

Der Bau der Staumauer Rossens

Autor(en): **Schnitter, Gerold**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **66 (1948)**

Heft 48

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-56832>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der Bau der Staumauer Rossens

Von Dipl. Ing. GEROLD SCHNITZER,

DK 627.82.002(494.41)

Direktor der A.-G. Conrad Zschokke, Zürich

Fortsetzung von Seite 644

Für die Gewinnung des Kies-Sandes standen verschiedene Vorkommen zur Verfügung; auf zwei davon hatten die Fryburg. Elektrizitätswerke anlässlich der Ausschreibung die Unternehmer speziell hingewiesen. Die eine oberhalb der jetzigen Wehrstelle bei Thusy sah vor, den Kies in der Saane zu baggern und ihn von dort der Sperrstelle zuzuführen. Das andere Vorkommen ist eine interglaziale Ablagerung in der Nähe des Dorfes Pont-la-Ville auf dem rechten Saanenufer, rd. 4,5 km oberhalb der Sperrstelle bei Momont. In dieser Zone, wo sich übrigens bereits eine kleine Kiesgrube für die Bedürfnisse der umliegenden Ortschaften befand, liessen die Fryburg. Elektrizitätswerke ausgedehnte Sondierbohrungen vornehmen. Aus diesen Bohrungen konnte auf ein gutes Vorkommen an verwendungsfähigem Kies-Sand geschlossen werden, aus gesundem Kalkstein und von einer Granulometrie, die, mit einigen Korrekturen versehen, zu günstigen Ergebnissen führen musste. Die Unternehmung entschloss sich, dieses Vorkommen auszubeuten. Es stellte sich in erster Linie die Frage, ob die Aufbereitungsanlage in der Kiesgrube oder an der Sperrstelle errichtet werden sollte. Die erstgenannte Lösung hat etwas Bestechendes, indem die schlechten Partien ohne weiteres abgesondert und auf Deponie gelegt werden können; allfällige Korrekturen des gesamten Gutes sind leichter an Ort und Stelle vorzunehmen und unnötige Transporte werden vermieden. Andererseits ergeben sich aber auch verschiedene Nachteile. So muss z. B. das Material nach Korngrössen getrennt transportiert werden, was für den Transport und die Transportgefässe unbedingt Komplikationen in sich schliesst und grössere Installationen verlangt. Ausserdem muss in diesem Fall sowohl bei

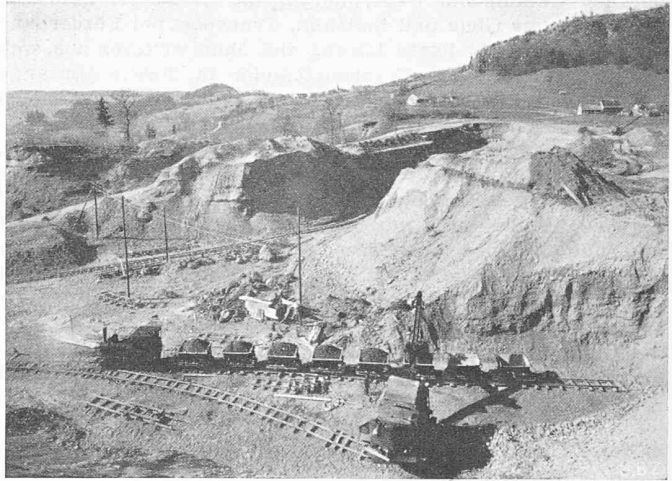


Bild 8. Die Kiesgrube Momont

der Aufbereitungsstelle wie bei der Betonfabrik ein grosses Depot angelegt werden, um mit der nötigen Sicherheit für den Betonierbetrieb rechnen zu können. Wir haben uns dafür entschieden, die Aufbereitung bei der Betonfabrik zu erstellen und Mehrtransporte von überschüssigem oder unbrauchbarem Material in den Kauf zu nehmen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass wir gut daran getan haben.

Die zweite Frage, die uns weiter beschäftigte, war die Art des Transportes des Kies-Sand-Gutes von Momont zur Sperrstelle. Wie erwähnt, beträgt die Transportdistanz 4,5 km und überdies muss der Fluss überquert werden, da für die Aufbereitung und die Betonfabrik als Installationsplatz nur die linke Talseite in Frage kam, denn auf der rechten Seite

