

# Das Wesen der Umlauf-Kesselreinigung

Autor(en): **Goldstern, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **113/114 (1939)**

Heft 23

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-50507>

## **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.

INHALT: Das Wesen der Umlauf-Kesselwasserreinigung. — Die neuen Metadyne-gesteuerten Gleichstrom-Triebwagen der Londoner Untergrundbahn. — Ideen-Wettbewerb für ein Gewerbeschulhaus, Basel. — Mitteilungen: Verbände der Spenglermeister und Installateure und der Centralheizungsindustriellen. Eidg. Technische Hochschule. Kugelschie-

ber mit Gummischlauch-Abdichtung. Erweiterungsbau des Radio-Studio Zürich. Die verbreiterte Wettsteinbrücke in Basel. — Nekrologe: Jules Couchepin. Henri Demierre. — S. I. A.-Fachgruppe der Ingenieure für Brückenbau und Hochbau und Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik.

Band 113

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 23

## Das Wesen der Umlauf-Kesselwasserreinigung

Von Dipl. Ing. W. GOLDSTERN, London

In den letzten Jahren findet eine neue Methode der Wasserreinigung für Dampfkessel eine ausgedehnte Verbreitung, die sich von den früher gebräuchlichen grundsätzlich unterscheidet. Man kennt die Entwicklung der chemischen Prozesse auf diesem Gebiete, die zur Verwendung von immer wirksameren Stoffen führte, wie Trinatriumphosphat und Basenaustauschstoffen. Diesen ist das Eine gemeinsam, dass das in die Kessel zu speisende Wasser vorher aufbereitet, d. h. insbesondere bezüglich seiner Härte in den gewünschten Zustand gebracht wird (sog. «Vorreinigungsanlagen»). Man stellt also als Ergebnis dieser Aufbereitung z. B. eine Enthärtung des Speisewassers auf etwa 1 bis 2° Härte (je nach dem verwendeten Chemikal, der Wassertemperatur usw. auch mehr oder etwas weniger) fest und führt dieses Wasser dem Dampfkessel zu. — Die neueren Forschungen über das Wasser im Kesselbetriebe rücken demgegenüber stärker den Zustand des Kesselwassers selbst in den Vordergrund, als unmittelbar verantwortlich für die im Kessel auftretenden Erscheinungen. Dieser Zustand ist nicht nur von den Eigenschaften des gespeisten Wassers abhängig, sondern noch von einer Anzahl anderer Faktoren, so von der Menge des abgeschlammten Wassers, vom Salzgehalt des Kesselwassers, von dem im Kessel zurückbleibenden Schlamm u. a.

Durch die im folgenden prinzipiell dargestellte Wasserreinigungsmethode wurde es erstmals möglich, unmittelbar und wirksam auf das Kesselwasser selbst einzuwirken. Das Wesen dieser Methode, die in der Praxis (vor allem auch in schweizerischen Betrieben) unter dem Namen «Dejektor» bekannt geworden ist, unterscheidet sich von den Vorreinigungsanlagen grundsätzlich durch die drei Hauptelemente, auf denen ihre Wirkung beruht: 1. Wasserumlauf zwischen Dampfkessel und Dejektor; 2. mechanische Trennung von Schlamm und Wasser; 3. chemische Enthärtungsprozesse im Kessel.

Abb. 1 stellt einen Anwendungsfall des Dejektors an einem beweglichen Kessel dar. Man ersieht hieraus die Grössenordnung des Apparates, die sich wesentlich von allen anderen Wasserreinigungsanlagen unterscheidet, und erkennt die Möglichkeiten für den Einbau des Dejektors bei verschiedenen Dampfkesseln.

