

Ueber Blitzschutzvorrichtungen für Starkstromanlagen

Autor(en): **Denzler, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **23/24 (1894)**

Heft 14

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-18726>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Ueber Blitzschutzvorrichtungen für Starkstromanlagen. III. (Schluss). — Das kantonale Technikum des Kantons Bern zu Burgdorf. — Schweizerischer Elektrotechniker-Verein. — Miscellanea: Schaffung der

Stelle eines zweiten Stadtbaumeisters in Zürich. Berner Brückenbau-Angelegenheit. Exposition universelle de Lyon 1894. — Konkurrenzen: Strassenbrücke über die Broye bei Sallavaux.

Ueber Blitzschutzvorrichtungen für Starkstromanlagen.

Von Dr. A. Denzler, Ingenieur,

Dozent für Elektrotechnik am eidgenössischen Polytechnikum.

II. (Schluss).

4. Linienschutzvorrichtungen.

Ueber die Zwecke des Linienschutzes und die zur Erreichung derselben anzuwendenden Mittel gehen die Ansichten in der heutigen Elektrotechnik vielleicht noch weiter auseinander als in Betreff der Stationsblitzschutzvorrichtungen.

Einzelne Installateure verneinen zum vorneherein die Möglichkeit eines wirksamen Schutzes und treffen deshalb auf der Linie auch keinerlei Vorsichtsmassregeln. Andere, welche dieser Ansicht beipflichten, versuchen die atmosphärischen Entladungen auf die Linie zu lokalisieren und zur Erde abzuleiten, bevor dieselben bis zu den Maschinen und Apparaten an den Enden der Leitung gelangen; sie schalten zu diesem Zweck auf der Strecke Blitzschutzvorrichtungen gleicher oder ähnlicher Konstruktion in die Luftleitungen ein wie in den Endstationen. Wieder andere Elektriker wenden die für den Blitzschutz von Gebäuden gebräuchlichen Regeln auch auf die Sicherung der Luftlinien an.

Diese Meinungsdivergenzen rühren in der Regel davon her, dass vielfach *direkte* und *indirekte Blitzwirkungen* mit einander verwechselt werden. Erstere finden statt, wenn der Blitz auf die Linie fällt, d. h. unmittelbar in die Leitungsdrähte und die Gestänge einschlägt; indirekte Wirkungen dagegen treten jedes Mal auf, wenn zwischen Gewitterwolken und Erde Blitzentladungen erfolgen, welche die Linie selbst nicht treffen, sondern nur in deren Nähe zur Erde gehen. Jede derartige Entladung stört das elektrische Gleichgewicht in der Leitung, bedingt also eine andere Ladungsverteilung und damit das Entstehen einer Strömung hochgespannter statischer Elektrizität. Ist die metallische Luftlinie in sich kurz geschlossen und enthält sie keine Widerstände mit bedeutender Selbstinduktion, so verlaufen diese Ausgleichsströme schadlos in der Leitung; liegen die beiden Enden der Leitung an der Erde, so macht sich die Ausgleichung durch letztere.

Das Vorhandensein solcher rasch verlaufender Stromimpulse von variabler Stärke und Richtung lässt sich leicht nachweisen, wenn man während eines Gewitters ein Telephon oder ein passendes Galvanometer mit der Leitung in Verbindung bringt. Uebrigens beweist bereits das fortwährende Anschlagen, welches man während eines Gewitters an den Weckern von Telephonapparaten hört, das temporäre Auftreten von zu- und abfließenden Strömen. Sind dagegen Maschinen und Apparate von grosser Selbstinduktion in die Strombahn eingeschaltet, wie dies während des Betriebes der Fall ist, so werden die Ladungsströme in ihrem Verlauf gehemmt und gezwungen, entweder bei schlecht isolierten Maschinen die Isolierung zu durchbrechen oder zwischen den Spitzen der Blitzplatten überzuspringen, um sich durch die Eisenkerne oder durch die Erde auszugleichen.

