

B-01238

EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZÜRICH
MITTEILUNGEN AUS DEM INSTITUT FÜR BAU- UND
TRANSPORTMASCHINEN

Herausgegeben von Prof. O. Zweifel

Mal 1972

Dr. GABOR OPLATKA
Dr. HANS WETTSTEIN

**Verschleiss und Reibung bei
Tragseilbremsung**

Teil I

Zu beziehen durch das Institut für Bau- und Transportmaschinen, ETHZ
Sonneggstrasse 3, 8006 Zürich

Juris Druck + Verlag Zürich
1972

VORWORT

Bei den meisten Luftseilbahnen mit grösseren Personenkabine sind aus Sicherheitsgründen Tragseil-Fangbremsen im Laufwerk eingebaut. Diese Bremsen sollen bei einem Zugseilriss oder bei einer manuell ausgelösten Notbremsung einfallen und sich zangenartig am Tragseil anklammern.

Solche Fangbremsen müssen im Interesse der Verkehrssicherheit sorgfältig bemessen sein. Ist einerseits ihre Wirkung zu stark, so kann die Kabine gegen die Seile schlagen, oder Teile der Aufhängung können der zusätzlichen Beanspruchung nicht gewachsen sein. Andererseits ist es möglich, dass die Bremse bei zu schwacher Wirkung infolge ungenügender Anpresskräfte oder wegen zu rascher Abnutzung der Bremsbeläge vollständig versagt.

H. Wettstein hat in früheren Arbeiten [6] [7] die dynamischen Vorgänge während der Tragseilbremsung untersucht und eine Anleitung zur Dimensionierung der Fangbremse gegeben. Voraussetzung zu einer solchen Dimensionierung ist aber eine Kenntnis der Reibzahlen während der Bremsung. Diese verändern sich aus mehreren Gründen: die Geschwindigkeit nimmt ab, das Seil frisst während des Bremsvorganges eine sich erst rasch, dann langsamer verbreitende Rille in den Bremsbelag, der Anpressdruck ändert seine Grösse und das Backenmaterial erhitzt sich. Diese Erhitzung beeinflusst den Reibwert erheblich, da sie zu einer Materialaufweichung und zu Anfresserscheinungen führt. Die Oberflächenart des Seiles sowie seine Longitudinalelastizität und seine Verdrehwilligkeit erhöhen die Unübersichtlichkeit zusätzlich. Deshalb sollten in einer ersten Phase an Grossversuchen möglichst betriebskonforme Abbremsversuche durchgeführt werden, wo in genauen Messungen festzustellen war, was während einer solchen Bremsung unter verschiedenen Umständen wirklich passiert und welche Teilprobleme gegebenenfalls noch weiter untersucht werden müssten. Ueber diese Grossversuche wird in dieser hier vorliegenden Arbeit berichtet.

Der Wert der Ergebnisse ist ein doppelter: Einerseits liegen interessante Versuchsergebnisse über sehr viele verschiedenartige Bremsbelagmaterialien unter verschiedenen Versuchsbedingungen vor und andererseits zeigt die grosse Streuung der erhaltenen Reibwerte, dass man sich bei der Wirksamkeit bestehender Bremsen auf Ueberraschungen gefasst machen muss. Ob dieses unterschiedliche Verhalten nur auf Labilitäten im Anfressvorgang zurückzuführen ist oder ob hier noch andere Ursachen mitgewirkt haben, muss noch untersucht werden.

Auf alle Fälle mahnt die grosse Streuung der Messergebnisse zur Vorsicht bei der Verwendung der angegebenen Reibwerte. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob man sich mit dieser grossen Streuung abzufinden hat oder ob Angaben gemacht werden können, wie eine Bremse gebaut werden muss, damit solche Streuungen ausgeschaltet werden.

Die erwähnten Grossversuche konnten allerdings nicht an einer eigentlichen Luftseilbahn durchgeführt werden, nicht zuletzt wegen der Gefahr eines Versagens der Bremse, wegen der Schädigung des Tragseiles und wegen der betrieblichen Störungen durch die vielen Versuche. Zudem hätten kaum Messungen bis zu 18 m/s durchgeführt werden dürfen, wie es im Hinblick auf die künftige Entwicklung im Seilbahnbau notwendig erscheint. Aus diesen Gründen erwies es sich als zweckmässig, die Untersuchungen an einer eigenen Versuchsstrecke durchzuführen, wo die Masse eines bewegten Wagens an einem über dem Boden gespannten Tragseil abgebremst wurde. Da die Geschwindigkeit bei solchen Abbremsungen unabhängig vom Gefälle annähernd linear abnimmt, genügt es, sich bei den Versuchen auf eine einzige (aber konstante) Bahnneigung zu beschränken. Für gleiche Anfangsgeschwindigkeit und gleichen Bremsweg behalten dann die Versuchsergebnisse auch für andere Gefälle (bei entsprechender Umrechnung auf andere Fahrzeugmassen) ihre Gültigkeit.

