Unzulässige Rückwirkungen auf die Rundsteuerung : neue Empfehlungen

Autor(en): **Schreiber, Rolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **84 (1993)**

Heft 18

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902726

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Erstmals, dies darf als Novum in der Geschichte der Elektrizitätswerke betrachtet werden, haben die drei Verbände VDEW (Deutschland), VEÖ (Österreich) und der VSE (Schweiz) gemeinsam die «Empfehlungen zur Vermeidung unzulässiger Rückwirkungen auf die Tonfrequenz-Rundsteuerung» ausgearbeitet. Diese ermöglichen den Elektrizitätswerken, aber auch den Kunden bzw. den Herstellern von elektrischen Betriebsmitteln eine Beurteilung der Sachlage. Die Empfehlungen enthalten allgemeine Beurteilungsgrundsätze hinsichtlich einer unzulässigen Beeinflussung der Rundsteuerung durch Kundenanlagen. Speziell werden Kompensationsanlagen, Sperr- und Saugkreise, Motoren, Generatoren und Eigenerzeugungsanlagen angesprochen. Diese Empfehlungen bringen eine sinnvolle Ergänzung zur Schweizer Norm SN 413724 «Kompensations- und Saugkreisanlagen in Niederspannungsnetzen». Besonders gilt dies für die Beurteilung von Kundenanlagen mit Verknüpfungspunkt im Mittelspannungsnetz sowie bei der Verwendung von sehr tiefen Rundsteuerfrequenzen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass bezüglich der Ausführung von Kompensations- und Saugkreisanlagen in Niederspannungsnetzen die Bestimmungen der Schweizer Norm SN 413724 zwingend vorgeschrieben sind.

Unzulässige Rückwirkungen auf die Rundsteuerung

Neue Empfehlungen

■ Rolf Schreiber

Allgemeines

In vielen elektrischen Versorgungsnetzen setzen die Elektrizitätswerke Tonfrequenz-Rundsteuersysteme ein. Hierbei werden der 50-Hz-Spannung höherfrequente Impulse überlagert, welche die im Netz angeschlossenen Tonfrequenz-Rundsteuerempfänger zu bestimmten Schaltungen veranlassen.

Der ordnungsgemässe Betrieb einer Rundsteueranlage kann zum Beispiel durch Kompensationsanlagen oder rotierende Maschinen (Motoren bzw. Generatoren) unzulässig beeinträchtigt werden, und zwar infolge:

- *Absaugen der Tonfrequenzleistung*
  Resonanzkreise innerhalb der Kundenanlage können für die verwendete Rundsteuerfrequenz sehr niederohmige Impedanzen darstellen, also quasi Kurzschlüsse, so dass eine Überlastung des Rundsteuersenders die Folge ist.
- *Absenkung der Tonfrequenz-Steuerspannung*
  In Hinblick auf die einwandfreie Funktion der Rundsteuerempfänger muss die dem Versorgungsnetz überlagerte Tonfrequenz-Spannung ausreichend hoch sein. So dürfen die angeschlossenen Kundenanlagen diese Steuerspannung nicht unzulässig absenken.
- *Störspannungen*
  Kundenanlagen mit statischen Umrichtern, die Störspannungen im Bereich der verwendeten Rundsteuerfrequenz erzeugen und in das öffentliche Netz einspeisen, können den Betrieb von Rundsteuerempfängern beeinträchtigen, in dem sie zum Beispiel die Rundsteuertelegramme verfälschen (Bild 1).

Beurteilungsgrundsätze

Zulässige Belastung des Rundsteuersenders

Der Rundsteuersender wird für die Leistung des in das Mittelspannungsnetz ein-

Adresse des Autors:
Rolf Schreiber, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ), Postfach, 8022 Zürich.

