

## Föttinger und der Kaiser-Wilhelm-Tunnel (Cochemer-Tunnel)

Bei den folgenden Ausführungen geht es um die von Professor Dr.-Ing. Hermann Föttinger vorgeschlagene Lüftungsanlage des Alten Kaiser-Wilhelm-Tunnels. Dieser wurde am 7. April 2014 ausser Betrieb genommen. Daneben entstand eine neue Tunnelröhre, die den heutigen technischen Erfordernissen Rechnung trägt und am selben Tag ihren Betrieb aufnahm.

Sowohl der (jetzt Alte) Kaiser-Wilhelm-Tunnel, als auch der Neue Kaiser-Wilhelm-Tunnel sind sehr gut beschrieben auf den Internetseiten:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kaiser-Wilhelm-Tunnel> [ 1 ]

und

<http://www.nkwt.de> [ 2 ]

Die Seiten werden von Herrn Rainer Pellenz gepflegt, der dem Autor die Verwendung der Bilder vom Nordportal des Alten Kaiser-Wilhelm-Tunnels gestattete. [ 4 ]



Bild 1: Nordportal des alten Kaiser-Wilhelm-Tunnels [ 1 ]

*Der **Kaiser-Wilhelm-Tunnel** (auch Cochemer Tunnel oder Kochemer Tunnel genannt) ist ein Eisenbahntunnel auf der Moselstrecke zwischen Ediger-Eller und Cochem. Der Tunnel ist 4205 Meter lang und war bis 1985 der längste Tunnel Deutschlands. Erbaut wurde er von 1874 bis 1877 und wurde zur damaligen Zeit wie andere herausragende Bauwerke nach dem Deutschen Kaiser Wilhelm I. benannt. Diesen Namen trägt er offiziell noch heute. (Zitat aus [ 1 ])*

Im Jahre 1929 wandte sich die Reichsbahndirektion - Trier an den Leiter des Institutes für Technische Strömungsforschung an der Technischen Hochschule Berlin, Herrn Professor Dr. Ing. Föttinger, um seinen Rat bezüglich der Neugestaltung der Lüftung des Cochemer Tunnels einzuholen. Es sollte insbesondere die Frage geklärt werden, ob es möglich sei, das bisher verwandte Lüftungssystem mittels Strahlgebläses (Saccardo-Lüftung) so zu verbessern, dass auch unter ungünstigsten atmosphärischen Bedingungen bei mäßigem Leistungsaufwand ausreichende Lüftung sichergestellt ist.

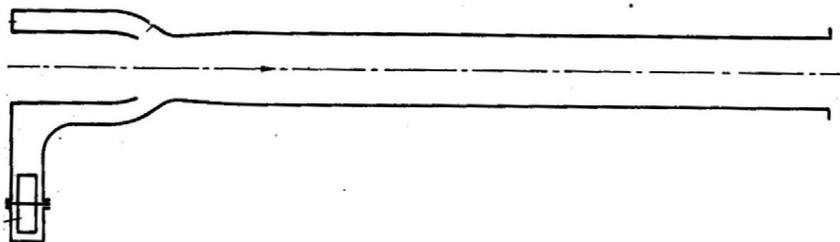


Bild 2: Saccardo-System einer Tunnellüftung [ 3 ]

Professor Föttinger schlug einen grundsätzlich neuen Aufbau der Anlage vor und regte zur Feststellung der günstigsten Ausgestaltung des Strahlgebläses Modellversuche an.

Diese Modellversuche wurden von Hermann Henschke durchgeführt und in seiner Dissertation [ 3 ] veröffentlicht.

Im Folgenden wird lediglich ein kurzer Auszug der Dissertation von Henschke gegeben. Für tiefere Informationen sei auf die Arbeit selbst verwiesen.

### **Verbesserungsvorschlag von Professor Föttinger für die Entlüftung mittels Strahlgebläse**

Professor Föttinger schlug vor, nach Bild 3 statt einer Ringdüse eine Anzahl zylindrischer oder konischer Strahldüsen ohne Zulaufkammer profilfrei anzuordnen.