Die Wirkungsweise des Dejektors soll kurz an einer schematischen Zeichnung (Abb. 2) erklärt werden. Der Dampfkessel 1 wird durch das Speiserohr 2 mit Rohwasser versorgt. Durch den Dejektor wird dauernd ein bestimmter chemischer Zustand des Kesselwassers eingehalten, sodass die Härtebildner, aus denen sonst der Kesselstein entsteht, als Schlamm ausgeschieden werden, der sich im untersten Teil 3 des Kessels ansammelt. Von hier wird das schlammhaltige Wasser nun dauernd durch eine dünne Rohrleitung entnommen, und zwar zunächst durch eine Steigleitung 4 hochgeführt. In den Fallstrang 5 ist der Dejektor 6 selbst eingebaut, in dessen unterem Teil der Schlamm durch ein System von Schikanen 7 vom zirkulierenden Kesselwasser getrennt wird. Aus der Chemikalienhaube 8 im oberen Teil des Apparates wird dem Wasser eine genau geregelte Menge von Chemikal zugeetzt, bevor es durch die Leitung 9 wieder in den Kessel zurückkehrt.

Die Zirkulation des Kesselwassers durch die Rohrleitungen,

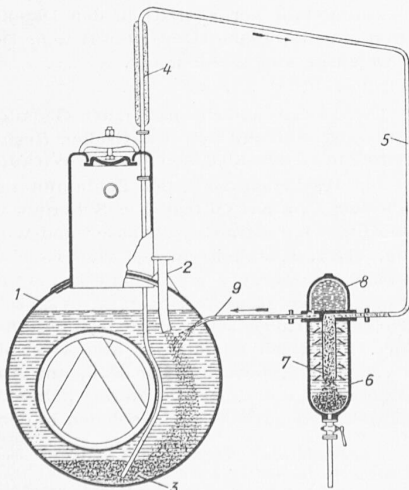


Abb. 2. Schema der Kesselwasserreinigung

die den Dejektor mit dem Kessel verbinden, erfolgt durch Schwerkraftwirkung (Thermosiphon). Das Prinzip des Kreislaufs des Wassers, das im Steigstrang wärmer und daher leichter gegenüber dem kälteren Wasser im Fallstrang ist, wird ja technisch vielfach angewandt, so bei Warmwasserheizungen und in Dampfkesseln, aber auch beim Autokühler und andern Einrichtungen der Wärmetechnik. Während aber die Zirkulation hier nicht nur durch die Wärme bewirkt wird, sondern auch zu ihrer Übertragung dient, ist die zwangsweise damit verbundene Wärmebewegung beim Dejektor eine Nebenwirkung und muss als Energieaufwand zur Erzielung der Zirkulation angesehen werden. Bei der Einschaltung einer Pumpe wäre nicht nur der Aufwand an Energie wesentlich grösser, sondern diese Lösung kommt vor allem auch deshalb weniger in Frage, weil es sich hier um die Beförderung von sehr schlammhaltigem und alkalischem Wasser handelt.

Für die einwandfreie Wirkung eines Dejektors ist es von grösster Bedeutung, dass eine kräftige Zirkulation erreicht wird. Zum besseren Verständnis der Zirkulation wird im Folgenden eine grundsätzliche Berechnung durchgeführt. Allgemein ist die Zirkulationskraft  $P$  gleich dem Unterschied der Gewichte der Wassersäulen im fallenden und steigenden Rohrstrang, also  $P = G_f - G_s$  kg.

Daraus erhält man bei einem Rohrquerschnitt  $F$  m<sup>2</sup> das Zirkulationsdruckgefälle

$$p = \frac{G_f - G_s}{F} \text{ kg/m}^2 \text{ bzw. mm WS}$$

Da andererseits das Gewicht  $G = F h \gamma$  ist, so kann man, gleichbleibendes spezifisches Gewicht  $\gamma$  pro Rohrstrang vorausgesetzt, auch schreiben  $p = h_f \gamma_f - h_s \gamma_s$

In der Zirkulationsleitung des Dejektors ist aber in jedem Punkt die Temperatur und damit auch das spezifische Gewicht  $\gamma$  anders, sodass die Gleichung streng genommen lauten muss:

$$p = \int \gamma_f d h_f - \int \gamma_s d h_s$$

Für die praktische Berechnung ist es ausreichend, in den einzelnen Rohrstücken, in denen keine wesentlichen Aenderungen des spezifischen Gewichtes auftreten, mit gleichbleibenden Mittelwerten zu rechnen.