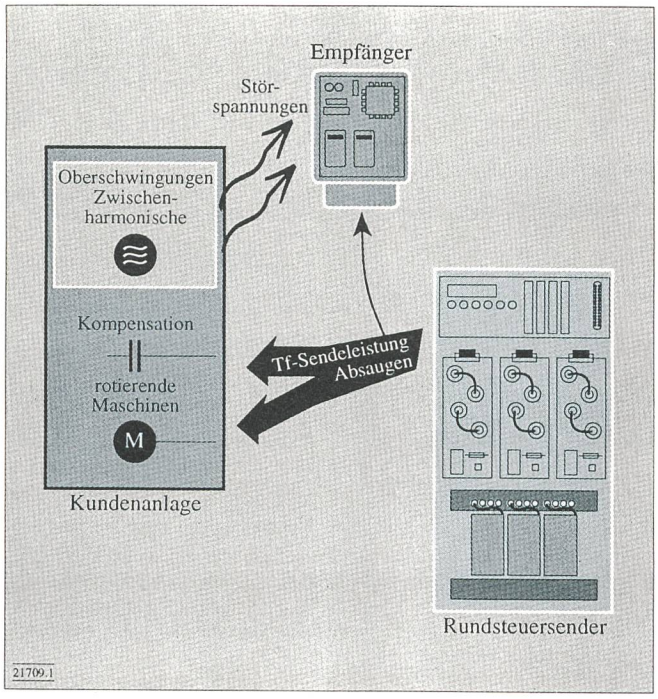


Bild 1 Unzulässige Rückwirkungen auf die Rundsteuerung

speisenden Netztransformators ausgelegt. Somit sind Tonfrequenz-Sendeleistung und Anschlussleistung aller im Versorgungsbereich angeschlossenen Kunden gekoppelt (Bild 2). Daraus folgt, dass sich die von einer einzelnen Kundenanlage beanspruchte Tonfrequenz-Leistung an der 50-Hz-Anschlussleistung orientiert. Für die Kunden mit einer hohen Anschlussleistung wird deshalb auch eine hohe Tonfrequenz-Leistung bereitgestellt.

In den Empfehlungen wird die zulässige Senderbelastung durch den Impedanzfaktor «α» berücksichtigt. Der Impedanzfaktor α ist das Verhältnis der Impedanz bei Rundsteuerfrequenz zur 50-Hz-Anschlussimpedanz. Betrachtet wird hierbei immer die gesamte Kundenanlage.

$$\alpha = \frac{\text{Impedanz bei Rundsteuerfrequenz}}{\text{50-Hz-Anschlussimpedanz}} \geq 0{,}4$$

Sendeanlagen werden in der Regel so ausgelegt, dass bei einem Impedanzfaktor von $\alpha \geq 0{,}4$ keine Überlastung erfolgt.

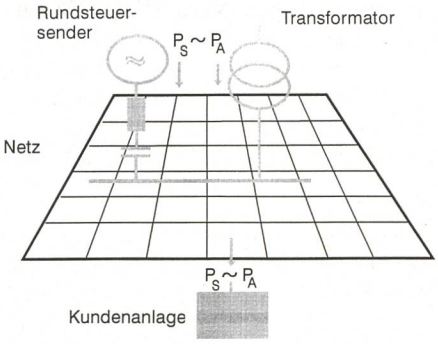


Bild 2 Belastung des Rundsteuersenders

Zulässige Änderungen der Tonfrequenz-Steuerspannung

Kundenanlagen mit Verknüpfungspunkt im Mittelspannungsnetz werden über einen eigenen Netztransformator eingespeist. Im Niederspannungsnetz der Anlage sind keine weiteren Kunden angeschlossen. Es handelt sich um ein nicht tonfrequenzmässig ausgesteuertes Niederspannungsnetz. Die Tonfrequenz-Steuerspannung darf innerhalb der Kundenanlage sehr kleine Werte annehmen. Mit Blick auf die Senderbelastung muss trotzdem berücksichtigt werden, dass die Impedanz der gesamten Kundenanlage bei der Rundsteuerfrequenz nicht unzulässig klein wird (Impedanzfaktor α einhalten). Rundsteuerempfänger in Kundenanlagen mit eigenem Netztransformator können über Spannungswandler unmittelbar an das Mittelspannungsnetz angeschlossen und betrieben werden.

Zulässige Einspeisung von Störspannungen im Bereich der Rundsteuerfrequenz

Die von allen Kundenanlagen erzeugten Störspannungen (Zwischenharmonische) im Bereich der Rundsteuerfrequenz müssen auf einen Wert begrenzt werden, der Fehlfunktionen der Rundsteuerempfänger vermeidet. Unter Berücksichtigung der Nichtfunktionsspannung von Rundsteuerempfängern wurde der zulässige Grenzwert für die einzelne Kundenanlage auf 0,1% U_n festgelegt.

