

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 59/60 (1912)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Zerstörung eines Daches aus glasierten Falzziegeln  
**Autor:** Zschokke, Bruno  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-30078>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Zerstörung eines Daches aus glasierten Falzziegeln.

Von Ing. Bruno Zschokke, Adjunkt der Eidg. Materialprüfungsanstalt.

Vor einiger Zeit wurde der Verfasser dieses Berichtes von der Gerichtsbehörde der Stadt B. als Sachverständiger in einer Streitsache zu Rate gezogen, welche die Bedachung eines grossen neu erstellten öffentlichen Gebäudes betraf. Aus dem seinerzeit erstatteten ausführlichen Gutachten seien hier die wichtigsten Punkte, die namentlich für Architekten von einigem Interesse sein dürften, kurz angeführt.

Das betreffende mehrstöckige Gebäude, ein Schulhaus, besass eine Bedachung in schwarzbraun glasierten Pressfalzziegeln. Etwa ein Jahr nach Bezug des Hauses trat nun während der Wintermonate an der *Innenseite* des Daches die merkwürdige Erscheinung auf, dass zahlreiche Ziegel absplitterten, und zwar in so hohem Masse, dass im darauf folgenden Monat Juli, als der Verfasser von der Baubehörde zur Vornahme einer Lokalbesichtigung eingeladen wurde, der Dachboden des Gebäudes stellenweise über und über mit Splittern bedeckt war. Die Dichtigkeit der Splitter war eine sehr verschiedene; stellenweise waren gar keine zu finden, an andern Orten wieder zeigten sie sich massenhaft. Die ziemlich scharf abgegrenzten Fundstellen wurden in einen Plan des Dachbodens an Ort und Stelle eingezeichnet. Ein Vergleich der Lage der Fundstellen der Splitter mit der Windrose zeigte, dass zwischen den Fundstellen und der Intensität der Absplitterungen einerseits und der „Wetterseite“ oder den verschieden geneigten Dachpartien andererseits keinerlei Zusammenhang bestand. Aus diesem Befund ging hervor, dass die Erscheinung des Absplitterns von den Ziegeln selbst herrührte und nur ganz bestimmten Ziegelpartien eigentümlich war.

Die einzelnen Splitter selber zeigten eine ganz verschiedenartige Struktur. Weit aus die meisten derselben waren *schiefrig-blättrig von der Dicke eines Papierblattes* (siehe Abb. 1, S. 242). Wieder andere, weniger häufig vorkommend, waren regelrechte *massive Stücke* und erreichten zum Teil eine recht beträchtliche Grösse (bis 8 cm lang und 1 cm dick); überdies fanden sich Bruchstücke von Nasen, Falzen usw. Es wurden nun sowohl von den gebrauchten defekten Ziegeln des Daches, als auch von einem

### Landhaus Debeuf in Founex bei Genf.

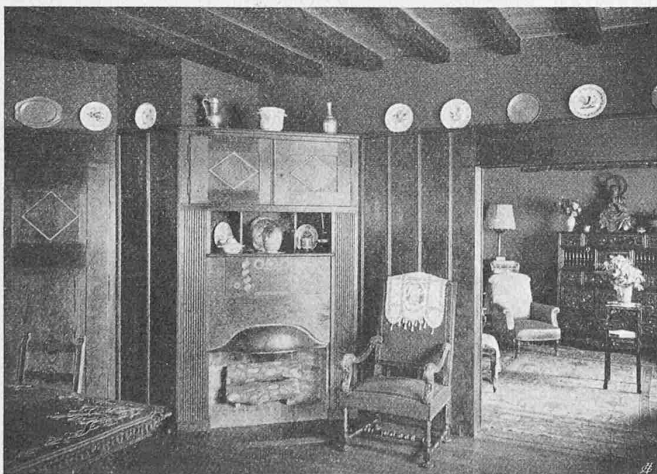


Abb. 2. Halle und Salon.

zufällig auf dem Dachboden noch vorhandenen Stapel ungebrauchter Reserveziegel eine grössere Anzahl Stichproben entnommen und in der Eidg. Materialprüfungsanstalt einer einlässlichen Untersuchung unterworfen, deren Resultate in der Tabelle auf Seite 242 zusammengestellt sind.