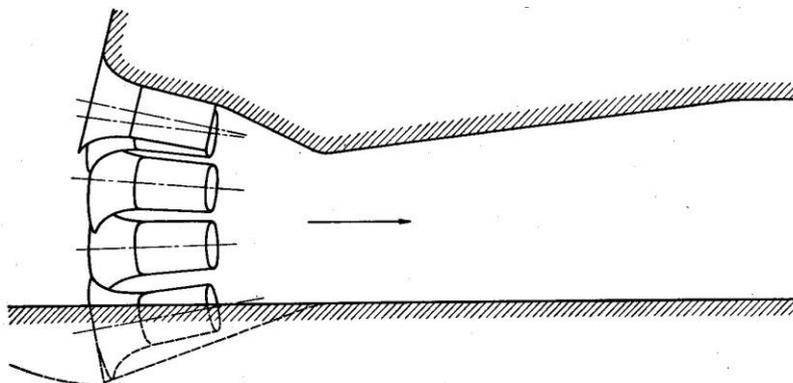


Bild 3: Schnitt durch das Tunnelportal mit „Strahldüsen“ [ 3 ]

In jede Strahldüse (Bild 4) wird ein Achsialventilator gesetzt, der durch einen vor oder hinter ihm liegenden Elektromotor angetrieben wird. Propellernabe und Motor werden

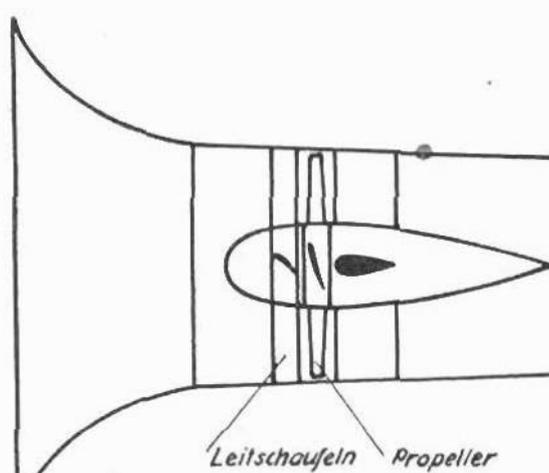


Bild 4: Schnitt durch eine „Strahldüse“ [ 3 ]

so verkleidet, dass sie einen Stromlinienkörper bilden. Jede Strahldüse erhält einen gut abgerundeten Einlauf ohne Luftkammer oder Kanäle.

Die Vorzüge der Idee Föttingers liegen in folgendem:

1. Die für die großen Windmengen (beim Kochemer-Tunnel 200 bis 300 m<sup>3</sup>/sec) erforderlichen umfangreichen Zuführungskanäle, sowie die riesige Einlaufkammer werden vermieden. Dieser Vorteil macht sich nicht nur dadurch bemerkbar, dass die erheblichen Kosten für diese komplizierten Bauten wegfallen, sondern in weit höherem Maße dadurch, dass die Druckverluste, die in den Kanälen und in der Kammer entstehen, bei der neuen Anlage überhaupt nicht auftreten. Dadurch wird der Leistungsbedarf der Anlage weitgehend vermindert.
2. Es werden keine besonderen Maschinenräume benötigt. Der Platzbedarf der Anlagen ist daher gering.
3. Sehr einfach gestaltet sich die Regulierung: Durch .Zu- oder Abschalten einzelner Düsen kann der Betrieb vollkommen elastisch angepasst werden. Da bei dieser Regulierungsart die Ventilatoren stets mit gleicher Drehzahl laufen können, ist die Möglichkeit gegeben, zum Antrieb einfachste und billigste Drehstrom-Motoren zu verwenden.
4. Für große Mengen und kleine Drücke ist der Achsial-Ventilator, dessen Einbau in die Strahldüsen leicht möglich ist, besonders gut geeignet. Da die Drehzahl konstant bleibt und der Druck in der Strahldüsenmündung sich praktisch kaum ändert, wird der Ventilator für einen ganz bestimmten Betriebspunkt gebaut, bei dem man dauernd maximalen Wirkungsgrad erreichen kann. Die Austrittsenergie wird fast vollständig ausgenutzt.
5. Als letzter Vorzug mag die große Betriebssicherheit der Anlage genannt werden. Durch etwaigen Ausfall eines Motors wird die Lüftung nicht wesentlich beeinträchtigt. Die Auswechslung der Motoren ist einfach.

