Leitsätzen“ hat der ABB „Erläuterungen“ und „Ausführungsvorschläge“ herausgegeben sowie in einem Anhang besondere Vorschläge für alle Arten von Gebäuden und Anlagen, deren Blitzschutz besondere Vorkehrungen erfordert.

Alle diese Richtlinien sind in dem vom ABB herausgegebenen Büchlein „Blitzschutz“ (Berlin 1926, Preis 1,50 M.) vereinigt, der wesentliche Inhalt, soweit er nicht nur für engbegrenzte Sondergebiete Bedeutung hat, ist in den folgenden Abschnitten behandelt, im Einzelfall ist kurz auf die „Leitsätze“ und „Erläuterungen“ hingewiesen.

12. Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz.

1. Der Blitzableiter gewährt den Gebäuden und ihrem Inhalte Schutz gegen Schädigung oder Entzündung durch den Blitz. Seine Anwendung in immer weiterem Umfange ist durch Vereinfachung seiner Einrichtung und Verringerung seiner Kosten zu fördern.

2. Der Blitzableiter besteht aus:

- a) den Auffangvorrichtungen,
- b) den Gebäudeleitungen,
- c) den Erdleitungen.

a) Die Auffangvorrichtungen sind emporragende Metallkörper, -flächen oder -leitungen. Die erfahrungsgemäßen Einschlagstellen (Turm- oder Giebelspitzen, Firstkanten des Daches, hochgelegene Schornsteinköpfe und andere besonders emporragende Gebäudeteile) werden am besten selbst als Auffangvorrichtungen ausgebildet oder mit solchen versehen.

b) Die Gebäudeleitungen bilden eine zusammenhängende metallische Verbindung der Auffangvorrichtungen mit den Erdleitungen, sie sollen das Gebäude, namentlich das Dach, möglichst allseitig umspannen und von den Auffangvorrichtungen auf den zulässig kürzesten Wegen und unter tunlichster Vermeidung schärferer Krümmungen zur Erde führen.

c) Die Erdleitungen bestehen aus metallenen Leitungen, welche sich an die unteren Enden der Gebäudeleitungen anschließen und in den Erdboden eindringen, sie sollen sich hier unter Bevorzugung feuchter Stellen möglichst weit ausbreiten:

3. Metallene Gebäudeteile und größere Metallmassen im und am Gebäude, insbesondere solche, welche mit der Erde in großflächiger Berührung stehen, wie Rohrleitungen, sind tunlichst unter sich und mit dem Blitzableiter leitend zu verbinden. Insoweit sie den in den Leitsätzen 2, 5 und 6 gestellten Forderungen entsprechen, sind besondere Auffangvorrichtungen, Gebäude- und Erdleitungen entbehrlich. Sowohl zur Vervollkommnung des Blitzableiters als auch zur Verminderung seiner Kosten ist es von größtem Wert, daß schon beim Entwurf und bei der Ausführung neuer

Gebäude auf möglichste Ausnutzung der metallenen Bauteile, Rohrleitungen und dergleichen für die Zwecke des Blitzschutzes Rücksicht genommen wird.

4. Der Schutz, den ein Blitzableiter gewährt, ist um so sicherer, je vollkommener alle dem Einschlag ausgesetzten Stellen des Gebäudes durch Auffangvorrichtungen geschützt, je größer die Zahl der Gebäudeleitungen ist und je reichlicher bemessen und besser ausgebreitet die Erdleitungen sind. Es tragen aber auch schon metallene Gebäudeteile von größerer Ausdehnung, insbesondere solche, welche von den höchsten Stellen der Gebäude zur Erde führen, selbst wenn sie ohne Rücksicht auf den Blitzschutz ausgeführt sind, in der Regel zur Verminderung des Blitzschadens bei. Eine Vergrößerung der Blitzgefahr durch Unvollkommenheiten des Blitzableiters ist im allgemeinen nicht zu befürchten.

5. Verzweigte Leitungen aus Eisen sollen nicht unter 50 mm^2 , unverzweigte nicht unter 100 mm^2 stark sein. Für Kupfer ist die Hälfte dieser Querschnitte ausreichend, Zink ist mindestens vom eineinhalbfachen, Blei vom dreifachen Querschnitt des Eisens zu wählen. Der Leiter soll nach Form und Befestigung sturmsicher sein.

6. Leitungsverbindungen und Anschlüsse sind dauerhaft, fest, dicht und möglichst großflächig herzustellen. Nicht geschweißte oder gelötete Verbindungsstellen sollen metallische Berührungsflächen von nicht unter 10 cm^2 erhalten.

7. Um den Blitzableiter in dauernd gutem Zustand zu erhalten, sind wiederholte sachverständige Untersuchungen erforderlich, wobei auch zu beachten ist, ob inzwischen Änderungen an dem Gebäude vorgekommen sind, welche entsprechende Änderungen oder Ergänzungen des Blitzableiters bedingen.

13. Baustoffe und Abmessungen.

Wie überall in der Elektrotechnik ist als weitaus bester Leiter das Kupfer zu betrachten. Neben ihm hat sich im Blitzableiterbau seit alter Zeit auch das Eisen durchaus bewährt. Für die Verwendung von Eisen wird in den meisten Fällen dessen geringerer Preis ins Feld geführt. Es ist aber zu bedenken, daß die Kosten für den reinen Baustoff nur einen Teil der Gesamtkosten ausmachen und daß wegen der Überlegenheit des Kupfers in bezug auf die Leitfähigkeit und Wetterbeständigkeit den Bestellern von Blitzableitern immer in erster Linie zur Verwendung von Kupfer zu raten ist. Wo der Preis der Anlage ausschlaggebend ist, läßt sich in Eisen der Blitzschutz mit derselben Zuverlässigkeit ausführen wie in Kupfer.

Kupfer und Eisen haben beide einen so hohen Schmelzpunkt, daß bei den vom ABB empfohlenen Querschnitten mit Beschädigungen durch die Erhitzung selbst bei den stärksten Blitzschlägen nicht zu rechnen ist. Im Gegensatz zu diesen Metallen ist bei Zink und Blei durch stärkere Bemessung der Querschnitte die Gefahr der Abschmelzung oder der Erweichung durch die Hitze einzuschränken.

Das Kupfer hat für die Verlegung vor dem Eisen den Vorteil der größeren Schmiegsamkeit, was besonders dann ins Gewicht fällt, wenn die Leitungen aus Gründen des guten Aussehens möglichst unsichtbar geführt werden sollen.

Der höhere Leitwert des Kupfers wird dadurch berücksichtigt, daß sein Querschnitt gleich der Hälfte des für Eisen vorgeschriebenen Querschnitts genommen werden darf.

Die Wetterbeständigkeit des Kupfers ist ein weiterer großer Vorzug. Es gibt an alten Häusern kupferne

Blitzableiter, die sich seit 100 Jahren unverändert erhalten haben und die wegen der erwähnten Schmiegsamkeit der Kupferleitungen auch schönheitlich durchaus befriedigen. Das Eisen muß grundsätzlich gegen Verrosten durch gute Verzinkung geschützt werden. Wo sich Kupfer und Eisen berühren, z. B. bei Befestigung kupferner Leitungen in eisernen Stützen, ist mit der durch Elektrolyse bedingten raschen Zerstörung des Eisens zu rechnen, solche Stellen sind möglichst durch Zwischenlage eines dünnen Bleiblechs und außerdem durch Anstrich mit Ölfarbe, Asphalt, Teer oder dergleichen gegen eindringende Feuchtigkeit zu sichern.

Die Leitsätze schreiben für unverzweigte Leitungen, das sind solche, die den ganzen Blitzstrom zu führen haben, bei Kupfer 50 Quadratmillimeter (mm^2) und bei Eisen 100 mm^2 vor, für verzweigte Leitungen, wenn also der Blitzstrom Gelegenheit hat, durch mindestens zwei Leitungen gleichzeitig abzufließen, genügt die Hälfte dieser Querschnitte. In den Erläuterungen findet sich folgende Übersicht der hiernach empfehlenswerten Leiterformen und Abmessungen:

	Unverzweigt Durchmesser	Verzweigt Durchmesser
Bei Eisen:		
Draht	2 mal 8 mm	8 mm
Band	3,25 mal 30 mm	2,5 mal 20 mm
Seil	12 Drähte von 3,3 mm oder 7 Drähte von 4,5 mm	7 Drähte von 3 mm
Bei Kupfer:		
Draht	8 mm	6 mm
Band	2 mal 25 mm	2 mal 15 mm
Seil	7 Drähte von 3,4 mm	7 Drähte von 2,3 mm

Damit lernen wir die gebräuchlichsten Leiterformen kennen, die in bezug auf Preis, mechanische Festigkeit und auf Anpassungsfähigkeit bei der Verlegung verschieden zu beurteilen und deshalb an verschiedenen Stellen als mehr oder minder gut passend zu verwerten sind. Werden Gebäudeteile in die Blitzableitung einbezogen, so können noch die Metalle Zink und Blei in Betracht kommen. Nach den Leitsätzen darf Zink mit dem 1,5fachen der Eisenquerschnitte und Blei mit deren 3fachem Verwendung finden. Es handelt sich hierbei nicht um besonders verlegte Leitungen, sondern um vorhandene Bauteile wie Dächer oder Dachteile aus Blech, Regenrinnen, Rohrleitungen usw.

Über die Anwendung von Aluminium, das in der Elektrotechnik das Kupfer vielfach ersetzt, findet sich keine Anweisung.

Ältere Blitzableiteranlagen finden wir vielfach mit starken runden oder quadratischen Eisenstangen ausgerüstet. Es besteht kein Zweifel über deren große mechanische Festigkeit und bei geeignetem Anstrich auch über ihre ziemlich weitgehende Wetterbeständigkeit. Aber so starkes massives Eisen ist schwer in die sich an das Gebäude anschmiegende Form zu bringen und so sehen wir auch diese älteren Blitzableiter meist vom Gebäude weit abstehen. Ein schwerwiegender Nachteil aller massiven Leiter ist deren hoher Wechselstromwiderstand. Wie an anderer Stelle ausgeführt ist, empfiehlt sich die Anwendung der für hochfrequenten Wechselstrom geltenden Grundsätze auf die Blitzableiter. Darum sind den massiven Leitern diejenigen Leiterformen vorzuziehen, die bei gegebenem Querschnitt eine möglichst große Oberfläche aufweisen. Wieweit unter diesen Umständen die magnetischen Eigenschaften des Eisens die elektrische Leitfähigkeit etwa beeinträchtigen, scheint noch nicht einwandfrei aufgeklärt.

Die in der Übersicht aufgeführten Drähte aus Kupfer sind biegsam genug, um die Verlegung überall mit Leichtigkeit zu ermöglichen. Drähte sind vor allem für die Erdleitungen zu empfehlen.

Ungleich bequemer für die Verlegung der oberirdischen Blitzableitungen sind die Bänder und die Seile. Und sie erfüllen vor allem auch die Forderung nach einer großen Oberfläche. Die Ausführungen erfahrener Firmen des Blitzableiterbaus beruhen darum in der Gegenwart fast ausschließlich auf der Verwendung von Band und Seil. Diese lassen sich ohne weiteres auf den Dachflächen und an den Gebäudewänden unmittelbar anliegend verlegen, womit den Forderungen der sturmsicheren Befestigung und des guten Aussehens gleichermaßen gedient ist.

Von großer Bedeutung für die Arbeit des Blitzableitersetzers ist die Frage der Verbindung der einzelnen Teile des Leiters unter sich und mit den Abzweigungen, Aufnahmegeräten, Nebenanschlüssen usw. In der gesamten Elektrotechnik ist man mehr und mehr vom Zusammenlöten der stromführenden Teile abgekommen und zu Klemmverbindungen übergegangen. Die Lötung bildet bei durchaus sachgemäßer Arbeit sicher eine einwandfreie elektrische Verbindung. Aber man muß auch wirklich die Gewähr dafür haben, daß die Arbeit streng meistermäßig ausgeführt wird. Die älteren Elektrotechniker besaßen die nötige Gewandtheit, um die Seile in ihre Litzen oder Drähte aufzulösen, kunstgerecht ineinander zu verflechten und durch Verlötung zu sichern. Es ist fraglich, ob heutzutage diese Kunst noch überall richtig geübt werden kann. Wo die damit vertrauten Kräfte vorhanden sind, werden die Verbindungen zuverlässig ausfallen, wo aber diese Voraussetzung nicht mehr zutrifft, wende man sich den neuzeitlichen Klemmverbindungen zu. Der Wegfall der Löt-

arbeit am Dach verringert auch die Gefahr von Dachbränden durch Unvorsichtigkeit der Arbeiter. Beim Löten darf unter keinen Umständen Lötwasser oder andere Säure verwendet werden, weil die Säure sich in den Zwischenräumen der Drähte festsetzt, nicht mehr herauszubringen ist und dadurch zum allmählichen Zerfressen der Verbindungsstellen führt. Alle Lötstellen sind durch Einbettung in Ölfarbe oder Asphalt gegen Feuchtigkeit zu sichern.

Die Elektrotechnik bietet eine Menge von guten Klemmverbindungen an, die sich auch für Blitzableiter eignen und für diese vielfach noch in Sonderausführungen angeboten werden.

Während in der allgemeinen Elektrotechnik die Klemmverbindungen meistens in trockenen Räumen untergebracht und wie die zugehörigen Maschinen usw. sorgsam gepflegt sind, müssen die Verbindungen an Blitzableitern die ungehemmte Einwirkung der Witterung, unachtsame Behandlung und jahrelange Vernachlässigung aushalten können. Deshalb empfiehlt sich stets die Einlage von Blei in Form einer höchstens 1 mm starken Walzbleischicht in die Klemmen. Nach der Herstellung der Verbindung wird das Blei verstemmt, hierauf werden die Klemmschrauben nochmals nachgezogen, das Ganze wird alsdann durch einen Teer- oder Asphaltguß den Einflüssen der Witterung und der Elektrolyse entzogen.

Auf großflächige Berührung ist Wert zu legen. Nach den Leitsätzen müssen die Klemmverbindungen wenigstens 10 cm² Berührungsfläche erhalten. Die Seile der üblichen Querschnitte sollen also auf mehrere Zentimeter Länge in den Muffen und sonstigen Verbindungsstücken stecken und am ganzen Umfang, am vorteilhaftesten eben unter Bleizwischenlage, aufliegen.

Die Verbindungen müssen aber auch große mechanische Festigkeit haben. An hohen Gebäuden besteht unter Umständen die Gefahr, daß die Seile schon durch das Eigengewicht aus den Verbindungen herausgezogen werden. Die anfängliche Festigkeit ist um so wichtiger, je mehr sie erfahrungsgemäß infolge der bei Blitzableitern leider häufig zu beobachtenden Vernachlässigung im Lauf der Jahre schwindet.

Alle zur Verbindung verwendeten Schrauben sind darum reichlich zu bemessen. Mutterschrauben sind den Kopfschrauben mit sechskantigen Köpfen und diese den Schlitzschrauben vorzuziehen. Die Stärke der Schrauben hat sich nicht in erster Linie nach dem Druck zu richten, der zur Herstellung der Verbindung im neuen Zustand erforderlich ist, sondern vielmehr nach denjenigen Beanspruchungen, die im Betrieb des Blitzableiters mit dem Lauf der Jahre auftreten. Dazu gehört die Oxydation infolge der Luftfeuchtigkeit und sonstiger chemischer Einflüsse, besonders der Rauchgase, ferner die mechanische Beanspruchung durch Sturm, Wärmedehnungen und dergleichen und schließlich durch das Aufschrauben der Verbindungen für Zwecke der Ausbesserung und der galvanischen Prüfung. Für die letztere müssen die oberirdischen Leitungen von den unterirdischen getrennt werden, meist gehen dabei die zu schwachen oder verrosteten Schrauben an den Verbindungsstellen entzwei und verursachen unvermutete Auslagen.

Überall wo die Leitung ganz oder teilweise aus Kupfer oder Messing besteht, ist der Verwendung von eisernen Schrauben dringend zu widerraten. Das vom Kupfer herunterrinnende Wasser zerstört das Eisen in kürzester Frist. Außerdem verrosten die eisernen Schrauben sofort und machen dadurch selbst in noch neuen Anlagen einen

häßlichen Eindruck. Es ist verfehlt, in solchen Kleinigkeiten sparen zu wollen, viel besser ist es, die Schrauben aus dem gleichen Stoff zu machen, in den sie eingesetzt sind, mit Rücksicht auf die Festigkeit aber womöglich Bronze zu wählen.

