

## **Fragen und Antworten zur Arbeitsweise des Spannungsreglers**

### **Sie haben Fragen? Sie bekommen Antworten!**

Wenn Sie den Stromverbrauch in Ihrem Unternehmen senken wollen, geht es Ihnen in erster Linie darum, die physikalischen Zusammenhänge und die gesetzlichen Rahmenbedingungen zu verstehen?

Um Stromkosten zu senken werden in den meisten Fällen periphere Maßnahmen umgesetzt. Ob energiesparende Technik, Anbieterwechsel oder restriktive Maßnahmen für die Mitarbeiter, es sind und bleiben Maßnahmen, die nicht immer langfristig nachhaltig oder vollständig sind.

### **Lösen Sie das Thema zentral, denn 8% bis 15% Energiekosteneinsparung ist eine Größenordnung, die sich immer rechnet!**

Achten Sie aber bei Neuanschaffungen nicht nur auf die Energieeffizienz sondern vor allem auf die Amortisationszeit! Wenn wir an Energiesparlampen denken, lassen sich die Hersteller den Einsparungsbetrag schon mit dem Kaufpreis bezahlen und die Investition amortisiert sich nie. Bei allen Verhaltensregeln zum Thema Stromkostensenkung müssen Sie sich immer die Frage stellen: Setzen Ihre Mitarbeiter alle Maßnahmen immer konsequent um?

### **Lassen Sie uns konkret werden!**

- **Wie ist man auf die Idee für den Energieregler gekommen?**

Mit dem Anheben des Spannungsniveaus von 220/380 Volt auf 230/400 Volt zur Stabilisierung des Netzes im Jahr 2008 ist fast unbemerkt auch eine Energieverbrauchssteigerung einhergegangen wodurch sich die Energiekosten erhöht haben und die Lebensdauer vieler Geräte hat sich verkürzt. Die Idee des Energiereglers war es, die Praxis aus der Mittelspannungsebene in modifizierter Form auf die Niederspannungsebene anzuwenden und das geht am effektivsten mit einem Spezialtrafo. Mit dem Energieregler ist es möglich, eine flexible Spannungsoptimierung zu realisieren, die auf der einen Seite das Toleranzband von +/- 10 Prozent nicht unterschreitet und auf der anderen Seite die unnötige Überspannung als Verlustleistungsquelle eliminiert, um so die Energiekosten zu senken und die Lebensdauer der elektrischen Verbraucher zu verlängern.

- **Wie wird die Einsparung erreicht?**

Die Einsparung des Stromverbrauchs wird zum einen durch eine Spannungsoptimierung am unteren Ende des Toleranzbandes der Normspannung also z.B. bei kontrollierter Absenkung der Spannung auf 210 Volt erreicht. Zum anderen durch das Konzept und die Bauart des Spezialtrafos selbst. Induktionsspannungen auf Grund von Stromgradienten bei Um- und Abschaltvorgängen werden magnetisch zwischengespeichert und für die Versorgung sofort wieder zur Verfügung gestellt. So werden Leistungsspitzen induktiv in einen zusätzlichen Magnetfluss gewandelt, in die Wicklungen rückinduziert und stehen im selben Moment als Leistung zur Verfügung. Netzurückwirkungen werden weitestgehend unterbunden, wodurch ggf. zusätzliche Einsparungen resultieren.

- **In welchen Betriebsarten kann der Energieregler betrieben werden?**

Der Energieregler ist auf Grund der hohen Leistungen galvanisch fest im Versorgungskreis eingeschleift. Er kann in den Betriebsarten "Sparbetrieb" und "Bypassbetrieb" arbeiten. Im Sparbetrieb arbeitet er mit der fest eingestellten optimierten Spannung z.B. 210 Volt.

Im Bypassbetrieb findet keine Spannungsabsenkung statt und die vom Versorger bereitgestellte Versorgungsspannung steht Ihrem Unternehmen in voller Höhe zur Verfügung.

