



Norbert Ludwig,
Leiter des Elektro-, Meß-
und Regellaboratoriums in
der Norddeutschen Kälte-
Fachschule Springe.

Die Notwendigkeit, elektrische Leistungsarten wie Wirk-, Blind- und Scheinleistung zu unterscheiden, ergibt sich für den Kälteanlagenbauer immer dann, wenn Antriebsmaschinen, ihre Blindleistungskompensation, Schütze oder Zuleitungen zu dimensionieren sind. Auch im Rahmen der Prüfungen auf dem Weg zum Gesellenbrief oder Meistertitel werden entsprechende Berechnungen gefordert.

Leider ist in diesem Zusammenhang immer wieder festzustellen, daß Probleme beim Rechnen auch durch uneindeutige Aufgabenstellungen aufgeworfen werden, was dann zu verschiedenen Lösungen führen kann. Dieses Dilemma ist den Autoren oft unbekannt, da sie, wenn sie Angaben machen, natürlich eine genaue Vorstellung über das Gefragte haben, diese nur nicht präzise dem Leser mitteilen. Leider stiftet auch die 1989 erfolgte (physikalisch durchaus sinnvolle) Substitution aller Leistungseinheiten (W, var, VA) durch die Einheit W Verwirrung, weil oftmals alte Aufgaben umgeschrieben werden, somit aber ihre Eindeutigkeit bisweilen einbüßen.

Unterscheidung der Leistungsarten

● **Wirkleistung P [W]:**
Verrichtet am Verbraucher *Arbeit* (Heizung heizt, Lampe leuchtet, Motorläufer treibt Last an, Motorverlustwärme usw.)

Wirk-, Blind- und Scheinleistung – (nicht immer) leicht zu unterscheiden

Norbert Ludwig, Springe

- **Blindleistung Q [W]:**
(früher: [var])
Verrichtet am Verbraucher keine Arbeit, belastet sinnlos das Netz.
Beispiel: Induktive Blindleistung einer Spule: Sie wird benötigt, um das Magnetfeld aufzubauen und wird beim Abbau desselben an das Netz zurückgeführt. Daher spricht man bei Spulen (wie auch bei Kondensatoren) von *reaktiven* Bauteilen (Reaktanzen); die zum Feldaufbau benötigte Energie wird „reaktiviert“. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch 100 mal pro Sekunde bei einem 50-Hz-System.
- **Scheinleistung S [W]:**
(früher: [VA])
Ist die geometrische Summe aus Wirk- und Blindleistung. Sie wird praktisch ermittelt, indem z. B. mit Multimetern eine Strom-Spannungs-Messung durchgeführt wird.

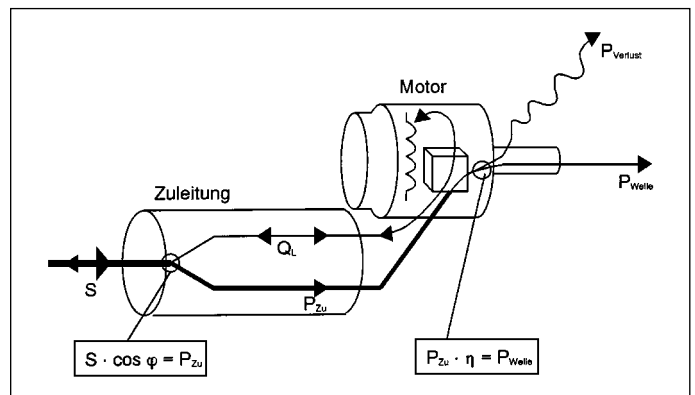
Zuordnung am Beispiel eines Antriebsmotors

Betrachten wir eine umlaufende elektrische Maschine, hier einen Drehstrom-Asynchronmotor mit Käfigläufer, wie er üblicherweise als Verdichterantrieb eingesetzt wird, so erkennen wir die beschriebenen Leistungsarten (Abb. 1).

Dabei sieht man zunächst die Aufteilung der Scheinleistung in Wirk- (P_{Zu}) und Blindkomponente (Q_L). Der Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) gibt dabei an, wieviel % der aufgenommenen Scheinleistung in abgegebene Wirkleistung (Wellenleistung P_{Welle}) und Verlustleistung auf. Hierbei gibt der Wirkungsgrad (η) der Maschine an, wieviel % der zugeführten elektrischen Wirkleistung an die Welle abgegeben werden. Wo findet man nun welche Angabe auf dem Leistungsschild? Dazu betrachten wir noch einmal die gleiche Grafik und das Beispiel eines Leistungsschildes (Abb. 2).

