Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93/94 (1929)
Heft: 1

Artikel: Zugbildung und Effektschwankung im elektrischen Bahnbetrieb
Autor: Kummer, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-43374

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: 15.07.2025

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

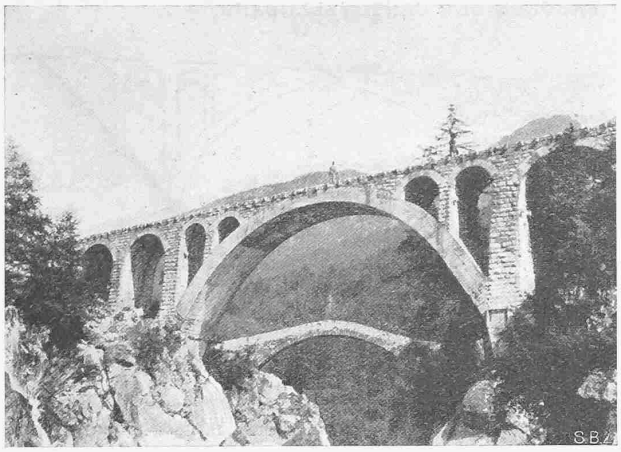

Abb. 12. Brücke über die Melezza (vergl. Tafel 2).

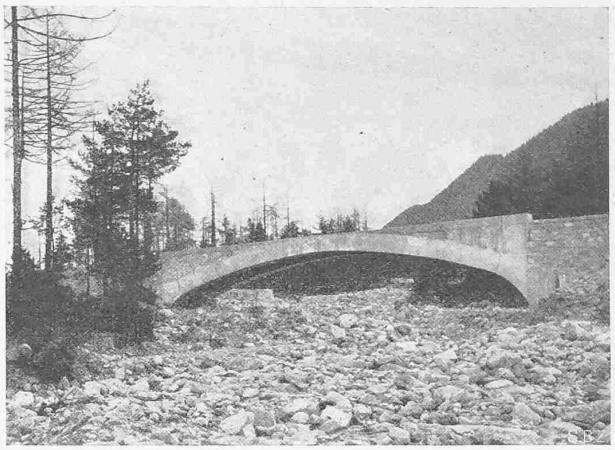

Abb. 17. Armierter Betonbogen über den Rivo Ragno.

vorhanden war; diese leisteten im Mittel 3,6 m³ Mauerwerk in zehnstündigem Arbeitstag, einschliesslich Mauerung der Sichtflächen.

Von den *Eisenbeton-Brücken* zeigt Abbildung 17 jene über den Rivo Ragno, eine Bogenbrücke von 30 m Lichtweite mit zwei Dreigelenk-Rippen. Die Wahl des Dreigelenkträgers ergab sich aus dem Umstand, dass die Widerlager auf Flussgeschiebe aufgelagert werden mussten. Die Spannweite zwischen den Kämpfergelenken beträgt 26,5 m, die Pfeilhöhe 2,30 m.

Tunnelbauten. Das zerrissene Gelände im Centovalli zwang zu einer grössern Anzahl Tunnel, von denen der grösste 342,50 m lang ist. Auf schweizerischer Seite sind zwanzig Tunnel mit zusammen 4165 m, in Italien zehn mit zusammen 923 m Länge, insgesamt also 3087 m = 9,6 % der Gesamtlänge der Bahn. Weitaus der grösste Teil der Tunnel erhielt eine halbkreisförmige Gewölbeverkleidung, nur in ganz kompaktem Gneis oder Granit wurde davon abgesehen. Nachstehende Tabelle zeigt die zur Anwendung gekommenen Lichtraum-Abmessungen. Darin bedeutet: *L* die Lichtweite auf Kämpferhöhe; *H* die Widerlagerhöhe; *S* die Stärke des Gewölbemauerwerks; *h* die lichte Höhe des Scheitels über Schienenoberkante.