Zu diesen Untersuchungsergebnissen ist folgendes zu sagen:

Die ermittelte mittlere *Bruchfestigkeit* der Ziegel in trockenem Zustand (252 kg) muss als eine normale bezeichnet werden. Mit Bezug hierauf sei erwähnt, dass bei 32 in der Materialprüfungsanstalt untersuchten verschiedenen Sorten Strangfalzziegeln das beobachtete Maximum der Bruchfestigkeit 312, das Minimum 73 kg betrug und bei 12 Sorten Pressfalzziegeln das Maximum 331, das Minimum 163. Bemerkenswert ist das *Bruchgefüge*, das durchaus nicht als einwandfrei bezeichnet werden kann. Die *Wassersaugkraft* der Steine, d. h. des *glasurfreien* Scherbens, welche hinsichtlich deren Frostbeständigkeit eine wesentliche Rolle spielt, beträgt 21,8 %. Fasst man im Vergleich dazu ins Auge, dass bei den oben erwähnten 32 Sorten Strangfalzziegeln eine maximale Wasseraufnahme von 27 % und eine minimale von 13 %, bei den ebenfalls erwähnten 12 Sorten Pressfalzziegeln maximal 24 % und minimal 12 % ermittelt wurden, so muss obige Zahl von 21,8 % als eine ziemlich hohe bezeichnet werden. Aehnlich verhält es sich mit den Ziffern der *absoluten Porosität*, wie aus folgender Gegenüberstellung hervorgeht:

	bei 32 Sorten Strangfalzziegeln	bei 12 Sorten Pressfalzziegeln	Bei dem Probematerial
Beobachtetes Maximum	44	39	40
» Minimum	25	26	39

Neben der hohen *Wassersaugkraft* fallen an den fraglichen Ziegeln namentlich zwei Eigenschaften auf: Einmal ihre *unzweifelhaft* ungenügende Frostbeständigkeit und sodann der *abnorme hohe Gehalt* an löslichen Salzen. Was den ersten Punkt anbetrifft, so ist zu bemerken, dass nicht alle Ziegel sich bei den Frostproben gleich verhielten; im besondern waren es nur die roten Ziegel, welche beschädigt wurden. Diese Erscheinung deckt sich insoweit mit dem Verhalten der Ziegel auf dem Dach, als auch dort, wie bereits erwähnt, nur ganz bestimmte Ziegelpartien Absplitterungen zeigten.

Dass der *Gehalt an löslichen Salzen*, von 0,72 % bei den übrig gebliebenen Reserveziegeln, 1,09 % bei den defekten Ziegeln vom Dach ein aussergewöhnlich hoher ist, geht auch aus einem Vergleich mit andern Materialien deutlich hervor. So zeigen z. B. von 205 im Laufe der Jahre von der Eidg. Materialprüfungsanstalt untersuchten Backstein- und Ziegelsorten nur zwei Sorten einen Gehalt von über 1,09 % und nur 11 Sorten einen solchen von über 0,70 %; 193 Proben liegen aber meist weit darunter. Eine ganz auffallende Erscheinung liegt aber bei den in Untersuchung gezogenen glasierten Falzziegeln darin, dass, wie aus den auf Seite 3 angeführten beiden Analysen hervorgeht, die löslichen Salze sich hauptsächlich an der Oberfläche der Ziegel vorfinden.

Gestützt auf die Untersuchungsergebnisse und obige Betrachtungen ist einmal festzustellen, dass die beobachteten Absprengungen jedenfalls nicht auf eine durch zu rasches Abkühlen der Ziegel im Ringofen entstandene Sprödigkeit (Klapprigkeit) zurückzuführen sind; denn die Ziegel hatten durchwegs einen scharfen hellen Klang und hohe Bruchfestigkeit. Ausgeschlossen sind ferner als Ursache innere Spannungen, bedingt durch schroffe Temperaturschwankungen zwischen Innen- und Aussenseite des Daches.

Ebensowenig rührten die Absprengungen von schädlichen Einschlüssen von Kalk- oder Mergelknollen her; denn wäre dies der Fall gewesen, so müsste im Zentrum der Absplitterungsstelle das ganze oder wenigstens ein Teil des treibenden Knöllchens sichtbar gewesen sein, was nicht der Fall war; überdies konnten an intakten Ziegeln durch die entsprechenden Laboratoriumsversuche Absprengungen künstlich *nicht* erzielt werden.

