

# Kosten senken durch Optimierung des Energiebezugs



Das Handbuch für den Einsatz  
von Maximumoptimierungssystemen

## Vorwort

Bei Energieträgern wie Strom, Gas und Fernwärme, die in der Regel leistungsbezogen abgerechnet werden, können häufig mit geringem technischen Aufwand die Bezugskosten entscheidend gesenkt werden. Im Rahmen des innerbetrieblichen Energiemanagements ist gerade deshalb zu prüfen, ob der Einsatz moderner Lastoptimierungssysteme sinnvoll und wirtschaftlich ist.

Detailliertes Wissen über Energielieferverträge verschiedener Versorger, über die jeweiligen Prozessabläufe und deren Beeinflussbarkeit sowie über die vorhandenen Betriebsmittel und deren Steuerbarkeit sind für die Ausarbeitung eines Optimierungskonzeptes erforderlich.

Mit diesem Handbuch möchten wir Ihnen als Entscheidungsträger oder ausführenden Praktiker ein Instrument zur Verfügung stellen, das Sie dabei unterstützt Einsparpotentiale zu ermitteln und die Wirtschaftlichkeit einer Optimierungsanlage zu beurteilen.

GOSSEN-METRAWATT GMBH  
 Thomas-Mann-Str. 16-20  
 D-90471 Nürnberg  
 Telefon 0911 / 8602-0  
<http://www.gmc-instruments.com>

## Inhalt

<b>1</b>	<b>GRUNDLAGEN</b> .....	<b>3</b>
1.1	TARIFE FÜR SONDERVERTRAGSKUNDEN.....	3
<b>2</b>	<b>OPTIMIERUNGSSYSTEME</b> .....	<b>6</b>
2.1	EINSATZGEBIETE.....	6
2.2	TECHNIK.....	6
<b>3</b>	<b>BETRIEBSANALYSE</b> .....	<b>10</b>
3.1	ANALYSE DER TARIFSTRUKTUR UND DER VERBRAUCHSABRECHNUNGEN.....	11
3.2	ANALYSE DES BEZUGSPROFILS AUS LASTGANGSCHRIBEN.....	11
3.3	ANALYSE DER BETRIEBSMITTELSTRUKTUR.....	13
3.4	ERMITTLUNG EINES REALISTISCHEN EINSPARPOTENTIALS.....	14
<b>4</b>	<b>TECHNISCHE UMSETZUNG UND REALISIERUNG</b> .....	<b>15</b>
4.1	MONTAGE DER KOMPONENTEN.....	15
4.2	SIGNALBEREITSTELLUNG DURCH DEN ENERGIEVERSORGER.....	15
4.3	BUS- UND STEUERLEITUNGEN.....	16
4.4	UMRÜSTUNG DER BETRIEBSMITTEL.....	16
4.5	LASTMANAGEMENT ALS ERSTER SCHRITT EINER UMFASSENDEN BETRIEBSOPTIMIERUNG.....	16
<b>5</b>	<b>ERMITTLUNG DER AMORTISATIONSZEIT</b> .....	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>FAZIT</b> .....	<b>16</b>
<b>ANHANG A CHECKLISTE TARIF / VERBRAUCH</b> .....		<b>17</b>
<b>ANHANG B CHECKLISTE BETRIEBSMITTEL</b> .....		<b>18</b>
<b>ANHANG C CHECKLISTE WIRTSCHAFTLICHKEIT</b> .....		<b>20</b>

# 1 Grundlagen

## 1.1 Tarife für Sondervertragskunden

Der Verrechnungspreis für EVU-Sondervertragskunden unterscheidet in der Regel nach Arbeitskosten (in Cent je kWh) für den Energieverbrauch und nach Leistungskosten (EUR je kW) für die maximal beanspruchte Leistung.

