

Zur Geometrie der konformen Abbildungen von Schaufelrissen

Autor(en): **Prášil, Franz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **51/52 (1908)**

Heft 8

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-27471>

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.

Zur Geometrie der konformen Abbildungen von Schaufelrissen.

Von Prof. Dr. F. Prášil.

(Schluss.)

IV. Die Bestimmung der wahren Länge eines Kurvenstückes $\overline{ab}$ in der Rotationsfläche aus dessen konformen Abbildungen.

a) Für den Fall: $\alpha = 90^\circ$.

Aus der Grundgleichung

$$\frac{ds}{dS} = \frac{r}{R}, \text{ folgt } s = \int_A^B \frac{r}{R} dS$$

Trägt man den zu jedem Punkt der gestreckten Kurve AB gehörigen Wert $\frac{r}{R}$ als Ordinate über dieser Linie auf

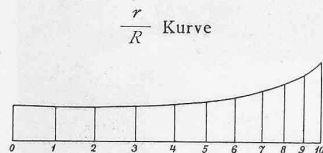


Abb. 6. — Masstab 1:2.

Ausgestreckte Länge $AB = 9,06 \text{ cm}$

Berechnung der wahren Länge der Linie $\overline{ab}$

$$\text{Länge } \overline{ab} = \int_0^{10} \left(\frac{r}{R} \right) dS$$

$$\text{Totalfläche} = 11,07 \text{ cm}^2$$

$$\text{Länge } \overline{ab} = 11,07 \text{ cm}$$

(Abb. 6), so stellt die so erhaltene Fläche obiges Integral dar; die Flächenbestimmung kann durch Planimetrierung erfolgen.

b) Für den Fall: $90^\circ > \alpha > 0$.

Aus der Grundgleichung $\frac{ds}{dS} = \frac{r}{R}$ folgt mit $R = L \sin \alpha$

$$s = \int_A^B \frac{r}{L \sin \alpha} dS;$$

das weitere Verfahren ist dasselbe wie früher (Abb. 7).

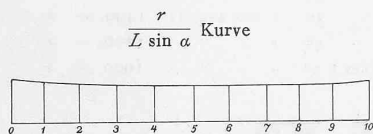


Abb. 7. — Masstab 1:2.

Ausgestreckte Länge $AB = 10,55 \text{ cm}$

Berechnung der wahren Länge der Linie $\overline{ab}$

$$\text{Länge } \overline{ab} = \int_0^{10} \left(\frac{r}{L \sin \alpha} \right) dS$$

$$\text{Totalfläche} = 11,18 \text{ cm}^2$$

$$\text{Länge } \overline{ab} = 11,18 \text{ cm}$$

c) Für den Fall: $\alpha = 0$.

Aus der Grundgleichung $\frac{ds}{dS} = \frac{r}{R}$ folgt mit

$$R = R_0 = \text{konstant} \quad s = \int_A^B \frac{r}{R_0} dS$$

und damit dasselbe Verfahren wie früher (Abb. 8).

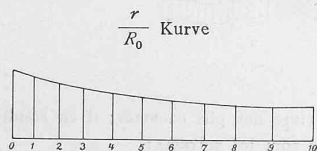


Abb. 8. — Masstab 1:2.

Ausgestreckte Länge $AB = 8,9 \text{ cm}$

Berechnung der wahren Länge der Linie $\overline{ab}$

$$\text{Länge } \overline{ab} = \int_0^{10} \left(\frac{r}{R_0} \right) dS$$

$$\text{Totalfläche} = 11,04 \text{ cm}^2$$

$$\text{Länge } \overline{ab} = 11,04 \text{ cm}$$

Aus den drei durch das Beispiel erhaltenen Resultaten

$$\overline{ab} = 11,07 \text{ cm} \text{ für den Fall } = a,$$

$$\overline{ab} = 11,18 \text{ cm} \text{ für den Fall } = b,$$

$$\overline{ab} = 11,04 \text{ cm} \text{ für den Fall } = c$$

ergibt sich ein Mittelwert $\overline{ab} = 11,09 \text{ cm}$ und ist daraus ersichtlich, dass das Resultat des Falles a am besten dem Mittelwert entspricht; es ist daraus zu schliessen, dass der Fall a die genauesten Werte liefert, was darin begründet erscheint, dass hiebei die wenigsten Uebertragungen anzuwenden sind.

