Selbsttätige Entlüftung von Heberleitungen

Autor(en): **Wegenstein, M. / Kropf, A. / K.H.G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **117/118 (1941)**

Heft 6

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-83383

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

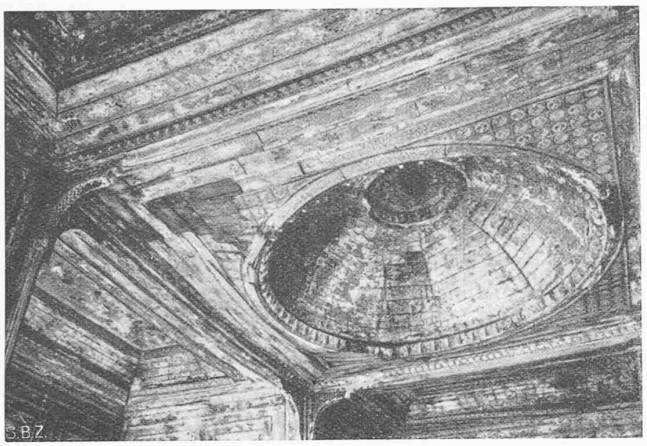


Abb. 15. Holzkuppel über dem Wasserbecken in Abb. 14

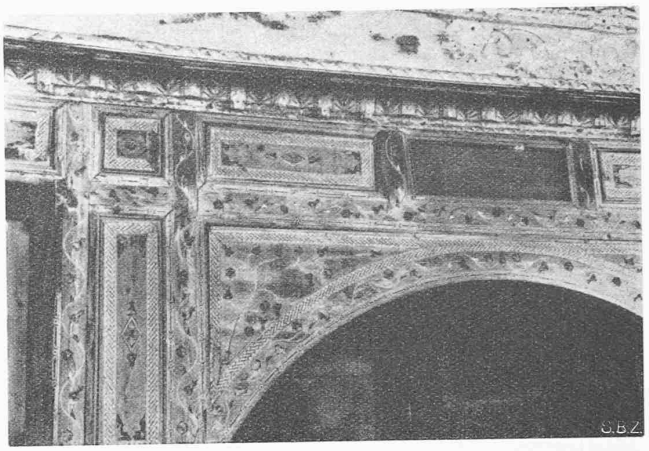


Abb. 16. Detail der bemalten Wand, vgl. Abb. 14, unten

14., 15. und 16. Jahrhunderts ist immer mehr der türkische Beamte geworden, der, in Furcht vor einem despotischen Herren, sich in ein möglichst unauffälliges Heim zurückzieht. Das sind nun die typisch kleinbürgerlichen Siedlungen und Stadtbilder, mit Mauern, verschlossenen kleinen Gärten und aufmerksamen Erkern, meist in billiger Ausführung, immer wie absichtlich etwas vernachlässigt, damit auf keinen Fall die Vermutung aufkäme, es wären in diesem Hause Geld und Besitz zu finden.

Um eine anschauliche Vorstellung des Gesamten zu vermitteln, seien noch einige Bilder aus dem Innern des türkischen Hauses angeschlossen.

Zunächst für Decken und Wände: Die Abb. 14 bis 16 stammen aus dem Pavillon Köprülüzades am Bosporus, es sind die Decke des Mittelraumes und die Wandbehandlung. Man kann sich nach diesen Bildern wohl noch eine Vorstellung vom Reichtum und der Sorgfalt dieser Ausschmückung machen, leider aber schwerlich einen Begriff von der edlen Harmonie ihrer Farbenwirkung. In Abb. 14 ist auch die darüberliegende Wand sichtbar, jener Teil über den Fenstern, der in späteren Beispielen die farbigen Gipsfenster enthält. Im vorliegenden Fall sind es Felderteilungen; wieder ist die Fläche geteilt, jeder Teil für sich gerahmt und jeder Rahmen mit Füllungen versehen. Als Füllungen sind Blumenvasen verwendet. Als letztes Bild dieses Pavillons zeigt Abb. 16 einen Teil der Ausgangstür in der Holzverkleidung der Rückwand; Rahmen, Fries und Gesimse geben das Gerüst. Innerhalb dieses Gerüstes entwickelt sich ein Rankenwerk von Tulpen, jenen Blumen, die der Epoche den Namen Laleperiode gegeben haben. Abb. 17 endlich zeigt ein Kamin in einem kleinbürgerlichen türkischen Haus.

Das Bett als dauernde Schlafstätte kannte der Türke früher nicht; es ist das Kennzeichen des Sesshaften, des Bauern, nicht aber des kriegerischen Nomaden. Der Türke kannte überhaupt nicht eine Einteilung in Schlafzimmer, Esszimmer, Wohnzimmer.

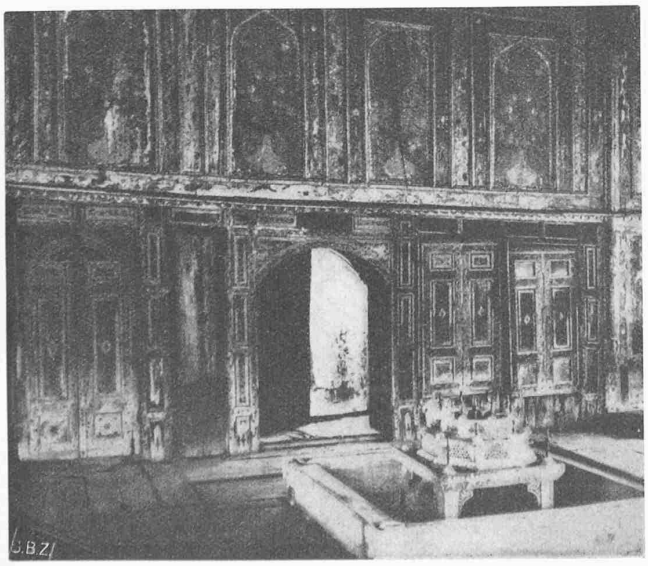


Abb. 14. Hauptraum mit Wasserbecken im Köschk Abb. 6

Für ihn bedeutete jedes Zimmer einen Wohnraum schlechthin. Er liess sich seine Ruhestätte bereiten oder sein Mahl bringen in welchem Raum immer es ihm beliebte. Essen, Sitzen, Schlafen oder sich der Betrachtung hingeben, waren niemals im Hause örtlich gebundene Verrichtungen. Und da ist nun das Eindringen des Bettes, dieser zur Ruhe an bestimmter Stelle verpflichtenden Maschine, sozusagen ein Einbruch einer fremden Welt, über dessen Tragweite sich wohl Wenige bisher Rechenschaft gegeben haben. Mit dem Bett ging die Existenzberechtigung des alttürkischen Zimmers verloren. Langsam aber sicher hat sich europäische Mentalität auch im Wohnen in die sesshaft gewordene türkische Seele eingeschlichen.

Die Konsequenz im positiven Sinne hat erst voll und ganz Kemal Atatürk gezogen. Er hat aus dem türkischen Leben die ohnehin lebensunfähig gewordenen Reste einer Vergangenheit, die, wenn die Nation bestehen wollte, für immer vergangen sein musste, von Grund aus entfernt; gleichzeitig aber hat er auch alle nationalen Kräfte neu geweckt, in der Ueberzeugung, dass diese neuen völkischen Kräfte auch wieder neue, gesunde und eigenartige Lebens- und Wohn-Formen hervorbringen würden.