Zur Reduzierung der Energiekosten könnte man den Hebel also an zwei verschiedenen Stellen, nämlich bei den Arbeits- bzw. Leistungskosten, ansetzen:

1. Eine Reduzierung der Arbeitskosten kann nur durch eine permanente Verringerung überflüssigen Energieverbrauches oder durch Verlagerung des Energiebezuges von der Hochtarifzeit in die kostengünstige Niedertarifzeit erreicht werden. Einsparungen können zudem durch den Einsatz wirtschaftlicherer Betriebsmittel erzielt werden. Hier sind oftmals die Einsparpotentiale schon weitgehend ausgeschöpft oder durch teilweise hohe Investitionskosten ökonomisch nicht realisierbar. Jede andere Verringerung der Arbeitskosten würde zu Auswirkungen auf den Produktionsprozess und das Produkt führen, was in der Regel nicht toleriert werden kann.
2. Eine Reduzierung der Leistungskosten kann man durch Vergleichmäßigung des Energiebezuges erreichen, indem die Betriebsmittel so gesteuert werden, dass ausgeprägte "Verrechnungsleistungsspitzen" vermieden werden. Diese kurzzeitige Umverteilung der Energie wird automatisiert durch sogenannte Energiemanagementsysteme vorgenommen. Da bei der Lastoptimierung in der Regel der Energiebezug nur um wenige Minuten verschoben wird, also keine Energiereduzierung stattfindet, sind im allgemeinen die Auswirkungen auf den Produktionsprozess gering und unmerklich. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass das Bezugsprofil des Kunden geeignet ist, sowie Konzept und eingesetztes System optimal aufeinander abgestimmt sind. In diesem Fall können mit wenigen kurzen, gezielten Eingriffen zum richtigen Zeitpunkt die Leistungskosten beträchtlich vermindert, d.h. erhebliche Einsparungen erzielt werden.

### Kundenindividuelle Bezugsprofile bestimmen Arbeits- und Leistungspreis

Um die Mechanismen, die bei der Lastoptimierung wirken, besser zu verstehen, muss man einige physikalische Zusammenhänge und die Abrechnungspraxis der Energieversorger stärker beleuchten.

Wirkarbeit  $W$  (gemessen meist in kWh) und Wirkleistung  $P$  (gemessen meist in kW) hängen über folgende Beziehung zusammen :

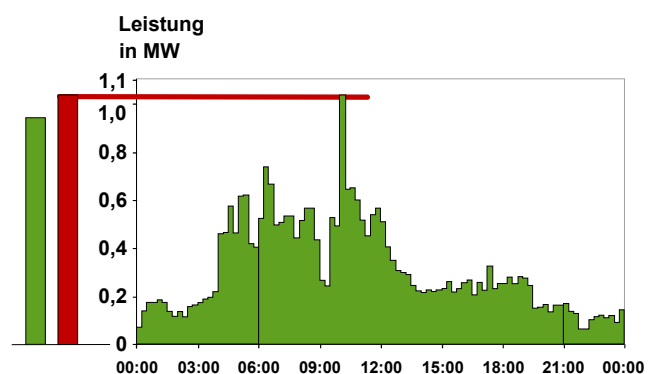
$$P = W / \Delta T \quad \text{bzw.} \quad W = P * \Delta T$$

Die Leistung ist somit verbrauchte Arbeit pro vorgegebenem Zeitintervall  $\Delta T$ .

Die folgende Abbildung zeigt ein sogenanntes "Bezugsprofil" (Tageslastgang) eines Sondervertragskunden.

Die Leistungskosten (symbolisiert durch den roten Balken), werden durch den höchsten Leistungsbedarf, gemessen meist als Mittelwert über 15 Minuten, bestimmt, der im Abrechnungszeitraum auftritt.

Die Arbeitskosten (symbolisiert durch den grünen Balken) sind proportional zur grünen Fläche. Je größer die Fläche, desto mehr Energie wurde verbraucht, d.h. desto mehr Arbeit wurde im Herstellungsprozess geleistet.



