

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 79/80 (1922)
Heft: 5

Artikel: Abwärme-Verwertung
Autor: Hottinger, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38126>

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: 18.02.2026

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

Abwärme-Verwertung.

Von Privatdozent M. Hottinger, Ingenieur, Zürich.

(Schluss von Seite 41).

Ausführungs-Beispiele.

Das Schema einer in wärmetechnischer Beziehung besonders sorgfältig durchgearbeiteten Anlage zeigt die untenstehende Abbildung 54 (vergleiche auch die Schemata Abbildungen 36 und 38 auf Seite 30 der vorletzten Nummer). Die von Gebr. Sulzer erstellte Anlage ist neuerdings den infolge des Krieges geänderten Betriebsverhältnissen entsprechend umgebaut worden; trotzdem ist es am Platze, sie zu erwähnen, weil sie sich vorzüglich bewährt hat und eingehende Versuche an ihr durchgeführt worden sind.

Die Kessel A waren für einen Dampfdruck von 18 at abs. und eine Dampfüberhitzung von 300° C gebaut. Der Dampf gelangte in diesem Zustande zu einem kleinen Teil durch eine lange Fernleitung nach der Trebertrocknerei, ein anderer Teil wurde durch eine besondere, mit einem Druckminderventil versehene Leitung nach einem Hochdruck-Kochgefäss geleitet. Die Hauptmenge strömte dagegen zuerst einer einzylindrigen 150 PS-Hochdruckmaschine H zu, die einen Kompressor K antrieb und in ihrer Umlaufzahl innerhalb gewisser Grenzen schwanken durfte. Es war dies nötig, weil bald mehr, bald weniger Dampf hindurchströmte. Die Füllung wurde mittels eines Quecksilberreglers so beeinflusst, dass hinter der Maschine dauernd ein Druck von rund 9 at abs. herrschte. Bei zu starkem Sinken desselben wurde durch das Reduzierventil v selbsttätig Frischdampf zugeführt. Durch den Behälter i gelangte der Dampf zu zwei Verbundmaschinen, von denen in der schematischen Abbildung 54 nur eine dargestellt und mit V bezeichnet ist. Dem Receiver dieser Maschine wurde bei einem Druck, der zwischen 1 3/4 und 2 1/2 at abs. beliebig regelbar war, Dampf zu Kochzwecken entnommen. Der Rest durchströmte den Niederdruckzylinder und gelangte durch

den Oelabscheider n nach dem als Oberflächenkondensator ausgebildeten Warmwassererzeuger k, dem Wasser von 35° C entnommen werden konnte. Dieses Wasser wurde z. T. im Brauereibetrieb direkt verwendet, z. T. im Nachwärmer u (rechts) mit dem heissen Kondensat und dem entweichenden Schwadendampf aus den Pfannen r, s und q, sowie aus der Heizanlage und dem Heisswasserapparat p auf 50 bis 60° C nachgewärmt. Ein Teil dieses Wassers wurde im Heisswasserapparat p unter Verwendung von Zwischendampf noch auf 80 bis 90° C gebracht. Das Dampf-kondensat floss nach dem Ausgleichgefäss a und von da durch das Koksfilter b, dem Wasserreiniger d nach dem SpeisewasserReservoir c, von wo es mittels der Speisepumpen e oder f durch den Economiser g in die Kessel A zurückbefördert wurde. Der Abdampf der Dampfspeisepumpen e wurde im Vorwärmer u (links) benützt, um das nach dem Wasserreiniger d fließende Frischwasser vorzuwärmen.

Im Januar 1908 wurden durch die Ober-Ingenieure Schubeler und Klein während des normalen Betriebes eingehende Versuche an der Anlage durchgeführt, über die in der „Z. d. V. D. I.“ im Jahre 1912 eingehend berichtet worden ist. Die sich aus einem Versuche ergebende Wärme-Verteilung ist in Abbildung 55 wiedergegeben. Daraus geht hervor, dass rund 73% der in den Kohlen zugeführten Wärme nutzbar gemacht worden sind. Hätten die Versuche im Sommer statt im Winter, d. h. bei einer stärkern Belastung der Anlage, stattgefunden, so wäre das Ergebnis noch günstiger ausgefallen.

