

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 47 (1956)  
**Heft:** 6  
  
**Rubrik:** Communications ASE

#### **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:** 09.02.2026

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

## Installierte Leistung und mögliche Energieerzeugung der Kraftwerke

Tabelle I

Konzessionen Kraftwerke	Installierte Leistung		Mittlere mögliche Energieproduktion in Millionen kWh				
	kW	kW	Winter		Sommer		Jahr
<b>A. Erteilte Konzessionen:</b>							
1. Kraftwerk Sedrun . . . . .		120 000		201		60	
2. Kraftwerk Tavanasa . . . . .		120 000		238		210	
Total A		240 000		439		270	
							709
<b>B. Nachgesuchte Konzessionen:</b>							
1. Kraftwerk Ilanz I . . . . .		30 000		63		83	
2. Kraftwerk Rhäzüns . . . . .	40 000		88		133		146
Kraftwerk Ems KDW, Anteil . . .	18 000		39		59		
	58 000		127		192		319
3. Kraftwerk Greina . . . . .	80 000		143		19		162
Kraftwerk Tavanasa, Anteil Greina . . . . .	40 000		47		63		
	120 000		190		82		272
4. Kraftwerk Tersnaus . . . . .	22 000		37		68		
Kraftwerk Castrisch . . . . .	17 000		29		60		105
	39 000		66		128		89
5. Kraftwerk Panix . . . . .	27 000		47		23		194
Kraftwerk Ilanz II . . . . .	75 000		128		128		70
	102 000		175		151		256
Total B		349 000		621		636	
Total Vollausbau (A + B)		589 000		1060		906	
							1257
							1966

Der Vollausbau umfasst Rohwasserkräfte mit einer Bruttoleistung von 303 000 kW (411 970 PS); davon entfallen 117 830 kW (160 100 PS) auf die bereits erteilten und 185 170 kW (251 870 PS) auf die nachgesuchten Konzessionen. Diese Wasserkraftnutzung wird dem Kanton Graubünden und den beteiligten Gemeinden neben den Steuern an einmaligen Verleihungsgebühren Fr. 4 119 700.—, wovon Fr. 1 200 750.— für die beiden oberen Stufen bereits entrichtet sind, und Fr. 2 833 790.— an jährlichem Wasserzins bringen; Kanton und Gemeinden teilen sich in diese Einnahmen.

Die verleihenden Gemeinden erhalten gemäss Konzessionsbestimmungen pro verliehene Bruttoperdestärke und Jahr 10 kWh Gratisenergie und 40 kWh Vorzugsenergie; dem Kanton ist gemäss Art. 4<sup>ter</sup> des revidierten bündnerischen Wasserrechtsgesetzes ein Prozent der Leistung und der Energieerzeugung der Werke, deren Konzessionen er genehmigt hat, gegen Bezahlung eines entsprechenden Jahreskostenanteiles zur Verfügung zu stellen. Nach Art 4<sup>bis</sup> des Wasserrechtsgesetzes sind Kanton und Verleihungsgemeinden berechtigt, sich an Kraftwerksunternehmungen zu beteiligen. In der Volksabstimmung vom 4. September 1955 ist die Beteiligung des Kantons Graubünden an den KVR mit 10% beschlossen worden; wenn sich auch die Gemeinden mit dem gleichen Anteil beteiligen — für die Kraftwerke Sedrun und Tavanasa steht den sechs Konzessionsgemeinden der Entscheid bis Ende Februar 1956 frei —, dann würde nach dem Vollausbau der KVR dem Kanton und den Gemeinden aus ihrer Beteiligung jährlich eine Energiemenge von rd. 400 Millionen kWh zur Verfügung stehen zur eigenen Verwendung oder zur Abgabe an im Kanton ansässige Industrie- und Gewerbebetriebe.

Um Kanton und Gemeinden bei der Bereitstellung der für die industrielle Entwicklung notwendigen elektrischen

Energie zu unterstützen, haben sich die NOK bereit erklärt:

a) die für die Kraftwerke Sedrun und Tavanasa getroffenen Vereinbarungen über die Beteiligung des Kantons und der Gemeinden an der Kraftwerke Vorderrhein A.G. auch auf die neuen Verleihungen auszudehnen;

b) Kanton und Gemeinden den Bezug ihrer Energieanteile dadurch zu erleichtern, dass sie die von Kanton und Gemeinden allfällige nicht voll beanspruchte Winterenergie zu den üblichen höheren Winterpreisen übernehmen;

c) soweit der Anteil aus den Beteiligungsrechten von Kanton und Gemeinden nicht ausreicht, zusätzliche Energielieferungen zu Meistbegünstigungsbedingungen zu besorgen.