## Experimentellen Untersuchungen

Bei der obengenannten Neugestaltung der Strahlgebläse-Entlüftung sind die bei den bisherigen Anlagen auftretenden Verluste zwischen Ventilator und Düseneinlauf völlig beseitigt. Aufgabe der Versuche war es, die Verluste des eigentlichen Strahlgebläses (das von der Strahldüsenmündung ab gerechnet wird) zu senken.

Es war vor allem zu klären, ob es zweckmäßig ist, mit großen Mengen und kleinen Drücken, oder mit kleinen Mengen und hohen Drücken zu arbeiten. Diese Frage läuft darauf hinaus, festzustellen, welche Querschnitte die Strahlendüsen-Mündungen im Verhältnis zum Tunnel-Querschnitt erhalten sollen.

Weiter war zu untersuchen, unter welchem Winkel die Strahldüsen zur Tunnelachse stehen sollen, wie der Mischraum zu gestalten ist, wie die Strahldüsen am Tunnelumfang profolfrei anzuordnen sind usw.

Zunächst wurden als vorbereitende Arbeiten allgemeine Grundlagen-Experimente durchgeführt, um später an einer naturgetreuen Nachbildung des Tunnelquerschnitts möglichst reale Verhältnisse zu simulieren. Die Versuche waren sehr aufwändig und wurden im Maßstab 1:40,8 mit großer Präzision durchgeführt. Bild 5 zeigt den Modell-Düsenkranz mit den zehn Strahldüsen und in Bild 6 ist der Versuchsaufbau schematisch dargestellt.

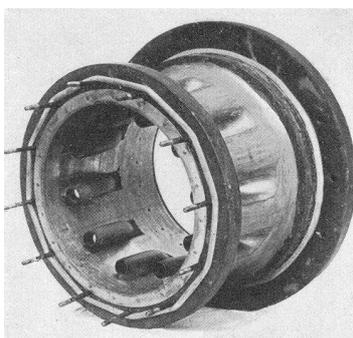


Bild 5: Modell-Düsenkranz mit den zehn Strahldüsen [ 3 ]

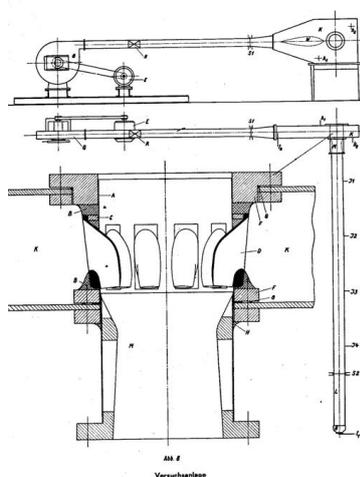


Bild 6: Schematische Darstellung der Versuchsanlage [ 3 ]

Wie man heute nur noch im Internet [ 1 ] und [ 2 ] sehen kann wurde Föttingers Vorschlag untermauert durch Henschkes Versuchsergebnisse verwirklicht.



Bild 7: Nordportal des Kaiser-Wilhelm-Tunnels mit 10 Strahl-Gebläsen [ 2 ]

Bild 7 zeigt die Anordnung der 10 Strahlgebläse.

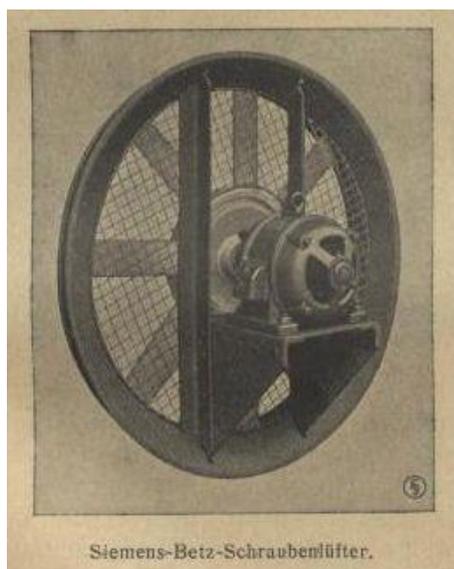
Bei allen Artikeln über den Kaiser-Wilhelm-Tunnel ist von Siemens-Bentz-Schraubenlüftern die Rede. Das ist eine falsche Bezeichnung. Es handelt sich um Siemens-**Betz**-Schraubenlüfter, wobei Betz vermutlich auf den Göttinger Physiker Professor Dr.-Ing. Albert Betz zurückgeht.

