

Abnahmeversuche an Speicherpumpen

DIN
4325

Field acceptance tests of storage pumps

Diese Norm ist eine offizielle Übersetzung der

INTERNATIONAL ELEKTROTECHNICAL COMMISSION

IEC – Recommendation

Publikation 198

1. Auflage

International code for the field acceptance
tests of storage pumps

Für die IEC-Publikation 198 „Abnahmeversuche an Speicherpumpen“ gibt es in keinem Land eine nationale Norm. Von den Herstellern und Betreibern von Speicherpumpen wurde wegen der Internationalität dieses Fachgebietes eine internationale Vereinbarung für notwendig angesehen und deshalb die IEC-Publikation 198 erarbeitet; sie liegt seit 1966 in den offiziellen IEC-Sprachen Englisch und Französisch vor.

Bei Ausschreibungen oder bei der Ausführung von entsprechenden Projekten wird stets diese IEC-Publikation und keine nationale Norm zugrunde gelegt. Deutschsprachige Hersteller (Anbieter) oder Betreiber (Käufer) sind gegenüber englisch- oder französischsprachigen im Nachteil, wenn nicht eine deutsche Fassung dieser IEC-Publikation als deutsche Norm zur Verfügung steht.

Der frühere Präsidialbeschluß, nach dem eine solche Norm den deutschen normungstechnischen Regeln entsprechen muß, ist mit Rücksicht auf die immer stärker werdende Übernahme internationaler Vereinbarungen wegen der besseren Verständigung in diesem Jahre gelockert worden.

Wegen des großen Umfanges der Abnahmeversuche an Speicherpumpen und wegen des nicht zahlreichen Interessentenkreises wäre eine normungstechnische Überarbeitung viel zu aufwendig geworden, so daß man unter Berücksichtigung des Vorgesagten nach sorgfältiger Prüfung bei der IEC-Publikation 198 davon absehen mußte.

Die vorliegende DIN 4325, die im Kurzverfahren der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegen hat, enthält deshalb einige Abweichungen von DIN 820 Blatt 2 in bezug auf die Gliederung, die Darstellungen, die Einheiten und die Formelzeichen.

Eine Gegenüberstellung der in dieser Norm angewendeten Einheiten und der entsprechenden SI-Einheiten wird später angefügt.

Erreicht wurde damit, daß das IEC-Zentralsekretariat DIN 4325 als autorisierte Übersetzung der IEC-Publikation 198 anerkannt hat.

Fachnormenausschuß Maschinenbau im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses, Berlin 30, gestattet.

INTERNATIONALE ELEKTROTECHNISCHE KOMMISSION

(angeschlossen an die Internationale Normen-ORGANISATION — ISO)

EMPFEHLUNGEN DER IEC

Publikation 198

Erste Auflage

1966

Abnahmeversuche an Speicherpumpen

entspricht der IEC-Publikation 198

„International Code for the field
acceptance Tests of storage Pumps“

Übertragung der offiziellen Ausgabe in die deutsche Sprache

Fehlerberichtigungen

DIN 4325 „Abnahmeversuch an Speicherpumpen“ Ausgabe Oktober 1971

Vom Generalsekretariat der IEC wurde mitgeteilt, daß die beiden Bilder, Bild 1 und Bild 2, Fehler enthalten und berichtigt werden müssen. Die Bildunterschriften ändern sich nicht, sie gelten nach wie vor.

Die Benutzer von DIN 4325 werden gebeten, die Bilder 1 und 2 mit den nachstehend berichtigten Darstellungen zu überkleben.

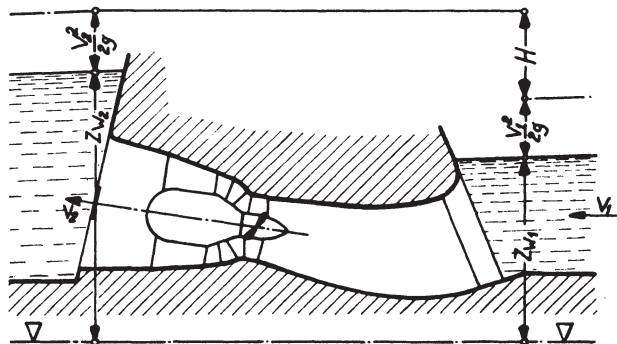


Bild 1.

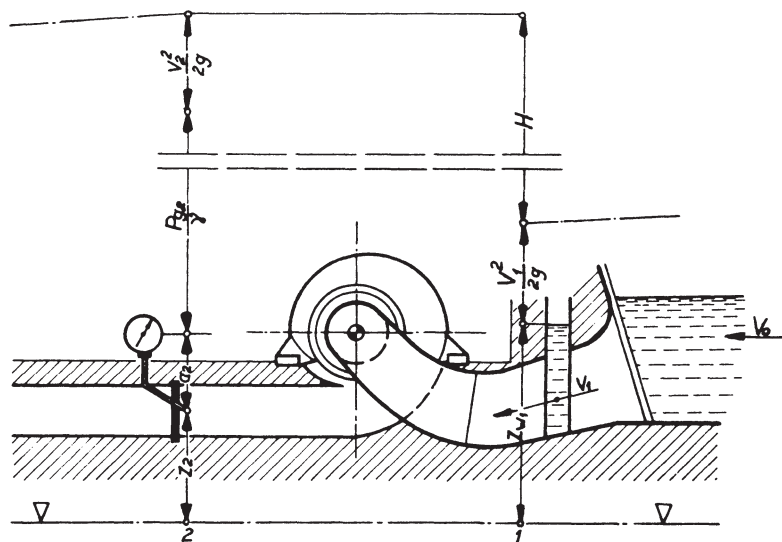


Bild 2.

— Leerseite —

Inhalt

EINLEITUNG	Seite 6
VORWORT	7

TEIL 1 — ALLGEMEINE EMPFEHLUNGEN

Abschnitt I — Zweck und Geltungsbereich

1. Pumpenarten	9
2. Abnahmeversuche	9
3. Nicht behandelte Gebiete	9

Abschnitt II — Begriffe, Definitionen, Zeichen und Einheiten

1. Maßsysteme	10
2. Liste der Begriffe	10
2.1. Durchfluß oder Förderstrom	10
2.2. Querschnittsflächen	10
2.3. Mittlere Geschwindigkeit	11
2.4. Druck	11
2.5. Wichte des Wassers	11
2.6. Förderhöhe	11
2.7. Förderleistung und Leistungsbedarf	15
2.8. Wirkungsgrad	15
2.9. Drehzahl	16
2.10. Kavitation	16
3. Klarstellungen	17
4. Herstellerschild	17
5. Änderung der Wichte 'γ' von Wasser	17
6. Änderung der Fallbeschleunigungskonstante 'g'	17

Abschnitt III — Art und Umfang der technischen Garantien

1. Allgemeines	18
2. Hauptgarantien	18
2.1. Förderstrom	18
2.2. Wirkungsgrad	18
3. Andere Garantien	19
3.1. Grenzleistungsbedarf	19
3.2. Nullförderhöhe und Nulleistungsbedarf	19
3.3. Rücklaufdrehzahl	19
3.4. Kavitationsverschleiß	19
4. Garantiedauer	19

Abschnitt IV — Versuchsbedingungen

1. Im Planungsstadium zu treffende Vorkehrungen für die Durchführung der Messungen	20
2. Zulässige Abweichungen von vertraglich vereinbarten Leistungswerten	20
2.1. Zu erwartende Schwankungen im Betrieb	20
2.2. Schwankungen während der einzelnen Meßreihen	20
2.3. Abweichungen von festgelegter Drehzahl und/oder festgelegter Nettoförderhöhe	20
2.4. Unterwasserspiegel	21
3. Überprüfung der örtlichen Verhältnisse	21

Abschnitt V – Versuchsdurchführung

	Seite
1. Personal	22
1.1. Verantwortung für die Versuche	22
1.2. Versuchsleiter	22
1.3. Personal, Anzahl und Kompetenzbereich	22
1.4. Anwesenheitsrecht	22
2. Versuchsvorbereitungen	22
2.1. Vorlage von Zeichnungen und wichtigen Unterlagen	22
2.2. Überprüfung der Pumpe in der Anlage	22
2.3. Messungen vor den Versuchen	23
2.4. Kontrolle nach den Versuchen	23
3. Festlegung der Versuchsdurchführung	23
3.1. Zustimmung zur Versuchsdurchführung	23
3.2. Allgemeines Versuchsprogramm	23
4. Meßinstrumente	24
4.1. Allgemeines	24
4.2. Eichung der Meßinstrumente	24
5. Ablesungen	24
5.1. Meßprotokolle	24
5.2. Ablesen der Instrumente	24
5.3. Laufradschaukel- und/oder Leitschaukelstellung	25
5.4. Eichkurven	25
5.5. Meßverfahren	25
6. Abzeichnen der Meßprotokolle	25
7. Nichtanerkennung oder Wiederholung der Messungen	25

Abschnitt VI – Auswertung der Meßergebnisse

1. Umrechnung auf Garantiewerte	26
1.1. Meßwerte	26
1.2. Umrechnung der Meßergebnisse	26
1.3. Versuchskurven	26
2. Meßungenauigkeit	26
2.1. Allgemeine Bemerkungen	26
2.2. Bedeutung der Ungenauigkeit oder des Fehlers f_η des Wirkungsgrades η_T	27
2.3. Mittlere Gesamtungenauigkeit	27
2.4. Berechnete Ungenauigkeiten	27
3. Vergleich mit garantierten Werten	27
3.1. Förderstromgarantien	27
3.2. Wirkungsgradgarantien	28
3.3. Ungültige Meßpunkte	30
4. Einzelmeßungenauigkeiten	30
4.1. Durchfluß oder Förderstrom	30
4.2. Freier Wasserspiegel	30
4.3. Druck	31
4.4. Leistungsbedarf	31
4.5. Drehzahl	31
4.6. Pumpenförderhöhe H	31
4.7. Pumpenwirkungsgrad	32