Selbsttätige Entlüftung von Heberleitungen

Von Dipl. Ing. M. WEGENSTEIN, berat. Ingenieur, Zürich
und Dipl. Ing. A. KROPF, Ingenieur an der Beratungsstelle der E. T. H. für Abwasserreinigung und Trinkwasserversorgung

Allgemeines

Auf dem Gebiete der Wasserversorgung werden Heberleitungen mit Vorteil verwendet, wenn es sich darum handelt, Wasser aus verschiedenen Rohrbrunnen der selben Grundwasserfassung einem zentralen Heberschacht zuzuführen, aus dem es dann mittels Pumpen entnommen und entweder direkt in das Verbrauchsnetz oder in einen Hochbehälter gefördert wird.

Zufolge des Unterdruckes, in dem sich das Wasser in jeder Heberleitung befindet, wird ein Teil der im Wasser gelösten Gase ausgeschieden. Dazu kommt noch die Aussenluft, die durch Undichtigkeiten der Rohrverbindungen in die Heberleitung eingesogen wird und sich infolge des im Heber herrschenden geringen Druckes auf das zwei- bis vierfache Volumen ausdehnt. Alle diese Gase sammeln sich am Scheitel der Heberleitung an. Durch ein genau horizontales Verlegen der Heberleitung könnte erreicht werden, dass sie in Form von langen Blasen im Rohrscheitel vom strömenden Wasser mitgeschleppt, und zum Ende des horizontalen Heberastes geführt werden. Es ist jedoch zweckmässig, der Heberleitung in Richtung des fliessenden Wassers, je nach Gelände-Gestaltung, eine Steigung von 0,5 bis 5 ‰ zu geben, um jedes Gegengefälle und damit die Bildung von Luftsäcken zu vermeiden, die bei unsorgfältigem Verlegen der Rohre oder durch nachträgliche örtliche Setzungen der Leitung entstehen können.

Am Ende jeder Heberleitung muss nun die mitgeführte Luft entfernt werden, um ein Ansammeln derselben zu einem Luftkissen zu vermeiden, was sonst sehr bald ein Abreissen der Wasserführung im Heber zur Folge hätte. Die Entfernung der Luft geschieht am einfachsten mit einer Luftpumpe, die zwar ständig in Betrieb sein muss, solange der Heber Wasser fördert. Eine Vakuumpumpe verbraucht dabei motorische Kraft, eine Wasserstrahlpumpe kostbares Druckwasser, sodass sich im einen wie im andern Fall der Dauerbetrieb einer solchen Luftpumpe in den Betriebskosten der betr. Wasserversorgung bemerkbar

macht, ganz abgesehen davon, dass solche Luftpumpen wie andere Maschinen gelegentlichen Störungen unterworfen sind. Es ist daher in gewissen Fällen betriebstechnisch und wirtschaftlich richtiger, den Abfallschenkel am Ende der Heberleitung so auszubilden, dass eine *selbsttätige* Entlüftung der Heberleitung eintritt. Hierfür ist der Heberkopf, d. h. das Uebergangsstück vom horizontalen Heberast zum vertikalen Abfallschenkel so auszubilden, dass möglichst viel Luft vom abstürzenden Wasser mitgerissen wird. Ausserdem muss die abwärts gerichtete mittlere Fliessgeschwindigkeit in der Falleitung stets über der Steiggeschwindigkeit der Luftblasen im Wasser liegen. Eine solche Einrichtung kann zwar eine für die Inbetriebsetzung der Leitung stets erforderliche Vakuumpumpe nicht ersetzen, gestattet aber Ersparnisse im Betrieb.

In der Praxis des Heberleitungsbaues für die Wasserversorgung war es bisher üblich, diese Abfallgeschwindigkeit im vertikalen Abfallschenkel im Mittel zu 1 m/s zu wählen, wobei diese Geschwindigkeit je nach der Förderleistung des Hebers wohl etwas unterschritten werden durfte. Ein Vergrössern der Abfallgeschwindigkeit bei starker Beanspruchung führte aber zu unverhältnismässig grossen, lokalen Druckverlusten und gestaltete damit den Betrieb der betr. Wasserfassung unwirtschaftlich. Mit der ständig zunehmenden Automatisierung von Grundwasser-Pumpwerken ist die Anpassung einer Heberleitung an verschiedene Fördermengen in möglichst weitgehendem Masse wünschbar.

Um einen Heber für solch verschieden grosse Wasserführung nutzbar zu machen, kam schon der bekannte Wasserversorgungs-Fachmann Lindley auf den Gedanken, den Durchfluss-Querschnitt des Abfallschenkels im Verhältnis von 1:2 in zwei getrennte Abfallrohre aufzuteilen, die durch Einbau entsprechender Schieber einzeln oder gemeinsam betrieben werden konnten (siehe Abb. 1). Damit war die Möglichkeit gegeben, die Abfallgeschwindigkeit in der Nähe des Wertes von 1 m/s zu halten und dennoch die Förderleistung des Hebers in gewissen Grenzen zu variieren (33 %, 67 % und 100 %). Bei Grundwasser-Pumpwerken mit mehreren Pumpaggregaten und daher oft und stark wechselnden Fördermengen wurde aber der Betrieb durch das ständig notwendig werdende Oeffnen und Schliessen der Schieber in den beiden Abfallschenkeln kompliziert. Verschiedene Wasserversorgungs-Spezialfirmen des In- und Auslandes brachten daher in den letzten Jahren Neukonstruktionen von Heberköpfen auf den Markt, mit dem Zweck, die für die kritische Abreissgrenze des Hebers massgebende Wassergeschwindigkeit zu verkleinern und damit zu ermöglichen, eine gewisse Veränderlichkeit in der Wasserführung des Hebers zu erreichen, ohne dass bei Vollbetrieb ein allzu starker lokaler Druckverlust mit in Kauf genommen werden musste.

Da es sehr schwierig ist, ohne systematische Untersuchungen die Vor- und Nachteile der verschiedenen Formen von Heberköpfen zu ermitteln, sind von Dipl. Ing. M. Wegenstein Schritte unternommen worden, um dieses Problem durch die Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H. wissenschaftlich untersuchen zu lassen. Weil dieses Problem mehr in das Gebiet der Trinkwasserversorgung übergreift, wurde diese Untersuchung den Organen der der Versuchsanstalt angegliederten Beratungsstelle für Abwasserreinigung und Trinkwasserversorgung übertragen; die Finanzierung der Versuche verdanken wir der Eidgen. Volkswirtschaft-Stiftung. Das allgemeine Versuchs-Programm wurde mit dem Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H., Prof. Dr. Meyer-Peter besprochen. Die Versuche selbst standen anfänglich unter der Leitung von Ing. Dr. H. Favre und nach dessen Wahl zum Professor für Mechanik an der E. T. H. unter derjenigen von Dipl. Ing. A. Kropf.

Problemstellung und Untersuchungs-Programm

Bei Uebertragung der Durchführung der Versuche wurde auf das Studium folgender, für die Praxis wesentlicher Punkte besonderer Wert gelegt:

1. Bestimmung des lokalen Druckverlustes im sog. Heberkopf für verschiedene Ausbildungen und für verschiedene Wassergeschwindigkeiten im Heber.

2. Bestimmung der kritischen Durchflussgeschwindigkeit, bei der der Heber noch anstandslos arbeitet, d. h. bei der die Gase vom Heberkopf gerade noch «geschluckt» werden, ohne dass Gefahr für ein Abreissen der Wasserführung besteht.