Bezugsprofil

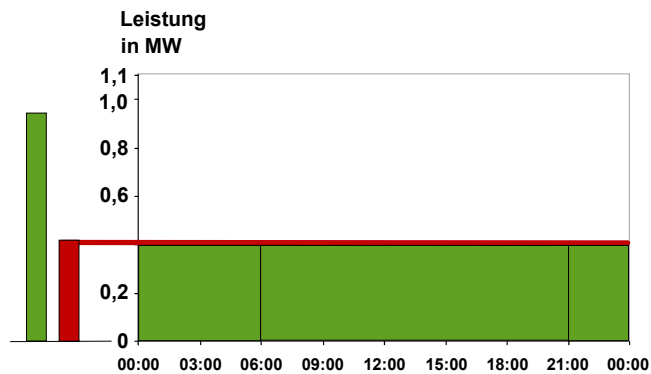
 Verrechnungsleistung  verbrauchte Arbeit

Der Energieversorger muss zu jeder Zeit den maximalen Leistungsbedarf des Kunden decken können. Er muss also seine Kapazitäten (im wesentlichen Leitungen, Trafos und Kraftwerke) nach dem höchsten kurzzeitigen Leistungsbedarf des Kunden auslegen, um zu verhindern, dass beim Kunden die Maschinen kurzzeitig stillstehen oder die Lichter ausgehen. Wie das oben dargestellte Profil zeigt, liegen in der meisten Zeit die für diesen Kunden bereitgestellten (mit hohen Kosten verbundenen) Kapazitäten brach.

Damit der Energieversorger disponieren kann, welche Kapazitäten er für den Sonderkunden bereitzustellen hat, muss der Kunde Vorhalteleistung beim Energieversorger bestellen und hierfür anteilig einen Netzkostzuschuss entrichten.

Für den Energieversorger ist somit nicht jeder Sonderkunde gleich. Kunden mit hohem Leistungsanteil und niedrigen Arbeitsanteil verursachen höhere Bereitstellungskosten als Kunden, bei denen der Arbeitsbezug gleichmäßig erfolgt.

Das Bezugsprofil dieses "optimalen" Kunden zeigt die folgende Abbildung:



### Optimalkunde

Der "Optimalkunde" beansprucht eine konstante Leistung und nutzt so die zur Verfügung stehende Energie optimal aus. Obwohl in beiden vorstehenden Abbildungen der Verbrauch an Energie (grüne Fläche) gleich ist, ist der Leistungsbedarf (roter Balken) beim Optimalkunden wesentlich niedriger.

Die Preispolitik der Energieversorger berücksichtigt aus den oben genannten Gründen in entscheidendem Maße die Homogenität des Leistungsbezuges. Ein Maß für den Energieversorger sind hierbei die "Vollbenutzungsstunden". Zur Ermittlung dieser Größe setzt er die Jahresgesamtarbeit des Kunden ins Verhältnis zur im Verrechnungsjahr aufgetretenen höchsten Leistungsspitze (Jahresgesamtarbeit / Jahresleistungsmaximum). Je höher diese errechnete Stundenzahl des Kunden ist, desto niedriger sind die Kosten für den Lieferanten.

Die Vollbenutzungsstunden "schlechter" Kunden liegen unter 2500 Stunden, die "guter" Kunden über 3500 Stunden.

Kunden mit hohen Vollbenutzungsstunden erhalten vom Energieversorger niedrigere Arbeits- bzw. Leistungspreise oder einen "Benutzungsstundenrabatt".

Die Senkung der Verrechnungsspitzenleistung mit Hilfe eines Optimierungssystems führt somit nicht nur zu einer Verminderung der laufenden Kosten, sondern auch zu einer Erhöhung der Vollbenutzungsstunden damit unter Umständen zu einer Verbesserung der Tarifsituation.

### Planungssicherheit im Leistungsbezug

Mit der Liberalisierung des Strommarktes werden von den Energieversorgern zunehmend neue Tarifmodelle angeboten, bei denen die Leistungskomponente eine immer größere Rolle spielt.