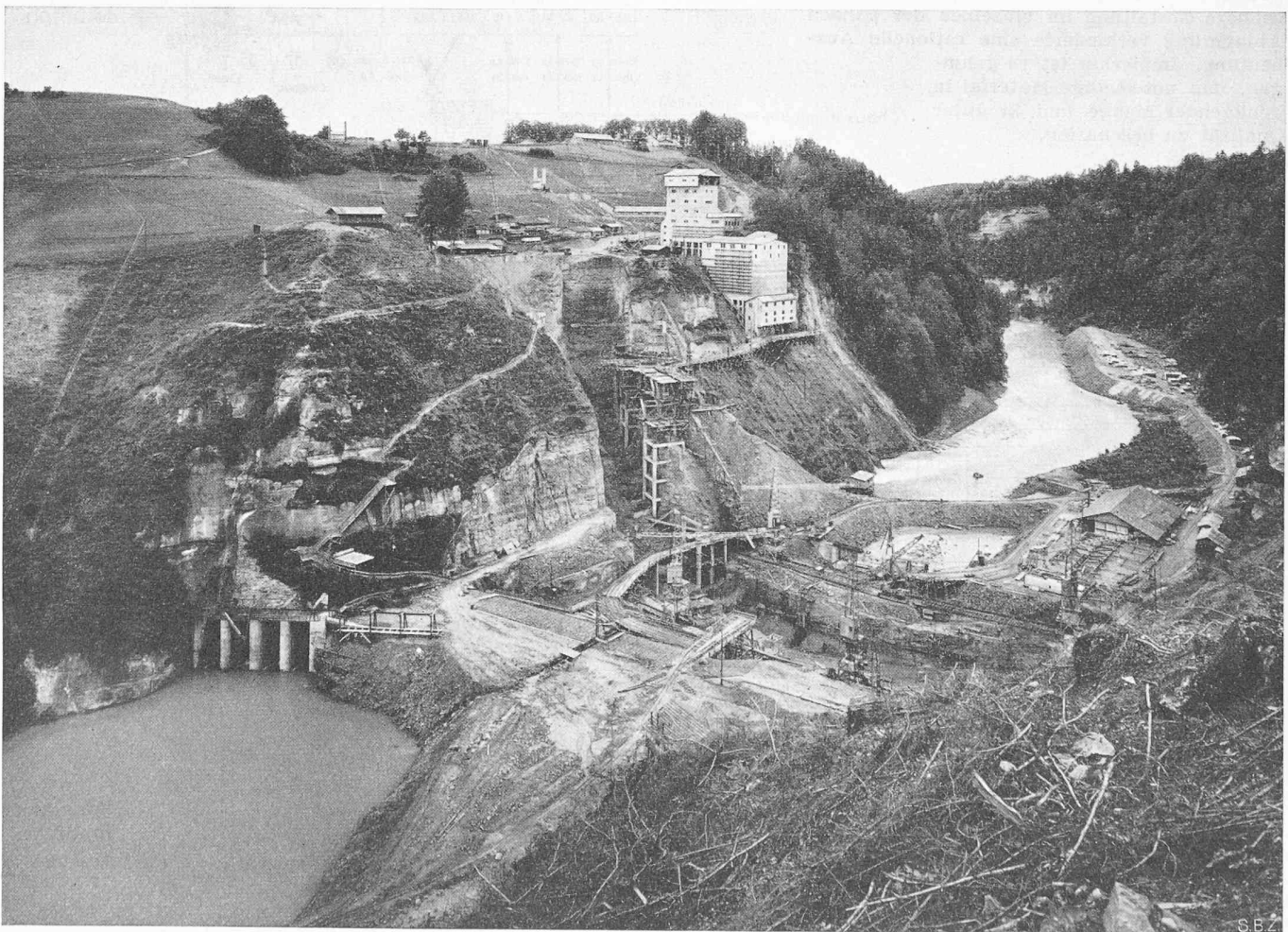


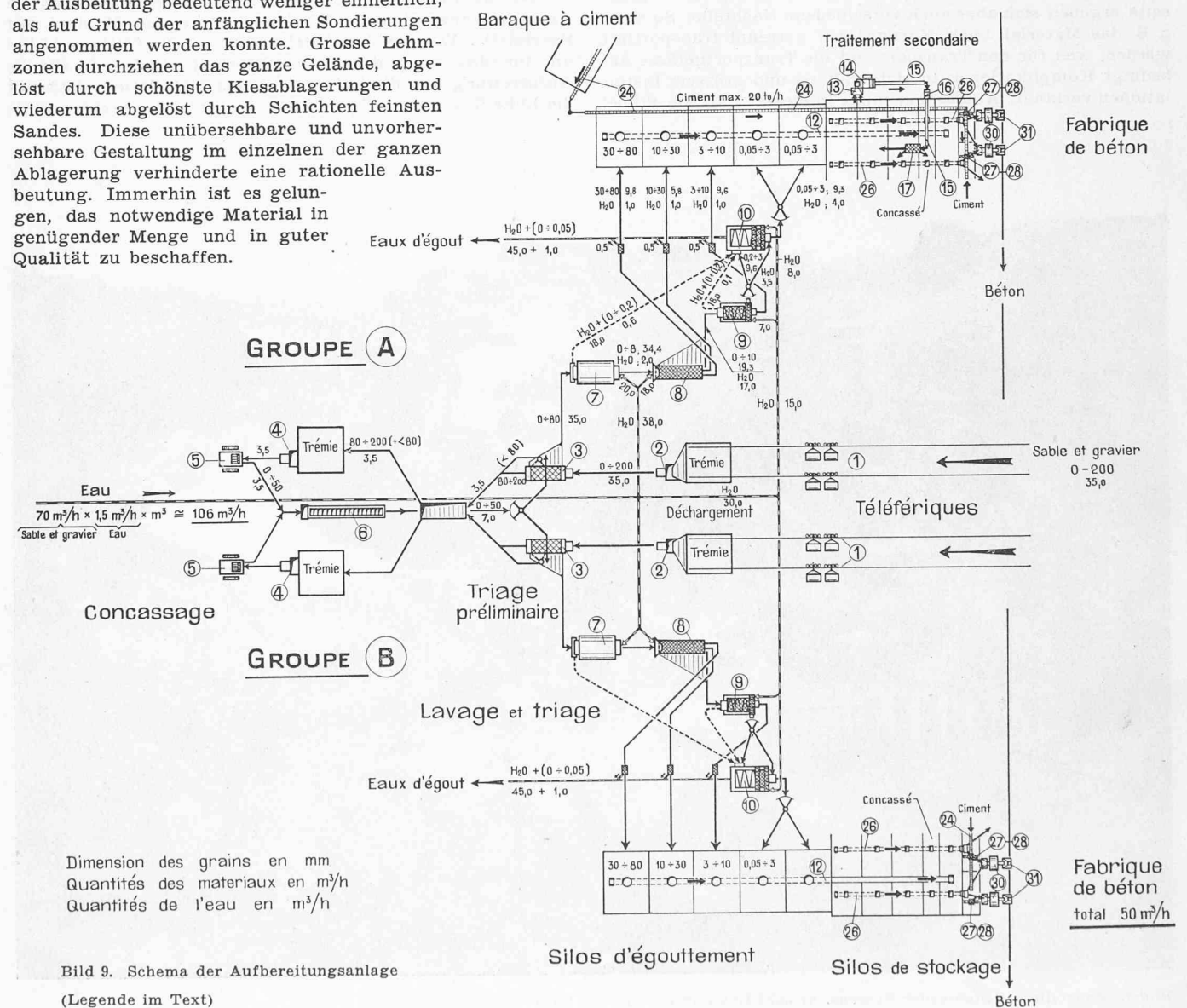
Bild 7. Baustelle der Staumauer Rossens, Ansicht flussabwärts am 26. Juni 1946

