

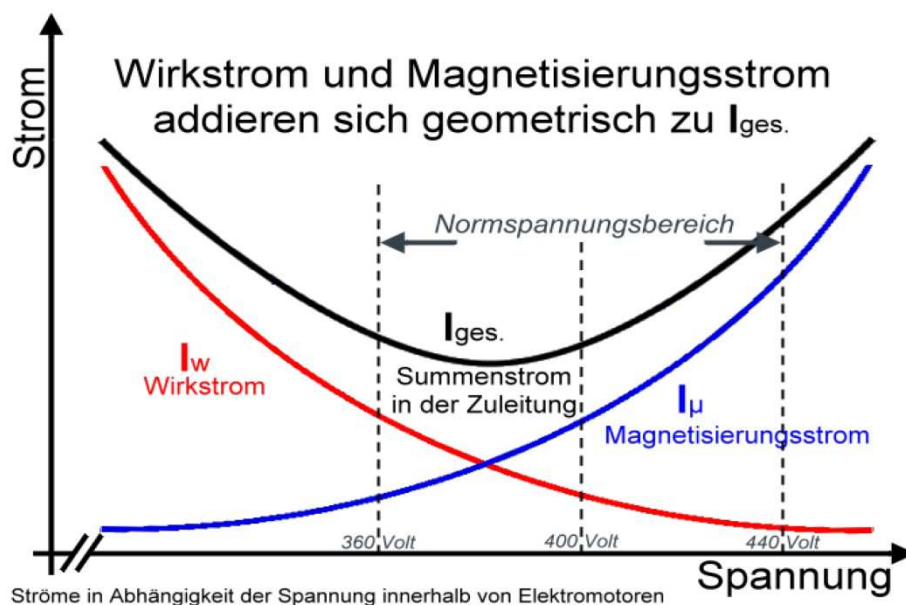
## Technische Infos und Hintergründe ...

### ... zu unseren Stromsparanlagen

(für den Elektro-Fachmann/-Ingenieur)

Die unumstößlichen physikalischen Grundregeln sind:

- Die **Leistung** ist das Produkt aus Spannung und Strom ( $P = U \times I$ ), wobei
- der **Strom** wiederum vom Widerstand und der Spannung abhängig ist ( $I = U/R$ ).
- Die bei allen Verbrauchern auftretende **Verlustleistung** wird ausschließlich in Wärme umgewandelt, ein Maß dafür ist der Wirkungsgrad ( $\eta$ ).
- Für induktive Verbraucher wie z.B. Motoren oder kapazitive Verbraucher wie Kondensatoren oder lange Leitungen kommt noch die **Phasenverschiebung  $\cos\phi$**  dazu, mit dem Sie die **Blindleistung**, die **Scheinleistung** und die **Wirkleistung** errechnen können.



Der am Klemmbrett gemessene Strom bei elektrischen Antrieben errechnet sich geometrisch aus Wirk- und Magnetisierungsstrom, der für den Gesamtstrom ( $I_{ges}$ ) eine Wannenkurve ergibt, die spannungsabhängig ist.

**Elektromotoren** funktionieren immer auch mit **geringerer Spannung** und geben trotzdem – gerade im üblichen Teillastbetrieb – fast annähernd ihre volle **Nennleistung** an der Welle ab. Es verschieben sich dann nur die Stromverhältnisse in den Wicklungen wie im obigen Schema entsprechend dargestellt.

---

**Eine häufig gestellte Frage:****Steigt nicht der Strom, wenn die Spannung abgesenkt wird?**

Da diese Frage interessanterweise immer wieder vor allem von Elektrikern gestellt wird und in der Industrie ca. 70% des Stromverbrauchs durch elektrische Antriebe entstehen, widmen wir uns diesem Thema nachfolgend ausführlich und gründlich in der detaillierten Betrachtung der Ströme in elektrischen Antrieben. Bei den meisten anderen elektrischen Verbrauchern haben wir definierte Zustände und fixe komplexe Innenwiderstände, bei denen die Ströme sinken, wenn wir die Spannung absenken.

**Vorab noch ein ganz wichtiger Hinweis:**

Wir bewegen uns bei der Spannungsoptimierung immer **innerhalb des gesetzlich vorgeschriebenen Toleranzbandes der Normspannung (DIN EN 60038) am Übergabepunkt**, in dem alle elektrischen Verbraucher auslegungsgemäß funktionieren **MÜSSEN**:

$$230 \text{ V} \pm 10 \% = \mathbf{207 \text{ V} \dots 253 \text{ V}} \quad \text{und} \quad 400 \text{ V} \pm 10 \% = \mathbf{360 \text{ V} \dots 440 \text{ V}}$$

Der obligatorische Spannungsfall innerhalb Ihres eigenen elektrischen Hausnetzes ist hier noch nicht einmal berücksichtigt. Er kann am Versorgungspunkt letztlich dafür sorgen, dass Spannungen von nur zirka 202 – 203 V anliegen könnten.

