

Grundsätzliches zu Ölalterungsprüfungen.

Von Dr. Baader, RWE, Knapsack b. Köln.

Die bisherigen Vorträge haben zwar eine Fülle von wertvollen Einzelerkenntnissen gebracht; allein die Redner haben selbst mehr oder weniger deutlich zum Ausdruck gebracht, daß der verbindende Zusammenhang noch sehr lückenhaft ist, und daß daher eine zuverlässige Auswertung noch nicht vorgenommen werden kann. Es erscheint daher zweckmäßig, einige besonders vordringliche Punkte grundsätzlicher Art zur Sprache zu bringen, um zu verhindern, daß Irrwege erneut beschritten werden, die auf anderen Gebieten, bei denen die Ölalterung eine große Rolle spielt (Transformatoren, Turbinen, Personen- und Lastwagen), begangen worden sind. Aus dem Gesagten ergibt sich schon, daß ich mich nicht auf den Flugmotor beschränken werde, sondern von der Ölalterung im allgemeinen spreche. Die Anwendung auf den Flugmotor ergibt sich dann zwangsläufig.

Die erste und wichtigste Frage grundsätzlicher Art lautet: Was kann man berechtigterweise von laboratoriums-
mäßigen Prüfungen der Alterungsneigung erwarten, was nicht? Herr Dr. v. Philippovich hat in seinem einleitenden Vortrag bereits darauf hingewiesen, daß hier die Auffassungen sich zwischen zwei Extremen bewegen. Die eine Grenz-Auffassung lehnt, gestützt auf die großen Widersprüche zwischen den Versuchs- und Betriebsergebnissen, alle Ölalterungsprüfungen vollständig ab und will sich nur auf die Betriebserfahrungen stützen. Die entgegengesetzte Grenz-Auffassung glaubt, man könne den Betrieb im Versuch soweit nachahmen, daß man aus den Versuchsergebnissen das Verhalten des Öles im normalen Betrieb einer bekannten Maschine voraussagen könne. Beide Grenzauffassungen schießen weit über das Ziel hinaus. Die Wahrheit ist etwa in der Mitte zu suchen.

Jedenfalls muß man sich darüber klar sein, daß die betriebliche Ölalterung, auch wenn man sie nicht als Gesamtheit der störenden Ölveränderungen auffaßt, sondern nur die

thermisch-chemische Oxydation berücksichtigt, nicht ausschließlich von der Ölbeschaffenheit abhängt, sondern auch von den Besonderheiten der Verwendungsstellen. Auch gleichartige Maschinen, ja sogar sogenannte Schwesternmaschinen zeigen solche, die Alterung wesentlich beeinflussenden Besonderheiten. Beispiele dafür sind: Reinheitsgrad, chemische Zusammensetzung und Oberflächenbeschaffenheit der ölberührten Metalle; ferner Beeinflussung durch Feuchtigkeit, Staub und chemisch wirksame Gase aus der Luft; weiterhin Art und Sorgfalt in der Ölpflege; Art, Häufigkeit und Menge der Ölnachfüllung u.a.m. Hier können wohl durch Vereinheitlichung der Betriebsanweisungen besonders einschneidende Mängel behoben, aber nicht eine ausreichende Gleichheit der Betriebsbedingungen erreicht werden. Auf Grund meiner langjährigen Erfahrungen, die ich in verschiedenen Betrieben an verschiedenartigen Maschinen und mit zahlreichen handelsüblichen Ölmarken sammeln konnte, bin ich der Auffassung, daß die erwähnten betrieblichen Besonderheiten die Ölalterung bedeutend stärker beeinflussen als die ziemlich kleinen Unterschiede, die zwischen den für einen bestimmten Verwendungszweck zugelassenen normengemäßen und handelsüblichen Ölen noch bestehen; denn es ist zu berücksichtigen, daß für solche Verwendungszwecke, bei denen Ölalterungsprüfungen in Betracht kommen, nur Raffinate, also weitgehend gereinigte und sich daher nur wenig unterscheidende Öle zugelassen sind.