fehlte der dazu notwendige Platz. Es standen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung: Transport per Seilbahn, Transport per Camion mit Ueberquerung der Saane per Seilbahn, Transport per Gleis und Seilbahn, Transport per Förderband und Seilbahn. Die letzte Lösung fiel ohne weiteres aus, weil während des Krieges Transportbänder in diesem Umfange nicht geliefert werden konnten. Auch der Lastwagen schied aus, weil damals weder Pneu noch Dieselöl frei zur Verfügung standen. Für den Gleistransport sprach die Tatsache, dass die Bauherrschaft die rechtsseitige Zufahrtstrasse zur Talsperre bereits gebaut und der Unternehmung als Tracé für das Zufahrtsgleis zur Verfügung gestellt hatte, womit nur rund 2000 m eigenes Tracé gebaut werden mussten. Der Gleistransport ist zudem im Verhältnis zum Seilbahntransport sicherer, Störungen sind weniger wahrscheinlich; er ist sehr anpassungsfähig. Seine Kosten sind ziemlich genau proportional der transportierten Menge, während bei einer Seilbahn die Betriebskosten nicht unter ein gewisses Minimum gesenkt werden können. Wir mussten aber berücksichtigen, dass wir infolge Zementmangel — beim Baubeginn waren wir ja noch in der Periode der vollen Zementrationierung — den Bau mit stark reduzierter Leistung aufrecht zu erhalten hätten. Ausserdem konnten die beteiligten Firmen aus ihren eigenen Beständen das nötige Gleis- und Rollmaterial mit Ausnahme der Traktoren zur Verfügung stellen, während die Lieferung einer 4,5 km langen Seilbahn mit einer Leistungsfähigkeit von rund 150 t pro Stunde damals keine Kleinigkeit gewesen wäre und uns nicht die gewünschte Sicherheit geboten hätte. Wir haben uns deshalb für den Gleistransport entschieden.

In der Kiesgrube (Bild 8) arbeiteten drei Löffelbagger, zwei von rund 600 l Inhalt und einer mit 350 l Inhalt, direkt in die bereitstehenden Züge. Das Vorkommen zeigte sich bei der Ausbeutung bedeutend weniger einheitlich, als auf Grund der anfänglichen Sondierungen angenommen werden konnte. Grosse Lehmzonen durchziehen das ganze Gelände, abgelöst durch schönste Kiesablagerungen und wiederum abgelöst durch Schichten feinsten Sandes. Diese unübersehbare und unvorhersehbare Gestaltung im einzelnen der ganzen Ablagerung verhinderte eine rationelle Ausbeutung. Immerhin ist es gelungen, das notwendige Material in genügender Menge und in guter Qualität zu beschaffen.

Von der Endstation der Gleisbahn führt eine doppelte Pendelseilbahn von 323 m Länge direkt in das Dachgeschoss der Aufbereitungsanlage. Diese ist grundsätzlich getrennt von der eigentlichen Betonfabrik. In der Aufbereitung wird das Kies-Sand-Material gewaschen, in die vier Korngrössen 0-3, 3-10, 10-30, 30-80 mm sortiert und in die Abtropfsilos geleitet.

Die ganze Aufbereitungsanlage (Bilder 9 bis 11) von total 70 m³ Kies-Sand Stundenleistung besteht grundsätzlich aus zwei gleich aufgebauten symmetrisch gelegenen Teilen. Aus der Seilbahn 1 fällt das Gut durch einen Aufgabeapparat 2 in eine Sortiertrommel 3, von wo aus das überschüssige Korn (über 80 mm) über einen Aufgabeapparat 4 einem Brecher 5 zugeführt, gebrochen und durch einen Elevator 6 wieder dem Hauptstrom zugeleitet wird. Von der Sortiertrommel gelangt das gesamte Material in die Waschtrommel 7, von dort auf die Rüttelsiebe 8, die das Korn 3-10 und 10-30 ausscheiden. Das restliche Material wird in einer Unterwassersortiertrommel 9 aufgeteilt in 0-3 und 3-10 mm. In einer Sandrückgewinnungsmaschine 10 wird dafür gesorgt, dass der grösste Teil der Feinsandbestandteile rückgewonnen wird. Sämtliches Abwasser durchfliesst diese Rückgewinnungsanlage. Auf diese Weise konnte nicht das gesamte, aber immerhin ein schöner Teil der Feinsandbestandteile tatsächlich zurückgehalten werden. In den Abtropfsilos soll das Material vor dem Transport in die eigentlichen Lagersilos etwas trocknen. Dies ist vor allem für den Sand wichtig, damit er einen möglichst konstanten Feuchtigkeitsgrad aufweist, wenn er der Betonmischmaschine zugeführt wird. Aus diesem Grunde auch sind die Sandsilos doppelt ausgeführt worden, damit der Sand jeweilen mindestens 4 bis 5 Stunden abtropfen kann. Das Abziehen des Sandes und des Kieses geschieht