Ihr Unternehmen stellt elektrotechnisch betrachtet ein komplexes Widerstandsnetzwerk dar, das mit der Normspannung von 230/400 Volt  $\pm 10\%$  von außen versorgt wird. Dieses komplexe Widerstandsnetzwerk ändert sich ständig in gewissen Grenzen über die Lastunterschiede verschiedener **induktiver** oder **kapazitiver** Verbraucher. **Ohmsche** Verbraucher hingegen verändern ihren Widerstand nicht, somit existieren bei vielen Verbrauchern keine Lastunterschiede, sie stellen für das Widerstandsnetzwerk jeweils einen fixen komplexen Innenwiderstand dar. Bei diesen Verbrauchern sinkt der Strom bei einer Spannungsabsenkung und damit sinkt die Leistungsaufnahme.

Bei einzelnen Antrieben in Ihrem Widerstandsnetzwerk ist jeweils eine Leistungsregelung integriert. Diese elektronische Leistungsregelung sorgt dafür, dass immer das erforderliche Drehmoment an der Welle der Antriebe zur Verfügung steht. Im Übrigen wird immer so viel Energie benötigt, wie zur Erledigung der Arbeit erforderlich ist, hier passen sich alle Antriebe auf die abgeforderte mechanische Arbeit an.

**Die Detailbetrachtung:**

Wir müssen allerdings Unterschiede in der Betrachtung machen: Handelt es sich bei der Mehrzahl um Antriebe im Leistungsbereich bis 1,1 KVA, von 1,1–11 KVA oder über 11 KVA?

Kleine Antriebe und Motoren mit einer hohen Polzahl arbeiten oft dicht an der magnetischen Sättigungsgrenze. Gerade hier sind Überspannungen gefährlich bzw. zerstörerisch, weil der Magnetisierungsstrom an der Sättigungsgrenze exponentiell steigt. Ein Betrieb dieser Antriebe an der unteren Grenze des Toleranzbandes der Normspannung entfernt den Motor von der Sättigungsgrenze und erhöht damit die Sicherheit vor zu hohen Magnetisierungsströmen.

Für die Auslegung von Motoren mit Bemessungsleistungen weit über 11 kW, ergeben sich bei optimaler Flussdichte sehr hohe Anzugsmomente und Anzugsströme. Während die Anzugsmomente nur für nachgeschaltete Übertragungselemente (Getriebe) und Arbeitsmaschinen eine Gefahr darstellen, führen hohe Kurzschlussstromdichten im Blockierungsfall zu einem gefährlich raschen und starken Temperaturanstieg, der z. B. durch Thermistoren nicht mehr sicher erfasst werden kann. Diese Antriebe sollten aus diesen Gründen immer am unteren Toleranzband der Normspannung betrieben werden und sind in der Regel auch so bemessen. Aber auch hier gilt, dass alle Antriebe innerhalb des Toleranzbandes einwandfrei funktionieren.

Der am Klemmbrett messbare Strom ( $I_{\text{gesamt}}$ ) in elektrischen Motoren setzt sich geometrisch aus dem Wirkstrom ( $I_w$ ) und dem Magnetisierungsstrom ( $I_\mu$ ) zusammen.

- Bei steigender Spannung fällt der Wirkstrom, wohingegen der Magnetisierungsstrom steigt (der  $\cos\phi$  sinkt in diesem Fall).
- Bei einer Spannungsabsenkung fällt der Magnetisierungsstrom aber der Wirkstrom steigt (der  $\cos\phi$  steigt in diesem Fall).

Das bedeutet, dass die Aussage: der Strom würde steigen wenn sie die Spannung absenken, zu oberflächlich ist und nur für den konkreten Motor beantwortet werden kann. Die optimale Bedingung aus Sicht der Motoren wäre, sie im Schnittpunkt von Wirkstrom und Magnetisierungsstrom zu betreiben, denn hier ist die magnetische Flussdichte am höchsten und der Gesamtstrom am geringsten. In der Praxis ist das allerdings nicht möglich und bei verschiedenen Motoren auch nicht gewünscht.