Störspannungen mit einem Frequenzabstand von ± 100 Hz zur verwendeten Rundsteuerfrequenz können infolge von Modulationseffekten ebenfalls zu Fehlfunktionen der Rundsteuerempfänger führen. Die von einer Kundenanlage verursachte Störspannung, die auf den Nebenfrequenzen von ± 100 Hz zur örtlich verwendeten Rundsteuerfrequenz oder dazu in unmittelbarer Nähe liegt, darf nicht mehr als 0,3% U_n betragen.

Kompensationsanlagen

Allgemeines

Elektrische Betriebsmittel wie Motoren, Drosselspulen und Stromrichter entnehmen dem elektrischen Versorgungsnetz neben der nutzbaren Wirkleistung auch Blindleistung. Der Transport dieser Blindleistung verursacht zusätzliche Verluste in den Transformatoren sowie in der Übertragung und ist deshalb unwirtschaftlich. Durch eine verbrauchernahe Blindleistungskompensation können die elektrischen Netze entlastet werden, da die Blindleistung nicht mehr vom Versorgungsnetz, sondern von den Kondensatoren bereitgestellt wird.

Wie aus Bild 3 hervorgeht, sind innerhalb der Kundenanlage motorische und statische Betriebsmittel sowie eine Kompensationsanlage angeschlossen. Vom Versorgungsnetz, das heisst aus Sicht der Rundsteuerung gesehen, bildet die Kapazität der Kondensatoren mit der Streuinduktivität des vorgeschalteten Transformators einen Serieschwingkreis. Die Resonanzfrequenz dieses Kreises sinkt mit steigender Kompensationsleistung. Bei Anlagen, deren Kondensatoren in Stufen

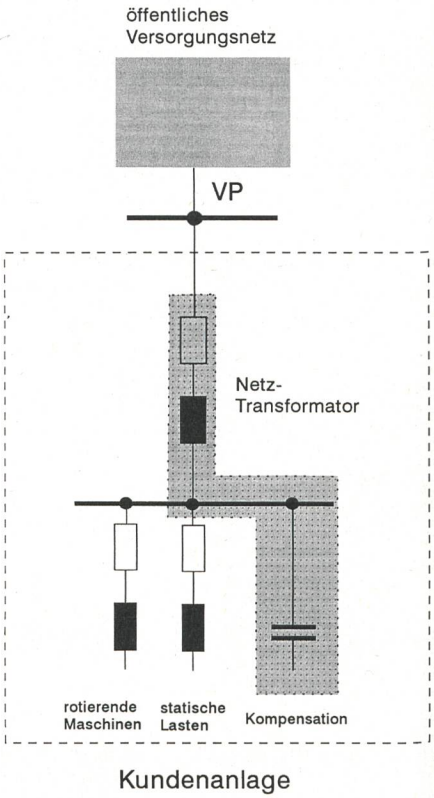


Bild 3 Ersatzschaltbild einer Kundenanlage mit VP im Mittelspannungsnetz

schaltbar sind, ergeben sich mehrere Resonanzfrequenzen. In der Nähe der Resonanzfrequenz ist die Impedanz des Serieschwingkreises sehr niederohmig (quasi ein Kurzschluss) und beeinflusst die Rundsteuerung in unzulässigem Mass. Bei genügend grossem Abstand zwischen Resonanz- und Rundsteuerfrequenz ist die Impedanz ausreichend hoch, so dass keine unzulässige Beeinträchtigung der Rundsteuerung zu erwarten ist.

Im Niederspannungsnetz, also aus Sicht der Verbraucher, bildet die Kapazität der Kondensatoren mit der Streuinduktivität des Transformators einen Parallelschwingkreis. Liegt die Resonanzfrequenz dieses Schwingkreises bei oder in der Nähe einer Oberschwingungsfrequenz, so können durch die Oberschwingungsströme hohe Oberschwingungsspannungen auftreten, die zu Störungen von anderen Verbrauchern, zur Überlastung der Kompensationsanlage und zum Ansprechen der Schutzeinrichtungen führen.