Dimension des grains en mm
 Quantités des matériaux en m³/h
 Quantités de l'eau en m³/h

Bild 9. Schema der Aufbereitungsanlage
 (Legende im Text)

durch einen speziellen Entnahmeapparat 11, der auf ein Förderband 12 arbeitet, das seinerseits das Gut in die eigentlichen Lagersilos von total 4000 m³ Inhalt gibt. Eine Nachsortierung wurde installiert, falls es sich hätte nötig erweisen sollen, irgend eine Korngrösse zu ergänzen, insbesondere Sand oder Splitt. Zu diesem Zwecke wurde ein Hammerbrecher 14 installiert, der direkt von den Kammern der Entnahmesilos durch einen Aufgabepapparat 13 gespiesen wird. Aus dem Hammerbrecher gelangt das Gut durch ein Förderband 15 auf den Elevator 16 zu einem Rüttelsieb 17, das es in die entsprechenden Silos verteilt. Dank der Zusammensetzung des Kies-Sandes in der Grube musste die Nachsortierung nur sehr wenig in Betrieb genommen werden.

Zementbeschaffung

Der Zement wurde per Bahn in Jutesäcken nach Fryburg geliefert. Ursprünglich sollten im wesentlichen nur die zwei Jura-Zementfabriken liefern. Infolge Verknappung des Zementes in der zweiten Hälfte 1947 wurde es aber notwendig, dass auch andere Fabriken einsprangen, um das Betonierprogramm aufrecht erhalten zu können. Diese sicher nicht erwünschte Mischung von Zementen verschiedener Herkunft konnte leider nicht verhindert werden. Wir waren im Gegenteil froh, bei den Zementfabriken Verständnis zu finden, dass sie uns den nötigen Zement in der gewünschten Zeit überhaupt lieferten.

Von Fryburg wurde der Zement direkt mit Lastwagen zum Zementlager bei der Aufbereitungsanlage in Rossens gebracht. Dabei bedienen wir uns spezieller transportabler Plattformen mit Platz für je 3 t Zement. Beim Zementlager wurden die beladenen Plattformen nacheinander mittels einer speziellen Einrichtung und eines Elektroflasenzuges ins Innere des Zementlagers gebracht und dort auf bereitstehende Plattrollwagen abgestellt. Zwei beladene Plattwagen stehen stets vor den vier Abgabetischen 22, wo vier Mann die Ausleerung der Zementsäcke vornehmen. Eine Absaugvorrichtung 21 und Filtrierung 20 sorgt für möglichst staubfreie Ent-