Die Zahlentafeln 1 bis 3 sollen den starken Einfluß der betrieblichen Besonderheiten auf die Alterung von Dampfturbinenölen zeigen. Die Wahl dieses Verwendungszweckes erfolgte deshalb, weil bei Dampfturbinen seit 1930 die Ölalterung nach einheitlichen Betriebsanweisungen ¹⁾ unter Berücksichtigung der Betriebsstundenzahl laufend verfolgt wird, sodaß hier das anschaulichste und gesichertste Zahlenmaterial vorliegt und weil hier die ineinandergreifenden chemisch-physikalischen Vorgänge leichter zu übersehen sind als

1) "Ölbewirtschaftung", 2. Aufl. 1937; Verlag Jul. Springer, Berlin

beim Verbrennungsmotor. Um den Fragenbereich noch weiter zu vereinfachen, will ich nicht die gesamte Ölalterung berücksichtigen, sondern nur die Oxydation, die sich hauptsächlich im Anstieg der Neutralisations- und Verseifungszahl äußert. Die Anwendung der so gewonnenen Erkenntnisse auf den Flugmotor folgt später.

Zahlentafel 1

Alterungszahlen

eines bewährten Dampfturbinenöles, das in verschiedene Turbinen des gleichen Betriebes eingefüllt wurde. Ergebnisse der jeweils letzten Probenahme aus der Ölfüllung.

Turbine:	Betriebsstunden:	Nz	Vz	Vz : Nz
I A	18 854	0,46	1,39	3,02
III A	37 771	0,49	1,63	3,33
IV A	27 895	0,43	1,59	<u>3,70</u>
V A	49 077	0,47	1,51	3,22
VII A	15 329	0,73	1,98	2,71
VIII A	46 627	1,30	3,04	<u>2,34</u>
IX A	28 509	0,51	1,72	3,37
XII A	57 181	0,63	1,98	<u>3,14</u>

Mittelwert: 3,10 ^{+0,60}_{-0,76}

Nz = Neutralisationszahl

Vz = Verseifungszahl

Zahlentafel 1 bringt Alterungszahlen (Nz = Neutralisationszahl; Vz = Verseifungszahl) des gleichen, in verschiedene Dampfturbinen des gleichen Werkes eingefüllten, vielfach bewährten Neuöles. Teilweise sind die Füllungen sogar dem gleichen Tankwagen entnommen worden. Die Messungen sind an der letzten, vor dem Ölwechsel gezogenen Ölprobe gemacht worden. Bei der Bewertung der Schlußzahlen ist zu berücksichtigen, daß der Ölwechsel nicht immer durch zu starke Ölalterung bedingt ist, sondern häufig durch notwendige Reparaturen oder Überholungsarbeiten am Maschinenaggregat verursacht ist. Ein Teil der Ölfüllungen befindet sich übrigens noch in Betrieb. Aber

1057

auch, wenn die Ölalterung für den Ölwechsel maßgebend ist, äußert sie sich regelmäßig nicht in $Nz > 3$ und $Vz > 6$ ¹⁾, sondern in saurer Reaktion des wässerigen Auszuges oder in der Ausscheidung von Ölalterungsprodukten (Ölschlamm). Nz und Vz verlaufen unter sich ziemlich konform, wie die verhältnismäßig geringen Schwankungen in $Vz : Nz$ dartun, d.h. die Unterschiede in der Ölbeschaffenheit sind verhältnismäßig gering. Dagegen ist die Steilheit des Anstieges, bezogen auf die Betriebsstundenzahl, sehr unterschiedlich. So erreicht das Öl beispielsweise in Turbine VII A nach nur 15 329 Stunden höhere Nz - und Vz -Werte als in Turbine V A nach 49 077 Stunden. Hier äußert sich der große Einfluß der Turbineneigenart.

Zahlentafel 2
Alterungszahlen
des Regenerates vom Öl der Zahlentafel 1.

Turbine:	Betriebsstunden:	Nz	Vz	$Vz:Nz$
II A	23 601	0,69	2,00	2,90
VI A	19 131	0,79	2,33	2,95
IX A	38 165	1,37	3,51	<u>2,56</u>
X A	35 442	0,75	2,22	2,96
I B II	12 169	1,00	2,96	2,96
II B II	unbek.	0,56	1,64	2,93
IV B I	10 752	0,54	1,77	<u>3,28</u>

Zahlentafel 2 entspricht Zahlentafel 1 mit dem Unterschied, daß nicht Neuöl in die Turbinen eingefüllt wurde, sondern das in der werkseigenen Regenerieranlage aus den alten Turbinenölen gewonnene Regenerat. Der größte Teil der verarbeiteten Altöle war ursprünglich Neuöl der Zahlentafel 1 gewesen. Die Zahlenwerte zeigen deutlich, daß die Schwankungen von $Vz : Nz$ kleiner geworden sind, d.h. die Ölbeschaffenheit ist gleichartiger geworden. Dagegen bleibt die Steilheit im Anstieg der Nz - und Vz -Werte unter Bezug auf die Betriebsstundenzahl sehr unterschiedlich.