	Schweiz			Italien			
	a	b	c	a	b	c	d
	m	m	m	m	m	m	m
L	5,00	4,20	4,20	4,60	3,90	3,90	3,90
H	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
S	—	0,40	0,60	—	0,35	0,50	0,60
h	5,20	4,80	4,80	3,85	4,65	4,65	4,65

Die Lichtraum-Abmessungen auf der italienischen Seite haben sich als zu knapp erwiesen, sie machen die Aufhängung des Fahrdrahts und die offene Führung von Telephon und Speiseleitung schwierig. Die Axverschiebung der Tunnel in Kurven beträgt auf Schweizergebiet $e = \frac{d}{2}$; ($d = 3{,}0 \times$ Ueberhöhung der äussern Schiene), während sie auf italienischem Gebiet konstant 0,05 m war; letztgenanntes Mass musste aber später infolge Verlängerung des Drehgestell-Abstandes vergrössert werden. In Kurven sind die Tunnel entsprechend dem Ausschlag $f + d$ verbreitert worden. Bis auf drei Tunnel, die Moränehügel durchschneiden, liegen alle in Gneis oder Granit. Grösserer Gebirgs-Druck wurde in einem Tunnel bei Km. 13,5 (Domodossola) beobachtet, wo infolge starker Rissbildung im Mauerwerk und Verschiebung des Gewölbes zwei Tunnelringe verstärkt neuerstellt werden mussten. Neuerdings zeigt noch ein kurzer Tunnel samt dem anschliessenden Gelände Rutschungserscheinungen.

Die Unterbau-Normalien lehnen sich an jene der Rhätischen Bahn und der Berninabahn[1]) an, unter Berücksichtigung der Erfahrungen und der zum Teil andern lokalen Verhältnisse. Die Planumbreite der FRT ist 3,60 m, die der SS 3,90 m; die Breite des Schotterbetts 2,40 m. In tiefen Einschnitten wurden einseitige Bankettmäuerchen in 1,50 m Axabstand angewendet. Das Schotterbett ist auf Auffüllung 0,30 m und im Einschnitt 0,35 m hoch. Weitgehend wurde die erste Kiesschicht durch ein Steinbett ersetzt. Durchlässe wurden in grosser Zahl und mit reichlich bemessenen Durchflussöffnungen erstellt. Bis zu 1 m lichter Weite hat man Zementrohr- und Plattendurchlässe verwendet, für grössere Oeffnungen Steingewölbe, ferner armierte Plattenbalken und einbetonierte I-Träger. (Schluss folgt.)

Zugbildung und Effektschwankung im elektrischen Bahnbetrieb.

Von Prof Dr. W. KUMMER, Ing., Zürich.

[Mit der vorliegenden Eröffnung des 94. Bandes der „S. B. Z." vollendet Prof. Dr. Walter Kummer das 25. Jahr seiner ständigen Mitarbeit. Durch seine Beiträge aus seinem engern und weitern Fachgebiet wie durch seine beratende Mitwirkung, gelegentlich auch als temperamentvoller Mitstreiter im Kampf der Meinungen — es sei blos an seine rastlose und erfolgreiche Pionierarbeit in der Systemwahl für die Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen erinnert — hat er, auch durch unser Blatt, dem technischen Fortschritt wertvolle Dienste geleistet. Dafür sprechen ihm heute Herausgeber und Redaktion ihre dankbare Anerkennung aus. Carl Jegher.]

Die Tatsache, dass mit der Weiterentwicklung des elektrischen Bahnbetriebs keineswegs eine Auflösung der schweren Züge des früheren Dampfbetriebs in lauter leichte, elektrisch geführte Züge eintrat, dass vielmehr auch in der Aera des elektrischen Betriebs die Zuggewichte und Lokomotivleistungen fortgesetzt wachsen, wird vielfach als unrichtige Preisgabe eines Grundprinzips der elektrischen Zugförderung empfunden, nämlich des Prinzips der möglichst gleichförmigen Belastung. Die nachfolgende Untersuchung will klarlegen, inwieweit grundsätzlich durch verschiedene Normen der Zugbildung die Gleichförmigkeit der Belastung der Anlagen der Energieversorgung der elektrischen Zugförderung beeinflusst wird. Bei dieser Untersuchung bedienen wir uns der Resultate des analytischen Verfahrens zur Vorausbestimmung der Effektschwankung im elektrischen Bahnbetriebe, das wir vor vier Jahren in

[1]) Vergl. Berninabahn in Bd. 59 (Febr. bis April 1912), insbesondere S. 143 bis 181; auch als Sonderdruck (58 Abb., 32 Seiten) zum Preis von Fr. 2,50 erhältlich. Red.