Abschnitt VII – Schlußbericht

1. Ausarbeitung des Berichts	33
2. Inhalt	33

TEIL 2 — MESSMETHODEN

Abschnitt VIII — Messung des Förderstroms	Seite
1. Salz-Geschwindigkeitsmethode	35
2. Flügelmessung	41
3. Salzverdünnungsmessung	55
4. Überfallmessung	56
5. Absolutmessungen durch Wägung und volumetrische Methoden	58
6. Schirmmessung	59
7. Pitot-Rohre	60
8. Blenden, Düsen und Venturidüsen	61
8.1. Blenden und Düsen	61
8.2. Venturidüsen	62
Abschnitt IX — Messung der Förderhöhe	
1. Allgemeine Bemerkungen	63
1.1. Hauptfestpunkte, Abstichpunkte, Bezugspunkte	63
1.2. Beharrungszustand und Häufigkeit der Ablesungen	63
2. Messung der Wasserspiegelhöhe	63
2.1. Wahl der Meßquerschnitte	63
2.2. Meßschächte und Beruhigungskästen	63
2.3. Meßgeräte	64
2.4. Flüssigkeitsmanometer	64
2.5. Messungen unter Verwendung von Druckluft	67
3. Druckmessungen	67
3.1. Wahl der Meßquerschnitte	67
3.2. Anzahl und Lage der Druckmeßanschlüsse	68
3.3. Meßbohrungen	68
3.4. Meßleitungen	69
3.5. Druckmesser	70
3.6. Dämpfungseinrichtungen	74
3.7. Manometer-Eichung	74
4. Unterdruckmessungen	75
4.1. Allgemeines	75
4.2. Meßanschlüsse	76
Abschnitt X — Messung der aufgenommenen Leistung	
1. Allgemeines	77
2. Indirekte Meßmethode für die aufgenommene Leistung	77
3. Direkte Meßmethoden für die aufgenommene Leistung	79
Abschnitt XI — Messung und Aufteilung der Verluste	
1. Allgemeines	81
2. Mechanische Verluste	81
2.1. Messung der verschiedenen mechanischen Verluste	81
3. Wasserverbrauch durch Hilfsmaschinen und Geräte	89
4. Bestimmung des Wirkungsgrades eines elektrischen Generatormotors (oder Motors) durch Erwärmung der Kühlflüssigkeit	89
4.1. Allgemeines	89
4.2. Verlustmessung durch Messung der Erwärmung der Kühlluft	90
4.3. Vorsichtsmaßregeln, die bei den Versuchen zu befolgen sind	92
4.4. Methode zur Messung des Durchflusses und der Erwärmung des Kühlwassers	93
5. Thermodynamische Methode zur Messung des Wirkungsgrades η_η von Pumpen	94
Abschnitt XII — Drehzahlmessung	
1. Drehzahlmessung während des Betriebes	98
2. Rücklauf-Lastabwurf-Drehzahl	98
ANHANG	99

INTERNATIONALE ELEKTROTECHNISCHE KOMMISSION

Internationaler Code für Abnahmeversuche an Speicherpumpen

Einleitung

1. Die formellen Beschlüsse oder Vereinbarungen der IEC über technische Fragen, die durch die technischen Ausschüsse, in denen alle daran interessierten Nationalen Komitees vertreten sind, vorbereitet wurden, drücken soweit als möglich die internationale Ansicht über die behandelten Gegenstände aus.
2. Diese Beschlüsse stellen internationale Empfehlungen dar und sind als solche durch die Nationalen Komitees genehmigt.
3. Im Sinne einer Förderung dieser internationalen Vereinheitlichung spricht die IEC den Wunsch aus, daß alle Nationalen Komitees, die noch keine eigenen Regeln besitzen, bei der Vorbereitung solcher Regeln hierzu die Empfehlungen der IEC als Grundlage verwenden, soweit es die nationalen Gegebenheiten gestatten.
4. Es wird allgemein als wünschenswert erachtet, die internationale Übereinstimmung in diesen Fragen durch das Bemühen zu fördern, die nationalen Regeln über Normalisierungen mit diesen Empfehlungen, soweit es die nationalen Bedingungen gestatten, in Einklang zu bringen. Die Nationalen Komitees verpflichten sich, ihren Einfluß in diesem Sinne geltend zu machen.

Vorwort

1. Die vorliegende Empfehlung wurde vom Technischen Komitee Nr 4, Wasserturbinen, der IEC ausgearbeitet. Sie ist eine Ergänzung zur IEC-Veröffentlichung Nr 41 (1963) „Internationaler Code für Abnahmeversuche an Wasserturbinen“.

2. Große Speicherpumpen werden zusammen mit Wasserturbinen in steigendem Maße in Energie-Speicheranlagen verwendet. In einigen Fällen werden umkehrbare Maschineneinheiten angewendet, die sowohl als Turbine wie auch als Pumpe arbeiten. Dieser Code wurde erarbeitet, um den Bedarf an geeigneten Prüfverfahren auf diesem Gebiet zu decken.

Die Arbeiten an diesen Regeln wurden auf der im Jahre 1959 in Madrid abgehaltenen Sitzung begonnen. Der endgültige, für die Verteilung an die Mitglieder bestimmte Entwurf wurde auf der Sitzung in Interlaken 1961 angenommen.

Dieser wurde den Nationalen Komitees im September 1962 zur Verabschiedung unter der 6-Monatsregel unterbreitet.

Folgende Länder haben sich ausdrücklich im zustimmenden Sinne für eine Veröffentlichung ausgesprochen.

Australien	Norwegen
Belgien	Österreich
Deutschland	Portugal
Frankreich	Rumänien
Großbritannien	Schweden
Indien	Schweiz
Italien	Tschechoslowakei
Japan	Türkei
Jugoslawien	USSR
Kanada	USA

Da diese Regeln den ersten Versuch auf diesem Gebiet darstellen, können sich ergebende Mängel nach einigen Jahren eine Überarbeitung wünschenswert erscheinen lassen.

Mögen sich die Regeln jedoch in der Zwischenzeit als brauchbare Unterlage zur Beurteilung des Betriebsverhaltens von großen Speicherpumpen erweisen.

Internationale Regeln für Abnahmeversuche an Speicherpumpen

Teil 1 - Allgemeine Empfehlungen

ABSCHNITT I — ZWECK UND GELTUNGSBEREICH

Die vorliegenden Regeln für die Durchführung von Abnahmeversuchen an Speicherpumpen legen die verwendeten Begriffe und Größen, ferner die Untersuchungsverfahren und die Meßmethoden für die in Frage kommenden Größen im Hinblick auf die Ermittlung der Leistungswerte der Pumpe sowie die Überprüfung der Garantien fest.

1. Pumpenarten

Die Regeln gelten für alle Größen und Arten von Speicherpumpen und Pumpenturbinen. Sie beziehen sich jedoch in erster Linie auf Pumpen, die direkt mit Elektromotoren und Generatormotoren gekuppelt sind¹⁾.

2. Abnahmeversuche

2.1. Die Regeln enthalten die Durchführungsbestimmungen für die Versuche zur Überprüfung der abgegebenen Garantien in der Anlage. Die Regeln legen die Durchführung der Versuche fest und schreiben die zu treffenden Maßnahmen vor, wenn die Versuchsergebnisse angefochten werden. Es werden außerdem die Auswertung der Meßergebnisse sowie Umfang, Inhalt und die Form des Versuchsberichtes behandelt.

2.2. Abnahmeversuche an Modellen werden in einer anderen Regel behandelt²⁾.

3. Nicht behandelte Gebiete

3.1. Aus den Regeln sind alle kaufmännischen Belange ausgeklammert, es sei denn, sie ständen in direktem Zusammenhang mit der Durchführung der Abnahmeversuche.

3.2. Die Regeln befassen sich nicht mit den konstruktiven Einzelheiten der Speicherpumpe oder den mechanischen Eigenschaften von Konstruktionsteilen.

¹⁾ Bei Pumpenturbinen werden die Turbinenleistungswerte nach der IEC-Veröffentlichung 41 „Internationaler Code für die Abnahmeversuche an Wasserturbinen in Kraftwerken“ bestimmt.

²⁾ In Vorbereitung.

ABSCHNITT II – BEGRIFFE, DEFINITIONEN, ZEICHEN, EINHEITEN**1. Maßsysteme**

Die Regeln wurden durchweg auf das metrische System abgestellt. Andere Systeme sind jedoch zulässig.

2. Liste der Begriffe

Begriffe, Definitionen, Zeichen und Einheiten, wie sie in den Regeln Verwendung finden, sind nachstehend zusammengestellt.