Wo das am Blitzableiter herunterrinnende Wasser auf Verbindungen trifft, schützt man diese am besten noch durch wasserabweisende Metalltrichter.

Da die wirksamste Prüfung der Blitzableiter im Betrieb deren Besichtigung bildet, erleichtert man sich diese Prüfung durch Einfügung von möglichst wenig Verbindungsstellen und durch deren Anordnung an möglichst leicht zugänglichen Stellen.

Für Drähte und Drahtseile oder Kabel läßt sich die einfachste und zuverlässigste Verbindung durch kegelförmige Klemmen herstellen. Eine sehr gut durchgebildete Muffe dieser Art zeigt Abb. 25, halb in Ansicht, halb im Schnitt gezeichnet¹⁾. Die Muffe dient mit beiderseitigem Klemmkegel in der dargestellten Form als Verbindungsmuffe, um zwei Seilenden miteinander zu kuppeln, ebenso aber auch als Trennmuffe, um bei der galvanischen Prüfung die Leiterteile zu trennen. Die Seilenden werden in den geschlitzten Klemmkegel eingeführt, dieser wird durch Aufschrauben der Überwurfmutter in dem gleichfalls kegelförmigen Hals der Hülse

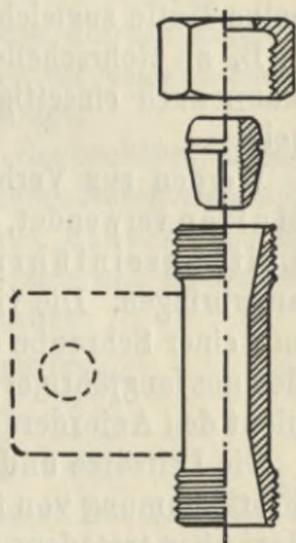


Abb. 25.

¹⁾ Mehrfach geschützte Ausführung der Elektrotechnischen Fabrik Dehn & Haußner in Nürnberg, Rennweg 13.

zusammengepreßt, wodurch die Verbindung sowohl in mechanischer wie elektrischer Hinsicht große Sicherheit erlangt. Der gute elektrische Zusammenschluß wird durch eine in den Drall der Drähte eindringende Bleiblecheinlage, die mechanische Festigkeit wird durch die Riffelung an der Innenseite des Klemmkegels erhöht.

Mittels eines (punktiert angedeuteten) Armes dient dieselbe Muffe zugleich zum Anschluß an sonstige Leiter wie z. B. an Rohrschellen von Dachrinnen. Der Anschlußarm kann auch einseitig mit nur einer Klemme ausgestattet sein.

Werden zur Verbindung der Seilenden zylindrische Muffen verwendet, sind nach den Erläuterungen an jeder Leitungseinführung zwei starke Preßschrauben anzubringen. Die vielfach angebotenen Verbindungen mit nur einer Schraube entsprechen also nach dem maßgebenden aus langjähriger Erfahrung geschöpften Urteil des ABB nicht den Anforderungen, die man zu stellen berechtigt ist.

Die Leitsätze und die Erläuterungen verbieten zwar die Festklemmung von Seilen durch Schrauben allein nicht, es darf aber trotzdem dringend empfohlen werden, zwischen Seil und Preßschrauben entweder eine Bleizwischenlage oder ein den Preßdruck verteilendes Paßstück (vgl. z. B. die Ausführungen zu Abb. 33 S. 88) anzuordnen. Die Preßschrauben verletzen das Gefüge der Seile, es ist auch kaum anzunehmen, daß die bloße Anpressung eines Seiles mittels einer oder zweier Schrauben zu der verlangten Berührungsfläche von mindestens 10 cm^2 führt.

Die Verbindung von Bändern aus Kupfer oder Eisen erfolgt am besten so, daß man die Enden auf eine Länge von wenigstens 10 cm aufeinanderlegt und durch kräftige Schrauben zusammenpreßt. Für die Stärke der Schrauben gilt das vorhin allgemein über Schraubverbindungen Ge-

sagte. Zwischen eiserne Bänder wird eine Zwischenlage von Blei eingebracht und verstemmt. Kupferbänder werden an den Überlappungsstellen am besten verzinnt. Gegen die Verwendung von Eisenschrauben in Kupferbandleitungen spricht in besonderem Maß die schon oben allgemein ausgesprochene Warnung.

14. Auffang-, First- und Dachleitungen.

Beginnen wir am oberen Ende des Blitzableiters, so haben wir vor allem diejenigen Stellen ins Auge zu fassen, wo erfahrungsgemäß der Blitz einschlägt.

Aus einer Reihe von 25jährigen Beobachtungen über Einschläge hat Ruppel¹⁾ an nicht geschützten Gebäuden die folgenden Verhältniszahlen der Einschläge festgestellt, die in den einzelnen Jahren sich mit bemerkenswerter Gleichförmigkeit wiederholt haben:

Turm- oder Giebelspitzen rund	55%
Schornsteine	„ 25%
Firste	„ 14%
Dachflächen	„ 6%

Jede der vorangehenden Einschlagstellen ist also ungefähr der doppelten Gefahr wie die nachfolgende ausgesetzt. Gemäß dem schon einmal gebrauchten Vergleich des Blitzableiters mit einem Baum denken wir uns also dessen Krone nach allen diesen bevorzugten Einschlagspunkten verästelt.

Ein einfaches Gebäude mit geradlinigem First ist ausreichend gesichert, wenn eine richtig geerdete Leitung am First entlanggeht. Es ist gleichgültig, ob die Leitung auf der Dachfläche aufliegt oder durch besondere Halter oder Stützen in geringem Abstand von der Fläche gehalten wird. Die Firstleitung ist in diesem Fall zugleich Auffang-

¹⁾ Vereinfachte Blitzableiter von Prof. Dipl.-Ing. S. Ruppel, Berlin 1918.

vorrichtung, die Verwendung von besonderen Auffangspitzen ist zwecklos, es sei denn, daß man an den beiden Giebeln als den bevorzugten Einschlagstellen eine Verstärkung der Leitung durch nach oben gerichtete kurze Ausläufer anbringt. Diesen kann man immerhin die Wirkung zutrauen, daß sie die etwa bei einem starken Blitz mögliche Abschmorung an der Einschlagstelle auf sich und vom Hauptleiter wegziehen. Will man überhaupt eine Anzahl kleinerer Auffangspitzen anbringen, so gebe man ihnen mindestens 5 m gegenseitigen Abstand, die engere Häufung von solchen Spitzen beeinträchtigt das Aussehen der Häuser und ist in elektrischer Hinsicht völlig zwecklos (vgl. S. 38).

Ebenso zwecklos sind hohe Auffangstangen. Darüber ist man sich in wissenschaftlichen Kreisen und unter erfahrenen Blitzableitertechnikern seit Jahrzehnten klar. Die hohen Auffangstangen bilden sogar eine nicht zu verachtende Gefahr, weil sie bei der üblichen Ausführung mit ihrem unteren Ende weit bis unter die Dachfläche herunterreichen und damit das Abspringen des Blitzes nach dem Inneren des Hauses begünstigen. Noch sinnloser aber ist die Ausrüstung der Stangen mit Spitzen aus Edelmetall. Dieser Unfug hat die Blitzableiter immer nur verteuert und damit ihrer Verbreitung geschadet. Erfahrungsgemäß sind die auf Stangen sitzenden Edelmetallspitzen fast bei jedem Blitzschlag geschmolzen oder wahrscheinlicher restlos verdampft¹⁾ worden, weil sie gerade im innersten Kern des Blitzkanals der größten Hitze und der zerstäubenden Wirkung stärkster Ionisation ausgesetzt sind.

¹⁾ Das Straßburger Münster hat jahrzehntelang etwa 1000 Franken jährliche Ausbesserungskosten für Blitzschäden verursacht, bis ein Blitzableiter aufgesetzt wurde; bei einem schweren Gewitter 1843 wurde dessen Platinspitze von 1 cm Dicke auf 6 cm Länge verdampft.

Zwecklos sind auch die von dem belgischen Physiker Melsens eingeführten Spitzenbüschel, die durch Aufdrehen der Seile und Auseinanderspreizen der Drahtenden entstehen, sie sind sogar schädlich, weil diese aufgespleißten Enden das Eindringen des Regenwassers in das Innere der Seile begünstigen. Zweckmäßiger ist der Abschluß der Seile durch eine kleine Spitze oder Kappe, vergleiche die folgende Abb. 26.

Eine ebenso einfache wie zuverlässige und unauffällige Befestigung des Firstleiters ergibt sich bei dessen Ver-

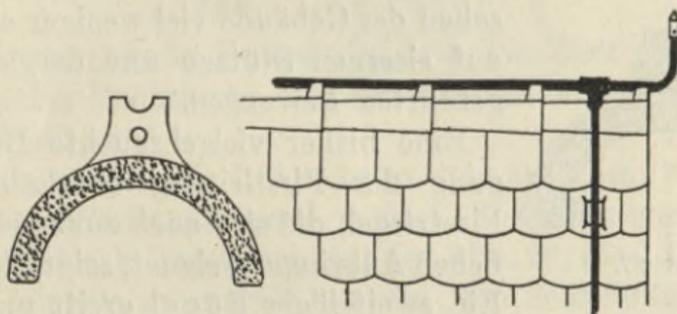


Abb. 26.

legung über die Firstziegel hinweg in der durch Abb. 26 gekennzeichneten Ausführung. Das Wesen dieser einleuchtenden Erfindung besteht in der Anbringung einer besonders geformten Nase¹⁾ an jedem Firstziegel, in der eine halbrunde Nut zur Aufnahme des Seiles und ein Loch zum Durchziehen eines Bindedrahtes angebracht ist. Der Leiter liegt immer nur auf die Länge eines Ziegels frei, er ist fast bis zur Unsichtbarkeit mit dem Gebäude verwachsen und sitzt doch an derjenigen Stelle, die dem Einschlag am ehesten ausgesetzt ist. Die Giebelecken schützt

¹⁾ Patent 324685; die Firma Dehn & Haußner, Nürnberg, Rennweg 13, erteilt auf Anfrage jeder Ziegelei das Ausführungsrecht samt Anleitung zur Herstellung, so daß Frachtkosten erspart werden.

in einfachster Weise das aufgebogene Ende des Seiles, auf das eine kleine Metallspitze als Schutzkappe aufgeklemmt wird. Die gleiche Nase, in die Mitte der gewöhnlichen Flachziegel gesetzt, erlaubt in ebenso bequemer Weise die Leitungen über die Dachflächen wegzuführen: man zieht die gewöhnlichen Ziegel an den Stellen, wo die Leitung liegen soll, heraus und ersetzt sie durch die Patentziegel. Diese Verlegungsweise zeichnet sich vor anderen durch eine weitgehende Vermeidung von Schlosser-, Klempner- und Maurerarbeit aus und beeinträchtigt dabei das Aussehen der Gebäude viel weniger als alle auf eisernen Stützen und dergleichen geführten Leitungen.



Abb. 27.

Eine bisher vielgebrauchte Befestigung der Firstleitung oberhalb der Firstziegel, die sich auch zur nachträglichen Anbringung eignet, zeigt Abb. 27.

Ein zweiteiliger Bügel greift um den Ziegel herum und trägt oben in den entsprechend gebogenen Enden das Band oder Seil. Im Notfall kann man sich auch mit einem bügelförmigen starken Draht (dann aber mit engen Abständen) begnügen. Es bedarf nach den früheren Ausführungen kaum noch der Erwähnung, daß diese Teile aus Eisen stark verzinkt oder allermindestens mit einem haltbaren Schutzanstrich versehen sein müssen.

Der Abstand fester Träger ist mit etwa 1—2 m so eng zu wählen, daß zunächst die Sturmsicherheit, dann aber auch das gute Aussehen gewahrt ist. Wenn die Leitungen stark durchhängen, machen sie einen schlechten Eindruck. Hierzu neigen namentlich die im Winter bei Kälte verlegten Leitungen, weil sie im Sommer länger werden. Andererseits verkürzen sich die im Sommer verlegten

Leitungen bei strenger Kälte und zerren dann an den Stützen. Zum Ausgleich der Bewegungen trägt man nötigenfalls durch Zwischenlage von Blei an den Befestigungsstellen bei.

Die Längenunterschiede der Leiter zwischen Sommerhitze (+ 30°) und Winterkälte (— 20°) betragen für ein Leiterstück von 20 m Länge

bei Eisen	1,2 cm
„ Kupfer	1,7 „
„ Aluminium . . .	2,4 „
„ Zink	3,1 „

Die besonders große Veränderlichkeit von Zink verlangt auch bei den Dachrinnen und Abfallrohren entsprechende Berücksichtigung.

Vielfach werden die Leitungen neben dem First, auf der Dachfläche anliegend, verlegt. Die Befestigung erfolgt dann durch Bügel nach Art der Abb. 28, die im Dach an die Holzteile angenagelt werden. Bei Schieferdächern legt man die Leitung in den Winkel, der von dem überstehenden Schieferblatt der einen Seite gebildet wird, dort ist sie wettergeschützt und nahezu unsichtbar.

Die Erläuterungen empfehlen übrigens, die Leitung grundsätzlich höher als den First zu verlegen. Dazu sind abgekröpfte Träger nach Abb. 29¹⁾ erforderlich. Verwendet man an Stelle der abgekröpften gerade Träger, so muß der Firstziegel durchbohrt werden. Um nun das Regenwasser vom Inneren des Hauses abzuhalten, muß an jedem Träger ein wasserabweisender Trichter oder sonst eine Kappe oder dergleichen angebracht, kurzum an jedem Träger umständliche Klempnerarbeit aufgewendet werden.

Ist der First nicht mit Ziegeln, sondern mit Blech abgedeckt, so bilden die Firstbleche unter gewissen Vor-

¹⁾ Findeisen, Anleitung, S. 76.

aussetzungen einen natürlichen, kostenlosen und doch vollwertigen Blitzableiter. Die wichtigste Voraussetzung ist natürlich der Querschnitt. Bleche von beispielsweise 400 mm Breite und 0,75 mm Dicke aus verzinktem Eisenblech haben 300 mm^2 Querschnitt, also dreimal soviel als für unverzweigte Leitungen aus Eisen vorgeschrieben ist. Weitere Voraussetzung ist ununterbrochener Zusammenhang, sie ist ohne weiteres bei Vernietung und Verlötung der Bleche erfüllt, es genügt aber auch, wie wir Seite 61 ge-

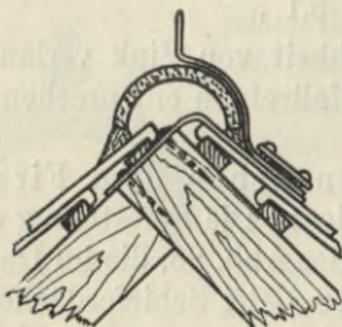


Abb. 28.

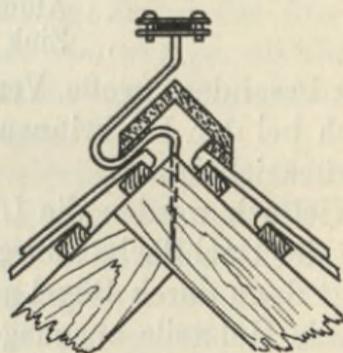


Abb. 29.

sehen haben, das Übereinandergreifen der Bleche auf 10 bis 15 cm bei sattem Anliegen.

Soll dieser sich über den First erstreckende Blechstreifen nicht bloß als Auffangvorrichtung, sondern überhaupt als Teil des Blitzableiters dienen, muß er eine gute Verbindung mit der zum Boden führenden Ableitung haben. Darum ist schon beim Entwurf darauf zu achten, daß die Firstbleche ihre natürliche Fortsetzung in den Blechen des Giebel-saumes finden. Es ist nicht schwer, diese beiden Teile in die nötige großflächige Berührung zu bringen. Damit wäre für die Dachfläche eines nicht über 20 m langen Gebäudes der Blitzableiter ohne eigenen Kostenaufwand verwirklicht.

Trotz dieser Möglichkeit ziehen manche im Blitzableiterbau erfahrene Firmen, wofern sie nicht zur äußersten Kostenersparnis verpflichtet werden, die Verlegung eines besonderen Firstleiters neben dem Firstblech vor, weil sie je nach Bauart und Unterhaltungszustand der Gebäude sich davon eine größere Sicherheit versprechen. Diese neben dem Firstblech und etwa auch den Ortgangbrettern (Giebelsäumen) verlegten Leiter sind mit den Blechen in elektrisch gutleitende Verbindung zu bringen. Dies gilt auch für alle diejenigen Fälle, wo neben einen natürlichen Leiter zur Verstärkung ein künstlicher gelegt wird.