Ein weiteres interessantes Beispiel für die Verbindung von Dampf-Kraft- und Heizanlagen ist die Anlage bei der Firma Brown, Boveri & Cie., Baden, deren heiztechnischen Teil die Firma Gebr. Sulzer A.-G. ausgeführt hat. Es steht dort von den Dampfturbinen-Versuchständen, sowie von einer Turbinenanlage, die Gleichstrom für Versuchszwecke erzeugt, Abdampf in stark wechselnder Menge zur Verfügung. Dieser Abdampf wird in einem Oberflächen-Kondensator

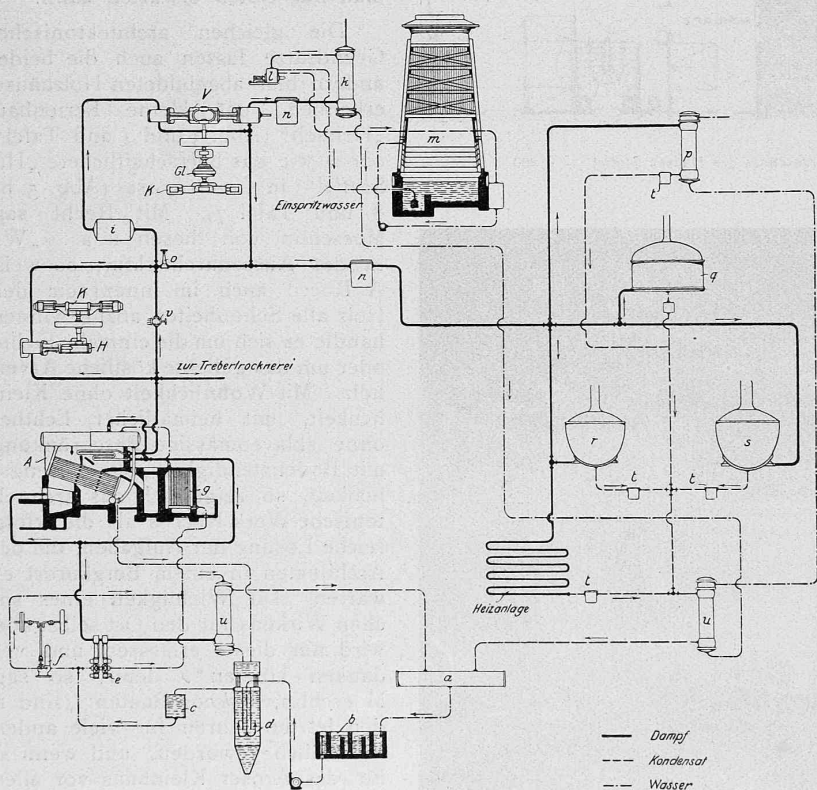


Abb. 54. Schematische Darstellung der Dampfanlagen in einer Bierbrauerei.

A Kesselanlage, H 150 PS-Hochdruckmaschine, K Kompressor, V 200 PS-Verbund-Dampfmaschine, a Ausgleich, b Koksfilter, c Wasserbehälter, d Wasserreiniger, e Dampfspeisepumpe, f durch Vorgelege angetriebene Speisepumpe, g Rauchgasvorwärmer, i Behälter, k Warmwasser-Erzeuger, l Kondensator-Luftpumpe, m Kühlturm, n Oelabscheider, o Absperrventil, p Heisswasserbereiter, q Läuterbottichboden, r Maischpfanne, s Würzpfanne, t Kondensstöpsel, u Gegenstromapparat, v Druckverminderungsventil.

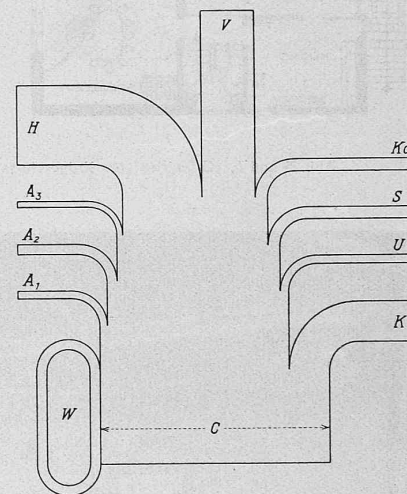


Abb. 55. Mittlere Wärmeverteilung in der Bierbrauerei (vgl. Abb. 54) während des Tagesversuches vom 23. I. 1908 mit der Einzylinder-Hochdruckmaschine von 150 PS_i und der Verbundmaschine von 200 PS_i.