Verdrosselung von Kompensationsanlagen

Die Empfehlungen enthalten eine differenzierte Betrachtung bezüglich der Verdrosselung, wobei als Kriterium die Rundsteuerfrequenz herangezogen wird. Bei Rundsteuerfrequenzen > 250 Hz ist ab 10 kvar Kompensationsleistung die Verdrosselung der Kompensationsanlagen vorgesehen. Ist die Rundsteuerfrequenz < 250 Hz, wird, sofern die Kompensationsleistung 35% über der Anschlussleistung liegt und/oder hohe Oberschwingungspegel vorliegen, eine Verdrosselung gefordert. In diesem Zusammenhang ist jedoch für die Schweiz die SN 413724 verbindlich, die ab Kompensationsleistungen > 25 kvar eine generelle Verdrosselung vorschreibt. Dabei richtet sich die zu wählende Verdrosselungsfrequenz nach der verwendeten Rundsteuerfrequenz des energieliefernden Elektrizitätswerks; sie ist in der SN 413724 in der Tabelle 1 aufgeführt.

Für Kundenanlagen mit eigenem Netztransformator (VP im Mittelspannungsnetz) lässt sich der notwendige Verdrosselungsgrad mit einer Formel unter Berücksichtigung verschiedener Einflussgrössen berechnen.

Es gilt:

$$p \geq \frac{1/v^2 + k(1/2v - u_k)}{1 + k(1/2v - u_k)}$$

p = Verdrosselungsgrad
v = Rundsteuerfrequenz/50 Hz
k = Kompensationsgrad
u_k = Kurzschlussspannung des Netztransformators

Anmerkung: Der Kompensationsgrad k ist das Verhältnis von Kompensationsleistung (Q_k) zur Transformatoren-Bemessungsleistung (S_{Tr}).

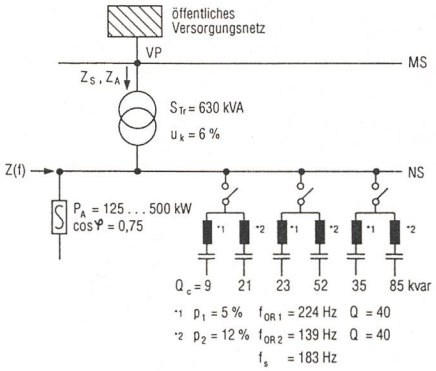


Bild 4a Netzschema für verdrosselte Kondensatoren in Parallelschaltung

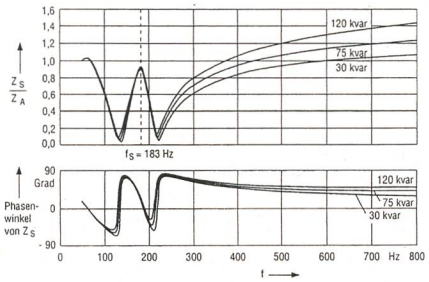


Bild 4b Impedanzverlauf vom Verknüpfungspunkt aus gesehen

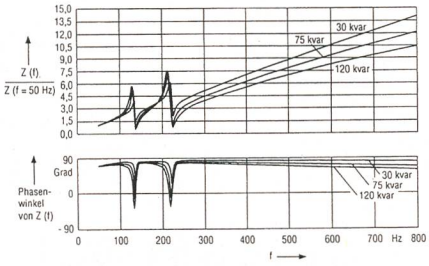


Bild 4c Impedanzverlauf von der Kundenanlage (Niederspannungsseite) aus gesehen

Berechnungsbeispiel:
Rundsteuerfrequenz = 167 Hz, u_k = 0,06, Q_K = 240 kvar, S_{Tr} = 630 kVA, k = 0,38, $p \geq 0{,}12$ oder 12%