Um die mühsame Arbeit der Rechnung zu vermeiden und auch zur besseren Uebersicht wird ein graphisches Verfahren vorgeschlagen, das allgemein zur Untersuchung der Zirkulation in Schwerkraftsystemen geeignet sein dürfte. Trägt man als Abszisse die einzelnen Höhen auf und als Ordinaten die zugehörigen Werte des spezifischen Gewichtes des umlaufenden Wassers, so kennzeichnen die Flächen, bzw. die Flächendifferenzen unmittelbar die entstehenden Zirkulationsdruckgefälle.

Im einfachsten Fall, mit konstanter Wassertemperatur  $t_w$  im Steig- und  $t_k$  im Fallstrang, wobei die gleiche Wärmemenge  $Q$

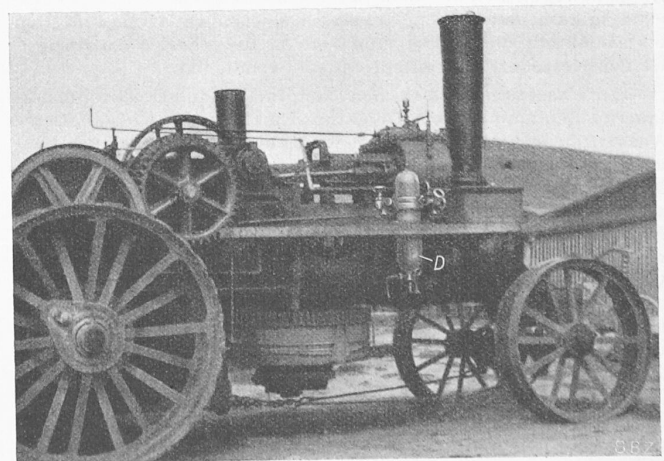


Abb. 1. Dejektor (D) am Kessel eines Dampflokomotivs

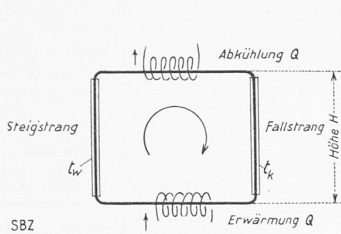


Abb. 3a. Einfachstes Schema eines Wasserkreislaufs durch Thermosyphon

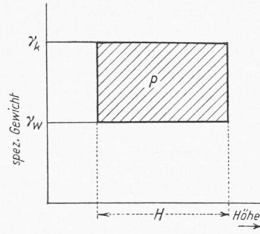


Abb. 3b. Darstellung der Zirkulationskraft im  $\gamma h$ -Diagramm

im untern Rohre zu- und im obren Rohre wieder abgeführt wird (Abb. 3a), ergibt sich die Gleichung

$$p = (\gamma_k - \gamma_w) H$$

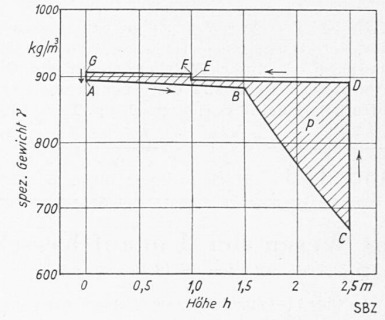
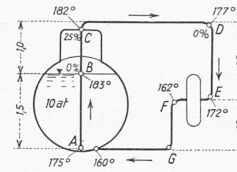
Im  $\gamma h$ -Diagramm gibt dieser einfachste Fall ein Rechteck für den wirksamen Druck  $p$  (siehe Abb. 3b).