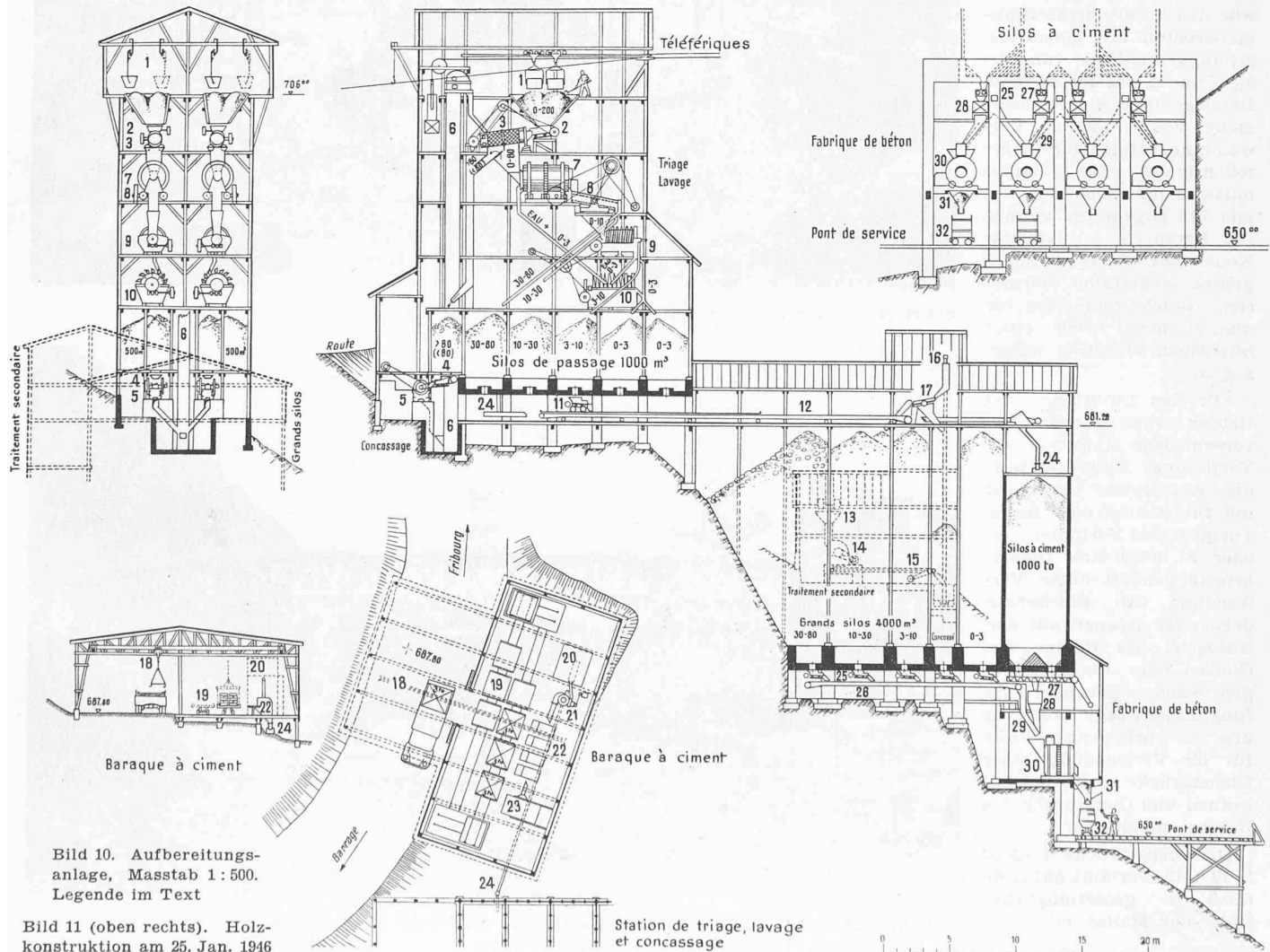
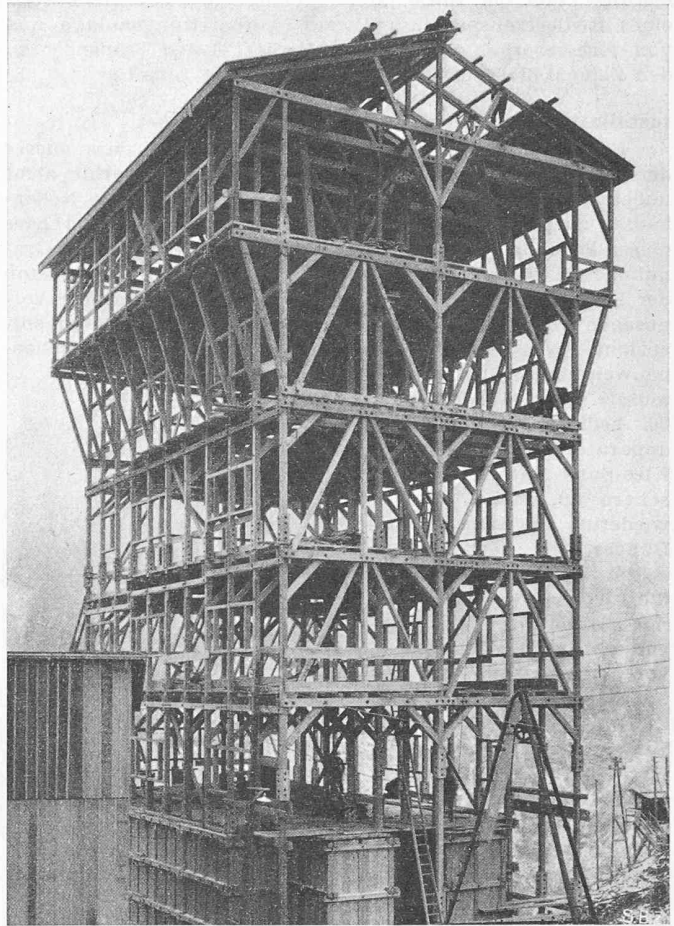


Bild 10. Aufbereitungsanlage, Masstab 1:500. Legende im Text

Bild 11 (oben rechts). Holzkonstruktion am 25. Jan. 1946

Station de triage, lavage et concassage

leerung. Von der Entleerestelle gelangt der Zement mittels eines Redlertransporteurs 24 zur Aufbereitungsanlage und von dort besorgen zwei weitere Redler 24 den Transport zu den Zementsilos aus Eisenbeton von 1000 t Inhalt.

Installation für Betonherstellung und Transport

Für die Betonherstellung war massgebend, dass ausser der Hauptmasse für den Stauauerbeton eine immerhin nicht unbedeutende Betonmenge für den Stollen und die Nebenbauten zu gleicher Zeit hergestellt werden musste und dass dieser Beton sowohl seiner Dosierung wie auch seiner Granulometrie nach anders aufgebaut ist, als der Massenbeton der Stauauer. Wir hatten deshalb vier Betonmischer vorgesehen von je 1335 l Inhalt (was 1 m³ fertigem Beton entspricht), wobei einer der vier Mischer für den Beton der Nebenbauwerke reserviert bleiben musste. Drei Förderbänder 26, bedient durch Dosierapparate 25, führen das Kies-Sand-Material den Mixern zu. Auch hier ist wiederum das eine der drei Bänder für den übrigen Beton bestimmt, während die zwei restlichen Bänder mit Leichtigkeit die gewünschte Stundenleistung von 50 m³ Stauauer-Beton bewältigen konnten. Der Zement kommt aus den Zementsilos mittels kurzer Förderschnecken 27 direkt in die automatischen Zementwaagen 28 und von dort in den Mischer. Die Wasserzugabe erfolgt direkt in den grossen erwähnten Mixern, Fabrikat. v. Roll. Für den verwendeten Stauauerbeton mit einem Mischungsverhältnis von 250 kg Zement pro m³ fertigen Beton gelangte eine Wassermenge von rd. 150 l zur Verwendung. Infolge der Naturfeuchtigkeit des Sandes mussten praktisch nur immer 70 l zugegeben werden. Der Beton war erdfeuchter Konsistenz und wurde durch grosse elektrische Vibratoren, Nadeldurchmesser 100 mm, Drehzahl 12 000, einer intensiven Vibration unterzogen.

Für das Einbringen des Betons stehen grundsätzlich verschiedene Methoden zur Verfügung: Entweder werden Kabelkrane verwendet mit fahrbahnen oder festen Türmen und Verteilbühnen, oder es wird eine Dienstbrücke benützt unter Verwendung von Förderbändern oder Kranen mit Antransport des Betons auf Gleisen oder Pneufahrzeugen. Nach eingehender Prüfung dieser Frage haben wir uns im vorliegenden Falle für die Verwendung einer Dienstbrücke mit Turmdrehkränen und Gleisfuhr des Betons entschieden.