Sogenannte "Fahrplanlieferungen" auf der Basis betriebsindividuell erstellter Lastprognosen schaffen für den Energieversorger Planungssicherheit. Werden diese individuellen Lastprofile vom Kunden exakt eingehalten, so honoriert dies der Energieversorger mit äußerst günstigen Tarifen. Abweichungen von den Lastprognosen werden mit hohen Kosten für die Ausgleichsenergie bestraft.

### Auf den Mittelwert kommt es an

Wie wird nun das Verrechnungsleistungsmaximum durch den Energieversorger bestimmt?

Die Messeinrichtung des Energieversorgers (Maximumzähler) registriert die verbrauchte Arbeit während einer sogenannten "Messperiode" und dividiert diesen Wert durch die Dauer der Messperiode. Es wird also mathematisch gesehen der arithmetische Mittelwert der Momentanleistung innerhalb einer Messperiode gebildet. Die Messperiodendauer beträgt beim elektrischen Strom meistens 15 Minuten (wesentlich seltener 30 Minuten). Bei Gas und Fernwärme sind Messperioden von einer Stunde üblich. Nach Ablauf einer Messperiode beginnt der Maximumzähler die nächste Mittelwertberechnung.

Es werden somit permanent Leistungsmittelwerte gebildet. Bei einer Periodendauer von 15 Minuten fallen pro Tag 96, pro Monat (wenn er 30 Tage hat) 2880 15-Minuten-Leistungsmittelwerte an. Der Zähler merkt sich den höchsten Leistungsmittelwert zwischen zwei Ablesungen.

Zur Leistungsverrechnung wird in den meisten Fällen der monatliche Höchstwert herangezogen (Monatsverrechnungsleistung). Seltener ist die sogenannte "Jahresverrechnungsleistung"; hier wird üblicherweise der Durchschnittswert der zwei oder drei monatlichen Höchstwerte in Rechnung gestellt.

Welche Folgen ergeben sich nun aus dem Messverfahren des Energieversorgers (Verrechnungsleistung = Mittelwert über 15 bzw. 30 Minuten) für die automatisierte Laststeuerung?

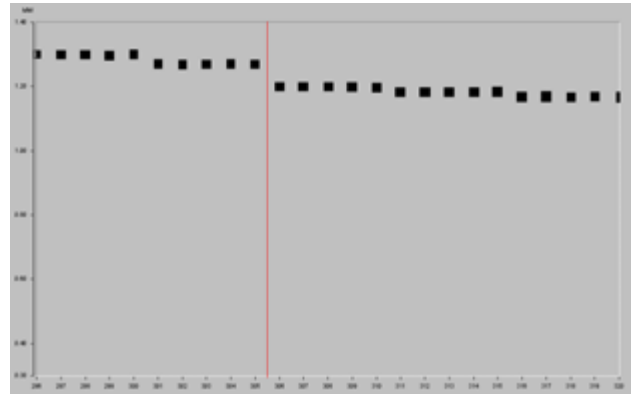
1. Optimierungssysteme sollten absolut synchron zu den Messperioden des Energieversorgers arbeiten und dafür das Periodensignal des Energieversorgers auswerten. Systeme, bei denen die Optimierung über ein "gleitendes Mittelwertfenster" erfolgt arbeiten nach unserer Auffassung bezüglich der Schalthäufigkeit nicht optimal.
2. Energieumschichtungen innerhalb einer Messperiode führen zu keiner Einsparung bei den Leistungskosten, da für die Verrechnungsleistung keine Momentanleistungsspitzen, sondern der gesamte Energiebezug in einer Messperiode ausschlaggebend ist. Um die monatliche Leistungsspitze z.B. um 20 % zu senken, muß die Energie zumindest in der Messperiode mit dem höchsten monatlichen Energiebezug um 20 % abgesenkt werden

Andererseits wird deutlich, dass unter Umständen eine Viertelstunde mit einem hohen Energiebezug, der durch zufällige Einschaltkonstellationen von Betriebsmitteln hervorgerufen wird, die Verbrauchskosten eines ganzen Monats drastisch erhöhen oder die Vollbenutzungsstunden des gesamten Jahres negativ beeinflussen kann. Somit können einige wenige Eingriffe eines Energiemanagementsystems genügen, um eine nachhaltige Senkung der Leistungskosten zu bewirken.