- **Wenn die Spannung in gewissen Grenzen schwankt, passt sich der Energieregler diesen Schwankungen an oder kann es passieren, dass ich in die Unterspannung gerate?**

Der Energieregler ist so konstruiert, dass er über eine Kaskadenschaltung **automatisch** auf die Versorgungsspannung reagiert. Sinkt die Versorgungsspannung ab, schaltet der Energieregler automatisch auf eine geringe "Sparstufe" um den Normspannungsbereich nicht zu verlassen. Sinkt die Spannung weiter ab und würde die Gefahr bestehen, dass die Spannungsabsenkung den Normspannungsbereich verlässt, schaltet der Energieregler automatisch in den Bypassbetrieb. So ist sichergestellt, dass der Energieregler immer im optimalen Bereich arbeitet und die Versorgungsspannung nicht in die Unterspannung sinken kann. Wenn dann die Versorgungsspannung wieder ansteigt, schaltet der Energieregler automatisch in die Sparstufe, die für die entsprechende Spannung optimal ist, um den größten Einspareffekt zu erreichen. Kurz der Energieregler arbeitet vollautomatisch und passt sich der jeweiligen Einspeisespannung an. Realisiert wird die automatische Umschaltung mit Leistungsschützen, um die Technik so robust und zuverlässig wie möglich zu machen und Verzerrungsblindleistung durch elektronische Baugruppen auszuschließen.

- **Kann ich im Folgemonat an meiner Stromrechnung erkennen, um welchen Betrag sich mein Stromverbrauch in Euro und Cent verringert hat?**

**Genau darum geht es ja!** Da Sie den Anlagenzustand verändern, vergleichbar mit einer energiesparenden Heizungsanlage, können sie die konkreten Einsparungen immer bei vergleichbaren Verbrauchsverhalten ermitteln. Da jeder elektrische Verbraucher seinen eigenen Wirkungsgrad hat, teilweise unterschiedliche Belastungen an Antrieben auftreten, eine unterschiedliche Betriebsdauer einzelner Geräte über den Beobachtungszeitraum auftreten, die Versorgungsspannung in geringem Maß schwankt, ist es sehr aufwendig, zwei vergleichbare Zeit- und Belastungsintervalle zu finden und absolute Werte zu ermitteln. Sie haben aber, anders als beim Umbau einer Heizungsanlage, jederzeit die Möglichkeit, den Energieregler in den Bypassbetrieb zu schalten, um am Anzeigeelement sofort zu sehen, wie viel Strom Sie in dem Moment ohne Energieregler mehr verbrauchen. Beim Rückschalten in den Sparbetrieb sehen Sie sofort, wie viel Strom Sie in diesem Moment sparen. Je öfter Sie das praktizieren, desto näher kommen Sie an die tatsächliche Einsparung über die Zeit heran.

- **Wie erkenne ich dass die Stromsparanlage wirklich spart, wenn Sie eingeschaltet ist?**

Wenn Sie die Messdaten über Ihr Netzwerk auf Ihren Monitor schalten lassen, können Sie diese mitschreiben und sofort die Höhe der momentanen Einsparung sehen, wenn aus dem Bypassbetrieb in den Sparmodus geschaltet wird. Durch diese Umschaltmöglichkeit haben Sie jederzeit die Möglichkeit, Stichproben zu machen. Um bei der Analogie mit der Heizung zu bleiben, müssten Sie auf die alte Heizung umschalten und warten, dass Sie die Einsparung ausrechnen können.

- **Brauche ich immer eine Vergleichsmessung und was wird bei dieser Messung gemacht?**

Normalerweise brauchen Sie keine Vergleichsmessung. Jeder Stromverbraucher in einem Netz wird auf Grund seines Wirkungsgrades und seiner Verluste eine eigene Größenordnung bei der Einsparung erreichen. Wenn wir betrachten, dass Aggregate oft im Teillastbereich betrieben werden, ist die Aussage über die Einsparungen auch abhängig vom Belastungszustand der jeweiligen Aggregate. Da Sie sich bei der Spannungsoptimierung immer innerhalb des gesetzlich vorgeschriebenen Toleranzbandes bewegen, ist eine Absenkung der Spannung für alle im Unternehmen vorhandenen Verbraucher sicher. Bei einer Vergleichsmessung schließen wir an Einzelaggregaten oder an Unterverteilungen den Energieregler an, um zu zeigen, wie sich die Ströme verändern, wenn wir in den Sparbetrieb schalten.

Für die meisten Unternehmen ergibt sich aus unseren bisherigen Erfahrungen eine Einsparung über alle Verbraucher in der Größenordnung von 8% bis 15%. In Einzelfällen liegt sie sogar noch

darüber. Sollte die Einsparung über 20% liegen, raten wir an, eine Überprüfung des Netzes und/oder der Blindleistungskompensation durchzuführen.

- **Kann ich den Energieregler abschalten?**

Sie können den Energieregler jederzeit aus dem Sparmodus in den Bypassbetrieb schalten. Da die Hochleistungswicklung fest im Haupteinspeisestrang angeschlossen ist, wird die Spannungszufuhr zu Ihrem Unternehmen nicht unterbrochen. Jede Umschaltung ist unterbrechungsfrei.

