Probleme mit Laufschaufeln grosser Ventilatoren

Autor(en): **Lanker, Albert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 36: **Der Gotthard-Strassentunnel**

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74191

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

Probleme mit Laufschaufeln grosser Ventilatoren

Von Albert Lanker, Zürich

Für einen Strassentunnel in der Schweiz erstmalig sind für den Gotthard-Strassentunnel insgesamt *22 Ventilatoren mit während des Laufes verstellbaren Laufschaufeln* bestellt worden. Ihre wesentlichen Daten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1. Ventilatoren mit während des Laufes verstellbaren Laufschaufeln. Wichtige Daten.

Ventilatoren:	
Laufrad-Durchmesser	min. 2520 mm max. 3420 mm
Motoren:	
Antriebsleistung	min. 430 kW max. 2700 kW
Drehzahlen	990/495 U/min
Motorspannung	6000 V/50 Hz
Grösste Transportlänge	etwa 7 m
Grösstes Transportgewicht	etwa 30 t
Lieferant	Nordisk Ventilator Co. A/S, Dänemark
Unterlieferanten:	
Motoren	BBC, Baden/Schweiz
Ventilatorgehäuse	Schmid & Co., Eschlikon/Schweiz
Fertigungsanteil in der Schweiz:	etwa 60%

Materialprobleme

Bis vor wenigen Jahren wurden für Strassentunnel-Ventilatoren vorwiegend gegossene Aluminium-Laufschaufeln verwendet. Schaufelhavarien an solchen und in der Industrie ähnlich verwendeten Gebläsen führten zu Folgeschäden und zum Teil langen Ausfällen bis zur Wiederinstandstellung der Anlagen.

Als *Schadenursache* fallen für solche Havarien (abgesehen von die Ventilatoren passierenden Fremdkörpern) die folgenden Kriterien in Betracht:

- *Ungenügendes Materialverhalten,* speziell *ungenügende Materialdehnung:* Das Langzeitverhalten, besonders die Dauerbiegewechselfestigkeit, ist bei Gussstücken mit grossen Matieraldickendifferenzen (wie sie zwischen Schaufelfuss und Schaufelblatt gegeben sind) sehr unterschiedlich. Die Streuung ist von der hergestellten Stückzahl pro Gusscharge sowie von Temperatur und Dauer der Nachbehandlung nach dem Giessen abhängig.
- *Gussfehler:* Jedes gegossene Werkstück ist grundsätzlich mit Fehlern behaftet, z.B. mit Poren, Lunkern und eventuell Rissen. Für die Materialprüfung kommt bei Aluminium-Gussstücken praktisch nur die Oberflächenprüfung nach dem Farbeindringverfahren in Frage. Unter der Oberfläche liegende Fehler können damit aber nicht erfasst werden. Röntgen- und Ultraschallprüfungen führen wegen dem grobkörnigen Materialgefüge des gegossenen Aluminiums im allgemeinen zu keinen aussagefähigen Ergebnissen.
- *Einwirkungen durch Autoabgase* (z.B. Schwefel) und *Streusalz:* Die Dauerbiegewechselfestigkeit wird im Laufe der Zeit durch diese Einflüsse herabgesetzt, sofern die Materialoberflächen nicht besonders geschützt werden.

Alle diese Fehlermöglichkeiten und Unzulänglichkeiten fallen bei Gebläsen mit hohen Laufrad-Umfanggeschwindigkeiten bis zu 175 m/s besonders ins Gewicht. Nach eingehenden grundsätzlichen Untersuchungen anderer Herstellungsmethoden (z.B. Blechschaufeln oder nach dem Kopierverfahren gefräste Stahlschaufeln) sind für den Gotthard-Strassentunnel Laufschaufeln aus *gesenkgeschmiedetem Aluminium* bestellt worden. Dieses äusserst präzise, aber sehr teure Herstellungsverfahren wird besonders für hochwertige Teile im Flugzeugbau (Rotorblätter, Zellenteile) angewandt. Der Schmiedevorgang, in speziell angefertigten Metallformen, wird dauernd überwacht. Der Pressvorgang mit Drücken bis zu 30 000 t garantiert für jedes Werkstück neben der hohen Massgenauigkeit ein homogenes, feines Materialgefüge und praktisch einheitliche Materialkennwerte.

