

15 Jahre angehört und sich seit 1901 auch dem Bezirksverein für Sachsen und Anhalt angeschlossen. Ein ehrenvolles Andenken ist unserem dahingegangenen Mitgliede, dem exakten Analytiker alter Schule im besten Sinne des Wortes, dem pflichttreuen und gewissenhaften Berater und Förderer der Industrie, sicher!

E. Erdmann.

Die wichtigsten Transportmittel auf Eisenbahnen für Flüssigkeiten der chemischen Industrie.

Von Dipl. Ing. PFEFFER.

Ingenieur der Hannoverschen Waggonfabrik.

(Eingeg. d. 22./11. 1907.)

Flüssige und halbfüssige Körper auf größere Entfernungen hin sicher und zweckmäßig zu be-

Es leuchtet indessen ein, daß das Anwendungsgebiet dieses an und für sich sehr zweckmäßigen Transportmittels nur sehr beschränkt sein kann. Man ist deshalb auch schon frühzeitig auf andere Arten des Verschickens verfallen.

Das Nächstliegende war der Transport der Flüssigkeiten in Gefäßen, Fässern, Ballons usw. Säuren und andere ätzende Flüssigkeiten werden noch heute in großem Maßstabe in Glas- oder Tonballons verschickt. Man findet z. B. auf Eisenbahnen noch sehr viel den sogen. Topfwagen (siehe Abbildung 1). Bei diesem sind eine Anzahl glasierter Tonflaschen in zwei Reihen auf einem gewöhnlichen offenen Güterwagen aufgestellt. Gegen Verschieben und Umfallen sind sie durch ein hölzernes oder eisernes Gestell gesichert. Die Flaschen werden auf den Boden des Wagens in Zellen etwa 10 cm hoch mit Asphalt eingekittet. Bier, Wein und z. T. noch Petroleum gelangen in Fässern zum Transport.

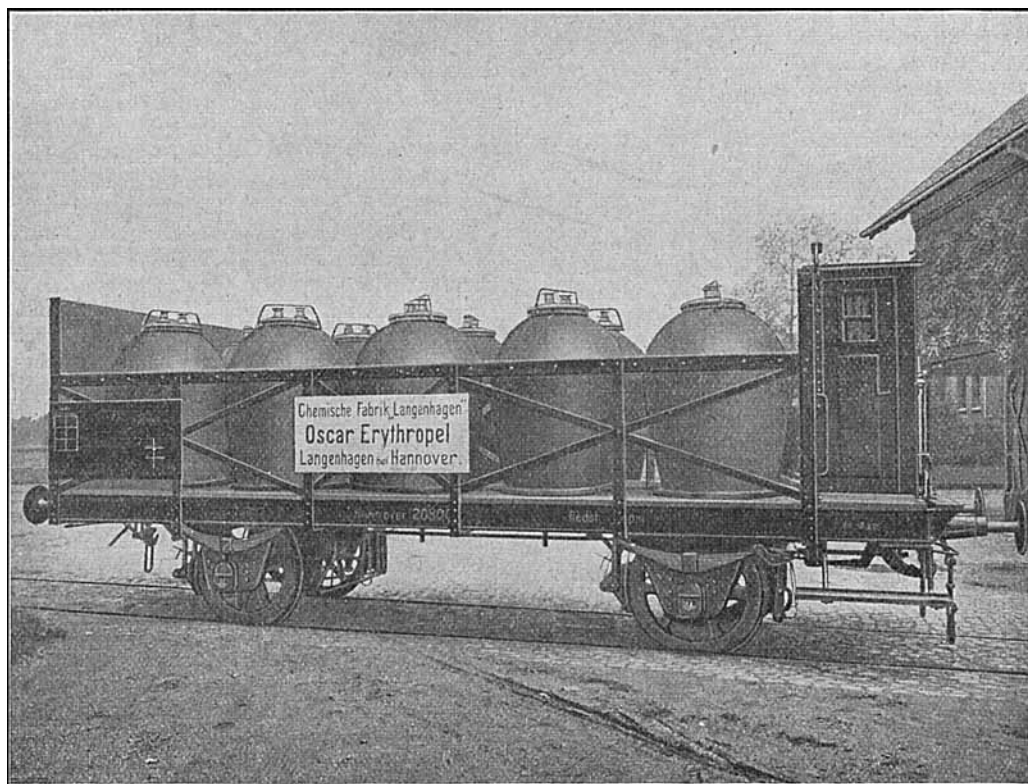


Abb. 1. Topfwagen, nach den Normalien der preußischen Staatsbahn gebaut von der Hannoverschen Waggonfabrik.

fördern, ist eine Aufgabe, mit der sich in unserer Zeit des Riesenverkehrs die Technik viel befaßt hat. Die älteste, schon von den alten Römern gekannte und, soweit anwendbar, auch die bequemste und billigste Art des Transportes von Flüssigkeiten ist das Fortleiten derselben in Röhren. Durch diese Methode allein ist die Anlage der in wirtschaftlicher und gesundheitlicher Beziehung so bedeutsamen Wasserleitungen möglich geworden. In Amerika wird auf ähnliche Weise das Petroleum auf weite Strecken hin durch Röhren zu den Verkehrsmittelpunkten verschickt. Dadurch verringern sich die Transportkosten auf ein Mindestmaß.