### Wenige Schalthandlungen, große Wirkung

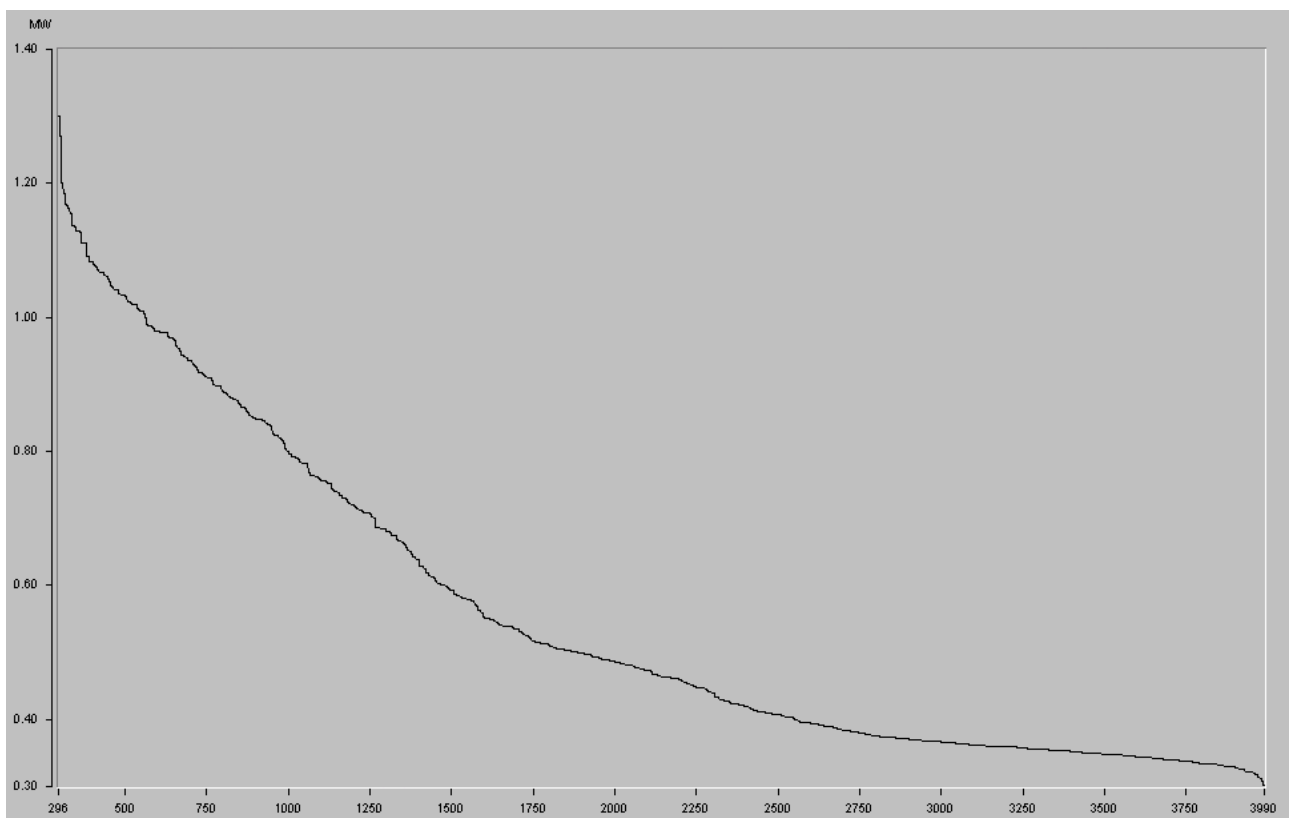
Die untenstehende Abbildung zeigt eine bei einem Kunden gemessene "Dauerlinie"; im Gegensatz zur gewohnten Messdarstellung werden hier die 15-Minuten-Leistungsmittelwerte nicht entsprechend ihrem zeitlichen Verlauf, sondern entsprechend ihrer Größe geordnet. Ganz links stehen die Werte des höchsten Leistungsbedarfs (hier ca. 1,3 MW), ganz rechts die Werte niedrigeren Leistungsbedarfs (hier ca. 0,3 MW). Die abgebildete Dauerlinie stellt ca. 3700 Messwerte dar; dies entspricht einem Messzeitraum von ca. 38 Tagen.