Zur Vornahme dieser Versuche wurde im Nordflügel der Versuchsanstalt für Wasserbau eine Heberleitung aus Eisenröhren erstellt, mit einem Saugschenkel von 7,50 m Höhe und 250 mm ∅, einer horizontalen Länge von 14,0 m und 250 mm ∅ und einem Abfallrohr von 8,40 m Höhe und 125 mm ∅. In seinen Abmessungen entsprach somit der Versuchsheber (abgesehen von seiner Länge) der natürlichen Grösse einer Heberleitung, wie sie für solche Anlagen mittlerer Grössenordnung in der Praxis in Frage kommen. Der aufsteigende Saugschenkel und der horizontale Teil des Hebers waren aus Blechröhren zusammengesetzt. Für die verschiedenen Heberköpfe und den Abfallschenkel kamen Gussrohre zur Anwendung, die von der Firma von Roll in Choindez in verdankenswerter Weise unentgeltlich zur Verfügung gestellt worden waren.

Die Gesamtanordnung der Versuchseinrichtung ist aus den Abb. 2 und 3 ersichtlich, in der auch die vier verschiedenen untersuchten Heberkopftypen A bis D dargestellt sind. Bei den zwei Typen A und B wurden Schaugläser in den Rohrmänteln eingekittet, um die hydraulischen Vorgänge von aussen sichtbar zu machen, bei Typ C und D war dies wegen der komplizierten Form der Wandung nicht möglich. Zur Veränderung der Wassermenge war im aufsteigenden Schenkel ein Schieber ein-

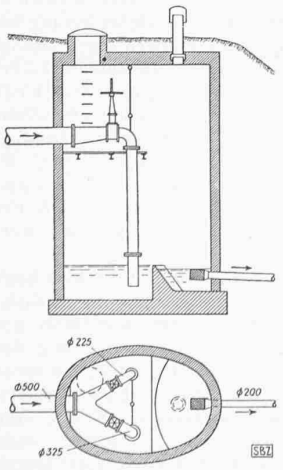


Abb. 1. Uebliche Form, 1:200

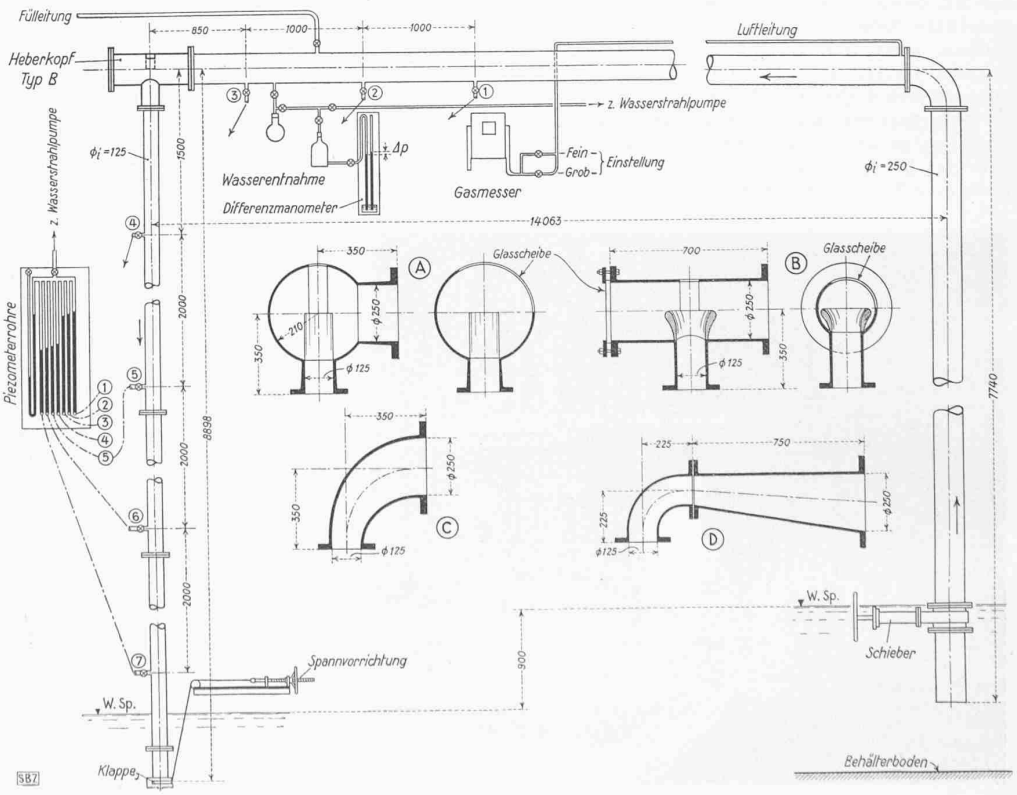


Abb. 2. Versuchsanordnung 1:60 und Heberköpfe A, B, C und D 1:30

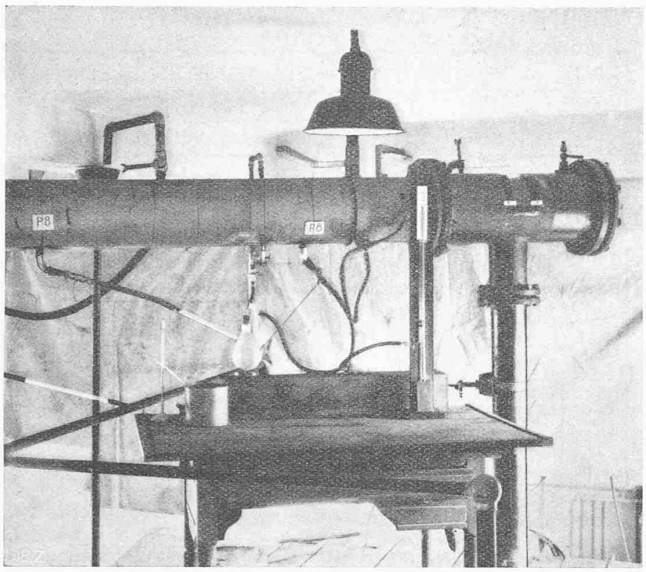


Abb. 3. Versuchsanordnung mit eingebautem Heberkopf B und Probeentnahme-Vorrichtung. P8 = Druckentnahme-Leitungen

gebaut. Die Klappe am Auslauf der Falleitung diente lediglich zur Inbetriebnahme des Hebers und war während des Betriebes stets ganz offen. Zum Schlusse sei noch die Luftleitung erwähnt, die gestattete, Aussenluft in genau gemessenen Mengen einzulassen, um die max. Luftschluckfähigkeit der Heberköpfe ermitteln zu können.

Der Reihe nach sind nun folgende Formen und Konstruktionen des Heberkopfes untersucht worden:

Typ A besteht aus einer Kugelhaube von 400 mm ⌀ und zwei Anschluss-Stutzen von 250 und 125 mm ⌀; ihre Länge hat man so gewählt, dass das Formstück in die üblichen Normalien eines Gussbogens hineinpasst.

Sowohl bei Typ A wie bei Typ B sind sogenannte Düsen eingebaut worden, d. h. kreisrunde Blechzylinder, als Verlängerung des vertikalen Abfallschenkels. Die richtige Höhe dieser Düsen ist für den Betrieb wichtig und die Versuche sollten unter anderem die günstigste Höhe dieser Zylinder abklären. Es sind insgesamt Düsen von drei verschiedenen Höhen untersucht worden. Die erste reichte bis zur Rohraxe des horizontalen Heberastes (Typ A + 0), die zweite 7 cm darüber (Typ A + 7) und die dritte 7 cm darunter (Typ A — 7). Längere oder kürzere Düsen fielen gleich zu Beginn der Untersuchung wegen des sichtbar schlechtern Wirkungsgrades ausser Betracht.