V. Die Aufzeichnung von Kurven, die der Kurve ab in der Rotationsfläche aequidistant sind.

Es sei e die sehr kleine Entfernung, um welche die gesuchte Kurve von der gegebenen Kurve absteht soll; dieser Entfernung e entspricht in der konformen Abbildung eine Entfernung E , die durch die Gleichung $E = e \frac{R}{r}$ bestimmt ist; diese Gleichung wird

$$\text{für den Fall } a: E = e \frac{R}{r}$$

$$\text{für den Fall } b: E = e \frac{L \sin \alpha}{r}$$

$$\text{für den Fall } c: E = e \frac{R_0}{r}$$

Die konformen Abbildungen der gesuchten Kurven ergeben sich als die Umhüllenden der Kreise (Abb. 3, S. 86), die um die einzelnen Punkte der Kurve $\overline{AB}$ mit den entsprechenden Radien E gezeichnet werden; die Uebertragung in die orthogonalen Projektionen der Rotationsfläche erfolgt unter Berücksichtigung des unter III behandelten Verfahrens.

VI. Die Bestimmung des wahren Inhaltes eines Flächenstückes aus demjenigen der konformen Abbildung.

Die Aufgabe wird für den Fall a im Anschluss an die frühere Aufgabe behandelt: es ist die wahre Grösse des Flächenstreifens ab zu bestimmen.

Es ist im allgemeinen der Inhalt eines in der Rotationsfläche liegenden Flächenelementes gegeben durch $df = r \cdot d\varphi \cdot dl$. Der Inhalt des entsprechenden Flächenelementes in der konformen Abbildung ergibt sich mit $dF = R \cdot d\varphi \cdot dL$, mithin:

$$\frac{df}{dF} = \frac{r d\varphi dl}{R d\varphi \cdot dL} \text{ oder mit } \frac{dl}{dL} = \frac{r}{R}$$

$$\frac{df}{dF} = \frac{r^2}{R^2}, \text{ also } f = \int_A^B \frac{r^2}{R^2} dF$$

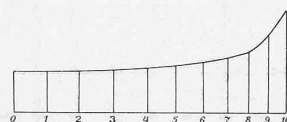
Bezeichnet man mit ψ die im Parallelkreis R der konformen Abbildung gemessene Breite des Flächenstückes, so ist $dF = \psi dR$ und es folgt

$$f = \int_A^B \left[\frac{r^2}{R^2} \psi \right] dR$$

Das Integral kann wieder durch Quadratur bestimmt werden, wie aus Abbildung 9 ersichtlich ist; da im Beispiel

$$\left(\frac{r}{R} \right)^2 \psi \text{ Kurve}$$

Berechnung des Flächeninhaltes des Streifens $\overline{ab}$



$$f = \int_0^{10} \left(\frac{r}{R} \right)^2 dF = \int_0^{10} \left[\left(\frac{r}{R} \right)^2 \psi \right] dR$$

$$\text{Totalfläche} = 11,04 \text{ cm}^2$$

Abb. 9. — Masstab 1:2.

$$\text{Streifenfläche} = 11,04 \text{ cm}^2$$

$2e = 1,0 \text{ cm}$ als Aequidistanz der beiden neben ab gezeichneten Linien genommen ist, so ergibt sich aus dem nach obigem bestimmten Flächeninhalt von $11,04 \text{ cm}^2$ des Flächenstreifens ab eine mittlere Länge desselben von $11,04 \text{ cm}$, was mit den früher gefundenen Werten in genügend genauer Uebereinstimmung steht.

Auf derselben Grundlage können auch die Formeln für die Flächenbestimmung aus den andern konformen Abbildungen abgeleitet werden; dieselben ergeben sich

$$\text{für den Fall } b \text{ mit } f = \int_A^B \left[\frac{r^2}{L^2 \sin^2 \alpha} \psi \right] dL$$

$$\text{für den Fall } c \text{ mit } f = \int_A^B \left[\frac{r^2}{R_0^2} \psi \right] dL$$

VII. Geschwindigkeits- und Bahnbestimmungen.

Betrachtet man $\overline{ab}$ und $\overline{AB}$ als gleichzeitig durchlaufene Bahnkurven, so ergibt sich aus der Grundgleichung

$$\frac{ds}{dS} = \frac{r}{R} \text{ unter Einführung der Geschwindigkeiten } v = \frac{ds}{dt}$$

und $V = \frac{dS}{dt}$ die Beziehung $v:V = r:R$, welche die Bestimmung der einen Geschwindigkeit aus der andern vermittelt.