Der grosse, stets wachsende Energiebedarf im Versorgungsgebiet der NOK, der im Geschäftsjahr 1954/55 2645 Millionen kWh erreichte und damit gegenüber dem Vorjahr eine Zunahme von 8,6% aufweist, erlaubte den NOK, in den Konzessionen relativ kurze Baufristen einzugehen; sie betragen, von der Konzessionsgenehmigung durch den Kleinen Rat an gerechnet:

## Fristen für Bau und Inbetriebnahme der Kraftwerke

Tabelle II

Kraftwerk	Baubeginn Jahre	Inbetrieb- nahme Jahre
Ilanz I . . . . .	5	8
Rhäzüns . . . . .	5	9
Greina . . . . .	5	10
Tersnaus und Castrisch . . . . .	10	15
Panix und Ilanz II . . . . .	5	10

Diese Fristen setzen voraus, dass die für die programmässige Durchführung der Bauarbeiten nötigen Arbeitskräfte verfügbar sein werden.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

## Der Umbau einer elektrischen Schmalspurbahn von 25 auf 50 Hz

621.331.3.025.1 : 625.3(43)

Die Fahrleitungen der rund 40 km langen schmalspurigen Albtalbahn, die von Karlsruhe nach Herrenalb und nach Ittersbach führt, werden seit 1910 nach amerikanischem Vorbild mit Einphasenwechselstrom (8,8 kV, 25 Hz) gespiesen. Es sind drei Umformer-Aggregate vorhanden, die aus dem Netz der Allgemeinversorgung (20 kV, 50 Hz) mit Energie beliefert werden; zur Brechung der Spitzen dient eine Pufferbatterie. An Triebfahrzeugen sind vier elektrische Lokomotiven mit je vier und acht Motorwagen mit je zwei angetriebenen Achsen zu erwähnen. Heute sind sowohl die Triebfahrzeuge als auch die stationären Einrichtungen für die elektrische Zugförderung veraltet. Dies äussert sich in wirtschaftlicher Hinsicht darin, dass der mittlere Wirkungsgrad der Umformeranlage

unter Berücksichtigung der Pufferbatterie jährlich nur ca. 61...62% erreicht. Die Albtalbahn gehört nun einer Privatgesellschaft, deren finanzielle Lage nur eine allmähliche Modernisierung der gesamten ortsfesten und beweglichen Einrichtungen für die elektrische Traktion gestattet. Die durchgeföhrten wirtschaftlichen und technischen Untersuchungen ergaben nun als rationellste Lösung den Übergang auf 50 Hz, die günstiger ist als die Verwendung von Gleichstrom. Während einer gewissen Übergangszeit, d. h. im Zuge einer allmählich fort schreitenden Modernisierung, müssen die Triebfahrzeuge mit beiden Frequenzen verkehren können, so dass sich hier sowohl für den Konstrukteur als auch für den Betrieb eine Anzahl Spezialprobleme stellen.

Als erstes Triebfahrzeug wurde eine der vier vorhandenen Lokomotiven unter Verwendung des bisherigen mechanischen Teiles zu einem Zweifrequenz-Triebfahrzeug umgebaut. Dabei

konnte die Stundenleistung der vier Triebmotoren von je 80 PS auf je ca. 155 PS erhöht werden. Die Lokomotive gibt diese Leistung sowohl unter den bisherigen Verhältnissen (8,8 kV, 25 Hz) als auch bei 50 Hz (Fahrdrähtspannung 10 kV) ab. Die bisher verwendeten Winter-Eichberg-Motoren (kompensierter Repulsionsmotor), die eine schlechte Kommutierung, einen grossen Verbrauch an Kohlebürsten sowie eine starke Abnutzung des Kollektors aufwiesen, wurden durch Einphasen-Seriemotoren ersetzt. Für die transformatorische EMK wurden ungefähr 6 V zugelassen (normal 3...4 V); nach der Schaltung von Kasperowski<sup>1)</sup> treten an Stelle der sonst üblicherweise verwendeten Klotzkohlen zwei elektrisch und mechanisch voneinander getrennte Teilbürsten. Durch besondere Stromteiler werden die erforderlichen Kompensationsströme erzeugt; beim Erreichen der vollen Drehzahl wird die Wirkung der Stromteiler verringert.