Zu einem beträchtlichen Teil rührten die Absplitterungen dagegen zweifellos von Frostwirkung her. Hierauf deuten nicht nur die hohe Porosität und *Wassersaugkraft* fraglicher Ziegel hin, sondern es ist Frostwirkung, wie aus obiger tabellarischer Zusammenstellung hervorgeht, durch

Herkunft der Ziegel	Beschaffenheit der Glasur	Beschaffenheit der Innenseite	Klang	Wassersaugfähigkeit nach 28 Tagen	Absolute Porosität	Lösliche Salze	Wasserdurchlässigkeit auf der glasierten Seite	Bruchfestigkeit		Verhalten in der Frostprobe	Bruchgefüge	
								trocken	mit Wasser gesättigt			
1. Ungebrauchte Reserveziegel (22 Stück)	Teils dunkelbraun glänz., teils matt; fast durchwegs netzrissig	Brandfarbe variierend: weisslich, gelbrot, gelblich, fleischrot. — Die meisten Ziegel zeigen überdies Blasen, kleinere und grössere Risse und Abbröckelungen.	Hell	21,8 %	40,4	0,72	Nach 24 std keinerlei Wasseraufnahme	252 kg	234 kg	(Mittel aus je sechs Einzelversuchen)	Die roten Ziegel zeigen erhebliche Absprengungen und Abblätterungen, die weissen und gelblichen Ziegel blieben fast intakt.	Nicht durchwegs homogen. In einer rötlich Grundmasse fanden sich bis erbsengrosse, weisse Knöllchen. Struktur ist vielfach schichtig, mit unganzen Berührungsstellen zwischen den einzelnen Schichten
2. Vom Dach entnommene auf der Innenseite defekte Ziegel (22 Stück)	Teils braunschwarz glänz., teils matt; fast durchwegs netzrissig	Fünf Ziegel zeigen tiefgehende Absprengungen; 17 Ziegel oberflächliche Abblätterungen eines ockergelben Ueberzugs	Hell	(nicht bestimmt)	39,5	1,09	Nach 24 std keinerlei Wasseraufnahme	(nicht bestimmt)	(nicht gemacht)	(nicht gemacht)		

Die Untersuchung der Ziegel auf einen Gehalt an schädlichen Kalk- oder Mergelknollen ergab ein negatives Resultat.

Chemische Analyse des Scherbenmaterials.

Probematerial	Kieselsäure	Tonerde + Eisenoxyd	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Wasser + Org. Subst.	Alkalien (aus Differenz)
	%	%	%	%	%	%	%
1. Aus der Mitte der Ziegel entnommen . . . . .	56,17	20,80	15,45	3,06	1,05	0,76	2,71
2. Von den ockergelben Abblätterungen der nämlichen Ziegel . .	48,30	20,72	13,55	3,15	7,04	2,37	4,87

die Resultate der künstlichen Frostbeständigkeitsversuche an intakten Ziegeln direkt nachgewiesen worden. Zu einer Frostwirkung ist aber natürlich erste Vorbedingung, dass die Steine mehr oder minder stark mit Wasser durchtränkt sind und die Temperatur unter 0° sinkt. Von aussen konnte in unserm Fall das Wasser nicht in die Ziegel dringen, da sie ja glasiert waren und diese Glasur nach den vorgenommenen Versuchen völlig wasserundurchlässig war. Dagegen fanden die Ziegel in anderer Weise Gelegenheit

genug, von unten Feuchtigkeit aufzunehmen, einmal durch eindringende Nebel, durch hineingewehten Schnee, hauptsächlich aber durch Kondensationswasser aus der Luft des Dachbodens selbst. Derartige Niederschläge bilden sich leicht, wenn die Aussentemperatur ziemlich tief steht, auf dem Dachboden aber sich wärmere und mit Feuchtigkeit stark angereicherte Luft vorfindet. Zu letzterem Fall waren nun alle Vorbedingungen vorhanden, da die warme, stark feuchte Luft sämtlicher Schulzimmer durch Ventilations-schächte abgesaugt wurde, deren Oeffnungen direkt auf den Dachboden ausmünden und weil gleichzeitig im Winter die Dachlücken längere Zeit geschlossen blieben. Dass anderseits die Temperatur auf dem Dachboden des Schulhauses zeitweilig auf 0° sinken konnte, bewiesen die Aussagen des Hauswarts, welcher deponierte, dass daselbst aufgehängte nasse Wäsche hie und da gefroren sei.