#### **Das Fazit:**

Es ist also immer eine Einzelbetrachtung für die entsprechenden Antriebe erforderlich, um eine konkrete Aussage für den jeweiligen Antrieb treffen zu können. Da elektrische Antriebe in so großer Zahl in Unternehmen vorhanden sind, die meisten im Teillastbetrieb laufen und nur sehr wenige Motoren permanent im Leistungsmaximum betrieben werden, ist ein solcher Aufwand nicht sinnvoll. **Innerhalb des Toleranzbandes funktionieren alle Antriebe ohne Veränderung des Betriebsverhaltens, dafür sind sie konzipiert und ausgelegt!** Wenn Sie nicht sicher sind, führen wir gern eine Vergleichsmessung bei Ihnen durch, dann wissen Sie, wie viel Sie sparen können.

Wenn wir jetzt noch in Betracht ziehen, dass nicht alle Motoren im Dauerbetrieb arbeiten, die überwiegende Anzahl im Mischbetrieb (Kurzzeit und bis Dauerbetrieb) und eine Vielzahl der Antriebe im Teillastbereich mit verringerten Wirkungsgrad betrieben werden, wird schnell deutlich, dass eine pauschale Aussage nicht möglich ist. Fakt ist, die Gesamtströme in Antrieben werden sich verändern! Bei vielen Antrieben werden sie sinken, da sie oberhalb des Schnittpunktes betrieben werden, bei einigen wird der Gesamtstrom steigen, weil sie in der Nähe des Schnittpunktes betrieben werden.

In Summe über das ganze Unternehmen ergibt sich so für jeden einzelnen Verbraucher eine bestimmte Einsparung über die Betriebszeit. Es wird aber auch einzelne Aggregate geben, bei denen sich nur sehr geringe bis keine Einsparungen ergeben.

Da es aber **nicht um einzelne Motoren** geht und schon in vielen Maschinen mehrere Motoren mit weiteren elektrischen Verbrauchern stecken, kommen wir nicht umhin, das Thema komplexer zu betrachten, wenn der SSP für Ihr Unternehmen eingesetzt werden soll. Es geht beim Einsatz unserer Stromsparanlagen um **Einsparungen für Ihr komplettes Unternehmen** (oder um Anlagenteile Ihres Unternehmens) und hier ergibt sich über alle Verbraucher hinweg eine deutliche Einsparung, die im Regelfall im Bereich oberhalb von 8% liegt, bis 15% gehen kann und dessen unternehmensspezifischer Wert zu jedem Zeitpunkt irgendwo in diesem Bereich zu finden sein wird. Liegt die Einsparung allerdings schon in den Stichproben in der Betrachtung der Scheinleistung höher, ist es erforderlich eine Netzuntersuchung zu veranlassen und die Blindleistungskompensation zu überprüfen.

### Der StromSparProfi (SSP)

Unser **SSP** macht sich zwei Prinzipien zu Nutze:

- Die Spannung geht quadratisch in die Leistung **ohmscher** Verbraucher ein,
- bei **induktiven** Lasten - wie Antrieben - durchlaufen wir eine **Wannenkurve** bei steigender oder fallender Spannung, ohne dass sich das Drehmoment an der Welle gravierend verändert.

Darüber hinaus – falls erforderlich – können auch die Verluste durch **Oberwellen, Transienten, Blindstrom, Anlaufspitzen etc.** in kostenpflichtigen Ausbaustufen ausgegeregelt werden und so das Einsparpotential weiter gesteigert werden.

### Beispiel: Die Asynchronmaschine

Der Asynchronmotor ist der am meisten verwendete Industriemotor. Er kann direkt (mit Motorschutzschalter) ans Drehstromnetz angeschlossen werden, er ist sehr robust und einfach zu bauen. Große Asynchronmotoren haben einen hohen Wirkungsgrad. Wegen diesen guten Eigenschaften ist dieser Antrieb international normiert, auch in der Energieeffizienz.

**Motoren sind zur maximalen magnetischen Ausnutzung des Eisens oft knapp ausgelegt. Das heißt, wenn sie mit einer zu hohen Spannung betrieben werden, kommt das Eisen in die Sättigung und der Strom nimmt überproportional zu (hohe Leerlaufverluste). Industriemotoren werden oft knapp unter der Sättigungsgrenze ausgelegt, eine höhere Betriebsspannung bewirkt eine überproportionale Zunahme des Stromes, erhöht kaum das Drehmoment und kann den Motor überlasten bzw. zerstören.**