Der Transformatormotor ist so gebaut, dass die Lokomotive sowohl bei 25 Hz als auch bei 50 Hz die gleichen Anhängelasten mit der gleichen Geschwindigkeit befördern kann. Diese Bedingung wurde gestellt, um auch die schwersten Züge auf den in Betracht kommenden Strecken wahlweise mit einer der beiden Frequenzen führen zu können. Der Kern des Transformatormotors musste deshalb für die Sättigung bei der tieferen Frequenz vorgesehen werden, d. h. sein Gewicht wird gegenüber einer Einheit, die nur bei 50 Hz allein arbeiten muss, relativ gross. Es beträgt hier 2,2 t für Leistungen von 320 kVA (25 Hz), bzw. 380 kVA (50 Hz). Deshalb wird man normalerweise die Leistung bei der tieferen Frequenz kleiner halten, wie dies z. B. bei den von den Französischen Staatsbahnen in Auftrag gegebenen Lokomotiven der Fall ist.

Bei den Hilfsbetrieben sind nur zwei Vakuumpumpen zu erwähnen, die durch je einen Seriemotor für 25 Hz angetrieben werden. Durch Versuche wurde nun festgestellt, dass diese Motoren auch mit 50 Hz betrieben werden können, so dass sich eine besonders einfache Lösung ergab.

Um mit den umgebauten Triebfahrzeugen bei 50 Hz Erfahrungen sammeln zu können, wurden die ortsfesten Anlagen so ergänzt, dass die Fahrleitung auf der rund 15 km langen Strecke Busenbach-Herrenthal wahlweise mit 8,8 kV, 25 Hz oder mit 10 kV, 50 Hz gespiesen werden kann. Da bis jetzt nur ein Triebfahrzeug vorhanden ist, kann nur zeitweise auf 50 Hz umgeschaltet werden, wenn sich die umgebaute Lokomotive allein auf der Versuchsstrecke befindet. Die Speisung der Fahrleitung mit 50 Hz erfolgt aus einem besonderen Unterwerk. Dieses besitzt einen Einphasentransformator von 500 kVA Leistung, der oberspannungsseitig aus einer 20-kV-Leitung des Badenwerkes gespiesen wird. Dieser Transformatormotor kann mit Hilfe eines Phasenwählerschalters von jeder beliebigen Phase des 20-kV-Netzes aus gespiesen werden. Irgendwelche Rückwirkungen der einphasigen Belastung, die allerdings heute bei nur einer Lokomotive nicht sehr gross ist, konnten bisher im speisenden Dreistromnetz nicht festgestellt werden. In dieser Hinsicht wurden der Bahngesellschaft vom Lieferanten keine besonderen Vorschriften gemacht.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse, insbesondere die noch geringe Laufleistung der umgebauten Lokomotive, lassen bis jetzt noch keine Aussagen über die Bewährung des 50-Hz-Systems unter den speziellen Verhältnissen bei der Albtalbahn zu. Wenn die Ergebnisse mit der bisher umgebauten Lokomotive positiv ausfallen, so soll der schrittweise Umbau der übrigen Triebfahrzeuge sowie die entsprechende Umänderung der ortsfesten Anlagen vorgenommen werden.

A. Degen

## Anwendungen der Statistik beim Prüfen von Motoren

519.24 : 621.313.13-181.4.001.4

[Nach J. L. Oldenkamp: Applications of Statistics to Motor Testing. Electr. Engng. Bd. 74 (1955), Nr. 8, S. 671]

Beim Prüfen von kleinen Elektromotoren ergeben sich stets grössere Unterschiede zwischen den Prüfresultaten verschiedener Motoren desselben Typs, deren Ursachen sowohl bei den Motoren selbst, wie auch beim prüfenden Personal und den äusseren Prüfbedingungen zu suchen sind. Es ist deshalb