Sonderschaltungen

Tiefe Rundsteuerfrequenzen bedingen einen hohen Verdrosselungsgrad. Dies führt zu höheren Investitionen und bringt, im Vergleich mit der Standardverdrosselung von 5 bis 7%, höhere Verluste mit sich. Darüber hinaus ist die gewünschte Saugwirkung und damit die Reduktion der Oberschwingungsspannungen bei der 5. Harmonischen nicht mehr ausgeprägt vorhanden. Um dieser Tatsache entgegenzuwirken, können Kompensationsanlagen so aufgebaut werden, dass die Kondensatoren aufgeteilt und die Teilanlagen auf unterschiedliche Serieresonanzfrequenzen verdrosselt werden. Je zwei parallel geschaltete Serieschwingkreise bilden so einen Parallelschwingkreis. Die Serieresonanzfrequenzen liegen dabei jeweils ober- und unterhalb der Rundsteuerfrequenz. Bei Rundsteuerfrequenzen ≤ 190 Hz kann mit dieser Schaltung bei vertretbarem Aufwand eine hohe Sperrwirkung für die Rundsteuerfrequenz und eine gute Saugwirkung für die 5. Oberschwingung erreicht werden. Dabei besteht entweder jede Stufe für sich bereits aus zwei Serieschwingkreisen mit unterschiedlicher Verdrosselung (Bild 4) oder es werden unterschiedlich verdrosselte Serieschwingkreise einzeln abwechselnd zu- bzw. abgeschaltet.

Andere Betriebsmittel in Kundenanlagen

Motoren und Generatoren, Eigenerzeugungsanlagen sowie Symmetrierschaltungen (z.B. bei einem Netzfrequenz-Induktions-Schmelzofen) stellen weitere Beeinflussungsmöglichkeiten für die Rundsteuerung dar. Die Verhältnisse können nicht verallgemeinert werden, so dass die Empfehlungen nur einige Hinweise zur Beurteilung derartiger Betriebsmittel geben.

Zusammenfassung

Die Vielfalt der Einflussgrössen, die sich auf die Rundsteuerung auswirken, lässt keine speziellen Ausführungsbestimmungen für die einzelnen Betriebsmittel der Kundenanlage zu.

Die «Empfehlungen zur Vermeidung unzulässiger Rückwirkungen auf die Tonfrequenz-Rundsteuerung» geben mit den Beurteilungsgrundsätzen einen Rahmen für die Betrachtung der Kundenanlage in ihrer Gesamtwirkung vor. Dieser Rahmen legt die zulässigen Grenzwerte am Verknüpfungspunkt der Kundenanlage fest.

Für die Planung von Kompensationsanlagen sowie der Beurteilung der Auswirkungen auf die Rundsteuerung ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Industrie, Elektroplaner und dem zuständigen Elektrizitätswerk unabdingbar. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass bezüglich der Beurteilung von Kompensations- und Saugkreisanlagen mit Verknüpfungspunkt im Niederspannungsnetz die Schweizer Norm SN 413724 verbindlich ist.

Literatur

«Empfehlungen zur Vermeidung unzulässiger Rückwirkungen auf die Tonfrequenz-Rundsteuerung». VDEW, VEÖ, VSE/UCS. Bezugsquelle: VSE (Bestell-Nr. 2.66d/f-93).

Schweizer Norm SN 413724 «Kompensations- und Saugkreisanlagen in Niederspannungsnetzen»; Bezugsquelle: SEV.

Schweizer Norm SN 413600 «Begrenzung von Beeinflussungen in Stromversorgungsnetzen»; Bezugsquelle: SEV.

im Kundenauftrag günstig abzugeben per August 1994:

2 STROMERZEUGUNGSAGGREGATE
(Baujahr 1966; je ca. 400 Betriebsstunden)

Generator:	Nennleistung:	1´020 kVA
	Spannung:	3 x 400 / 230 V
Dieselmotor:	Nennleistung:	1´200 PS
	Drehzahl:	1´500 U/Min
	Zylinder:	12
	Gewicht:	3´300 kg

4 NETZTRANSFORMATOREN
(Baujahr 1967)

Nennleistung:	1´000 kVA
Übersetzung:	11´000 / 395 V
Isoliermedium:	Oel
Schaltung:	Dyn 11

peter friederich & partner
elektroingenieurgemeinschaft
fellenbergstrasse 272, ch-8047 zürich
tel.: 01 / 492 96 94
fax: 01 / 492 97 26

H&P

Unser Auftraggeber ist ein unabhängiges Ingenieurbüro in der Region Baden. Er sucht für sein Projektteam, das Planungs- und Bauleitungsaufgaben für den Freileitungs- und Kabelbau übernimmt, einen initiativen