Es sei nun ein Kanal mit rechteckigem Querschnitt um ab als Mittellinie derart geformt, dass zwei der Begrenzungsflächen in Rotationsflächen liegen, deren Meridianlinien in kleinen Abständen von mm verlaufen, während die zwei andern Begrenzungsflächen durch Erzeugende gebildet sind, die längs der beiden früher bestimmten Aequidistanzen angeordnet senkrecht zur Rotationsfläche mm stehen (Abb. 10).

Bewegung des Kanals entsprechen Bewegungen der konformen Abbildungen und zwar:

Im Falle a eine Drehbewegung mit derselben Winkelgeschwindigkeit ω , also mit $U = R\omega$, d. h. es besteht für zwei zugehörige Punkte der Linien ab und AB , die denselben als Kanalpunkte zukommen, die Relation

$$u : U = r : R = v : V = \vartheta : \mathfrak{V},$$

woraus zu entnehmen ist, dass man in der Abbildung aus

Geschwindigkeits- und Bahnbestimmungen.

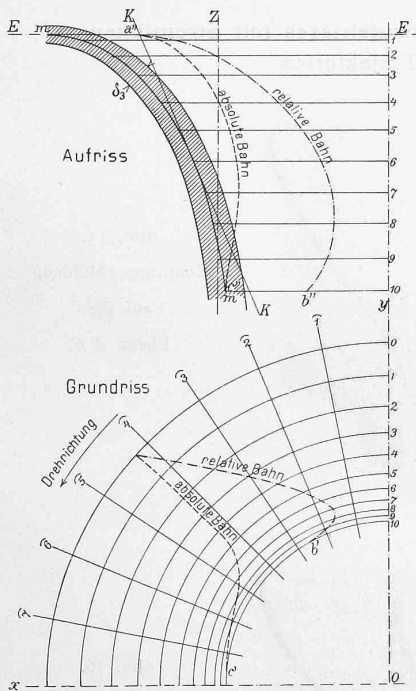
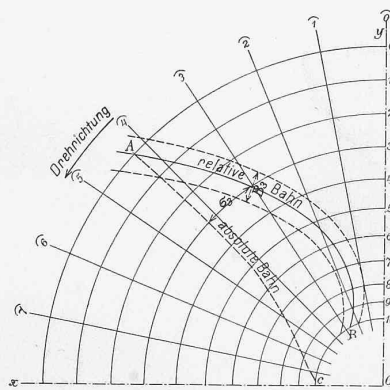
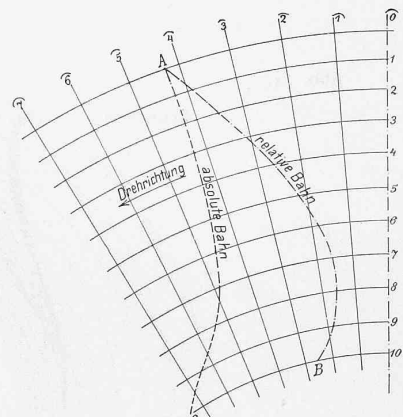


Abb. 10.

Konforme Abbildung auf die Ebene EE (zu Abb. 11).