Die Anwendung des  $\gamma h$ -Diagramms auf den Wasserkreislauf beim Dejektor zeigt folgendes Bild (Abb. 4): Wir betrachten nur die wichtigsten Punkte, wobei die Zahlenwerte z. T. zur besseren Verständlichkeit des Beispiels gewählt wurden. Das Wasser tritt bei Punkt A in die Zirkulationsleitung ein, mit einer Temperatur, die etwas niedriger ist, als dem Kesseldruck entspricht. Erst in der Höhe des Wasserspiegels wird, entsprechende Erwärmung der Rohrleitung vorausgesetzt, die volle Sättigungstemperatur erreicht. Sobald die Rohrleitung über den Wasserspiegel ansteigt, wird der Druck entsprechend der Höhe über dem Wasserspiegel geringer. Infolge der Druckentlastung tritt in der Zirkulationsleitung eine Dampfbildung auf, die eine Verminderung des spezifischen Gewichtes des Dampf-Wasser-Gemisches gegenüber der reinen Wassersäule zur Folge hat. Da das spezifische Gewicht des Dampfes vernachlässigbar gering ist gegenüber demjenigen des Wassers, bedeutet z. B. ein Dampfanteil von 25% des Gesamtvolumens die Herabsetzung des spezifischen Gewichtes der Wassersäule bezw. des Gemisches um den selben Betrag. Die Beziehungen zwischen Höhe und Dampfvolmen bezw. spezifischem Gewicht sind sehr verwickelt, sodass das letztere durch Probieren gefunden werden muss, wobei man die Zahl der Zwischenpunkte nach der gewünschten Genauigkeit richten kann. Für das durchgerechnete Beispiel erhält man im Punkt C des Dejektor-Kreislaufs einen volumenmässigen Anteil des Dampfes von rd. 25%. In der Abbildung ist auch der Dampfanteil angedeutet. Dieser kann infolge der Kondensation durch Abkühlung in der Strecke C—D bei ausreichender Länge derselben im Punkt D wieder mit 0% angenommen werden. Dann erhält man im  $\gamma h$ -Diagramm das in Abb. 5 wiedergegebene Bild und aus der schraffierten Fläche die Grösse des Zirkulationsdruckgefälles  $p = 129 \text{ mm WS}$ .

Dieser Druck muss zur Ueberwindung der Widerstände des Kreislaufs zwischen Kessel und Dejektor bei der notwendigen Geschwindigkeit ausreichen. Die Widerstandsziffern  $\xi$  der Rohrleitungen und Armaturen lassen sich in bekannter Weise festlegen. Auch der Widerstand des Dejektors lässt sich in die Rechnung einsetzen; verschiedene Versuche ergaben einen Widerstand, der ungefähr dem doppelten Wert des Widerstandes für normale Absperrventile entspricht. Setzt man für den gesamten Kreislauf — bei 20 mm l. W. — für die hier gewählten Verhältnisse einen Wert von  $\xi = 36$  ein, so erhält man eine Geschwindigkeit von 0,22 m/s. Die an ausgeführten Anlagen praktisch gemessenen Werte bewegen sich in einem Bereich von 0,05 bis 0,5 m/s. Ueberschlägig kann man rechnen, dass für eine einwandfreie Funktion des Dejektors die Umwälzung von 5—10% der Wassermenge, die der Kesselleistung entspricht, notwendig ist.

Der Wasserumlauf zwischen Dampfkessel und Dejektor bringt dauernd Schlamm in den Dejektor. Eine besondere, patentierte Wasserführung im Apparate bewirkt die Trennung dieser feinsten Teilchen vom umlaufenden Kesselwasser. Im Zentrum des Dejektors strömt das vom Kessel kommende Wasser durch ein weites Rohr abwärts bis in dessen unteren Teil. Hier wird es gezwungen, seine Richtung vollständig umzukehren, wobei bereits ein grosser Teil des Schlammes abgesetzt wird. Beim Aufwärtsströmen kommt das Wasser in ein System konischer Einbauten, die so ineinander greifen, dass ein vielfacher Wechsel der Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit erzielt wird. Dabei werden die restlichen und feinsten Teilchen abgetrennt und gelangen in den äusseren freien Raum zwischen den Konen und der Dejektorwandung. Hier herrscht infolge der äusseren Abkühlung der Wandung eine nach abwärts gerichtete Strömung, die den Schlamm in den untersten Teil des Apparates führt, wo er sich ansammelt. Durch ein besonders ausgebildetes Abschlammentil, das bequem gehandhabt und nachgeschliffen

Abb. 5 (rechts).  $\gamma h$ -Diagramm für eine Anlage gemäss Abb. 4 (unten). Schema zur Berechnung der Zirkulationskraft



werden kann, wird der Schlamm in gewissen Zeitabständen aus dem Apparat entfernt.