Derartige durch Influenz- und Induktionswirkungen hervorgerufene Effekte sind es nun, was man in vielleicht 99 von 100 Fällen in den Blitzschutzvorrichtungen der Stationen beobachtet und irrtümlicher Weise gewöhnlich als Blitzschläge bezeichnet. Ihre Intensität hängt hauptsächlich ab von der Kapazität der Leitung, also u. a. von der Zahl und Länge der Drähte und ihrer Entfernung vom Boden und sodann namentlich von der Verteilung des Potentials der Luftelektrizität längs der Linie. Diese, die Luftlinie durchfließenden inducierten Ladungsströme sind für die Leitung als solche durchaus unschädlich, so lange wenigstens die Isolatoren derselben fehlerfrei sind, und es hat

deshalb auch keinen Zweck auf offener Strecke Blitzschutzvorrichtungen an die Starkstromleitung anzuschliessen, um solche Entladungen zur Erde abzuführen. Aber auch aus rein betriebstechnischen Gründen empfiehlt es sich dringend, die Blitzapparate nur in der Nähe der wirklich Schutz bedürftigen, Strom konsumierenden Stationen anzubringen, weil sie dort leichter überwacht werden können; denn auch die einfachsten Kombinationen, wie z. B. die in Fig. 4 u. 7 auf S. 87 u. 88 dargestellten, erfordern eine regelmässige Kontrolle, wenn sie nicht selbst wieder Betriebsstörungen veranlassen sollen. Die Untersuchung ist jedoch zeitraubend und während des Betriebes oder bei schlechtem Wetter oft unmöglich, wenn die Apparate in grosser Entfernung von den Endstationen auf der Linie montiert sind; infolge dessen wird dann eben die Instandhaltung der Blitzplatten in nachlässiger und ungenügender Weise besorgt.

Eine Ausnahme von der Installationsregel, auf der Strecke keinerlei Schutz- und Kontrollapparate in eine Hochspannungsleitung einzuschalten, ist nur da angezeigt, wo es sich darum handelt, eine Luftlinie in ein Kabel überzuführen, z. B. beim Passieren eines Tunnels oder Stollens. In diesem Falle müssen dann aber die Blitzschutzapparate nicht auf der Spitze der Gestänge, sondern in Verschlägen und Nischen am Fusse derselben angebracht werden, wo sie bequem beaufsichtigt und reguliert werden können und wo sie insbesondere den Einflüssen der Witterung weniger ausgesetzt sind. Für den Kabelblitzschutz sind die gleichen Massnahmen zu empfehlen wie für Maschinen und Apparate; die Kabel müssen für eine möglichst hohe Spannung isoliert und die Funkenstrecken der Blitzplatten so reguliert sein, dass eine Entladung zwischen den Spitzen und der Platte bei einer kleinern Spannung erfolgt, als diejenige ist, mit welcher das Kabel probiert wurde.

Da wo es sich machen lässt, wie z. B. bei gewissen Wechselstromanlagen, ist es natürlich noch sicherer, die Fernleitung nicht mit dem Kabelnetz zu verbinden, sondern als schützendes Zwischenglied Transformatoren einzuschalten, welche den ankommenden Uebertragungsstrom auf die zulässige Verteilungsspannung reduzieren (Luzern, Rom, Heilbronn). Das gleiche Mittel lässt sich zuweilen auch da mit Vorteil anwenden, wo eine einzelne, weit entfernte Lampengruppe durch eine Luftleitung an unterirdische Sekundärleitungen angeschlossen werden muss. Der Transformator erhält alsdann das Uebersetzungsverhältnis 1:1 oder $1:1 + \Delta P$, wo ΔP den Spannungsabfall in der Luftlinie bedeutet. Die Kosten des kleinen Transformators und die in demselben auftretenden Verluste werden durch die Ersparnis an der Luftlinie und durch die erzielte absolute Sicherung des Kabelnetzes kompensiert.

Da aus dem Vorstehenden ohne weiteres ersichtlich ist, dass nicht daran gedacht werden kann, indirekte, inducierte Blitzwirkungen von einer Luftleitung abzuhalten, so werden als *Linienschutzvorrichtungen* im engeren Sinne nur diejenigen Vorkehrungen zu bezeichnen sein, welche bezwecken, die Leitung gegen direkte Blitzschläge zu sichern. — Am gebräuchlichsten sind hiefür folgende Anordnungen:

Ein an der Stange befestigter Kupfer- oder Eisendraht, dessen oberes zugespitztes Ende die Leitungsdrähte überragt und dessen unteres Ende in die Erde eingebettet ist.