Typ B ist ein genormtes T-Stück, wie aus Abb. 2 und 3 hervorgeht. Bei Typ B kam nur eine Düse (Typ B + 0) bis zur Rohraxe reichend zur Untersuchung. Sie wurde dann durch eine sog. Krone ersetzt (Abb. 4), die als die von der Versuchsanstalt vorgeschlagene Lösung anzusehen ist; diese Krone kann auch für Typ A in Frage kommen.

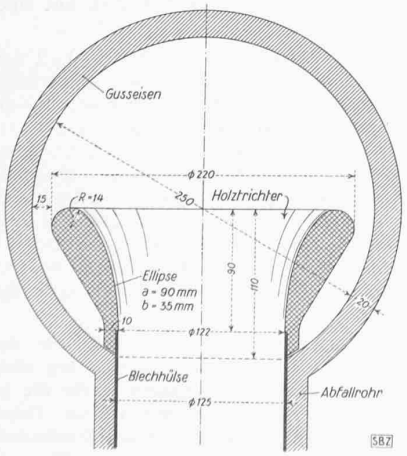


Abb. 4. Heberkopf Typ B mit Krone

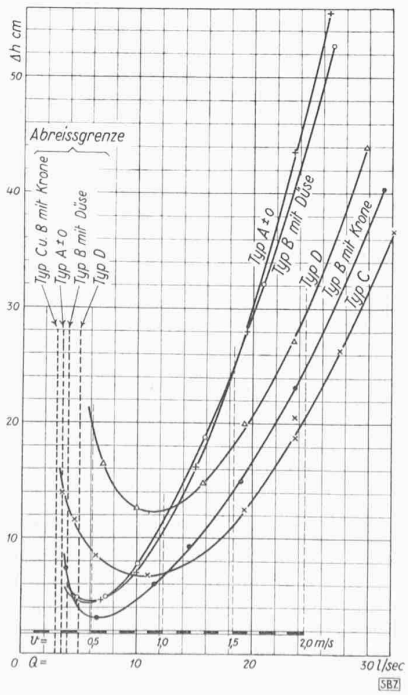


Abb. 5. Diagramm der Druckabfälle

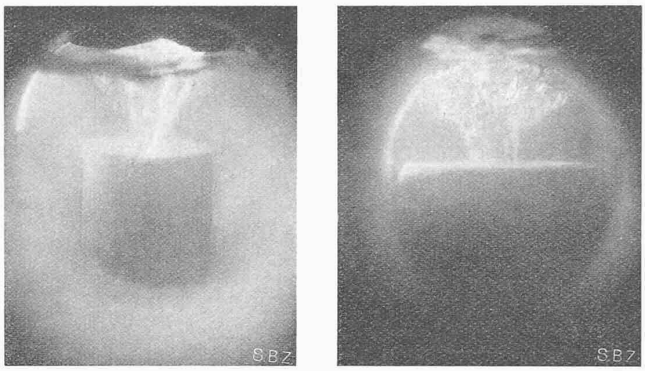


Abb. 6. Heberkopf Typ B, links mit gewöhnlicher Düse, rechts mit Krone, bei Q = 30,6 l/s und L_z = 18,3 l/min

Typ C ist eine gewöhnliche Bogenreduktion gemäss von Roll-Normalien, wobei der Innendurchmesser im Verlaufe des 90°-Bogens gleichmässig von 250 mm auf 125 mm herabgesetzt wird, sodass die mittlere Geschwindigkeit des Wassers auf diesem kurzen Weg auf den vierfachen Betrag beschleunigt wird.

Typ D ist ein gerades Reduktionsstück mit anschliessendem, normalen Bogen des kleineren Durchmessers, sodass das Wasser bereits im horizontalen Teil der Heberleitung auf die Geschwindigkeit des Abfallschenkels beschleunigt wird. Er entspricht dem von Lindley schon seit vielen Jahren verwendeten Heberkopf-Typ, wie er auch in Abb. 1 dargestellt ist.

Druckabfall und Abreissgrenze

Zur direkten Messung des im Heberkopf selbst entstehenden Druckabfalles sind im horizontalen Heberast drei und im vertikalen Abfallschenkel vier Zapfstellen angeordnet worden. Diese ermöglichten es, die Lage der Drucklinie im horizontalen und im vertikalen Abfallschenkel mittels eines Quecksilbermanometers abzulesen. Zur Ermittlung der Lage und Form der Luftblasen im horizontalen Teil der Heberleitung dienten zwei sog. Dampfkesselmanometer, d. h. aussen an der Leitung angebrachte, mit dem Scheitel und mit dem Boden verbundene Standrohre.

Für sämtliche untersuchten Heberköpfe ist nun der jeweilige lokale Druckabfall in Funktion der Wassermenge ermittelt worden. Leider war es in der Regel nicht möglich, aus dem Druckabfall das Energieliniengefälle zu ermitteln; dies rührt von der ungleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung im Abfallschenkel her. Die erhaltenen Kurven sind in einem Diagramm (Abb. 5) zusammengestellt. Alle Kurven weisen einen ähnlichen, hyperbelartigen Charakter auf. Im Bereiche der grossen Geschwindigkeiten nimmt der Druckabfall mit abnehmender Wassermenge rasch ab bis zu einem mehr oder weniger scharf ausgeprägten Minimum, von wo an er mit kleiner werdender Geschwindigkeit wieder rasch zunimmt, um sich allmählig der Abreissgrenze zu nähern. Die Abreissgrenze ist kein physikalisch absolut sicher zu erfassender Zustand, denn je nach Umständen kann das Abreissen eines Hebers mehrere Stunden beanspruchen. Dies hängt mit der Schwierigkeit zusammen, die Wasser- bzw. Luftmenge zu dosieren. Die ermittelten Abreissgrenzen sind daher trotz der bei ihrer Bestimmung angewandten Sorgfalt mit Fehlern behaftet. Für praktische Ausführungen wird deshalb der Begriff der «technischen Abreissgrenze» eingeführt, der implizit einen gewissen Sicherheitsspielraum in sich schliesst.

Der Uebersicht halber sollen die wichtigsten Daten der einzelnen Kurven von Abb. 5 in nachfolgender Tabelle 1 zusammengestellt werden, wobei bedeuten:

Q_K die durch Extrapolation ermittelte Abreissgrenze,

Q_{Kt} die technische Abreissgrenze,

Q_0 die Wassermenge, bei der der minimale Druckabfall auftritt,

Q_{max} die maximale Wassermenge mit dem zugehörigen Druckabfall Δh_{max},

Δh_n den Druckabfall bei einer Wassermenge $Q = 24$ l/s,

TABELLE 1

Tabellar. Zusammenstell^g der hydraul. Resultate (für 7,0 m Unterdruck)

Typ	Form	Abreissgrenze Q_k Versuch	Abreissgrenze Q_k Techn	Minimum Q_0	Minimum Δh_0	Maximum Q_{max}	Maximum Δh_{max}	Δh_n	v_{max}	v_k	k	v_{min}
		l/sec	l/sec	l/sec	cm	l/sec	cm	cm	m/sec	m/sec	%	m/sec
C		3,0	5,0	11,0	6,8	32,2	36,7	19,7	2,63	0,25	9,5	0,40
A - 7		6,0	8,0	8,7	9,0	25,5	53,0	47	2,08	0,49	23,5	0,65
A ± 0		3,5	5,5	4,4	5,8	26,6	55,6	45	2,17	0,29	13,5	0,45
A + 7		3,3	5,5	4,8	6,2	27,2	54,8	43	2,22	0,27	12,0	0,45
D		5,0	7,0	12,3	11,5	29,8	44,0	28,4	2,43	-	-	0,60
B ohne Düse		5,0	7,0	9,5	5,4	29,8	44,8	28,2	2,43	0,41	17,0	0,60
B mit Düse		4,0	6,0	6,0	4,6	26,8	52,8	42	2,19	0,33	15,0	0,50
B mit Krone		3,0	5,0	6,65	3,0	31,3	40,4	23,8	2,55	0,25	10	0,40

