

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 71/72 (1918)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Grundwasser-Speicheranlagen  
**Autor:** Moor, Robert  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-34787>

#### 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:** 25.01.2026

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

## Grundwasser-Speicheranlagen.

Von Ing. Robert Moor, Zürich.

(Schluss von Seite 40.)

Notwendigerweise wird die Pumpe mit veränderlichen Leistungen arbeiten müssen. Mit zunehmender Förderhöhe wird aber die Fördermenge abnehmen können, da die Bedarfsmenge gegen das Ende der Speicherbenützung hin, d. h. gegen das Ende des Winters, sich bedeutend vermindert. Bei der Wasserentnahme aus dem Brunnen senkt sich der Grundwasserspiegel darin; er bewirkt die Bildung eines konzentrischen Trichters, dessen Gefälle sich gegen den Brunnen zu stetig verschärft, entsprechend der zunehmenden Geschwindigkeit des zufliessenden Grundwassers. Anderseits verflacht sich dieser Trichter schon in kurzer Entfernung vom Brunnen (Abbildung 3 u. 4). Seine Tiefe wird in erster Linie vom Durchlässigkeitsgrad des Grundwasserträgers abhängen; sodann von der aus dem Brunnen geförderten Wassermenge und endlich von der Eintauchtiefe des Brunnens im Grundwasserträger.

In untenstehender Abbildung 3 sind für einen bestimmten Fall die Beziehungen zwischen Absenkung und Eintauchtiefe des Brunnens und in Abb. 4 jene zwischen Absenkung, Fördermenge und Brunnendurchmesser dargelegt.

Mit der Zunahme der Fördermenge wächst die Absenkung rasch an; dies trifft ebenfalls zu bei gleichbleibender Wassermenge, aber Abnahme der Eintauchtiefe.

Im Diagramm rechts der Abbildung 3 ist die Beziehung zwischen Absenkung und Brunnentiefe für verschiedene Durchlässigkeitsgrade bei konstanter Fördermenge graphisch dargestellt. Daraus geht hervor, dass der Einfluss der Durchlässigkeit auf die Absenkung mit zunehmender Brunnentiefe schnell abnimmt. Bei Brunnens von 40 m Eintauchtiefe und einer Fördermenge von 200 l/sec z. B. bewegt sich die Spiegelabsenkung innerhalb 2 m, bei den in Frage kommenden Durchlässigkeitsgrenzen.

Wenn wir nun einerseits eine möglichst tiefgehende Entleerung des Beckens zur Vergrösserung der Speichermenge zu erreichen suchen, müssen wir anderseits darnach trachten, dass die Spiegelabsenkung im Brunnen, d. h. die Trichtertiefe möglichst klein bleibe. In jedem einzelnen Fall wird das zulässige Mass der Trichtertiefe durch wirtschaftliche Vergleiche festzustellen sein.

In Anbetracht der vorerwähnten Bewirtschaftungs-Verhältnisse wird man bestrebt sein

1. die Fassungsbrunnen gleichmäßig im Becken zu verteilen,
2. die Fördermenge der einzelnen Brunnen nicht über 300 bis 350 l/sec zu wählen,
3. die Brunnen möglichst tief zu erstellen.

Die allgemeine Anordnung einer Grundwasser - Speicheranlage wird eine Brunnenreihe sein, die ungefähr längs der Beckenaxe erstellt wird. Die Brunnen werden an einen offenen oder gedeckten Kanal angeschlossen, der das Grundwasser zum Oberwasserkanal oder Zuleitungstollen des Werkes führt, wie dies in Abb. 5 und 6 dargestellt ist.

Welches sind nun die Wirkungen der Bewirtschaftung eines Grundwasserbeckens?

Die Absenkung des Grundwasserspiegels wird als erste Folge das Versiegen der Grundwasser-Aufstösse

haben. Nach der Absenkung findet ein Einschneiden des Spiegels in die Geländeoberfläche nicht mehr statt und somit auch kein Herausquellen mehr von Grundwasser. Umgekehrt muss die Entnahme aus dem Becken grösser sein als die Gesamtheit des Quellen-Ertrages, wenn überhaupt eine Absenkung des Grundwasser-Spiegels und damit eine Ausbeutung der Speichermenge erfolgen soll. Der frühere Quellenertrag muss also von den Pumpen mitgehoben werden, ein Nachteil, dem jedoch in den meisten Fällen keine wesentliche Bedeutung zukommt.