Nebenbei sei bemerkt, daß Wein insbesondere nach Bordeaux aus Italien, Ungarn und Griechenland in bedeckten Güterwagen versandt wird, welche im Innern zwei große und ein kleineres Faß eingebaut enthalten, die durch verzinnete Bleiröhren verbunden sind und nicht aus dem Wagen entfernt werden können. Diese Weise des Verschickens in Gefäßen gestattet aber nur eine sehr geringe Raumausnutzung. Außerdem nimmt das Auffüllen und Entleeren stets eine unverhältnismäßig lange Zeit in Anspruch. Der nächste Schritt war daher die Anwendung nur eines einzigen, dafür aber entsprechend großen Gefäßes: des Kessels. Aus naheliegenden Gründen kam als

Material in erster Linie Eisen in Betracht, welches auch fast durchweg angewendet wird. Die Kessel werden mit dem Untergestell des Wagens fest verbunden zu den Kesselwagen. Man baut nun sowohl Kesselwagen als Straßenwagen, als auch als Eisenbahnwagen. Hier sollen nur die letzteren als die wichtigeren näher untersucht werden.

Der äußeren Form des Kessels nach kommen zwei Hauptgruppen vor: die zylindrische Form

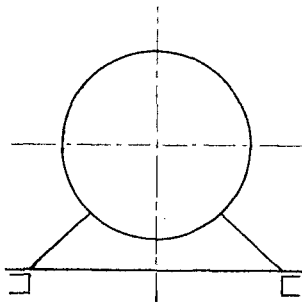


Abb. 2a.

ist es, daß der Kessel mit rechteckigem Querschnitt wegen der geraden Grundfläche in bequemer Weise unmittelbar auf das Untergestell aufgesetzt und an ihm befestigt werden kann. Der zylindrische Kessel bedarf stets eines Untersatzes mit bogenförmigem Ausschnitt, in den hinein sich der Kessel legt.

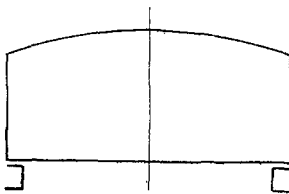


Abb. 2b.

Die Materialkosten werden daher auch bei dem Kesselwagen mit zylindrischem Kessel größer sein, als bei dem anderen. Da außerdem durch den Untersatz der Schwerpunkt des zylindrischen Kessels höher zu liegen kommt, als derjenige des Kessels mit rechteckigem Querschnitt, so wird auch ein Kesselwagen mit einem Kessel der ersteren Form nicht die gleich gute Stabilität besitzen, wie ein Wagen mit einem Kessel der letzteren Form.

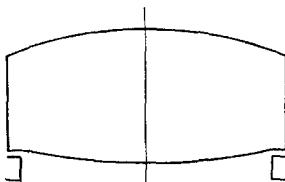


Abb. 2c.

Das sind wohl aber auch die einzigen Vorteile, die der Kessel mit rechteckigem Querschnitt vor dem zylindrischen voraus hat. In jeder anderen Beziehung gebührt dem zylindrischen Kessel der Vorzug. So ist schon allein die Herstellungsart des zylindrischen Kessels eine viel ausgebildeter und infolgedessen billigere, als die des Kessels mit rechteckigem Querschnitt. Man braucht dabei nur an die großen Fortschritte im Dampfkesselbau zu denken, die in sehr vielen Beziehungen auch dem Bau des zylindrischen Kessels bei Kesselwagen zunutze kommen. Die eckige Form des Kessels mit rechteckigem Querschnitt bedingt außerdem noch den Übelstand, daß die Stirnwände nur mit Mühe ganz dicht mit dem übrigen Teil des Kessels verbunden werden können, weil sie sich nur schwer anpassen lassen, was bei den

Stirnwänden des zylindrischen Kessels ja mit Leichtigkeit geschieht. Man wird daher bei Kesselwagen mit Kessel von rechteckigem Querschnitt häufig Undichtigkeiten an den Stirnwänden finden. Weiterhin muß noch angeführt werden, daß die Flüssigkeit aus einem zylindrischen Kessel infolge der Rundung viel vollkommener ausfließt, als aus einem solchen mit rechteckigem Querschnitt. An der großen ebenen Grundfläche des letzteren bleibt infolge Adhäsion eine verhältnismäßig große Menge Flüssigkeit zurück; namentlich bei schwer flüssigen Körpern macht sich dieser Übelstand geltend. Etwas günstiger liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse bei einem Kessel von der Form, wie ihn Fig. 2c angibt, wo eben die Grundfläche etwas gewölbt ist, wodurch außerdem noch eine erhöhte Festigkeit der Grundfläche erzielt wird. Immerhin wird aber oben genannter Übelstand im Vergleich zum zylindrischen Kessel nur unvollkommen beseitigt.

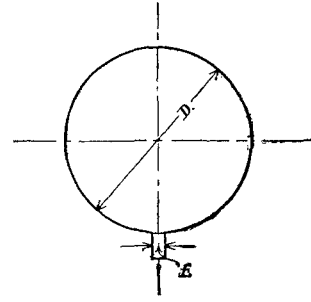


Abb. 3a.