Mittlere stündliche Leistung der Einzylinder-Hochdruckmaschine 89,9 PS_i, des Hochdruckzylinders der Verbundmaschine 142,0 PS_i, des Niederdruckzylinders 79,5 PS_i, der ganzen Anlage 311,4 PS_i.

Mittlerer Dampfverbrauch der ganzen Anlage in 1 h einschl. Kochapparate, Pumpen und Feuerungen 2331,0 kg, desgl. für 1 PS_i/h 7,5 kg.

C gesamte, in den Kohlen zugeführte Wärme (100%); A₁ A₂ A₃ in der Einzylinder-Maschine, im Hoch- und im Niederdruck-Zylinder der Verbundmaschine in indizierte Arbeit umgesetzt (3,47 und 2,6%); H Heiz- und Kochdampfentnahme (34,7%); K Kesselverluste (17,9%); V Wärmeverbrauch der Unterschubfeuerung (3,4%); S Wärmeverbrauch der Speisepumpe (4,9%); K als Kondensat aus der Anlage abgeführt (5,1%); V in den Kondensator abgeführt (23,7%); W Wärmeumlauf im Kondensator.

nach Abbildung 56 niedergeschlagen, wo er das Heizwasser einer ausgedehnten Warmwasserheizung für sämtliche Bureau-Gebäude und einen Teil der Werkstatt erwärmt. Es ist vorgesehen, die Anlage weiter auszubauen durch Anschluss aller Werkstattträume an die Dampf-Warmwasser-Fernheizanlage, wobei ein vorhandenes Wechselstrom-Aggregat, das bisher als Betriebsreserve diente, mit dem Elektrizitätswerk Baden parallel laufen und in dem Masse Strom liefern soll, als Heizdampf benötigt wird; dadurch wird der Strombezug vom Elektrizitätswerk Baden entsprechend eingeschränkt und das Elektrizitätswerk während der Heizperiode entlastet werden können. Derartige Anlagen sind somit berufen, einen doppelten Zweck zu erfüllen: billigen Heizdampf zu liefern und ausserdem die Elektrizitätswerke in wünschenswerter Weise zu entlasten.

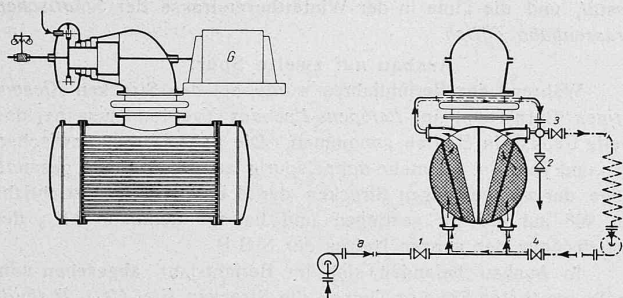


Abb. 56. Kondensator der Dampf-Kraft- und Heiz-Anlage der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden.

Es sollte daher auch anderweitig geprüft werden, inwieweit die Möglichkeit vorliegt, bereits bestehende, aber nicht im Betrieb befindliche Dampfkraftwerke in dem genannten Sinne nutzbar zu machen.

Die in Abbildung 56 mit a bezeichnete Leitung dient dazu, den im Winter bei vermindertem Vakuum zur Erwärmung des Heizwassers gebrauchten Apparat im Sommer gewünschten Falls mit Kaltwasser, d. h. mit hohem Vakuum arbeiten zu lassen. Es liegt dem die nämliche Idee zu Grunde, die auch bei der Anlage im Hotel Lausanne-Palace, beschrieben in der „Schweiz. Bauztg.“ vom 19. November 1921, verwirklicht worden ist. Für den Heizbetrieb sind Schieber 3 und 4 zu öffnen, jene 1 und 2 zu schliessen, für den reinen Kraftbetrieb dagegen umgekehrt.