Von Feldscheunen und dergleichen abgesehen wird man kaum ein Gebäude ohne Schornstein finden. Dieser gehört zu den am meisten gefährdeten Einschlagpunkten und bedarf ohne Rücksicht auf seine Lage zum Dach, First oder Giebel unbedingt einer eigenen Auffangvorrichtung. Die leuchtende Hitze wirkt ionisierend (vgl. S. 8), die den Schornstein verlassenden Gase sind deshalb leitend und wirken auch, wenn sie unsichtbar sind wie eine Auffangstange von beträchtlicher Länge. Kommt der Blitz mit ihr in Berührung, so geht er auf den Schornsteinkopf über und kann dort allerlei Zerstörungen anrichten, weiterhin folgt der Blitz den Rauchgasen und dem ebenfalls gutleitenden Rußbelag des Schornsteins durch diesen hinunter und kann sich über Ofenrohre und Öfen im ganzen Haus unliebsam bemerkbar machen, wie uns die Abb. 16 und 17 gezeigt haben.

Sitzt der Schornstein im First, so wird die Firstleitung in schlankem Bogen um den Schornstein wagrecht herumgeführt. Der Schornstein erhält eine vom Firstleiter ausgehende eigene Auffangvorrichtung der unten beschriebenen Art.

Ragt der Schornstein aus der Dachfläche heraus, so empfiehlt sich der Anschluß an die Firstleitung nur dann, wenn die Verbindungsleitung vom Schornsteinkopf zu ihr mit Gefälle angelegt werden kann, Abb. 30. Anderenfalls wird vom Schornstein eine Leitung über die Dachfläche nach abwärts zur Dachrinne oder einem anderen unterhalb gelegenen Teil des Blitzableiters gelegt (Abb. 31).

Da die Schornsteinköpfe der Zermürbung durch die Rauchgase ausgesetzt sind, bedarf es einer guten Befestigung

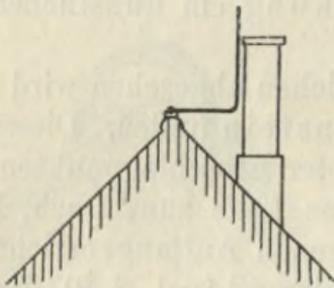


Abb. 30.

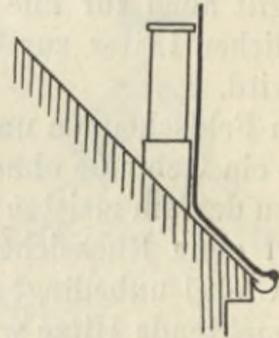


Abb. 31.

der Auffangvorrichtung an ihnen. Die beste Auffangvorrichtung, zugleich natürlicher Blitzableiter ist eine eiserne Abdeckplatte. Ähnlich wirkt die Umfassung einer steinernen Deckplatte mittels eisernen Winkels, schließlich genügt auch ein Winkelstück nur an einer Seite der Platte. Eiserne Kaminaufsätze ergeben ebenfalls einen natürlichen Anschluß. Während eine gußeiserne Deckplatte den Angriffen der Witterung und der Rauchgase am besten widersteht, müssen schmiedeiserne Bauteile verzinkt und gestrichen werden. Die Verbindung der Leitung mit den Platten usw. muß sehr sorgfältig vorgenommen werden. Bei Bändern wird die Vernietung oder Verschraubung in Zement eingehüllt und möglichst in das Mauerwerk ver-

senkt. Seile werden in Klemmverbindungen nach Art der Abb. 25 oder 33 eingeführt, letztere gleichfalls kräftig geschützt.

Die Leitung wird grundsätzlich auf diejenige Seite des Schornsteins verlegt, wo der Wind herkommt, also meistens auf die Westseite, um sie der zerstörenden Einwirkung der um den Schornstein wirbelnden Rauchgase möglichst zu entziehen.

Die einfachste Auffangvorrichtung bildet das am Schornstein hochgeführte Stück des Leiters, das bei Seilen am oberen Ende durch eine kleine Kappe oder Spitze (vgl. Abb. 26) gegen das Eindringen des Wassers abgedichtet wird. Befürchtet man die rasche Zerstörung des einfachen Leiters durch die Rauchgase, so kann er durch ein Rohr ersetzt werden, der Leiter wird unten mit dem Rohr durch 2 Klemmschrauben verbunden. Das Rohr ist oben wasserdicht abzuschließen. Sein Zweck wird keineswegs beeinträchtigt, wenn es zum Schutz gegen den Angriff der Gase mit einem Überzug aus Zement, Teer oder Asphalt versehen wird. Die zur Befestigung des Rohres, überhaupt des Leiters am Schornstein dienenden Stützen, Schelleisen usw. werden in oder zwischen Holzdübel eingeschlagen, eingepipt oder besser einzementiert.

Wie die Giebelspitzen und Schornsteine sind alle aus dem First herausragenden oder ihn überhöhenden Bauteile selbständig zu sichern. Dies gilt vor allem für turmartige Aufbauten. Bei diesen ist besonders wichtig die Rücksichtnahme auf Blechverkleidungen, sei es, daß die Bedachung im ganzen, sei es, daß nur die Gräte aus Blech bestehen, denn diese bilden eine vorzügliche Blitzbahn und sind darum unbedingt an den Blitzableiter anzuschließen, wofern sie nicht selbst als solcher verwendet werden. Die Turmspitzen, Windfahnen, Zierknäufe sind natürliche Auf-

fangvorrichtungen und werden demgemäß in die Leitung einbezogen, oder es wird die Leitung an ihnen hochgeführt; die letztere Anordnung ist immer dann geboten, wenn die natürlichen Querschnitte den Leitsätzen nicht genügen.

Wenn der First, die Schornsteine und alle höheren Bauteile gesichert sind, geht es an die Sicherung der Dachfläche. Diese wird im allgemeinen dann als durch die Firstleitung gesichert angesehen, wenn das Dach steil ist, also mindestens 35 Grad Neigung aufweist. Bei flachen Dächern führt man von der Firstleitung eigene Dachleitungen herunter, die wiederum an den entsprechend ausgebildeten Nasen der Dachziegel befestigt werden können, Abb. 26. Doppelt gekröpfte Haken Abb. 32 liegen mit dem geraden Teil zwischen den Dachplatten, umfassen mit dem Haken die Dachlatte und tragen die Leitung mit dem anderen Ende nahe über den Ziegeln, die flacheren Eisen für Schieferdächer werden auf die Verschalung aufgenagelt. Die wagrechte Entfernung der Dachleitungen, überhaupt der Auffangvorrichtungen, soll 20 m nicht überschreiten. Ist die Dachfläche kurz, so kann die Firstleitung einerseits und die Dachrinne andererseits als genügender Schutz angesehen werden.

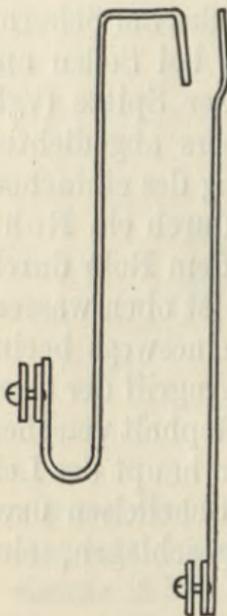


Abb. 32.

Wie schon früher (S. 63) ausgeführt worden ist, sind alle an und auf dem Dach vorhandenen Metallteile, in erster Linie die Dachrinnen, in die Blitzableitung einzu beziehen, auch die Dachgestänge elektrischer Leitungen

sollen möglichst mit der Blitzschutzanlage verbunden werden, jedoch darf der Anschluß nur nach Vereinbarung mit dem zuständigen Elektrizitätswerk erfolgen, die Gründe sind ähnlich jenen, die für die Erdungen (S. 106) angeführt sind. Für den Anschluß der Gestänge der Reichspost ist die Genehmigung allgemein erteilt worden. Ferner sind unterhalb der Dachfläche alle größeren Metallmassen und insbesondere die Gas- und Wasserleitungsrohre, die Dampfheizung und die dazu gehörigen Gefäße anzuschließen (vgl. S. 65). Für alle unter dem Dach verlegten Anschlußleitungen ist die größtmögliche Übersichtlichkeit anzustreben, und es ist dafür Sorge zu tragen, daß sie nicht von leicht entzündlichen Stoffen wie Stroh, Heu und dergleichen umgeben werden.

Mit welcher Sicherheit erfahrene und vorsichtig arbeitende Firmen den Blitzableiterbau beherrschen, davon legt eine Ausführung Zeugnis ab, die den Hauptfirstleiter unter die Dachhaut verlegt. Diese Ausführung hat den Vorzug, daß der Leiter im Trockenen liegt und daher auch bei Verwendung von Eisen nicht zum Rosten neigt. Um zu verhindern, daß der Blitz auf seinem Weg von außen nach innen die Dachziegel zerschmettert, werden von dem etwa am Firstbalken auf kleinen Stützen entlang laufenden Leiter kurze Auffangstangen nach außen geführt, die sich mit Kröpfung (ähnlich wie in Abb. 29) zwischen der Dachfläche und den Firstziegeln hindurch erstrecken und unmittelbar über dem First in Spitzen endigen¹⁾. Die Unterbringung des Blitzableiters im Gebäudeinneren setzt wie schon angedeutet ausreichende Erfahrung, übersichtliche Verlegung und zuverlässige Arbeit bei sehr reichlich bemessenen Querschnitten voraus. Keinesfalls darf der Betrieb

¹⁾ Patent der Blitzableiterfabrik F. Hinderthür G. m. b. H. in Siegen, Westf.

des Hauses die Ansammlung feuergefährlicher Stoffe um die Leitung herum mit sich bringen.

Bei den bisher besprochenen wie den folgenden Leitungen bedarf man häufig einer Klemmverbindung, um vom künstlichen Blitzableiter auf den natürlichen, bald aus Blechen, bald aus beliebigen sonstigen Bauteilen bestehenden Blitzableiter überzugehen. Gute Dienste leistet hier die in Abb. 33 dargestellte Klemme¹⁾ dank ihrer vielseitigen

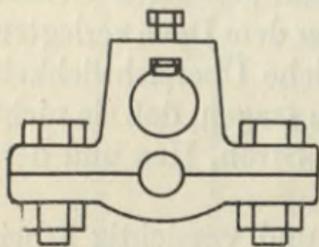


Abb. 33.

Verwendbarkeit. Ein Blech (Firstblech, Dachrinne, Erdplatte) wird zwischen dem Oberteil und Unterteil mittels der Mutterschrauben festgeklemmt, bei kräftigen Blechen kann das Unterteil wegfallen und die Verbindung durch Nieten oder Schrauben allein erfolgen.

Der breite Fuß der Klemme gibt auch bei dünnen Blechen einen guten elektrischen Anschluß, die Zwischenlage von Blei verbessert den Stromübergang bei rauher Oberfläche. Im Oberteil befindet sich eine Bohrung zur Aufnahme eines Drahtes oder Seiles, letzteres mit Bleizwischenlage. An die Bohrung schließt sich eine Nut an, die zur Aufnahme eines stabförmigen Paßstückes bestimmt ist, das den Druck der 2 Klemmschrauben auf das Seil gleichmäßig verteilt. Bandförmige Leiter können, im Bedarfsfall mit Bleizwischenlage, auf der oberen Fläche der Klemme aufgelegt und unmittelbar mit den Köpfen der Schrauben befestigt werden. Zwischen Ober- und Unterteil ist noch für ein Seil oder einen Draht eine Bohrung ausgespart, womit eine weitere Anschlußmöglichkeit geboten ist.

¹⁾ Nach Ausführungen der Firma Dehn & Haußner, Nürnberg. Die Univeralklemmen dieser Art sind mehrfach geschützt.

Nach demselben Grundgedanken werden einfachere und billigere Klemmen geliefert, beispielsweise solche, die sich besonders zum Anschluß der Dachrinnen und der Rohrschellen von Abfallrohren eignen.

Beim Verlöten der Leitungen mit der Dachrinne ist auf die zerstörende Wirkung der Elektrolyse (besonders Kupfer-Zink) zu achten, sie ist nach Möglichkeit durch wasserdichte Umhüllung der Lötstelle mit Ölfarbe, Teer, Asphalt hintanzuhalten, kann aber nicht völlig ausgeschaltet werden. Die Wirkung wird teilweise abgeschwächt durch Verwendung von Klemm- oder Schraubverbindungen, etwa nach Art der Abb. 33 mit Bleizwischenlage. Die zur Verbindung dienenden Teile werden am besten vor ihrer Zusammenfügung sorgfältig durch Anstrich eingehüllt. Wenn die Teile mit reichlicher Oberfläche (20—40 cm²) satt aneinanderliegen, sind sie auch ohne metallisch blanke Oberflächen für den Blitzstrom leitend (allerdings nicht für den früher bei galvanischen Prüfungen üblichen Schwachstrom).

15. Ableitungen.

Von den Dachleitungen führen die Ableitungen zur Erde. Der kürzeste Weg unter Vermeidung scharfer Krümmungen ist der beste. Maßgebend für die Schutzwirkung, vorschriftsmäßigen Querschnitt vorausgesetzt, ist Anzahl und Verteilung der Ableitungen.

Auch die einfachsten Gebäude sollten wenigstens zwei Ableitungen erhalten, die möglichst an den

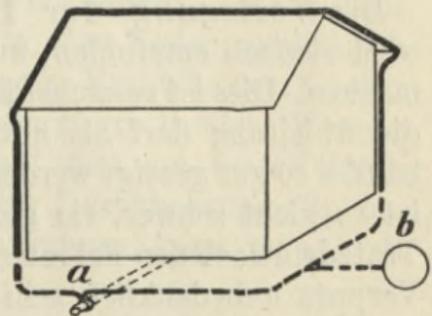


Abb. 34.

kreuzweise am weitesten entfernten Hausecken herabgehen (Abb. 34). Verlaufen die Leitungen am Giebel- saum entlang, so wirken sie zugleich als Schutz der an- stoßenden Dachfläche, die Blechverwahrungen an dieser Stelle bilden selbst die Leitung oder werden in sie ein- bezogen.

Bei größeren Gebäuden bestimmt man die Zahl der Ableitungen aus der für Dachleitungen angegebenen Regel: größter Abstand 20 m, oder mit ungefähr gleicher Wirkung: eine Ableitung auf 200 m^2 Grundfläche. Das Ergebnis ist immer den örtlichen Verhältnissen anzupassen.

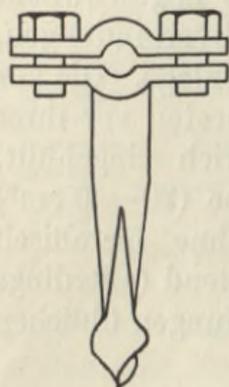


Abb. 35.

Die Befestigung an der Gebäude- wand erfolgt durch Stützen (Abb. 35) oder unmittelbar anliegend durch Haken oder Krampen. Erstere erhalten 2—3 m, letztere 1 m Abstand. Die Befestigung besteht aus verzinktem Eisen, Kupfer- leitungen erhalten ein Bleifutter. Die Stützen werden so kurz gehalten, als ihre bequeme Verlegung zuläßt. Lange Stützen sind zwecklos. Die Stützen werden eingegipst, einzementiert oder zwischen Holzdübel eingeschlagen.

Die Verlegung der Leitungen unter Verputz wird vielfach empfohlen, um die Ableitung unsichtbar zu machen. Dies ist zunächst kein zureichender Grund. Denn die Ableitung darf als notwendiger Bestandteil des Ge- bäudes so gut gezeigt werden wie die Dachrinne usw., auch ist es nicht schwer, sie ganz unauffällig unterzubringen. Trotzdem nach den Erläuterungen die Verlegung unter dem Verputz unbedenklich sein soll, warnen davor erfahrene Blitzableiterfirmen nachdrücklich. Diese Anordnung ver-

hindert jedenfalls die wirksamste Art der Prüfung des Blitzableiters, nämlich die Besichtigung. Keinesfalls darf die Leitung überdeckt werden, bevor man sich von ihrer einwandfreien Verlegung überzeugt hat, vor der Verlegung ist sie durch Anstrich gründlich gegen Feuchtigkeit zu sichern. Im Fall eines Blitzschlags ist die Absprengung des Verputzes zu befürchten, sei es durch Spuren von Feuchtigkeit im Verputz, die dann explosionsartig verdampfen, sei es durch die schlagartige Ausdehnung des Leiters infolge Erhitzung oder durch mechanische Wirkungen (vgl. die Findeisenschen Beispiele S. 49/50).