Der Dejektor wirkt also als Abscheider, der gegenüber den sonst gebräuchlichen Filtereinrichtungen den Vorteil hat, dass der abgeschiedene Schlamm nicht in der Einrichtung selbst bleibt und diese verstopft, sondern dauernd in den dafür bestimmten Teil des Apparates abströmt. Damit entfällt natürlich die Notwendigkeit der periodischen Reinigung und aller dafür erforderlichen Einrichtungen und Kosten. Darum findet der Dejektor auch dort Verwendung, wo es sich nur um die kontinuierliche Entschlammung von Dampfkesseln — also ohne jede chemische Wirkung — handelt, oder vielfach sogar auch für reine Filterzwecke, wie z. B. nach dem Reaktionsbehälter einer Vorreinigungsanlage. Bei der Anwendung des Dejektors als Entschlammwassererluste vermeiden kann, die sonst bei jedem Abschlammen des Kessels auftreten. Bei 15 at Kesseldruck beträgt z. B. pro 1 m<sup>3</sup> abgelassenes Kesselwasser die verlorene Wärme rd. 200 000 kcal. Diese entspricht einem Brennstoffaufwand von 40 kg guter Kohle, wenn man mit einer Wärmeausnutzung von 5000 kcal pro kg rechnet. Die Brennstoffverluste infolge des Abschlammens erreichen also gewöhnlich eine beträchtliche Summe, meist ohne überhaupt beachtet zu werden. Dazu kommen u. U. noch die Kosten für das Wasser selbst, bezw. für dessen Aufbereitung. Schliesslich muss noch betont werden, dass vielfach praktisch mit dem Abschlammen nur ein kleiner Anteil des im Kessel befindlichen Schlammes erfasst wird und der weitaus grösste Teil im Kessel liegen bleibt, um erst durch das dadurch häufig erforderliche Reinigen des Kessels entfernt zu werden.

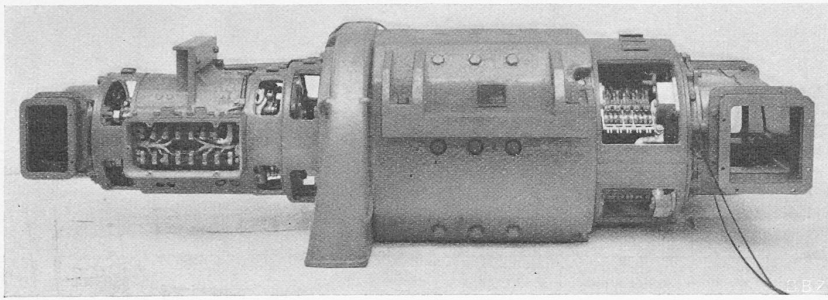
Als Wirkungsgrad der Schlammabscheidung — «Dejektor-Wirkungsgrad» — kann das Verhältnis der im Dejektor pro 1 l Wasser abgeschiedenen Schlammmenge zum Schlammgehalt des zufließenden Kesselwassers bezeichnet werden, also der Anteil der Schlammmenge, die im Dejektor zurückgehalten wird. An zahlreichen ausgeführten Anlagen wurden Versuche durch den Magdeburger Verein für Kesselbetrieb vorgenommen<sup>1)</sup>, um mit grosser Genauigkeit diese wichtige Grösse festzustellen. Als Ergebnis der Messungen an zehn verschiedenen Kesseln — Zweiflammrohr-, Rauchröhren-, Tischbein-, Wasserrohr-Kesseln — mit Heizflächen von 20 bis 300 m<sup>2</sup> wurde im Mittel ein Dejektor-Wirkungsgrad von 94,5% festgestellt. Der beste Wert liegt bei 99,7%; er wurde an einem Wasserrohrkessel erzielt. Eine weitere Versuchsreihe — durchgeführt von der staatlichen Versuchsanstalt Dr. Riemer, Wien —, bei der eine Dejektoranlage an einem Babcock-Wilcox-Kessel von 102 m<sup>2</sup> Heizfläche und 14 at Druck untersucht wurde, führte zu folgenden Ergebnissen:

Schlammgehalt vor Eintritt in den Dejektor . . . . . 1,34 g/l  
Schlammgehalt nach Austritt aus dem Dejektor . . . . . 0,07 g/l  
im Dejektor ausgeschieden . . . . . 1,27 g/l  
oder prozentual . . . . . 94,5%

Dieses mit wissenschaftlicher Genauigkeit festgestellte Ergebnis<sup>2)</sup> stimmt mit den praktischen Resultaten gut überein und kennzeichnet den ausgezeichneten Wirkungsgrad des Dejektors. Die restlichen 5,5% der Schlammteilchen setzen sich aber keineswegs im Kessel fest. Der Schlamm vermengt sich vielmehr neuerdings mit dem Kesselwasser und wird nach seiner Ablagerung, bezw. Rückkehr in den vom Dejektor erfassten Teil des Kesselwassers erneut dem Dejektor zugeführt, sodass schliesslich sozusagen der gesamte Schlamm ausgeschieden wird. Dabei ist natürlich vorausgesetzt, dass sich ein abscheidbarer Schlamm bildet. Praktisch ist das für alle Arten des zur Kesselspeisung verwendeten Rohwassers der Fall, mit Ausnahme etwa solcher Wasserarten, die einen übermässig hohen Anteil von organischen Bestandteilen aufweisen. In solchen Fällen hilft man sich durch

<sup>1)</sup> A. Frederking: Versuche mit Umlaufwasserreiniger «Dejektor», «Die Wärme», Nr. 15 vom 11. April 1936.

<sup>2)</sup> M. Gerbel: Zur Theorie der Kesselentschlammung. «Sparwirtschaft», Heft 9, 10 und 11, 1934.



Erreger Anwurfmotor Metadyne

Abb. 1. Metadyne-Umformer der Londoner Untergrundbahn-Triebwagen

eine einfache Einrichtung zur Klärung und Filterung des verwendeten Rohwassers. Ueberall dort, wo man überhaupt auf chemischem Wege eine Enthärtung des Speisewassers erreichen kann, ist auch die Möglichkeit gegeben, die Reinigung mittels des Dejektors durchzuführen.

Damit kommen wir zum dritten Element der Dejektorwirkung, zum *chemischen Enthärtungsprozess* im Kessel. Grundsätzlich lassen sich durch das Dejektorverfahren die selben chemischen Reinigungsprozesse bewirken, wie durch beliebige andere Vorreinigungsmethoden, bei denen chemische Stoffe dem Speisewasser ausgesetzt werden<sup>3)</sup>. Dabei können verschiedene Chemikalien nacheinander Verwendung finden ohne irgend welche Aenderungen an der Anlage selbst. Eine derartige Anpassungsfähigkeit ist natürlich mit Vorreinigungsmethoden nicht zu erreichen.

Diese Eigenschaft wird ergänzt durch die einfache, aber sehr genaue *Regeleinrichtung* für die Zugabe des Chemikals. Geregelt wird die Menge, die dem zum Kessel zurückfliessenden, gereinigten Wasser zugesetzt wird. Ein einfaches Nadelventil ist zu diesem Zweck im Zulaufkanal von der Chemikalienhaube angeordnet. Da es bei der Dejektorwirkung nicht auf die Menge des zugesetzten Chemikals ankommt, sondern vielmehr auf den Zustand des Kesselwassers, ist auch eine sehr einfache und wirksame Ueberprüfung der Regelung möglich durch Feststellung der Alkalität des dem Dejektor zufließenden Wassers, das gleichbedeutend ist mit dem Kesselwasser selbst. Um eine sichere Enthärtung des Wassers zu gewährleisten, wird dauernd ein geringer Alkalienüberschuss im Kesselwasser eingehalten. Eine einfache Tropfenprobe wird zu diesem Zweck einmal täglich durchgeführt und das Regelventil evtl. entsprechend dem Ergebnis verstellt, bis die gewünschte Alkalität erreicht ist.

