

# NORMEN FÜR DIE LEISTUNGSMESSUNG

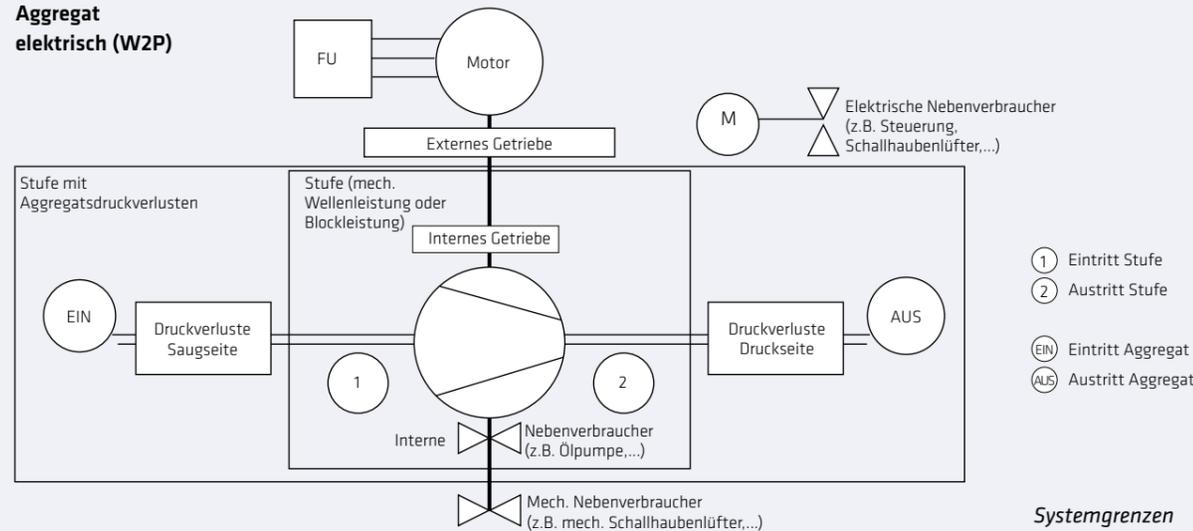
und Hinweise zur Vergleichbarkeit



**AERZEN**

# EINFLUSS VON SYSTEMGRENZEN, NORMEN UND REFERENZBEDINGUNGEN AUF DIE VERGLEICHBARKEIT VON LEISTUNGSANGABEN

## Aggregat elektrisch (W2P)



## Unterschiedliche Systemgrenzen beachten.

Grundsätzlich gibt es schon durch die verschiedenen Systemgrenzen unterschiedliche Leistungsangaben. Für eine Vergleichbarkeit ist es daher wichtig, auch von gleichen Systemgrenzen auszugehen.

Ausgehend vom kleinsten System, im obigen Bild der der Stufe einschließlich integrierter Komponenten wie z.B. Ölversorgung und Getriebe (falls vorhanden) bis hin zum komplett ausgestatteten Aggregat einschließlich Antriebsmotor und Frequenzumrichter (falls vorhanden) und aller Nebenverbraucher wie z.B. Schallhaubenlüfter oder der Steuerung, nimmt

die Leistungsaufnahme immer weiter zu. Die verschiedenen möglichen Systemgrenzen spiegeln sich auch in den Lieferumfängen von AERZEN wider

- Aggregate ohne Motor
- Aggregate mit Motor
- Aggregate ohne Frequenzumrichter
- Aggregate mit externem Frequenzumrichter (für eine Aufstellung im separaten Raum)
- Aggregate mit internem Frequenzumrichter