- **Ist mein Unternehmen spannungslos, wenn der Energieregler ausfällt?**

Der Energieregler wird hinter die Hauptsicherung und hinter dem Leistungsschalter im Haupteinspeisestrang Ihres Unternehmens eingebaut und „eingeschleift“ und stellt **eine feste galvanische Verbindung** über die Hochleistungswicklung des Energieregler dar.

Der Energieregler hat im Hauptschalter eine Sicherung gegen Überlastung. Spricht diese Sicherung an, geschieht dasselbe, als ob Ihre Hauptsicherung fällt. Optimaler Weise sollte der Energieregler auf die Größe der Hauptsicherung ausgelegt sein. Dann gibt es noch eine Sicherung im Energieregler zur Absicherung der Steuerspannung. Fällt diese aus, arbeitet der Energieregler nicht mehr im Sparmodus sondern ist im Bypassbetrieb. **Die Versorgung Ihrer Anlage ist über die feste Verbindung der Hochleistungswicklung zu jeder Zeit gewährleistet und es kommt auch zu keiner Spannungsunterbrechung im Unternehmen.**

- **Erfolgt bei Spannungsschwankungen eine automatische Umschaltung des Energieregler ?**

Die neue Generation der Stromsparanlagen sind mit einer Kaskadenschaltung ausgestattet und haben eine Spannungsumschaltung integriert, so dass der Energieregler bei netzbedingter Unterspannung automatisch in den Bypassbetrieb schaltet und beim wieder Erreichen der Normspannung wieder automatisch in den Sparbetrieb schaltet. Mit der Kaskadenschaltung erreichen wir, dass der Energieregler immer im optimalen Sparbereich arbeitet, so dass er bei Spannungsschwankungen am Eingang, automatisch auf die optimale Sparstufe schaltet.

- **Verbraucht der Energieregler nicht noch zusätzlich Strom?**

Ja, natürlich braucht auch der Energieregler als Verbraucher etwas Strom. Durch die Einsparung, die Sie mit dem Energieregler erreichen, ist der zusätzliche Verbrauch allerdings vernachlässigbar. Sie sparen im Normalfall 8% bis 15% der Stromkosten und der Eigenverbrauch ist darin schon enthalten.

- **Wann rechnet sich die Stromsparanlage für unser Unternehmen?**

Es ist immer eine Frage der Amortisationszeit, ab wann sich eine Anlage rechnet. Die Amortisationszeit liegt bei richtiger Dimensionierung der Stromsparanlage, guter Anlagenauslastung und Leistungsschwankungen im normalen Rahmen zwischen 2 bis 3 Jahren.

Die Amortisationszeit unterliegt, wie jede Investition, verschiedenen Einflussgrößen. Bei gleichmäßiger und voller Auslastung der Stromsparanlage über 24 Stunden täglich und 365 Tagen im Jahr ist sie mit Sicherheit kürzer als bei einer Auslastung von 8 Stunden täglich und nur 6 Monaten Betriebszeit im Jahr. Ein weiterer Grund für die Verlängerung der Amortisationszeit ist die Einplanung von Reserven oder eine Überdimensionierung der Stromsparanlage. Unregelmäßige und hohe Leistungsspitzen ziehen die Amortisation genauso in die Länge, da für diesen Fall die Maximalleistung vorgehalten werden muss, was eine höhere Investition bedeutet. Betrachten Sie die Amortisationszeiten Ihrer Produktionsmaschinen, dann haben Sie einen ersten Anhaltspunkt.

Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, die Stromsparanlage zu leasen oder über Mietkauf zu finanzieren, dabei bleiben Sie mit den monatlichen Raten in der Regel unter Ihren monatlichen Einsparungen, so dass Sie mit dem Erwerb eines Energieregler zunächst faktisch keine finanzielle Mehrbelastung spüren und nach 3 Jahren die volle Einsparung von 8-15% Ihrer Energiekosten realisieren .

- **Wir produzieren ca. 10 bis 12 Stunden am Tag, die Maschinen sind nachts aber nicht ganz abgeschaltet und das Angebot ist verlockend. Lohnt die Anschaffung für unser Unternehmen?**

Wie schnell sich die Stromsparanlage für Sie rechnet ist auch immer eine Frage der Auslastung. Sicherlich hatten Ihre Maschinen auch eine längere Amortisationszeit, wenn sie nicht 3- oder sogar 4-schichtig produzieren. Es gilt, je besser die Auslastung, desto kürzer die Amortisationszeit. Wenn Sie in Ihr Unternehmen langfristig und nachhaltig investieren, lohnt die Stromsparanlage genauso, denn bei einer Lebensdauer von ca. 30 Jahren und einer Garantiezeit von 3 Jahren ist die Investition sicherlich immer von Vorteil, zumal sich die Strompreise bisher stetig nach oben entwickelt haben.