Fliest der Talbach in einem durchlässigen Bett, so wird er im ursprünglichen, natürlichen Zustand auf der ganzen Länge des Beckens bis zum Schnittpunkt seines Spiegels mit dem Grundwasser-Spiegel Wasser verlieren, d. h. an den Grundwasser-Träger Wasser wieder abgeben. Von diesem Schnittpunkt an abwärts nimmt er dagegen Grundwasser auf und entwässert das Becken.

Nach der Spiegelabsenkung wird dieser Bach oberhalb des Schnittpunktes immer noch mit der gleichen Versickerungsmenge den Grundwasser-Strom speisen wie vorher, denn der Versickerungsvorgang, sobald der Grundwasser-Spiegel unterhalb der Bachsohle liegt, ist nicht mehr abhängig von der Höhe dieses Spiegels, sondern einzig nur von der Bodenbeschaffenheit unter dem Bachbett und der Druckhöhe des Bachwassers. Unterhalb des Schnittpunktes verliert er dagegen jetzt ebenfalls Wasser.

Die übrige natürliche Einsickerung von Oberflächenwasser ins Becken bleibt vollständig unbeeinflusst. Das liegt schon in der Natur der Versickerung, die beschleunigungslos erfolgt und nur durch die Bodenbeschaffenheit beeinflusst werden kann, nicht aber von der Fallhöhe im Boden.

In vielen Fällen wird die Bachsohle oberhalb des Spiegelschnittpunktes verkittet, und undurchlässig sein. Das ist sogar die Regel im untern Lauf unserer Flüsse. Im Gasterntal und in Engelberg z. B. ist dagegen das Bachbett auf der ganzen Länge des Beckens durchlässig

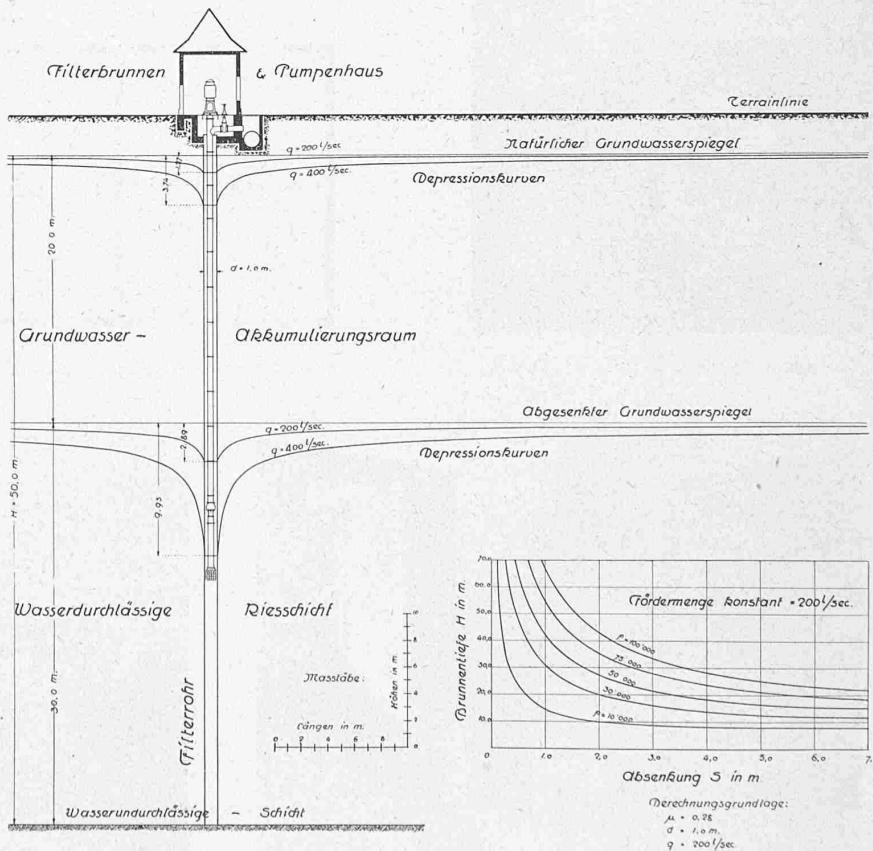


Abb. 3. Schnitt durch eine Filterbrunnen-Anlage mit Darstellung der Depressionskurven.  
Im Diagramm rechts: Beziehung zwischen Absenkung und Brunnentiefe für verschiedene Durchlässigkeitsgrade.