Begriff		Definition	Zeichen	Einheit
2.1.	Durchfluß oder Förderstrom	Durch einen festgelegten Querschnitt in der Zeiteinheit fließende Wassermenge	Q	m^3/s
2.1.1.	Förderstrom der Pumpe	Von der Pumpe in der Zeiteinheit geförderte Wassermenge abzüglich des an den Wellenabdichtungen und Entlastungsleitungen austretenden Wassers, jedoch einschließlich ¹⁾ des zum Betrieb des Generatormotors oder Motors und der Hilfsmaschinen sowie zur Kühlung aller Lager benötigten Wassers, falls dieses aus dem Förderstrom der Pumpe stammt.	Q	m^3/s
2.1.2.	Garantierter Förderstrom	Pumpenförderstrom bei garantierter Drehzahl und garantierter Förderhöhe	Q_r	m^3/s
2.1.3.	Mindestförderstrom	Kleinst zulässiger Pumpenförderstrom bei garantierter Drehzahl	$Q_{\min}$	m^3/s
2.1.4.	Größter Förderstrom	Größter zulässiger Pumpenförderstrom bei garantierter Drehzahl	$Q_{\max}$	m^3/s
2.2.	Querschnittsflächen	Zur Strömungsrichtung senkrecht stehende Querschnittsflächen	A	m^2
2.2.1.	Eintrittsquerschnitt	a) bei Anlagen mit separatem Saugrohr für jede Pumpe: die Fläche des vereinbarten Meßquerschnitts in der Nähe des Eintrittsendes des Saugrohrs (siehe Bild 1, 2 und 3, Seite 17 und 19). b) bei Anlagen mit gemeinsamem Saugrohr: die Fläche des vereinbarten Meßquerschnitts in der Nähe des Saugstutzens stromabwärts ²⁾ vom Einlaß-Absperrorgan (siehe Bild 3, Seite 19) gelegen.	A_1	m^2
2.2.2.	Austrittsquerschnitt	a) bei Anlagen mit offener Wasserführung: die Fläche des gewählten Meßquerschnitts stromaufwärts ²⁾ vom Pumpenaustrittsrechnen, wenn vorhanden) (siehe Bild 1, Seite 17) b) bei Anlagen mit geschlossener Wasserführung: die Fläche des gewählten Meßquerschnitts in der Nähe des Druckstutzens stromaufwärts ²⁾ vom druckseitigen Absperrorgan gelegen (siehe Bild 2 und 3, Seite 19).	A_2	m^2

¹⁾ Diese Wassermenge darf nicht unberücksichtigt bleiben, falls sie vom Pumpenförderstrom zwischen der Pumpe und dem Meßquerschnitt für den Förderstrom entnommen wurde.

²⁾ „Stromabwärts“ bedeutet in dieser Regel „nach . . .“ im Sinne der Strömung bei Pumpenbetrieb. „Stromaufwärts“ bedeutet „vor . . .“ im Sinne der Strömung bei Pumpenbetrieb. Es muß darauf hingewiesen werden, daß „stromaufwärts“ bei einer Turbinenpumpe in „stromabwärts“ und „stromabwärts“ in „stromaufwärts“ geändert werden muß, wenn von Pumpenbetrieb in Turbinenbetrieb übergegangen wird und umgekehrt.

Begriff		Definition	Zeichen	Einheit
2.3.	Mittlere Geschwindigkeit	Durchfluß dividiert durch die Querschnittsfläche	v	m/s
2.3.1.	Mittlere Eintrittsgeschwindigkeit	$v_1 = \frac{Q}{A_1}$	v_1	m/s
2.3.2.	Mittlere Austrittsgeschwindigkeit	$v_2 = \frac{Q}{A_2}$	v_2	m/s
2.4.	D r u c k	Druck an irgendeiner Stelle des Systems ausgedrückt als Kraft je Flächeneinheit	p	kp/cm ²
2.4.1.	Manometerdruck	Am Manometer abgelesener Wert für den Druck über dem atmosphärischen Druck an irgendeiner Stelle des Systems	p_g	kp/cm ²
2.4.2.	Druck am Pumpeneintritt	Manometerdruck p_{g1} an der saugseitigen Meßstelle unter Berücksichtigung der Höhenlage des Meßinstruments (siehe Unterabschnitte II 2.6.3, II 2.6.4 und II 2.6.5)	p_1	kp/cm ²
2.4.3.	Druck am Pumpenausritt	Manometer p_{g2} an der druckseitigen Meßstelle unter Berücksichtigung der Höhenlage des Meßinstruments (siehe Unterabschnitte II 2.6.3, II 2.6.4 und II 2.6.6)	p_2	kp/cm ²
2.5.	W i c h t e d e s W a s s e r s	Gewichtskraft der Volumeinheit des geförderten Wassers in Luft ¹⁾	γ	kp/dm ³
2.6.	F ö r d e r h ö h e			m
2.6.1.	Höhenlage (geodätische Höhe)	Geodätische Höhe eines Meßpunktes über dem mittleren Meeresspiegel oder einer anderen Bezugshöhe	z	m
2.6.2.	Wasserspiegelhöhe	Höhe des Wasserspiegels über dem Meere oder einer anderen Bezugsebene	z_w	m
2.6.3.	Höhenlage des Meßinstrumentes	Höhenunterschied zwischen dem Wert für welchen das Meßinstrument geeicht ist und der Lage der Meßstelle	a	m
2.6.4.	Druckhöhe	Energiehöhe entsprechend dem Druck an irgendeiner Stelle des Systems $h_p = \frac{K \cdot p}{\gamma} = \frac{K \cdot p_g}{\gamma} + a$ K = 10 bei Verwendung des metrischen Systems	h_p	m

¹⁾ Tabellierte Werte von γ siehe Abschnitt II, Unterabschnitt 6, Seite 17.

Begriff		Definition	Zeichen	Einheit
2.6.5.	Druckhöhe am Pumpeneintritt	Die Druckhöhe entsprechend dem Druck am Pumpeneintritt $h_{p1} = \frac{K \cdot p_1}{\gamma} = \frac{K \cdot p_{g1}}{\gamma} + a_1$	h_{p1}	m
2.6.6.	Druckhöhe am Pumpenaustritt	Die Druckhöhe entsprechend dem Druck am Pumpenaustritt $h_{p2} = \frac{K \cdot p_2}{\gamma} = \frac{K \cdot p_{g2}}{\gamma} + a_2$	h_{p2}	m
2.6.7.	Geschwindigkeitshöhe	Energiehöhe entsprechend dem Quotienten aus dem Quadrat der mittleren Wassergeschwindigkeit dividiert durch $2g$ $h_v = \frac{v^2}{2g}$	h_v	m
2.6.8.	Energiehöhe	Die Summe aus Höhenlage, Druck- und Geschwindigkeitshöhe in einem bestimmten Querschnitt $h_t = z + h_p + h_v$	h_t	m
2.6.9.	Nettoförderhöhe	Förderhöhe der Pumpe als Unterschied der Energiehöhen am Austritt und am Eintritt: $H = h_{t2} - h_{t1}.$ Damit ist $H = (z_2 + h_{p2} + h_{v2}) - (z_1 + h_{p1} + h_{v1})$ woraus sich mit dem Unterabschnitt II 2.6.5, II 2.6.6 und II 2.6.7 ergibt: $H = [(z_2 + a_2) - (z_1 + a_1)] + K \frac{(p_{g2} - p_{g1})}{\gamma} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g}$ (Siehe Bildbeispiel 3) In einigen Fällen wird die Wasserspiegelhöhe z_{w1} verwendet, anstatt $z_1 + a_1 + \frac{K \cdot p_{g1}}{\gamma}$ und/oder Wasserspiegelhöhe z_{w2} anstatt $z_2 + a_2 + \frac{K \cdot p_{g2}}{\gamma}$ (Siehe Bildbeispiele 1 und 2)	H	m

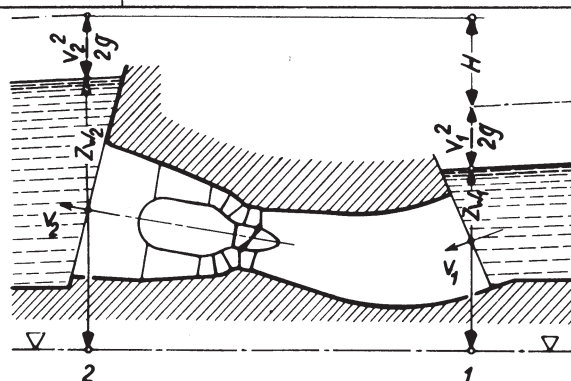


Bild 1. Kaplan-Pumpe

$$H = (z_{w2} - z_{w1}) + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g}$$

1) Tabellierte Werte von g siehe Abschnitt II, Unterabschnitt 6, Seite 17.