Bei diesen Lüftern handelt es sich um eine innovative Neuentwicklung, die 1929 erstmalig auf einer Messe vorgestellt wurde. [ 5 ]

Zu dem Begriff Siemens-Betz-Schraubenlüfter (Bild 8), einem Produkt der Firma Siemens-Schuckert findet man etliche Hinweise im Internet.

Z. B. folgende (Zitat aus [5]):

*Eine technisch vervollkommnete Bauart der Fächerlüfter ist im Siemens-Betz-Schraubenlüfter geboten. Dieser Lüfter hat Flügel, die nach den im Flugzeugbau gemachten Erfahrungen geformt sind. Es wird hierdurch erreicht, dass der Wirkungsgrad sehr hoch ist, bis 72 %, und daß gleichzeitig gegen erhebliche Gegendrücke, bis zu 100 mm Wassersäule, gearbeitet werden kann. Der Betz-Lüfter ist also hervorragend geeignet zum Einbau in längere Luftkanalleitungen, wie solche in Gießereien häufig verwendet werden müssen.*



**Bild 8:** Siemens-Betz-Schraubenlüfter  
als einfacher Wandlüfter [ 5 ]

Oder (Zitat aus [6]):

*Der Siemens-Betz-Schraubenlüfter ist ein Axial- oder Schraubengebläse. Seine Flügel sind nach der Form der Flugzeugtragflächenprofile gemäß den neuesten Erkenntnissen der Aerodynamik durchgebildet. Wo der gewöhnliche Wandlüfter wegen zu hohen Gegendrucks nicht verwendbar ist und der Fliehkraftlüfter wegen seiner Umlenkung der Strömungsrichtung sich zum Einbau nicht eignet, ist der Siemens-Betz-Schraubenlüfter am Platz. Er drückt, wie alle Schraubenlüfter, die Luft auf dem einfachsten Wege in axialer Richtung fort. Er fördert aber auch gegen aufkommenden Wind, durch Rohrleitungen, durch Luftkanäle, gegen statische Drücke bis zu etwa 100 mm Wassersäule. Dabei arbeitet er mit einem Wirkungsgrad bis zu 72 %, übertrifft somit in dieser Hinsicht alle gewöhnlichen Schraubenlüfter. Sein Leistungsbedarf ist äußerst gering. Seine einfache, den Bedürfnissen der Praxis weitestgehend angepaßte Bauart erlaubt bequemen Einbau in waagerechter oder senkrechter Lage an jeder gewünschten Stelle. Er ist wesentlich billiger als Fliehkraftlüfter und kann diese in vielen Fällen ersetzen, wo sie bisher unentbehrlich waren. Verwendungsgebiete sind: Belüftung und Entlüftung jeder Art von Räumen, wie Theater, Kinos, Säle, Gaststätten, gewerbliche und industrielle Betriebe; Saugzug- und Entstaubungs-Anlagen; Kühlung elektrischer Maschinen. Siemens-Betz-Schraubenlüfter eignen sich auch zum einmaligen oder mehrfachen Einbau in Hintereinanderschaltung in Rohrleitungen ohne Unterbrechung der Strömungsrichtung.*

Der Begriff Schraubenlüfter ist heute etwas irreführend. Richtiger wäre *Axial-Lüfter* im Gegensatz zum *Radial-Lüfter*.

Warum man damals den Begriff Schraubenlüfter gewählt hat lässt sich vielleicht erklären, weil die Flügel des Lüfters ähnlich Flugzeugflügel oder einer Luftschraube profiliert sind. Jedenfalls deuten einige Patente von Betz und Ackeret darauf hin, in denen auch von solchen Lüftern die Rede ist.