Vom Staate Solothurn wurde uns in verdankenswerter Weise ein 800 m langer Abschnitt der fertiggestellten, aber noch nicht eröffneten Nationalstrasse an der Südrampe des Belchentunnels zur Verfügung gestellt, wo während eines Jahres insgesamt 133 Versuche durchgeführt werden konnten. Um diese Arbeit trotz der grossen Distanz von Zürich bei Kälte, Regen oder Sommerhitze in dieser beschränkten Zeitspanne durchführen zu können, bedurfte es des unverdrossenen Einsatzes sämtlicher Institutsmitglieder, wofür an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Die nicht unbeträchtlichen Geldmittel, die u. a. für die Beschaffung des Versuchsfahrzeuges, der Messgeräte und der Tragseile mit den zugehörigen Verankerungen benötigt wurden, durften aus Krediten des Nationalfonds, des Eidgenössischen Amtes für Verkehr und der ETH entnommen werden. Den zuständigen Instanzen sei für ihr Verständnis für die Notwendigkeit solcher Untersuchungen, die letzten Endes der Allgemeinheit dienen, uneingeschränkter Dank ausgesprochen.

Zürich, 30. Mai 72

O. Zweifel

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	3
Symbolliste	7
1 Einführung	11
2 Versuchseinrichtung	14
21 Versuchsbahn	14
22 Messmethoden	17
22 1 Methoden der Kraftmessung	17
22 2 Kinematische Messungen	22
22 3 Temperaturmessungen	24
23 Auswertemethoden	26
3 Untersuchungsmethodik	29
31 Kennzahlen und typische Grössenordnungen	29
32 Definition eines Standardversuches	40
4 Resultate	41
41 Typischer Verlauf des Reibvorganges (momentanes und lokales Verhalten)	41
42 Mittlere Reibwerte	45
43 Maximale Reibwerte	46
43 1 Messresultate	51
43 2 Maximale Reibwerte bei mehreren Bremsen	51
44 Verschleissfestigkeit des Backenbelagsmaterials	57
45 Thermische Schädigung des Tragseiles	57
5 Diskussion einiger Einflussgrössen	64
51 Seil	64
51 1 Seiloberfläche	64
51 2 Seildurchmesser	65
51 3 Seilschmierung	66
51 4 Seilvereisung	66
51 5 Gebrochene Profildrähte	66
51 6 Korrosion in der Bremsspur	67

52 Einfluss von Fahrzeug, Bremse und Betriebszustand	68
52 1 Fahrzeugmasse	69
52 2 Fahrbahnneigung	69
52 3 Fahrgeschwindigkeit	70
52 4 Langsames Abschleppen bei geschlossener Bremse	72
52 5 Backendruckkraft und Flächenpressung	72
52 6 Backenlänge	74
52 7 Backenbelagsmaterialien	76
52 71 Zusammengefasste Beurteilung	76
52 72 Technologische und physikalische Daten	76
52 73 Resultate von Einzelversuchen, die nur bezüglich Material vom Standardversuch abweichen	90
52 8 Federcharakteristik	92
52 9 Gedämpftes Einfallen der Bremse	92
53 Anwendungsbeispiel	92
6 Zusammenfassung	96
7 Anhang	97
8 Literatur	105

SYMBOLLISTE

Symbol	siehe	Bedeutung
a	Tabelle 4	Temperaturleitzahl des Backenbelagsmaterials
a _S	Tabelle 4	Temperaturleitzahl der Tragseil-Profildrähte
B	Tabelle 4	Bremskraft (Reibungskraft beider Seiten in Seilrichtung)
B _D	Tabelle 4 u. Kap. 52 5	Backendruckkraft (einer Seite)
B _Z	Tabelle 6 Anm. 12	$\equiv p_d \cdot \sqrt{v_o \cdot l}$: Diese "Beanspruchungszahl" ist eine der zwei Haupteinflusszahlen
c	Tabelle 4 u. Kap. 52 8	Federcharakteristik
c	Tabelle 6	Wärmekapazität des Backenbelagsmaterials
d	Tabelle 4 u. Kap. 51 2	Seildurchmesser
E _A	Tabelle 6 u. Kap. 44	auf abgenütztes Belagsvolumen bezogene Bremsarbeit bei einer Bremsung
ED	Tabelle 4 u. Kap. 52 9	qualitative Grösse: Einfalldämpfung
E _{tot}	Tabelle 5	Bremsarbeit bzw. durch Bremsung zu vernichtende Energie = $\int_0^w B \cdot dx$
E _Z	Tabelle 6 mit Anmerkung 13	$\equiv \frac{E_{tot}/2}{B_D \cdot l}$: Diese dimensionslose "Energiezahl" ist eine der zwei Haupteinflusszahlen
g	-	Erdbeschleunigung
h	Abb. 28 (Kap. 43)	relative Häufigkeit (des Auftretens einer einen festen Wert überschreitenden Bremskraft)
l	Tabelle 4	Backenlänge (Berührungs- bzw. Erhitzungslänge des Backenbelages)
m	Tabelle 4 u. Kap. 52 1	Fahrzeugmasse



Seilbahnen Schweiz
Remontées Mécaniques Suisses
Funivie Svizzere
Pendicularas Svizras

Ansicht Bücher

Die Bücher liegen zur Ansicht in der Bibliothek vom Ausbildungszentrum SBS für Sie bereit.

Gerne können Sie sich für einen Besuch unter Tel. 033 972 40 00 oder per Mail an ausbildungszentrum@seilbahnen.org anmelden.