Der Übergang der Ableitung in den Boden bereitet viel Sorge. Hier machen sich die chemischen Einflüsse, insbesondere bei Verunreinigung durch Jauche und infolge abwechselnder Feuchtigkeitszustände zerstörend bemerkbar. Unbedingt verwerflich ist die gebräuchliche Umhüllung des Leiters mit einem Eisenrohr, wenn dieses nicht oben und unten durch Verlötung oder sorgfältige Verschraubung mit dem Leiter gut leitend verbunden wird. Der Blitz wird nämlich vom unverbundenen Rohr zum Abspringen veranlaßt, es sind dadurch schon Menschenleben vernichtet worden¹⁾. Empfehlenswert ist die Umhüllung mit einem hölzernen Schutzkasten oder die einseitige Anbringung eines Winkeleisens. Diese Teile sollen immer ein Stück weit in den Boden eindringen. Beim Schutzrohr und den anderen Umhüllungen ist der Ansammlung des am Leiter herunterrinnenden Wassers vorzubeugen, am Rohr geschieht dies am besten durch eine aufgesetzte Kappe mit enger Durchbohrung für den Leiter. Statt der Schutzvorkehrungen kann man auch

¹⁾ Gää, XXI. Bd., S. 497.

ein Leiterstück von der anderthalbfachen Stärke unverzweigter Leitungen anwenden, es widersteht von selbst den Angriffen und kann noch durch Anstrich gesichert werden.

Die Abfallrohre der Dachrinnen dienen vielfach als natürliche Ableiter, ihr Querschnitt macht sie dazu ohne weiteres sehr geeignet. Bei ländlichen Gebäuden wird oft wenig Wert auf die Unterhaltung dieser Rohre gelegt,

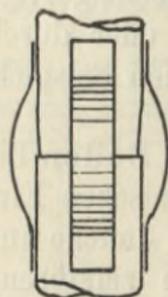


Abb. 36.

die Erläuterungen erkennen ihnen darum auch nur die Bedeutung von Nebenableitern zu. Bei städtischen und villenartigen Gebäuden wird dieser Einwand kaum zutreffen, es wird dort im Gegenteil der Hausbesitzer für deren gute Unterhaltung mehr Verständnis und Fürsorge aufbringen als gewöhnlich dem Blitzableiter zuteil wird. In diesen Fällen wird meist auch das Verschwinden einer besonderen Ableitung aus

Schönheitsgründen begrüßt und kann dann ohne Schaden zugelassen werden.

Der Übergang vom Leiter zum Rohr erfolgt oben und unten durch eine Rohrschelle, unter Vermittlung von Einrichtungen nach Abb. 25 oder 33. Wo die gute Erhaltung des Zusammenhangs der Rohrschüsse auch gegenüber Sturm, Einfrieren, Wärmedehnungen usw. nicht gewährleistet ist, werden die einzelnen Stücke durch Blechstreifen von genügendem Querschnitt überbrückt, die Streifen Abb. 36 sind gewölbt, um den Wärmedehnungen nachgeben zu können (vgl. S. 81).

Daß die Möglichkeit des Überspringens des Blitzes von den Ableitungen nach Leitern im Inneren sorgfältig abgewogen werden muß, bedarf nach den früheren Ausführungen keiner weiteren Hervorhebung mehr. Wenn

Wasser- oder andere Leitungen oder dergleichen parallel zur Ableitung verlaufen, sind weitere Maßnahmen dann nicht notwendig, wenn erstere schon an die Dachleitungen angeschlossen sind.

Besonderen Schutzes bedarf das Vieh in den Ställen, weil einerseits das Vieh auch gegen schwache elektrische Schläge sehr empfindlich ist und andererseits die Durchtränkung der Wände dem Blitz den Weg öffnet. Alle Eisenteile von größerer Ausdehnung sind an den Blitzableiter anzuschließen und gründlich zu erden. Ruppel empfiehlt dazu die Verlegung eines besonderen Erders im durchtränkten Stallboden. Die Ketten, mit denen die Tiere angebunden werden, dürfen nicht in metallischer Verbindung mit der Ableitung stehen, weil der Körper der Tiere, falls sie auf dem Boden liegen, einen guten Leiter bildet. So sind die Tiere auch gegen die Ströme geschützt, die gelegentlich aus den Überlandleitungen der Elektrizitätswerke sich in die Eisenteile der Ställe verirren, beispielsweise durch Blitzeinschlag in die Leitungen auch an entfernter Stelle, durch Umreißen der Leitung infolge fallender Bäume usw.

16. Erdleitungen.

Bei der Ausführung der Erdleitungen hat man sich früher und leider oft auch heute noch von der ganz irrigen Auffassung leiten lassen, als ob die Erde leitend wäre, etwa so, wie wenn sie überhaupt eine Kupferkugel wäre. Der Widerstand der Erde ist aber 100—1000 Millionen mal größer als der von Metall. Darum ist der in seinen oberirdischen Teilen bestausgeführte Blitzableiter nicht viel wert, wenn seine Erdung nicht der schlechten Leitfähigkeit der Erde Rechnung trägt.

Die Erdleitung oder kurz Erdung oder, wie der Elektrotechniker sagt, der Erder hat allgemein den Zweck, die im metallischen Leiter daherkommende Spannung an die der Erde, also an den Wert Null, anzugleichen. Ist

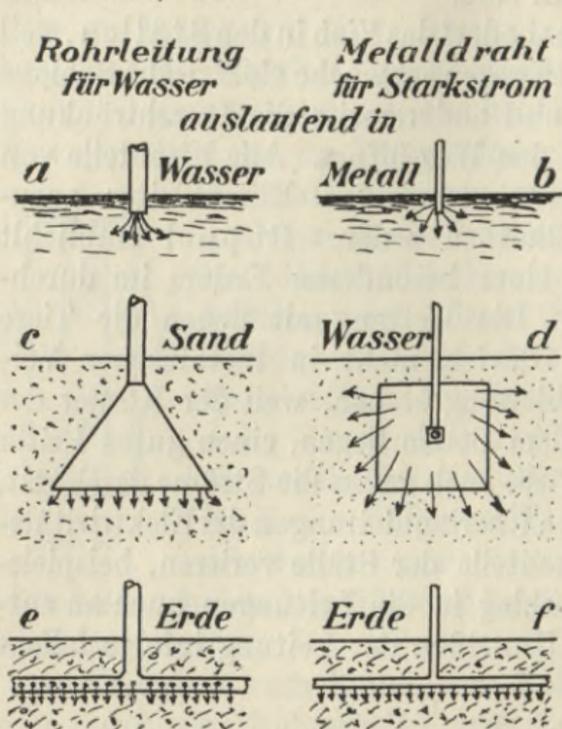


Abb. 37.

gestoßen werden. Lassen wir das Rohr glatt abgeschnitten in einem See oder im Meer endigen, so besteht kein Zweifel darüber, daß die ausströmende Wassermenge ohne wesentlichen Widerstand sich sofort nach allen Seiten verteilt, wie in Abb. 37 unter a dargestellt ist. Das gleiche findet bei einem elektrischen Strom statt, wenn wir den Leitungsdraht in Metall endigen lassen, also etwa in der als Kugelerde gedachten Erde, Bild b, die dann mit einem leitenden Ozean gleichzustellen wäre. Lassen wir aber das Rohr der

der Übergangswiderstand zwischen Metall und Erde zu groß, so bleibt im Metall eine gefährliche Spannung übrig.

Um zu zeigen, warum die Erdleitung bestimmte Anforderungen erfüllen muß, wollen wir den Vergleich mit einer Wasserleitung wählen

Aus einem Wasserleitungsrohr, in dem ein genügender Druck verfügbar ist, soll eine große Wassermenge aus-

Wasserleitung in einer nur halbdurchlässigen Schicht, beispielsweise in Sand oder Kies, endigen, so würde der Ausflußquerschnitt mehr oder weniger verstopft erscheinen, die einzelnen Wasserstrahlen müßten sich zwischen den Hindernissen hindurchdrängen, der entstehende Widerstand würde im Rohr eine Drucksteigerung herbeiführen, das Rohr würde stärker belastet und würde oberhalb der Mündung aus etwa vorhandenen Undichtigkeiten Wasser verlieren und an schwachen Stellen der Gefahr der Zerspaltung ausgesetzt sein. Wir verringern den Widerstand, wenn wir nach Bild c eine trichterförmige Erweiterung anbringen. Bei der elektrischen Leitung erzielen wir in einem Halbleiter, z. B. Brunnen- oder Quellwasser eine ähnliche Wirkung, wenn wir das Ende der Leitung durch eine große Blechplatte erweitern, Bild d. So wie aus dem Trichter im Bild c die Wassermasse wegen des erhöhten Widerstandes zwar langsamer ausfließt, aber wegen der größeren Anzahl der austretenden Wasserfäden doch im ganzen in genügendem Umfang wegbeordert wird, ebenso gelingt es dem elektrischen Strom, von der großen Oberfläche der Platte im Bild d in zahlreichen Fäden sich nach allen Richtungen zu verteilen. Solange die Stromfäden eng aneinanderliegen, erleiden sie in dem schlecht leitenden Wasser einen hohen Widerstand, dieser nimmt jedoch mit zunehmender Entfernung und gleichzeitiger Verbreiterung und Zerstreung der Fäden ab, und so ist der Gesamtwiderstand gerade noch erträglich. Versenken wir aber eine solche Erdplatte in die schlechtleitende trockene Erde, so steigt der Widerstand auf eine unzulässige Höhe, der elektrische Strom wird zurückgestaut und neigt dann dazu, die Leitung zu verlassen, der Blitz springt vom Blitzableiter ab.

Wollen wir die Wasserleitung in fester Erde endigen lassen, so bleibt uns kein anderer Ausweg als ein langes

Rohr mit vielen kleinen Anbohrungen. Durch die einzelnen Löcher fließt jeweils nur ein kleiner Wasserfaden wie ihn eben die umgebende Erde noch verschlucken kann, die Vielzahl der Anzapfungen ergibt aber zusammen eine ausreichende Ableitung, Bild e. Die Abbildung gibt von der erforderlichen großen Rohrlänge nur einen Bruchteil wieder. Beim elektrischen Strom verfahren wir ganz entsprechend durch Verlegung einer sehr langen Leitung im Erdreich. An jeder Stelle dieser Leitung tritt ein Stromfaden von der Stärke aus, wie ihn die Erde aufzunehmen vermag, er verteilt sich — was die Pfeile in der Zeichnung Bild f nur unvollkommen andeuten können — rings um den Leiter im ganzen Erdreich und wenn die Länge des Leiters recht groß ist, so werden auch große Stromstärken auf diesem Weg verarbeitet.

Hiernach ist es uns verständlich, warum in vielen Fällen die früher üblich gewesenen Erdplatten zur Ableitung des Blitzes nicht ausgereicht und zu seitlichen Entladungen geführt haben. Die Erdplatte ist nur dann am richtigen Platz, wenn sie ins Wasser oder in wirklich stark mit Wasser durchtränkte Schichten führt. Man hat sich bei älteren Anlagen vielfach bei dem Bewußtsein beruhigt, daß die Erdplatte im Grundwasser versenkt sei. Aber das Grundwasser hat vielfach, je nach der Jahreszeit und den Niederschlagsverhältnissen, einen recht verschieden hohen Stand, und dieser kann durch bauliche Veränderungen im Lauf der Jahre ganz verschieden ausfallen. Darum ist hier größte Vorsicht vonnöten.

Befindet sich in nächster Nähe eines Gebäudes ein Brunnen, so liefert eine darin untergebrachte Platte eine ausreichende Ableitung, wenn sie unter allen Umständen sich unterhalb des Wasserspiegels befindet. Eine ausgemauerte Zisterne, in der sich das Regenwasser vom Dach

sammelt, ist schon weniger gut, weil die Ausmauerung den Strom schlecht leitet. Ein richtiger Brunnen steht mit den Wasseradern in der Erde durch Schlitze in der Ausmauerung in Verbindung. Ähnlich ist es mit Jauchegruben, die bei landwirtschaftlichen Gebäuden meist nicht fehlen. Sind sie ausgemauert, so ist ihre leitende Verbindung mit der Erde schlecht. Eine in nicht ausgemauerte Gruben versenkte Erdplatte wird dagegen gute Dienste leisten, weil gerade die Verunreinigung des umgebenden Bodens durch die Jauche den Boden gut leitend macht.

Weil reines Wasser ein schlechter Leiter ist, verlegt man die Erdplatte nicht in Bäche, sondern in die unreine Uferschicht unterhalb des Wasserspiegels.

Als Baustoff für die Erdplatten dient in erster Linie Kupfer, aber auch Eisen. Das Kupfer ist im reinen Boden unzerstörbar, im verunreinigten Boden wird es aber zerstört oder umgewandelt, zu seinem Schutz ist Verzinnung zu empfehlen. Eisen wird verzinkt. Es erscheint übrigens nicht unmöglich, das Eisen auch mit den üblichen Rostschutzmitteln zu behandeln. Seine Leitfähigkeit für die Prüfströme bei galvanischer Untersuchung wird allerdings dadurch aufgehoben, aber für den Blitz ist ein Rostschutzmittel so wenig ein Hindernis wie die Farbschicht an Firstblechen oder die Teerung der Wasserleitungsrohre. Liegen die Erdplatten in Wasser, so könnte man deren Prüfung zuerst im ungeschützten Zustand vornehmen und sie dann nach dem Anstrich erst endgültig versenken.

Wo kein Grundwasser erreichbar ist, werden die Erdplatten in eine Lehm packung eingebettet. Kokspackung ist zu verwerfen, weil der Koks aus der Kohle Bestandteile mitbringt, vor allem Schwefel, die das Metall zerstören.

Die Stellung der Erdplatten soll senkrecht sein, damit die Stromfäden nach allen Richtungen sich frei ver-

teilen können. Werden die Platten gerollt, so wird ihre Oberfläche in unzuverlässiger Weise verringert.

Die Verbindung zwischen Ableitung und Platte ist gegen Zutritt der Feuchtigkeit zu sichern.

Wo man keine Erdplatte anwenden kann, hilft man sich gelegentlich durch Eintreiben von Rohren. Ein Rohr von 10 cm Durchmesser hat rund 30 cm Umfang, eine im Grundwasser steckende Länge von 1 m hat also eine Oberfläche von rund $\frac{1}{3} \text{ m}^2$.

Verwendet man an Stelle einer Platte von großer Oberfläche mehrere Platten von kleinerer Fläche, so erzielt man unter Umständen Ersparnisse an Plattengröße und Grabarbeit. Die einseitige Oberfläche der Erdplatten soll $\frac{1}{2} \text{ m}^2$ betragen, entsprechend 50 auf 100 cm Seitenlänge oder 70 cm im Quadrat. Zerschneidet man eine solche Platte in zwei Teile und versenkt die Hälften in einiger Entfernung voneinander, so erhält man ein Mittelding zwischen der Ausführung Bild d und f der Abb. 37 und erzielt damit eine höhere Leitfähigkeit als für die eine ungeteilte Platte, oder mit anderen Worten, die Gesamtfläche mehrerer Platten braucht nicht so groß zu sein wie die ungeteilte Platte.

Hat ein Gebäude mehrere Erdplatten, so verbessert man deren Wirksamkeit ganz bedeutend, wenn man die Platten untereinander durch eine im Erdboden geführte Leitung verbindet.

Die Stärke der Erdplatten soll bei Eisen 3 mm und bei Kupfer $1\frac{1}{2}$ mm nicht unterschreiten.