- **Bei uns gehen ständig Leuchtstofflampen und Geräte kaputt, kann es sein, dass es an der Spannung liegt?**

Die Normspannung beträgt 230/400 Volt  $\pm 10\%$ . Je kürzer der Übertragungsweg vom Mittelspannungstrafo zu Ihnen ist, desto höher ist die Versorgungsspannung, da nur geringe Leitungsverluste auftreten. Eine Versorgungsspannung im oberen Bereich der Normspannung verursacht höhere Verluste und belastet die Geräte stärker. Wenn Geräte permanent stärker belastet werden, ist die Lebensdauer auf Grund der Alterungsprozesse einfach geringer. Die Ursache dafür, dass Halogen- und Leuchtstofflampen öfter kaputt gehen, kann eine permanente Überlastung durch zu hohe Spannungen sein. Ein anderer Grund können Oberschwingungen durch Verzerrungsblindleistung sein, die von der Elektronik elektronisch geregelter Antriebe oder Phasenanschnittsteuerungen herrühren.

Die Hersteller legen die Geräte zwar für das komplette Toleranzband aus, das ist allerdings immer wieder ein Spagat. Zu hohe Spannungen verkürzen die Lebensdauer der Geräte teilweise um Jahre und bei Halogen- und Leuchtstofflampen zeigt sich dieser Effekt schon in relativ kurzer Zeit.

Viele Menschen glauben, wenn Sie mit einer Überspannung versorgt werden bekämen sie "mehr" und das stimmt, sie haben mehr, - **mehr Verluste!**

Optimaler Weise sollte die Versorgungsspannung stabil im unteren Bereich des Toleranzbandes ( $\pm 10\%$ ) der Normspannung von 230/400 Volt liegen. Ihre Geräte funktionieren mit 210/360 Volt genauso gut, denn auch die Hersteller von Maschinen und Anlagen müssen ihre Geräte auf das Toleranzband von  $\pm 10\%$  auslegen. In diesem Bereich **funktionieren die Geräte zuverlässig, aber die Verluste und Ihre Kosten sind geringer und die Lebensdauer der Geräte erhöht sich.** Haushalte und Unternehmen die mit Überspannung versorgt werden, haben dadurch höhere Kosten und Aufwendungen.

- **Ich habe nicht Elektrotechnik studiert und mein Elektriker war für mich auch keine zufriedenstellende Entscheidungshilfe. Wie erkenne ich, dass diese Stromsparanlage für unser Unternehmen in Frage kommt?**

Das ist ein bekanntes und wirklich interessantes Phänomen. Manche sind skeptisch, manche hingegen wissen sofort, welches Potenzial sich hinter dieser zentralen Einsparmöglichkeit verbirgt. Übrigens, wir haben auch nicht Verkehrstechnik studiert und trotzdem Autos gekauft. Es ist halt allgemein bekannt, dass Autos wirklich fahren, mit dem Ohmschen Gesetz ist das etwas anderes

und wenn es um das Innere von elektrischen Verbrauchern (*Wirkungsgrad, Magnetisierungsströme, Verzerrungsblindleistung, Magnetismus, Induktionsgesetze, Transformatorenberechnungen usw.*) geht, ist halt der Experte gefragt. Wenn es Ihnen darum geht, wie die Stromsparanlage wirklich funktioniert, dann fragen Sie uns.

Es ist auch immer wichtig die Perspektive zu betrachten, aus der Sie und aus der Ihre Elektriker schauen. Sie brauchen sich selbst nur 4 Fragen zu stellen.

1. Welchen Anreiz geben Sie Ihrem Elektriker, damit er sich aktiv um dieses Thema kümmert?
2. Erwarten Sie von Ihrem Elektriker eine kaufmännische oder eine technische Antwort?
3. Wer hat in Ihrem Unternehmen das stärkste Interesse daran, die Kosten zu senken?
4. Was interessiert Sie wirklich am meisten, die Funktionsweise oder die Amortisation oder auch die Betriebssicherheit?