In [ 1 ] sind die Daten der eingebauten Strahlgebläse angegeben.

Zitat:

*Nach dem Umbau des Nordportals in den Jahren 1937/38 nahm eine Stahlbetonkonstruktion zehn strahlenförmig um das Portal eingesetzte Einzellüfter auf. Die Achsen der Lüfter wurden aus aerodynamischen Gründen mit 14 Grad gegen die Tunnelachse geneigt. Jeder Lüfter war ein in ein eisernes Rohr eingelassener langsam laufender Elektromotor, auf dessen Rotationswelle eine achtflügelige Luftschraube befestigt war. Der Flügelraddurchmesser betrug 1700 Millimeter.*

*Bei einer Drehzahl von 480 Umdrehungen pro Minute förderte jede dieser Turbinen jeweils 39,5 Kubikmeter Frischluft pro Sekunde in den Tunnel. Von den zehn Turbinen waren im Regelfalle immer vier in Betrieb, die rund 160 Kubikmeter Frischluft pro Sekunde in den Tunnel bliesen. Wenn alle zehn Lüfter auf vollen Touren liefen, konnten pro Sekunde annähernd 400 Kubikmeter Luft mit einer Geschwindigkeit von bis zu 8 m/sek. durch die Tunnelröhre gedrückt werden, die die 4205 Meter lange Strecke in nur neun Minuten zurücklegten. Das freie aufrechte Stehen im Tunnel war ab sieben gleichzeitig laufenden Ventilatoren nicht mehr möglich. Jeder einzelne dieser Motoren nahm jeweils 19 Kilowatt Leistung auf.*

*Der Jahresbedarf dieser Anlage lag durchschnittlich bei 1,2 Millionen Kilowattstunden.*

Und weiter:

*Von den zehn Siemens-Betz-Lüftern am Nordportal wurden Mitte der 1980er Jahre die unteren beiden und die oben im Firstbereich sitzenden beiden ausgebaut und nach Zwischenlagerung im ehemaligen Maschinenhaus bei dessen Überlassung an Dritte schließlich verschrottet. Die übrigen sechs Lüfter blieben weiterhin ans Netz angeschlossen und betriebsbereit. Sie konnten wahlweise einzeln oder zusammen – sowohl von dem noch von der Deutschen Bahn betriebenen elektrischen Teil des einstigen Maschinenhauses am Nordportal als auch vom Fahrdienstleiter im Bahnhof Cochem – geschaltet werden. In dem hinteren Teil des alten Maschinenhauses befand sich auch ein großes stationäres Notstromaggregat, mit dem die Lüfter bei Ausfall des Bahnstroms betrieben werden konnten.*



Bild 9: Blick in die Tunnelöhre mit sechs Lüftern [ 2 ]



Bild 10: Blick aus der Tunnelröhre in Richtung Nordportal [ 2 ]



Bild 11: Nordportal während der Rückbaufase.  
Links im Bild: Eingang zum Neuen Kaiser-Wilhelm-Tunnel [ 2 ]

**Quellen:**

[ 1 ] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kaiser-Wilhelm-Tunnel>

[ 2 ] <http://www.nkwt.de>

[ 3 ] Henschke, H.: *Untersuchungen über verbesserte Strahlgebläse für Tunnellüftung* (Dissertation an der TH-Berlin vorgelegt am 25.7.1933, genehmigt am 2.3.1934, Drucklegung 1937) Berichter: Föttinger, Mitberichter: Meineke  
TU-Bibliothek Signatur 8U1407

[ 4 ] persönliche Mitteilung von Herrn R. Pellenz vom 13.1.2016

[ 5 ] *Siemens-Schuckert-Erzeugnisse auf der Gießerei-Fachausstellung Düsseldorf 1929*, aus: Dinglers Polytechn. Journal, Bd. 333, Heft 9, S.177, 1929

[ 6 ] *Die Siemens-Schuckert-Werke auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1931*, aus: Dinglers Polytechn. Journal, Bd. 346, Heft 3, S.55, 1931