Die Abnahmeprüfungen erfolgten ebenfalls nach äusserst strengen europäischen *Luftfahrtnormen.* Jede der im Tunnel eingebauten Laufschaufeln wurde zudem beim Ventilator-Hersteller nach der Bearbeitung nochmals mit dem Farbeindringverfahren kontrolliert.

Unabhängig von diesen Prüfungen wurde der EMPA, Dübendorf, der Auftrag erteilt, je Schaufelserie an zwei Schaufeln chemische Analysen und zerstörende Werkstoffprüfungen vorzunehmen. Auch diese Prüfresultate stimmten mit den Ergebnissen des Schaufelherstellers überein.

Wegen der Materialqualität und wegen Materialfehlern mussten bei den mehr als 500 geprüften Schaufeln für die Gotthard-Ventilatoren keine Beanstandungen gemacht werden.

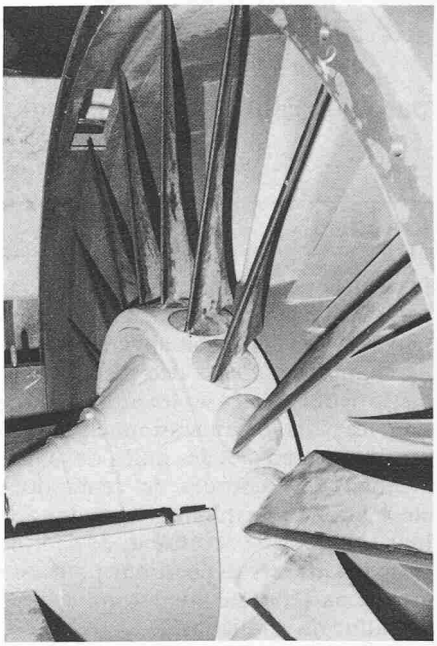

Bild 1. Ansicht eines Ventilator-Laufrades

Laufrad-Unwucht, Auswechslung von Laufschaufeln

Das garantierte Schwingungsverhalten (Laufruhe) der Ventilatoren, nach VDI-2056, Maschinengruppe G, verlangte ein gutes Auswuchten aller rotierenden Teile, speziell der Nabe und der einzelnen Laufschaufeln. Damit einzelne Laufschaufeln (bei ungeraden Schaufelzahlen) oder Schaufelpaare (bei geraden Schaufelzahlen) jederzeit ohne Ausbau des ganzen Laufrades risikofrei ersetzt werden können und nachher keine Gefahr einer unzulässigen Unwucht besteht, ist für die Fertigung eine zulässige Toleranz von 100 cm · gr verlangt worden. Das bedeutet, dass die Gewichtsabweichung bezogen auf den Schaufelschwerpunkt nur etwa 1 gr betragen darf.

Die Prüfung jeder einzelnen Schaufel nach dieser Vorschrift war mit dem bis vor kurzem verwendeten einfachen Waagbalken eine äusserst zeitaufwendige Angelegenheit. Der Ventilator-Hersteller hat deshalb vor zwei Jahren eine Schenker-Auswuchtmaschine angeschafft, mit der die Prüfzeit auf ungefähr einen Fünftel reduziert werden konnte. Diese Maschine funktioniert so, indem die Schaufel erregt und der Ausschlag elektrisch erfasst und digital angezeigt wird. Die Schaufeln werden anschliessend über ein Computer-Programm nach Vektoren sortiert und damit die Einbau-Reihenfolge aufgrund der Fabrikationsnummern festgelegt. Bei den Prüfungen wurden verschiedentlich *Toleranz-Abweichungen* sofort und genau festgestellt, diese erforderten ein Nachbearbeiten der Schaufelprofile.

Adresse des Verfassers: *A. Lanker,* Ing. HTL, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8022 Zürich.