

Peter Achilles

**Experimentelle Untersuchung
unterschiedlicher offener und
geschlossener Kühlwasserpumpenlaufräder
konventioneller Bauart**

Studienarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1999 Diplom.de
ISBN: 9783832479992

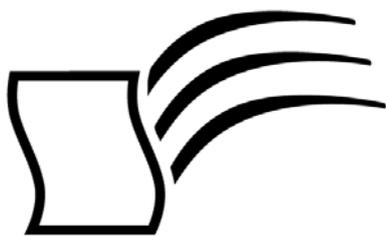
Peter Achilles

**Experimentelle Untersuchung unterschiedlicher offener
und geschlossener Kühlwasserpumpenlaufräder kon-
ventioneller Bauart**

Peter Achilles

**Experimentelle Untersuchung
unterschiedlicher
offener und geschlossener
Kühlwasserpumpenlaufräder
konventioneller Bauart**

Studienarbeit
Universität Kaiserslautern
Fachbereich Maschinenbau
Abgabe April 1999



Diplom.de

Diplomica GmbH _____
Hermannstal 119k _____
22119 Hamburg _____

Fon: 040 / 655 99 20 _____
Fax: 040 / 655 99 222 _____

agentur@diplom.de _____
www.diplom.de _____

ID 7999

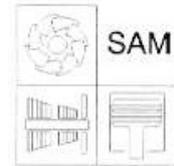
Achilles, Peter: Experimentelle Untersuchung unterschiedlicher offener und geschlossener
Kühlwasserpumpenlaufräder konventioneller Bauart
Hamburg: Diplomatica GmbH, 2004
Zugl.: Universität Kaiserslautern, Studienarbeit, 1999

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomatica GmbH
<http://www.diplom.de>, Hamburg 2004
Printed in Germany



Kaiserslautern, 16.04.1999

Studienarbeit Nr. 8605/258
für
Herrn cand. ing. Peter Achilles

Thema: „Experimentelle Untersuchung unterschiedlicher offener und geschlossener Kühlwasserpumpenlaufräder konventioneller Bauart“

Der Lehrstuhl für Strömungs- und Verdrängermaschinen der Universität Kaiserslautern führt Untersuchungen am PKW-Kühlsystem durch.

Dabei sollen u.a. Energieeinsparungspotentiale, welche sich aus der Optimierung einzelner Komponenten wie beispielsweise der Kühlwasserpumpe ergeben können, erforscht werden.

Im Rahmen eines Forschungsauftrages soll mit dieser Studienarbeit eine Auswahl geeigneter Laufräder für eine PKW-Kühlwasserpumpe hinsichtlich des Wirkungsgrades, der Förderhöhe, der Spaltempfindlichkeit und der Kavitationsneigung untersucht werden. Hierzu werden für jedes Laufrad verschiedene Kennlinien auf einem Pumpenprüfstand experimentell ermittelt.

Jedes Laufrad wird sowohl in einer geschlossenen als auch in einer offenen Version getestet, wodurch der Einfluß einer Deckscheibe auf die oben genannten Größen erfaßt werden soll.



Prof. Dr.-Ing. D.-H. Hellmann

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	2
2.1 Kennlinien	2
2.1.1 Anlagenkennlinie	2
2.1.2 Kennlinien von Kreiselpumpen	3
2.1.2.1 Drosselkurve	4
2.1.2.2 Drosselkurvenformen	6
2.1.2.3 Wirkungsgrad und Leistungsaufnahme	8
2.1.3 Betriebspunkt	8
2.2 Kreiselpumpen	9
2.3 Energieumsetzung im Laufrad	10
2.3.1 Geschwindigkeitsplan	10
2.3.2 Eulersche Strömungsmaschinen-Hauptgleichung	11
2.3.3 Der Einfluß der Endlichkeit der Schaufelzahl	12
2.4 Verluste in Kreiselpumpen	14
2.4.1 Innere Energieverluste	14
2.4.1.1 Schaufelverluste	14
2.4.1.2 Spaltverluste	14
2.4.3 Radreibungsverluste	16
2.4.4 Austauschverluste	18
2.4.5 Stoßverluste	18
2.5 Kavitation in Kreiselpumpen	19
2.5.1 Auswirkungen der Kavitation	22
2.5.2 Mechanismus des Blasenzerfalls	23
2.5.3 Der Einfluß von Gasabsorption auf die Kavitation	23
2.6 Die Kenngröße NPSH	24
2.6.1 Beginnende Kavitation und Förderhöhenabfall	25
2.7 Regelung von Kreiselpumpen	28
2.7.1 Drosselregelung	29
2.7.2 Drehzahlregelung	30