Eine Spitze, welche in die zum Schutze des Zopfendes bestimmte Metallkappe eingelassen und zur Erde abgeleitet ist.

Besondere eiserne Auffangstangen mit Saugspitzen, welche an die Gestänge angeschraubt und mit Erdraht und Erdplatte verbunden werden.

Ueber die Verwendung und den Nutzen dieser Dispositionen werden die verschiedensten Gesichtspunkte geltend

gemacht. Manche Linienbauer begnügen sich damit, nur einzelne, besonders exponierte Gestänge zu armieren, während andere der Meinung sind, es müssen entweder sämtliche Stangen oder gar keine gesichert werden. Die Entscheidung darüber, welche der beiden Anschauungen die richtigere ist, kommt auf die Beantwortung der Frage hinaus, ob die Blitzschutzvorrichtungen mehr mit Rücksicht auf ihre *anziehende* und *ableitende* oder auf die *verteilende Wirkung* anzulegen sind. In neuerer Zeit gewinnt die letztere Auffassung immer mehr die Oberhand und zwar aus folgenden Gründen:

Wird eine einzelne Stange mit einer zur Erde abgeleiteten Spitze versehen, und schwebt eine Gewitterwolke über der Linie, so ist, wenn nicht andere, die Leitung überhöhende Objekte, wie Bäume, Felsen in der Nähe sich befinden, das Potentialgefälle über dieser Spitze ein Maximum und damit wird auch die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass wenn die Verhältnisse eine Blitzentladung bedingen, diese gegen die Spitze hin erfolgen wird. Befindet sich die Spitze und die Erdleitung in gutem Zustand, so wird der Schlag nur eine heftige inducierte Entladung an den Blitzplatten der Endstationen hervorrufen; ist jedoch der Erdleitungswiderstand gross, so bleibt der anziehende Effekt bestehen und es ist zu befürchten, dass Partialentladungen der feuchten Stangenoberfläche entlang zur Erde gehen oder auf die Leitungsdrähte überspringen, um unterwegs oder in den Endstationen eine Ausgleichung zu suchen.

Solche Blitzschläge sind fast immer von sehr starken mechanischen Wirkungen begleitet; die Gestänge werden zersplittert oder ganz gefällt, einzelne Drähte schmelzen ab oder zerreißen sonst, die hiedurch entstehenden Betriebsstörungen sind es, welche man hauptsächlich zu befürchten hat, und welche viele Elektriker veranlassen, gar keine Schutzvorrichtungen anzubringen, nach dem bewährten Grundsatz, ein schlechter Blitzableiter sei gefährlicher als gar keiner.

Wird dagegen jede Stange der Leitung mit einer Spitze versehen, so konzentriert sich die Spannung zwischen Wolke und Erde nicht mehr auf einen einzelnen Punkt, sondern verteilt sich auf eine grosse Zahl von Spitzen; dies hat zur Folge, dass die sogenannte Spitzenwirkung, d. h. die stille Entladung, in viel höherem Masse zur Geltung kommt, so dass eine plötzliche Funkenentladung weniger wahrscheinlich ist. — Stellt man nämlich einer leitenden Platte gegenüber einen Spitzenkamm in gleichem Abstände auf, so ist eine höhere Spannungsdifferenz zwischen Platte und Kamm erforderlich, um eine disruptive Entladung hervorzurufen als bei einer einzelnen Spitze, oder mit andern Worten, bei der gleichen absoluten Potentialdifferenz, welche in Anwesenheit einer einzelnen Spitze eben noch eine Funkenentladung bewirkt, ist diese nicht mehr möglich, wenn eine grössere Anzahl von Spitzen angebracht wird.

Indem man dieses Prinzip zur Sicherung von Luftleitungen verwendet, wird man sich darüber klar sein, dass dasselbe natürlich keinen absoluten Schutz zu gewähren vermag, sondern dass dadurch lediglich die Chancen, Blitzschläge von der Leitung abzuhalten, grösser werden als bei gar nicht oder nur an einzelnen Punkten armierten Gestängen.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, erscheint auch die Ersetzung der Auffangspitzen oder die Verbindung derselben durch einen Draht als eine weitere Verbesserung, vorausgesetzt, dass dieser *Schutzdraht* an möglichst vielen Stellen zur Erde abgeleitet wird. Die Ueberlastung, welche die Gestänge durch Anbringen eines weiten Drahtes erfahren, bildet andererseits wieder einen erheblichen Nachteil, welcher je nach Umständen dazu führen kann, der Spitzensicherung den Vorzug zu geben.