Die Dienstbrücke (Bilder 5, 12 u. 13) verläuft auf Kote 650,0 in grösstmöglicher Nähe der Mauer mit einer

Fahrbahn von 12,50 m Breite. Auf der Fahrbahntafel verkehren auf einer Kranbahn mit 4,25 m Spurweite fünf starke Turmdrehkrane von 50 mt Drehmoment und auf vier Gleisen, 60 cm-Spur, die Rollbahnzüge, die den Beton von der Betonfabrik auf Plattrollwagen und Kübeln von 1,5 m³ Inhalt herschaffen. Die Dienstbrücke selbst wurde aus Holz hergestellt. Der Grund, warum nicht z.B. Eisen gewählt wurde, ist wiederum zeitbedingt. 1945 wären kaum die nötigen Eisenprofile zu beschaffen gewesen, während der Kanton Fryburg Wert darauf legte, kantonseigenes Holz verwenden zu können. Die Brücke besteht aus acht gleichen, im wesentlichen von einander unabhängigen sprengwerkartigen Fachwerkbrücken, bestehend aus je drei Hauptträgern, einer Fahrbahntafel mit horizontalem Windverband und sieben Querverbänden. Für die Aufnahme des horizontalen Schubes besitzt jeder Träger

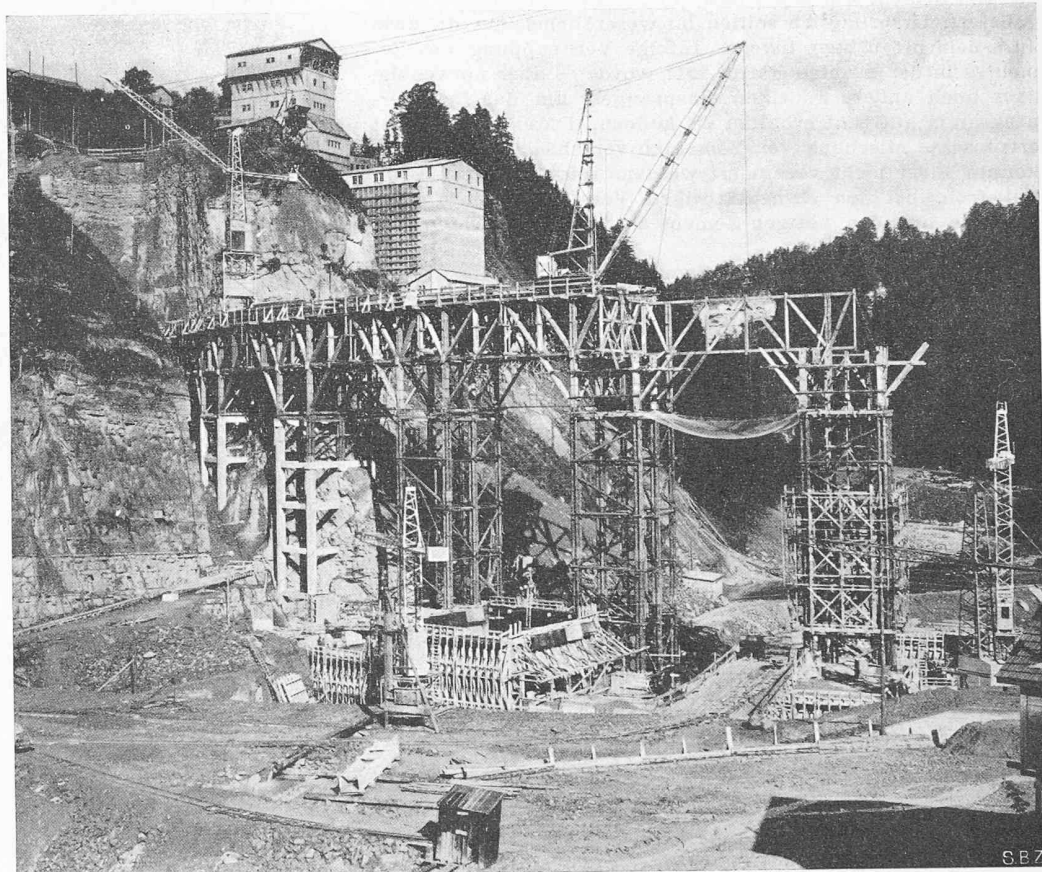


Bild 12. Montage der Dienstbrücke. Stand vom 29. Oktober 1946

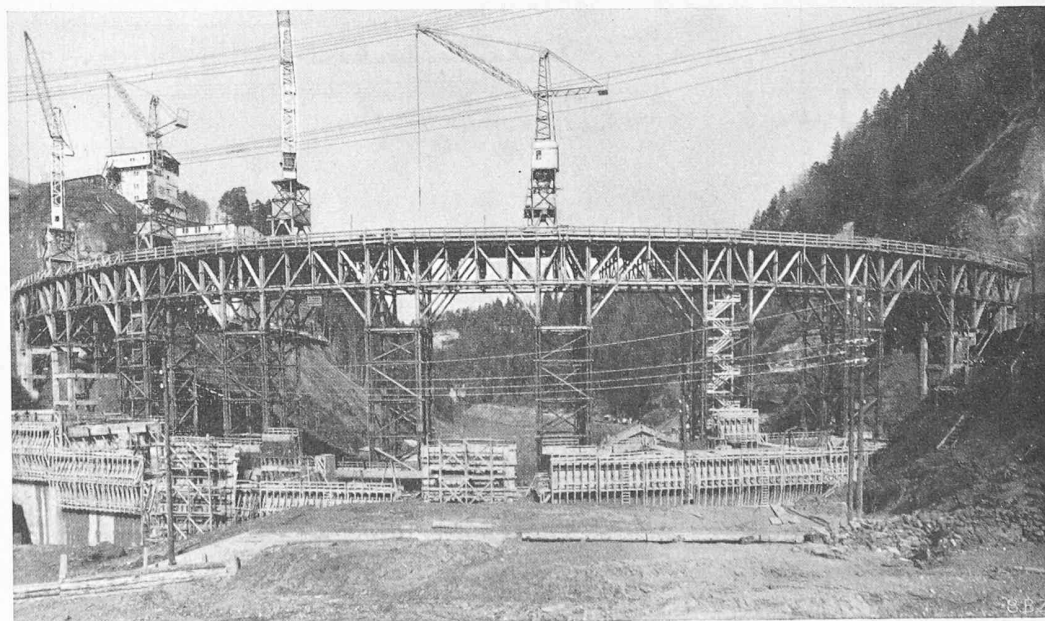


Bild 13. Dienstbrücke fertig. Schalen und Betonieren der Mauer, 13. März 1947

ein Zugband aus Rundeisen. Die Länge eines solchen Brückenelementes beträgt 22 m, die Spannweite 16 m. Ausser diesen acht gleichen Brückenfeldern sind am links- und rechtsufrigen Brückenkende noch Endfelder kleinerer Spannweite vorhanden, die konstruktiv ähnlich ausgebildet sind. Im Grundriss bildet die Brücke ein Polygon mit einem Knickwinkel von fast 10°. Die Träger bestehen aus ausgewähltem Kantholz. Verbindungsmittel: Schrauben $\varnothing 20$ mm und soweit erforderlich Ringübel.

Die eben beschriebenen Brückenelemente lagern gelenkartig auf hölzernen Fachwerktürmen von trapezförmigem Grundriss, Seitenlängen $8,5 \times 6,7 \times 5,3$ m. Nur gegen die Brückenkenden hin besteht eine direkte Auflagerung auf Eisenbetonrahmen. Der Abbund und die Montage der Brückenkonstruktion erwies sich als ziemlich schwierig, insbesondere wegen Mangel an geeigneten Facharbeitern. Sie wurde dadurch bewältigt, dass einer der Partner, die Firma H. Hatt-Haller A.-G. in Zürich, den gesamten Abbund der Brückenträger in ihrer Zimmerei in Zürich durchführte und die Montage auf der Baustelle besorgte. Diese erfolgte mit einem speziellen Montagegerüst von 5 t Tragkraft bei einer Ausladung von 24 m. (Schluss folgt)

Freikolben-Generatoren

DK 621.512 : 621.438

Von Prof. Dr. G. EICHELBERG, E. T. H., Zürich

1. Einleitung