Eine andere Möglichkeit ist, einen Elektroingenieur zu fragen, der sich mit dem Inneren elektrischer Maschinen auskennt. Wenn es um die Frage geht, welchen Nutzen eine Stromsparanlage für Ihr Unternehmen hat, dann ist das in erster Linie eine kaufmännische Frage. Lohnt sich eine Einsparung Ihrer Stromkosten von 10 bis 15% für Sie? Immer wieder stellen wir fest, dass Elektriker technische Fragen klären sollen aber dann eine kaufmännische Antwort geben. Fragen Sie stattdessen Ihren kaufmännischen Geschäftsführer wird er sagen: Gib unsere Zahlen raus und lass ein Angebot erstellen.

Vorsicht ist wichtig, umsichtiges Handeln auch, aber wenn Sie einen Termin mit uns vereinbart haben, können Sie Ihren Elektriker gern dazu nehmen, wenn Sie sich technisch unsicher fühlen. Für ein Gespräch optimal ist, wenn Ihr Elektroingenieur und Ihr Kaufmann bei diesem Termin anwesend sind.

- **Welche praktischen Erfahrungen und Ergebnisse gibt es mit dem Energieregler für die Einsparungen an Einzelaggregaten?**

Wir führen immer wieder Vergleichsmessungen an Einzelaggregaten durch. Es ist erstaunlich welche Einsparungen sich für einzelne technische Verbraucher ergeben können. Eine Vergleichsmessung ist allerdings immer nur eine Momentaufnahme für das entsprechende Aggregat. Da sich die Einsparungen für jedes Unternehmen zu jedem Zeitpunkt über das Gesamtunternehmen ändert, können wir mit einer Vergleichsmessung beweisen, dass die Stromsparanlage funktioniert. Am Ende einer Periode sehen Sie die Einsparung auf Ihrer Rechnung. Sie haben allerdings jederzeit die Möglichkeit, die Stromsparanlage in den Bypassbetrieb zu schalten, dann sehen Sie, wie sich die Stromaufnahme und damit die Leistung verändert. Die Summe der Einsparungen lag in der Vergangenheit bei keinem Unternehmen unter 8% . Sie pendelt durchschnittlich zwischen 10% und 15%. Bei Lichtanlagen sind auch höhere Einsparungen möglich.

- **Ist mit dem Energieregler eine Einsparung in Großküchen möglich?**

Oft wird behauptet, dass zum Kochen ja immer eine definierte Wärmemenge benötigt wird und wenn die Spannung abgesenkt wird, dann muss halt länger gekocht werden... Das ist nur ein Teil der Wahrheit. Wenn nun wirklich die komplette, mittels Strom erzeugte Wärmemenge in das Kochgut gelangen würde, bräuchten wir Großküchen nicht belüften oder kühlen. Der größte Teil der Wärmemenge wird in die Raumluft abgestrahlt und erhitzt die Geräte.

In Großküchen sind darüber hinaus eine ganze Menge weiterer elektrischer Verbraucher vorhanden. Abgesehen vom Kochen, müssen Nahrungsmittel tiefgekühlt, gekühlt, gereinigt, erhitzt, gegart, gedünstet, gekocht usw. werden. Geschirr und Geräte müssen gereinigt werden usw. usf.

Überall wird Strom gebraucht und jeder Verbraucher hat einen eigenen Wirkungsgrad und verursacht Verluste, die u.a. von der Höhe der Spannung abhängig sind. Hier können Sie Ihre Kosten mit dem Energieregler wirklich senken.

An dieser Stelle müssen wir auch wieder darauf hinweisen, dass wir die Spannung innerhalb der Toleranzgrenzen der Normspannung optimieren, was nicht zur Veränderung des Betriebsverhaltens der Verbraucher führt.

Der Einfluss, den die Ausrüstung auf den Verbrauch hat, ist enorm wichtig. Darüber hinaus bekommen Sie beim "Industrieverbandes Haus -, Heiz- und Küchentechnik e.V." Einspartipps, dort finden Sie auch weitere wichtige Hinweise, wie Sie Ihre Kosten zusätzlich senken können. Das Problem ist allerdings auch hier wieder die Umsetzung der vielen Tipps in der Praxis.

- **Wie hoch sind die Einsparungen in etwa bei elektrisch angetriebenen Pumpen?**

Pumpsysteme stellen in Industrieanlagen einen Anteil von ca. 20% am Stromverbrauch. Da es bei Pumpen auf die hydraulische Förderleistung ankommt, müssen wir Pumpen wählen, die möglichst dicht am Betriebspunkt liegen.

Benötigt eine Anlage zum Beispiel 47 kW hydraulische Förderleistungen, wird auf einen 55-kW Motor zurückgegriffen – ein 45-kW Motor reicht für diesen Anwendungsfall nicht aus.