Die Absplitterungen durch Frost scheinen überdies durch die schiefrige und unganze Struktur der Ziegel begünstigt worden zu sein. Es ist aber fast gewiss, dass sie nicht ausschliesslich einer mangelnden Frostbeständigkeit der Steine, sondern auch noch deren abnorm hohen Gehalt an Sulfaten zuzuschreiben sind. Es war in dieser Hinsicht sehr auffällig, dass speziell die papierdünnen, stellenweise massenhaft auftretenden Abblätterungen nur an ganz bestimmten Ziegeln zu beobachten waren, Ziegeln, die einen Anflug oder Ueberzug von ockergelber Farbe besaßen. Aus den Chemischen Analysen geht nun hervor, dass die äusserste Schicht dieser Ziegel nicht weniger als siebenmal mehr, zumeist an Kalk gebundene Schwefelsäure enthielt, als das Innere der nämlichen Ziegel.

Die gelbe Farbe und die dichte gleichartige Struktur des Ueberzugs schlossen völlig aus, dass er nachträglich an dem gebrannten Material ausgewittert war; er hätte sonst schimmel- oder flechtenartige Beschaffenheit und rein weisse Farbe zeigen müssen. Vielmehr ist anzunehmen, dass der gelbe Anflug entweder bei der künstlichen Trocknung der Ware durch die Einwirkung der schwefligen Säure der Heizgase (Kokskörbe?) oder durch einen starken Gehalt der Feuergase des Ringofens an schwefliger Säure entstanden war. Dass der Anflug gar nicht oder nur zum geringsten Teil aus den Ziegeln selber stammte, geht auch aus dem Umstand hervor, dass Proben von Rohmaterialien der betreffenden Pressfalzziegel, die bei einer andern Gelegenheit im Muffelofen der Materialprüfungsanstalt gebrannt worden, also der direkten Berührung der Feuergase entzogen waren,

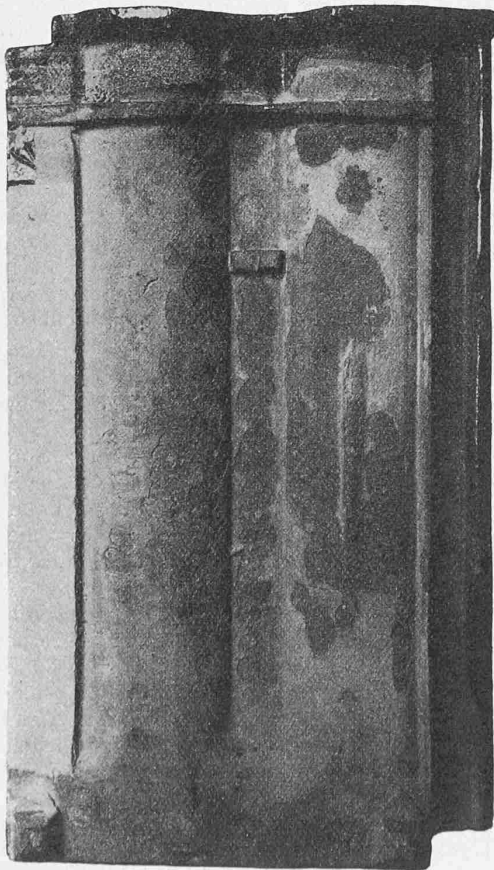


Abb. 1. Untersicht eines durch Frost zerstörten glasierten Dachziegels.

bloss 0,26, bezw. 0,06 % löslicher Salze enthielten. Da der obenerwähnte abgeblätterte gelbliche Ueberzug einen ganz anomalen Gehalt an Kalk-, Magnesia- und Alkalisulfaten enthielt, diese Salze aber bei ihrer Hydratisierung, bezw. Kristallisation ihr Volumen vergrössern, so ist leicht verständlich, dass sie an der Ziegeloberfläche ähnliche Wirkungen hervorbringen konnten, wie der Frost. Solche sind übrigens auch anderwärts beobachtet worden. (Siehe z. B. „Bericht über die durch alkalische Sulfate verursachten Korrosionen an Backsteinmauern“, vorgelegt dem III. Kongress des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik von der Baudirektion der Adriatischen Bahnen [„Baumaterialienkunde“, 1902, Heft 18 bis 21]).