geblieben. In Fällen, wo dieses zutrifft, wird untersucht werden müssen, ob eine Ableitung des Baches im Winter, in einem wasserdichten Kanal, durch das ganze Becken hindurch, nicht wirtschaftlich ist. Dadurch würde die Wassermenge, die früher durch den Grundwasserträger unterirdisch abfloss, zeitweise oberirdisch abgeleitet und die Arbeit der Pumpen vermindert, ohne die eigentliche Speichermenge zu schmälern.

Auch unterirdisch sind durch die Bewirtschaftung des Beckens keine schädlichen Störungen zu erwarten. Auskolkungen, Terrainsetzung und dergleichen, als Wirkungen der Spiegelabsenkung sind ausgeschlossen. Die Durchflussgeschwindigkeit des Grundwassers bleibt trotz der relativ grossen Entnahme aus den Brunnen sehr gering. Sie beträgt bei pielsweise bei dem in Abb. 2 auf Seite 37 letzter Nummer dargestellten Brunnen bei tiefster Lage des Wasserspiegels, d. h. im ungünstigsten Fall, und einer Förderung von  $200 \text{ l/sec}$ , nur  $3 \text{ mm/sec}$  unmittelbar am Brunnenrand und nur noch  $0,1 \text{ mm/sec}$  in einer Entfernung von  $10 \text{ m}$  von der Brunnenaxe. Bei dieser minimalen Geschwindigkeit wird kein Sandkorn bewegt. Allfällig vorkommende Triebandschichten können durch besondere Vorkehren vom Brunnen ferngehalten werden.

Die durch die Anlage bedingte Durchflussgeschwindigkeit ist geringer, als sie im natürlichen Zustand bei Hochwasser im Becken vorkommt. Die Zuströmung zu den natürlichen Quellenaufstössen, wo in gewissen Fällen

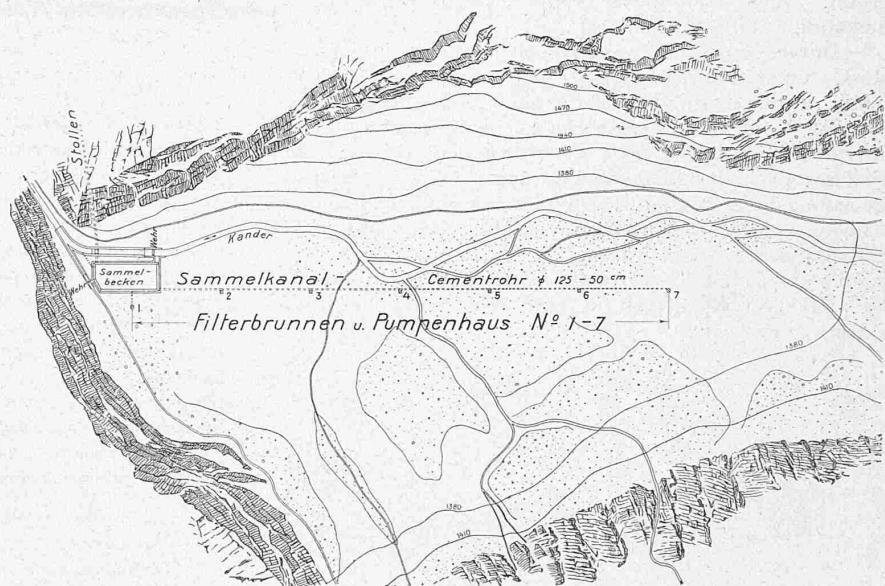
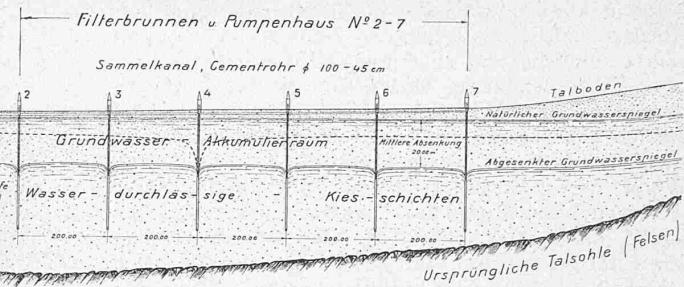


Abb. 5 und 6. Allgemeine Anordnung einer Grundwasser-Speicheranlage im Gasterthal. — 1:15 000.

auf einer sehr beschränkten Fläche mehrere hundert Liter in der Sekunde abgestossen werden, ist bedeutend stärker, als sie je gegen die Brunnen zu erfolgt.