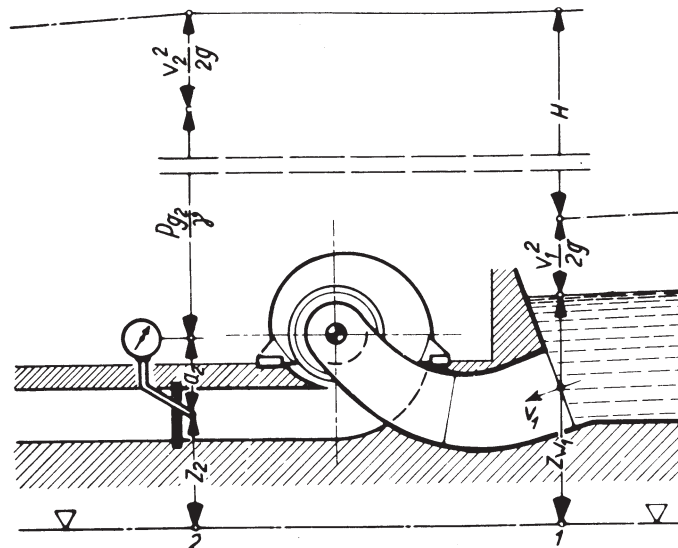


Bild 2. Zentrifugalpumpe – Horizontale Welle

$$H = (z_2 + a_2 - z_{w1}) + K \frac{p_{g2}^2}{\gamma} + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g}$$

$K = 10$ mit metrischen Einheiten aus Unterabschnitt 2.2

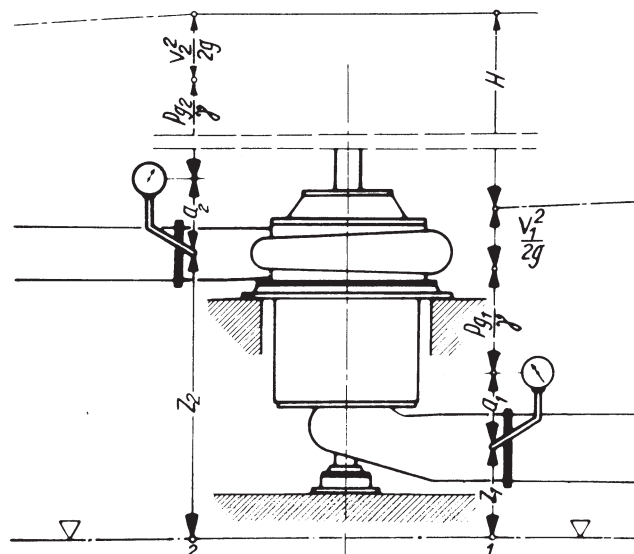
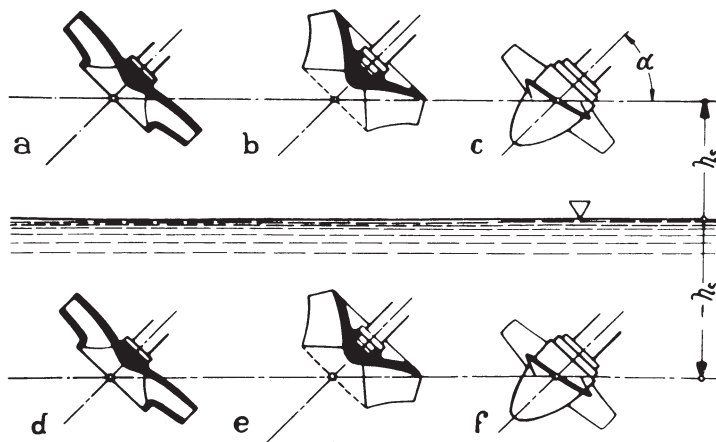


Bild 3. Zentrifugalpumpe – Vertikale Welle

$$H = (z_2 + a_2 - z_1 - a_1) + K \frac{(p_{g2} - p_{g1})}{\gamma} + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g}$$

$K = 10$ mit metrischen Einheiten aus Unterabschnitt 2.2

Begriff		Definition	Zeichen	Einheit
2.6.10.	Garantierte Förderhöhe	Nettoförderhöhe, für die die Pumpe bestellt ist	H_r	m
2.6.11.	Nullförderhöhe	Nettoförderhöhe bei $Q = 0$ und garantierter Drehzahl	H_0	m
2.6.12.	Maximale zulässige Förderhöhe	Höchstzulässige Nettoförderhöhe bei der kleinsten Drehzahl (Pumpbetrieb)	$H_{\max}$	m
2.6.13.	Minimale zulässige Förderhöhe	Kleinste zulässige Nettoförderhöhe bei der höchsten Drehzahl (Pumpbetrieb)	$H_{\min}$	m
2.6.14.	Bruttoförderhöhe	Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasserspiegel an den Anlagengrenzen bei Wasserstrom = 0	H_g	m
2.6.15.	Verlusthöhe	Energieverlust zwischen zwei beliebigen Querschnitten	H_l	m
2.6.16.	Barometrische Höhe	Luftdruck am Aufstellungsort der Pumpe in m Wassersäule bei der Temperatur des geförderten Wassers	h_b	m
2.6.17.	Dampfdruckhöhe	Zur Temperatur des geförderten Wassers gehörender Dampfdruck in m Wassersäule	h_w	m
2.6.18.	Geodätische Saughöhe	Höhenlage des Laufrades der ersten Stufe über ¹⁾ dem Unterwasserspiegel (siehe Bild 4)	h_s	m

Bild 4. Definition der geodätischen Saughöhe h_s

$$0 \leq \alpha \leq 90^\circ.$$

a) Zentrifugal-Pumpe

b) Mischförder-Pumpe

c) Propeller-Pumpe

+ h_s = positive Saughöhe- h_s = negative Saughöhe
 Saugwasserspiegel

¹⁾ Die geodätische Saughöhe ist negativ, wenn sich das Laufrad unter dem Unterwasserspiegel befindet.

Begriff		Definition	Zeichen	Einheit
2.6.19.	Haltedruckhöhe (NPSH)	Die Summe von: a) Druckhöhe h_{p1} am Pumpeneintritt (oder am Laufradeintritt der ersten Stufe) (siehe Bild 4); b) Geschwindigkeitshöhe h_{v1} an derselben Stelle wie bei a); c) Barometerhöhe h_b und minus: d) Dampfdruckhöhe h_w ; Daraus: $h_{NS} = h_{p1} + h_{v1} + h_b - h_w$	h_{NS} oder (NPSH)	m
2.7.	Förderleistung und Leistungsbedarf			
2.7.1.	Förderleistung	Hydraulisches Leistungsäquivalent des Förderstromes Q bei der Nettoförderhöhe H : $P_a = K' \cdot \gamma \cdot Q \cdot H$ $K' = 9,80665$ oder angenähert $1000/102$ für das hier verwendete metrische Maßsystem.	P_h	kW
2.7.2.	Leistungsbedarf	Mechanische Leistungsaufnahme an der Pumpenwelle. Sie ergibt sich zu: a) Leistungsaufnahme des Generatormotors (oder Motors) an den Motorklemmen minus der Summe: b) der mechanischen und elektrischen Verluste im Generatormotor (oder Motor) c) bei Anlagen mit gemeinsamem Axiallager: Anteilige Lagerverluste des Generatormotors (oder Motors) d) der Getriebeverluste und Ventilationsverluste aller umlaufenden Teile außerhalb der Pumpe (Schwungrad, Anwurf-turbinenrad, in Luft mitlaufendes Turbinenrad usw.) e) Leistungsbedarf direkt angetriebener Hilfsmaschinen. Die Summe dieser Verluste ist $P_l = P_b + P_c + P_d + P_e$ Daraus: $P = P_a - P_l$	P P_a P_b P_c P_d P_e P_l	kW kW kW kW kW kW kW
2.7.3.	Garantierter Leistungsbedarf	Leistungsaufnahme der Pumpe bei garantierter Nettoförderhöhe	P_r	kW
2.7.4.	Nulleistungsbedarf	Leistungsaufnahme bei $Q = 0$ und garantierter Drehzahl	P_0	kW
2.7.5.	Grenzleistungsbedarf	Höchste noch zulässige Leistungsaufnahme der Pumpe bei der höchsten angegebenen Drehzahl und der ungünstigsten Pumpenförderhöhe innerhalb des vorgeschriebenen Förderhöhen-Bereichs.	P_{max}	kW
2.8.	Wirkungsgrad			
2.8.1.	Pumpenwirkungsgrad	Verhältnis der Förderleistung zum Leistungsbedarf $\eta = 100 \frac{P_h}{P}$	η	%

Begriff		Definition	Zeichen	Einheit
2.8.2.	Gewichteter mittlerer Wirkungsgrad	Der gewichtete mittlere Wirkungsgrad mit den einzelnen Werten $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots$ bei den garantierten Förderströmen (oder den Nettoförderströmen) und den zugehörigen für diese Förderströme (oder die Nettoförderströme) vereinbarten Gewichten $w_1, w_2, w_3, \dots$ nach der Formel $\eta_w = \frac{w_1 \cdot \eta_1 + w_2 \cdot \eta_2 + w_3 \cdot \eta_3 + \dots}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots}$ berechnet.	η_w	(%)
2.8.3.	Mittlerer arithmetischer Wirkungsgrad	Der in 2.8.2 definierte mittlere Wirkungsgrad mit: $w_1 = w_2 = w_3 = \dots = 1$	η_a	(%)
2.8.4.	Mittlerer planimetrischer Wirkungsgrad	Mittlere Höhe der Wirkungsgradkurve innerhalb des Garantiebereichs,	η_{pl}	(%)
2.8.5.	Mechanischer ¹⁾ Wirkungsgrad	$\eta_m = 100 \frac{(P\text{-mech. Verluste in der Pumpe})}{P}$	η_m	(%)
2.8.6.	Hydraulischer Wirkungsgrad ¹⁾	$\eta_h = 100 \frac{\eta}{\eta_m}$	η_h	(%)
2.9.	Drehzahl	Zahl der Umdrehungen je Zeiteinheit	n	U/min
2.9.1.	Garantierte Drehzahl	Drehzahl, für die die Pumpe bestellt ist.	n_r	U/min
2.9.2.	Maximal-Drehzahl	Höchste zulässige Betriebsdrehzahl der Pumpe	n_{max}	U/min
2.9.3.	Minimal-Drehzahl	Niedrigste noch zulässige Betriebsdrehzahl der Pumpe	n_{min}	U/min
2.9.4.	Rücklaufdurchgangsdrehzahl	Höchste Drehzahl, die die Pumpe — als Turbine laufend — unter den ungünstigsten Betriebsverhältnissen erreichen kann.	n_R	U/min
2.10.	Kavitation			
2.10.1.	Definition	Kavitation ist die Bildung von Dampfblasen infolge örtlicher Druckabsenkungen und ihr anschließendes schlagartiges Zusammenbrechen.		
2.10.2.	Kavitationsverschleiß	Kavitationsverschleiß über einen bestimmten Zeitraum kann durch a) die abgetragene Materialmenge²⁾ oder b) durch Wiegen des bei der Ausbesserung der angegriffenen Oberflächen bis zur Wiederherstellung der ursprünglichen Abmessungen verbrauchten Schweißgutes oder c) aus dem Zeitaufwand für die Ausbesserungsarbeiten ermittelt werden.		