Üblicherweise wird die Motorleistung dem Laufrad fest zugeordnet, ein 55-kW-Motor wird also mit einem Laufrad für diese Förderleistung geliefert. Das bedeutet für diesen Fall, dass 8 kW, also 15 bis 20 Prozent der dafür notwendigen Energie, ungenutzt verloren gehen! Die größten Einsparungen ergeben sich bei Pumpen, die weit über dem normalen Betriebspunkt der Anlage dimensioniert sind, weil sie immer wieder im Teillastbereich arbeiten müssen, kurzzeitig aber doch die volle Leistung brauchen.

Da es für Pumpen Standardgrößen gibt, wird aus Kostengründen häufig auf diese Standardaggregate zurückgegriffen, ohne an die Folgekosten zu denken, die durch die Verluste entstehen. Die Höhe der Einsparungen ist auch davon abhängig, mit wie vielen Betriebsstunden die Anlage im Jahr gefahren wird.

- **Steigt nicht der Strom, wenn wir die Spannung absenken?**

Da diese Frage immer wieder gestellt wird, und in der Industrie ca. 70% des Stromverbrauchs durch elektrische Antriebe entstehen, widmen wir uns diesem Thema etwas ausführlicher und gründlicher in der detaillierten Betrachtung der Ströme in elektrischen Antrieben, denn bei den meisten anderen Verbrauchern haben wir definierte Zustände und fixe komplexe Innenwiderstände, bei denen die Ströme sinken, wenn wir die Spannung absenken.

### **Vorab noch der Hinweis:**

Wir bewegen uns bei der Spannungsoptimierung immer im gesetzlich vorgeschriebenen Toleranzband der Normspannung, in dem alle elektrischen Verbraucher auslegungsgemäß funktionieren. 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.

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

Kleine Antriebe und Motoren mit einer hohen Polzahl arbeiten oft dicht an der magnetischen Sättigungsgrenze, hier sind Überspannungen gefährlich, 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.

### **Grafische Darstellung der Verhältnisse innerhalb eines Motors**

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  $\cos\varphi$  sinkt in diesem Fall).

Bei einer Spannungsabsenkung fällt der Magnetisierungsstrom aber der Wirkstrom steigt (der  $\cos\varphi$  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.

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 und es wird 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 Energieregler 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 10% liegt, bis 25% gehen kann und dessen Momentanwert 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.

- **Werden die neuen Geräte und Motoren nicht auf die höhere Normspannung ausgelegt?**

Die Hersteller von elektrischen und elektronischen Geräten richten sich nach der Normspannung von 230/400 Volt. Der Normwert darf um maximal 10 Prozent nach oben oder unten schwanken, was eine zulässige Schwankungsbreite z.B. in der 230 Volt-Ebene von 207 bis 253 Volt bedeutet. In diesem Spannungsbereich müssen ihre elektrischen und elektronischen Geräte fehlerfrei funktionieren und das tun sich auch. Schließlich müssen die Geräte auch dort funktionieren, wo nur noch Spannungen am unteren Toleranzband zur Verfügung gestellt werden können, wie zum Beispiel an entlegenen Orten. Aus dieser Tatsache ergeben sich weitreichende Konsequenzen in Bezug auf Einsparpotenzial und Lebensdauer der Geräte. Derzeit beträgt die **mittlere** Versorgungsspannung am Hausanschluss etwa 234 bis 238 Volt. In älteren Betriebsstätten existieren allerdings noch Maschinen und Antriebe, die für die alte Spannung von 220/380 Volt -10% / +10% gebaut wurden, hier ist der Einsatz des Energieregler noch effektiver, da hier sogar Einsparungen von über 25% realisiert werden können.

- **Was muss bedacht werden, wenn Antriebe in Ex-geschützten Anlagen betrieben werden?**

Für Motoren, die in explosionsgefährdeten Anlagen betrieben werden, gelten besondere gesetzliche Bestimmungen. Hier ist, neben der gekapselten Ausführung der Motoren, für die Normspannung ein Toleranzband von  $\pm 5\%$  zulässig. In diesen Fällen muss geprüft werden, ob der Einsatz des Energieregler gegen diese Vorschriften verstoßen würde. In den meisten Anlagen ist die Einspeisung von explosionsgeschützten Anlagenteilen allerdings gesondert ausgeführt. In Anlagen, in denen die Einspeisung nicht gesondert ausgeführt ist, kann der Energieregler nicht installiert werden.

