

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 73/74 (1919)
Heft: 6

Artikel: Die selektiven Korrosionen: die Bedingungen ihres Entstehens und die Mittel, sie zu verhüten
Autor: Wurstemberger, F. v.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-35668>

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>

werden müssten, was aber in absehbarer Zeit kaum nötig sein wird.

Die Entwürfe für die vorstehend erwähnten Brückenbauten sind mit einigen wenigen Ausnahmen durch das Brückenbaubureau des Oberingenieurs bei der Generaldirektion aufgestellt worden. Die Ausführung der projektierten Bauten liegt in den Händen der Organe der Kreisdirektion V, die vielleicht später Anlass nehmen werden, über Einzelheiten der vorstehend erwähnten Brückenarbeiten näher zu berichten.

Bern, im Juli 1919.

Die selektiven Korrosionen.

Die Bedingungen ihres Entstehens und die Mittel, sie zu verhüten.

Von Oberingenieur F. v. Wurstemberger, Zürich.

Unter Korrosionen versteht man Zerstörungserscheinungen, die auf Auflösung der Substanz, nicht lediglich auf Auswaschungen oder sonstige mechanische Abnützungen zurückzuführen sind. Für Anfressungen ganz lokalen Charakters an sonst gesunden Metallteilen ist die Bezeichnung: *Selektive Korrosion* üblich geworden, offenbar in der Annahme, dass infolge einer gewissen wählerischen Tätigkeit eines an sich unbekanntem Faktors eine Selektion stattfindet, die den Angriff auf bestimmte Stellen geringerer Widerstandsfähigkeit konzentriert. Wohl mit Recht dürfte man diese Erscheinungen jedoch „Zufalls-Korrosionen“ nennen. Jedenfalls war das Studium der Zufälligkeiten, die sie herbeiführen können, fruchtbarer als das Suchen nach dem Grund, warum gerade eine bestimmte Stelle und nicht eine andere benachbarte von anscheinend so geringer Widerstandsfähigkeit war.

Elektrochemisches ¹⁾.

Die Erscheinung, dass ein in eine Flüssigkeit eingetauchtes Metall angegriffen wird, gehört chemisch unter den allgemeinen Begriff der Lösung fester Körper in flüssigen und gehorcht, soweit sie ein umkehrbarer Vorgang ist, dem Massenwirkungsgesetz, wonach ein solcher Vorgang bis zu einem gewissen Gleichgewichtszustand fortschreitet, der gegeben ist durch ein bestimmtes, ihm eigentümliches Verhältnis der aktiven Massen der entstehenden und verschwindenden Stoffe zu einander. Bei diesem Gleichgewichtszustand ist die Lösungstension, d. h. das Bestreben des festen Körpers, in Lösung zu gehen, gleich der Abscheidungstension, d. h. dem Bestreben der gelösten Teile, feste Form anzunehmen.

¹⁾ Benützte Literatur: *Treadwell*, Analytische Chemie; *Daneel*, Elektrochemie; *Alexander Smith*, Lehrbuch der anorganischen Chemie.

Der Umbau der eisernen Brücken auf der Bergstrecke der Gotthardbahn.

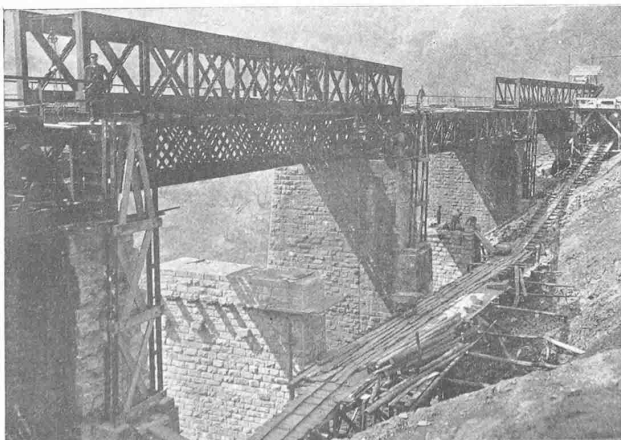


Abb. 6. Piano-tondo-Viadukt, talwärts gesehen. In Hebung begriffene eiserne Überbauten der II. Spur. — Aufnahme vom 12. April 1919.