dieser Zeitschrift bekanntgaben [1]). Es wurde damals gezeigt, dass mittels der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Kurve des Schwankungsverhältnisses K des Kraftbedarfs, d. h. des Quotienten „Effektmaximum durch Effektmittel" elektrischer Anlagen in Abhängigkeit von einer Mittelwertgrösse y allgemein gültig darstellbar ist, wobei im Bahnbetrieb die Grösse y durch das Produkt aus der Zugszahl N und der im Sinne einer „Benutzungsdauer" festgestellten Strombezugszeit t eines Zuges, je auf die Zeit 1 bezogen, bestimmt ist. In Abb. 1 führen wir hier die damals für die Bezugszeit „1 Jahr" vorausberechnete Kurve $K = f(y)$ neuerdings vor, wobei unsere Abbildung auch noch weitere, für die vorliegende Untersuchung benötigte und im folgenden begründete Kurven enthält.

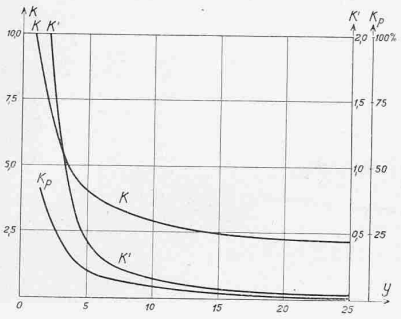

Abb. 1.

Auf einer Bahnlinie oder in einem Bahnnetze von gegebener Länge kann der Eisenbahn-Jahresverkehr Q, als Produkt aus jährlich gefahrenen Gewichten und Streckenlängen, je nach den Normen der Zugbildung, durch N_1 leichtere Züge vom Einzelgewichte G_1, oder durch N_2 schwerere Züge vom Einzelgewichte G_2, gemäss der Beziehung:

$$Q = v_1 N_1 G_1 = v_2 N_2 G_2$$

zustande kommen, wobei den zwei gegenübergestellten Betriebsarten auch noch die verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten v_1 und v_2, also auch verschiedene Strombezugszeiten t_1 und t_2 der Züge zu Grunde liegen sollen. Nun gilt für die, diesen Betriebsarten entsprechenden Mittelwertgrössen:

$$y_1 = N_1 t_1$$
$$y_2 = N_2 t_2$$

und folgt:

$$Q = v_1 y_1 G_1 \frac{1}{t_1} = v_2 y_2 G_2 \frac{1}{t_2}$$

Der Mittelwertgrösse y_1 entspricht ein Schwankungsverhältnis K_1, der Grösse y_2 entspricht analog K_2, und zwar in der durch die Abb. 1 gegebenen Abhängigkeit. Beim Uebergang von der einen Betriebsart zur andern findet also eine Aenderung von K statt, die man je durch die Grösse:

$$\frac{dK}{dy} = K'$$

d. h. durch die Aenderung der Effektschwankung pro Einheit der Mittelwertgrösse messen kann. Diese ebenso wie K als Funktion von y auftretende Massgrösse haben wir in Abb. 1 durch die Kurve:

$$K' = f(y)$$

dargestellt, wie wir sie mittels graphischer Differentiation aus der Kurve K gewonnen haben [2]). Zur Beurteilung der relativen Aenderung der Effektschwankung bei verschiedener Betriebsart eignet sich die in Prozentwerten festliegende Grösse:

$$k_p = 100 \frac{K'}{K}$$

die in Abb. 1 ebenfalls als Kurvenbild ersichtlich ist.

Da für eine gegebene Bahnlinie, bezw. für ein gegebenes Bahnnetz:

$$\frac{v_1}{t_1} = \frac{v_2}{t_2} = \text{konstant} = \frac{1}{C}$$

gesetzt werden kann, folgen die Beziehungen:

$$y_1 = C \frac{Q}{G_1}; \quad y_2 = C \frac{Q}{G_2}$$

aus denen die Möglichkeit ersichtlich ist, einen Jahresverkehr Q auch unmittelbar durch einen bestimmten Wert der Grösse y zu kennzeichnen, sobald feste Normen der Zugbildung, besonders auch für die Zuggewichte gelten. In dieser Hinsicht erinnern wir daran, dass in unserem Aufsatz von 1925 für normale europäische Hauptlinien die Zuordnung von y und Q derart festgestellt wurde, dass der Einheit $y = 1$ etwa gerade ein Jahresverkehr von rund 100 Millionen tkm entspricht. Nehmen wir nun an, dass in demgemäss betriebenen Eisenbahnnetzen, für die also unsere Abb. 1, gemäss der Abszissenskala von $y = 0$ bis $y = 25$, Jahresverkehre von 0 bis 2,5 Milliarden tkm kennzeichnet, spontan ein sehr starkes Wachsen der Zuggewichte eintrete. Erfasst dieses Wachsen *alle* Zugsarten (Schnellzüge, Personenzüge und Güterzüge) in gleichem Masse, so erfolgt keine Aenderung des mittleren Verhältnisses $\frac{Q}{G}$, also auch keine Aenderung von y und von K. Die Gleichförmigkeit der Belastung der Anlagen zur Energieversorgung bleibt dabei erhalten, obwohl natürlich sowohl die durchschnittlich, als auch die maximal abgegebene Zentralenleistung, und analog auch alle Speisepunkts- und alle Zugsleistungen, gewachsen sind. Findet aber in dem betrachteten Netze ein starkes Wachsen der Zuggewichte nur innerhalb *einer* Zugsart (z. B. bei den Güterzügen) und ausserdem derart statt, dass mit dem wachsenden Zuggewicht die Zugszahl dieser Zugsart abnimmt, während der Jahresverkehr konstant bleibt, dann wird offenbar die Effektschwankung der Energieversorgung geändert, und zwar in einer Art und Weise, die wir nun näher zu betrachten haben. Vor der Vornahme der spontanen Aenderung der Zugbildung in der einen Zugsart war der im ganzen im Bahnbetrieb bewältigte Jahresverkehr Q durch eine Mittelwertgrösse y_1 von der Form:

$$y_1 = y_0 + y_I$$

darstellbar, wobei y_0 den Anteil der nicht zu ändernden Zugsarten, y_I jedoch den Anteil der zu ändernden Zugsart bedeuten. Durch die Aenderung in dieser Zugsart, wobei y_I in y_{II} übergeht, entspricht nun dem unverändert bleibenden Jahresverkehr Q eine Mittelwertgrösse y_2 von der Form:

$$y_2 = y_0 + y_{II}$$

Dabei ändert sich das Schwankungsverhältnis K vom frühern Werte K_1 auf einen neuen Wert K_2. Weil aber:

$$y_1 - y_2 = \Delta y_{1,2} = y_I - y_{II} = \Delta y_{I,II}$$

bezw. weil die elementare Aenderung dy ebensogut auf den Gesamtverkehr, als auch bloss auf den Verkehr in der, einer Aenderung unterworfenen Zugsart bezogen werden kann, so können auch die Massgrössen:

$$K' = \frac{dK}{dy}$$

und:

$$k_p = 100 \frac{K'}{K}$$

ebensogut dazu benutzt werden, um in Abb. 1 die absolute, bezw. die relative Aenderung von K an der Stelle, wo y_1 und y_2 gelten, als auch an der Stelle, wo y_I und y_{II} gelten, richtig zum Ausdruck zu bringen.

Nehmen wir also beispielsweise an, die Gesamtheit des Verkehrs sei vor der Aenderung der einen Zugsart durch $y_1 = 20$ darstellbar; die eine Zugsart werde nun von $y_I = 8$ durch die Wahl weniger, aber schwererer Züge auf $y_{II} = 7$ reduziert, derart, dass bei gleichbleibendem Gesamtverkehr dieser nunmehr durch $y_2 = 19$ dargestellt werden muss. Aus Abb. 1 ersehen wir, dass an der Stelle, wo $y = 19$ bis 20 ist, die absolute Aenderung K' nur etwa 0,04 und die relative Aenderung k_p gar nur 1,3 % beträgt; das Elektrizitätswerk, das die Gesamtenergie zur Betätigung des Gesamtverkehrs liefert, wird also keine merkbare Beeinträchtigung der Gleichförmigkeit der Energielieferung erfahren. Anderseits lehrt Abb. 1, dass an der Stelle, wo $y = 7$ bis 8 ist, die absolute Aenderung K' etwa 0,23 und die relative Aenderung k_p etwa 6,2 % beträgt; wenn nun zufällig die Energieversorgung der, der Aenderung unterliegenden Zugsart vor und nach der Aenderung einem einzelnen Speisepunkt überbunden ist, so wird für diesen

[1]) Auf Seite 169 von Band 86 (3. Oktober 1925).