Auch hinsichtlich der Ausflußzeit liefert ein zylindrischer Kessel bessere Ergebnisse als ein solcher mit rechteckigem Querschnitt. Innerhalb der Grenzen, die im Kesselwagenbau vorkommen, fließt nämlich aus einem zylindrischen Kessel die Flüssigkeit schneller aus, als aus einem inhaltlich gleich großen Kessel mit rechteckigem Querschnitt. Das kann unter Umständen von Wichtigkeit sein, wenn es darauf ankommt, den Kessel möglichst schnell zu entleeren. Obiger Satz läßt sich leicht mit Hilfe der Integralrechnung beweisen. Da es sich nur um das Verhältnis der beiden Ausflußzeiten handelt, so können die Ausflußwiderstände, wie Kontraktion, Reibung an der Rohrwand, Luftwiderstand usw. vernachlässigt werden. Wenn L die bei beiden Kesseln gleiche Länge bezeichnet, so ist, wie aus Fig. 3a und 3b hervorgeht, unsere Voraussetzung:

$$1) \quad \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot L = b \cdot H \cdot L$$

H bezeichnet die mittlere Höhe des Kessels, sie ist so groß zu wählen, daß das Rechteck b. H gleich dem wirklichen Querschnitt des Kessels wird. Aus Gleichung (1) läßt sich H durch D ausdrücken:

$$2) \quad H = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2}{b}$$

Die Ausflußzeit t_1 der Flüssigkeit aus dem zylindrischen Kessel berechnet sich nun zu:

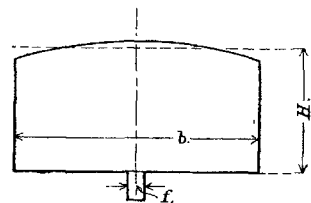


Abb. 3b.

$$3) \quad t_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{L}{f \sqrt{2g}} \cdot \sqrt{D^3}.$$

f bezeichnet hierbei den bei beiden Kesseln gleichen Ausflußquerschnitt und $g = 9,81$ die Beschleunigung durch die Schwerkraft.

Die Ausflußzeit t_2 der Flüssigkeit aus dem Kessel mit rechteckigem Querschnitt wird gefunden zu:

$$4) \quad t_2 = \frac{2 \cdot b \cdot L}{f \sqrt{2g}} \cdot \sqrt{H}.$$

Das Verhältnis der beiden Ausflußzeiten wird also:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{4 \cdot L \cdot \sqrt{D^3} \cdot f \cdot \sqrt{2g}}{3 f \cdot \sqrt{2g} \cdot 2 \cdot b \cdot L \cdot \sqrt{H}}$$

$$5) \quad \frac{t_1}{t_2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{D^3}}{b \sqrt{H}}.$$

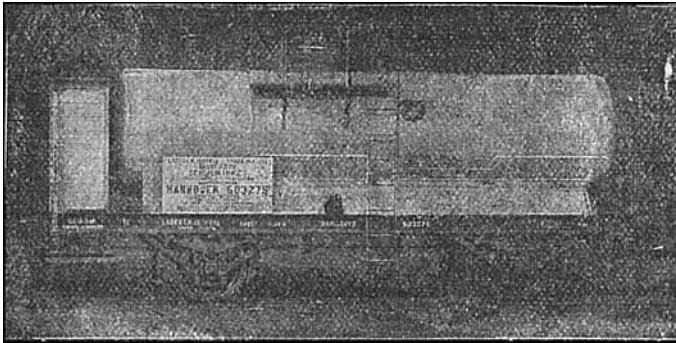


Fig. 4.

Kesselwagen nach den Normalen der preuß. Staatsbahn gebaut von der Hannoverschen Waggonfabrik.

Setzen wir nun für H den in Gleichung (2) gefundenen Wert ein, so erhalten wir:

$$6) \quad \frac{t_1}{t_2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{D^3}}{b \cdot \frac{D}{2} \sqrt{\frac{\pi}{b}}}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{4}{3 \sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{D}{b}}$$

$$7) \quad \frac{t_1}{t_2} = 0,7523 \sqrt{\frac{D}{b}}.$$

Man könnte nun, um das Verhältnis für den Kessel mit rechteckigem Querschnitt günstiger zu gestalten, die Breite b möglichst klein machen. Aber da ist bald eine Grenze gegeben. Je kleiner nämlich b wird, desto größer muß die Höhe H werden, damit der Inhalt derselbe bleibt. Mit der Zunahme von H verringert sich aber die Stabilität des Kessels. Bei geringerer Breite geht man zudem des Vorteils der bequemen Befestigung auf dem Untergestell verlustig. Aus diesem Grunde hauptsächlich gibt man der Breite b stets den größtmöglichen durch das betreffende Durchgangsprofil gegebenen Wert. Der Durchmesser D des zylindrischen Kessels wird demnach höchstens gleich sein der Breite b des Kessels mit rechteckigem Querschnitt, in der Regel ist er

noch etwas kleiner. Das Verhältnis D/b wird also höchstens = 1 werden. Im Grenzfalle ergibt sich demnach das Verhältnis der Ausflußzeiten zu:

$$\frac{t_1}{t_2} = 0,7523,$$

d. h. im ungünstigsten Falle läuft die Flüssigkeit aus einem zylindrischen Kessel in ungefähr $\frac{3}{4}$ der Zeit aus, wie aus einem Kessel mit rechteckigem Querschnitt von gleichem Inhalt.

Als ein weiterer Vorzug des zylindrischen Kessels gegenüber dem Kessel mit rechteckigem Querschnitt ist noch anzuführen, daß sich ersterer leichter reinigen läßt als letzterer. Einesteiis erschwert schon die eckige Form das Reinigen sehr. Außerdem darf die Höhe des Kessels mit rechteckigem Querschnitt nur mäßig groß werden, weil wegen der großen Grundfläche das zulässige Wagengewicht schon bei geringer Höhe erreicht ist. Der Arbeiter kann also nicht aufrecht stehen im Kessel, wodurch er ganz außerordentlich behindert wird. Der Durchmesser des zylindrischen Kessels ist dagegen in der Regel so groß, daß dieser Übelstand wegfällt.