TABELLE 2

Tabellar. Zus.stellung der Vers. mit künstl. Luftzufuhr. (für 7,0 m Unterdruck)

Typ	Form	$L_{z\,max}$ Q_k	$L_{z\,max}$ p ≅ 720 mm	$L_{z\,max}$ p ≅ 200 mm	$L_{t\,max}$	$L_z = 0$ Q_{max}	$L_{t\,min} = L_W$ p ≅ 200 mm	$L_z = 10$ l/min bei 720 mm Hg Q_{10}	$L_{t\,10}$ p ≅ 200 mm
		l/sec	l/min	l/min	l/min	l/sec	l/min	l/sec	l/min
C		20	20,6	73	146	32,2	117	29	140
A - 7		16	12,6	45	122	25,5	91	20,6	122
A ± 0		20	19,0	67	140	26,6	93	24,8	127
A + 7		18	20,0	72	144	27,2	95	24,5	132
D		20	16,6	58	138	29,8	113	25,7	127
B ohne Düse		18,5	18,6	66	147	29,8	117	25,8	126
B mit Düse		19,5	19,0	68	150	26,8	113	24,4	126
B mit Krone		20	25,0	88	184	31,3	129	28,6	143

v_{max} die maximale mittlere Fliessgeschwindigkeit im Abfallschenkel der Heberleitung,

v_k die Grenzgeschwindigkeit im Abfallschenkel, bei der das Abreissen vor sich geht (entsprechend Q_K),

k das Verhältnis $\frac{v_k}{v_{max}}$ in %,

v_{min} die minimale zulässige Fliessgeschwindigkeit im Abfallschenkel entsprechend der technischen Abreissgrenze.

Die Betrachtung dieser Tabelle und des Diagrammes Abb. 5 ergibt folgendes:

In bezug auf Abreissgrenze sind Typ B mit Krone und C allen andern überlegen. Die Abreisswassermenge beträgt für beide Formstücke 3 l/s und die entsprechende Geschwindigkeit im Abfallrohr 25 cm/s. Prof. R. Dubs gibt in seiner Veröffentlichung «Ueber die Bewegung von Luftblasen in ruhendem und fliessendem Wasser» («SBZ» Bd. 97, S. 186) die Aufsteiggeschwindigkeit von Luftblasen von 4 mm ∅ zu 22 cm/s an; dieses Ergebnis deckt sich gut mit dem von uns ermittelten und sagt aus, dass die Abreissgrenze praktisch nicht noch mehr herabgesetzt werden kann. Das Abreissen tritt nämlich dann ein, wenn die Wassergeschwindigkeit im Abfallschenkel gleich oder kleiner wird als die Steiggeschwindigkeit der Gasblasen.

Aber auch hinsichtlich Druckverlust ergeben die zwei genannten Typen die günstigsten Resultate. Der Druckabfall fällt für Typ B mit Krone bei den grossen Wassermengen etwas grösser aus als bei Typ C, der dagegen einen viel unruhigeren Abfluss mit starken Vibrationen der ganzen Leitung aufweist.

Die Geschwindigkeitsverteilung im Abfallschenkel ist bei Typ B mit Krone gleichmässiger als bei allen andern Formstücken, sodass aus den gemessenen Druckverlusten die entsprechenden Energieverluste ΔZ_e einwandfrei ermittelt werden konnten.

Wenn wir mit v_u die mittlere Fliessgeschwindigkeit im Abfallrohr bezeichnen, so ist der Energiehöhenverlust:

$$\Delta Z_e = \xi \frac{v_u^2}{2g}$$

wobei für ξ im Bereich $\frac{2}{3}\,Q_{max}$ bis Q_{max} der konstante Wert 0,29 ermittelt wurde.

Die Abreisswassermenge kann, absolut dichte Leitung vorausgesetzt, mit genügender Genauigkeit zu 15 % der maximalen Wassermenge angenommen werden.

Versuche mit künstlicher Luftzufuhr

Dem Heberkopf fällt, wie bereits erwähnt, die sehr wichtige Aufgabe zu, die sich im Scheitel der Heberleitung ansammelnden Gase vom fliessenden Wasser mitreissen, in Gebiete höheren Druckes überführen und dort absorbieren zu lassen. Die Luftschluckfähigkeit eines Heberkopfes ist daher ein wesentliches Kriterium für seine Beurteilung.

Die in einer Heberleitung sich ansammelnden Gase stammen aus zwei verschiedenen Quellen. Der Hauptanteil dürfte in der Regel Aussenluft sein, die bei dem grossen Unterdruck durch die kleinsten Undichtheiten der Rohrdichtungen in die Leitung eingesogen wird. Diese Luft kann vom Wasser nicht absorbiert werden, weil dieses an sich bei dem vorhandenen Unterdruck bereits mit Gasen (Luft) gesättigt ist. Die zweite Ursache für das Vorhandensein eines Gaskissens in einer Heberleitung liegt in der Natur des Wassers selbst, das stets beträchtliche Mengen verschiedener Gase gelöst enthält. Durch die im Heber eintretende Druckabnahme werden diese Gase entsprechend dem neuen Sättigungszustand ausgetrieben. Bei grosser Turbulenz geht diese Gasausscheidung sehr rasch vor sich.

Nun einige Worte über *die Natur dieser Gase*. Grundwasser weist sehr verschiedene Eigenschaften auf, je nach seiner Herkunft. Wasser aus grosser Tiefe wird in der Regel gar keinen oder nur wenig Sauerstoff enthalten, dafür sehr oft Kohlensäure (aggressives Wasser), Schwefelwasserstoff, der manchmal als Endprodukt von Fäulnisvorgängen organischer Stoffe aufgefasst werden muss, sowie andere Gase wie Stickstoff, Ammoniak usw. Es wäre wohl verfehlt, Gase wie Schwefelwasserstoff oder Ammoniak, die im Wasser unerwünscht sind, nach ihrer teilweisen Ausscheidung wieder in Lösung überzuführen. Hier haben wir also einen Fall, wo die Anwendung eines Heberkopfes nicht richtig wäre und durch eine Luftpumpe ersetzt werden müsste. In einem Grundwasser, das aus geringer Tiefe stammt und aus dem Oberflächenwasser gespeist wird, werden wir eher Sauerstoff in mehr oder weniger grossen Mengen vorfinden. Ganz allgemein kann gesagt werden, dass der Sauerstoffgehalt mit zunehmender Aufenthaltsdauer des Wassers im Boden abnimmt.

Beim selbsttätigen Heberkopf werden die ausgeschiedenen Gasmengen vom stürzenden Wasserstrahl in die Abfalleitung mitgerissen und gehen dort bei dem zunehmenden Druck wieder ganz in Lösung über. Am Auslauf der Leitung sieht man lediglich jene Luft herausperlen, die von aussen durch die undichten Rohrverbindungen eingedrungen ist. Zur Bestimmung der gesamten mitgerissenen Luftmenge, also der Schluckfähigkeit des Heberkopfes, müssen notgedrungen beide Komponenten berücksichtigt werden. Die Messung der Aussenluft geschah, wie schon angedeutet, mittels eines gewöhnlichen Gasmessers. Für die Bestimmung der ausgeschiedenen Luft indessen haben wir eine *neue Methode* ausgearbeitet, die sich seither auch für andere ähnliche Untersuchungen an Wasserturbinen bewährt hat und die kurz geschildert werden soll.