Pkt.	S	ΔS	B	δ	$B\delta$	r/R	v	$\mathfrak{V}$	$1/\mathfrak{V}$	$1/S$ in	$\frac{\Delta S}{V_m}$	T	$\mathfrak{U}$	σ
0	0,00		1,000	0,500	0,500	1,000	2,000	2,000	0,500			0	1,111	0,00
1	1,12	1,12	1,000	0,556	0,556	1,000	1,798	1,798	0,556	0,528	0,591	0,591	1,007	0,59
2	2,34	1,22	0,986	0,629	0,620	1,013	1,592	1,522	0,636	0,596	0,727	1,318	0,895	1,13
3	3,53	1,19	0,955	0,695	0,654	1,045	1,463	1,400	0,714	0,675	0,803	2,121	0,787	1,67
4	4,70	1,17	0,900	0,759	0,682	1,190	1,320	1,189	0,841	0,777	0,909	3,030	0,676	2,10
5	5,69	0,99	0,849	0,814	0,691	1,179	1,227	1,041	0,961	0,901	0,892	3,922	0,584	2,29
6	6,57	0,88	0,772	0,863	0,666	1,295	1,177	0,909	1,100	1,030	0,906	4,828	0,493	2,38
7	7,32	0,75	0,685	0,904	0,619	1,460	1,106	0,758	1,319	1,210	0,908	5,736	0,412	2,36
8	7,97	0,65	0,594	0,940	0,558	1,684	1,065	0,632	1,582	1,491	0,969	6,705	0,337	2,26
9	8,57	0,60	0,504	0,973	0,490	1,984	1,029	0,514	1,925	1,783	1,070	7,785	0,279	2,17
10	9,06	0,49	0,425	1,000	0,425	2,351	1,000	0,425	1,351	2,168	1,062	8,847	0,226	2,00

Abb. 11. Konforme Abb. auf die Ebene EE .Abb. 12. Konforme Abb. auf die Kegelfläche KK .

Denkt man sich den so bestimmten Kanal von Wasserdurchström, so erhält man, wenn b die Breite des Kanals, gemessen im Streifen ab , und δ die Tiefe desselben, gemessen zwischen den beiden Begrenzungsflächen, und q das sekundlich durchströmende Wasserquantum bedeuten, die Werte der mittlern Geschwindigkeiten durch

$$v = \frac{q}{b\delta}.$$

Bezeichnet ferner

B die Breite des Streifens

AB , so ist, wenn b und B genügend klein sind, zu setzen

$b : B = r : R$ und daraus folgt:

$$v = \frac{R}{r} \cdot \frac{q}{B\delta}; \quad V = \frac{R}{r} \cdot v = \left(\frac{R}{r}\right)^2 \cdot \frac{q}{B\delta}$$

mit der Einführung der Bezeichnungen $\vartheta = \frac{v}{q}$ und $\mathfrak{V} = \frac{V}{q}$ erhält man

$$\vartheta = \frac{R}{r} \cdot \frac{1}{B\delta} \quad \text{und} \quad \mathfrak{V} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 \cdot \frac{1}{B\delta}$$

welche Grössen im Beispiel auf Abbildung 11 wieder tabellarisch berechnet und eingetragen sind.

Dreht sich der Kanal mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit ω um die Drehachse, so kommt jedem Punkt desselben eine Geschwindigkeit $u = r\omega$ zu; dieser

der Bahn AB als relative Bahn bei gegebener Winkelgeschwindigkeit die absolute Bahn bestimmen kann.

Im Falle b (Abb. 12) kommt dem konformen Kanalbild in der Kegelfläche ebenfalls eine Drehbewegung mit der Winkelgeschwindigkeit ω zu; in der entwickelten Kegelfläche besitzt daher jeder Punkt eine scheinbare Drehbewegung um den Mittelpunkt der Entwicklung, deren Grösse bestimmt ist durch

$$U = \frac{L}{L_0} \cdot U_0 = \frac{R}{R_0} U_0 = R \cdot \omega,$$

sodass sich wieder ergibt $u : U = r : R = v : V = \vartheta : \mathfrak{V}$.

Im Falle c (Abb. 13) kommt der Zylinderfläche ebenfalls eine Drehbewegung mit der Winkelgeschwindigkeit ω zu, die für die entwickelte Fläche zu einer Translationsbewegung von der Grösse $U = R_0\omega$ wird; man erhält damit wieder die Relation

$$u : U = r : R_0 = v : V = \vartheta : \mathfrak{V}.$$

Es kann also in allen Fällen in der Abbildung bei gegebenen Geschwindigkeiten V und U das Bild der Absolutbahn bestimmt und dann dasselbe in Projektionen übertragen werden.

Im Beispiel auf Abbildung 11 wurde die Berechnungstabelle für die Bestimmung der Absolutbahn in Bezug auf den Fall a vollständig durchgeführt. Es wurden statt V und U die proportionalen Grössen $\mathfrak{V} = \frac{V}{q}$ und $\mathfrak{U} = \frac{U}{q}$ und mittelst der Formeln

$$T = \int_0^n \frac{dS}{\mathfrak{V}} \quad \text{und} \quad \sigma = \mathfrak{U} \cdot T$$

die Bogenabstände σ der Punkte der absoluten Bahn von denen der relativen Bahn berechnet.