Von Interesse ist auch die Unterteilung des Kondensators, wodurch die Möglichkeit geboten ist, im Winter nur mit dessen einer Hälfte auf die Heizung zu arbeiten, während in der andern, wenn mehr Wärme zur Verfügung steht, als in der Heizung gebraucht wird, Flusswasser zirkuliert. Für den Fall, dass umgekehrt im strengen Winter mehr Wärme erforderlich ist, als der Apparat liefern kann, ist hinter dem Kondensator noch ein Gegenstromapparat eingeschaltet, der das den Werkstattträumen zufließende Wasser auf 100 bis 120 °C erwärmt und derart bemessen ist, dass er ausreicht, um bei Ausserbetriebsetzung der Dampfturbine auch den gesamten Wärmebedarf der Fernheizung decken zu können. Durch diese Nachwärmung wird ferner erreicht, dass bei grosser Kälte der Gegendruck hinter der Turbine nicht zu stark gesteigert werden muss.

Aus zahlreichen Feststellungen haben sich bei normaler Witterung, d. h. nicht zu starkem Windanfall und unverändert gelassener Heizflächengrösse, die in folgender Tabelle zusammengestellten Verhältnisse ergeben:

Aussen-Temperatur °C	Heizwasser-Temperatur		Der Heiztemperatur für die Bureaux entsprechenden Vakuum im Kondensator %
	für Bureaux °C	für Werkstatt °C	
10	42	42	92
5	50	50	88
0	58	58	82
— 5	66	66	74
— 10	75	80	61
— 15	85	100	41
— 20	95	120	14

An dieser Stelle sei auch auf den in der „S. B. Z.“ vom 3. und 10. Oktober 1908 erschienenen Aufsatz „Fernheizwerke“ verwiesen, wo auf den Seiten 184 und 185 an Hand von Diagrammen gezeigt wurde, in welcher Weise die Projektierung der Kombination von Kraft- und Heizwerken zu erfolgen hat.

Abdampf-Verwertung ist übrigens nicht nur angezeigt bei grossen, sondern noch öfter bei kleinen Maschinen, z. B. Kleindampfturbinen, wie sie zum Antrieb von Kesselspeisepumpen, Umwälzpumpen bei Pumpenheizungen, Ventilatoren usw. gebraucht werden. Eine von Brown, Boveri & Cie. neuerdings zur Anwendung gebrachte interessante Anordnung zur Verwertung des Abdampfes von Hilfsturbinen zur Speisewasser-Vorwärmung¹⁾, wobei allfällig den Gegenstromapparat verlassender Abdampf-Ueberschuss dem Niederdruckteil der Hauptturbine zugeleitet und daselbst weiter zur Arbeitsleistung herangezogen wird, zeigt die Abbildung 57.

Abdampf-Verwertung von Dampfhämmern und ähnlichen Einrichtungen.

Wie erwähnt, wird der Abdampf ausser von Kolben-Dampfmaschinen und Turbinen auch von andern mit Dampf betriebenen Einrichtungen nutzbar gemacht. Es sei hier insbesondere auf die Verwertung des Abdampfes von Dampfhämmern hingewiesen. In Abbildung 22 auf Seite 74 letzten Bandes (11. Februar 1922) ist die Anlage der Schweiz. Industriegesellschaft Neuhausen zur Darstellung gebracht; ähnliche Anlagen wurden auch bei andern industriellen Unternehmungen durchgeführt.

Derartigen Anlagen kommt in Hinsicht auf die Wirtschaftlichkeit der Betriebe grosse Wichtigkeit zu. Als Beispiel sei kurz auf die Anlage im Werk Winterthur der Firma Gebr. Sulzer hingewiesen. Daselbst werden ausgenutzt: Abdampf, Dunstdampf und das heisse Kondenswasser, sowie die Rauchgase der Dampfkessel und Schmiedeglühöfen. An Abdampf steht zur Verfügung derjenige von sieben Dampfhämmern mit 250 bis 700 kg, im Mittel 500 kg Bärge wicht, der Schmiedepresse von 1000 t Pressdruck, von zwei Fallhämmern und einer Abgratpresse, ferner wird verwendet der Abdampf der Kesselspeisepumpe, der Dunstdampf aus dem Kondenswasser-Reservoir, der Abdampf aus den Schlammhähnen, bzw. den Entwässerungsleitungen der Dampfzylinder; im ganzen je nach dem Betrieb 3500 bis 6000 kg/h.