Das Dejektorverfahren hat gegenüber den Vorreinigeranlagen noch den weiteren Vorteil, dass es nach fehlerhafter Chemikalienzugabe eine wirksame Korrektur erlaubt. Selbst wenn im Kessel bereits Kesselstein entstanden ist, kann man durch zeitweise erhöhte Alkalität — am besten mittels eines Natriumphosphates — diesen nachträglich wieder auflösen. In zahlreichen Fällen wurden Dejektoren sogar an ganz oder teilweise ungereinigten Kessel angeschlossen, und sie haben in jedem Fall den alten Stein aus dem Kessel entfernen können; eine Eigenschaft, die die Verwendung des Dejektors besonders auch für vernachlässigte oder schwer zu reinigende Kessel sehr bedeutungsvoll macht.

Die *chemischen Vorgänge* selbst unterscheiden sich prinzipiell nicht von den bei den bekannten Vorreinigerverfahren allgemein angewandten Reaktionen. Fast in 90% aller Fälle ist das gewöhnlich billigste Chemikal, Soda, durchaus genügend. Soda scheidet aber nur die bleibende Härte aus und zwar durch Umwandlung in Glaubersalz  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , das in Lösung bleibt und in  $\text{CaCO}_3$ , das als Schlamm abgesondert wird. Die vorübergehenden Härtebildner, die Bikarbonate, dagegen zersetzen sich in bekannter Weise unter dem Einfluss der Temperatur, und zwar ebenfalls unter Ausscheidung von  $\text{CaCO}_3$  in Form von Schlamm. Schon daraus ergibt sich, dass der Verbrauch an Chemikalien beim Dejektorverfahren kleiner sein muss, als bei allen anderen, die auch zur Beseitigung der vorübergehenden Härte einen Zusatz von irgendwelchen Chemikalien — meist Kalk — benötigen. Aber auch die Ausscheidung der bleibenden Härte wird mit geringstem Verbrauch an Soda o. ä. durchgeführt, da der Alkalienüberschuss im Kessel — einmal eingestellt — nicht weiter erhöht zu werden braucht. Bei den Vorreinigeranlagen bedarf es hingegen schon im Speisewasser eines Ueberschusses an Chemikalien, der dann im Kessel selber eine stets ansteigende Kon-

<sup>3)</sup> H. Riemer: Betriebserfahrungen mit dem Wasserreiniger «Dejektor». «Die Industrie», Nr. 2 vom 7. Januar 1938.

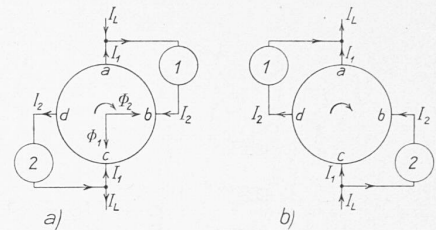


Abb. 2. Prinzip-Schema der Metadyne

zentration zur Folge hat. Darum ist hier nicht nur der direkte Chemikalienverbrauch grösser als beim Dejektorverfahren, sondern es bedingt dies auch ein häufiges Erneuern des Kesselwassers.

Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass bei Rohwasser mit natürlicher Alkalität auf den Zusatz von Chemikal überhaupt verzichtet und der Dejektor als reiner Entschlamer benützt werden kann. In Betrieben, die bereits mit Vorreinigeranlagen ausgerüstet sind, erfüllt der Dejektor vielfach die Aufgabe, das Enthärtungsergebnis zu verbessern. Man gibt z. B. durch die Vorreinigung Kalk und Soda zu und scheidet die Resthärte dann vollständig durch Zusatz von Trinatriumphosphat mittels des Dejektors aus. Derartige Korrektivverfahren<sup>4)</sup> wurden für ungünstige Wasserverhältnisse in verschiedenster Zusammensetzung ausgebildet.