Es bedarf weiter keines Beweises, dass aus den Geschwindigkeitsdreiecken in der Abbildung die Werte der absoluten Geschwindigkeiten für die einzelnen Bahnpunkte bestimmt werden können.

VIII. Anwendung der bisher behandelten Aufgaben für die Untersuchung von Strömungserscheinungen in Kreiselrädern.

In den Abbildungen 14 bis 17 ist die Schaufflung für eine Teilturbine, wie eine solche etwa nach einem der bisher bei Konstruktion moderner Francisturbinen üblichen Verfahren anzunehmen ist, in Projektionen und konformen Abbildungen dargestellt.

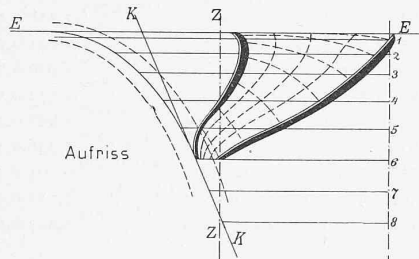


Abb. 14.

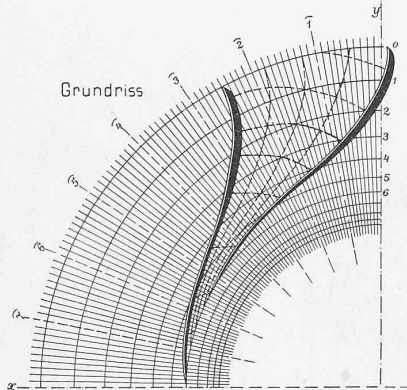
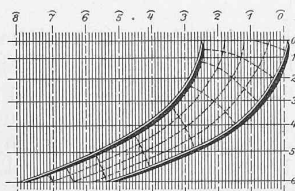


Abb. 17.
Konforme Abbildung
auf die
Zylinderfläche ZZ.



$$\frac{R}{r} \cdot \frac{q}{B\delta} = \text{konstant}$$

ist, gibt die konforme Abbildung der Linien gleicher Strömungsgeschwindigkeit in der Rotationsfläche; in Erweiterung dieses Verfahrens können dann auch Linien konstanter Absolutgeschwindigkeit, Linien gleicher Pressung usf. eingezeichnet und somit Bilder gleicher Bewegungszustände geschaffen werden, die geeignet erscheinen, die Grundlage für die Beurteilung der Wirksamkeit der gezeichneten Schaufelkonstruktion zu geben.

Durch die Abbildung auf die Ebene EE wird die Strömung einer Teilturbine mit allgemeiner Flusslinie mm auf eine ebene Strömung entsprechend einer reinen Radialturbine zurückgeführt. Die Abbildung in der Kegelfläche KK

Darstellung eines Schaufelrisses mit Stromlinien und Trajektorien.

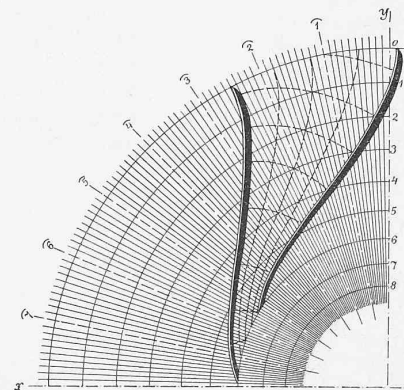


Abb. 15.
Konforme Abbildung
auf die
Ebene EE .

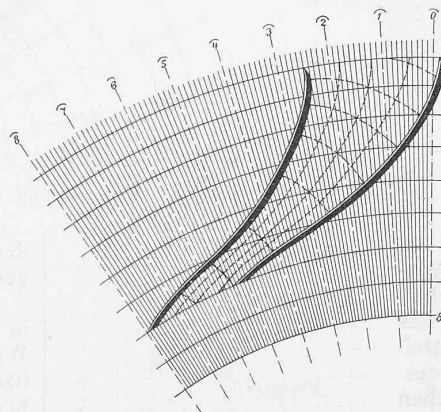


Abb. 16.
Konforme Abbildung
auf die
Kegelfläche KK .