Es ist auch bekannt, dass Sand durch Einschwemmung das kleinste Volumen einnimmt, das ihm überhaupt möglich ist. In einem solchen Lagerungszustand befindet es sich auch im Grundwasser-Becken.

An diesem absoluten Gleichgewichtzustand kann die Absenkung des Grundwassers nichts ändern, weil das Wasser nur den Porenraum ausfüllt und nach seiner Entfernung nicht durch Sand besetzt werden kann. Durch eine, auch sehr bedeutende Spiegelabsenkung sind deshalb Sackungen und Terrainsetzungen nicht zu erwarten.

Die Wiederauffüllung der Becken geschieht dann das Frühjahr, eventuell noch einen Teil des Sommers hindurch, wobei die Speisung des Grundwassers auf genau gleiche Weise durch Versickerung von Tagwasser erfolgt, wie im ursprünglichen Zustand. Wird aus irgend einem Grunde eine rasche Wiederauffüllung angestrebt, so kann diese künstlich beschleunigt werden, durch die Anlage von Sickergräben, die vom Talbach gespiesen werden.

Wo die geologischen und hydrologischen Vorbedingungen

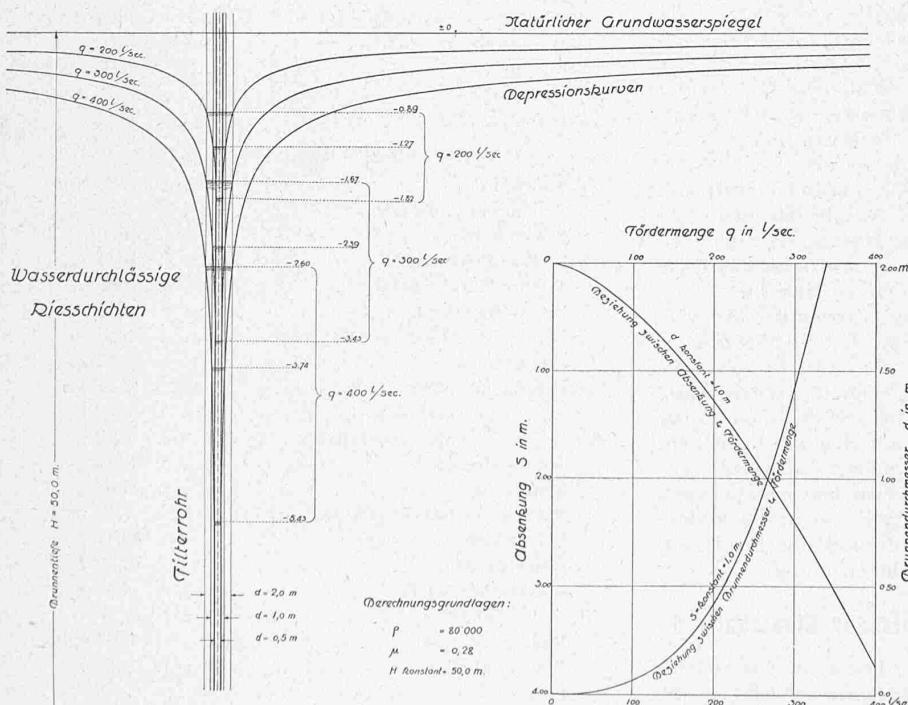


Abb. 4. Darstellung der Beziehung zwischen Absenkung, Fördermenge und Brunnendurchmesser.

vorhanden sind, schliesst eine Grundwasser-Speicher-Anlage somit keine Gefahr ein. Die Anlage bedingt aber gründliche und zuverlässige Vorarbeiten.