Mit Bezug auf den Unterschied, welcher zwischen sogenannten Stacheldrähten und glatten Kupferdrähten besteht, ist zu bemerken, dass die erstern allerdings eine grössere Saugwirkung ergeben, dass dagegen in den Fällen, wo die Linie doch von Blitzschlägen getroffen wird, die Stacheldrähte dem Abfliessen der Entladung sehr grosse inductive Widerstände entgegensetzen, welche leicht ein Abspringen

des Blitzes auf die darunter liegenden Leitungsdrähte veranlassen.

Es ist nun aber wiederholt beobachtet worden, dass untere Leitungsdrähte direkt vom Blitz getroffen wurden, ohne dass die vorhandenen Schutzdrähte zuerst oder gleichzeitig davon berührt worden wären, und man hat daraus allgemein folgern wollen, dass diese letztern eben nichts nützen. Dieser Schluss ist jedenfalls nur unter ganz bestimmten Ausnahmeverhältnissen gerechtfertigt; denn die erwähnten Beobachtungen stehen offenbar im Zusammenhang mit der bekannten Thatsache, dass bei ungeschützten Fernleitungen die aus 3 oder mehr Drähten bestehen, nicht etwa, wie vermutet werden könnte, immer der oberste, sondern zuweilen gerade die untersten Drähte vom Blitz getroffen werden.

Man sucht diese Erscheinung durch folgende Annahmen zu erklären: Die Luftschichten unmittelbar über der Erde sind negativ, die obern positiv elektrisch, dazwischen befindet sich eine neutrale Zone, welche bei reinem, wolkenlosem Himmel gewöhnlich in bedeutender Höhe liegt. Während eines Gewitters ändert sich jedoch die Potentialverteilung in der Atmosphäre vollständig und die neutrale Schicht nähert sich mehr der Erde, zu der sie indessen keine konzentrische Fläche bildet. Ihre Entfernung vom Boden variiert vielmehr mit der Beschaffenheit des Grundes und mit der Höhenlage des Beobachtungsortes. Es ist somit die Möglichkeit denkbar, dass eine und dieselbe Leitung, welche z. B. einen Bergrücken überschreitet, im Thale sich noch ganz in der negativ elektrischen Schicht befindet, die neutrale Zone in einer gewissen Höhe durchdringt und weiterhin entweder ganz oder doch mit den obersten Drähten in positiv elektrische Schichten eintaucht; die örtliche Tendenz für Blitzentladungen muss daher an den beiden Enden der Leitung eine verschiedene sein. Die experimentelle Prüfung dieser Hypothese wäre sehr interessant; jedenfalls kann die auf derselben beruhende Uebung bei solchen Leitungen, deren untere Drähte öfters vom Blitze getroffen werden, den Schutzdraht nicht einfach über die Stangenenden hinzuziehen, sondern von Stange zu Stange zickzackförmig auf- und absteigen zu lassen, nur von Nutzen sein.

Anschliessend hieran sind noch einige Details den Linienblitzschutz betreffend zu erwähnen; dieselben beziehen sich auf die Qualität der verwendeten Isolatoren und die Anlage der Stangenerdleitungen.

Sind einzelne *Isolatoren* rissig oder weisen sie sonst schwache Stellen auf, so kann es sehr leicht vorkommen, dass die statische Ladung ihren Weg vom Leitungsdraht durch den Isolator hindurch zum Träger nimmt, wobei gewöhnlich der Kopf des Isolators abgesprengt und ein Herunterfallen des Drahtes möglich gemacht wird. Aus diesem, durch die Erfahrung wiederholt bestätigten Grunde erscheint es angezeigt, auch die Isolatoren für Hochspannungsleitungen vor dem Montieren nicht bloss auf ihren Isolationswiderstand, sondern in erster Linie auf ihren Widerstand gegen hohe Spannung zu probieren, was mit einem kleinen regulierbaren Multiplikationstransformator sehr leicht zu bewerkstelligen ist.