Erdplatten sind nach dem Gesagten nur dann ausreichend, wenn sie im Wasser oder einwandfrei im Grundwasser liegen. Die Erfüllung dieser Forderung macht ihre Verwendung oft recht teuer. Eine viel zuverlässigere und billigere Erdung erzielt man durch die sogenannten Ober-

flächenleitungen, die sich infolgedessen mehr und mehr durchgesetzt haben. Man versteht hierunter Leitungen aus den gleichen Bauteilen wie sie für die Dach- und Ableitungen verwendet werden, also Bänder, Drähte und Seile; ihr Querschnitt kann derselbe sein wie jener der Ableitungen, deren Fortsetzung die Erdleitung bildet. Rücksichten auf Festigkeit und Dauerhaftigkeit können allerdings wie unten ausgeführt die Verwendung reichlicherer Abmessungen rechtfertigen. Sie werden in flachen Gräben rings um das Haus verlegt, es genügt eine Tiefe von 30—40 cm. Die Verlegung in größerer Tiefe ist nur dann nötig, wenn mechanische Beschädigung zu befürchten wäre. Die Kosten der Blitzableiter verringern sich dabei meist erheblich gegenüber denjenigen bei Erdplatten, weil man nicht erst die für Erdplatten nötigen feuchten Stellen und die Tiefe bis zum Grundwasser aufsuchen muß und weil besonders an ländlichen Gebäuden der Hausbesitzer das Aufwerfen und Zuschütten des Grabens selbst vornehmen kann. Die Leitung wird in ungefähr 1—2 m Entfernung vom Haus verlegt, wo der mit dem Gewitter in 98 von 100 Fällen verbundene Regen den Grund befeuchtet.

Als geringste Länge einer Oberflächenleitung wird man etwa 15 m ansetzen dürfen. Wenn Zweifel bestehen, ob wegen geringer Länge der Leitung oder mangelhafter Leitfähigkeit der Erde die Erdung ausreicht, so verlegt man in demselben Graben zwei parallel geschaltete Leitungen in 20 cm Abstand voneinander. Im Humus wird eine einfache Oberflächenleitung von 30 m Länge für gewöhnliche Fälle ausreichen. Die beste Erdung ergibt sich in der Form einer Ringleitung um das ganze Haus herum. Vielfach wird auch ein Halbring genügen, wenn etwa die Ableitungen an zwei kreuzweise sich gegenüberstehenden Ecken des Hauses angebracht sind, Abb. 34. Liegt das

Haus an einer Straße, wo nicht gegraben werden kann, so wird der Halbring auf die Hofseite verlegt.

Auch bei Oberflächenleitungen legt man größten Wert auf die Einbeziehung aller derjenigen Stellen des Bodens, die für die Ableitung der Elektrizität die günstigsten Bedingungen darbieten. Führt die Leitung nicht von selbst durch sie hindurch, so legt man Ausläufer an, indem man an die Ringleitung Abzweigungen nach den feuchten Stellen, Dunggruben, Brunnen, Bächen usw. Punkt b in Abb. 34 führt, die ebenfalls als Oberflächenleitungen ausgeführt sind. Zum Anschluß des Grundwassers kann man Rohre eintreiben und diese an die Oberflächenleitung anschließen. Mittels besonderer Abzweigungen kann man sich auch in solchen Fällen helfen, wo die Ringleitung infolge örtlicher Verhältnisse zu kurz ausfallen würde.

Zum Schutz gegen die Angriffe der Feuchtigkeit ist Eisen verzinkt und Kupfer wenn möglich verzinkt zu verwenden. Es empfiehlt sich die Verwendung von Volldraht, 10 mm in Eisen, 8 mm in Kupfer, in Seilen sollen die Einzeldrähte nicht unter 3,3 mm bei Eisen, 3 mm bei Kupfer stark sein. Von mancher Seite wird die Auflösung der Seile in ihre Einzeldrähte empfohlen, um die Berührung der Metallteile mit dem Boden auf das größtmögliche Maß zu steigern. Diese Anordnung hat aber den Nachteil, daß das Metall, insbesondere der Eisendraht, in verstärktem Maße der Zerstörung durch chemische Einflüsse des Bodens, sowie im Fall von mechanischer Beschädigung leichter dem Abreißen ausgesetzt ist. Diese Ausführungsweise wird also nur dann wirklich empfohlen werden können, wenn man sich zu reichlichen Abmessungen der Drähte entschließt. Gleiches gilt für den Ersatz der Drähte oder Seile durch Drahtnetze, sie haben sicher gute elektrische Eigenschaften, aber genügenden mechanischen Widerstand nur bei Herstellung

aus recht kräftigem Draht. Auch Blei in Form von Bändern mit 150 mm^2 Querschnitt eignet sich wegen seiner guten Haltbarkeit im Boden für Erdleitungen.

Im Boden steckende Anschlüsse der Metalladern sind durch Anstrich oder Teerung zu sichern.

Im Gegensatz zur Erdplatte, deren Wirksamkeit von der Erfüllung einer ganzen Reihe von Bedingungen abhängt, kann man der Oberflächenleitung, wenn sie nur die genügende Länge hat, stets eine einwandfreie Wirkung zutrauen. Der Grund dafür liegt in der oben im Vergleich mit einer Wasserader auseinandergesetzten Fähigkeit, die großen vom Blitz plötzlich dahergebrachten Ströme im Umkreis um das Haus versickern zu lassen, es wird bei dieser Anordnung gewissermaßen die ganze Erdscholle, auf der das Haus steht, der Elektrizität als Unterschlupf angeboten, und es wird dadurch die Neigung des Blitzes, sich einen anderen Weg zu suchen, vereitelt. Darum ist es durchaus berechtigt, wenn heutzutage diese Ausführungsart der Erdleitung im Vordergrund steht.

Dieselben Eigenschaften, die wir hier der Oberflächenleitung zugeschrieben haben, weist ganz von selbst die Wasserleitung auf. Sie hat einen im Vergleich zu den künstlichen Leitungen sehr großen rohrförmigen Querschnitt und dieser liegt auf kilometerlange Entfernung dauernd im Erdreich. Sie bildet daher für den Blitz eine so vortreffliche Ableitung, daß auf ihren Anschluß an den Blitzableiter unter keinen Umständen verzichtet werden darf, Punkt a der Abb. 34, wo irgend sie vorhanden oder auf kurzem Weg erreichbar ist.

Als Inbegriff der Kunst des Blitzableitersetzers haben wir die Fähigkeit bezeichnet, dem Blitz unter allen für ihn gangbaren Wegen den günstigsten auszusuchen. Diesen günstigsten Weg bildet ohne Zweifel die Wasserleitung.

Wo diese sich unter dem Dach bis in die Nähe der Blitzableitung erstreckt oder wo sie sich in wagrechter Richtung den Ableitungen auf kurzen Abstand nähert, da haben wir schon den Anschluß empfohlen. Wir ersparen aber die Erdleitung unter Umständen vollständig, wenn wir die Ableitung an die Wasserleitung anschließen.

Der Anschluß erfolgt durch kräftige Rohrschellen, die unter Zwischenlage von Blei die blankgemachten Rohre dicht umschließen und besonders dann, wenn sie im Boden liegen, durch Teeranstrich gesichert werden. Die Rohrschellen werden durch beiderseits je zwei starke Mutterschrauben zusammengepreßt, die Bänder, aus denen die Rohrschellen hergestellt werden, sind 70 mm breit und je nach der Rohrstärke 4—5 mm dick. Die Zuleitung des Blitzableiters als Band wird unter die Schrauben der Rohrschelle geklemmt gleichfalls unter Bleizwischenlage, Drähte und Seile werden durch eine auf die Rohrschelle aufgesetzte Verbindung Abb. 25 oder 33 angeschlossen.

Der Anschluß erfolgt am zweckmäßigsten zwischen der Hausmauer und dem Wassermesser, so daß diesen der Blitzstrom nicht zu durchlaufen braucht. Ist der Anschluß hinter dem Wassermesser unvermeidlich, so soll der Wassermesser bei Gebäuden mit feuergefährlichem Inhalt und in solchen, wo größere Menschenansammlungen vorkommen, überbrückt werden (Gasmesser sind immer zu überbrücken, s. u.). Der Anschluß zwischen Mauer und Wassermesser setzt die Einführung des Blitzableiters in das Untergeschoß voraus. Hiergegen sind im Gegensatz zur Einführung des Hauptstranges der Blitzableiter in die Dachräume weniger Bedenken geltend zu machen, weil im Keller und Untergeschoß die Gefahr geringer ist, daß der Blitzableiter mit feuerfangenden Stoffen umgeben wird.

Für die Gasleitungen gilt sinngemäß das gleiche, was für die Wasserleitungen ausgeführt wurde. Wo beides vorhanden ist, soll der Anschluß in erster Linie an die Wasserleitung erfolgen, die Gasleitung ist jedoch ebenfalls an die Wasserleitung anzuschließen. Wo immer die Gasleitung in den Blitzableiter einbezogen ist, muß der Gasmesser überbrückt werden. Man muß bedenken, daß die Gasmesser nur ein Gehäuse aus dünnstem Blech besitzen, während die Wassermesser ein derbes Gußgehäuse aufweisen.

Bestehen die für den Anschluß in Betracht kommenden Rohre aus Blei, so dürfen sie erst von einem Metallquerschnitt von 150 mm^2 aufwärts benutzt werden, weil das Blei einen niederen Schmelzpunkt hat. Bleizwischenlagen sind in diesem Fall ebenso entbehrlich wie bei Kupferrohren.

Überblicken wir in diesem Zusammenhang alle zwischen Wasser- und Gasleitungen und dem Blitzableiter bestehenden Beziehungen, so stellen wir folgendes fest: Der höchste Punkt der Wasser- oder Gasleitung ist mit der Dach- oder Gebäudeblitzableitung zu verbinden. Außerdem sind alle anderen Steigleitungen anzuschließen, wenn sie sich in den Dachraum und überhaupt in solche Nähe zum Blitzableiter erstrecken, daß ein Überspringen zu befürchten ist — man erinnere sich dabei immer der Tatsache, daß diese Rohrleitungen mit ihrer vortrefflichen Erdung dem Blitz den günstigsten Weg zur Erde bieten und daß er darum leicht einige Meter Luftraum durchschlägt, um zu ihnen zu kommen, wobei Mauern anscheinend kein ernsthaftes Hindernis bilden. Nur ausnahmsweise wird die Lage der Rohrleitungen im Haus derart beschaffen sein, daß von einem oberen Anschluß abgesehen werden kann, auch in diesen Fällen ist der untere Anschluß an die Rohrleitungen erlaubt und geboten. Der untere Anschluß erfolgt wie beschrieben

am zweckmäßigsten innerhalb des Hauses, anderenfalls vor dem Hause. Es ist selbstverständlich, daß wenn sowohl die Gas- wie die Wasserleitung oben an den Blitzableiter angeschlossen ist, auch beide unten angeschlossen oder miteinander verbunden sein müssen; wo nur eine der Leitungen angeschlossen ist, empfiehlt sich die Verbindung beider Leitungen am unteren Ende.

Einer besonderen Besprechung bedarf die Genehmigung des Anschlusses seitens der Gas- und Wasserwerke. Diese haben bei der Aufstellung der Leitsätze und ihrer Anhänge im ABB mitgewirkt und sind mit den vorstehenden, den Ausführungsvorschlägen entnommenen Anordnungen einverstanden. Es besteht aber ein für den Hausbesitzer und Blitzableitersetzer zu beachtender Unterschied je nach der Lage der Erdungsanschlüsse. Anschlüsse an solche Leitungen, die in Eigentum und Unterhaltung des Grundstückseigentümers stehen und die gemäß den vorstehenden Richtlinien durchgeführt sind, bedürfen keiner Genehmigung durch die Wasser- und Gaswerksverwaltungen.

Soll jedoch an Straßenrohre für Wasser und Gas oder an Zuleitungen, die in Eigentum oder Unterhaltung der Wasser- und Gaswerksverwaltung stehen, angeschlossen werden, so ist die Genehmigung der zuständigen Verwaltung einzuholen. In diesem Fall beaufsichtigt die Verwaltung die Arbeit, die näheren Bestimmungen sind dem Anhang der Leitsätze zu entnehmen oder von der Werksverwaltung zu beziehen.

Wer sich die allgemein gebräuchliche Umhüllung der Wasser- und Gasleitungsrohre mit Teer oder Asphalt und die Verbindung und Abdichtung der Rohre untereinander mit Werg usw. vergegenwärtigt, mag auf den Gedanken kommen, daß solche Rohrleitungen nicht das bisher hier

immer hervorgehobene vortreffliche Leitvermögen für den elektrischen Strom haben können. Aber dieses Leitvermögen hat zunächst einmal der Blitz selbst in unzähligen Fällen bewiesen, indem er diese Leitungen unter Überwindung anderweitiger Widerstände aufgesucht hat. Und aus den früheren Darlegungen wird hervorgehen, daß wir uns auch in diesem Fall von der Anschauung freimachen müssen, als gälten für den Blitz diejenigen Leitungsverhältnisse wie wir sie vom gewöhnlichen galvanischen Strom her kennen. Die im Boden liegenden großen Flächen der Rohre bieten dem Blitzstrom eine vollauf genügende Übergangsmöglichkeit. Nebenbei darf darauf verwiesen werden, daß die Messung des Widerstands von Blitzableiteranschlüssen an die Wasserleitungen mittels des galvanischen Stromes Werte in der Größe von weniger als 1 Ohm ergibt, während bei Erdplatten und Oberflächenleitungen Werte von 3—5 Ohm schon als günstig zu bezeichnen sind.

In den Wasser- und Gasleitungen haben wir demnach eine Erdungsweise kennengelernt, die einen so geringen Widerstand oder mit anderen Worten eine so überlegene Fähigkeit hat, den Blitzstrom raschestens im Boden verschwinden zu lassen, daß die Vorsicht dazu zwingt, überall, wo diese Leitungen im Haus oder in dessen Nähe erreichbar sind, sie als wertvollste Erdung anzuschließen. Darüber dürfen wir aber nicht versäumen, die durch gute natürliche Leitfähigkeit ausgezeichneten Punkte der Umgebung, die Einschlag- oder Entladungspunkte heranzuziehen. Das sind vor allem feuchte Stellen, offene Wasser, Jauchegruben, eiserne Zäune und dergleichen. Soweit die Ringleitung nicht von selbst durch sie hindurchführt, werden sie mittels Ausläufern angeschlossen. Abb. 34 zeigt ein Beispiel, wo an die Halbringleitung die Wasser-

leitung a und ein anderer Punkt b, sei es ein Brunnen oder dergleichen angeschlossen ist.

Neben dem Haus stehende Bäume bringen die Gefahr des Überschlags mit sich. Man begegnet ihr je nach den örtlichen Verhältnissen durch Wegnahme der überhängenden Zweige, durch Führung einer Ableitung an der dem Baum zugekehrten Seite des Hauses und nötigenfalls durch Ausstattung des Baumes mit eigenem Blitzableiter bis in Höhe des Dachs oder Dachtraufs, unter Verwendung einer gemeinsamen Erdleitung.

An die Erdungen der Starkstromanlagen dürfen diejenigen der Gebäudeblitzableiter nicht angeschlossen werden, die beiderseitigen Erder sollen vielmehr im Boden 20—40 m Abstand einhalten. Bei gemeinsamer Erdung könnte der Blitz vom Haus durch die Erder in das Starkstromnetz übergehen und dort unabsehbaren Schaden anrichten. Umgekehrt könnte bei Störungen in der Starkstromanlage deren Hochspannung auf den Blitzableiter und damit auf das Haus samt seinen Rohrleitungen usw. übertreten.

17. Entwerfen und Verlegen der Blitzableiter.

Beim Entwurf des Blitzableiters für ein gegebenes Gebäude hat man der Bedeutung der Erdleitung entsprechend von dieser auszugehen. Hierzu stellt man fest, welche Punkte der Umgebung als Einschlags- oder Entladungsstellen in Betracht kommen und bestimmt hiernach die Verteilung der Erdleitung mit etwaigen Ausläufern. Der nächst wichtige Bestandteil ist die Dachleitung. Hier sind vor allem diejenigen Stellen auszusuchen, die als Einschlagpunkte anzusehen und in erster Linie zu sichern sind. Hieraus ergibt sich die der Eigenart des Dachs angepaßte Ausbildung der Auffang- und sonstigen Dach-

leitungen und ferner die Verbindung der Dachleitungen mit der Erdung durch die Ableitungen an der Hauswand entlang.