Alle diese Nachteile des Kessels mit rechteckigem Querschnitt haben zur Folge gehabt, daß Kesselwagen mit einem solchen Kessel sich lange nicht in dem Maßstabe eingebürgert haben, wie Kesselwagen mit zylindrischem Kessel. Man verwendet erstere Kesselwagenart nur noch da, wo eine geringe Wagenhöhe bedingt ist. Gegenwärtig scheinen aber wohl nur noch zylindrische Kessel gebaut zu werden, so daß im Laufe der Zeit die andere Form wahrscheinlich ganz verschwinden wird.

Im folgenden mögen noch einige konstruktive Einzelheiten hervorgehoben werden, und zwar in der Hauptsache nur von Kesselwagen mit zylindrischem Kessel, weil diese die bei weitem größere Bedeutung haben. Abbildung 4 zeigt eine Photographie von einem derartigen Kesselwagen.

Schon oben gesagt, daß der zylindrische Kessel auf einem Untersatz ruht, der mit dem Untergestell des Wagens vernietet wird.

Der Untersatz besteht aus mehreren, einander

parallelen Blechen, die untereinander durch zwei seitliche Bleche befestigt sind (s. Fig. 5a u. 5b). Die parallelen Bleche besitzen einen Ausschnitt, der der Rundung des Kessels entspricht. Um die Bleche möglichst steif zu machen, versieht man sie auf beiden Seiten mit einem Rahmen von Winkeleisen (Fig. 5a u. 5b.) An der Stelle, wo die beiden seitlichen Bleche sitzen, dient dieser Rahmen außerdem

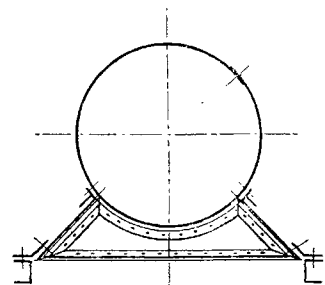


Fig. 5a.

als Verbindungsmittel. Anstatt nun, wie es früher geschah, einen langen, durchgehenden Untersatz herzustellen (Fig. 6a), führt man jetzt zwei oder mehr Untersätze aus, wie Fig. 6b zeigt. Die Verbindung des Kessels mit dem Untergestell durch

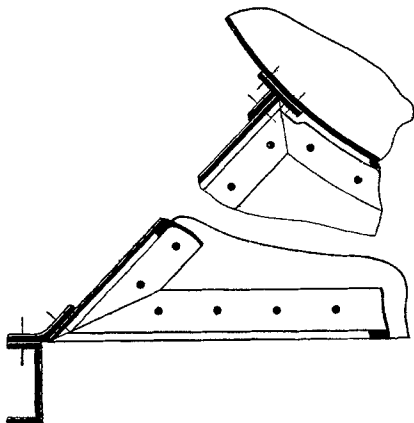


Fig. 5b.

nur einen einzigen langen Untersatz ist nämlich zu starr, so daß bei größeren Erschütterungen leicht Brüche vorkommen können. Bei zwei oder mehr voneinander getrennten Untersätzen bleibt das Untergestell elastischer, wodurch diese Gefahr fortfällt. Die Befestigung des Kessels auf dem Untersatz geschah in erster Zeit durch mehrere um den Kessel geschlungene, an den Enden mit Schrauben versehene Bandeisen (Fig. 7a und 7b). Um ein Verschieben des Kessels in der Richtung der Zylinderachse zu verhüten, legte man die Bandeisen an die Kesselstöße. Die Bandeisen gingen durch den Untersatz durch und wurden am Untergestell festgeschraubt. Bei dieser Befestigung war man jedoch nicht ganz gesichert gegen eine Drehung des Kessels um die Zylinderachse, wenn die Schrauben sich mal gelockert hatten. Man hat daher diese Befestigungsart verlassen. Gegenwärtig schraubt man allgemein den Kessel mittels zweier an ihn genieteter T-Eisen an den Untersatz fest, wie aus Fig. 5a und 5b ersichtlich ist. Die Befestigung des Untersatzes auf dem Untergestell des Wagens mit Hilfe zweier stumpfer Winkeleisen, geht ohne weiteres auch aus Fig. 5a und 5b hervor. Bei älteren Wagen findet man noch zuweilen hölzerne Untergestelle; Holz hat ja den Vorteil, daß es viel elastischer ist wie Eisen. Daß aber bei allen neueren Wagen ausschließlich Eisen für das Untergestell verwendet wird, ist leicht erklärlich, weil Holz ja viel zu sehr unter der Witterung leidet und leicht in Fäulnis übergeht.