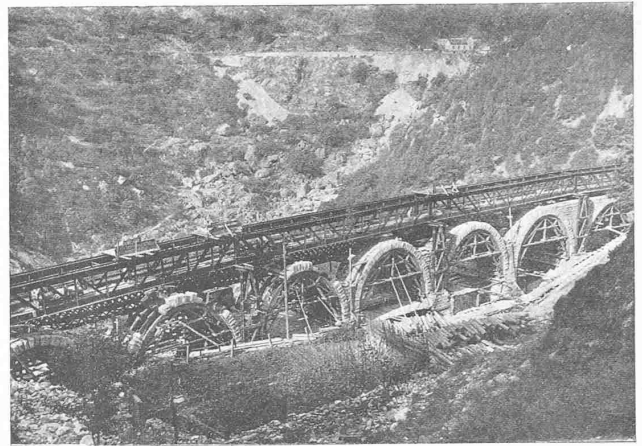


Abb. 9. Piano-tondo-Viadukt, talwärts gesehen. Stand der Arbeiten für die Ersatzbrücke der II. Spur am 4. Juli 1919.

Im Falle der Metallauflösung tritt weiter hinzu, dass Metalle nur als mit positiven Elektronen verbundene Atome, sogenannte positive Ionen in Lösung gehen können; negative Elektronen bleiben auf dem Metallstück zurück und erteilen ihm ein bestimmtes, gegenüber der Flüssigkeit negatives Potential. Als Faktoren des Gleichgewichts treten hier also auch elektrische Ladungen, Elektronen auf, bzw. deren entsprechende Potentiale, sofern diese nicht durch direkte Entladung anderer in der Lösung befindlicher Metall-Ionen (z. B. Wasserstoff- oder Kupfer-Ionen) oder durch Ableitung der Ladungen an Elektroden positiven oder wenigstens geringeren negativen Potentials ihren Ausgleich finden.

Die Entstehung dieser Potentialdifferenz zwischen Metall und Flüssigkeit wirkt auf den Vorgang der Ionenbildung in demselben hindernden Sinne wie die Zunahme der Ionenkonzentration in der Flüssigkeit. Das Eintreten eines Gleichgewichtszustandes und damit das Aufhören der Metallauflösung kann deshalb auch dann eintreten, wenn die Menge des Lösungsmittels als unendlich gross in Rechnung gestellt werden muss, wie es z. B. beim Betrieb mit immer neu zuströmendem Wasser der Fall ist, und somit eine wesentliche Erhöhung der Ionenkonzentration und das Erreichen eines Gleichgewichtes auf Grund des Massenwirkungsgesetzes nicht stattfinden kann. Bedingung hierfür ist nach dem Gesagten, dass die negative elektrostatische Ladung des eingetauchten Metalles keinen Abfluss finde. Ist dagegen ein Abfluss dieser Ladung möglich, z. B. in kurzgeschlossenen, galvanischen Elementen, so geht die

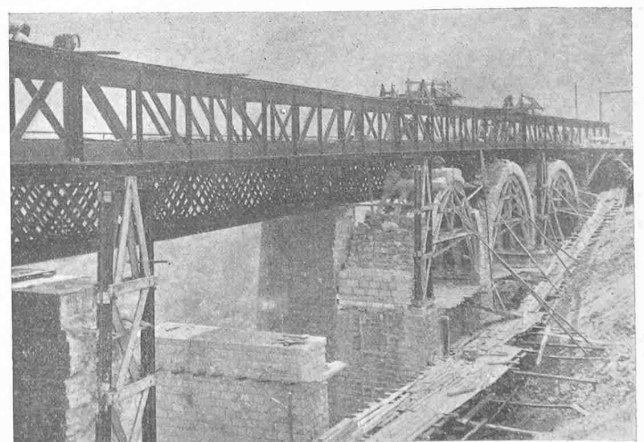


Abb. 7. Piano-tondo-Viadukt. Beginn der Einwölbung für die II. Spur nach Hebung der Eisenkonstruktionen. — Aufnahme vom Mai 1919.

Auflösung der unedleren der beiden Elektroden auch in Flüssigkeiten vor sich, die selbst dem Metalle keine Gelegenheit zur direkten Ionenbildung bieten, auf dem Wege der Verdrängung von Wasserstoff- oder Edelmetall-Atomen. In solchem Falle geht die Metallauflösung zunächst mit grosser Intensität vor sich, kommt aber nach und nach zum Stillstand infolge der hemmenden Wirkung der aktiven Massen und der Potentiale der neu entstandenen Stoffe. Diese Erscheinung, die überall dort auftritt, wo eine erste Metallauflösung infolge der Ausgleichmöglichkeit der elektrischen Ladungen stattfindet, wird als Polarisierung bezeichnet. Von ihr wird noch eingehender die Rede sein.