Wie man erkennt, lassen sich aus den Angaben des Leistungsschildes alle praxisrelevanten nicht angegebenen Größen wie aufgenommene Wirkleistung, Wirkungsgrad und Drehmoment der Maschine berechnen. Wie kann der Praktiker nun aber diese Größen praktisch ermitteln, wenn das Leistungsschild nicht vorhanden oder unleserlich geworden ist? Leider ist zur exakten Ermittlung aller Werte ein Maschinenlabor mit teuren Meßgeräten erforderlich. Weil sich alle Angaben auf die Nennbelastung der Maschine be-

Abb. 1 Leistungsarten.



ziehen, müßte man diese zunächst mit einer Bremse sicherstellen. Soweit wird aber kein Kälteanlagenbauer gehen. Daher sei hier eine praktische Methode vorgestellt:

Praktische Leistungsermittlung

Durch eine Strom-Spannungs-Messung ermitteln wir die aufgenommene Scheinleistung. Das gelingt am einfachsten, wenn bei bekannter Systemspannung der (Schein-)Strom mit einem Zangenstrommesser ermittelt wird. Das Verfahren ist bei geringen Strömen (< 5 A) allerdings recht ungenau; hier sollte ein Strommesser unter Beachtung aller Sicherheitsvorkehrungen in die Zuleitung geschaltet werden. Beispiel:

Bei 400 V werden in den Leitern je 12 A gemessen

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 12 \text{ A} = 8,31 \text{ kW}$$

Nun kann die aufgenommene Wirkleistung ermittelt werden. Steht dazu kein Leistungsmesser zur Verfügung, kann auch der Zähler (Arbeitszähler kWh) dazu genutzt werden (Abb. 3). Dieser registriert ebenfalls nur Wirkleistung. Beispiel:

Bei einer Zählerkonstanten (ist auf dem Zähler angegeben) von $c_z = 60 \text{ kWh}^{-1}$ macht die Scheibe in 10 Minuten $72\frac{1}{3}$ Umdrehungen

$$P_{Zu} = \frac{\text{Umdrehungen}}{c_z \cdot t} = \frac{72\frac{1}{3}}{60 \text{ kWh}^{-1} \cdot \frac{1}{6} \text{ h}} = 7,23 \text{ kW}$$

Hieraus ergibt sich nun der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ als Quotient P_{Zu}/S usw. Anzumerken ist, daß die Maschine bei diesen Messungen so zu belasten ist, wie es die anzutreibende Anlage maximal erfordert. Realistische Ergebnisse darf man dann erwarten, wenn der Antriebsmotor passend zur Anlagenleistung dimensioniert wurde.

Mögliche Probleme

Probleme bei der Berechnung der Kompensation

In vielen Formelsammlungen findet sich die Formel

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

zur Berechnung der erforderlichen kapazitiven Blindleistung. Dabei ist zu bedenken, daß die *zugeführte* elektrische Wirkleistung einzusetzen ist, und φ_1 die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung im unkompenzierten Fall darstellt.

Besser: $Q_c = P_{Zu} \cdot (\tan \varphi_{UK} - \tan \varphi_K)$
Werden im symmetrisch belasteten

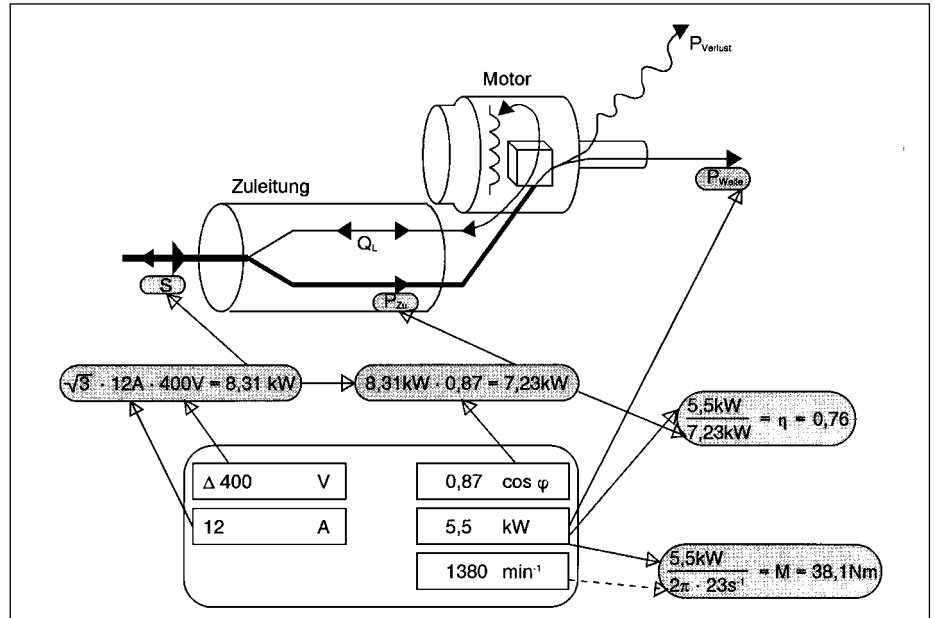


Abb. 2 Auswertung des Leistungsschildes.