Im Prinzip handelt es sich darum, den Sauerstoffgehalt des Wassers im Einlaufbehälter und unmittelbar vor dem Heberkopf zu ermitteln und aus der Differenz der erhaltenen Werte die in der Zwischenzeit ausgeschiedene Sauerstoffmenge bzw. Luftmenge auszurechnen. Es ist dabei lediglich zu berücksichtigen, dass das Lösungsvermögen von Wasser für Sauerstoff und Stickstoff verschieden ist und dass diese zwei Luftkomponenten nicht mehr im Verhältnis 1 : 4, sondern im folgenden ungefähren Prozentsatz: 33 % O_2 und 67 % N_2 im Wasser enthalten sind; die Schwankungen dieses Verhältnisses mit der Temperatur können bei genaueren Untersuchungen entsprechend berücksichtigt werden.

Zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes haben wir die Winkler'sche Methode angewendet. Die Schwierigkeit lag aber in der einwandfreien Probeentnahme des Wassers, wofür die in Abb. 7 dargestellte Versuchseinrichtung benützt wurde. Diese Entnahmeapparatur besteht in erster Linie aus einem Glaskolben mit Gummipfropfen und Dreiweghahn. Mittels einer Wasser-

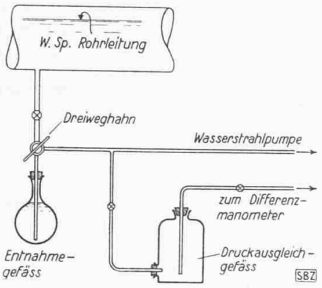


Abb. 7

strahlpumpe wird im Kolben ein Vakuum von 12 ÷ 15 mm Hg erzeugt, das mittels eines Differenzmanometers gemessen wird. Die nötigen Chemikalien, Kalilauge und Manganochlorid werden, in Tablettenform nebst etwas Kaliumjodidkristallen vor dem Aussaugen in das Entnahmegefäss gegeben. Sobald der Unterdruck den gewünschten Wert erreicht hat, stellt man durch Drehung des Dreiweghahnens die Verbindung mit der Heberleitung her; das Wasser strömt nun bis zum Druckausgleich herein. Der Sauerstoff der im Kolben zurückgebliebenen Luft wird selbstverständlich auch miteinbezogen und muss vom Schlussergebnis entsprechend in Abzug gebracht werden.

Diese an sich einfache Methode ergibt bei sorgfältiger Handhabung und Ausschaltung aller Fehlerquellen recht genaue Resultate; es ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Vorgang der Gasausscheidung in einer Heberleitung an sich erheblichen Schwankungen ausgesetzt ist, die ein öfteres Wiederholen der Messung notwendig machen.

Bei den Versuchen mit künstlicher Luftzufuhr wurde anfänglich die maximale Wassermenge eingestellt und allmählich so viel Aussenluft der Leitung zugeführt, bis der Heber abriss. Mit zunehmender Aussenluftmenge geht die Wassermenge stark zurück, desgl. die aus dem Wasser ausgeschiedene Luftmenge. Die gesamte Luftmenge hingegen nimmt stetig zu bis zu dem Augenblick, da die Wassersäule abreisst. Als Kriterium für die Güte eines Heberkopfes können wir nebst geringem Gefällsverlust die *maximale totale Luftmenge* $L_{t\,max}$ als Schluckfähigkeitsmass angeben.

Das Ergebnis dieser Versuchserie geben wir in tabellarischer Zusammenstellung (Tabelle 2) wieder (Unterdruck 7,0 m). Wir führen darin folgende Werte auf:

a) für zugeführte Luftmenge $L_z = \max$ (Abreissgrenze!)

Q_k die entsprechende Abreiss-Wassermenge in l/s,

$L_{z\,max}$ die maximal zugeführte Luftmenge, gemessen bei 720 und 200 mm Hg.

$L_{t\,max}$ die maximal totale Luftmenge in l/min ($p \simeq 200$ mm Hg),

b) für zugeführte Luftmenge $L_z = 0$,

Q_{max} die entsprechende maximale Wassermenge in l/s,

$L_{t\,min}$ die minimal totale Luftmenge in l/min ($p \simeq 200$ mm Hg) = der maximal ausgeschiedenen Luftmenge.

c) für zugeführte Luftmenge $L_z = 10$ l/min, die selben Werte Q_{10} und $L_{t\,10}$ (wie unter b).

Die Schlussfolgerung aus diesen Versuchen mit künstlicher Luftzufuhr deckt sich mit jener der rein hydraulischen Versuche gut. Das Modell B mit Krone hat sich auch hier am besten bewährt; die maximale Luftschluckfähigkeit ist gegenüber der einfachen Reduktion, Typ C, um 26 % gestiegen, obwohl Q_K gleich ausfällt. Sämtliche andern Formstücke bleiben zurück und können für praktische Fälle kaum mehr in Frage kommen.

Diese Versuche wurden noch für einen kleineren Unterdruck von 4,5 m W. S. wiederholt, wobei sich die Ergebnisse im allgemeinen bestätigten.

Schlussfolgerungen

Die anlässlich der Versuche neu gewonnenen Erkenntnisse können wie folgt kurz zusammengefasst werden:

1. Die bisher in der Praxis üblichen Ausbildungen der Heberabfallköpfe nach Typen A und B bilden gegenüber dem Lindley'schen Typ D wohl einen gewissen Fortschritt. Bei Abfallgeschwindigkeiten von über 1 m/s wird aber gerade bei den Typen A und B der lokale Druckabfall gegenüber Typ D wesentlich grösser, denn an der scharfen oberen Kante des Blechzylinders lösen sich Wirbel ab, die eine starke Kontraktion des Wasserstrahles und damit mit zunehmender Geschwindigkeit eine rapide Zunahme des lokalen Druckabfalles zur Folge haben (Abb. 6).

2. Wesentlich bessere Ergebnisse, sowohl mit Bezug auf die Abreissgrenze als auch bezüglich des Druckabfalles, zeitigte — wider alles Erwarten — der Typ C, d. h. die einfache Bogenreduktion.

3. Am günstigsten gestalten sich allerdings die Verhältnisse beim *Typ B mit aufgesetzter Krone*, wie er im Verlauf der Versuche entwickelt worden ist (siehe Abb. 4 und 6). (Voraussichtlich würde das Aufsetzen einer solchen Krone auch beim Kugelstück nach Typ A zu ähnlich günstigen Ergebnissen führen.) Die Seitenkontraktion beim Eintritt des Wassers in das Abfallrohr wird dabei auf ein Minimum herabgesetzt, sodass die erzielten Ergebnisse hinsichtlich Druckabfall sich denen von Typ C stark annähern, im Bereich der kleineren Geschwindigkeiten sogar günstiger sind. Was die Abreissgrenze anbelangt, sind die Typen C und B mit Krone gleichwertig. Typ B mit Krone hat aber vor Typ C noch den Vorteil, dass die beim Typ C auftretenden sehr heftigen Wasserschläge ganz bedeutend vermindert werden, der Abfluss infolgedessen erheblich ruhiger vor sich geht.

4. Beim Heberkopf mit Krone lassen sich die Energieverluste für $^2/_3$ bis $^3/_3$ Vollast einwandfrei ermitteln:

$$\Delta Z_e = 0{,}29 \frac{v_u^2}{2g}$$

5. Die Luftschluckfähigkeit der vorgeschlagenen Lösung ist um 26 und mehr % grösser als die der bisher üblichen Heberköpfe.