Bei technischen Anlagen, die mit elektrisch leitfähigen, also ionenhaltigen Flüssigkeiten zu arbeiten haben, z. B. Pumpen und Kühlanlagen für Salzlösungen oder Meerwasser, muss der Möglichkeit der Entstehung galvanischer Ströme besondere Beachtung geschenkt werden, umso mehr, als gerade bei ausgedehnten Kühlrohrsystemen die Verhältnisse in dieser Beziehung nichts weniger als übersichtlich liegen.

Das Problem.

Wenn nun diesen allgemeinen Gesetzmässigkeiten entsprechend in Kombinationen zweier Metalle offensichtliche Zerstörungsgefahr für das unedlere der beiden Metalle vorhanden ist, so sollte man andererseits annehmen dürfen, dass relativ edle Metalle wie Kupfer und seine Legierungen in Lösungen ohne saure Reaktion nicht angegriffen würden, denn die heutige Metallurgie stellt Produkte, besonders Kupferlegierungen her, deren Gewichtsabnahme beim Verweilen in Salzlösungen so gering ist, dass eine Zerstörung von Maschinenteilen aus solchem Material in absehbarer Zeit nicht zu erwarten sein sollte. Tritt das Metall ausserdem in Kombination mit einem unedleren, wie z. B. Eisen, auf, so sollte der Schutz ein vollkommener sein.

Trotzdem sind aber die Erfahrungen der Praxis bei Verwendung von Kupfer und Kupferlegierungen in Salzwasser-Betrieben oft sehr schlechte. Anstände infolge Defektwerdens von Pumpenteilen und von Kondensator-Kühlrohren bei Meer- und Grubenwasserbetrieb sind Fabrikanten und Zentralen-Besitzern zur Genüge bekannt. Englische Metallurgen reden von dem „ever lasting problem of corrosion“, und von Konstrukteuren und Praktikern werden alle möglichen Heilmittel angepriesen und versucht. Da das Problem scheinbar aller chemischen Theorie zum Trotz besteht, mag es entschuldbar sein, dass die meisten dieser Vorschläge sich nur ganz oberflächlich oder gar nicht mit ihr auseinandersetzen. Sie haben alle das eine für sich, dass sie merkwürdigerweise hie und da geholfen haben, und gegen sich, dass sie in sehr vielen Fällen versagten.

Aber gerade die Tatsache, dass die Erfahrungen der Praxis mit den verschiedenen Abwehrmitteln so widersprechende waren, und die Beobachtung, dass Korrosionen bei verschiedenen Anlagen mit scheinbar gleichen Betrieb- und Wasserverhältnissen, ja selbst bei ein und derselben Anlage zu verschiedenen Zeiten mit sehr ungleicher Heftigkeit auftraten, liess es nicht hoffnungslos erscheinen, die Lösung des Problems zu suchen. Wenn sogar Zufälligkeiten im Betriebe, und bald dieses bald jenes Hilfsmittel von sichtbarem Einfluss waren, musste doch eine Abhilfe möglich

sein, wenn einmal nach Erlangung von Klarheit über die Vorgänge zielbewusst vorgegangen werden könnte.

Die Hauptschwierigkeit, die sich der Erforschung der Ursachen dieser Korrosionserscheinungen bisher entgegen-