Konstruiert man in einer der Abbildungen innerhalb zweier Schaufeln, sei es auf Grundlage einer Theorie, sei es lediglich nach Anschauung, eine Schar von Strombahnen und die dazu gehörigen orthogonalen Trajektorien, so werden diesem Liniensystem nach Uebertragung in die andern konformen Abbildungen und ebenso in der Rotationsfläche mm wieder orthogonal trajektoriale Liniensysteme entsprechen. Man kann somit für jeden einzelnen, der durch Stromlinien bzw. Schaufellinien begrenzten Kanäle in der Abbildung unter Berücksichtigung der der angewandten Theorie entsprechenden Strömungsverteilung die mittlern Durchflussgeschwindigkeiten bestimmen nach der Formel $v = \frac{R}{r} \cdot \frac{q}{B\delta}$, wobei q die den Kanal durchfließende Wassermenge, B die Breite in den Trajektorien und zwischen den Begrenzungs-Meridianlinien zu messen ist.

Es lassen sich ferner entsprechend der Aufgabe des vorigen Abschnittes die mittlern Absolutbahnen für jeden einzelnen Kanal bestimmen, sofern die Winkelgeschwindigkeit der Turbine gegeben ist. Weiter erkennt man: die Verbindung derjenigen Punkte in der Abbildung, für welche

erweitert das bisher übliche in der Literatur zumeist angeführte von *Speidel* und *Wagenbach* zuerst in der Zeitschrift d. V. d. I., Jahrg. 1899, Nr. 20, veröffentlichte Verfahren, nach welchem die Aufzeichnung der Schaufelenden am Laufradaustritt, auf die Darstellung dieser Partie der Schaufel in einem tangierenden Hilfskegel bzw. dessen Entwicklung beruht. Wählt man, wie im Beispiel durchgeführt, diesen Hilfskegel als Abbildungsfläche, so lässt sich die ganze Schaufelentwicklung in demselben konform und daher winkeltreu darstellen; in der Nähe des dem Berührungsparallelkreis entsprechenden Parallelkreises des konformen Netzes (d. i. im Beispiel Parallelkreis 6) werden die Bilder winkeltreu und längentreu.

Die Abbildung auf der Zylinderfläche ZZ ist eine Erweiterung des Verfahrens, das von *Kaplan* zuerst in der Zeitschr. f. das ges. Turbinenwesen, Jahrg. 1906 und neuerdings in seinem Buche „Bau rationeller Francisturbinenlaufräder“ und ebenso von Prof. *Escher* in seinem Buche „Theorie der Wasserturbinen“ veröffentlicht wurde.

Dieses Verfahren basiert darauf, dass die Hypothenusen der unendlich kleinen Dreiecke, welche längs einer Kurve

ab in der Rotationsfläche aus den aufeinanderfolgenden Längenelementen *ds* der Kurve und den zugehörigen Meridian- bzw. Parallelkreiselementen *dl* und *rdq* gebildet sind, sich zu einer winkel- und auch längentreuen Abbildung zusammensetzen, wenn diese Dreiecke in wahrer Grösse, gleicher Reihenfolge und paralleler Lage der *dl* bzw. *rdq* in einer Ebene aneinander gereiht werden. Dieses Verfahren liefert aber kein die beiden Flächengebiete vollständig umfassendes, mathematisch exakt definiertes Netzsystem, von welchem das ebene Netz zu einem Konstruktionsfeld für Aufgaben solcher Art wird, wie dies oben beschrieben ist; werden die unendlich kleinen Dreiecke nicht in wahrer Grösse, sondern in solcher Grösse aneinandergereiht, dass die Längen gleichnamiger Seiten je zweier Dreiecke in der Abbildung sich umgekehrt verhalten, wie die Längen der Radien, die den Dreiecken in der Rotationsfläche zukommen, so entsteht die konforme Abbildung.

* * *

Mit dieser geometrischen Studie ist bezweckt, die allgemeine Anwendbarkeit der konformen Abbildungen für Darstellung und Untersuchung von Schaufelrissen zu beleuchten. Die Bestimmung der Formen der Meridianlinien *mm* und der Schaufelprofile unter weiterer spezieller Verwendung des geometrischen Hilfsmittels der konformen Abbildungen wird an anderer Stelle behandelt werden.

Der Redaktion der Schweiz. Bauzeitung sei für die Aufnahme des Artikels und Ausführung der Zeichnungen hiemit bestens gedankt.