Zahlentafel 3

Alterungszahlen

für gleiche Ölfüllungen in gleicher Turbine

Turbine:	Öl:	Betriebs- stunden:	Nz	Vz	Vz : Nz
		Reinigungsart unbekannt			
I A	a	5 412	0,81	2,31	2,85
		gründliche Reinigung			
		18 854	0,46	1,39	3,02
		gründliche Reinigung			
VI A	b	19 131	0,79	2,33	2,95
		gründliche Reinigung			
		22 680	0,86	2,66	3,09
		gründliche Reinigung			
IV B I	b	10 752	0,54	1,77	3,28
		gründliche Reinigung			
		10 221	1,09	3,27	3,00

a = Neuöl der Zahlentafel 1
b = Regenerat der Zahlent.2

Zahlentafel 3 faßt diejenigen Fälle zusammen, in denen das gleiche Öl nacheinander in die gleiche Turbine eingefüllt worden ist. Selbst wenn man auf die Ergebnisse von Turbine I A wenig Gewicht legt, weil die Einzelheiten, insbesondere bezüglich Maschinenreinigung und Öllagerung für die erste Füllung, nicht mehr bekannt sind, dann bleibt immer noch bei IV B I ein so großer Unterschied im Alterungsanstieg übrig, daß er ausreichend den starken Einfluß der betrieblichen Besonderheiten auf die Ölalterung beweisen würde.

Wenn die Eigenart der Maschine schon bei der Alterung von Dampfturbinenöl so augenscheinlich gegenüber der Ölbeschaffenheit überwiegt, dann ist dies bei Schmierölen für Verbrennungsmotoren in noch viel höherem Grade zu erwarten, denn solche Motore stellen an das Öl wesentlich höhere Anforderungen. Dies äußert sich beispielsweise darin, daß bei Dampfturbinen

1,059

Verrußung bzw. Verkokung des Öles keine Rolle spielt, bei Motoren aber normal ist. Ferner sind letztere wegen ihrer Bewegung im Freien der Einwirkung von Staub, Feuchtigkeit und Gasen aus der Luft viel mehr ausgesetzt als Dampfturbinen, die ortsfest in gedeckten Räumen arbeiten. Weiterhin unterliegt das Öl im Motor höherer Temperatur, Belastung und Gleitgeschwindigkeit als in der Dampfturbine. Vor allem aber schwankt die Belastung bei Turbinen in ziemlich engen Grenzen, bei Motoren aber sehr stark. Der noch unbekannt einfluß des Treibstoffes auf die Ölalterung soll hier unberücksichtigt bleiben.

Es ist daher verständlich, daß die Alterung des Motorenöles viel schneller verläuft als diejenige von Dampfturbinenölen. Man kann daher bei Schmierölen für Flugmotoren noch weniger als bei Dampfturbinenölen erwarten, daß man aus den Prüfergebnissen mehr als relative Voraussagen auf das Verhalten des Öles im Betrieb machen kann. Dagegen ist es, zweckmäßige Versuchsbedingungen und Messungen vorausgesetzt, wohl möglich anzugeben, welches von zwei oder mehreren Ölen unter gleichen Versuchsbedingungen sich w e s e n t l i c h besser verhält. Jedoch kann man nicht volle Übereinstimmung der Gütereihe des Versuches mit der Gütereihe des Betriebes verlangen. Weitergehende Schlußfolgerungen aus den Versuchsergebnissen auf den Betrieb können zu sehr verhängnisvollen Fehltritten und Fehlmaßnahmen führen.

Wenn auch die Versuchsbedingungen sehr sorgfältig ausgewählt werden müssen, so ist doch Einheitlichkeit wichtiger als der Streit um kleine Varianten, nachdem volle Nachahmung des Betriebes doch nicht erreicht werden kann. Vor allem ist wichtig, daß alle wesentlichen Alterungseinflüsse berücksichtigt werden, die allen gleichartigen Motoren gemeinsam sind.

Ferner erscheint es notwendig, klare Begriffe bezüglich Alterung und Alterungsneigung zu schaffen. In Anpassung an den herrschenden Sprachgebrauch ²⁾ empfehle ich scharf zu unterscheiden zwischen Oxydation, Verrußung und Verkokung, Verschmutzung, Ölverdünnung, Polymerisation usw., und der

2) s. "Richtlinien für Einkauf und Prüfung von Schmierstoffen", 8. Aufl. 1939, S.136 u. "Ölbewirtschaftung", 2. Aufl. 1937, S.46 f.