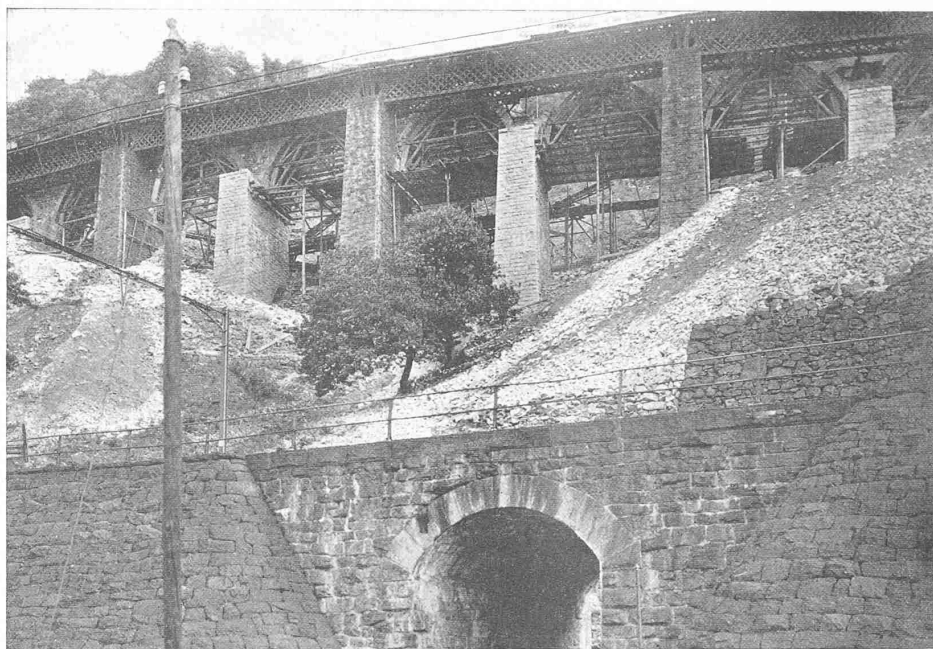


Abb. 8. Piano-tondo-Viadukt; Erstellung der Ersatzbrücke für die II. Spur (bergseitiges Geleise). Im Vordergrund die mittlere Linie der Bahnentwicklung in der Biaschina. — Aufgenommen am 4. Juli 1919.

stellte, war die, dass es unmöglich ist, die Erscheinung in der Praxis in ihrer Entstehung zu beobachten und ihre Entwicklung zu verfolgen. Die Korrosionen treten, der fortlaufenden Beobachtung unzugänglich, z. B. im Innern der im Kondensator eingebauten wasserdurchströmten Rohre auf. Im besten Fall kann nach Wochen oder Monaten eine Stichprobe genommen werden, die mehr oder weniger fortgeschrittene Korrosionen zeigt. Weiter erschwerend ist das Auftreten von Schlamm und Kesselsteinschichten und ferner der Umstand, dass sich viele der gebildeten Salze beim Trocknen verändern.

Die Abhilfebestrebungen mussten sich deshalb meist darauf beschränken, empirisch Schutzmittel auszuprobieren, ohne sich über die Ursache des Schadens, den sie zu heben sich bemühten, im klaren zu sein.

Der Versuchs-Plan.

Ein anderer, voraussichtlich aber ebenfalls langer Weg stand noch offen; er sei im Folgenden charakterisiert:

Es mussten durch Ueberlegungen alle denkbaren in Frage kommenden Faktoren ermittelt, gesichtet, in Einzelversuchen durchforscht und ihre Wirkung in bestimmter, bekannter Kombination mit andern geprüft werden. Erst wenn es durch diese so erworbenen Kenntnisse möglich wurde, solche selektive Korrosionen willkürlich zu erzeugen und ihr Fortschreiten zu beschleunigen, mussten auch Mittel gefunden werden können, um die sie verursachenden und befördernden Faktoren zu beseitigen. Diese Ueberlegungen diktierten das Versuchsprogramm.

Die Annahme einer *Unhomogenität der Legierung* als Ursache wurde von vorneherein ausgeschaltet, denn es bestehen genug Untersuchungen, die ergeben haben, dass das Auftreten solcher Korrosionen auch an durchaus einwandfrei homogenem Material als feststehende Tatsache angesehen werden darf. Selbstverständlich aber müssen sich gleichartige Materialien unter gleichen Verhältnissen auch gleich verhalten.

Wenn nun, wie die uns interessierende Erscheinung zeigt, eng benachbarte Stellen ein und desselben Materials sich in ihrer Widerstandsfähigkeit, bezw. Löslichkeit durch-

aus verschieden verhielten, so frug es sich, was für Verhältnisse es sind, die auf so engem Raum so grundverschieden sein können.

Von äusseren, den Prozess beeinflussenden Verhältnissen kam besonders bei Kondensator-Röhren, die auch bekanntermassen diesen Korrosionen stark unterworfen sind, in erster Linie die *Wärmeübertragung* in Frage, aber auch diese kann höchstens eine Veranlagung schaffen, ihr Einfluss kann nicht von einer Stelle zur andern so verschieden sein, dass sie als direkte Ursache denkbar wäre. Versuche in dieser Richtung gaben auch ein negatives Resultat.