In der folgenden Abbildung wurden die 25 Messwerte des höchsten Leistungsbedarfs, d.h. die ersten 25 Messwerte der Dauerlinie vergrößert dargestellt. Um die Verrechnungsleistung in diesem Falle um ca. 100 kW abzusenken, muss ein Optimierungssystem lediglich in 10 der 3700 Messperioden (gekennzeichnet durch die rote Linie) eingreifen, d.h. 99,7 % aller Messperioden bleiben unbeeinflusst.



Ein Managementsystem muss somit gegebenenfalls nur an wenigen Tagen und hier wiederum nur für wenige Minuten ausgewählte Betriebsmittel kurzzeitig beeinflussen, um eine deutliche Einsparung herbeizuführen. Bei einem Leistungspreis von ca. EUR 80.- pro kW und Jahr\* würde eine Verminderung der Leistungsspitze um 100 kW eine Reduzierung der Leistungskosten von ca. EUR 8.000.- im Jahr bedeuten.

\* Stand 2002





## 2 Optimierungssysteme

### 2.1 Einsatzgebiete

#### Kostenreduzierung

Aufgrund der Tarifgestaltung der Energieversorger für Sondervertragskunden ergeben sich zusammenfassend drei entscheidende Gründe Optimierungssysteme einzusetzen:

1. Senkung der Leistungskosten durch Vergleichmäßigung des Energiebezuges
2. Einstufung in günstigere Tarife durch Erhöhung der Vollbenutzungsstunden
3. Vermeidung bzw. Verschiebung des Zukaufs von Vorhalteleistung.

#### Momentanleistungsbegrenzung

Ein vierter Aspekt ergibt sich eher aus technischen Gründen: Gerade bei älteren Betriebsstätten ist der elektrische Anschluss oftmals nicht mit der Installation elektrischer Leistung mitgewachsen. Die Folge sind Probleme mit überlasteten Trafos und Leitungen.

Systeme, die nur auf die Reduzierung der Leistungskosten ausgelegt sind und deshalb bei der Leistungs- und Energiebezugsmessung lediglich den sogenannten "Mengenimpuls" auswerten, können Momentanleistungen weder erfassen noch beeinflussen. Im Gegensatz dazu erzielen Systeme, die ausschließlich auf die Begrenzung der Momentanleistung abzielen, keinerlei Einsparungen bei den Bezugskosten. Sie verhindern nur kurzzeitige Lastspitzen (einige Millisekunden bis wenige Sekunden), um eine Verstärkung des elektrischen Anschlusses zu vermeiden oder um Eigenstromerzeuger im Inselbetrieb vor Überlastung zu schützen.

Ein System, das eine Momentanleistungsbegrenzung ohne strikte gegenseitige Verriegelung von Verbrauchern durchführen soll, muss somit über eine eigene, schnelle Messung der Momentanleistung verfügen. Dazu werden die in allen Außenleitern fließenden Ströme permanent einzeln über analoge Messeingänge erfasst, um auch Überlastungen einzelner Außenleiter bei unsymmetrischer Last sicher verhindern zu können. Da hier, im Gegensatz zur Begrenzung des 15-Minuten Mittelwertes, eine wesentlich andere Steuerstrategie notwendig ist, bietet Gossen-Metrawatt für diesen Fall Systeme mit spezieller Software und erweiterter Hardware (Analogeingänge) an, die individuell auf die Bedürfnisse der Kunden zugeschnitten werden.