Welche eminente Bedeutung die Grundwassernutzung auf die Wirtschaftlichkeit einer Wasserkraft-Anlage haben kann, zeigt das Leistungsdiagramm der Landquart-Stufe Klosters-Fiderisau (Abbildung 7). Wenn die Zentrale Fiderisau nicht anderweitige Reserven besitzt, wird ihr Diagramm der „ständigen Kraft“ durch die tiefste Lage der Wassermengenkurve festgelegt, was eine gesamte Jahresproduktion innerhalb dieser Belastungslinie von 38,5 Mill. kWh ergibt. Was über dieser Linie erzeugt wird, ist unständige, billige Abfallkraft.

Durch eine Grundwasser-Speicheranlage in Klosters, unter Annahme einer Speichermenge von 8 Mill. m<sup>3</sup> (für den Fall, dass die geologische Prognose zutrifft), könnte für diese Stufe ein Gewinn an Winterenergie von 5,7 Mill. kWh erzielt werden, der sich ohne weiteres nach der Bedarf-Schwankung verteilen lässt. Die Belastungslinie kann infolgedessen wesentlich höher verschoben werden und alsdann 60,5 Mill. kWh ständige Kraft einschliessen. Somit wären, abgesehen vom direkten Gewinn an 5,7 Mill. kWh wertvoller Winterkraft, noch 16,3 Mill. kWh früherer Abfallkraft in eine erheblich höhere Wertekategorie gerückt.

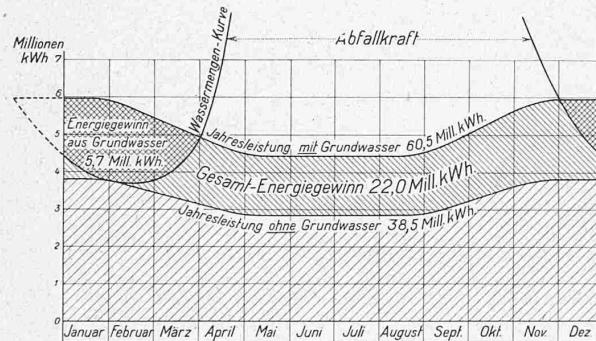


Abb. 7. Leistungsdiagramm der Zentrale Fiderisau mit Darstellung des durch eine Grundwasser-Speicheranlage zu erzielenden Energiegewinns.

Im Talboden von Engelberg wird gegenwärtig eine Grundwasser-Speicheranlage in Angriff genommen, die dem Kraftwerk Obermatt einen nutzbaren Zuschuss an Winterwasser von 6 bis 7 Millionen m<sup>3</sup> liefern soll. Dieser Wassermenge wird ein Gewinn an Winterkraft von rund 3½ Millionen kWh entsprechen. Die Anlage wird 8, event. 10 Fassungsbrunnen besitzen, die zwischen der Station Engelberg und dem Eienwald verteilt werden. Ein Rohrkanal aus Beton von 80 bis 125 cm Lichtweite verbindet die Brunnen mit dem bestehenden Ausgleichweiher. Es ist vorgesehen, diesen Kanal bis zur Herrenrüti hinauf zu verlängern zur Fassung, bzw. Ableitung der Winterabflüsse des Aawassers, die heute im Talboden versickern.

Was die Anlagekosten anbetrifft, so sind diese verhältnismässig sehr niedere. Während für Staubecken in höherer Lage heute im Mittel 50 Rp. bis Fr. 1,20 für den m<sup>3</sup> nützlichen Speicherraum gerechnet werden muss, kommen die Kosten für die Grundwasser-Akkumulierung im Durchschnitt auf 15 bis 30 Rp. auf den m<sup>3</sup> zu stehen.

Aus diesen Zahlen geht ohne weiteres die wirtschaftliche Bedeutung dieser Ausnutzungsweise des Grundwassers hervor, ganz abgesehen davon, dass sie noch andere Vorteile bietet, wie z. B. die Verhinderung der Eisbildung und die Vermeidung von Kulturlandüberflutung.