¹⁾ Siehe Bemerkungen auf Seite 94, Unterabschnitt XI. 5.

²⁾ Die Gewichtsveränderung kann berechnet werden, indem der räumliche Materialverlust mit der Wichte des Werkstoffes multipliziert wird. Die räumliche Materialverringerung wird dabei bestimmt, entweder durch Ausmessen der Erosionsfläche und ihrer durchschnittlichen Tiefe oder durch Wiegen der zur Wiederherstellung der ursprünglichen Oberfläche benötigten Menge eines wieder entfernbaren Kunststoffes und Berücksichtigung der Wichte dieses Materials.

3. Klarstellungen

Umstrittene Begriffe, Begriffserklärungen oder Maßeinheiten sind von den Vertragspartnern vor Beginn der Versuche schriftlich abzuklären.

4. Herstellerschild

An jeder Pumpe ist ein Leistungsschild anzubringen, das in leserlicher und dauerhafter Form die nachstehenden Daten enthält:

Name des Herstellers

Jahr Serien Nr.:

Förderhöhe m

Förderstrom m³/s

Drehzahl U/min

Leistungsbedarf kW

5. Änderung der Wichte 'γ' von Wasser

Bezüglich der Änderung von γ , der Wichte von Wasser, in Abhängigkeit von Breitengrad, Temperatur und Höhe über dem mittleren Wasserspiegel, wird auf Anhang Tabelle I Seite 99 verwiesen¹⁾.

6. Änderung der Fallbeschleunigungskonstante 'g'

Bezüglich der Änderung der Erdbeschleunigungskonstante g , in Abhängigkeit von Breitengrad und Höhe über mittlerem Wasserspiegel, wird auf Anhang II, Seite 100 verwiesen.

¹⁾ Die Werte von γ in dieser Tabelle sind hinsichtlich des Auftriebs in Luft korrigiert.

ABSCHNITT III — ART UND UMFANG DER TECHNISCHEN GARANTIE

1. Allgemeines

Neben den Hauptgarantien für Förderstrom und Wirkungsgrad der Pumpe werden manchmal auch Garantien für Nullförderhöhe und Nulleistungsbedarf, Grenzleistungsbedarf, Rücklaufdrehzahl und Kavitationsverschleiß in den Vertrag aufgenommen.

Dem Hersteller der Pumpe sind vom Kunden einwandfreie, vollständige und brauchbare Unterlagen über die Wasserführung vom Einlaufbauwerk bis zum Speicherbecken mit allen dazugehörigen Einrichtungen über alle mitangetriebenen Maschinen elektrischer oder nichtelektrischer Art mit ihren umlaufenden Maschinenteilen sowie über Abschlußorgane, Schützen und ähnliche Einrichtungen zur Verfügung zu stellen.

Der Hersteller ist nicht verantwortlich für die Werte der Nettoförderhöhe, auf die sich die Förderströme und andere Garantien beziehen, selbst wenn er oder sein Vertreter die für die Festlegungen derselben notwendigen Messungen und Berechnungen durchgeführt hat.

Der Elektromotor oder Generatormotor ist mit seinen Hilfsmaschinen gültigen Abnahmeversuchen zu unterwerfen, wenn er zur indirekten Messung des Leistungsbedarfs der Pumpe herangezogen werden soll. Der Pumpenhersteller oder sein Vertreter hat das Recht, diesem Versuch beizuwohnen. Die Auswertung des Motorenabnahmeversuchs und deren Ergebnis sind dem Pumpenhersteller nach Vereinbarung in einer beglaubigten Abschrift zu übergeben.

2. Hauptgarantien

2.1. Förderstrom

Die für den Förderstrom abgegebene Garantie ist erfüllt, wenn die Pumpe bei garantierter Drehzahl erbringt:

- bei der Nenn-Förderhöhe H_r nicht weniger als k mal und nicht mehr als $(k + 0,1)$ mal dem garantierten Förderstrom, wobei k eine gegenseitig abgestimmte Zahl zwischen 0,9 und 1,0 ist,
 - bei der maximalen Förderhöhe nicht weniger als den garantierten minimalen Förderstrom $Q_{\min}$ und
 - bei der minimalen Förderhöhe nicht mehr als den garantierten maximalen Förderstrom $Q_{\max}$.
- Die Nennförderhöhe kann entweder mit der maximalen Förderhöhe oder mit der minimalen Förderhöhe oder mit irgendeiner Förderhöhe, gewählt zwischen Maximum und Minimum, übereinstimmen.

2.2. Wirkungsgrad

2.2.1. Die Wirkungsgradgarantien gelten als erfüllt, wenn die ermittelten Wirkungsgrade nicht unter den garantierten Werten liegen.

Die Garantien können wie folgt abgegeben werden:

2.2.2. Als Funktion der Förderhöhe

- für die garantierte Nennförderhöhe und für andere festgelegte Förderhöhen,
- als gewichtetes Mittel des Wirkungsgrades über einen Förderhöhenbereich (Unterabschnitt II. 2.8.2),
- als arithmetisches Mittel des Wirkungsgrades über einen Förderhöhenbereich (Unterabschnitt II. 2.8.3),
- als planimetrisches Mittel des Wirkungsgrades über einen Förderhöhenbereich (Unterabschnitt II. 2.8.4).

Die Garantien können verlangt und abgegeben werden

- für nicht-verstellbare Pumpen bei verschiedenen festgelegten Drehzahlen,
- für Pumpen mit verstellbaren Laufradschaufeln und/oder verstellbaren Leitschaufeln bei verschiedenen festgelegten Drehzahlen und/oder bei verschiedenen festgelegten Förderströmen.

2.2.3. Als Funktion der Nettoförderhöhe

- a) für die garantierte Nettoförderhöhe und für andere festgelegte Nettoförderhöhen,
- b) als gewichtetes Mittel des Wirkungsgrades über einen Bereich der Nettoförderhöhe (Unterabschnitt II 2.8.2),
- c) als arithmetisches Mittel des Wirkungsgrades über einen Bereich der Nettoförderhöhe (Unterabschnitt II 2.8.3),
- d) als planimetrisches Mittel über einen Bereich des Wirkungsgrades der Nettoförderhöhe (Unterabschnitt II 2.8.4).

Die Garantien können für verschiedene festgelegte Förderströme¹⁾ und/oder für verschiedene festgelegte Drehzahlen verlangt und abgegeben werden.

3. Andere Garantien**3.1. Grenzleistungsbedarf**

Die größte Leistungsaufnahme bei höchstzulässiger Drehzahl und ungünstiger Förderhöhe innerhalb eines vorgeschriebenen Bereichs kann ebenfalls garantiert werden (Unterabschnitt II 7.5).

3.2. Nullförderhöhe und NulleLeistungsbedarf

Zusätzliche Garantien können sich auf die noch zulässigen Werte von Nullförderhöhe und NulleLeistungsbedarf bei einer bestimmten Drehzahl beziehen.

3.3. Rücklaufdrehzahl

Es kann eine Garantie dafür abgegeben werden, daß die Rücklaufdrehzahl bei einer bestimmten Förderhöhe und ungünstigen Betriebsverhältnissen einen bestimmten Wert nicht überschreitet.

3.4. Kavitationsverschleiß

Unter der Voraussetzung, daß die Pumpe nur innerhalb der festgelegten Grenzen von Förderstrom, geodätischer Förderhöhe, Drehzahl, Wassertemperatur und Saugverhältnisse (geodätische Saughöhe oder Haltedruckhöhe) arbeitet, kann eine Garantie über die Höhe des Kavitationsverschleißes (Unterabschnitt II 2.10.2) verlangt und abgegeben werden.

4. Garantiedauer

Die angebotene und abgegebene Garantie gilt vom Zeitpunkt der vereinbarten Übernahme an gerechnet ohne Unterbrechung für die Dauer von 12 bis 24 Monaten, wenn keine gegenteiligen Abmachungen vorliegen.

¹⁾ Für Pumpen mit verstellbarem Laufrad und/oder verstellbaren Leitschaufeln.

ABSCHNITT IV — VERSUCHSBEDINGUNGEN

1. Im Planungsstadium zu treffende Vorkehrungen für die Durchführung der Messungen

Es wird empfohlen, schon im Planungsstadium den Erfordernissen der Abnahmeversuche ausreichend Rechnung zu tragen. Das gilt besonders für die Messung von Förderstrom und Förderhöhe. Die Wahl des Verfahrens für die Förderstrommessung sollte bereits zu diesem Zeitpunkt getroffen und berücksichtigt werden.

Auf die Versuchsbedingungen sollte auch in der Anfrage eines eventuellen Auftraggebers oder seines Vertreters an die in Frage kommenden Hersteller eingegangen werden. Es ist dabei ausdrücklich zu erwähnen, daß die Abnahmeversuche nach den vorliegenden Regeln durchgeführt werden sollen bzw. in welchen Einheiten davon abzugehen die Absicht besteht.