Mehr Wahrscheinlichkeit hatte die Annahme der Anwesenheit oder Anschwemmung irgend eines *Katalyten* für sich; doch dieser gegenüber war in Betracht zu ziehen, dass bisher noch gar keinerlei allgemeine Gesetzmässigkeit des Auftretens der Korrosionen weder in bezug auf bestimmte Wasserqualitäten, noch auch in bezug auf die Chemie des Angriffes oder die Lage der Angriffsstellen in den Kühlrohren gefunden werden konnte. Wenn somit die Einen anhaftende Luft oder Glasbläschen, die Andern aufgeschwemmte Kohle, Sand oder Metallpartikel verantwortlich machten, so standen alle diese Vermutungen auf gleich unsicherem Boden.

Die Untersuchungen.

Eine der ersten unternommenen Untersuchungen betraf das Verhalten von Messingrohren unter dem Einfluss der Anschwemmung von Anodenprodukten, die durch ein von dem betreffenden Messingrohr unabhängiges Elektrodenpaar erzeugt wurden. Der Versuch machte auf die eigentlich selbstverständliche Tatsache aufmerksam, dass der *Einfluss der Elektrolysen* auch mit den *geringsten Spannungen* ein weit bedeutenderer ist, als alle Wirkungen von Anschwemmungen, Auflagerungen, Wärmeübertragungen usw. Er gab uns ferner eine einfache Versuchseinrichtung an die Hand, die in der Folge sich als ausserordentlich zweckmässig erwies für das Studium des Verlaufes der Elektrolysen bei verschiedenen Spannungen.

Das Versuchstück tauchte in ein Gefäss mit Salzwasser, in dem, wie erwähnt, zwischen zwei Elektroden eine Elektrolyse stattfand, wobei natürlich das ganze Volumen des Elektrolyten der Stromleitung diene. Die grösste Stromdichte herrscht in solchem Fall unmittelbar zwischen den beiden Elektroden, doch durchziehen Strombahnen grösserer oder geringerer Intensität den ganzen zur Verfügung stehenden Raum ähnlich den magnetischen Kraftlinien zwischen zwei Magnet-Polen, und man könnte in analoger Weise, von einem elektrolytischen wie dort von einem magnetischen Feld sprechen. Bringt man nun in einen derartig durchströmten Elektrolyten ein beliebiges Metallstück, so fasst es als guter Leiter ähnlich wie ein Eisenstück im magnetischen Feld einen grossen Teil der Strombahnen in sich zusammen; ein Ende wird Anode, das andere Kathode, und irgendwo zwischen beiden liegt eine neutrale Zone, an der weder Strom-Ein- noch Austritt stattfindet. Ein solches Leiterstück, es sei kurz mit *Zwischenelektrode* bezeichnet, stellt ein bequemes Hilfsmittel dar, um in ein und demselben Versuch gleichzeitig die Elektrodenvorgänge, sowohl die anodischen wie die kathodischen, bei allen Spannungen von Null bis zu einem beliebig einstellbaren Maximum zu beobachten und das Entstehen von Isolier- und Polarisations-Schichten am Verschieben der neutralen Zone zu erkennen.

Im Verlauf vierjähriger Studien wurde eine grosse Anzahl Einzelversuche und Versuchsreihen durchgeführt zum Zwecke, die als *anodisch erkannte Erscheinung* in ihrem Verlauf unter den verschiedensten Bedingungen zu verfolgen, welche die Verschiedenheit der Metalle und Legierungen, der Flüssigkeiten und der Wärmeverhältnisse mit sich bringt.

Die Versuche wurden als Stand- und als Zirkulationsversuche mit und ohne Zuführung von Gleich- oder Wechselstrom durchgeführt. Es wurden die Vorgänge der Polarisierung, Depolarisation, der sekundären Umsetzungen primär-

anodisch entstehender Verbindungen, die Einflüsse von Luft und Kohlensäurezusatz, des Säure- und Alkaligehaltes, des Schwefelwasserstoffes und des Ammoniaks, der Reduktions- und Oxydationsmittel, von festen Auflagerungen und Konzentrationsänderungen untersucht. Neben molekularen Lösungen wurden auch disperse Systeme, Suspensionen schwer löslicher Salze als Elektrolyse zum Studium und zur Feststellung des Einflusses kataphoretischer Erscheinungen herangezogen. Endlich war eine Reihe von Potentialmessungen vorzunehmen, die interessante Parallelen zu den Rostvorgängen ergaben. (Forts. folgt.)