### Heissdampf-Lokomotiven der Dänischen Staatsbahnen.

Mit dem „Danebrog“ geschmückt, jenem rot und weissen Ring am Kamin, der die Dänischen Landesfarben darstellt und ein Kennzeichen der Dänischen Staatsfahrzeuge zu Wasser und zu Land ist, hat die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik vor

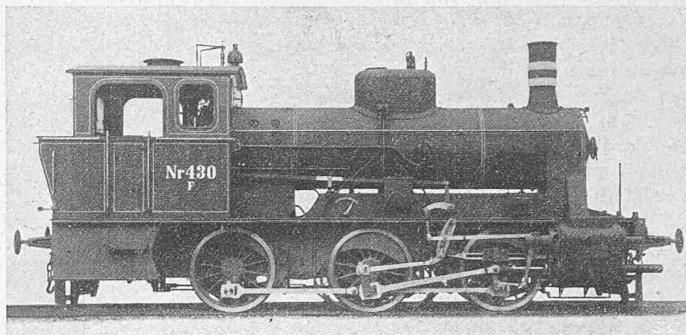


Abb. 1. Dänische 3/3 gekuppelte Heissdampf-Tenderlokomotive, Klasse F.

kurzem zwei Serien zu je acht Stück von Heissdampf-Lokomotiven geliefert. Die Bestellung erfolgte Mitte 1916, und es haben langwierige Verhandlungen betreffend Durchfuhr durch Deutschland der in Güterzüge einzustellenden leer laufenden Maschinen die Ablieferung in unliebsamer Weise verzögert. Die Klasse F umfasst Lokomotiven des Typs 0-C-0 (Abb. 1), die für Rangierzwecke bestimmt sind, die Klasse R (Abb. 2) Schnellzuglokomotiven des Typs 2-C-0. Dem Fachmann zeigen die Abbildungen das Wissenswerte; nachstehend mögen noch die Hauptdaten angeführt werden. Infolge der Kupferknappheit mussten die Feuerbüchsen nach amerikanischem Muster aus Stahlblech hergestellt werden. Die Ausführung der Maschinen erfolgte auf Grund der von den Dänischen Staatsbahnen eingesandten Zeichnungen, die von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur teilweise zweckentsprechend abgeändert und verbessert wurden.

#### H.D.-Tenderlokomotive, Klasse F (Abb. 1).

Spurweite . . . . .	1435 mm
Zylinderdurchmesser . . . . .	406 "
Kolbenhub . . . . .	610 "
Raddurchmesser . . . . .	1251 "
Radstand . . . . .	3900 "
Dampfdruck . . . . .	12 at
Heizfläche, direkte . . . . .	5,56 m <sup>2</sup>
" indirekte . . . . .	44,34 "
" des Ueberhitzers . . . . .	26,2 "
Totale Heizfläche (feuerberührte) . . . . .	76,1 "
Rostfläche . . . . .	1,33 "
Wasser im Kessel (100 mm ü. F. O. K.) . . . . .	1,93 m <sup>3</sup>
Wasser in den Kasten . . . . .	3500 l
Kohlen . . . . .	1500 kg
Leergewicht . . . . .	30,76 t
Dienstgewicht . . . . .	38,14 t

#### H.D.-Schnellzuglokomotive, Klasse R (Abb. 2).

Spurweite . . . . .	1435 mm
Zylinderdurchmesser . . . . .	570 "
Kolbenhub . . . . .	670 "
Laufraddurchmesser . . . . .	1054 "
Triebraddurchmesser . . . . .	1866 "
Fester Radstand . . . . .	4600 "
Totaler Radstand der Maschine . . . . .	9050 "
Dampfdruck . . . . .	12 at
Heizfläche, direkte . . . . .	17,52 m <sup>2</sup>
" indirekte . . . . .	154,9 "
" des Ueberhitzers . . . . .	46,2 "
Totale Heizfläche . . . . .	218,62 "
Rostfläche . . . . .	2,65 "
Wasser im Kessel (150 mm ü. F. O. K.) . . . . .	7,39 m <sup>3</sup>
Leergewicht . . . . .	63,41 t
Dienstgewicht . . . . .	70,20 t
Adhäsionsgewicht . . . . .	48,0 t
Tender:	
Raddurchmesser . . . . .	1054 mm
Wasserinhalt . . . . .	20 m <sup>3</sup>
Kohlen . . . . .	6,0 t
Leergewicht . . . . .	21,4 t
Dienstgewicht . . . . .	48,4 t — S.A.