Neuerdings werden die Hämmer, wie auf Seite 276 vorletzten Bandes (3. Dez. 1921) angegeben, im Sommer zumeist mit Pressluft betrieben. Wenn das nicht der Fall ist, so dient der Abdampf im Sommer zur Anwärmung des Kessel-Speisewassers, sowie zur Warmwasser-Bereitung für Toiletten, Arbeiter-Waschräume, Bade- und Spülzwecke im Wohlfahrts haus, ferner zum Betriebe einer Dörranlage. Trotzdem ist im Sommer nur ein sehr kleiner Teil des Dampfes verwertbar; im Winter kann er dagegen ausser für die genannten Zwecke zur Heizung eines Teiles der

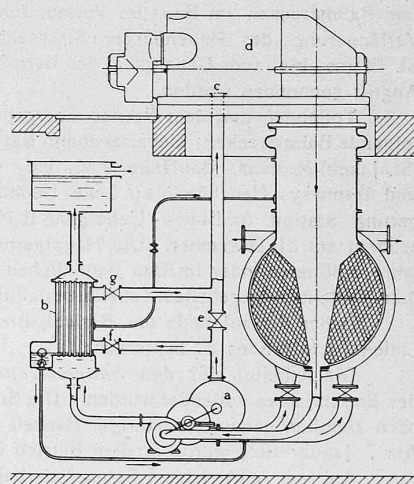


Abb. 57. Abdampf-Verwertung von Hilfsturbinen, Ausführung Brown, Boveri & Cie.

a Hilfsturbine für die Kondensationspumpengruppe,
b Vorwärmer für den Abdampf der Hilfsturbine,
c Eintritt des Abdampfes in die Hauptturbine,
d Hauptturbine, e f g Schieber.

¹⁾ Vergl. „B. B. C.-Mitteilungen“ vom Dezember 1920, Seite 310.

Bureau- und Werkstattträume in vollem Umfange ausgenutzt werden. Er wird zuerst entölt und, sofern keine direkte Verwendung vorliegt, nach drei grossen, mit Wasser gefüllten Boilern geleitet, die im Sommer als Warmwasser-Speicher, im Winter als Warmwasser- und Dampfspeicher dienen. Von dort aus strömt er einem Verteiler und hernach der Abdampfheizung für die verschiedenen Werkstätten und dem Boiler der Dampf-Warmwasserheizung für einen Teil der Bureaux zu. Ferner wird aus den Speichern direkt Heisswasser entnommen, mittels Pumpe nach einem Verteiler gedrückt und von dort für die verschiedensten Zwecke verwendet.

Früher wurde der Abdampf der Hämmer ausschliesslich zur Beheizung eines Teiles der Fabrikräumlichkeiten benützt, und das Kondenswasser liess man zum grössten Teil in heissem Zustande weglassen. Durch den Ausbau der Anlage wurde erreicht, dass bei gleichem Beschäftigungsgrad wie früher jährlich 1600 t Brennmaterial gespart werden. Die Anlagekosten konnten infolge der hohen damaligen Brennstoffpreise schon nach rund einem Jahr abgeschrieben werden. Eine ähnliche Anlage wurde von Gebr. Sulzer in der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur, ausgeführt, wodurch jährlich 650 t Kohle gespart werden.

Zur Abdampfverwertung gehört schliesslich auch die Nutzbarmachung der aus zahlreichen Einrichtungen, z. B. Kondensstöpfen, Kochgefässen, entweichenden Schwadendämpfe, worauf jedoch bereits früher hingewiesen wurde, weshalb hier nicht mehr darauf eingetreten werden soll.

Die schweizer. Eisenbahnen im Jahre 1921.

(Fortsetzung von Seite 31.)

Unternehmungen im Betrieb.