Das Auffüllen der Flüssigkeit geschieht durch den Dom, der ähnlich aussieht wie der Dom beim

Dampfkessel und nur etwas niedriger ist. Er befindet sich meistens ziemlich in der Mitte des Kessels. Die Öffnungen im Dom und im Kessel werden natürlich so groß gemacht, daß ein Arbeiter durch sie in den Kessel gelangen kann zwecks Reinigung des Kessels. Der Verschluß muß selbstverständlich gut abdichten und zollsicher sein. Bei der Konstruktion desselben ist darauf zu achten, daß der Füllkran geschwenkt werden kann, ohne irgendwo anzustoßen. Die Ausführung des Verschlusses erfolgt in der Regel in der Weise, wie Fig. 8 angibt, mit Hilfe eines an dem einen Ende gabelförmig gespaltenen Hebels und einer umklappbaren Schraube mit Flügelmutter. Um bequem an die Auffüllöffnung gelangen zu können, wird eine Leiter zum Dome hin angebracht. Die Kesselwagen sind teilweise mit einer Handpumpe versehen, damit auch dann, wenn das Gefäß, aus dem heraus der Kessel gefüllt wird, niedriger steht, als der Kessel selbst, das Auffüllen ohne weiteres mittels dieser Pumpe geschehen kann. Im Dome befindet sich noch ein kleines Luftloch, damit die Wärmeausdehnung der Flüssigkeit und insbesondere der im Innern über der Flüssigkeit befindlichen Luft ohne Steigerung des Druckes erfolgen kann. Die preussische Eisenbahnverwaltung schreibt bei diesem Luftloch vor, daß eine an den Kessel hinschlagende Flamme nicht durch das Luftloch etwaige, im Innern des Kessels befindliche explosive Gase

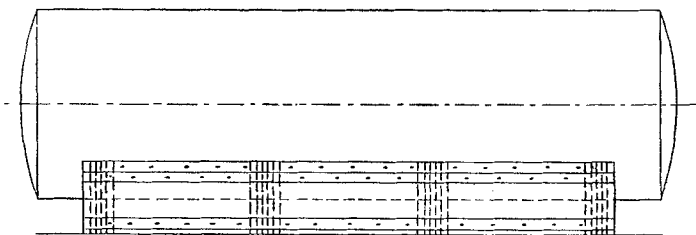


Fig. 6a.

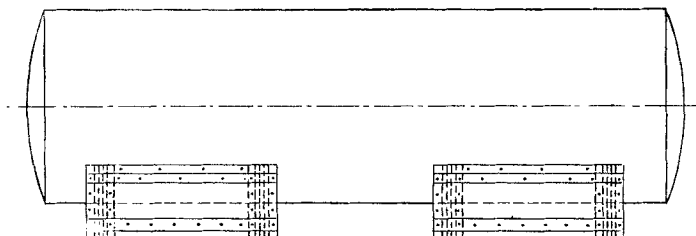


Fig. 6b.

entzünden kann. Das geschieht mittels eines feinsmaschigen Drahtnetzes.

Das Ablaufrohr befindet sich in der Regel nahezu senkrecht unter der Auffüllöffnung. Es geht nur eine kleine Strecke senkrecht nach unten und teilt sich dann in zwei fast horizontal laufende Arme, die zu beiden Seiten des Kessels münden (Fig. 9). Am Ende jedes dieser Arme befindet sich ein Absperrhahn. Außerdem kann die Ausflußöffnung noch durch ein im Innern des Kessels befindliches Absperrventil geschlossen werden. Die Spindel dieses Ventiles geht bis in den Dom hinein

und kann dort mittels eines Handrades von der Domöffnung her leicht gedreht werden. Natürlich darf die Spindel mit dem Handrade nicht direkt in der Auffüllöffnung liegen, weil sie dort beim Auffüllen sehr hinderlich sein würde; zudem wäre es dann einem Arbeiter unmöglich, in den Kessel zu gelangen. Aus diesem Grunde ist auch die Ablauföffnung gegenüber der Auffüllöffnung der Längsrichtung des Kessels nach etwas verschoben. Um ein möglichst vollständiges Auslaufen der Flüssigkeit herbeizuführen, legt man neuerdings die Aus-

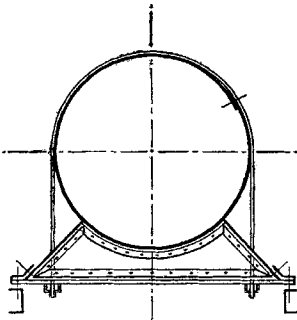


Fig. 7a.

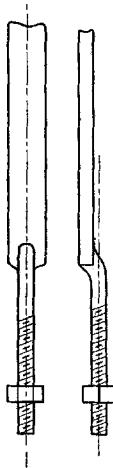


Fig. 7b.

flußöffnung anstatt ungefähr senkrecht unter die Auffüllöffnung, also ziemlich in die Mitte, an ein Ende des Kessels, in die Nähe einer Stirnwand und gibt dem Kessel eine nach diesem Ende hin geneigte Lage. Der obere Teil der Spindel des Absperrven-

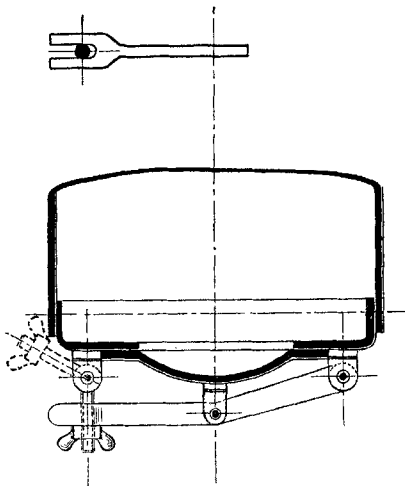


Fig. 8.

tils mit dem Handrade ragt bei dieser Konstruktion dann natürlich oben aus dem Kessel heraus.

An Stelle der Absperrhähne findet man häufig aufschraubbare Deckel vor den beiden Mündungen der Ablauföffnung angebracht und zwar in der Regel bei Kesselwagen, die dem Transport von zähflüssigen Körpern dienen. Da bei diesen die Ausflußöffnung naturgemäß viel größer sein muß, als bei Kesselwagen für leichtflüssige Körper, so würde ein Hahn zu groß und plump werden.