Es kann gar nicht dringend genug empfohlen werden, daß sich die Architekten und besonders die Baumeister auf dem Land mit den Grundsätzen des Blitzableiterbaues eingehend vertraut machen und dazu beitragen, daß überhaupt der Blitzschutz in den Entwurf eines Gebäudes von vornherein einbezogen und dadurch zugleich für die Bauherrschaft mit den geringstmöglichen Kosten ausführbar wird. Es ist oben mit genügender Deutlichkeit auseinandergesetzt, wie oft durch Blechverwahrungen an den Dächern und Giebelsäumen, durch Dachrinnen und Abfallrohre und Einbeziehung der Wasserleitung ein nahezu kostenloser Blitzschutz hergestellt werden kann, dazu gehört nur die einmalige richtige Überlegung beim Entwurf. Außerdem tritt eine wesentliche Verbilligung und Erleichterung der Ausführung ein, wenn die Reihenfolge der für den Blitzschutz nötigen Arbeiten einschließlich der Grabarbeiten gleich im voraus in den allgemeinen Baufortschritt richtig eingefügt wird. Die Kosten eines Blitzableiters sind bei Beachtung dieser Ratschläge im Vergleich zu den sonstigen Baukosten so gering, daß sie im Hinblick auf die Beruhigung der Insassen gar nicht mehr ernstlich ins Gewicht fallen.

An einfachen Gebäuden kann jeder erfahrene Handwerksmann einen zuverlässigen Blitzschutz anbringen, wenn er sich an die Leitsätze hält und Gewähr für sachgemäße Ausführung bietet. Selbstverständlich muß er sich mit den Leitsätzen in ihrem Wortlaut und in ihrer jeweiligen Anwendung auf den Einzelfall ernsthaft vertraut machen, er muß insbesondere bedenken, daß die Leitsätze der Niederschlag einer sehr alten und reichen Erfahrung sind und daß daher eigensinnige Abweichungen bei der un-

berechenbaren Natur des Blitzes zu den schwersten Rückschlägen führen könnten.

Für große Anlagen — und dazu rechnen auch solche auf ausgedehnten Gehöften — ist es ratsam, geübte und fachkundige Firmen heranzuziehen. Schon die Gefahr, daß durch unkundige Arbeiter Schäden am fertigen oder halbfertigen Dach verursacht werden können, rät zur Vorsicht.

Jeder Blitzableiter ist durch eine Zeichnung in seinen Einzelheiten festzulegen, nur so sind die in längeren Zeiträumen und bei Einschlag erforderlichen Prüfungen sachgemäß und ohne unnötigen Zeitaufwand durchzuführen. Für einfache Gebäude genügt eine Handskizze oder die Einzelzeichnung in vorhandene Baupläne, dabei ist die genaue Lage der Erdleitung festzuhalten. Für größere Gebäude ist eine Zeichnung mit den in den Erläuterungen angeführten Einzelheiten auszuarbeiten, sie dient zugleich zur Eintragung etwaiger Änderungen sowie der stattgehabten Prüfungen.

IV. Sonderausführungen.

18. Eisenbauten, Eisenbetonbauten, Eisendächer.

Ein ganz aus Eisen oder beispielsweise aus Wellblech hergestelltes Gebäude bedarf naturgemäß keiner besonderen Leitungen am Dach und an den Wänden, der Blitzstrom wird sich in den Eisenteilen nach allen Richtungen verteilen. Gründlich zu untersuchen ist aber die Frage der Erdung. Wenn ein Eisenbau mit breiten Flächen allseitig auf einem Mauer- oder Betonsockel steht, so kann der Blitz unter Umständen, wie die Erfahrung selbst an gewöhnlichen Gebäuden lehrt, durch den dargebotenen großen Querschnitt des Sockels unschädlich abfließen, aber es dürfte kaum zulässig sein, sich allgemein hierauf zu ver-

lassen. Man wird also an mehreren Stellen des Gebäudes den Sockel überbrücken und eine Erdung wie sonst herstellen. Nur dann, wenn die Eisenteile tief im feuchten Boden gegründet sind, werden sie ähnlich wie eine Wasserleitung in sich selbst eine ausreichende Erdung darstellen. Schlecht geerdet sind sie aber immer dann, wenn sie in Betonkörper eingelassen sind.

Bei Eisenbetonbauten wird man annehmen dürfen, daß die innige Verflechtung der Eiseneinlagen im ganzen Bau eine für den Blitz genügend leitende Verbindung herstellt, auch wenn die Eiseneinlagen sich nicht nach allen Richtungen zu einer galvanisch leitenden Metallader vereinigen. Dagegen wird man für den Ein- und Austritt des Blitzes Vorsorge treffen müssen. Ist auch das Dach von Eisenbeton, so wird bei der Bauausführung streng darauf geachtet, daß kein blankes Eisen herauschaut, weil die Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Betoneisenbauten auf der innigen Haftung des Zements am Eisen beruht. Der Blitz müßte also an der Eintrittsstelle die Zementschicht durchschlagen. Dadurch kann eine mehr oder minder große Beschädigung der Decke eintreten, und diese kann, auch wenn sie klein ist und sich dadurch der sofortigen Entdeckung entzieht, mit der Zeit zu weiteren Schäden am Gebäude führen. Von den Eiseneinlagen sind daher Auffangvorrichtungen nach oben zu führen, es genügt die Verlängerung einzelner Einlagen bis über die Dachhaut, wenn die Einlagen die für Blitzableiter vorgeschriebenen Abmessungen haben. Diese kleinen Auffangspitzen schützt man gegen Witterungseinflüsse am besten durch Einbetten in Zement, der auf das Eisen als Brei aufgetragen wird. Unter Umständen wird es sich empfehlen, an First und Traufkanten besondere Leitungen aus Eisen von genügendem Querschnitt mit einzustampfen und deren Enden an

die abwärtsführenden Einlagen anzuschließen. Die Dachrinnen und Abfallrohre sind wie sonst zu behandeln ebenso Wasserleitungen usw. im Innern.

Steht das Eisenbetongebäude auf einem besonderen Sockel, so ist dieser wie bei Eisenbauten zu überbrücken. Gehen die das Gebäude tragenden Eisenbetonpfeiler in solche Tiefe, daß sie dauernd im Grundwasser oder in durchtränkter Erde stehen, so werden sie eine genügende Erdung aufweisen. Anderenfalls sind die Pfeiler am Grund oder wenigstens nach Art der Oberflächenleitung durch eine Ringleitung miteinander zu verbinden.

Der Anschluß der Eiseneinlagen an solche Leitungen, an Dachrinnen usw. erfolgt durch rohrscheidenartige Verbindungsstücke.

Die Anbringung von Blitzableitern, insbesondere von Auffangstangen auf eisernen Dächern ist eine Gedankenlosigkeit. Ein gewisser Unterschied ist zu machen zwischen eisernen Dachstühlen mit metallischer Dachhaut und solchen mit weniger gutleitender Bedeckung, etwa mit Ziegeln. Im letzteren Fall wird man an den Einschlagstellen kleine Auffangvorrichtungen anbringen, damit nicht der Blitz die Ziegel zertrümmert, die Ausführung ist sinngemäß die gleiche wie bei Eisenbetondächern.

Die Ableitungen von Eisendächern sind ebenso wie von anderen Dächern auszuführen, dem Anschluß innerer Metallmassen ist nachdrückliche Aufmerksamkeit zu widmen.

19. Kirchen.

Die Blitzgefahr bei Kirchen mit Kirchtürmen ist nach Findeisen mehr als 20 mal so groß wie bei gewöhnlichen Wohngebäuden. Der Blitzschutz der Kirchen ist darum besonders wichtig. Er rechtfertigt sich trotz der meist erheb-

lichen Kosten zunächst allgemein mit Rücksicht auf die bestimmungsgemäß in der Kirche stattfindende Ansammlung von Menschen, dann aber auch durch die großen Kosten, die im Fall des Einschlags durch notwendige Ausbesserungen an schwer zugänglichen Teilen des Turms entstehen, und schließlich durch die oft recht bedeutenden Werte an Kunstdenkmälern in den Kirchen.

Gerade wegen der Schwierigkeit von Ausbesserungsarbeiten ist der Blitzableiter an den Kirchtürmen mit besonderer Sorgfalt herzustellen, er ist auch immer auf lange Dauer berechnet. Schäden am Blitzableiter sind schwer zu entdecken. Alles das rechtfertigt die Verwendung von Leitungen, deren Abmessungen über die sonst übliche Größe hinausgehen. Auch die Verlegung und Befestigung muß durchaus einwandfrei sein.

Türme von mehr als 30 m Höhe erhalten grundsätzlich 2 Ableitungen. Ist der Turm mit kupfernen Aufsätzen, Bedachungen oder Bekleidungen versehen, so ist für die Blitzableitung unbedingt Kupfer zu wählen. Eisen wird durch das vom Kupfer herabrinne Wasser in kürzester Frist zerstört. Bei Zinkabdeckungen sind verzinkte eiserne Leitungen zu verwenden.

Der Turm, und wenn er noch so hoch ist, schützt das Schiff der Kirche nicht vor Blitzschlag. Das Schiff erhält darum eine selbständige Blitzableitung wie jedes andere Gebäude. Die über den First des Schiffes führende Leitung kann mit der einen Ableitung des Turmes verbunden werden, der Übergang vom senkrechten in den wagrechten Teil erfolgt in großem Bogen. Die Firstleitung ist auch über die Querschiffe auszudehnen und von den Enden des Querfirstes zur Erde herunterzuführen.

Auch im Inneren sind die erforderlichen Anschlüsse vorzusehen. Die eine Ableitung des Turmes kann im

Inneren herabgeführt und an dort befindliche Metallmassen, vor allem den Glockenstuhl und die Uhr und ihr oft weit verzweigtes Gestänge angeschlossen werden. Hängen Uhr-gewichte an eisernen Seilen weit herab, oder gehen Uhr-transmissionen oder ähnliche Metallteile tief herunter, so ist die innere Ableitung erst unterhalb dieser Teile wieder nach außen zu führen.

Heizungsanlagen haben meist eine große wagrechte Ausdehnung und werden dann an den äußersten Enden geerdet.

Die Erdung ist bei Kirchen vielfach nicht einfach auszuführen, wenn die Kirchen allein stehen, hier darf aber keinesfalls gespart werden. Die Ableitungen sind durch eine Ringleitung zusammenzufassen und von dieser sind Abzweigungen nach Entladestellen wie Brunnen, Grundwasser, Erdungen benachbarter Gebäude usw. zu legen. Wasser- und Gasleitungen sind auch dann anzuschließen, wenn sie in beträchtlicher Entfernung von der Kirche vorhanden sind. Die Erdung von Starkstromanlagen darf keinesfalls herangezogen werden, die Gründe sind dieselben wie S. 106 auseinandergesetzt. Es bedarf im übrigen keiner besonderen Begründung, daß der aus vielfältiger Erfahrung nachgewiesenen Heftigkeit der Blitzschläge in Kirchtürme auch eine gleichwertige Erdung entsprechen muß.

20. Fabrikschornsteine.

Fabrikschornsteine und andere Schornsteine ähnlichen Ausmaßes werden häufig durch den Blitz dermaßen zertrümmert, daß sie durch neue ersetzt werden müssen. Besteht dabei je nach der örtlichen Lage keine Möglichkeit, den Schornstein zu sprengen oder umzulegen, so verursacht die Abtragung Kosten in fast gleicher Höhe wie der Neubau.

Die beste Auffangvorrichtung bilden eiserne Deckplatten. Sie müssen unter sich und mit der Ableitung zuverlässig verbunden sein und erhalten Auffangstangen in Form kürzerer nach oben stehender Metallstücke. Man rechnet auf je 1 m lichten Durchmesser des Schornsteins eine solche Auffangstange, auch bei kleineren Schornsteinen sollen mindestens 2 angebracht werden.

Wo Deckplatten fehlen, verwendet man eiserne Ringe aus starkem Band-, Winkel- oder Rundeisen mit gleichmäßig verteilten Auffangstangen der beschriebenen Art. Schließlich kann man auch seitlich am Schornstein Massiv-eisenstangen anbringen, die etwa 1 m über die Krone hinausragen und bis mindestens 2 m unterhalb reichen.

Bei allen diesen Teilen ist auf genügende Festigkeit gegenüber den starken mechanischen Beanspruchungen und den Einflüssen der Rauchgase zu achten. Eisenteile sollen darum wenigstens 250 mm² Querschnitt (etwa 20 mm Rundeisen entsprechend), Flacheisen nicht unter 10 mm Stärke besitzen. Kupfer wird von den Rauchgasen leicht angegriffen. Die Rauchgase wirbeln namentlich auf der der Windrichtung entgegengesetzten Seite bis auf einige Meter unterhalb der Mündung. Darum ist möglichst der ganze Blitzableiter auf derjenigen Seite unterzubringen, die vom Wind der vorherrschenden Strömung (überwiegend West) bespült wird. Die im Bereich der Rauchgase liegenden Eisenteile werden am besten mit einer Schutzschicht (Zement) umgeben.

Bei Schornsteinen von mehr als 30 m Höhe werden 2 Ableitungen empfohlen. Deren Querschnitte sollen den Abmessungen für unverzweigte Leitungen entsprechen. Der Anschluß an die Auffangvorrichtung ist so auszuführen, daß die Leitung nicht durch ihr eigenes Gewicht abgerissen wird und sich auch bei Stürmen nicht lockert.

Bei außen angebrachten Steigeisen soll die Ableitung an diesen befestigt oder mit diesen verbunden werden. Sonstige Metallteile wie Bandagen sind anzuschließen.

Bei nicht freistehenden Schornsteinen (Ringöfen usw.) sollen die Ableitungen nicht nur durch das Gebäude hindurch, sondern möglichst auch über das Dach verlegt werden. In dem Winkel, der von Dachfläche und Kamin gebildet wird, sind die Ableitungen im Bogen von möglichst großem Halbmesser zu verlegen.

Für die Erdung gelten sinngemäß die für Kirchtürme angeführten Regeln.

Eiserne Schornsteine brauchen selbstverständlich keinen besonderen Blitzableiter, aber auf alle Fälle eine ausreichende Erdung.

21. Windmühlen.

Wie die Kirchen und Fabrikschornsteine sind die Windmühlen und die Windmotoren infolge ihrer Höhe und ausgesetzten Lage ein häufiges Ziel der Blitzschläge, der staubfeine Inhalt und die meist reichlichen Holzmassen erhöhen die Gefahr der Zündung und den Umfang des dann eintretenden Schadens. Bei den Windmühlen liegt die Schwierigkeit des Blitzschutzes in der Beweglichkeit der Kappe und der Ruten, und diese Teile sind gerade vorzugsweise gefährdet. Die Ruten sollen daher, wenn irgend möglich, Leitungen erhalten, die auf die eiserne Welle übergehen, anderenfalls ist die zum Schutz der Kappe ohnedies nötige Auffangstange so hoch auszuführen, daß sie die höchste Rutenstellung noch um mindestens einen halben Meter überragt.

Nähere Anweisungen für die Ausführung finden sich im Anhang 3 der Erläuterungen. Die Erdleitung ist auch hier

besonders wichtig, Erdplatten allein genügen im allgemeinen nicht. Auf Erdwälle, Eisenstangen, Ketten und dergleichen ist sorgfältig Rücksicht zu nehmen.

An den Windmotoren mit ihren turmartigen Eisenkonstruktionen ist der Schaden im allgemeinen geringer, doch bilden sie sehr wirksame Auffangstangen, von denen der Strom unschädlich abfließen muß, sollen nicht am unteren Ende Personen durch den abspringenden Blitz getroffen werden. Es muß also eine gute Erdleitung vorhanden und mit der Eisenmasse an der Haupt- oder Transmissionswelle oder deren Lager verbunden sein. Steht das Gerüst auf einem Mauersockel, so genügt die Verbindung der Erdleitung mit einem oder mehreren Füßen des Gerüsts.

22. Weichgedeckte Gebäude.

Die weichgedeckten Gebäude tragen mit die Hauptschuld an der Größe des auf dem Land entstehenden Blitzschadens. Beim Einschlag entsteht meist ein Vollschaden, indem das ganze Gebäude sofort in Flammen steht, ferner kann durch Flugfeuer der Schaden sich leicht auch auf die Umgebung verbreiten.

Die Zündungsgefahr wird in hervorragendem Maß durch Drahteinlagen in den Stroh-, Rohr-, Schilf- und Schindeldächern erhöht. Wie schon an anderer Stelle hervorgehoben, brennt beim Eindringen des Blitzes in Heu und Stroh meistens gleich das Gebäude im ganzen Umfang, so daß es für das Gebäude samt Inhalt keine Rettung mehr gibt.