## Leistungsaufnahmen bei unterschiedlichen Systemgrenzen

- **Wellenleistung der Stufe (Blockleistung)**  
Beschreibt die mechanische Leistung, die direkt an der Antriebswelle der Stufe abgenommen wird.
- **Kupplungsleistung (mit Aggregatsdruckverlusten)**  
Berücksichtigt zusätzlich zur mechanischen Leistung die saug- und druckseitigen Verluste der Komponenten des Aggregates. Dies sind z.B. Ansaugfilter, saug- und druckseitige Schalldämpfer und Rückschlagklappe.
- **Elektrische Leistung Aggregat („W2P“\*)**  
Wirkungsgradverluste durch den Motor und alle Nebenverbraucher im Aggregat werden berücksichtigt. Die gesamte vom Betreiber aufzuwendende Leistung für die Prozessluffterzeugung wird erfasst.
- **Elektrische Leistung Aggregat mit FU („W2P“\*)**  
Sofern ein Frequenzumrichter vorhanden ist, werden seine Verluste zusätzlich zur elektrischen Leistungsaufnahme des Aggregates berücksichtigt.

\* „W2P“ = „Wire to Process“

## Typische nationale und internationale Normen für die Leistungsmessung

- ISO 1217:2009-07  
Verdrängerkompressoren – Abnahmetests
- ISO 1217 AMD 1:2016-04  
Verdrängerkompressoren – Abnahmetests – Änderung 1: Berechnung des isotropen Wirkungsgrades und Zusammenhang mit spezifischer Leistung
- ISO 5389:2005-12  
Turbokompressoren – Thermodynamische Abnahme- und Leistungsversuche
- DIN 1945-1:1980-11  
Verdrängerkompressoren; Thermodynamische Abnahme- und Leistungsversuche (wurde lange nicht verändert und hat an Bedeutung verloren)
- ASME PTC 10:1997  
Leistungstestcode für Kompressoren und Sauggebläse (Originaltext: Performance Test Code on Compressors and Exhausters)
- ISO 18740:2016-07  
Turbokompressoren – Leistungstestmethode – vereinfachter Abnahmetest

Neben diesen o. g. Normen gibt es noch weitere, teilweise sehr spezielle Normen für die Leistungsmessung, darunter auch welche, die sich noch nicht durchgesetzt haben. Alle diese o. g. Normen spezifizieren Randbedingungen und Methoden für die Performance-Messung basierend auf Messungen der mechanischen oder elektrischen Leistungsaufnahme und des zugehörigen Volumenstroms bei bestimmten Betriebsbedingungen.

Wenn gewünscht, ist AERZEN in der Lage, Ihre Leistungswerte im Angebot nach der von Ihnen gewünschten Norm zu ermitteln und anzugeben. Fordern Sie uns heraus!

Im Nachfolgenden wollen wir Ihnen die gängigsten Normen näher erläutern bzw. auf deren Besonderheiten eingehen:

### ISO 1217.

Dieser internationale Standard bezieht sich ausschließlich auf Verdrängerverdichter. Die Norm, die im Übrigen für beliebige Gase gilt, teilt sich auf in einen ausführlichen Hauptteil und sieben Anhänge, von denen vier vereinfachte Abnahmetests beschreiben:

Anhang B: vereinfachter Abnahmetest für Verdichterstufen

Anhang C: vereinfachter Abnahmetest für elektrisch angetriebene Verdichteraggregate mit fester Drehzahl

Anhang D: vereinfachter Abnahmetest für Verdichteraggregate, die mit einem Verbrennungsmotor angetrieben werden

Anhang E: vereinfachter Abnahmetest für elektrisch angetriebene Verdichteraggregate mit variabler Drehzahl

Anders als der Hauptteil, gelten die o. g. Anhänge nur für solche Verdichter, die in Los- oder Serienfertigung hergestellt werden. Die Norm spezifiziert die zulässigen Messverfahren

für die einzelnen benötigten Größen, wie z. B. Druck, Volumenstrom, Temperatur und Leistungsaufnahme und die Mindestgenauigkeiten der entsprechenden Messgeräte. Neben der Durchführung der Tests wird festgelegt, in wie weit die Testbedingungen von den Garantiepunktbedingungen abweichen dürfen und wie die Umrechnung von Messergebnissen auf die Garantiebedingungen zu erfolgen hat. Aus den umgerechneten Messergebnissen werden auch abgeleitete Größen berechnet, wie z. B. die spezifische Leistungsaufnahme (kW/(m<sup>3</sup>/min)) oder der isentrope Wirkungsgrad. Abschließend erfolgt der Vergleich der umgerechneten Messergebnisse mit den spezifizierten Werten. Die hierbei zulässigen Toleranzen bei Messungen nach Anhängen B bis E sind abhängig vom spezifizierten Volumenstrom:

Volumenstrombereich* (m <sup>3</sup> /min)	Zulässige Toleranz des nutzbaren Volumenstromes (%)	Zulässige Toleranz der spez. Leistungsaufnahme (%)
< 0,5	± 7	± 8
0,5...1,5	± 6	± 7
1,5...15	± 5	± 6
> 15	± 4	± 5

Elektrisch angetriebene Verdichter sind gemäß Anhang C.2.4 als komplett montierte Aggregate (wie vom Kunden spezifiziert) zu messen und mit ihrer Klemmenleistung («Wire-to-process») zu bewerten.

### ASME PTC 10 - 1997.

Diese Norm wird vor allem in Nord- und Südamerika angewendet. Sie beschreibt die Vorgehensweise zur Ermittlung der thermodynamischen Leistung von axialen und -zentrifugalen Turboverdichtern unter spezifischen Bedingungen. ASME PTC 10 ist tendenziell für den Test von Stufen besser geeignet als für den Test von kompletten Aggregaten.

### ISO 5389 und ISO 18740.

Dieser internationale Standard definiert die Prüfbedingungen für Verdichteraggregate, die einen Zentrifugalverdichter beinhalten.

Die ISO 5389 ist prinzipiell ähnlich aufgebaut wie die ISO 1217, allerdings fehlen Anhänge für vereinfachte Testverfahren.

Die Norm gilt ebenfalls für beliebige Gase. Sie gibt Hinweise zu den Messmethoden und deren Equipment. Neben der Durchführung der Tests wird festgelegt, in wie weit die Testbedingungen von den Garantiepunktbedingungen abweichen dürfen und wie die Umrechnung von Messergebnissen auf die Garantiebedingungen zu erfolgen hat. Abschließend erfolgt der Vergleich der umgerechneten Messergebnisse mit den spezifizierten Werten. Die hierbei zulässigen Toleranzen betragen +/- 4% auf den Volumenstrom und +/- 5% auf die spezifische Leistungsaufnahme.

Da die ISO 5389 für viele Anwendungen unnötig komplex aufgebaut ist, wurde 2016 die ISO 18740 publiziert, welche vereinfachte Leistungstests für elektrisch angetriebene, zentrifugale Turboverdichter-Aggregate mit fester Drehzahl für die Verdichtung von Luft beschreibt.

\* entspricht dem Liefervolumenstrom gemessen in Anlehnung an ISO 1217 und umgerechnet auf die Referenz-Ansaugbedingungen nach dem (informativen) Anhang F der ISO 1217 [Eintrittsdruck = 1,0 bar / Eintrittstemperatur = 20°C, rF = 0%]



### Normzustände und -volumenströme

Ein Normvolumenstrom ist ein auf einen Normzustand bezogener Volumenstrom. Er ist damit eine andere Beschreibung eines Massenstroms. In der praktischen Anwendung unterschiedlicher Branchen befindet sich eine große Anzahl von verschiedenen Normbedingungen und weiteren Referenzbedingungen, wie sie z. B. in nicht-normativen Teilen von Normen angegeben werden. Letztendlich kann jeder thermodynamische Zustand als Referenzzustand verwendet werden. Die Begriffe „Referenz-“, „Standard-“, „Norm-“ und „Bezugsbedingungen“ werden in der Regel synonym verwendet. Im folgenden werden einige häufig angewendete vorgestellt.