Wie verlautet, will binnen kurzem die preussische Eisenbahnverwaltung hinsichtlich der Be-

festigung des Ablaufrohres eine Änderung eintreten lassen. Die beiden Arme des Rohres werden in Zukunft ausschließlich mit dem Kessel und nicht mehr mit dem Untergestell des Wagens verbunden. Durch die stetigen Erschütterungen senkt sich nämlich im Laufe der Zeit der Kessel. Sind nun die Enden der beiden Ablaufrohre am Untergestell befestigt, so können diese den Senkungen nicht folgen. Es treten Biegungsspannungen im Rohre auf, die leicht zu Brüchen und Undichtigkeiten führen. Bei der neuen Konstruktion ist diese Gefahr beseitigt, weil das Ablaufrohr in allen seinen Teilen die Bewegungen des Kessels mitmachen kann.

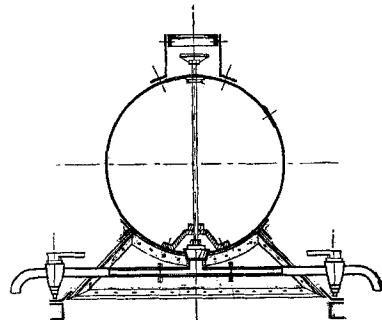


Fig. 9.

Wie bei dem Dampfkessel, so findet man auch bei den Kesseln der Kesselwagen flache und gewölbte Böden. Ausgeführt werden wohl nur gewölbte Böden, denn ein flacher Boden bedingt stets besondere Versteifungen, um widerstandsfähig zu sein gegen Drucke in der Richtung der Zylinderachse, während ein gewölbter Boden aus statischen Gründen ganz vorzüglich ohne weiteres größere Drucke aufnehmen kann.

Häufig werden im Innern des Kessels sogen. Scheidewände (auch Wellenbrecher genannt) angebracht, mehrere den Stirnwänden parallele Bleche, die den Kessel der Länge nach in mehrere Zellen teilen. Diese Zellen sind natürlich nicht jede für sich abgeschlossen (das würde ja für jede Zelle eine Auffüllöffnung und Ablauföffnung bedingen), sondern es bleiben zwischen den Blechen und der Kesselwand größere Lücken; auch werden die Bleche noch mit Löchern

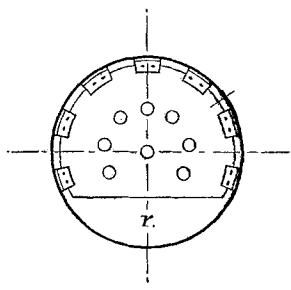


Fig. 10.

versehen (s. Fig. 10), so daß die ganze Flüssigkeit unter sich in Verbindung bleibt.

Diese Scheidewände haben den Zweck, eine zu starke Bewegung und Wellenbildung der Flüssigkeit beim Fahren und vor allen Dingen beim Rangieren des Wagens zu verhindern, weil durch diese Bewegungen Verschiebungen in der Wagenbelastung vorkommen, wodurch einzelne Federn leicht überlastet werden können. Bei leichtflüssigen Körpern ist naturgemäß diese Gefahr viel größer als bei den zähflüssigen. Bei der preussischen Eisenbahnverwaltung sind daher für den Transport von leicht-

flüssigen Körpern Scheidewände direkt vorgeschrieben, während in Kesselwagen, die dem Transport von dicken Flüssigkeiten dienen, nur dann nachträglich Scheidewände eingebaut werden müssen, wenn sich bei der Benutzung des Wagens Übelstände ergeben.

Der Zwischenraum r zwischen einer Scheidewand und der Kesselwand unten muß so groß sein, daß ein Arbeiter beim Reinigen bequem durchkriechen kann. Die in die Scheidewand gebohrten Löcher sollen verhüten, daß die von der bewegenden Flüssigkeit ausgeübten Drucke nicht so stark werden, daß ein Verbiegen der Bleche eintritt.

Beim Transport von zähflüssigen Körpern macht sich der Übelstand unangenehm bemerkbar, daß das Ablassen der Flüssigkeit verhältnismäßig lange Zeit in Anspruch nimmt, weil naturgemäß die dicke Flüssigkeit nur langsam und träge ausfließt. Da nun in der Hitze fast alle diese Flüssigkeiten wie Teer, Erdöl usw. viel leichtflüssiger werden, so ist man auf den Gedanken gekommen, die Flüssigkeit vor dem Ablassen anzuwärmen. In bequemer Weise wird diese Anwärnung mittels Heiz-

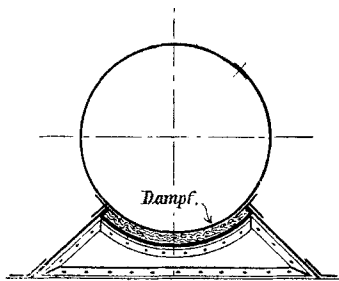


Fig. 11.

schlangen erreicht, die im Innern des Kessels angebracht sind, und durch die Dampf geleitet wird. Je nach der Anzahl der Heizschlangen und der Größe der Heizfläche unterscheidet man einfache und intensiv wirkende Anwärnung. Diese Heizschlangen haben nur den Übelstand, daß sich leicht größere Mengen dicker Flüssigkeit an ihnen absetzen; auch erschweren sie das Reinigen des Kessels. Man findet deshalb zuweilen einen Dampfraum unter dem Kessel angebracht (Fig. 11). Diese Art der Erwärmung wird besonders für leicht gefrierende Flüssigkeiten verwendet. Häufig dehnt sich der Dampfmantel auf die ganze untere Kesselhälfte aus. Bei dieser Konstruktion mit Dampfraum unter dem Kessel fallen oben genannte Nachteile fort, dafür geht aber ein viel größerer Teil der Wärme durch Ausstrahlung nach außen, besonders nach unten verloren, als bei der Heizschlangenkonstruktion.