[2]) Eine genauere graphische Differentiation beruht auf der Bestimmung von Tangenten-Berührungspunkten, wie dies auf S. 102 des Büchleins „Praktische Analysis" von *H. von Sanden*, das 1914 bei B. G. Teubner in Leipzig erschien, dargestellt ist.

die Gleichförmigkeit der Energieabgabe in merkbarer Weise durch die Aenderung der Zugbildung in der betreffenden Zugsart beeinflusst.

Das dargelegte Beispiel zeigt, dass es an Hand der Kurven unserer Abb. 1 ohne weiteres möglich ist, beabsichtigte Aenderungen in der Zugbildung zum Voraus hinsichtlich ihrer Rückwirkung auf die Gleichförmigkeit der Energieversorgung mit einer, für die Praxis mehr als ausreichenden Genauigkeit zu beurteilen. Unsere Darstellung ist ausserdem geeignet, die Meinung, das Anwachsen der Zuggewichte und der Lokomotivleistungen im elektrischen Betriebe bedeute eine wesentliche Störung der Gleichförmigkeit der Belastung, als unbegründetes Vorurteil erscheinen zu lassen, insofern wenigstens, als es sich um die Energieversorgung von wirklichen Grossbetrieben handelt. Wir möchten hier geradezu betonen, dass es für die elektrische Zugförderung von ausserordentlicher Bedeutung ist, dass dem Anwachsen der Zuggewichte und Lokomotivleistungen von Seiten der Energieversorgung gar keine wesentliche Hindernisse im Wege stehen, vorausgesetzt, dass bei der Einrichtung der elektrischen Zugförderung eine genügend hohe Fahrspannung gewählt wurde, was bekanntlich beim Einphasensystem, wie bei keiner andern Stromart, bei hoher Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Fall ist.

Neubau für das Naturhistorische Museum in Chur.

Architekten GEBRÜDER SULSER in Chur.

Die Initiative zu einem Neubau für das Naturhistorische und Nationalpark-Museum ergriff im Jahre 1926 die Rhätische Bahn bezw. deren Direktor G. Bener. Er gründete in Verbindung mit der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Graubünden eine Baukommission und besorgte die Finanzierung, indem er den Bau samt der Inneneinrichtung durch die Rh. B. ausführen liess. Der Kanton hat das Gebäude in Pacht und wählt den Konservator.

Das nun ausgeführte Projekt ist das Ergebnis eines im Sommer 1926 ausgeschriebenen Wettbewerbes unter den im Kanton wohnenden S. I. A.- und B. S. A.-Architekten, bei dem Stadtbaumeister M. Müller (St. Gallen), Arch. L. Völki (Winterthur) und Ing. G. Bener als Preisrichter amteten. Als Bauplatz stellte die Rh. B. den Garten zwischen der Villa Planta (jetzt Bündner Kunsthaus) und dem Verwaltungsgebäude der Rh. B. zur Verfügung. Es galt, den Neubau mit den bestehenden Gebäuden in Einklang zu bringen und zugleich den Charakter des Gartens zu wahren und den Baumbestand zu schonen. Seinem Zweck entsprechend war die Ausführung in einfachsten Formen zu halten.