Bauingenieur HTL
Fachrichtung Tiefbau

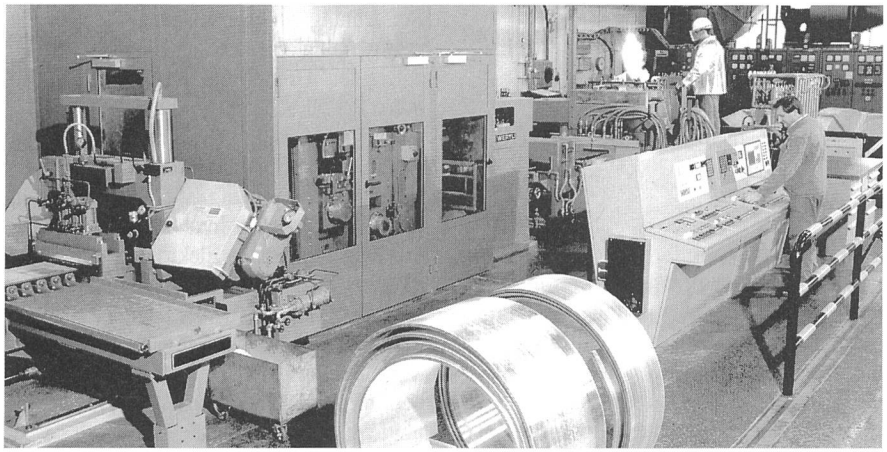
Die Stelle umfasst Projektierungs- und Bauleitungsaufgaben für Kunden aus der Elektrizitätswirtschaft. Die vielseitige und abwechslungsreiche Aufgabe in verschiedenen Stadien der Projektrealisierung setzt neben Fachkompetenz auch Verständnis für die Belange des Umweltschutzes voraus. Wichtige Qualifikationen sind ferner Beweglichkeit, guter sprachlicher Ausdruck und angenehme Umgangsformen für die häufigen Kontakte mit Bauherren, Lieferanten und Behörden. Das Idealalter liegt zwischen 30 und 40 Jahren.

Unser Auftraggeber bietet Ihnen eine sorgfältige Einführung in die entwicklungsfähige Aufgabe und angenehme Arbeitsbedingungen in einem leistungsorientierten Team.

Gerne erwarten wir Ihre Kontaktnahme unter Kennziffer 4965. Für weitere Auskünfte steht Ihnen unser Herr W. Häfliger telefonisch zur Verfügung. Absolute Diskretion ist selbstverständlich.

HÄFLIGER&PARTNER
UNTERNEHMENSBERATUNG
CH-5430 Wettingen Alberich Zwyssig-Strasse 81 Tel. 056 27 12 12

Stromverbrauch - Spiegel der Wirtschaftslage



Rückläufiger Stromverbrauch in der Industrie - kein Grund zur Freude «Degussa-Bild»

Der Stromverbrauchszuwachs von nur 0,6% lässt glauben, nun hätten wir den Stromverbrauch im Griff. Doch die Zahl trügt. Über zwei Drittel (70%) unseres Stroms brauchen Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen, und da geht der Verbrauch sogar zurück. Darüber kann sich eigentlich niemand freuen.

Strom - Schlüsselenergie für die Wirtschaft
Wirtschaftsverlauf und Stromverbrauch sind im Gleichschritt. Dies beweist der Verlauf des Bruttosozialprodukts als Indikator der Wirtschaftslage. Wächst die Wirtschaft, steigt der Strombedarf. Stolpert die Wirtschaft, fällt der Stromverbrauch. So war es nach dem Erdölpreisschock von 1973, in der Rezession anfangs der achtziger Jahre und auch in der gegenwärtigen Wirtschaftslage. Dies weist auf die Schlüsselstellung des Stroms bei der Industrieproduktion hin.

Trotz schwacher Konjunktur - Stromimport im Winter
Dank Niederschlägen und dem guten Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke war 1992 ein ausgezeichnetes Stromproduktionsjahr. Trotz rückläufigem Stromverbrauch in der Industrie, hat die Schweiz im letzten Winter aber wieder Strom importiert. Im Sommer dagegen konnten wir dank viel Wasser Strom exportieren. Dies nützt auch der Umwelt, können doch so im benachbarten Ausland Kohlekraftwerke abgestellt werden.

IHRE SCHWEIZERISCHEN ELEKTRIZITÄTSWERKE