### 2.2 Technik

Das wesentliche Einsatzgebiet der Optimierungssysteme ist die Kostenreduzierung; deshalb wollen wir uns bei den technischen Betrachtungen auf diese Systeme beschränken.

Das einzusetzende System muss in der Lage sein, die Durchschnittsleistung jeder einzelnen Messperiode (wir nehmen als Beispiel die Viertelstundenmessung) im Verrechnungszeitraum auf einen vorgebbaren Sollwert zu begrenzen. Eine einmalige Überschreitung könnte einen 15-Minuten-Mittelwert produzieren, der die Leistungskosten drastisch erhöht.

Im nicht optimierten Falle entstehen solche 15-Minuten-Mittelwert-Spitzen, wenn zufällig in einer Viertelstunden-Messperiode der Energiebedarf vieler Betriebsmittel gleichzeitig zusammentrifft.

Was kann man dagegen tun?

#### Manuelles Lastmanagement

Man könnte versuchen durch organisatorische Maßnahmen diese Gleichzeitigkeit zu vermeiden d.h. ein "manuelles Lastmanagement" durchzuführen. Hierzu gehören auch einfache Verriegelungsschaltungen, die den gleichzeitigen Betrieb von mehreren Großverbrauchern verhindern. Die Unflexibilität solcher Maßnahmen zeigt sich dann aber bald, wenn schnell ein ganz dringender Auftrag abgewickelt werden muss.

Weiterhin könnte man in die Arbeitsorganisation den Aspekt der Vergleichmäßigung des Energiebezuges einfließen lassen. Um eine Einsparung zu erzielen, müssen diese Maßnahmen aber konsequent, ohne eine einzige Ausnahme, permanent durchgeführt werden, was in der Praxis normalerweise nicht zu realisieren ist.

Oftmals werden einfache Maximumwächter in Betrieben installiert, die akustische und/oder optische Signale geben, falls eine Hochlastsituation auftritt. Gleichzeitig wird ein "Energiemanager" bestimmt, der dann manuell Maßnahmen ergreift, damit die Hochlastsituation entschärft wird. Leider werden die Bemühungen eines ganzen Monats bereits dadurch zunichte gemacht, dass sich die verantwortliche Person beim Auftreten einer einzigen Lastspitze gerade nicht im Betrieb aufhält oder aufgrund anderer Aufgaben nicht schnell genug reagieren kann, so dass letztendlich keine Einsparung erzielt wird.

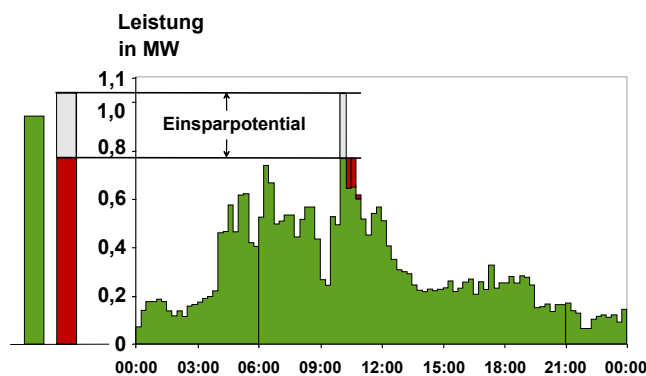
Dass manuelles Lastmanagement zu einer Kostensenkung führt ist somit relativ unwahrscheinlich: Zum einen kennt man nicht permanent die objektive Lastsituation und man stochert deshalb im Nebel herum. Zum anderen behindern die Maßnahmen oftmals den Produktionsprozess und sind zudem rund um die Uhr überflüssig, weil nur sehr selten eine Hochlastsituation vorliegt.