Alterung, als der Gesamtwirkung dieser Vorgänge. Bei der laboratoriumsmäßigen Prüfung an Neuölen wird die Alterungsneigung bestimmt, während im Betrieb am gebrauchten Öl die Alterung verfolgt wird. Man kann auch künstliche und betriebliche Ölalterung einander gegenüberstellen, muß dann aber festlegen, ob die Ergebnisse des Prüfmotors zu der künstlichen oder zu der betrieblichen Alterung zu rechnen sind. Eine Übersicht gibt folgendes Schema:

Vorgänge	I. Bezeichnungsart:	II. Bezeichnungsart:
thermisch-chemische Oxydation	"Alterungsneigung:	"künstliche Alterung"
sonstige störenden Ölveränderungen	keine besondere Bezeichnung	
Gesamtwirkung	"Alterung	"betriebliche Alterung"

Einige Worte sind noch notwendig bezüglich der sogenannten Beschleunigungsmittel der künstlichen Ölalterung. Fast alle Ölalterungsverfahren arbeiten mit solchen Beschleunigungsmitteln, um einen ausreichend hohen Zahlenwert in möglichst kurzer Versuchszeit zu erreichen, weil die Alterungsvorgänge im allgemeinen sehr langsam verlaufen. Hier ist grundsätzlich festzuhalten, daß nur solche Beschleunigungsmittel zulässig sind, durch welche die Alterung ausschließlich quantitativ verändert wird. Jedes Beschleunigungsmittel, das die Alterung qualitativ ändert, d.h. andere Alterungsprodukte erzeugt als der Betrieb, ist abzulehnen. Dies gilt auch dann, wenn eine qualitative Beeinflussung der Alterung nur im Bereich der Möglichkeit liegt, während der Beweis noch fehlt.

Ein bekanntes, m.E. unzulässiges Beschleunigungsmittel ist die Zuführung von Sauerstoff anstelle von Luft; denn es sind zahlreiche Beispiele aus verschiedenen Stoffgebieten bekannt, in denen die Sauerstoffkonzentration bei sonst gleichen Versuchsbedingungen maßgebend ist für die Art der sich bildenden Oxydationsprodukte. So bildet beispielsweise Kohlenstoff in Sauerstoffüberschuß Dioxyd, in Sauerstoffmangel

Monooxyd. Eisen gibt in Sauerstoffüberschuss Ferriverbindungen, bei Sauerstoffmangel Ferroverbindungen. Ähnliches kann auch bei Ölen der Fall sein. Es müßte daher vor der Zulassung von Sauerstoff der Beweis erbracht sein, daß in keinem Falle die Oxydationsprodukte anders sind als bei Anwendung von Luft unter sonst gleichen Versuchsbedingungen.

Wie bei der Oxydation, so dürfte es auch bei der Ver-
rußung wesentlich sein, ob mit Sauerstoff oder Luft gearbei-
tet wird.

Ein weiteres unzulässiges Beschleunigungsmittel ist überbetriebsmäßige Temperatur. Sie kann bewirken, daß bei der Prüfung chemische Umsetzungspunkte des Öles passiert werden, die im Betrieb nicht erreicht werden. Auch in diesem Falle verläuft die Ölalterung im Betrieb qualitativ anders als im Versuch.

Ein zulässiges Beschleunigungsmittel ist die Steigerung der Öl-
bewegung, weil mit ihr nur die Berührungshäufigkeit der einzelnen Öl-
tröpfchen mit dem Oxydationsmittel oder über-
haupt mit den Oxydationseinflüssen gesteigert wird, ohne daß eine qualitative Änderung der Ölalterung zu befürchten ist.

Ein weiteres zulässiges Beschleunigungsmittel liegt darin, daß man die berührte Metallfläche im Verhältnis zur Ölmenge möglichst groß macht, beispielsweise indem man das Öl durch Metallspäne führt. In diesem Falle ist es allerdings schwierig, einheitliche Versuchsbedingungen sicherzustellen.

Es lag mir daran, durch diese Ausführungen von Anfang an auf gewisse Irrwege auf dem Gebiete der Ölalterung hinzuweisen, um eine Vereinfachung der Beratungen zu erzielen.