Der Kontrolle des Eisenbahndepartements waren unterstellt:

	1921	1920
Eisenbahnunternehmungen	217	217
Schiffahrtunternehmungen (einschl. Betrieb der S. B. B. auf dem Bodensee)	19	19
Aufzüge und geleislose Bahnen	4	4
	240	240

Bahnlinien im Bau.

Während des Berichtjahres befanden sich sechs Bahnlinien und Bahnstrecken im Bau (im Vorjahr fünf); davon ist einzig die Verlängerung der Neuenburger Strassenbahn von der Station St. Blaise bis zum Uebergang der Bern-Neuenburg-Linie neu in Angriff genommen worden.

Vollendet und dem Betrieb übergeben wurden im Jahr 1921 folgende Bahnstrecken: Ueberlandbahn Basel-Liestal: Strecke Basel (St. Jakob)-Muttentz, Baulänge 2,801 km, eröffnet am 22. Januar, und Tramways Neuchâtelois: Linie Neuenburg-St. Blaise, Verlängerung Station St. Blaise-Uebergang B.N., Baulänge 0,365 km, eröffnet am 31. Dezember. Die Hauptverhältnisse der im Berichtsjahre eröffneten oder im Bau befindlichen Linien sind aus einer dem Bericht beigegebenen Tabelle ersichtlich.

Ueber die auf Ende des Berichtjahres noch nicht eröffneten Linien ist folgendes zu bemerken:

Die Arbeiten für den *Simplon-Tunnel II* sind gegen Ende des Berichtjahres vollendet worden. Die Schlusssteinlegung erfolgte nach ziemlich genau neunjähriger Bauzeit am 4. Dezember 1921¹⁾. Am 7. Januar 1922 wurde er dem Betrieb übergeben.

Auf der elektrischen Schmalspurbahn *Pontebrolla-Camedo-Landesgrenze* (Centoalli) sind die Bauarbeiten nach mehr als dreijähriger Unterbrechung wieder aufgenommen worden.

Dagegen konnte die Weiterführung der elektrischen Schmalspurbahn *Solothurn-Niederbipp* von Solothurn-Basel über Solothurn-Hauptbahnhof nach Zuchwil-Aarmatt im Berichtjahr noch nicht in Angriff genommen werden, weil die Erstellung der von der Bahn mitzubeneützenden neuen Strassenbrücke über die Aare immer noch ausstand. Das Projekt dieser Brücke ist am 10. Dezember genehmigt worden, und es bestand die Absicht, mit dessen Ausführung als Notstandsarbeit noch diesen Winter zu beginnen.

Mit der Ausführung der Reststrecke *Neuweilerplatz-Neuweilerstrasse* der Linie *Steinenring-Neuweilerstrasse* der *Basler Strassenbahnen* ist im Berichtjahre nicht mehr begonnen worden.

Die im Jahr 1916 eingestellten Arbeiten für den Bau bzw. die Vollendung der Strecke *Gletsch-Andermatt-Disentis* der schmal-spurigen Linie *Brig-Furka-Disentis* harren mangels der nötigen Mittel immer noch der Wiederaufnahme. Der Verfall der auf dieser Strecke vorhandenen unvollendeten Anlagen macht immer weitere Fortschritte, sodass die Weiterführung der Bauarbeiten immer grösseren Schwierigkeiten begegnen dürfte. Irgendwelche Angaben über die Möglichkeit oder den Zeitpunkt einer Wiederaufnahme des Baues können nicht gemacht werden.

Zur Vorlage gelangten im Berichtjahre die allgemeinen Bauprojekte der Strecke *Innertkirchen-Guttannen* der Bahn *Meiringen-Guttannen*, die Strecke *Muttentz-Pratteln* der *Ueberlandbahn Basel-Liestal*, und die Linie in der *Winterthurerstrasse* der *Städtischen Strassenbahn Zürich*.

Ausbau auf zweite Spur.