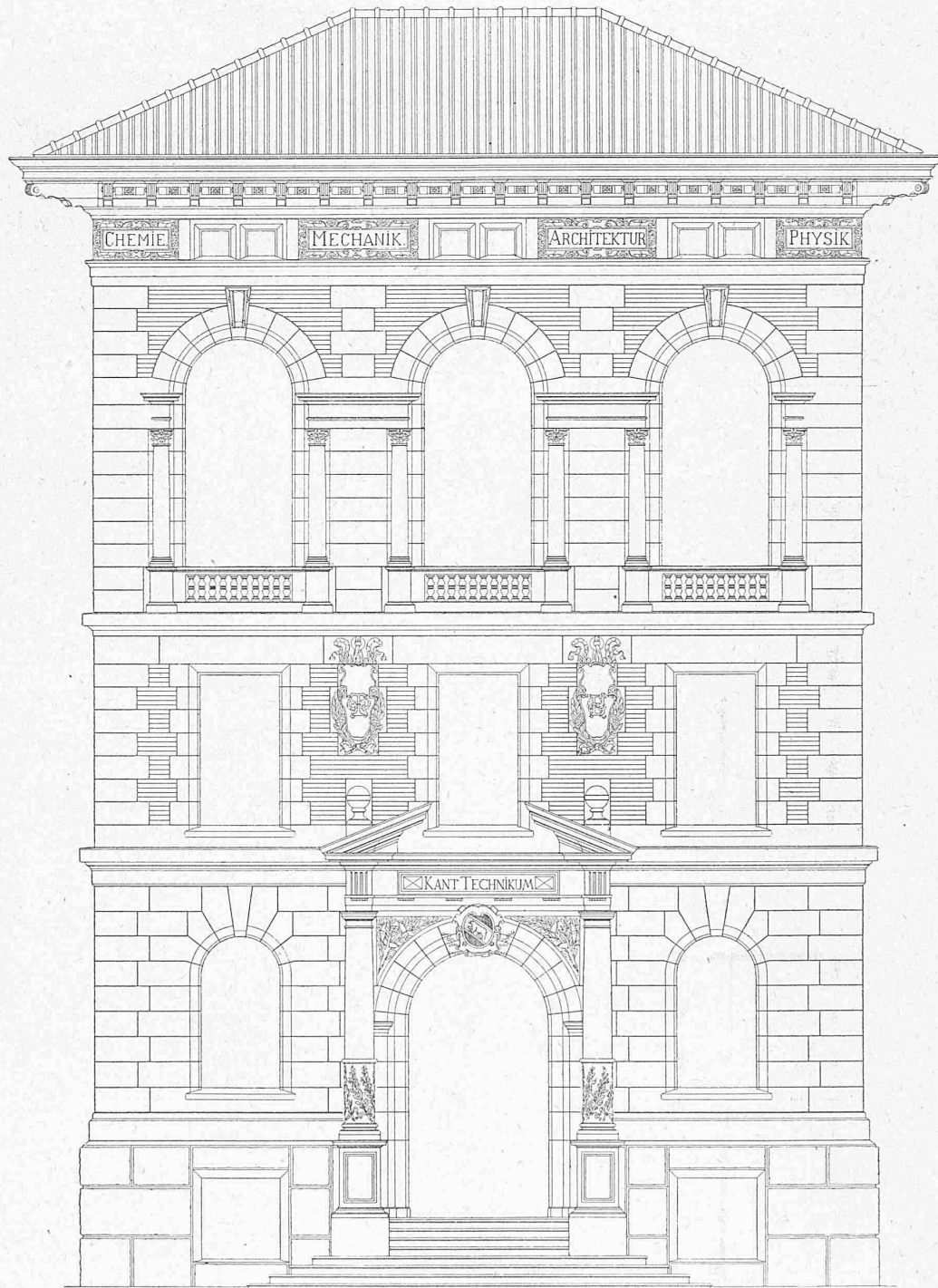
An den *Erdleitungsdrähten* bemerkt man häufig elektrolytische Korrosion, welche gewöhnlich an der Eintrittsstelle des Drahtes in die Erde am stärksten angreift; die Ursache dafür ist in der schwachen elektrischen Strömung zu suchen, welche fast zu allen Zeiten in Blitzableiter-Erddrähten nachgewiesen werden kann. Es empfiehlt sich daher, die Erddrähte bei allen Stangen beim Eintritt in den Boden zu schützen, sei es durch Umpressen derselben mit Blei oder durch Ausgiessen eines Gasrohres mit einem Gemisch aus Teer und Sand. Das Anbringen von Gasröhren zum Schutze der Drähte gegen mechanische Beschädigungen hat für sich allein keinen grossen Wert, wenn nicht gleichzeitig das Ausgiessen mit wasserbeständiger Masse vorgenommen wird, ebenso ist das Einbetonieren der Erdleitungen zu verwerfen.