Das Bankgebäude zum Münzhof in Zürich.

Architekten *Pfleghard & Häfeli*, Zürich.

(Mit Tafeln 4 und 5).

Das monumentale Aeussere dieses neuen Bankgebäudes an der Zürcher Bahnhofstrasse entspricht dem Repräsentationswillen der Bauherrschaft, der „Schweiz. Bankgesellschaft“; dazu gehören insbesondere auch die Säulen. Infolge der stark schattenden Bäume konnte man den Passanten diese Säulen nur sichtbar machen, wenn man sie vom Boden auf herauswachsen liess, anstatt sie wie gewöhnlich erst auf dem Gurt des ersten Stockwerkes aufzubauen. Dünne Säulen hätten bei dieser Höhe schwächlich gewirkt, und so kamen die Architekten nach vielen Studien auf die endgültige Gestaltung mit den durch drei Stockwerke durchgehenden Dreiviertel-Säulen, die dem Bau einen festen Ausdruck verleihen. Der ganze Hauptbau ist in St. Margreth Sandstein aufgeführt, die Hof-Fassaden zum Teil aus Kunststein-Quadern. Der bildhauerische Schmuck der Hauptfassade stammt von J. Brüllmann. Ueber die Innen-Gestaltung des Gebäudes werden wir in der folgenden Nummer berichten. (Schluss folgt.)

Von der Rhätischen Bahn.

Dem 31. Geschäftsbericht der Direktion und des Verwaltungsrates der Rhätischen Bahn entnehmen wir über den Ausbau und den Unterhalt der Linien, sowie insbesondere über den Fahrdienst der elektrisch betriebenen Linien, die folgenden Angaben:

An den *älteren Linien* sind mit Ausnahme einiger Lawinen-Verbauungen auf den Strecken Bergün-Preda und im Beversertal keine nennenswerten Arbeiten vorgenommen worden.

Auf der Strecke *Bevers-Schuls* werden die 1914 begonnenen Wiederherstellungsarbeiten am Tasna-Tunnel im Laufe des Jahres 1919 zum vorläufigen Abschluss gelangen. Bis Ende 1918 waren 620 m Tunnellänge umgebaut. Es wird für spätere Jahre mit der Notwendigkeit der Wiederherstellung weiterer, kürzerer Strecken gerechnet, die namentlich wegen der Zersetzung des Mörtels durch Gipswasser umgebaut werden müssen. Im Magnacum-Tunnel ergaben die Beobachtungen eine langsame Zunahme der Bewegung im Mauerwerk, besonders auf den vom Bau her bekannten Druckpartien von rund 300 m Länge. Auch hier wurde ganz besonders die zersetzende chemische Einwirkung des Gipswassers auf Mörtel und Beton festgestellt, sodass an einen teilweisen Umbau gedacht werden muss. Die am Lehnenviadukt unterhalb Ardez getroffenen Sicherungen haben ein gutes Ergebnis gezeitigt; in den Öffnungen des alten Viadukts sind nunmehr sieben neue Pfeiler eingebaut, die alle auf anstehendem Serpentinfels fundiert sind.

Der Bericht enthält sodann einige Angaben über die für die *Elektrifizierung der Strecke Bevers-Filisur* unternommenen Arbeiten. Wie unsere Leser aus einer früheren Mitteilung wissen, wird diese Strecke seit April 1919 elektrisch betrieben. Infolge des stark reduzierten Verkehrs im Engadin konnten dafür einige Lokomotiven dieser Linie herangezogen werden. Ausserdem wurde die von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. Baden für die Schweiz. Landesausstellung Bern 1914 gebaute, für die Verhältnisse der Rhätischen Bahn passende Lokomotive Typ 1 D 1 erworben. Wir verweisen auf das in Band LXVI, Seite 125 (11. September 1915) gebrachte Bild dieser Lokomotive, wobei jedoch zu erwähnen ist, dass sie inzwischen an Stelle des Zweistangen- einen Dreieckstangen-Antrieb erhalten hat. Der Bestand der Rhätischen Bahn an elektrischen Lokomotiven beläuft sich nunmehr auf sieben Maschinen Typ 1 B 1 zu 300 PS,