Zürich, im Juni 1908.

Die schweizer. Eisenbahnen im Jahre 1907.

(Schluss.)

Bahnunterhalt. Der Kontrolle des schweizerischen Eisenbahndepartements waren im Jahre 1907 unterstellt, in *km* Betriebslänge:

I. Hauptbahnen.

a) Schweizerische	2374,204
b) Ausländische auf Schweizergebiet	68,794
	2442,998

II. Nebenbahnen.

a) Normalspurige Adhäsionsbahnen	988,197
b) Schmalspurige Adhäsionsbahnen auf eigenem Bahnkörper	533,433
c) Schmalspurige Adhäsionsbahnen auf Strassen	614,707
d) Adhäsionsbahnen mit Zahnstangenstrecken	207,046
e) Reine Zahnradbahnen	86,268
f) Seilbahnen	30,976
	2460,627
Total	4903,625

Davon werden zweispurig betrieben (normal-spurige Adhäsionsbahnen) 674,9

Inspektion und Kontrolle der Bahnen. Die Kontrolle über den Unterhalt der Bahnen ist in der bisherigen Weise ausgeübt worden. Die durchgehenden Inspektionsreisen zu Fuss auf den Haupt- und Nebenbahnen, ohne die Spezialbahnen, aber einschliesslich der städtischen Strassenbahnen, erstreckten sich auf 4650 *km*, wozu noch zahlreiche Spezialuntersuchungen und Augenscheine kommen.

Auf die Kontrolle der Zahnrad- und Drahtseilbahnen entfallen: Allgemeine Inspektionen 142. Besuche bei besonderen Anlässen (Untersuchungen von neuem Rollmaterial, Bremsproben, Augenscheine usw.) 75. Anlässlich der Inspektionen wurden 410 *km* Streckenbegehungen ausgeführt. Auf den elektrisch betriebenen Adhäsionsbahnen wurden vorgenommen: Allgemeine Inspektionen 176. Besuche bei besonderen Anlässen (Untersuchungen von neuem Rollmaterial, Fahr- und Bremsproben, Leitungsuntersuchungen) 82.

Zustand der Bahnen. Unterbau. Erhebliche Störungen des Bahnbetriebes fanden folgende statt:

Die *Visp-Zermatt-Bahn* wurde am 12. Juni bei Km. 3,300 auf eine Länge von 250 *m* durch einen grösseren Murgang überschüttet. Nach Kreuzung der Bahn setzte derselbe seinen Weg fort und kam erst im Bett der Visp zum Stillstand. Die Visp wurde während einer Stunde vollständig gesperrt. Das gestaute Wasser bildete einen See, der die Bahn von

Km. 3,300 bis 4,000 überflutete. Der Verkehr konnte vorerst für die Reisenden, das Gepäck und die Post, dann vom 25. Juni an durchgehends wieder aufgenommen werden. Die Linie ist an der Unterbrechungsstelle provisorisch verlegt worden und es sind zurzeit Studien über die definitive Anlage im Gange.

Bei Km. 20 der *Stansstad-Engelberg-Bahn* fand unterhalb der Bahnlinie eine grössere Erdrutschung gegen den Aabach statt, welche Senkungen des Bahnkörpers verursachte und eine bergseitige Verlegung des Geleises auf etwa 200 Meter Länge notwendig machte.

Ausserordentlich starke Schneefälle verursachten im Januar und Februar Verkehrsstörungen auf den Linien: Saignelégier-La Chaux-de-Fonds, Saignelégier-Glovelier, Allaman-Aubonne-Gimel, Rolle-Gimel, Val-de-Ruz, Joratbahn, Südostbahn und Oberglatt-Niederweningen.

Kürzere Unterbrechungen des Betriebes durch Lawinenfälle fanden statt bei Km. 31,350 der Brünigbahn, Km. 18,1 der Berner Oberlandbahn und bei Km. 12,8 und 32,0 der Montreux-Berner-Oberlandbahn.

Von grösseren Unterhaltungsarbeiten am Unterbau, die im Laufe des Berichtsjahres ausgeführt wurden, sind nur anzuführen:

Die Verlegung und Hebung der Brünigbahn bei Km. 33,450, wo wiederholt Unterbrechungen durch Ablagerung von Geschiebe des Steinlaubaches vorgekommen sind; die Fortsetzung der Sicherungsbauten gegen Steinschläge zwischen Mühlehörn und Weesen.