6. *Allgemeine Schlussbemerkung.* Die an Hand dieser Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse lassen sich ohne weiteres auf praktische Verhältnisse übertragen, da die angewendete Versuchseinrichtung Abmessungen aufwies, die in der Praxis üblich sind. Es handelt sich also dabei nicht um «Modell»-Versuche, sondern um Untersuchungen im Masstab 1 : 1.

Eine Stroboskopscheibe zur Schlupfmessung

In der umstehend, aus «ETZ», 1940, H. 29, S. 673 reproduzierten Stroboskopscheibe, die während den Belastungsschwankungen eines Asynchronmotors die Aenderungen seines Schlupfs in dem ganzen praktisch zu erwartenden Variationsbereich bequem zu verfolgen und zu messen gestattet, hat *G. v. Boleman* elf von *Wagner* zu diesem Zweck ersonnene Scheiben sozusagen zu einer einzigen vereinigt.

Zu ihrem Verständnis stelle man sich zunächst ein gerades, weisses, in gleichmässigen Abständen mit schwarzen Querstrichen versehenes Band vor. Den Strichabstand wähle man zur Längeneinheit λ. Ueber Rollen laufend, verschiebe sich das Band gleichförmig in der «positiven» Richtung, sagen wir von links nach rechts, in sich selbst und werde dabei in kurzen, regelmässigen Zeitintervallen blitzartig beleuchtet. Das Intervall zwischen zwei Blitzen wählen wir zur Zeiteinheit τ. Die Bandgeschwindigkeit V $[\lambda \tau^{-1}]$ weiche von 1 nur wenig ab:

$$V = 1 + \varrho \quad , \quad 0 \leq |\varrho| \ll 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Mit s_1, s_2 ... seien die Abstände von einer festen Marke der in der positiven Richtung aufeinanderfolgenden Striche bei einem ersten Aufleuchten des Blitzlichts bezeichnet, mit s_1', s_2' ...; s_1'', s_2'' ... usw. die bezüglichen Lagekoordinaten in den darauffolgenden erhellten Augenblicken.

a) Für $\varrho = 0$ ist $s_k = s_{k-1}' = s_{k-2}''$ ...; jeder Strich fällt beim nächsten Aufleuchten in den folgenden Strich; das Auge gewahrt ein scheinbar stillstehendes Band.

b) Anders, wenn $\varrho > 0$. Dann ist

$$s_{k-1}' = s_k + \varrho \quad , \quad s_{k-2}'' = s_k + 2\varrho \ldots \quad ,$$

also $s_k < s_{k-1}' < s_{k-2}'' < \ldots$

c) Ist schliesslich $\varrho < 0$, also

$$s_k' = s_{k+1} - |\varrho| \quad , \quad s_{k-1}'' = s_{k+1} - 2|\varrho| \ldots \quad ,$$

so wird

$$s_{k+1} > s_k' > s_{k-1}'' > \ldots$$

Im Fall b) folgen einander von links nach rechts in Abständen ϱ die Striche mit den Koordinaten s_k, s_{k-1}', s_{k-2}'', im Fall c) von rechts nach links in Abständen $-\varrho$ die Striche mit den Koordinaten s_{k+1}, s_k', s_{k-1}'' ... Ist $|\varrho|$ so klein, dass das Auge einen Sprung von dieser Länge nicht mehr als solchen empfindet, so entsteht der Sinneseindruck einer Wanderung des erblickten Strichgitters nach rechts, bzw. links, mit der scheinbaren Geschwindigkeit

$$v = \varrho \, [\lambda \tau^{-1}] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Wegen (1) wird diese scheinbare Bewegung, langsam im Vergleich zu der wirklichen ($|v| \ll V$), bei geeigneter Wahl von V leicht zu verfolgen sein; man kann die Striche zählen, die in der Zeit t $[\tau]$ an einer festen Marke vorbeizugleiten scheinen; ihre Anzahl n beträgt

$$n = |\varrho| \, t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Gemäss (1) bestehen in den unterschiedenen Fällen a), b), c) beziehungsweise die Gleichungen

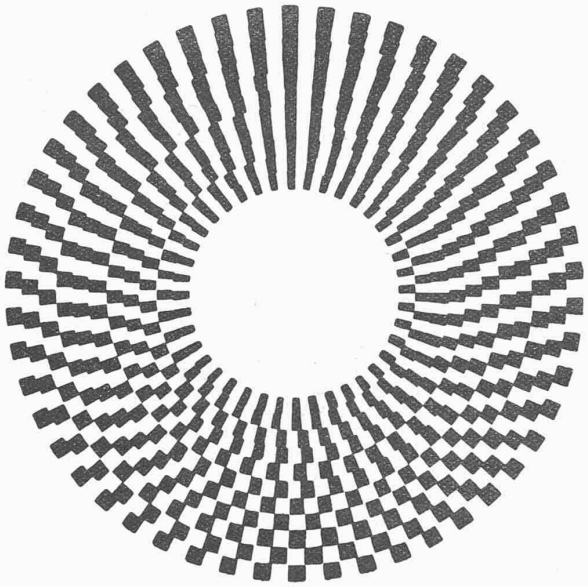
$$\text{a)}\ V = 1 \quad , \quad \text{b)}\ V = 1 + \frac{n}{t} \quad , \quad \text{c)}\ V = 1 - \frac{n}{t} \quad . \quad (4)$$

Die Abzählung gibt mithin, zusammen mit dem Richtungssinn der scheinbaren Wanderung, genauen Aufschluss über die Abweichung $1 - V$.

Nun denke man sich das Band anstatt gerade, zu einem Ring geschlossen und auf eine in ihrer Ebene rotierende Scheibe, konzentrisch zur Drehaxe, geklebt. Ueber den Ringumfang sind jetzt äquidistante radiale Striche verteilt; der Winkel zwischen zwei benachbarten Strichen sei zur Winkeleinheit λ gewählt, die Zeitspanne zwischen zwei sukzessiven Beleuchtungen der umlaufenden Scheibe nach wie vor zur Zeiteinheit τ. Hinsichtlich der Winkelgeschwindigkeit V gelte (1) immer noch, d. h. in der dunkeln Zeitspanne zwischen zwei Lichtblitzen rücke die Scheibe um etwa eine Strichteilung vor. $s_1, s_2 \ldots$; $s_1', s_2' \ldots$; $s_1'', s_2'' \ldots$ bedeuten jetzt, nach Wahl eines positiven Drehsinns, Winkel, von einem festen Halbstrahl aus gemessen. Die obigen Ueberlegungen, Ergebnisse und Formeln bleiben, in sinngemäss übertragener Bedeutung der Zeichen, alle gültig.