2. Zulässige Abweichungen von vertraglich vereinbarten Leistungswerten

2.1. Zu erwartende Schwankungen im Betrieb

Beim Betrieb einer Pumpenspeicheranlage kommen im allgemeinen gewisse Schwankungen in der Förderhöhe vor. Es wird daher empfohlen, in die den Herstellern — bei einer Anfrage — zur Verfügung gestellten Unterlagen Angaben über die zu erwartende normale, kleinste und größte Förderhöhe aufzunehmen, für die die Garantien hinsichtlich Förderhöhe und Wirkungsgrad gelten sollen.

Während der Versuche gegebenenfalls auftretende Schwankungen der festgelegten Werte sollten sich in den folgenden Grenzen halten: 1)

2.2. Schwankungen während der einzelnen Meßreihen

Die Messungen sind bei konstanter Drehzahl, konstanter Förderhöhe und konstanter Leistungsaufnahme durchzuführen, wobei die folgenden Toleranzen gelten:

- a) Drehzahlschwankungen sollten $\pm 0,5$ % der mittleren Drehzahl nicht überschreiten,
- b) Schwankungen in der Förderhöhe sollten $\pm 1,0$ % der mittleren Förderhöhe nicht überschreiten,
- c) Schwankungen in der Leistungsaufnahme sollten $\pm 1,5$ % der mittleren Pumpenleistungsaufnahme nicht überschreiten.

2.3. Abweichungen von festgelegter Drehzahl und/oder festgelegter Nettoförderhöhe

2.3.1. Während der gesamten Abnahmeversuche darf die tatsächliche mittlere Drehzahl für jede Meßreihe nicht mehr als $\pm 1,5$ % vom festgelegten Wert abweichen, wenn die Förderhöhe gemäß Unterabschnitt IV 2.1 auf dem festgelegten Wert gehalten wird.

Desgleichen darf für die Dauer der Abnahmeversuche die Nettoförderhöhe bei den einzelnen Messungen nicht mehr als $\pm 3,0$ % vom festgelegten Wert abweichen, wenn die Drehzahl gemäß IV 2.1 auf dem festgelegten Wert gehalten wird.

2.3.2. Die Drehzahlschwankung darf nicht mehr als $\pm 5,0$ % betragen, wenn die Nettoförderhöhe während der einzelnen Meßreihen entsprechend der Bezeichnung

$$\left(\frac{H_T}{H_r} \right) = \left(\frac{n_T}{n_r} \right)^2$$

eingestellt wird.

Die Indizes 'r' und 'T' beziehen sich auf die garantierten bzw. auf die tatsächlichen Zustandswerte.

1) Siehe auch Unterabschnitte II 2.1.3, II 2.1.4, II 2.6.12, II 2.6.13, II 2.9.2 und II 2.9.3

2.4. U n t e r w a s s e r s p i e g e l

Der Unterwasserspiegel darf nicht unter das im Vertrag festgelegte Niveau absinken. Falls die tatsächliche Nettoförderhöhe und Drehzahl von der garantierten Förderhöhe und Drehzahl nach IV 2.3 abweichen, dürfen die Kavitationsverhältnisse nicht ungünstiger sein, als die für die garantierten Werte errechneten.

3. Überprüfung der örtlichen Verhältnisse

Um sicherzustellen, daß die unter IV 2 sowie die in Teil II (Abschnitt VIII bis XII) genannten Vorkehrungen für die Anwendung der gewählten Meßverfahren getroffen wurden, ist vor Durchführung der Messungen eine Überprüfung in der Anlage vorzunehmen. Hierbei sollte auch der Zustand des Wassers geprüft werden.

Das Wasser darf keine nennenswerten Mengen von Rinde, Blättern, Gras und anderen Fremdkörpern enthalten, die sich an den Schaufelkanten festsetzen und den Durchfluß durch die Pumpe ungünstig beeinflussen könnten. Ebenso wenig darf das Wasser nennenswerte Mengen von Sand und Schlamm enthalten, die Dichtringe und Labyrinth rasch verschleifen würden.

ABSCHNITT V – VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

1. Personal

Die Wahl der mit der Durchführung der Versuche zu betrauenden Fachleute und alle damit im Zusammenhang stehenden Fragen sind von besonderer Wichtigkeit.

1.1. Verantwortung für die Versuche

Wenn nicht anders im Vertrag festgelegt, haben beide Vertragspartner hinsichtlich der Auswahl der Meßverfahren und der Versuchsdurchführung sowie der Auswahl des Personals gleiche Rechte. Mit der Durchführung der Messungen sind nach Möglichkeit neutrale Fachleute zu betrauen.

1.2. Versuchsleiter

Der Versuchsleiter ist im gegenseitigen Einvernehmen der Vertragspartner zu ernennen. Alle mit den Messungen befaßten Personen sind ihm unterstellt. Er leitet und überwacht die Messungen und berichtet über die Versuchsbedingungen. Er ist für alle Messungen, die Auswertung der Meßergebnisse und die Ausarbeitung des Versuchsberichtes verantwortlich. In allen Fragen, die sich im Zusammenhang mit den Prüfungen und ihrer Durchführung ergeben, soll er die endgültige Entscheidung treffen.

1.3. Personal, Anzahl und Kompetenzbereich

Mit der Messung des Wasserstroms ist ein erfahrener Hydrauliker, mit der Messung der Leistungsaufnahme ein erfahrener Elektrotechniker zu betrauen. Alle anderen mit den Messungen befaßten Personen sollen über die notwendige Erfahrung verfügen, um mit den ihnen anvertrauten Instrumenten genaue und zuverlässige Resultate zu erzielen.

1.4. Anwesenheitsrecht

Beiden Partnern, dem Hersteller und dem Betreiber, steht das Recht zu, Mitarbeiter zu den Abnahmeversuchen zu entsenden.

2. Versuchsvorbereitungen

2.1. Vorlage von Zeichnungen und wichtigen Unterlagen

Dem Versuchsleiter sind alle für die Durchführung der Versuche wichtigen Zeichnungen, Unterlagen, Dokumente, Spezifikationen, Bescheinigungen und Berichte über die Betriebsverhältnisse zur Verfügung zu stellen.

2.2. Überprüfung der Pumpe in der Anlage

Innerhalb von zwei Tagen vor Beginn der Abnahmeversuche ist die Pumpe zu inspizieren, um sicherzustellen, daß:

- 2.2.1. die maschinelle Einrichtung den Spezifikationen entsprechend vollständig ist;
- 2.2.2. die auf den Skalen abgelesenen Laufradschaufelwinkel (bei Kaplanpumpen) und/oder Leitradstellungen mit den Ergebnissen tatsächlich durchzuführender Messungen übereinstimmen;
- 2.2.3. die Wasserführungen nicht durch Fremdkörper verlegt oder verengt sind;
- 2.2.4. keinerlei unzulässiger Verschleiß an wichtigen Teilen stattgefunden hat; das bezieht sich besonders auf Kavitationsschäden und Abnutzung an Dichtungen und Labyrinthen.

2.2.5. alle Druckmeßstellen, piezometrische Röhren und Meßleitungen frei sind und sachgemäß ausgebildet und angeordnet wurden.

2.3. Messungen vor den Versuchen

Es wird empfohlen, die Durchmesser und Längen der Rohrleitungen zwischen Druckmeßstellen vor Inbetriebnahme des Maschinensatzes in all jenen Fällen genau nachzumessen, in denen diese Angaben gebraucht werden.

2.4. Kontrolle nach den Versuchen

Nach Beendigung der Prüfläufe soll eine Kontrolle der Wasserführungen und der piezometrischen Leitungen vorgenommen werden, um sicherzugehen, daß dieselben frei von Fremdkörpern sind.

3. Festlegung der Versuchsdurchführung

3.1. Zustimmung zur Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung ist vom Versuchsleiter aufgrund der bereits gemäß Abschnitt IV 1 getroffenen Vereinbarungen festzulegen. Meßanordnung und Zeichnungen sind dem Besteller und dem Hersteller rechtzeitig zur Stellungnahme und Genehmigung vorzulegen. Die Zustimmung bzw. Einwände sind schriftlich abzugeben.

3.2. Allgemeines Versuchsprogramm

Die Abnahmeversuche sind erst nach Abschluß der Probeläufe und nach erfolgter Übernahme durch den Kunden durchzuführen. Der Zeitpunkt für die Durchführung des Abnahmeversuches ist unter Berücksichtigung von Betriebsführung und Wasserhaltung vom Kunden festzulegen. Die Messungen sollten jedoch möglichst bald nach der Übergabe der Speicherpumpe und vor Ablauf der Garantiezeit stattfinden, falls keine anderslautende schriftliche Abmachung besteht.

Das allgemeine Versuchsprogramm ist vom Versuchsleiter aufzustellen und sollte Angaben zu den folgenden Punkten enthalten:

3.2.1. Umfang und geschätzte Dauer der Prüfung

Es sind die Anzahl der Meßreihen und jene Nettoförderhöhen oder Förderstromwerte anzugeben, für die die Messungen durchzuführen sind.

3.2.2. Anzahl der Maschinensätze

Es ist festzulegen, ob die Wirkungsgradmessungen bei mehreren oder bei nur einem von mehreren gleichartigen Maschinensätzen durchgeführt werden sollen; Letzteres kann der Fall sein, wenn eine Überprüfung volle geometrische Ähnlichkeit und gleiche Leistungsaufnahme bei gleicher Drehzahl und gleicher Förderhöhe ergeben hat.

3.2.3. Einzelheiten über die Messungen

Die gewählten Meßverfahren für Drehzahl, Förderhöhe und Förderstrom sowie Leistungsaufnahme sind anzugeben.