Wenn wir in unserem Fall lediglich die durch Frostwirkung hervorgerufenen Absplitterungen ins Auge fassen — und dieser Fall dürfte in der Praxis weit häufiger vorkommen als die durch Sulfate bewirkten Zerstörungen — so beweist er uns, dass die Glasur durchaus nicht unter allen Umständen eine Gewähr für die Frostbeständigkeit eines Ziegels bietet; ja sie kann, wie es aus unserem Beispiel deutlich hervorgeht, direkt schädlich wirken, weil sie bei porösem Ziegelmaterial, die natürliche Ventilation des Scherbens hindert. Von unten eingetretene Feuchtigkeit kann nämlich in diesem Fall nicht nach aussen verdunsten, sondern wird im Ziegel längere Zeit zurückgehalten und bewirkt bei Hinzutritt von Frost unter Umständen Zerstörung des Ziegels. Das vorliegende Beispiel bietet somit einen guten Beleg zu einem Ausspruch von *Breymann*, der in seinem Werk über Baukonstruktionslehre empfiehlt:

„Bei allen Bauten, bei denen zwischen Aussen- und Innentemperatur so grosse Unterschiede herrschen, dass starke Niederschläge zu befürchten sind, ist zu empfehlen, nur naturfarbene unglasierte Ziegel aus *bestem Material* zu verwenden.“

## Das Elektrizitätswerk Arniberg bei Amsteg.

(Schluss.)

### Schalt- und Apparatenanlage.

Wie bereits erwähnt, liefert die Zentrale des Arnibergwerkes Energie in zweierlei Stromarten, demzufolge auch die Schaltanlage zwei völlig voneinander unabhängige Teile aufweist, wie das *Schaltungsschema* erkennen lässt (Abbildung 59). Die drei 2600 KVA-Generatoren für Rathausen arbeiten, jeweils mit einem Transformator zu einer einheitlichen Gruppe verbunden, auf ein Doppel-Sammelschienensystem von 41 500 Volt und 42 Perioden. Der eine Strang ist durch Trennmesser derart unterteilt, dass es möglich ist, mit jeder Maschinengruppe unabhängig von den übrigen auf eine der Federleitungen Rathausen zu arbeiten, wodurch die Einführung getrennter Betriebe möglich ist. Auch der 1000 KVA-Generator arbeitet auf dieses Sammelschienensystem, nur wird seine Maschinenspannung durch drei Einphasen-Transformatoren entsprechender Leistung erhöht, die bei Aenderung der ursprünglichen Dispositionen bereits vorhanden waren. Für die 15 000 Volt-Seite mit 48 Perioden ist nur ein Sammelschienensystem vorhanden, an das einerseits die 500 KVA-Generator-Transformator-Gruppe, andererseits ein Feeder für Bürgeln, zwei solcher für Stromabgabe nach Amsteg und ins Reusstal und schliesslich ein Stations-Transformator von 50 KVA für den Eigenbedarf des Werkes angeschlossen sind. Zwischen Transformatoren und Sammelschienen sind automatische dreipolige, bezw. einpolige Hochspannungs-Oel-ausschalter mit automatischen Maximalzeitrelais eingebaut; die gleichen Schalter haben auch die abgehenden Federleitungen. Der Auslösestrom für diese Schalter wird einer kleinen Akkumulatorenbatterie von 30 Elementen und