Zur Beförderung von Teer bedient man sich noch teilweise eines Kesselwagens mit Kessel von rechteckigem Querschnitt, bei dem anstatt des Domes eine größere Pfanne auf dem Kessel angebracht ist. Man erreicht durch diese Pfanne eine sehr bequeme Auffüllung. Zum Heben der vollen und zum Hinablassen der geleerten Fässer ist ein Drehkran am Wagen vorhanden. Dieser Art von Kesselwagen haften natürlich die Mängel an, die weiter oben über Kesselwagen mit Kessel von rechteckigem Querschnitt angeführt worden sind.

Man ist nun in neuerer Zeit nicht dabei stehen geblieben, nur solche Flüssigkeiten in Kesselwagen zu befördern, die die eiserne Kesselwand nicht angreifen, wie Petroleum, Benzin, Teer, Erdöl usw. sondern man befördert gegenwärtig selbst Säuren und andere ätzende Flüssigkeiten auf diese Weise.

Natürlich darf dabei die ätzende Flüssigkeit nicht direkt mit dem Eisen in Berührung stehen, sondern man muß das Innere des Kessels mit einer widerstandsfähigen Schicht bekleiden. Als Auskleidungsmaterial kommt in erster Linie Hartgummi in Betracht. Bleiauskleidung wäre wohl auch für verschiedene ätzende Flüssigkeiten geeignet, doch besitzt das Blei lange nicht die Widerstandsfähigkeit des Hartgummis; zudem würde eine Bleiauskleidung den Wagen unnötigerweise beschweren. Fig. 12 zeigt eine Ausführungsart der Bekleidung mit Hartgummi. Es werden hierzu etwa 4 mm starke Hartgummiplatten verwendet, die durch Vulkanisieren mit den einzelnen Kesselschüssen fest verbunden werden. Die Kesselschüsse

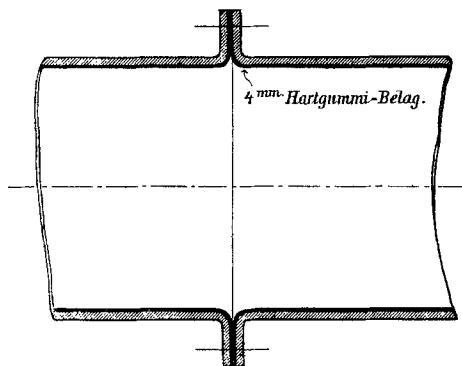


Fig. 12.

verschraubt man dann unter sich so, daß der umgelegte Hartgummibelag als Dichtung dient.

Von den Flüssigkeiten, bei denen der Kessel einer solchen Auskleidung bedarf, kommt in allererster Linie die Salzsäure in Betracht. Die Schwefelsäure greift bekanntlich in konzentriertem Zustande Eisen gar nicht oder doch nur ganz wenig an, so daß sie in gewöhnlichen Kesselwagen versandt werden kann. Die Kessel erhalten hierbei meistens Heizung mittels Dampfraum unter dem Kessel (Fig. 11), weil ja Schwefelsäure leicht gefriert.

Für die anderen in der chemischen Industrie in größeren Mengen gebrauchten Flüssigkeiten, die Eisen chemisch beeinflussen, vor allen Dingen, wie oben gesagt, für die Salzsäure, bildet der Transport in Kesselwagen mit ausgekleidetem Kessel ein ganz vorzügliches Transportmittel, das sich in der chemischen Industrie schon sehr gut bewährt hat. Die Zeit wird daher nicht mehr allzu fern sein, wo fast der gesamte Transport dieser ätzenden Flüssigkeiten in derartigen Kesselwagen geschieht. Die Vorteile dieses Transportes gegenüber dem Transport in Glas- oder Tonballons sind so augenscheinliche, daß die verhältnismäßig höheren Anschaffungskosten eines Kesselwagens mehr wie ausgeglichen werden. Man braucht dabei nur daran zu denken, wie leicht ein Säureballon springt, wobei nicht nur der ganze Inhalt verloren geht, sondern auch häufig große Schäden in der Umgebung angerichtet werden. Wie umständlich ist außerdem, wie schon oben ge-

sagt wurde, das Füllen und Entleeren jedes einzelnen kleinen Ballons! Namentlich wenn es sich um größere Mengen von Säuren handelt, treten die Vorteile des Transportes in Kesselwagen um so deutlicher hervor.

In allerletzter Zeit ist von einer russischen Firma eine neue Art von Kesselwagen konstruiert worden, die in der Hauptsache zur Beförderung von Petroleum, Kerosin und anderen leicht entzündlichen Stoffen dienen soll¹⁾. Der Vorzug dieser neuen Waggon besteht darin, daß sie dank einer sinnreichen Kupplungsvorrichtung bei einem ev. Brande leicht von dem übrigen Zuge losgelöst und entfernt werden können. Außerdem läßt sich bei diesen neuen Wagen ermöglichen, daß mittels einer Hebevorrichtung der Kessel zwischen die Achsen der Fahrzeuge heruntergeklappt wird, wodurch eine, allerdings im Verhältnis zu den anderen Wagen etwas höhere glatte Plattform entsteht. Diese kann zur Verladung von allerhand Waren benutzt werden; es wird auf diese Weise vermieden, daß die Waggon bei entleertem Kessel unbenutzt zurückgehen, wodurch einem gerade auf den in Frage kommenden russischen Eisenbahnstrecken starken Waggonmangel abgeholfen wird.