- **Wird es im Raum nicht dunkler, wenn die Spannung abgesenkt wird?**

Ja, allerdings trifft das nur auf Glühlampen und Halogenlampen zu, Sie kennen das von Dimmern. Da diese Verbraucher mit einem Wirkungsgrad von 2 bis 5% arbeiten, (*d.h. 2 bis 5% der aufgenommenen Leistung wird in Licht umgewandelt, der Rest, also 95 bis 97% sind Verluste*), ist die Leuchtkraftverminderung durch eine so geringe Spannungsabsenkung unerheblich, dass diese vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen wird. Versuchen Sie einfach mal eine Lampe mit einem Dimmer in den ersten Millimetern des Reglers dunkler zu stellen. Sie werden feststellen, dass Sie eine Verringerung der Leuchtkraft erst erreichen, wenn Sie den Dimmer ein ganzes Stück gedreht haben.

Auf Grund der Toleranzbereiche bei der Beleuchtungsinstallation werden die nach Arbeitsstättenrichtlinien geforderten Grenzwerte somit sicher erreicht, zumal die Beleuchtung in Unternehmen in den meisten Fällen über Leuchtstofflampen realisiert ist. Auch hier gilt, dass innerhalb des Toleranzbandes der Normspannung alle Verbraucher auslegungsgemäß funktionieren.

Wenn wir dann noch bedenken, dass der Wirkungsgrad einer Leuchtstofflampe zwischen 8 und 15% liegt und die Verluste zwischen 85% und 92% betragen, ist bei einer Spannungsoptimierung am unteren Ende des Toleranzbandes der Normspannung, auf Grund des Funktionsprinzips, kein



Einfluss auf die Lichtausbeute vorhanden (*einmal gezündet, bricht die Brennspannung sowieso auf ca. 100V zusammen und das Licht wird durch die Brechung der UV-Strahlung am Leuchtstoff erzeugt*), hier erreichen wir die Einsparung nur über die Senkung der Verluste. Energiesparlampen oder weiße LED's haben einen Wirkungsgrad von ca.12%.

**Wir müssen immer wieder betonen, wir bewegen uns bei der Spannungsoptimierung immer im gesetzlich vorgeschriebenen Toleranzband der Versorgungsspannung, für die alle Verbraucher ausgelegt sein müssen.**

- **Muss der Spannungsregler gewartet werden?**

Der große Vorteil des Spannungsreglers ist, dass das Gerät nahezu wartungsfrei ist, es ist jedoch empfehlenswert bezüglich Langlebigkeit und optimaler Funktion 1 x jährlich nach der Anlage zu schauen. Natürlich müssen trotzdem die Wartungs- und Prüfungsarbeiten nach DIN VDE 0100 für elektrische Anlagen durchgeführt werden. Gerne bieten wir Ihnen dazu einen Wartungsvertrag an und sehen 1 x jährlich nach Ihrer Anlage.

- **Was ist wenn der Kunde in der Beleuchtung EVG's im Einsatz hat?**

Leuchtstofflampen mit EVG's haben Verluste von 85% und einen Gesamtwirkungsgrad von 15%. Sie sind bei Umrüstung sehr Aufwendig, teuer, störungsanfällig und verunreinigen das Netz. Insbesondere International sind sehr wenig EVG's im Einsatz. Die meisten EVG's sind leistungsabhängig, d.h. es ergeben sich etwas geringere Energieeinsparungen bei den einzelnen Verbrauchern als beim Einsatz von KVG's. Größere Einsparungen ergeben sich hingegen bei KVG's, sie haben einen Wirkungsgrad von ca. 8% und einen Verlustanteil von 92% (Konventionelle Vorschaltgeräte, das sind z.B. herkömmliche Drosselspulen in Leuchtstofflampen) und mittlere Einsparungen erreichen Sie bei VVG's (verlustarme Vorschaltgeräte).

Bei der Umrüstung von KVG'S oder VVG's auf EVG's sollten Sie beachten, dass es sehr viele No-Name-Billigprodukte auf dem Markt gibt, die eine relativ kurze Lebensdauer haben und dass Sie Ihre Leuchtstofflampen u. Umständen komplett neu verdrahten müssen. EVG's von Markenherstellern haben hingegen keine Probleme mit der Lebensdauer. Es ist immer eine philosophische Frage, ob man KVG's gegen EVG's tauschen sollte, kommen doch künftig immer öfter LED-Beleuchtungen zum Einsatz. Es ist sinnvoll hier immer die **Amortisationszeiten** im Auge zu behalten, rechnen Sie vorher aus, wie viele kWh sie bei der Umrüstung einsparen, denn die Beleuchtung ist nur ein winziger Teil vom Gesamtverbrauchs eines Unternehmens und viele Anbieter lassen sich den Betrag Ihrer möglichen Einsparung schon mit dem Kaufpreis bezahlen. Energiesparlampen sollten sie nicht verwenden, da diese Quecksilber ausdampfen.