Die technische Entwicklung des Freikolben-Generators hat heute einen Stand erreicht, der einen ausführlichen Bericht rechtfertigt. Wenn ich diese Berichterstattung über ein so ausgesprochenes Ingenieurwerk übernehme, so mag dies seine Begründung darin finden, dass mir seit vielen Jahren Gelegenheit gegeben war, die Ueberwindung der verschiedenen Schwierigkeiten, wie sie im Verlauf einer solchen Entwicklung zu geschehen hat, aus der Nähe zu verfolgen. Ich möchte diese Ausführungen damit beginnen, die ganz besonderen Verdienste des Initianten dieser interessanten Maschine und seines technischen Mitarbeiterstabes hervorzuheben: Es ist das grosse Verdienst *R. de Pescara*, den Gedanken der Freikolben-Maschine aufgegriffen und durch alle Schwierigkeiten durchgehalten zu haben. Vor allem ist es seiner Initiative zu verdanken, dass der entscheidende Schritt vom Freikolben-Kompressor zum Freikolben-Generator mit Erfolg vollzogen wurde. *R. de Pescara* hat es zugleich auch verstanden, frühzeitig einen Stab hochwertiger Mitarbeiter zu finden und in Einsatz zu bringen, die unter der Leitung eines ausgezeichneten Ingenieurs und Konstrukteurs, *R. Huber*, Dipl. Ing. E. T. H. Zürich und ehemaliger Assistent von Prof. Dr. A. Stodola, die schwierige Aufgabe in zielbestimmtem Ingenieurschaffen zum Erfolg führten.

Während der Freikolben-Kompressor zunächst nur eine Sonderlösung engster konstruktiver Zusammenfassung eines Motor-Kompressor-Aggregates darstellt, bedeutet der Freikolben-Generator darüber hinaus die Verwirklichung eines thermodynamisch neuartigen Arbeitsprozesses, der gewisse Vorteile der Kolbenmotoren mit solchen der Gasturbine verbindet.

In der Tat kann der Freikolben-Generator aufgefasst werden als eine besonders glückliche Verwirklichung eines hoch aufgeladenen Zweitakt-Dieselmotors mit bis auf den

Atmosphärendruck in einer Turbine verlängerter Expansion. Der Wegfall von Kurbelwelle und kraftübertragendem Gestänge bringt dabei mehr als nur bauliche Vereinfachungen: Er ermöglicht es, den Hub und damit die Kolben-Endlagen den jeweiligen Betriebsbedingungen frei anzupassen und so den Kompressionsdruck in zulässigen Betriebsgrenzen zu halten trotz Aenderung des Ladedruckes von Null (beim Anfahren) auf mehrere Atmosphären (bei Vollast). Hinzu kommt, dass sich der Kompressionsdruck und der Höchstdruck der Verbrennung im Interesse eines guten thermischen Wirkungsgrades wesentlich steigern lassen, ohne dabei auf die Begrenzung zu stossen, die beim normalen Kurbelgetriebe in der zulässigen Lagerbelastung liegt. Es wird sich im Nachfolgenden zeigen, was sich durch die Ausnützung dieser Möglichkeiten erreichen lässt.