Ausser den Neubauten von Brücken beim Bau zweiter Spur, bei Bahnhofserweiterungen, sowie bei Strassen-Ueber- oder -Unterführungen sind neu erstellt worden die zweite Brücke für das Geleise rechts über den Rickenbach zwischen Immensee und Goldau, die Steinlaubachbrücke bei Lungern, die Tössbrücke bei Töss, die Steinenbachbrücke bei Uznach. Verstärkt wurden die Brücken bei Zweidlen und Embrach, die Ueberführung über die Zürcherstrasse bei Seebach und die Evibach-, Kellerbach- und Kerstelenbachbrücken der Gotthardbahn.

Die periodischen Revisionen und Belastungsproben sind bis auf wenige Ausnahmen in gewohnter Weise durchgeführt worden.

Oberbau. Die diesjährigen Umbauten durchgehender Liniengeleise in neuem Material, wobei auf den Hauptbahnen nur starke Schienen- und Schwellentypen zur Verwendung kamen, betragen: auf Hauptbahnen: Stahlschienen 152 730 *m*, Eisenschwellen 95 360 *m*, Holzschwellen 49 700 *m*, Schottererneuerung 153 100 *m*; auf Nebenbahnen: Stahlschienen 10 600 *m*, Eisen- und Holzschwellen 19 200 *m*, Schottererneuerung 35 700 *m*.

Verstärkungen der Geleise durch Vermehrung der Schwellen und Verbesserung des Schienenstosses wurden ausgeführt: auf Hauptbahnen 70 900 *m*, auf Nebenbahnen 58 900 *m*. Die Materialproben gaben keinen Anlass zu Bemerkungen.

Mechanische Einrichtungen der Zahnrad- und Drahtseilbahnen. Die Kontrolle dieser Einrichtungen fand in gewohnter Weise statt. Gegenstand genauer Untersuchungen bilden namentlich die Kabel der Drahtseilbahnen. Bei zwei Drahtseilbahnen gelangten die Drahtseile zur Auswechslung. Festigkeitsproben in der Materialprüfungsanstalt in Zürich wurden vorgenommen mit: vier Ersatzseilen bestehender Seilbahnen, zwei Seilen neu erstellter Seilbahnen. Die Ergebnisse dieser Proben gaben zu keinen besonderen Bemerkungen Anlass.

Stationen und Hochbauten. Auf betriebenen Bahnen sind dieses Jahr neu eröffnet worden die Stationen Attikon auf der Linie Winterthur-Romanshorn, Hochdorf-Baldegg an Stelle der Haltestelle Baldegg der Seetalbahn, Einigen und Faulensee auf der Thunerseebahn, Mülönen an Stelle der Haltestelle gleichen Namens auf der Linie Spiez-Frutigen, Brienzwiler und Kaiserstuhl an Stelle der Haltestellen gleichen Namens auf der Brünigbahn. Ausser den an anderer Stelle besprochenen Erweiterungen grosser Bahnhöfe sind auf einer grossen Anzahl mittlerer und kleiner Stationen Erweiterungen der Geleiseanlagen, der Vor- und Ladeplätze und Ergänzungen der Hochbauten ausgeführt worden. Die elektrische Beleuchtung ist im Berichtsjahre auf 43 Stationen neu eingerichtet und auf 12 Stationen verbessert worden.

Signale und Riegelungen. Ergänzungen der Signale fanden statt durch Anbringung von 24 Einfahrtssignalen, 72 Einfahrt-Vorsignalen, 64 Ausfahrtssignalen und 60 Ausfahrt-Vorsignalen. Neue Riegelungen wurden errichtet auf 15 Stationen und ältere Anlagen wurden umgebaut auf 29 Stationen. Neue Blockanlagen sind erstellt worden auf den Strecken Nyon-Morges und Vauseyon-Neuchâtel.

Niveaüübergänge und Bahnabschluss. Zur Unterdrückung von Niveauübergängen, ausser den Fällen, die sich beim Bau zweiter Geleise ergaben, sind 17 Unter- oder Ueberführungen erstellt worden. Eine grosse Zahl von Niveauübergängen wurde mit neuen, verbesserten Barrieren versehen, wobei noch bestehende Drehkreuze beseitigt wurden.