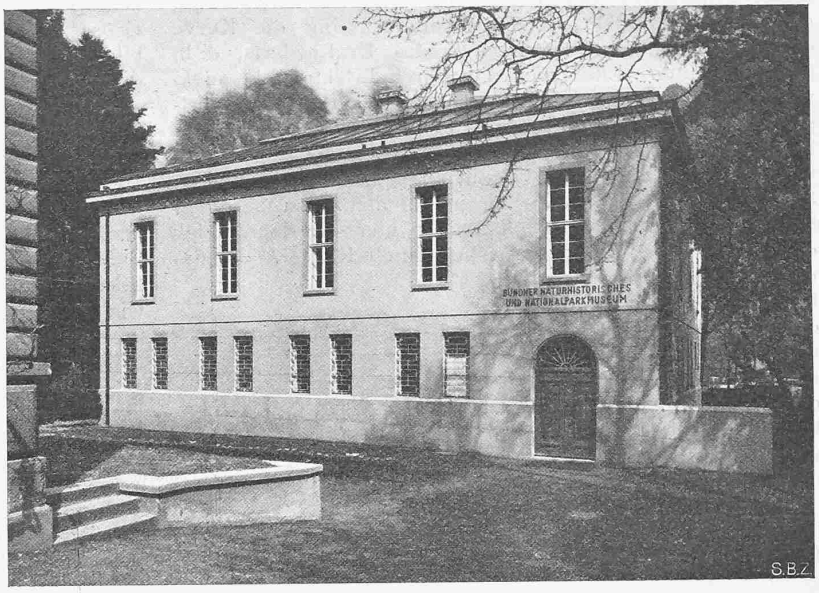

Abb. 4. Eingangseite gegen das Bündner Kunsthaus (Villa Planta).

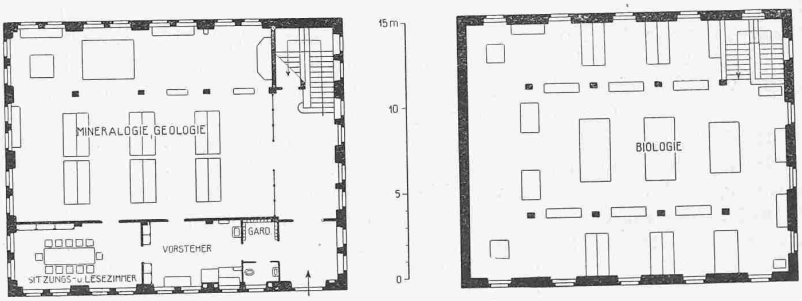

Abb. 2 und 3. Grundrisse des Erdgeschosses und des ersten Stocks. — Masstab 1 : 400.

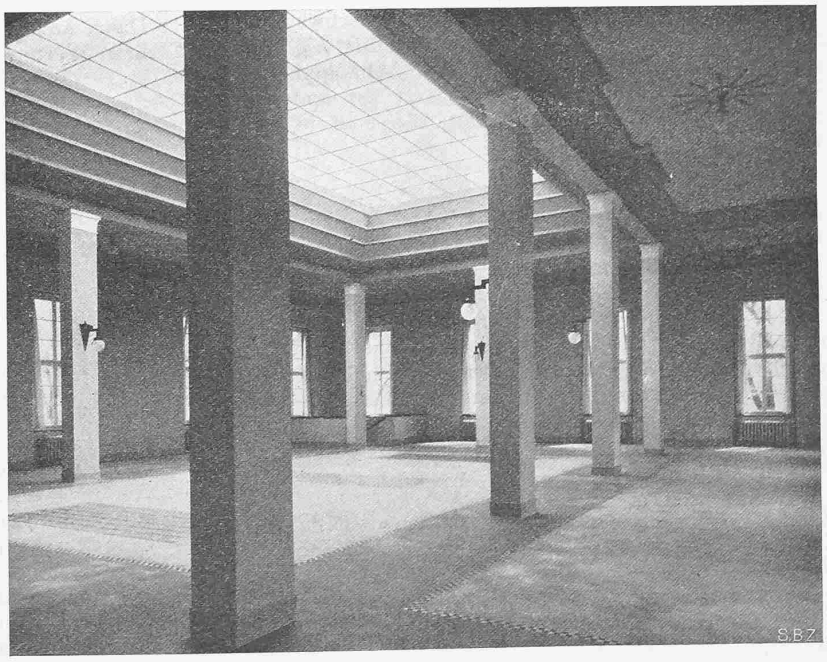

Abb. 7. Saal mit Oberlicht im I. Stock.

Das Gebäude enthält im Parterre (Abbildung 6) die das ganze Gebiet umfassende Mineraliensammlung sowie Reliefkarten, geologische Profile usw. Ebenfalls im Parterre liegt das Arbeitszimmer des Konservators sowie das Kommissions-Sitzungszimmer. Den ersten Stock (Abbildung 7) nimmt der Oberlichtsaal ein, der die eigentliche naturhistorische Sammlung Graubündens enthält. Der ganze Raum wird beherrscht durch das 15,0 m lange und 3,0 m hohe Triptychon Giov. Giacomettis aus dem Nationalpark, mit dem Piz Plavna in der Axe (Abb. 8). Im Mittelraum stehen die Tiergruppen der ausgestorbenen Arten, in den Seitenabteilen die Schränke