Während des Berichtjahres wurde auf den Strecken *Kiesen-Uttigen* (Bern-Thun) und *Eclépens-Ependes* (Yverdon-Lausanne) das zweite Geleise in Betrieb genommen. Die ganze Strecke zwischen Bern und Thun ist nunmehr doppelspurig ausgebaut. Die gesamte Länge der zweigeleisigen Strecken der S. B. B. ist im Berichtjahr von 908 auf 922 km gestiegen und beträgt nunmehr 32% der Betriebslänge des ganzen Netzes der S. B. B.

In Ausbau befanden sich im Berichtsjahr, abgesehen vom bereits erwähnten *Simplon-Tunnel*, die Strecken *Biel-Mett*, *Thalwil-Richterswil*, *Rorschach-Rheineck* und *Giubiasco-Al Sasso*.

Bahnhöfe und Stationen.

Anlässlich des Baues zweiter Geleise oder aus anderen Gründen wurde eine Anzahl von Bahnhöfen und Stationen umgebaut und erweitert. Vollständig oder beinahe zu Ende geführt wurden die bezüglichen Arbeiten in *Corcelles-Cormondrèche*, *Luterbach*, *Schliren*, *Göschenen*, *Airolo* und *Bellinzona*. In Ausbau befinden sich die Anlagen in *Nyon*, *Romont*, *Thun*, *Biel*, *Thalwil*, *Oberrieden*, *Au* (Zürich), *Chiasso* und *Hergiswil*.

Verstärkung von Brücken.

Ueber die im Zusammenhang mit der Elektrifikation, wegen des grossen Gewichtes der elektrischen Lokomotiven, vorgenommenen Brücken-Verstärkungen ist folgendes zu erwähnen:

Im *Kreis I* ist im Berichtjahre mit den entsprechenden Arbeiten begonnen worden. Neben verschiedenen kleinern Brücken werden auch die Brücken über die Rhone bei Leuk, Riddes und Massongex und diejenige von Visp neu erstellt. Ausserdem soll an Stelle des eisernen Viaduktes über die Paudèze ein steinerner Viadukt gebaut werden. Auch im Bahnhof Vevey werden die noch vorhandenen eisernen Ueberbauten über die Veveyse durch steinerne Gewölbe ersetzt. Im *Kreis II* wurde im Jahre 1921 mit dem Umbau der Frenkenbrücke bei Liestal und mit den Vorbereitungen für den Umbau der Brücke über die kleine Emme bei Emmenbrücke begonnen. Nach deren Fertigstellung steht bezüglich der Brücken der Ausdehnung des elektrischen Betriebes auf der Strecke *Luzern-Olten-Basel* kein Hindernis mehr entgegen. Im *Kreis III* sind die Brückenverstärkungen auf den Strecken *Arth-Goldau-Zug*, *Luzern-Zug* und *Zug-Zürich* beendet worden. Einzig im Bahnhof Zürich sind bei den Brücken über die Sihl und die Langstrasse noch einige Arbeiten auszuführen. Im *Kreis V* waren Ende 1921 die im Zusammenhang mit der Elektrifikation vorgenommenen Brückenverstärkungen auf der *Gotthard-Bergstrecke* *Erstfeld-Bellinzona* und auf der Strecke *Bellinzona-Chiasso* vollständig beendet. Auf dem Streckenabschnitt *Giubiasco-Al Sasso* wurden mit der Erstellung der Doppelspur die eisernen Brücken durch steinerne ersetzt; einzig bei der Brücke über die Morobbia musste man wegen der zu geringen Höhe wiederum mit eisernen Ueberbauten sich begnügen. Die Instandstellung der Brücken nördlich von Erstfeld war Ende 1921 bis *Arth-Goldau* gediehen.

Einführung des elektrischen Betriebes.

Im Berichtjahre wurde der elektrische Betrieb bei der *Bahn Frauenfeld-Wil*, ferner auf den Strecken *Landquart-Klostern* und *Thuis-Chur-Landquart* der Rhätischen Bahn, *St. Jakob-Muttentz* der *Ueberlandbahn* *St. Jakob-Liestal*, sowie *Biasca-Bellinzona* der S. B. B. mit einer Gesamtlänge von 113,5 km eröffnet. In Vorbereitung befand sich Ende des Berichtjahres die Elektrifikation der Strecken

¹⁾ Vergl. Band LXXVIII, Seite 314, 24. Dezember 1921.