Bei Dächern dieser Art muß der Blitzstrom künstlich in genügender Entfernung von der Dachfläche gehalten werden. Die Leitungen werden daher auf hölzernen Stützen

angebracht, so daß sie von der Dachfläche mindestens 40 cm Abstand haben. Die Leitungen sollen das Dach wegen der Drahteinlagen möglichst nicht durchdringen. Wo sich das ausnahmsweise nicht durchführen lassen sollte, sind die Leitungen so stark mit Holz zu umkleiden, daß sie vom Dach und von den Vorräten im Inneren gründlich getrennt sind.

Die Fangvorrichtungen auf dem First sollen wenigstens 50 cm Abstand vom First haben, auf die Enden des Firstes ist je eine Auffangvorrichtung zu setzen. Von jeder Fangvorrichtung soll eine Ableitung zur Erde geführt werden, die am untersten Punkt der Fangvorrichtung angeschlossen wird.

An die Erdleitung sind alle bevorzugten Entladestellen anzuschließen (Jauchegruben und andere feuchte Stellen). Im übrigen wird eine Ringleitung empfohlen.

Schornsteine, innere Metallteile usw. sind wie bei anderen Gebäuden zu behandeln.

23. Besonders wichtige und besonders gefährdete Gebäude.

Als im Sinne des Blitzschutzes besonders wichtig bezeichnet man Gebäude, in denen Menschenansammlungen stattfinden (Beispiele: Kirchen, Schulen, Anstalten, Fabriken, Gasthöfe), deren Zerstörung die ganze Bevölkerung in Mitleidenschaft zieht (Wasser-, Gas-, Elektrizitätswerke, Speicher), solche mit wertvollem Inhalt (Museen, Büchereien).

Als besonders gefährdet bezeichnet man solche, die dem Blitzschlag durch Höhe, Lage, Bauweise u. a. besonders ausgesetzt oder die durch ihren Inhalt im Fall der Zündung besonders gefährlich sind (Türme, Schornsteine,

Mühlen, Scheunen, alleinstehende oder schon vom Blitz getroffene Häuser, Fabriken und Lager leichtentzündlicher Stoffe, weichgedeckte Gebäude).

Zum größten Teil sind diese Fälle in den vorangehenden Abschnitten behandelt, im übrigen ist unter Hintansetzung der Kostenfrage bei diesen Gebäuden allgemein durch reichliche Bemessung der Zahl und Stärke der Leitungen und sorgfältige Abwägung der durch Lage und Eigenart der Gebäude gebotenen Ausführung ein erhöhter Blitzschutz durchzuführen. Einzelne Sonderfälle haben im Anhang zu den Leitsätzen eigene Behandlung durch den ABB gefunden.

24. Schutz ganzer Ortschaften, Siedlungen usw.

Bei der gemeindeweisen Herstellung der Blitzableiter tritt eine wirksame Verbilligung der Anlage für den einzelnen Gebäudeinhaber ein, die sich aus der Vereinfachung der Entwurfs- und Ausführungsarbeiten und aus der Vereinfachung der technischen Einrichtung zusammensetzt. In vielen Fällen wäre mit einer gemeinsamen Firstleitung über die Dächer einer Häuserreihe hinweg und einer gemeinsamen Erdleitung auszukommen, die an den einzelnen Häusern über deren Metallteile, Regenrohre usw. anzuschließen wäre. Die Erdleitung kommt in ihrer ganzen Länge jedem einzelnen Hausbesitzer zu gut, dieser hat aber nur für die anteiligen Kosten auf die Länge seiner Hausfront aufzukommen. Zudem kann meist die Erdleitung durch die vorhandene Gemeindewasserleitung ersetzt werden.

Im Bereich von Elektrizitätswerken mit geerdetem Nullleiter kann dieser selbst oder es kann eine gemeinsame Erdung aller Dachständer als Blitzableiter dienen. Solche

Ausführungen sind an ein durchgreifendes Handinhandarbeiten mit dem Elektrizitätswerk gebunden, die Gründe sind S. 106 auseinandergesetzt.

Leider steht solcher zielbewußten Gemeinschaftsarbeit vielfach die Eigenbrödelei der Hausbesitzer entgegen, in gewitterreichen Gegenden steht auf diesem Gebiet tatkräftigen Gemeindevorstehern ein reiches und dankbares Feld der Betätigung offen¹⁾.

Bei der heute vielfach üblichen reihenweisen Herstellung von Siedlungs- und Kleinwohnungsbauten genügt die beim Entwurf einsetzende wohlüberlegte Heranziehung der Metallteile am Dach, der Dachrinnen, Dunstrohre, der Wasserleitung usw., um einen vollwertigen und dennoch nahezu oder ganz kostenlosen Blitzschutz durchzuführen. Auch diese Möglichkeit weist auf die schon mehrfach hervorgehobene Verpflichtung der Architekten und Baumeister hin, sich mit allgemeinen Fragen des Blitzschutzes eingehend zu beschäftigen.

V. Prüfung der Blitzableiter.

25. Prüfung durch Besichtigung.

In früheren Jahren hat man sich viele Mühe gegeben, die Güte des Blitzableiters durch die Messung des Leitungswiderstandes aller Teile, auch der oberirdisch gelegenen, festzustellen. Aus den vorangehenden Darlegungen über

¹⁾ Eine mustergültige Anlage solcher Art, zwar nicht mit gemeinsamem Hauptleiter, aber einheitlich geplant und ausgeführt, ist in Sulzdorf bei Schw. Hall dank dem zielbewußten Eingreifen des Ortsvorstands von dem langjährigen Mitarbeiter Findeisens, Obermeister Vötter aus Stuttgart, ausgeführt worden. In der alljährlich von schweren Gewittern heimgesuchten Ortschaft haben die früher häufigen Blitzschäden seither aufgehört, und diese Tatsache hat auch die anfangs widerstrebenden Einwohner zu überzeugten Anhängern des Systems gemacht.

den Verlauf des Blitzes im Blitzableiter und aus der sich hieraus ergebenden technischen Ausführung der Blitzableiter und insbesondere der in ihnen eingebauten Leitungsverbindungen ist deutlich zu entnehmen, daß an den Außenteilen der Blitzableiter Messungen unter Verwendung niedriggespannter Gleich- oder Wechselströme als ziemlich zwecklos oder gar irreführend zu betrachten sind. Die sich nur lose berührenden und vielleicht durch eine Oxydschicht oder durch Ölfarbenanstrich elektrisch voneinander getrennten Firstbleche oder ähnliche Teile lassen bei der Prüfung mit solchen Strömen diese überhaupt nicht durch und ergeben damit den Leitwert Null, während sie für den Blitzstrom dank seiner Eigenschaft, sich wie hochfrequenter Wechselstrom zu verhalten, völlig durchlässig sind. Andererseits ergibt z. B. die Verbindung von 2 Drähten durch einen einzigen Tropfen Lötzinn bei derartiger Prüfung eine ganz erträgliche Leitfähigkeit, während der Blitz sich durch einen so engen Metallquerschnitt nicht hindurchwinden kann, sondern an dieser Stelle als Funke auftreten wird.

Immer wieder haben wir betont, daß an allen Verbindungsstellen eine reichliche Berührungsfläche vorhanden sein muß, und diese sowie die Festigkeit der Verbindung gegenüber mechanischen Beanspruchungen läßt sich durch die Besichtigung in einwandfreier Weise nachprüfen.

Eine solche Prüfung des Blitzableiters durch Besichtigung empfiehlt sich nach Fertigstellung eines Gebäudes, um festzustellen, ob der Blitzableiter in allen Teilen zum Gebäude im richtigen Verhältnis steht, ob beispielsweise alle diejenigen Bauteile am Dach usw. angeschlossen sind, die vielleicht bei Ausführung des Blitzableiters selbst noch im Bau begriffen waren. Für Ausbesserungen und Instand-

setzungen am Gebäude gilt dasselbe. Hat der Blitz eingeschlagen oder besteht der Verdacht, daß er eingeschlagen hat, findet gleichfalls Besichtigung statt.

Soweit kein besonderer Anlaß zu solchen Prüfungen geführt hat, werden sie in regelmäßigen Zwischenräumen spätestens nach je 6 Jahren vorgenommen, um etwaige Verschlechterungen der Anlage durch Verrosten usw. festzustellen und für Abhilfe zu sorgen. Die Prüfung kann durch den Hausbesitzer oder den Verfertiger der Anlage erfolgen, und zwar möglichst vor Beginn der Gewitterzeit des Jahres, also im März oder April. Für schwer zugängliche Stellen nimmt man das Fernglas zu Hilfe. Die besonders wichtigen Gebäude sind von Fachleuten in kürzeren Zwischenräumen zu prüfen.

Die in manchen Städten bestehende Vorschrift, daß alle Blitzableiter in regelmäßigen kurzen Zwischenräumen von Fachleuten zu prüfen sind, hat für besonders wichtige und besonders gefährdete Gebäude einen Sinn, für gewöhnliche Gebäude bedeutet sie aber nur eine unnötige Verteuerung und hindert damit die Verbreitung des Blitzableiters, ist also schädlich.

26. Elektrische Prüfung.

Die Güte des Blitzableiters steht und fällt mit der Güte seiner Erdleitung. Zu deren Prüfung steht uns vorläufig kein besseres Hilfsmittel zur Verfügung als die Prüfung mit elektrischem Strom.

Bei Neuanlagen wird der Hersteller des Blitzableiters niemals versäumen, sich von dem Widerstand der Erdleitung durch eine Messung zu überzeugen. Denn nur durch dauernde Beobachtung der Wechselwirkung zwischen der gewählten Ausführung und den örtlichen Verhältnissen kann sich der Blitzableiterbauer die nötige Gewandtheit in

der Beurteilung der in jedem Einzelfall verschiedenen örtlichen Zustände und in deren Beherrschung durch zweckmäßig angelegte Blitzableiter erwerben. Leider fehlt uns heute noch ein sachlich begründeter Maßstab für das tatsächliche Verhalten der Erdleitung gegenüber dem Blitzstrom, wenn sie gegenüber dem Prüfstrom einen bestimmten Widerstand ergeben hat. Nur aus Mangel an einer zutreffenderen Prüfweise machen wir die Annahme, daß sich eine Erdleitung mit geringem Widerstand, wie er sich bei der üblichen Messung mit Schwachstrom ergibt, auch für die Ableitung des Blitzstromes günstig verhalten werde. Darum lassen sich auch keine zahlenmäßig bestimmten Werte des Widerstands, die höchstens erreicht werden dürfen, um die Erdleitung als gut zu kennzeichnen, angeben. Die Erfahrung gibt allerdings gewisse Anhaltspunkte. So soll der Widerstand der an Wasser- oder Gasleitungen angeschlossenen Erdung möglichst unter 1 Ohm bleiben. Für die übrigen Erdungen erhält man Werte von meist 5—30 Ohm, unter ungünstigen Verhältnissen steigt aber der Widerstand auf wesentlich höhere Werte.

Selbstverständlich sucht man durch die den örtlichen Verhältnissen angepaßte Bauart der Erdleitung den geringstmöglichen Widerstand zu erzielen. Wo keine Rohrleitungen vorhanden sind und der Boden trocken oder felsig ist, kann der Widerstand der Erdung nicht ohne unverhältnismäßig großen Aufwand herabgedrückt werden. Ein hoher Widerstandswert in Ohm gemessen darf aber darum nicht beunruhigen, wenn nur die schon mehrfach hervorgehobene Bedingung erfüllt ist, daß die Erdleitung dem Blitz den besten im Umkreis erreichbaren Weg anbietet. Der gleiche Gedanke ist von den Erläuterungen in die Worte gekleidet: Der Erdwiderstand der Blitzableiteranlage muß der geringste aller in der Nähe er-

reichbaren Erdwiderstände sein. Darum ist es Sache des erfahrenen Fachmannes, die Stellen des geringsten Erdwiderstandes herauszufinden und mit den wirksamsten Mitteln anzuschließen; die Frage, ob und wie weit diese Absicht erreicht ist, beantwortet ihm die Messung. Und jede Neuanlage, umsichtig geplant und sorgfältig durchgemessen, bildet ein neues wertvolles Glied in der Kette der zusammenhängenden Erfahrungen, die den Fachmann kennzeichnen.

Da die Freilegung der Erdleitung zum Zwecke der Prüfung ihres Erhaltungszustandes meist nicht durchführbar ist, bleibt ebenso wie zur Prüfung im neuen Zustand auch zu den wiederkehrenden Prüfungen nur die elektrische Prüfung übrig. Gleichwohl wird man nicht versäumen dürfen, gerade an der Übergangsstelle von der oberirdischen zur unterirdischen Führung der Leitung durch Aufgraben auf geringe Tiefe festzustellen, ob etwa die hier besonders heftigen Zerstörungen durch chemische Einflüsse den Zusammenhang zu unterbrechen drohen. Vgl. S. 56.

Um die elektrische Prüfung durchzuführen, muß die Leitung oberhalb des Eintritts in die Erde unterbrochen werden können, es wird hier eine Prüfklemme (Trennmuffe) angebracht, wie sie in Abb. 25, S. 75 dargestellt ist, auch die Übergangsstellen von der Dachrinne zur Erde können die Eigenschaft von Trenn- und Prüfmuffen aufweisen.

Um die Messung des Erdwiderstandes vornehmen zu können, braucht man außer diesem selbst noch zwei weitere Erdwiderstände, sie können von vorhandenen, für sich abschaltbaren Erdungen gebildet oder in Form von Drähten oder Platten vorübergehend eingegraben werden. Die älteren Meßinstrumente verlangten die Feststellung des

zwischen je zwei der 3 Erdungen auftretenden Widerstandes, und aus den 3 gefundenen Werten mußte durch Rechnung der gesuchte Widerstand der einen Erdung herausgerechnet werden. Es ist klar, daß diese umständliche Art der Messung und erst recht die notwendige Rechnung vielfältigen Anlaß zu Irrtümern und Ungenauigkeiten gab. Es ist darum zu begrüßen, daß endlich Meßvorrichtungen gebaut werden, die zwar ebenfalls mit im ganzen 3 Anschlüssen an die Erde arbeiten, die aber trotzdem gestatten, den Widerstand der geprüften Erdung mit einer einmaligen Einstellung unmittelbar in Ohm abzulesen¹⁾.

VI. Kosten der Blitzableiter.

Bei der aufs engste an die Gebäude angeschmiegtten Bauart der Blitzableiter fallen naturgemäß deren Kosten ebenso verschieden aus wie die Hausbaukosten selbst. Wegen der vielseitigen Möglichkeiten, den Blitzableiter in derbkräftiger Ausführung als besondere Leitung vom Dach bis zur Erde oder aber unter weitgehender Vermeidung besonderer Leitungen unter Heranziehung aller sich sinnvoll einfügenden Bauteile herzustellen, läßt sich auch kein bestimmter Kostenanteil des Blitzableiters an den Hauskosten angeben. Und doch besteht ein Bedürfnis, wenigstens Anhaltspunkte für die Kosten der Blitzableiter zu finden. An Hand der nachfolgenden Skizzen sind die ungefähren Kosten für einfache Fälle berechnet.

Das Gebäude, von dem die Abb. 38 die Draufsicht auf das Dach zeigt (ähnlich der Anordnung der Abb. 34, S. 90, mit geradem First), möge zunächst als landwirtschaftliches

¹⁾ Siemens-Zeitschrift Heft 5, 1926, Druckschriften von Hartmann & Braun, A.-G. in Frankfurt a. M., und von Jenisch & Böhmer in Berlin S. 14.

Gebäude der einfachsten Art, als Feldscheune oder dergleichen angesehen werden. Ist sie aus Holz mit weichem Dach erbaut, so werden die darin lagernden Vorräte im Falle eines Blitzschlages das Schicksal der auf Seite 45 angeführten Beispiele teilen, der Bericht darüber wird den während der sommerlichen Gewitterperiode in allen Zei-

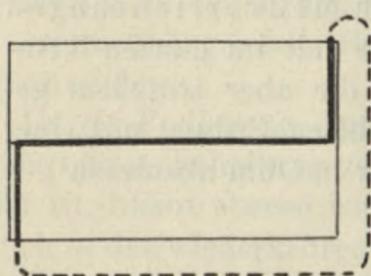


Abb. 38.

tungen so häufig wiederkehrenden Wortlaut aufweisen: das Haus stand sofort in ganzem Umfang in Flammen. Der Landwirt verhindert den Schaden, wenn er in der durch die starke Linie angedeuteten Form einen Leiter über den First, an den Giebelsäumen entlang, zum Boden führt und dort in einem

Graben die Enden zu einem Ring vereinigt. Unterzieht er sich selbst der Verlegungsarbeit, so kommt er mit den Anschaffungskosten für etwa 40 m Kabel, mit 25 mm² Querschnitt in Kupfer oder einem stärkeren Querschnitt in Eisen, und für einige Verbindungsklemmen, je nach der Einteilung des Kabels in verschiedene, zur Verlegung passende Stücke aus. Dann bleibt der Preis des ganzen jahrelang unverwüstlichen Blitzableiters unter 20 Mark, er wird noch niedriger, wenn man sich mit geringerem Sicherheitsgrad begnügt und die Leitung nur an einer Seite herunterführt. Vorhandene Metallteile, wie Firstblech, Dachrinne usw., dienen gleichfalls zur Verbilligung des Blitzableiters.