- **DIN 1343:** „physikalischer Normzustand“, Normbedingungen:  $T_1=273,15\text{ K}$ ,  $p_1=1,01325\text{ bar}$ ,  $rF=0\%$
- **ISO 2533 bzw. ICAO 7488-2:** „Normatmosphäre“, für Höhe 0 m ergibt sich:  $T_1=288,15\text{ K}$ ,  $p_1=1,01325\text{ bar}$ ,  $rF=0\%$
- **ISO 1217:** Referenzbedingung im nicht-normativen Anhang F (identisch mit DIN 1945):  $T_1=293,15\text{ K}$ ,  $p_1=1,000\text{ bar}$ ,  $rF=0\%$
- **ISO 5389:** Referenzbedingung aus Absatz E. 4.2 des nicht-normativen Anhanges E,  $T_1=273,15\text{ K}$ ,  $p_1=1,01353\text{ bar}$ ,  $rF=0\%$

### Beispiel

Medium			Luft
Volumenstrom bei $t_1=20^\circ\text{C}$ , $p_1=1,02\text{ bar}$ , $rF=0\%$	$Q_1$	3000	$\text{m}^3/\text{h}$
Normvolumenstrom nach DIN 1343	$Q_N$	2814	$\text{Nm}^3/\text{h}$
Normvolumenstrom nach ISO 2533	$Q_N$	2968	$\text{Nm}^3/\text{h}$
Volumenstrom bei Referenzbedingungen der ISO 1217	$Q_N$	3060	$\text{Nm}^3/\text{h}$

Bei AERZEN erhalten die Kunden im Angebot, in Prospekten und technischen Datenblättern einen Volumenstrom genannt, der sämtliche Verluste, auch Druckverluste der Aggregatskomponenten, berücksichtigt. Es handelt sich um einen Lie-

fervolumenstrom oder auch nutzbaren Volumenstrom, mit der Besonderheit, dass er konkret auf die Ansaugbedingungen der Kunden bezogen ist, z. B.  $t_1=30^\circ\text{C}$ ,  $80\% rF$ ,  $p_1=0,950\text{ bar}$ . Dieser Liefervolumenstrom kann natürlich auf jeden gewünschten Norm- oder Referenzzustand umgerechnet werden. Dabei gilt es zu beachten, dass die realen Ansaugbedingungen der Kunden von den o. g. Normbedingungen deutlich abweichend sein können, und es daher schnell zu Fehlinterpretationen kommen kann. Es ist daher zu empfehlen, Vergleiche stets bei den realen Betriebsbedingungen und damit auch bei den realen Ansaugbedingungen durchzuführen. Normbedingungen werden sinnvoll angewendet, wenn Realbedingungen nicht bekannt sind.

### Vergleichbarkeit von Performancedaten

Aus der o. g. Tabelle ist ersichtlich, wie sich unterschiedlich gewählte Referenzbedingungen auf die Zahlenwerte für die Normvolumenströme auswirken. Deswegen dürfen nur Normvolumenströme mit denselben Referenzbedingungen miteinander verglichen werden. Wie oben erläutert, können aber die gewählten Normbedingungen erheblich von den realen Bedingungen abweichen. Deshalb ist es dringend zu empfehlen, die Leistungsdaten unterschiedlicher Maschinen bei realen Bedingungen zu vergleichen, natürlich bei gleichen Systemgrenzen. Die höchste Aussagefähigkeit gewinnt man durch die Ermittlung und den Vergleich von Jahresenergieverbräuchen. Hierbei wird für die spezifische Anwendung eine typische Verteilung der jeweiligen Betriebsstunden auf unterschiedliche Betriebsbedingungen zu Grunde gelegt, idealerweise basierend auf Messdaten. Nur diese Betrachtung erfasst sowohl Leerlauf-, Teillast- und Vollastbetriebe sowie saisonale und andere Veränderungen der Betriebsbedingungen.

Bei bekannter Betriebsstundenverteilung berechnen wir Ihnen gerne für all unsere Produkte die Jahresenergieverbräuche unter Ihren realen Bedingungen. Ist diese nicht bekannt, so unterstützen wir Sie mit unserem AERAUDIT bei der Erfassung.

Aerzener Maschinenfabrik GmbH  
 Reherweg 28 – 31855 Aerzen / Deutschland  
 Telefon: +49 5154 81 0 – Fax: +49 5154 81 9191  
 info@aerzen.com – www.aerzen.com



**AERZEN**  
 EXPECT PERFORMANCE