3.2.4. Pumpen mit verstellbaren Laufradschaufeln und/oder verstellbaren Leiträdern

Bei Abnahmeversuchen an Pumpen mit verstellbaren Laufradschaufeln und/oder verstellbaren Leiträdern sind gegebenenfalls Bereiche der Nettoförderhöhe, des Förderstroms und der Laufradschaufel- und/oder Leitschaufelwinkel durchzumessen, um die vertraglich festgelegten Garantien überprüfen zu können.

3.2.5. Verfahren bei gewichteten Wirkungsgraden

Sind gewichtete Wirkungsgrade, die den verschiedenen Werten des Förderstroms oder der Nettoförderhöhe unterschiedliche wirtschaftliche Bedeutung zuordnen, als Grundlage der Garantien vorgeschrieben, so sollte dennoch wie oben verfahren werden; es sollte höchstmögliche Genauigkeit nicht nur bei den Versuchsreihen mit Förderströmen und Nettoförderhöhen angestrebt werden, auf die sich die gewichteten Wirkungsgrade beziehen, sondern bei allen Versuchsreihen, weil verlässliche Meßkurven für den gesamten Meßbereich gezeichnet werden müssen.

Die Entscheidung über die Wiederholung von Meßpunkten liegt beim Versuchsleiter.

4. Meßinstrumente

4.1. Allgemeines

Hersteller, Fabrikationsnummer und Eigentümer der Meßinstrumente sind im Versuchsbericht anzugeben. Alle Höhenkoten für die Bestimmung der Förderhöhen sind bis zur Genehmigung des endgültigen Versuchsberichts zu belassen.

4.2. Eichung der Meßinstrumente

Für alle Meßinstrumente, die nicht an Ort und Stelle geeicht werden können, sind gültige Eichzeugnisse einer amtlichen Stelle vorzulegen. Nach Abschluß der Messungen hat eine Nacheichung zu erfolgen, es sei denn, es wird im gegenseitigen Einvernehmen auf eine solche verzichtet. Datum der Eichung und Eichamt sind im endgültigen Bericht anzugeben. Die für die Eichung zuständigen amtlichen Stellen entscheiden, ob beide Eichungen innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen. Ist das der Fall, so ist das arithmetische Mittel zu verwenden, andernfalls muß eine besondere Vereinbarung getroffen werden.

5. Ablesungen

5.1. Meßprotokolle

An jeder Meßstelle sollte eine ausreichende Anzahl geeigneter Meßprotokolle zur Verfügung stehen, in denen die zu messenden Größen in unmißverständlicher Form eingetragen sind. Damit jeder Partei ein vollständiger Satz Meßprotokolle sofort ausgehändigt werden kann, ist jedes Protokoll mit einer entsprechenden Anzahl von Durchschlägen zu schreiben.

5.2. Ablesen der Instrumente

Die Ablesungen sollten nach Uhrzeit in bestimmten Zeitabständen oder gleichzeitig auf ein Zeichen an alle Beteiligten vorgenommen werden. Momentanwertablesungen müssen an allen Meßstellen während der gleichen Zeitspanne vorgenommen werden. Für die Auswertung wird der arithmetische Mittelwert genommen.

5.3. Laufradschaukel- und/oder Leitschaukelstellung

Im Falle von Pumpen mit verstellbaren Laufradschaukeln und/oder Leitschaukeln ist die Stellung der Laufrad- und Leitschaukeln für mehrere Einstellungen der Verstelleinrichtung genau zu messen und auf geeignete Skalen zu übertragen. Diese Skalen müssen im Betrieb zugänglich sein und die angezeigten Werte aufgeschrieben werden. Die Meßergebnisse können auf solche aufgeschriebenen Einstellwerte (siehe Unterabschnitt V 2.2.2) Bezug nehmen.

5.4. Eichkurven

Vor Beginn der Messungen müssen Korrektur- und Eichkurven sämtlicher verwendeter Meßgeräte bereitliegen, damit kurz nach einer Meßreihe eine genügende Anzahl von kennzeichnenden Auswertungen gemacht werden kann.

Alle hierbei festgestellten Fehler müssen beseitigt oder berücksichtigt werden. Nur dann können die Versuche beendet und die Meßinstrumente abgebaut werden (siehe V 4.2).

5.5. Meßverfahren

Die für die einzelnen in den Regeln angegebenen Meßmethoden erforderlichen Meßanordnungen sind in Teil 2 (Abschnitt VIII bis XII) beschrieben.

6. Abzeichnen der Meßprotokolle

Die Meßprotokolle sind vom Versuchsleiter abzuzeichnen.

7. Nichtanerkennung oder Wiederholung der Messungen

Nach Abschluß der Versuche sind die Aufzeichnungen von beiden Parteien zu prüfen und einige kennzeichnende Ergebnisse an Ort und Stelle vorläufig auszuwerten, bevor das Versuchspersonal die Anlage verläßt.

Bestehen von seiten eines Vertragspartners irgendwelche genau zu bezeichnende schriftlich niedergelegte Einwände gegen die Messungen, so hat er das Recht, einen neuen Versuch zu fordern.

Wird hinsichtlich der Durchführung solcher neuen Messungen keine Einigung erzielt, so ist die Frage einem für beide Partner akzeptablen Schiedsrichter zu unterbreiten.

ABSCHNITT VI — AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE

1. Umrechnung auf Garantiewerte

1.1. Meßwerte

Unter Anwendung der in Teil 2 (Abschnitt VIII bis XII) beschriebenen Meßverfahren soll die Messung jeweils (für jede Einstellung von Laufradschaufeln und/oder Leitrad, falls Einstellbarkeit gegeben) die Größe der Drehzahl n_T , Förderstrom Q_T , Förderhöhe H_T und aufgenommene Leistung P_T ¹⁾ der Pumpe umfassen.

1.2. Umrechnung der Meßergebnisse

Die Meßergebnisse können auf die garantierte Nenn-Drehzahl n_r ¹⁾ umgerechnet werden, wenn die Versuchsbedingungen — besonders im Hinblick auf die Betriebsdrehzahl n_T — den Forderungen des Abschnitts IV entsprechen.

Dabei gelten die folgenden Gleichungen:

$$Q_{Tr} = Q_T \cdot \left(\frac{n_r}{n_T} \right)$$

$$H_{Tr} = H_T \cdot \left(\frac{n_r}{n_T} \right)^2$$

$$P_{Tr} = P_T \cdot \left(\frac{n_r}{n_T} \right)^3$$

Der Pumpenwirkungsgrad, der für die Umrechnung ohne Änderung übernommen wird, ist dann

$$\eta_{Tr} = \eta_T = \frac{K' \cdot \gamma \cdot Q_T \cdot H_T}{P_T}$$

Bezüglich des Wertes von K' siehe Unterabschnitt II 2.7.1

1.3. Versuchskurven

Mit den in Unterabschnitt VI 1.2 angegebenen Gleichungen können die Nettoförderhöhen H_{Tr} und die Wirkungsgrade η_{Tr} für die einzelnen Punkte berechnet und über Q_{Tr} aufgetragen werden. (Siehe Unterabschnitt VI 3.1 und VI 3.2)

2. Meßungenauigkeit

2.1. Allgemeine Bemerkungen

Jede Messung ist zwangsläufig mit einer Ungenauigkeit behaftet, auch wenn die angewendeten Meßverfahren, Instrumente und Berechnungen genau den Regeln entsprechen. Bei einem Vergleich der Meßergebnisse mit den Garantiewerten muß diese Meßungenauigkeit in geeigneter Weise berücksichtigt werden. Das kann auf verschiedene Art geschehen.

Es muß jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß sich die Ungenauigkeit nur auf die Messung selbst und nicht auf das Verhalten der Speicherpumpe bezieht.

¹⁾ Der Index 'T' bezieht sich auf den im Versuch gemessenen Wert und der Index 'r' auf die garantierte Drehzahl.

2.2. Bedeutung der Ungenauigkeit oder des Fehlers f_η des Wirkungsgrades η_T

Die Ungenauigkeit bzw. der Fehler f_η von η_T wird in den vorliegenden Regeln in Prozenten eines Wirkungsgrades von 100 % ausgedrückt, also nicht in Prozenten des Wirkungsgrades η_T .

2.3. Mittlere Gesamtungenauigkeit

Erfahrungsgemäß heben sich die Ungenauigkeiten, mit welchen die Messungen von Drehzahl, Förderhöhe und Leistungsaufnahme behaftet sind, häufig gegeneinander auf; sie können sich jedoch in manchen Fällen auch addieren.

Bei einer nach den vorliegenden Regeln durchgeführten Messung sollten die Gesamtungenauigkeiten von Q_T zwischen $\pm 1,0\%$ und $\pm 1,5\%$ und von η_T zwischen $\pm 1,5\%$ und $2,0\%$ betragen (Unterabschnitt VI 2.2).

Die für die einzelnen Gesamtungenauigkeiten anzusetzenden Werte können unter Berücksichtigung der gewählten Verfahren und im gegenseitigen Einvernehmen im Vertrag festgelegt werden.

2.4. Berechnete Ungenauigkeiten

Die geschätzten Werte der Gesamtungenauigkeiten von Q_T und η_T können unter Berücksichtigung der möglichen Fehler jedes einzelnen Wertes ermittelt werden.

Einzelheiten sind dem Unterabschnitt VI 4 zu entnehmen.