<sup>1)</sup> Kasperowski, O.: Bauarten und Schaltungen von Schichtbürsten. Elektr. Bahnen Bd. 13 (1942), Nr. 8, S. 181...189.

von Interesse, zu untersuchen, in welchem Mass das Prüfresultat einer beschränkten Anzahl ausgewählter Motoren vom Mittelwert der gesamten Typenreihe abweicht, und wie dieser Fehler verringert werden kann. Die Abweichung des Durchschnittswertes von  $m$  je  $n$ -mal geprüften Motoren vom Gesamtdurchschnitt lässt sich wie folgt darstellen:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sigma_m^2}{m} + \frac{\sigma_n^2}{n} + \frac{\sigma_0^2}{m n}}$$

wobei  $\sigma$  Gesamtfehler (Standardabweichung);  
 $\sigma_m$  Fehleranteil von den Motoren herrührend;  
 $\sigma_n$  Fehleranteil vom Prüfpersonal herrührend;  
 $\sigma_0$  Fehleranteil von den Prüfbedingungen herrührend.

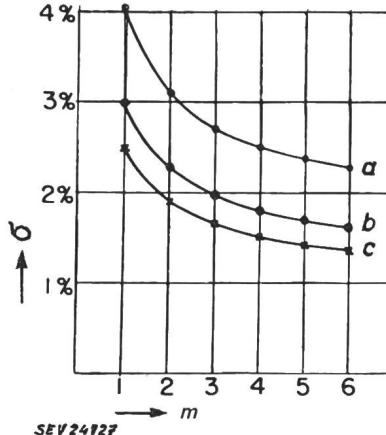


Fig. 1  
Statistischer Fehler beim Prüfen von elektrischen Kleinmotoren

- a alle Motoren von der gleichen Person geprüft
- b alle Motoren zweimal geprüft von zwei verschiedenen Personen
- c alle Motoren dreimal geprüft von drei verschiedenen Personen

Die Grössen  $\sigma_m$ ,  $\sigma_n$ ,  $\sigma_0$  können mit Hilfe der mathematischen Statistik ermittelt werden. Fig. 1 veranschaulicht die Verhältnisse, wie sie bei der Messung der aufgenommenen Wirkleistung eines 12-W-1-Phasen-Kurzschlussläufersmotors auftraten. Hier zeigt sich interessanterweise, dass der Fehler geringer wird, wenn nur ein einziger Motor von zwei verschiedenen Prüfern ausgemessen wird, als wenn dieselbe Person zwei Motoren prüft. Dies gilt allerdings nicht in jedem Fall; stets ist jedoch die Abschätzung der Nennbetriebsdaten eines Motormodells nach den Prüfresultaten nur eines Prototyps recht ungenau.

C. W. Lüdeke

## Silber als Werkstoff in der Elektrotechnik

621.315.5 : 669.22

[Nach A. Keil und C. L. Meyer: Silber als Werkstoff in der Elektrotechnik. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. Bd. 21 (1955), Nr. 8, S. 264...270]

In der Elektrotechnik werden vielfach metallische Überzüge gebraucht, deren elektrische Leitfähigkeit gut und unter den verschiedensten Bedingungen längere Zeit möglichst konstant sein soll. Es müssen deshalb Edelmetalle verwendet werden, wobei wegen des relativ billigen Preises vor allem Silber und Silberlegierungen in Frage kommen. Silber hat die höchste elektrische und Wärmeleitfähigkeit aller Metalle, es lässt sich wegen seiner Weichheit leicht bearbeiten und ist widerstandsfähig gegen Oxydation. Leider verbindet es sich leicht mit Schwefel. Ein weiterer Nachteil stellt sein relativ hoher Dampfdruck dar, der bei grosser Hitze, verursacht z. B. durch einen Schaltlichtbogen, zu Materialverlusten führen kann. Die genannten nachteiligen Eigenschaften werden durch Legierungen mit anderen Metallen zum Teil verbessert.

### Anwendung von Feinsilber und Silberlegierungen für Unterbrecherkontakte

Feinsilber (Reinheitsgrad ca. 99,9%) gewährt eine hohe Sicherheit in der Kontaktgabe. Es wird sowohl massiv als Nied als auch auf U nedelmetalle schweissplattiert angewendet, entweder um Material zu sparen oder die Herstellung spezieller

**Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 227**  
Es folgen «Die Seiten des VSE»