Da die Herstellung guter Erdverbindungen auf langen Leitungen stellenweise sehr grosse Schwierigkeiten verursacht,

so ist man dazu gekommen, an Orten, wo in normaler Tiefe Grundwasser oder feuchte Erde nicht vorkommt, an Stelle von Kupferblechstreifen oder Drahtspiralen galvanisierte Drahtgeflechte mit stachelförmig abstehenden Drahtenden in relativ geringer Tiefe unter dem Rasen zu verlegen. Man

statt durch die Wurzeln nach den tiefern feuchten Erdschichten abzufließen. — Als hieher gehörig mag auch noch die Vorsichtsmassregel erwähnt werden, bei der *Verankerung* von Gestängen, welche an Gebäuden befestigt sind, die Ankerdrahtseile mit der Erde zu verbinden.

Kantonales Technikum des Kantons Bern zu Burgdorf.



Zeichnung von Alb. Schneider.

Masstab 1 : 100.

Aetzung von J. Erni.

Hauptfassade. — Mittellbau.

rechnet dabei auf die Wahrscheinlichkeit, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle mit elektrischen Entladungen auch Regen fällt, welcher wenigstens die oberste Erdschicht anfeuchtet und die Saugwirkung der Spitzen verstärkt; gleichzeitig wird dabei auch auf die oft beobachtete Erscheinung abgestellt, dass Blitzentladungen, welche z. B. Bäume treffen am Fusse des Stammes meistens auf das nasse Gras abspringen, an-

fasst man das Ergebnis der vorstehenden Betrachtungen zusammen, so folgt, dass es beim heutigen Stande der Elektrotechnik möglich ist, Blitzschutzvorrichtungen so zu disponieren, dass sie gegen die grosse Mehrzahl der vorkommenden störenden Einflüsse atmosphärischer Elektrizität auf elektrische Installationen, gegen induzierte Blitzwirkungen, einen hohen Grad von Sicherheit bieten. Hiefür ist in erster Linie er-

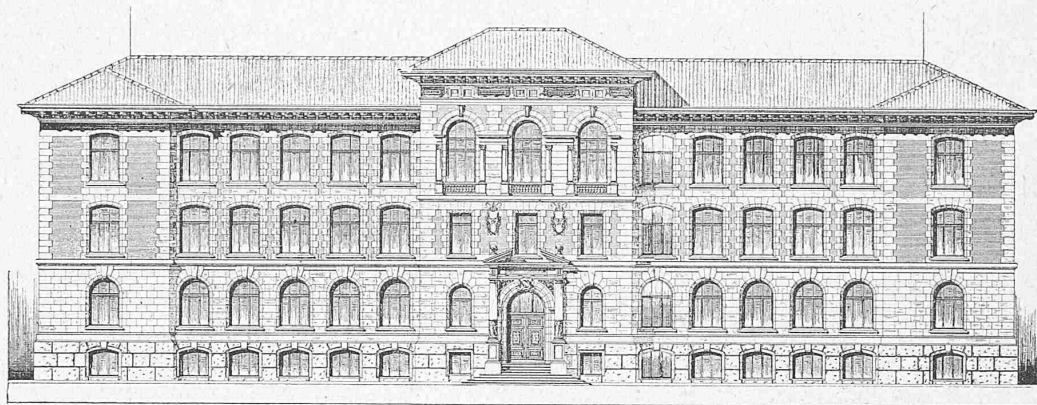
forderlich, auf eine vorzügliche Isolierung der Maschinen und Apparate in sich selbst und gegen die Erde, sowie auf die richtige Anlage der Erdleitungen Bedacht zu nehmen.