Nun betrachten wir dieselbe Skizze als Darstellung eines gleichfalls einstockigen, aber wertvolleren Gebäudes, das mit einem in jeder Beziehung einwandfreien Blitzableiter auszustatten ist. Dazu werden benötigt zwei

kleine Auffangspitzen an den Giebeln, 20 m Gebäudeleitung und 22 m Erdleitung, wofür Kupferseil von 25 mm² gewählt werde, 2 Trennstellen zur Prüfung der Erdleitung und 2 Schutzvorrichtungen am Übergang der Leitung in den Boden. Alles das kostet fertig verlegt etwa 90 Mark.

Wenn das Gebäude desselben Grundrisses mehrere Stockwerke, einen Schornstein und Wasserleitung besitzt, so werden die Gebäudeleitungen länger und es kommen die Anschlüsse an den Schornstein mit einer kleinen Auffangspitze, an die Dachrinnen, die Abfallrohre und die Wasserleitung hinzu. Dann kostet der Blitzableiter fertig verlegt etwa 145 Mark. Die Preise hängen natürlich einigermaßen von den jeweils am Platz gültigen Lohnsätzen und den schwankenden Kupferpreisen ab, sie decken jedoch in jeder Hinsicht den Aufwand für einwandfreie Baustoffe und zuverlässige Arbeit.

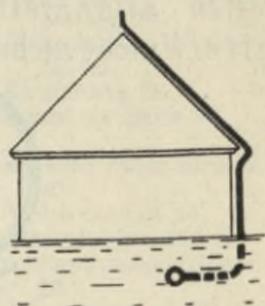


Abb. 39.

Schließlich möge noch in Abb. 39 ein Fall behandelt werden, der bei Kleinhaus- und Villenbauten vorkommen kann; dank einem steilen Kegeldach wird eine einzige Ableitung als genügend erachtet, die zur Wasserleitung führt. In bester Ausführung, die Gebäude- und Erdleitung aus Kupfer, kostet die Anlage mit einer Auffangspitze, einem Anschluß an die ringsum laufende Dachrinne und an die Wasserleitung, einer Trennstelle und Einführungsschutz samt Verlegung fertig 35 Mark.

Diese wenigen Beispiele werden hinreichen, um den an anderer Stelle im Anschluß an Findeisen eingeführten Mittelwert von 100 Mark für Blitzableiter an einfachen

Häusern zu rechtfertigen. Wer die Anlage des Blitzableiters schon beim Entwurf des Hauses richtig überlegt, kommt unter Umständen noch viel billiger weg. Darum darf man getrost behaupten, daß bei zeitgemäßer Ausführung die Kosten des Blitzableiters, in Anbetracht seiner Wirkung auf die Ruhe der Einwohner und die Sicherung der Hauses samt Hausrat, gegenüber den sonstigen Baukosten so weit in den Hintergrund treten, daß sie der wünschenswerten allgemeinen Ausbreitung des Blitzableiters nicht mehr hindernd im Weg stehen.

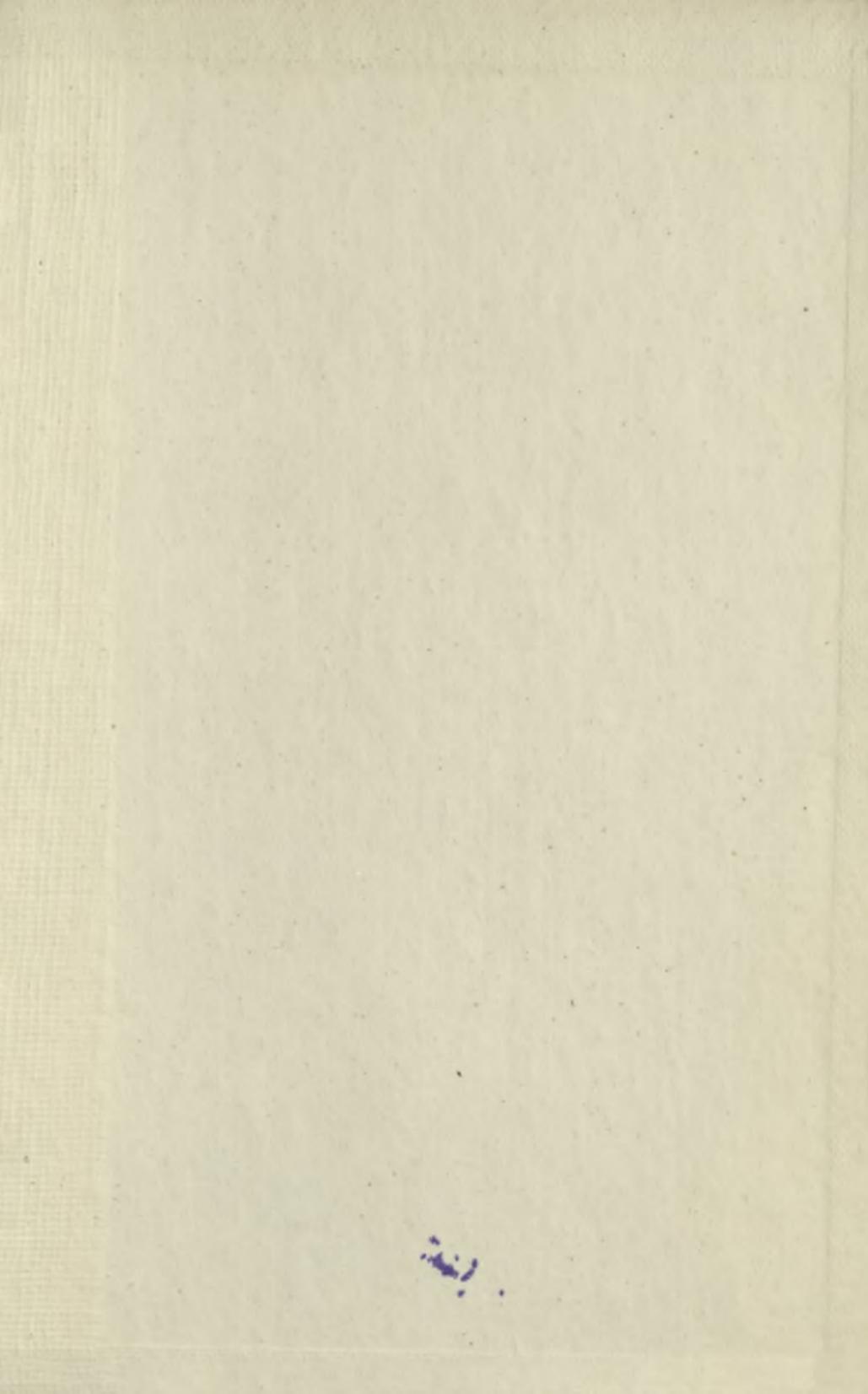


- | | | |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|
| ABB-Ausschuß für Blitzableiterbau 66. | Besichtigung z. Prüfung 118. | Dach, Dachstuhl aus Eisen 110. |
| Abfallrohre 50, 61, 92. | Blechteile 61. | — weichgedeckt 115. |
| Ableitungen 89. | Blei 69, 71, 73, 76, 101, 103. | Dachfläche 77, 86. |
| Abmessungen der Leiter 69. | Blitz, Entstehung und Verlauf 17. | Dachgestänge, Dachständer 86, 117. |
| Abspringen des Blitzes 58, 64, 92. | Blitzableiter Allgemeines 57. | Dachleitungen 77, 106. |
| Aluminium 71. | — Leitsätze des ABB 66. | Dachräume 46, 55. |
| Anschlußleitungen 65. | — natürliche 50, 52, 61. | Dachrinnen 50, 61, 89, 92. |
| Antennen 55. | — unvollkommene 57, 68. | Dauer des Blitzes 29. |
| Arbeit des Blitzes 27. | Blitze, positive und negative 28. | Donner 31. |
| Architekt und Blitzschutz 52, 62, 107. | — ruckweises Vordringen 25. | Draht als Leiter 72. |
| Ausschuß für Blitzableiterbau 66. | Blitzformen 30. | Ecken in Leitungen 58. |
| Bäche 97. | Blitzgefahr 53. | Einschläge, Häufigkeit 40. |
| Bänder als Leiter 72. | Blitzkanal 17, 20, 27. | — kalte und zündende 41. |
| — Verbindung 76. | Blitzköpfe 21, 28. | — wiederholte 56. |
| Bäume 53, 196. | Blitzlänge 27, 36. | — und Vorsichtsmaßregeln 55. |
| Baumeister und Blitzschutz 52, 62, 107. | Blitzschaden 39. | Einschlagpunkte am Gebäude 77. |
| Baustoffe der Blitzableiter 69. | Blitzschlag s. Einschlag. | — an der Erde 105. |
| Befestigung der Leiter 80, 90. | Blitzschutz, Allgemeines 32. | Eisen als Leiter 69, 71. |
| Beispiele von Blitzschlägen 44. | — herausg. v. ABB. 66. | Eisenbauten, Eisenbetonbauten 108. |
| | Bogen in Leitungen 58. | Eisendächer 108. |
| | Brandfälle 41, 43, 45. | Eisenkonstruktionen 65. |
| | Brunnen 96. | Eiskristalle, Eisnadeln 13. |
| | Bügel für Firstziegel 80. | |
| | Büschel 19, 28, 38. | |

- Elektrizität, positive und negative 6.
 Elektrizitätsmenge im Blitz 26.
 Elektrizitätsträger 8.
 Elektrizitätswerke 93, 106, 117.
 Elektronen 7, 20.
 Elmsfeuer 19, 31.
 Energie des Blitzes 27.
 Entladung, stille 6.
 — im Blitz 17, 24.
 Entladungspunkte 105.
 Entwerfen der Blitzableiter 52, 62, 106.
 Erder, Erdung 94.
 Erdplatten 95.
 Erdwiderstand 58, 93.
 Erläuterungen des ABB. 66.
 Fabrikschornsteine 112.
 Fäden der Lichtbüschel 19, 28, 38.
 Faradayscher Käfig 63.
 Fernsprechleitungen 55.
 First, Firstleitung 77.
 Firstbleche 51, 61, 81.
 Firstziegel 79.
 Franklin 5, 39.
 Frontgewitter 16.
 Funkempfangsanlagen 55.
 Funkenkanal 17, 20, 27.
 Gasleitungen 54, 65, 93, 103.
 Gasmesser 103.
 Gebäudeleitung s. Dach-, Ableitung.
 Gefährdung des Menschen 42, 53.
 — der Gebäude 40.
 Geschwindigkeit der Luftströme 10.
 — der Blitzköpfe 28.
 Gewitter, Hauptformen 13.
 — ältere Anschauungen 5, 29.
 — neuere Anschauungen 34.
 Gewitterbö 16.
 Gewitterhäufigkeit 40.
 Gewitterturm 15.
 Gleichstromwirkung 30.
 Graupelkörner 13.
 Grundwasser 96.
 Heizrohrleitungen 54, 65, 93.
 Heu als Brandursache 44, 46.
 Hochfrequenz 30, 59.
 Influenzelektrizität 11.
 Innenräume 38, 54, 56, 64.
 Ionen 8, 20, 23.
 Ionisierung 8, 28, 38, 56, 83.
 Kabel als Leiter 72, 100.
 Käfigschutz 63.
 Kappen als Abschluß 79, 86.
 Kirchen 110.
 Klemmen, Klemmverbindungen 73, 75, 88.
 Kokspackung 97.
 Kondensator 6, 34.
 Kosten des Blitzableiters 39, 123.
 Kugelblitz 30.
 Kupfer als Leiter 69.
 Ladung, Einheit 7.
 — der Erde 12.
 — der Luft 7.
 — der Niederschläge 10, 20, 26.
 Längenausdehnung durch Wärme 81.
 Lehmpackung 97.
 Leidener Flasche 5, 18.
 Leiter, Formen und Abmessungen 70.
 Leitsätze des ABB. 66.
 Leitwert des Funkenkanals 28.
 — von Kupfer 69.
 Leuchtfäden 19, 28, 38.
 Lichtbilder des Blitzes 17.
 Lötung 72.
 Marschrichtung der Blitzköpfe 20, 29.
 Maßregeln bei Blitzgefahr 53.
 Meßvorrichtungen 123.
 Metallteile als Blitzweg 49, 53.
 — am Dach 61, 63, 86.
 — im Inneren 54, 64, 67.
 Nebel 14.
 Netze aus Metalldraht 63, 100.
 Oberflächenleitungen 98.
 Ölfarbanstrich 51, 89, 119.
 Ortschaften, einheitlicher Blitzschutz 117.
 Perlschnurblitz 30.
 Prüfklemme 75, 112.
 Prüfung durch Besichtigung 118.
 — elektrische 120.
 Rauchgase 85, 113.
 Raumladung 9.
 Regentropfen, elektrische Ladung 10.
 Richtung des Blitzstromes 21, 28.
 Ringleitung 99.
 Rohre als Erder 98.
 Schäden durch Blitzschlag 40.
 Schleierwolken 14.
 Schneeflocken 13, 17.
 Schönewetterelektrizität 9, 32.
 Schornsteine 47, 77, 83.
 — Fabrik- 112.
 Schrauben 74, 76.
 Schutzkreis 33.
 Schutznetz 38, 63.
 Schutzrohr 85, 91.
 Seile als Leiter 72, 75, 100.
 Siedlungen, einheitlicher Blitzschutz 117.
 Sockel von Bauwerken 49, 109, 115.
 Sonderausführungen 108.
 Spannung des Blitzes 27.
 Spannungslinien in der Wolke 22.
 — an der Erde 32.
 — Umlagerung 54, 64.
 Spannungsunterschied auf die Länge 19, 23.
 Spitze als Abschluß 79, 85.
 Spitzenbüschel nach MelSENS 79.
 Spitzenwirkung 6, 19, 33, 78.
 Ställe 93.
 Starkstromanlagen 93, 106, 117.

- Steiggeschwindigkeit der Luft 10.
 Stroh als Brandursache 44, 46.
 Stromdichte im Funkenkanal 27.
 Stromstärke des Blitzes 26.
 Strömungsrichtung im Blitz 21, 28.
- Teilentladung 17, 25, 29.
 Träger der Elektrizität 8.
 Tropfenladung 10, 20.
- Überspringen des Blitzes 58, 64, 92.
 Umführungen von Leitungen 60.
 Umlagerung der Spannung 54, 64.
 Untersuchung der Blitzableiter 118.
- Verbindungsklemmen 75.
 Verbindungsstellen 68, 72, 89, 101.
 Verlegen der Blitzableiter 106.
 Verputz 49, 90.
 Verschiebungsströme 54, 64.
 Versicherung gegen Blitzschaden 44.
 Verwehung des Blitzes 17.
 — der Ladungen 37.
 Verzweigung des Blitzes 24, 46.
- Wald 53.
 Wärmegewitter 13.
 Wasserfallelektrizität 11.
 Wasserleitungen 47, 54, 65, 93, 101.
 Wassermesser 102.
 Wasserstaub 10.
- Wechselstromwirkung 30, 59.
 Weiche Bedachung 115.
 Wellblechgebäude 108.
 Widerstand des Blitzkanals 28.
 — der Erde 58, 93, 121.
 Widerstandsmessung 105, 121.
 Wind 10, 85.
 Windmühle, Windmotor 114.
 Winkel in Leitungen 58.
 Wintergewitter 17.
 Wirtschaftlichkeit 42.
 Witterungsumschlag 17.
- Zeichnung des Blitzableiters 108.
 Zentralheizung 54, 65, 93.
 Zickzackblitz 21.
 Zink 69, 71, 89.
 Zündung 41.

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301409



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295753