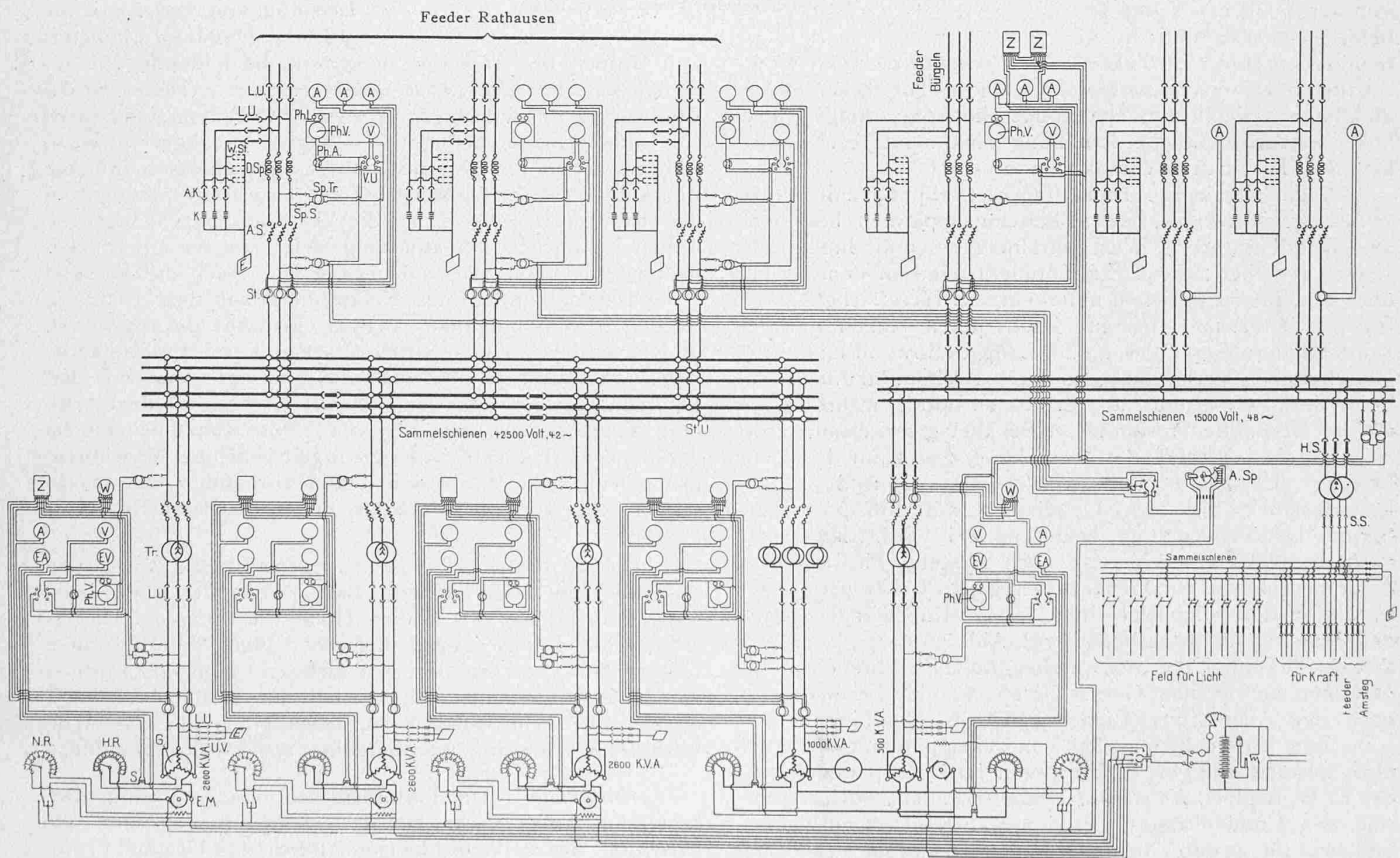


Abb. 59. Schaltungsschema der Zentrale des Elektrizitätswerkes Arniberg bei Amsteg.

LEGENDE: A Ampèremeter, AK Schalter für die Kondensatoren, AS Automatischer Oel-ausschalter, ASp Automatischer Spannungsregler, DSp Drosselspule, EA Erreger-Ampèremeter, EM Erregermaschine, EV Erreger-Voltmeter, G Generator, HR Hauptstrom-Regulierwiderstand, HS Hochspannungssicherung, K Kondensator, LU Leitungsunterbrecher, NR Nebenschluss-Regulierwiderstand, PhA Phasenlampen-Ausschalter, PhL Phasenlampen, PhV Phasen-Voltmeter, S Shunt, SS Sekundärsicherung, SpS Sicherung für Spannungstransformator, SpTr Spannungstransformator, St Stromwandler, SiU Stossunterbrecher, Tr Transformator, UV Ueberspannungsventile, V Voltmeter, VU Voltmeter-Umschalter, W Wattmeter, WSt Wasserstrahlapparat, Z Zähler.