Gegen direkte Blitzschläge auf Leitungen und Gestänge ist dagegen ein für alle Fälle ausreichender Schutz nicht möglich und zwar hauptsächlich wegen der Schwierigkeit,

Das kantonale Technikum des Kantons Bern zu Burgdorf.

Nachdem am 11. März 1891 der Grosse Rat des Kantons Bern als Sitz des kantonalen Technikums die Stadt

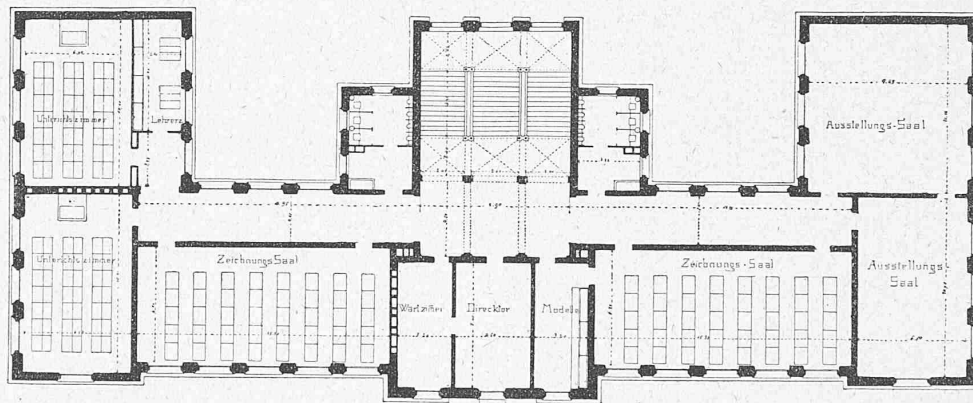
Kantonales Technikum des Kantons Bern zu Burgdorf.



Zeichnung von H. Ulrich.

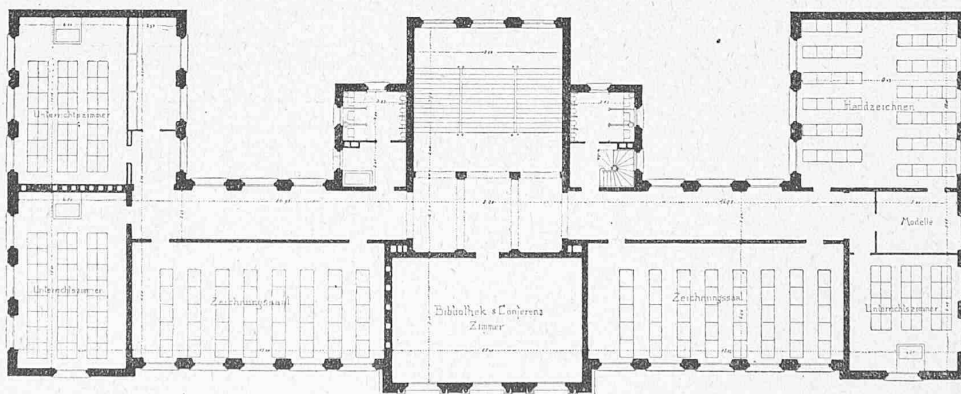
Masstab 1:400.

Aetzung von J. Erni.



Masstab 1:400.

Grundriss vom ersten Stock.



Masstab 1:400.

Grundriss vom zweiten Stock.

auf längern Linien überall gute Erdverbindungen zu erstellen; infolge dessen richtet sich das Bestreben dahin, durch Benützung der verteilenden Spitzenwirkung den Blitz von der Leitung abzuhalten und so mittelbar die Betriebssicherheit ebenfalls zu erhöhen.

Burgdorf bezeichnet hatte, war bei der im November 1891 unter den schweizerischen Architekten ausgeschriebenen Konkurrenz*) zur Erlangung von bezüglich den Entwürfen, laut Bekanntmachung des preisgerichtlichen Urteils, den Architekten Dorer und Fuchsli der erste Preis zuerkannt worden. Dieser Firma wurde auch die Ausführung des Neubaus übertragen.

*) Bd. XVIII S. 125, XIX S. 59 und 87.