Zu den üblichen Masseinheiten übergehend, bezeichnen wir jetzt mit ω' die in Winkelmass und Sekunde ausgedrückte Winkelgeschwindigkeit, mit ν die scheinbare Anzahl der einen festen Halbstrahl in der Sekunde im positiven oder negativen Drehsinn passierenden Striche. Kommen f Blitze auf die Sekunde, und z Striche auf den Ringumfang, so ist

$$\omega' = V \frac{2\pi f}{z} \quad \text{und} \quad \nu = \frac{n}{t} f$$



Stroboskopscheibe von Boleman, nach Wagner

Aus der Gl. (4) wird

$$\text{a)}\ \frac{z}{2\pi f}\omega' = 1, \quad \text{b)}\ \frac{z}{2\pi f}\omega' = 1 + \frac{\nu}{f},$$

$$\text{c)}\ \frac{z}{2\pi f}\omega' = 1 - \frac{\nu}{f} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

Wird die Scheibe über ein Vorgelege durch einen Asynchron-Motor angetrieben, der am gleichen Wechselstromnetz hängt wie die die Scheibe intermittierend erhellende Gasentladungsröhre[1]), so steht die «synchrone» Winkelgeschwindigkeit ω der Scheibe, d.h. ihre Winkelgeschwindigkeit bei unbelastetem Motor, in einem starren, durch dessen Polpaarzahl und das Uebersetzungsverhältnis bestimmten Verhältnis zu der Zahl $2\pi f$:

$$\omega = \frac{2\pi f}{k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Der «Schlupf» σ der Scheibe (und des Motors), d. h. die relative Abweichung von der synchronen Winkelgeschwindigkeit, ist

$$\sigma = \frac{\omega - \omega'}{\omega} = 1 - \frac{\omega' k}{2\pi f}$$

Setzt man in (5) für $\omega'/2\pi f$ die Zahl $(1 - \sigma)/k$ ein, so kommt

$$\text{a)}\ \sigma = 1 - \frac{k}{z}, \quad \text{b)}\ \sigma = 1 - \frac{k}{z}\left(1 + \frac{\nu}{f}\right),$$

$$\text{c)}\ \sigma = 1 - \frac{k}{z}\left(1 - \frac{\nu}{f}\right) \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

Fassen wir die drei unterschiedenen Fälle zusammen:

a)	b)	c)
$\omega' = \omega \frac{k}{z}$	$\omega' > \omega \frac{k}{z}$	$\omega' < \omega \frac{k}{z}$
$\sigma = 1 - \frac{k}{z}$	$\sigma < 1 - \frac{k}{z}$	$\sigma > 1 - \frac{k}{z}$

Läuft die Scheibe mit einer gegebenen Schnelligkeit um, ist also ihr Schlupf σ als eine bestimmte, zwischen 0 und 1 liegende Zahl gegeben —

$$0 \leqq \sigma < 1$$

— so ist der Fall a), b) oder c) verwirklicht, je nachdem

$$\text{a)}\ z = \frac{k}{1 - \sigma}, \quad \text{b)}\ z > \frac{k}{1 - \sigma} \quad \text{oder c)}\ z < \frac{k}{1 - \sigma}$$

[1]) Auf eine moderne stroboskopische Anordnung und ihre mannigfachen Anwendungen wurde unter dem Titel «Stroboglow» aufmerksam gemacht in «SBZ», Bd. 109 (1937), S. 107. Vgl. *E. Drewell:* Fortschritte der Stroboskopie, «ETZ» 1939, H. 47, S. 1335.

Die scheinbare Bewegung verläuft also im positiven oder im negativen Drehsinn, je nachdem die Strichzahl unseres Rings grösser oder kleiner gewählt wird als $k/(1 - \sigma)$, d. h. je nachdem $\varrho = \frac{z}{k}(1 - \sigma) - 1 >$ oder < 0. In jenem Fall umfasst der zwischen zwei Lichtblitzen zurückgelegte Winkel eben mehr, in diesem weniger als eine Strichteilung.

Ist k eine natürliche Zahl, so wird ein Ring mit $z_0 = k \leqq \frac{k}{1 - \sigma}$ Strichen ein scheinbar im negativen Sinn rotierendes Bild ergeben. Vermehrt man aber die Strichzahl sukzessive um 1, beleuchtet also nacheinander Ringe von $z_1 = k + 1$, $z_2 = k + 2 \ldots\ldots$ Strichen, so wird schliesslich, für eine gewisse Anzahl m ($\geqq 1$) von zugefügten Strichen,

$$z_m = k + m > \frac{k}{1 - \sigma}$$

Der Ring mit z_m Strichen wird der erste sein, der, stroboskopisch beleuchtet, scheinbar im positiven Sinn rotiert. Umgekehrt ist man sicher, mit $m + 1$ Ringen der angegebenen Strichzahlen zumindest ein stroboskopisches Bild von positivem Drehsinn zu erhalten, sofern der zu messende Schlupf unter einer bestimmten Schranke bleibt, sofern nämlich

$$\sigma < \frac{m}{k + m} \quad \ldots \quad (8)$$

Nennen wir die scheinbare Winkelgeschwindigkeit, in dem zuerst verwendeten Massystem gemäss (2) durch $\varrho = V - 1$ gegeben, in dem gewöhnlichen Massystem ω^*, so ist

$$\omega^* = (V - 1)\frac{2\pi f}{z} = \omega' - \omega \frac{k}{z} = 2\pi f\left(\frac{1 - \sigma}{k} - \frac{1}{z}\right) \quad (9)$$

In der Nähe des Grenzfalls a) (scheinbar stillstehender Ring) ist $|\omega^*|$ am kleinsten: Der letzte Ring, der noch im negativen, und der erste Ring, der schon im positiven Sinne umzulaufen scheint, sind am bequemsten zu beobachten. Daher der Wunsch, über eine so grosse Anzahl $(m + 1)$ von Ringen zu verfügen, dass (8) für jeden zu erwartenden Schlupf erfüllt, und eine Umkehr des scheinbaren Drehsinns festzustellen ist; und daher der Gedanke, diese $m + 1$ Ringe wie auf der abgebildeten Scheibe, nach wachsender Strichzahl geordnet, übereinander zu reihen. Für diese Scheibe ist $k = 40$ angenommen und $m = 10$ gewählt; sofern der Schlupf, bezogen auf eine synchrone Drehzahl $30\,\omega/\pi$ von z. B. 150 [U/min], zwischen 0 und 0,2 liegt, wird auf der $f = k\,\omega/2\pi$ ($= 100$) mal in der Sekunde aufgehellten rotierenden Scheibe in gewissem radialem Abstand eine Umkehrstelle zu beobachten sein; auf einem festen radialen Stab ist die zugehörige Strichzahl z abzulesen; die Zählung der dort an ihm scheinbar vorbeigleitenden Striche liefert nach (7b) oder (7c) den gesuchten Schlupf. K. H. G.

NEKROLOGE

† **Prof. Otto Rudolf Salvisberg,** Architekt. Weite Kreise der Baukunst im Heimatland und darüber hinaus wurden zu Weihnachten 1940 schmerzlich überrascht durch die Nachricht vom plötzlichen Hinscheiden Professor O. R. Salvisbergs. Dem Leben des hervorragenden und schöpferischen Baukünstlers echt schweizerischer Prägung wurde am 23. Dezember 1940 durch einen Herzschlag während eines Erholungsausfluges in die Berge ein allzufrühes Ziel gesetzt.

Geboren am 19. Okt. 1882 in Köniz bei Bern, aufgewachsen in einfachen urwüchsigen Verhältnissen, war Salvisbergs Wesen auf das «Werken», das «Gestalten» gerichtet, das dann am Technikum Biel in brauchbares Können gelenkt werden sollte. Dieser Rahmen war ihm jedoch zu eng, er sprengte ihn durch Taten. Im Architekturbureau Curjel & Moser in Karlsruhe etwa 1905 und gleichzeitig im Besuch der Hochschule (Prof. Schäfer) übte er sich in erster praktischer Tätigkeit, deren sich der Schreibende in allerlei Episoden erinnert. Ausgeprägt war damals schon Salvisbergs besondere Hinneigung zum Beobachten und Festhalten von guten Bau- und Städtebildern, von Malerei und Plastik, von Form und Farbe von menschlichen und