2.7.3 Bypassregelung	32
2.8 Laufradgeometrie	32
2.8.1 Spezifische Drehzahl n_q	32
2.8.2 Diffusortheorie	34
2.8.3 Schaufelzahl	37
2.8.4 Einfluß der Saugkante	38
2.8.5 Schaufelwinkel β_2	39
2.8.6 Schaufelform	40
2.8.7 Zusammenhang der Schaufelgeometriegrößen	42
2.8.8 Spalteinfluß	43
2.9 Aufgabe und Anforderungen der PKW-Kühlwasserpumpe	43
3 Versuch	47
3.1 Anlaß und Zielsetzung der Versuche	47
3.2 Prüfstands Aufbau	48
3.3 Versuchsdurchführung	51
4 Auswertung	54
4.1 Beschreibung und Interpretation der ermittelten Drosselkurven	55
4.2 Beschreibung und Interpretation der NPSH ₃ -Verläufe	60
4.3 Vergleich der einzelnen Laufräder	62
4.4 Beurteilung der Meßergebnisse	67
5 Fehlerbetrachtung	69
5.1 Systematische Fehler	69
5.2 Zufällige Fehler	73
5.3 Beurteilung der Glaubwürdigkeit der Meßergebnisse	75
6 Zusammenfassung	77
7 Literaturverzeichnis	79
8 Anhang	80

1 Einleitung

Die Entwicklung von Kraftfahrzeugen wird durch das Bestreben nach einem niedrigen Kraftstoffverbrauch sowie durch die zunehmend strenger werdenden gesetzlichen Beschränkungen bezüglich Abgasemissionen geprägt. Neben Maßnahmen zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs am Motor selbst, versucht man auch den Energiebedarf der vom Motor angetriebenen Aggregate (Lichtmaschine, Ölpumpe, Kühlwasserpumpe, etc.) zu senken.

Der Lehrstuhl für Strömungs- und Verdrängermaschinen der Universität Kaiserslautern wurde beauftragt, das Kühlsystem eines PKW zu untersuchen. Dabei sollen unter anderem auch einzelne Komponenten wie beispielsweise die Kühlwasserpumpe im Hinblick auf Energieeinsparungspotentiale untersucht werden.

Ziel dieser Studienarbeit ist es, eine Auswahl geeigneter Laufräder für eine PKW-Kühlwasserpumpe hinsichtlich des Wirkungsgrads, der Förderhöhe, der Spaltempflichkeit und der Kavitationsneigung zu untersuchen. Die Beurteilung der einzelnen Laufräder erfolgt experimentell auf einem Pumpenprüfstand ermittelten Kennlinien. Weiterhin soll der Einfluß einer Deckscheibe auf die oben genannten Größen erfaßt werden.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Kennlinien

2.1.1 Anlagenkennlinie

Die Anlagenkennlinie, auch Rohrleitungskennlinie genannt, gibt den Zusammenhang zwischen der für den Fördervorgang erforderlichen Förderhöhe der Anlage H_A und dem Förderstrom Q wieder. Die Förderhöhe der Anlage H_A läßt sich wie folgt durch die Anlagendaten ausdrücken:

$$H_A = (z_a - z_e) + \frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g} + \frac{c_a^2 - c_e^2}{2g} + \frac{\Delta p_{ve,a}}{\rho \cdot g}$$

Mit $Q = c_a \cdot A_a = c_e \cdot A_e$ und $\Delta p_v/\rho = \xi \cdot c_a^2/2$ läßt sich der Ausdruck wie folgt umwandeln:

$$H_A = \underbrace{\frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g}}_{(1)} + \underbrace{(z_a - z_e)}_{(2)} + \underbrace{\left[\left(1 - \frac{A_a^2}{A_e^2} \right) + \xi \right] \frac{Q^2}{2g \cdot A_a^2}}_{(3)}$$

mit

ξ Widerstandsbeiwert

A Strömungsquerschnitt

Die ersten beiden Glieder der Gleichung berücksichtigen Niveau- und Druckunterschiede zwischen druck- und saugseitigem Behälter und sind bei stationärem Fördervorgang unabhängig vom Förderstrom. Im dritten Term wurden durch Umformungen die vom Volumenstrom Q abhängigen Ausdrücke wie Geschwindigkeitsänderungen und Reibungsverluste zusammengefaßt. In Bild 2.1 ist der Einfluß der einzelnen Terme auf die Anlagenkennlinie qualitativ dargestellt:

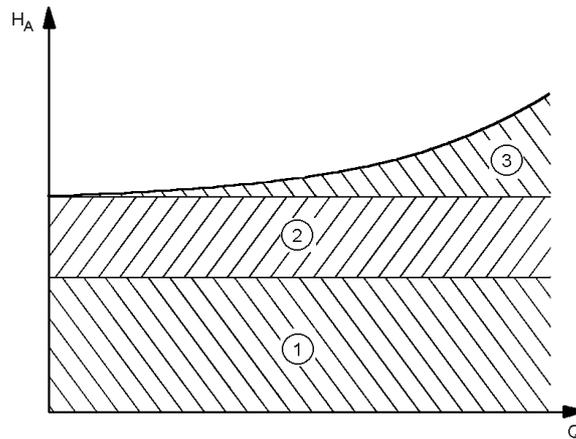


Bild 2.1: Anlagenkennlinie

2.1.2 Kennlinien von Kreiselpumpen

Die Kennlinien von Strömungsarbeitsmaschinen stellen den Verlauf der Förderhöhe H (Drosselkurve), der Leistungsaufnahme P und des Wirkungsgrades η über dem Förderstrom Q bei konstanter Drehzahl dar (Bild 2.2). Bei Kreiselpumpen ist in der Darstellung des vollständigen Kennfeldes noch der Verlauf von $NPSH_R$ über Q enthalten. Der $NPSH_R$ -Wert wird hier zunächst weggelassen, da auf diesen später noch ausführlich eingegangen wird.

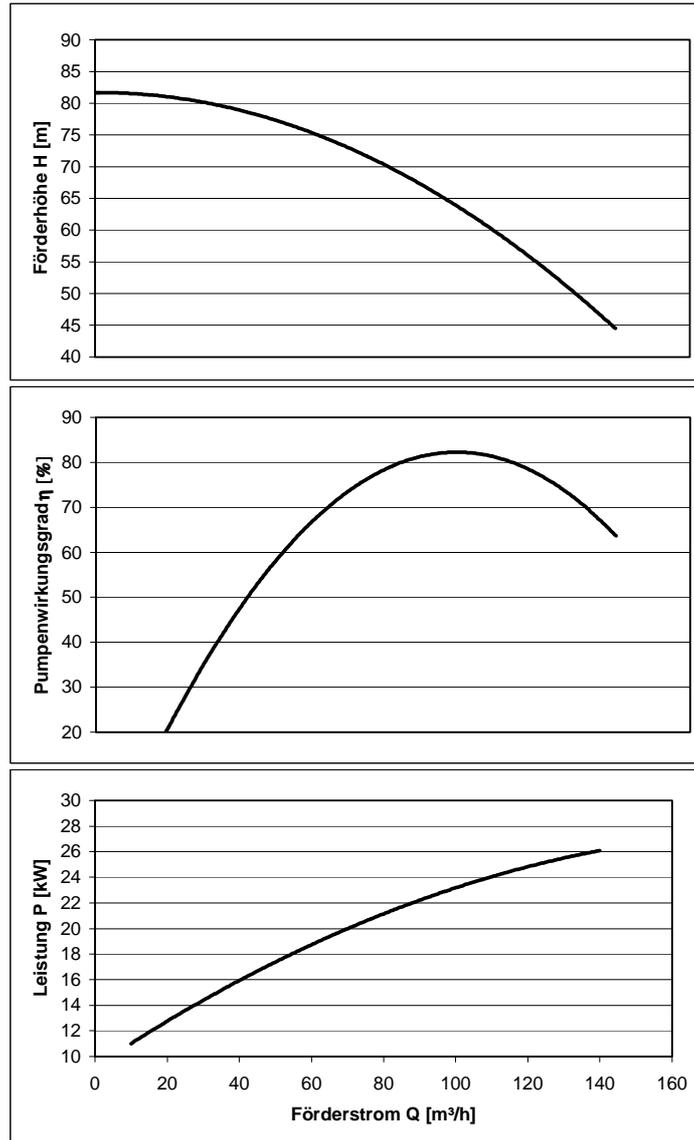


Bild 2.2: Kennfeld einer radialen Kreiselpumpe

2.1.2.1 Drosselkurve

Aus der Eulerschen-Strömungsmaschinen-Hauptgleichung lässt sich die Gleichung für die theoretische Drosselkurve herleiten:

$$H_{\text{theo},\infty} = \frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2 \cdot \text{ctg } \beta_2}{g \cdot b_2 \cdot d_2 \cdot \pi} \cdot Q = \frac{u_2^2}{g} - \frac{n \cdot \text{ctg } \beta_2}{g \cdot b_2} \cdot Q$$