**Wo Ist der Einsatz des Energieregler besonders empfehlenswert?**

Generell kann gesagt werden, dass de Energieregler für alle Betriebe und Anlagen hervorragend geeignet ist, bei denen eine mittlere bis hohe Leistung gebraucht wird. Besonders interessant ist der Spannungsregler auch bei älteren Produktionsstätten. Hier haben wir sehr hohe Einsparungen bei Maschinen erreicht. Wir sehen uns zuvor sehr gerne Ihren Betrieb an.

Besonders kurze Amortisationszeiten werden erreicht, wenn Sie Ihr Unternehmen 3-schichtig betreiben, d.h. eine möglichst hohe Betriebsstundenzahl hat und eine relativ konstante Leistung über das ganz Jahr benötigt wird.

- **Welche Konkurrenzprodukte gibt es zum Energieregler?**

Die meisten Konkurrenzprodukte, die es auf dem Markt gibt und mit einer Spannungsabsenkung arbeiten, gehen gezielt auf Beleuchtungstechnik. Dabei wird auf die Niedrigstspannung von 207 V keine Rücksicht genommen. Diese Geräte arbeiten nach dem Prinzip der Phasenanschnittsteuerung oder auch transformatorisch. Die Leistungsklassen gibt es meist nur bis 50 kVA. Einzelne sogar bis 150 kVA, diese allerdings, wiegen ca. das Doppelte. Dann gibt es noch Anbieter, die arbeiten auf einer ganz anderen Grundlage, sprechen von Tachyonen und davon, dass Verbraucher an die

Einsparung glauben müssen, dass entzieht sich uns als Ingenieure allerdings unserer Kenntnis. *(Sie werden sie im Internet sicherlich finden)*

Das Leistungsspektrum unserer Energieregler reicht von 7,5 kVA bis 1.400 kVA. Wir sparen über alle Verbraucher hinweg. Die prozentuale Einsparung in der herkömmlichen Beleuchtung ist zwar höher, allerdings ist die Gesamtleistung für die Beleuchtung nur ein Bruchteil vom Gesamtverbrauch eines Unternehmens.

- **Wie unterscheiden sich die einzelnen Produkte?**

Verwendung von Phasenanschnittsteuerung bewirkt eine Erzeugung von Oberschwingungen, die sich störend auf das Netz auswirken (Netzurückwirkung). Die Verwendung von herkömmlichen Transformatoren bewirkt einen Eigenverlust. Meist wird dieser durch zusätzliche Regeleinheiten kompensiert, die den Transformator in gewissen Fällen abschalten. Komplizierte Steuereinheiten erhöhen das Wartungsaufkommen und die Störanfälligkeit, zudem wird in vielen Fällen die Niedrigstspannung unterschritten, was bei unserem Energieregler nicht der Fall ist.

- **In der Küche mit Herd oder Wasserkocher, dauert es länger bis das Wasser kocht?**

Nein, auch die Backautomaten in Supermärkten backen nicht länger oder müssen anders eingestellt werden. 2 Professoren waren vor kurzem sehr verwundert, es ging sogar ein wenig schneller! Bei Spannungsreduzierung steigt doch die Stromaufnahme? Ja das gilt jedoch nur für leistungsabhängige Verbrauchsgeräte ( $P = U \times I = \text{konstant}$ ). Für spannungsabhängige, also ohmsche Verbrauchsgeräte gilt, die Leistung steigt mit der Spannung im Quadrat ( $P = U^2/R$ ).

- **Sparen durch Spannungsabsenkung ist doch nichts Neues oder?**

Aus der Umspannung von 20kV auf 0,4kV ist das Prinzip bekannt und wird genutzt. Dass das Prinzip nun auf den Niederspannungsbereich ausgedehnt wird, ist jedoch neu. Neu ist auch der Aufbau des Spezialtransformators, den wir in unserem Energieregler verbauen.

- **Wir haben viele Klimageräte im Einsatz, sparen wir dabei?**

Ja, Klimaanlage benötigen viel Energie, hier sparen Sie viel. Gerade in den südlichen Ländern ist der Spannungsregler sehr effektiv, weil hier viele Klimaanlage montiert sind. Hierzu müssen Sie wissen, dass zur Erzeugung von Kälte drei Mal so viel Energie benötigt wird wie bei der Erzeugung von Wärme. Schon allein diese Tatsache macht deutlich, dass Sie bei Klimaanlage richtig sparen können.