Drehstromsystem die Kondensatoren wie üblich im Δ geschaltet, muß jeder der drei gleichen Kondensatoren bei 400 V ein Drittel der erforderlichen Blindleistung erzeugen. Ein Kondensator berechnet sich dann zu

$$C_K = \frac{Q_c}{6 \cdot U^2 \cdot \pi \cdot f}$$

(Die Zahl 6 ist zusammengesetzt aus $3 \cdot 2$)

Probleme bei der Auswahl von Schützen

Die Bemessungsleistungen von Schützen, welche der Hersteller angibt, beziehen sich häufig auf die Gebrauchskategorie AC1 (Schalten ohmscher Lasten wie elektrischer Abtauheizungen). In der Gebrauchskategorie AC3 (Einschalten von Käfigläufermotoren) ist für das gleiche Schütz eine weit geringere

Leistung (spannungsabhängig!) angegeben. Nur wenn danach dimensioniert wird, erreichen die Schütze die vom Hersteller angegebenen Schaltspiele. Als Bemessungsleistung kann die angegebene Wellenleistung eingesetzt werden; Leistungsfaktoren und Wirkungsgrade der Maschinen wurden von seiten der Schützerhersteller für die Gebrauchskategorie AC3 schon berücksichtigt.

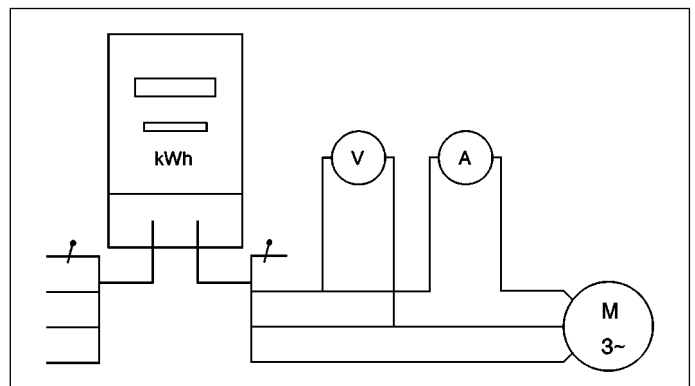
Probleme bei der Aufgabenstellung

Es muß bei jeder Leistungsangabe *eindeutig* zu erkennen sein, um welche Art Leistung es sich handelt!

Beispiel 1

Alt: „Die ermittelte Leistungsaufnahme einer Maschine beträgt 7 kW . . .“
Eindeutig Wirkleistungsaufnahme, weil Einheit „W“!

Abb. 3 Ermittlung der aufgenommenen Wirkleistung mit Zähler.



Neu: „Die ermittelte Leistungsaufnahme einer Maschine beträgt 7 kW . . .“
Uneindeutig! Einheit „W“ kann auch für Schein- und Blindleistung verwendet werden!

Eindeutig Wirkleistung:

„Die ermittelte Wirkleistungsaufnahme . . .“

„Die mit Wirkleistungsmesser ermittelte Leistungsaufnahme . . .“

Beispiel 2

Alt: „Die Leistungsaufnahme einer Maschine beträgt 5 kVA . . .“

Eindeutig Scheinleistungsaufnahme, weil Einheit „VA“!

Neu: „Die Leistungsaufnahme einer Maschine beträgt 5 kW . . .“

Uneindeutig! Einheit „W“ kann wieder für alle Leistungsarten stehen!

Eindeutig Scheinleistung:

„Die ermittelte Scheinleistungsaufnahme . . .“

„Die durch Strommessung bei bekannter Spannung ermittelte Leistungsaufnahme . . .“

Das Hauptproblem der Aufgabenstellung besteht darin, dem Leser *eindeutig* mitzuteilen, welche Leistungsart gemeint ist. Dem Autor, der eine alte kVA-Angabe in kW ändert, ist klar, daß er Scheinleistung meint, und vergißt darüber, daß es dem Leser nicht klar sein kann!

Fazit

Der Kälteanlagenbauer muß nicht nur aus schulischer, sondern auch aus praktischer Sicht eine präzise

Vorstellung über das Zusammenspiel der verschiedenen Leistungsarten bekommen, um sicher zu dimensionieren, und um so auch die Arbeitsweise seiner Antriebsmaschinen zwecks Fehlerdiagnose besser zu verstehen.

Autoren von Fachliteratur, Datenblättern und Aufgaben müssen sich mehr als früher um Eindeutigkeit ihrer Aussagen bemühen, da die „automatische“ Unterscheidung von Leistungsarten durch die Einheiten entfällt.

Zur Sicherheit sei daher dringend empfohlen, jede Leistungsangabe zu indizieren, z. B. 500 W_{Wirk}, 3 kW_{Blind}, 12 kW_{Schein}. Diese Methode ist nur wenig aufwendig und vermeidet versehentliche Mehrdeutigkeiten sicher.