Genau genommen lassen sich die wahrscheinlichen Meßungenauigkeiten f_Q , f_H und f_P für die Messung von Q , H und P erst bestimmen, wenn die Meßergebnisse vollständig vorliegen. Die Meßungenauigkeiten f_Q des Förderstroms Q_T und f_η des Wirkungsgrades η_T sind nach den Unterabschnitten VI 4.1 und VI 4.7 zu bestimmen.

3. Vergleich mit garantierten Werten

3.1. Förderstromgarantien

In Bild 5 ist die Pumpenförderhöhe H_{Tr} über dem Pumpenförderstrom Q_{Tr} aufgetragen (Unterabschnitt VI 1.2).

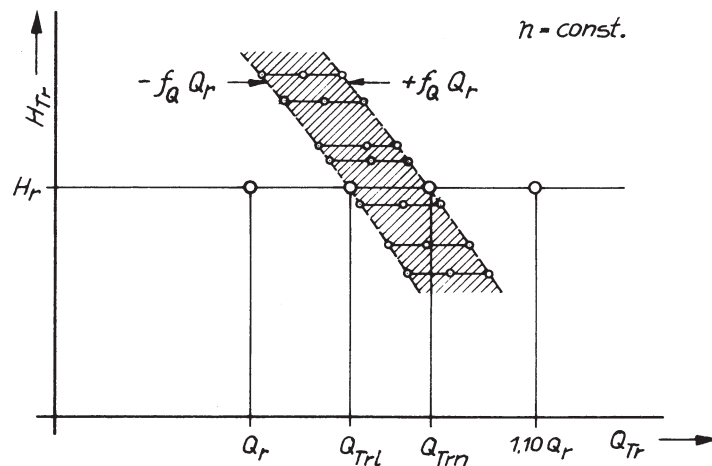


Bild 5. Vergleich der Meßwerte mit garantierten Werten für den Förderstrom — Meßungenauigkeitstreifen innerhalb der Garantiegrenzen.

Durch jeden Meßpunkt gezogene horizontale Linien ergeben dabei die nach Unterabschnitt VI 2.3 vereinbarte oder nach Unterabschnitt VI 2.4 ermittelte Meßungenauigkeit f_Q für den Förderstrom Q_{Tr} .

Durch die linken und rechten Endpunkte der Linien sind Kurven zu legen. Man erhält dann den Ungenauigkeitsstreifen für den Pumpenförderstrom. Alle Punkte innerhalb des Streifens sind gültig.

Die Garantie ist erfüllt, wenn der Schnittpunkt einer dieser Kurven mit der $H_r = \text{konstant}$ — Linie zwischen Q_r und $1.1 \cdot Q_r$ liegt.

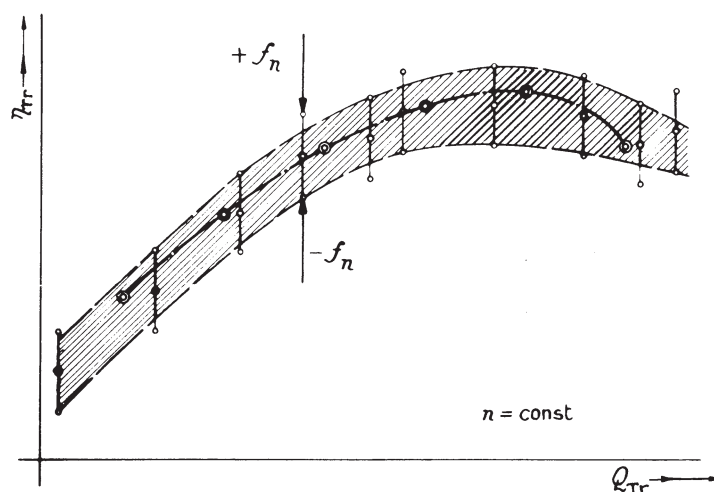


Bild 6. Vergleich der Meßwerte mit garantierten Werten. Garantie innerhalb des Meßungenauigkeitsstreifens.

3.2. Wirkungsgradgarantien

3.2.1. In Bild 6 ist der Pumpenwirkungsgrad η_{Tr} über dem Pumpenförderstrom Q_{Tr} aufgetragen (Unterabschnitt VI 1.2). Die durch jeden Meßpunkt gezogene vertikale Linie gibt die nach Unterabschnitt VI 2.3 festgelegte und nach Unterabschnitt VI 2.4 ermittelte Meßungenauigkeit f_η an. Durch die oberen und die unteren Endpunkte der Strecke sind Kurven zu legen. Man erhält so den Ungenauigkeitsstreifen für den Pumpenwirkungsgrad; alle Punkte innerhalb des Streifens sind gültig.

3.2.2. Die Kurve der garantierten Wirkungsgrade wird in das in Unterabschnitt VI 3.2.1 benutzte Diagramm durch Auftragen des Wirkungsgrades über dem Förderstrom eingetragen.

Werden die Wirkungsgradgarantien als Funktion der Pumpenförderhöhe abgegeben (Unterabschnitt II 2.8.2 und III 2.2.3), so muß der Wirkungsgrad wie folgt über dem Förderstrom aufgetragen werden:¹⁾

Für jede garantierte Pumpenförderhöhe wird der entsprechende Wirkungsgradgarantiepunkt über dem zugehörigen Pumpenförderstrom Q_{Tr} (Unterabschnitt VI 1.2) aufgetragen. Eine, diese Wirkungsgradpunkte verbindende Kurve ist die garantierte Wirkungsgradkurve.

¹⁾ In diesem Falle kann der Pumpenwirkungsgrad η_{Tr} auf dieselbe Art und Weise über der Förderhöhe H_{Tr} aufgetragen werden, ähnlich wie im Unterabschnitt VI 3.2.1 angegeben.

3.2.3. Liegt die Kurve der garantierten Wirkungsgrade gänzlich innerhalb des durch Unterabschnitt VI 3.2.1 definierten Streifens, gilt die Wirkungsgradgarantie als erfüllt (siehe Beispiel in Bild 6).

3.2.4. Verläuft die garantierte Wirkungsgradkurve ganz oder teilweise oberhalb der oberen Begrenzung des Wirkungsgradstreifens, so ist die Garantie für den betreffenden Bereich des Förderstroms (oder der Nettoförderhöhe) als nicht erfüllt zu betrachten¹⁾

Ein im Vertrag vorgesehenes Pönale ist nur für den betreffenden Bereich¹⁾ der Kurve zu berechnen (siehe Bereich A des Beispiels in Bild 7).

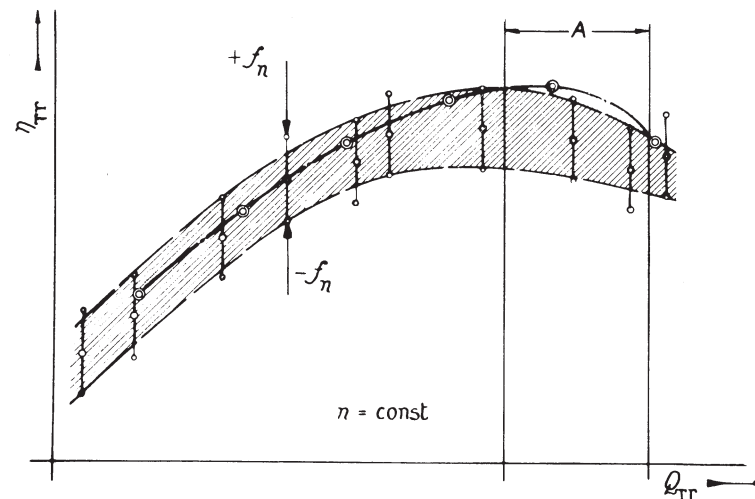


Bild 7. Vergleich der Meßwerte mit den garantierten Werten. Garantie teilweise über dem Meßungenauigkeitsstreifen (A).

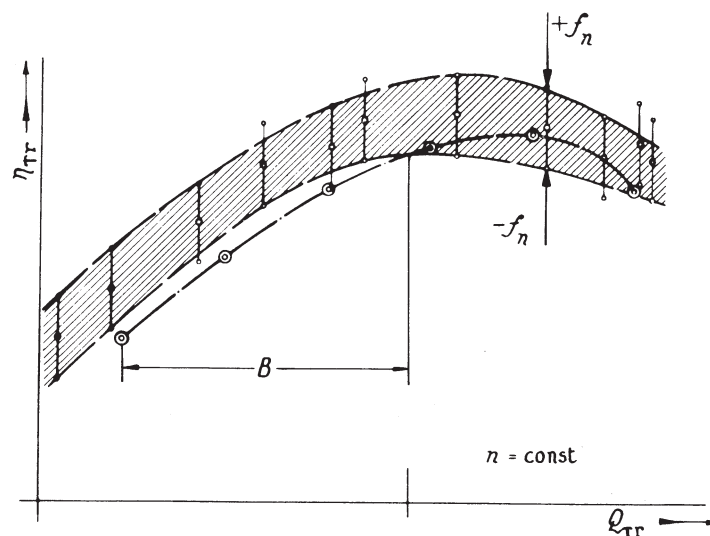


Bild 8. Vergleich der Meßwerte mit den garantierten Werten. Garantie teilweise unterhalb des Meßungenauigkeitsstreifens (B).

¹⁾ Ist die Garantie als mittlerer Wirkungsgrad gegeben (Unterabschnitte II 2.8.2, II 2.8.3, II 2.8.4, III 2.2.2b, c, d, III 2.2.3b, c, d), so ist der mittlere Wirkungsgrad, berechnet aus der oberen Begrenzung des Streifens (Unterabschnitt VI 3.2.4), mit dem garantierten mittleren Wirkungsgrad zu vergleichen.