Es läßt sich aus diesen Ausführungen erkennen, daß, wie unsere Zeit so überaus reich an Fortschritten ist, auch die Mittel zum Transportieren von Flüssigkeiten sich immer mehr vervollkommen haben. Vor allen Dingen der oben beschriebene Transport von Säuren in mit Hartgummi ausgekleideten Kesselwagen kann nicht genug hervorgehoben werden, weil noch viel zu wenig in der Industrie davon bekannt ist.

Zum Schluß möge noch darauf hingewiesen werden, daß der Bau der Kesselwagen den Bestimmungen der betreffenden Eisenbahnverwaltungen unterliegt. Einige Bestimmungen der preußischen Eisenbahnverwaltung sind in diesen Ausführungen ja schon erwähnt worden.

Über Salzsäure-Tourrills D. R. P. Nr. 106 023 und Schleuderapparat zum Reinigen gasförmiger Salzsäure D. R. P. Nr. 183 097.

Von

Dr. R. CELLARIUS, Sergiefski-Possad (Rußland)

(Eingeg. den 28./11. 1907.)

An die Salzsäurebatterie mit Cellarius-Tourrills¹⁾ ist neuerdings ein Apparat angegliedert worden, um die Salzsäuregase vom Sulfatofen vor ihrem Eintritt in die Batterie von den mitgeführten Verunreinigungen als Schwefelsäure, Eisen, Arsen zu befreien.

Vor der Beschreibung des Apparates rekapituliere ich kurz das Wesen und den Wert einer Salz-

säurebatterie mit Cellarius-Tourrills im Vergleiche mit einer Batterie alten Systems.

Die früher und auch jetzt noch viel üblichen Tourrills leiden an mancherlei Fehlern, die einer vollständigen Absorption des HCl-Gases durch Wasser hinderlich sind.

1. Das Verhältnis von Oberfläche zu Flüssigkeitsinhalt des Tourrills ist sehr ungünstig, infolgedessen wird die durch die Absorption freiwerdende Wärme nur langsam abgegeben.

2. Aus demselben Grunde wird auch eine Wasserkühlung von außen nur geringen Effekt haben, ganz abgesehen davon, daß die Form des Tourrills für eine Montage im Kühlkasten sehr ungünstig ist.

3. Beim Durchströmen der sich anreichernden Salzsäure durch die Batterie wird die stärkere Salzsäure von der einlaufenden schwächeren Säure nicht absolut zum nächstfolgenden Tourill verdrängt, sondern es findet ein ständiges Mischen der starken mit der schwachen Säure statt. Dadurch wird die schwächere Salzsäure schneller, als es prinzipiell wünschenswert ist, zum Anfange, also der Säureabflußstelle, der Batterie geführt. Durch Versuche wurde ermittelt, daß die zehnfache Wassermenge nötig ist, um eine Säure von 20° Bé. aus dem Tourill zu verdrängen.

Alle diese Fehler werden beim Cellarius-Tourill eliminiert, und daraus erklärt sich dessen hoher Wirkungswert.

Das Cellarius-Tourill besteht aus zwei konzentrischen miteinander verbundenen Halbzylindern. Die Längsverbindung dient als Boden des Tourills.

Das Tourill wird in zwei Formen ausgeführt. Form I (Fig. 1) wird verwendet, wo keine Wasserkühlung vorgesehen ist, und wo auf Säure, nicht stärker als 22° Bé., reflektiert wird.

Die Flüssigkeit tritt durch den Stutzen a dicht über dem Boden ein und verläßt nach dem Überströmen der Innenwölbung das Tourill auf der gegenüberliegenden Seite direkt über dem Boden durch den Stutzen b.

Form II (Fig. 2) wird bei Wasserkühlung verwendet, und ihm mit können Säuren bis 24° Bé. erhalten werden. Außerdem kann es wie Form I auch ohne Wasserkühlung montiert werden. Bei ihm liegen die Stutzen a und b auf derselben Seite des Tourills. Auf der Innenwölbung ist die Leiste c angebracht, die die Rückwand etwa auf $\frac{1}{4}$ der Länge des Tourills nicht erreicht. Auf der Außenwölbung sind die zwei üblichen Gasstutzen d und f angebracht.

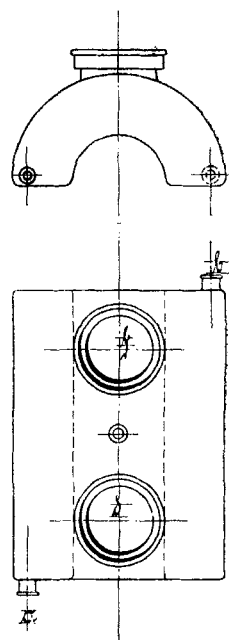


Fig. 1.

¹⁾ „Petroleum“ 2. Jahrgang Nr. 24,

¹⁾ Da die Tourrills unter diesem Namen vertrieben werden, benenne auch ich sie der Kürze halber mit diesem Namen.