Zusammenfassend kann man daher sagen, dass der Dejektor durch seine eigenartige Wirkungsweise nicht nur eine sehr einfache und sichere Wasserreinigung möglich macht, sondern gerade auch zur Lösung schwieriger Fragen auf diesem Gebiet hervorragend geeignet ist. Die günstigen Ergebnisse, die in über 4000 Kesselanlagen erzielt wurden, stimmen mit den neueren Erkenntnissen der Wasserreinigungs-Wissenschaft sehr gut überein, die die Beeinflussung des Kesselwassers selbst als entscheidenden Faktor festgestellt hat.

## Die neuen Metadyne-gesteuerten Gleichstrom-Triebwagen der Londoner Untergrundbahn

Die übliche Regelung von Gleichstromfahrzeugen durch Vorschalten von Widerständen, Serie-Parallelschaltung und Feldschwächung der Motoren hat gewisse Nachteile: mangelhafte Energieausnutzung, stossweises und langsames Anfahren. Es fehlt daher nicht an Versuchen, durch Vielstufenschalter wenigstens bei Strassenfahrzeugen mittlerer Leistung grössere Beschleunigungen zu erzielen. Neue Wege beschritt die Metropolitan-Vickers Co. mit dem Metadyne-Umformer von Prof. Pestarini. Wir entnehmen dem Novemberheft 1938 der «M. V. Gazette» folgende interessanten Angaben über eine Lieferung von 131 Triebwagenzügen an die Londoner Untergrundbahn, die mit solchen Maschinen ausgerüstet wurden.

Der Metadyne-Umformer, Abb. 1, ermöglicht grundsätzlich die Umwandlung konstanter Spannung in konstanten Strom und wird wie ein Survolteur-Dévolteur in den Stromkreis der Triebmotoren eingefügt. Trotz der umlaufenden Maschine wird der Wirkungsgrad bei grösseren Anlasshäufigkeiten höher sein als bei Widerstandschaltung, während die Fahrzeuge Beschleunigungen von  $2 \text{ m/s}^2$  und Bremsverzögerungen mit Stromrückgewinnung von  $3 \text{ m/s}^2$  erreichen.

Das Prinzip der Metadyne sei anhand der schematischen Skizzen Abb. 2 erläutert. In Abb. 2a deuten 1 und 2 zwei gleiche Gleichstrom-Motoren an, der grosse Kreis die Metadyne, d. h. einen gewöhnlichen, zweipolig gewickelten Gleichstrom-Anker mit Kollektor, der in einem ihn umschliessenden Eisenmantel rotiert. *a*, *c* und *b*, *d* sind zwei Paare diametraler Bürstenreihen. Zwischen *a* und *c* ist die Netzspannung angelegt. Der Ankerstrom  $I_2$  der beiden Motoren wird teilweise aus dem Netz, teilweise von der Metadyne gespeist:  $I_2 = I_L + I_1$ . Beim Durchgang durch die Ankerwicklung der Metadyne erzeugt  $I_2$  ein im Raume festes magnetisches Feld  $\Phi_2$ , dessen Axenrichtung in Abb. 2a eingezeichnet ist. Die EMK, die durch Schneiden dieses Feldes in den jeweils zwischen *c* und *a* geschalteten Stäben der Metadyne-Wicklung erzeugt wird, hat der Netzspannung, von Spannungsabfällen abgesehen, Gleichgewicht zu halten. Da diese EMK mit  $I_2$  vermöge des magnetischen Kreises der Metadyne umkehrbar eindeutig zusammenhängt, ist sonach der «Magnetisierungsstrom»  $I_2$  im Wesentlichen allein durch die Netzspannung, unabhängig von der Drehzahl der Triebmotoren 1 und 2, bestimmt:

<sup>4)</sup> R. Stumper: Speisewasser und Speisewasserpflege. Berlin 1931, Verlag von J. Springer, (S. 123 ff.).