Andererseits kann aber der Freikolben-Generator auch aufgefasst werden als eine einer Gasturbine vorgeschaltete Brennkammer von so gutem Wirkungsgrad, dass dadurch sogar die Kompressorarbeit, die für die Vorverdichtung der Turbinenluft benötigt wird, im wesentlichen bestritten werden kann. Es wird gleichsam die wertvolle chemische Energie des Brennstoffes nicht erst bei der niedrigen Turbinentemperatur als Heizwärme zugeführt, sondern sie wird zunächst bei den hohen im Motor zulässigen Temperaturen zur Arbeitsleistung herangezogen, um dann erst als Abwärme der Turbine zugeführt zu werden. (Die Analogie mit einem Dampf-Heizwerk, das nicht mit Frischdampf, sondern mit schon zur Arbeitsleistung herangezogenem Abdampf heizt, ist hier zutreffend.) Daher gelingt es auf diese Weise, die Nutzleistung an der Gasturbinenwelle mit einer dem Wirkungsgrad des Dieselmotors entsprechenden Brennstoffausnützung zu gewinnen.

Ein kurzer Vergleich möge dies einleitend veranschaulichen: Umgebungsluft von 1 ata und 25°C werde auf 5 ata verdichtet. Wird dabei mit einem auf die Adiabate bezogenen Kompressorwirkungsgrad von 85% gerechnet, so führt dies auf eine Endtemperatur der verdichteten Luft von 230°C. Diese Luft soll nun auf 500°C (bzw. 700°C) erhitzt werden und einer Turbine zuströmen, die sie — ebenfalls mit 85% adiabatischem Wirkungsgrad — wieder auf Atmosphärendruck entspannt. Die effektive Arbeitsaufnahme des Kompressors beträgt dann 49,2 kcal/kg, die effektive Arbeitsabgabe der Turbine 58,2 kcal/kg (bzw. 73,3 kcal/kg).

Im Falle des reinen Gasturbinenprozesses hätte die Verdichtung in einem Turbokompressor zu erfolgen, dessen Leistungsbedarf von der Turbine geliefert werden müsste, so dass als Nutzarbeit nur die Differenz, d. h. 9,0 kcal/kg (bzw. 24,1 kcal/kg) verbliebe. Dabei müssten für die Aufheizung der Luft von 230°C auf 500°C (bzw. 700°C) in der Brennkammer $q = 64,8$ kcal/kg (bzw. 112,8 kcal/kg) zugeführt werden. Der Brennstoffwirkungsgrad der Anlage betrüge damit $\eta_{therm.} = 13,9\%$ (bzw. 21,4%).

Im Falle des Freikolben-Generator-Prozesses erfolgt die Verdichtung der Luft in einem Kolbenkompressor (wobei für diesen überschlägigen Vergleich als Wirkungsgrad ebenfalls 85% angenommen sei). Hier steht nun aber die volle Turbinenarbeit von 58,2 kcal/kg als Nutzarbeit zur Verfügung,

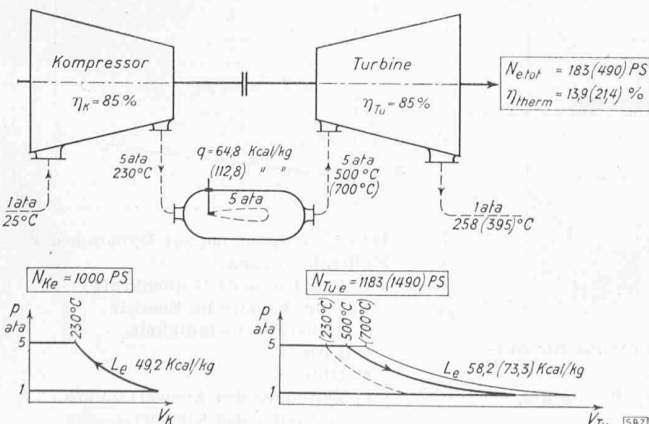


Bild 1. Schema eines offenen Gasturbinen-Prozesses

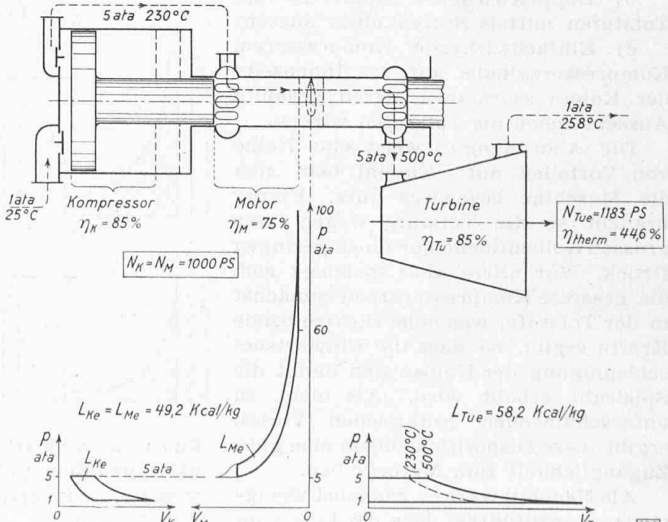


Bild 2. Schema eines Freikolbengenerator-Prozesses mit Gasturbine