## Optimaler Energiebezug durch automatisierte Laststeuerung

Wie packen nun moderne, automatische Lastoptimierungs- und Energiemanagementsysteme das Problem an?

Da sie parallel zur Leistungsmessung des Energieversorgers, über den sogenannten "Mengenimpuls", das "Messperiodensignal" und die "Tarifumschaltensignale" (z.B. HT/NT, Starklastzeit/Schwachlastzeit) permanent über die Last- und Kostensituation des Sondervertragskunden informiert sind, können sie jede einzelne Messperiode überwachen und vorgegebene Grenzwerte für die jeweiligen Tarifzeiten einhalten.

Die Systeme verschieben in kurzzeitigen Hochlastsituationen Energie in die folgende Messperiode, so dass eine Vergleichmäßigung des Energiebezuges erreicht wird. Hierbei wird nur soviel Energie "umgeschichtet", wie gerade notwendig ist, um den Grenzwert nicht zu überschreiten.



Vergleichmäßigung des Arbeitsbezuges

Die Abbildung zeigt, wie in Hochlast-Messperioden Arbeit (rote Fläche) auf Folgeperioden automatisch verteilt wird. Der Energiebezug verringert sich insgesamt nicht, sondern wird lediglich in wenigen Messperioden im Verrechnungszeitraum um im einige Minuten verschoben. Die Verrechnungsleistung wird so, unter Vermeidung überflüssiger Reaktionen, entscheidend abgesenkt.

Falls die Lastspitzen stark ausgeprägt und kurzzeitig (ein bis drei Messperioden) sind und geeignete Betriebsmittel (hierauf gehen wir später noch genauer ein) gesteuert werden, sind keine merklichen Auswirkungen auf den Produktionsprozess zu befürchten.

## Entscheidende Funktionsmerkmale eines Optimierungrechners

Oftmals werden einfache Maximumwächter eingesetzt, die sehr undifferenziert arbeiten und den Produktionsprozess stärker als nötig belasten, ohne die Einsparpotentiale voll auszuschöpfen. Sie werden in vielen Fällen nach kurzer Zeit überbrückt.

Wir wollen im folgenden nicht auf alle technische Einzelheiten eines modernen Optimierungrechners eingehen. Da sich aber die Systeme auf dem Markt

sehr stark unterscheiden, sollten Sie zumindest in der Lage sein, "die Spreu vom Weizen zu trennen".

Moderne Optimierungssysteme sollten

- über binäre Eingänge Informationen von den zu steuernden Betriebsmitteln verarbeiten können, um flexibel und differenziert die Auslastungssituation der angeschlossenen Verbraucher und damit des Produktionsprozesses berücksichtigen zu können,
- über optimale Hochrechnungsverfahren innerhalb der Messperiode verfügen, um die Schalthäufigkeit zu reduzieren,
- ein differenziertes Sollwertmanagement besitzen, um tariflichen Aspekten der Leistungsverrechnung gerecht zu werden und
- nicht zuletzt ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis besitzen, damit die Amortisationszeiten wirtschaftlich interessant sind.

## Blinder Eifer schadet nur

Es genügt bei weitem nicht, dass ein Optimierungssystem nur über die aktuell benötigte Leistung und Lastsituation via EVU-Messsignale informiert ist.

Mindestens genauso wichtig ist es, dass ein System über sogenannte "Laufrückmeldungssignale" weiß, ob ein angeschlossenes Betriebsmittel im Augenblick zum Leistungsbedarf beiträgt oder nicht.

Damit hat das System nicht nur Informationen über die augenblicklich zur Verfügung stehende "steuerbare Last", es ist zudem in der Lage, vorgegebene minimale Einschaltzeiten und maximale Ausschaltzeiten präzise einzuhalten. Folgende Beispiele sollen die Problematik verdeutlichen:

1. Ein Betriebsmittel schaltet gerade zu, weil z.B. der Thermostat das anfordert. Ein System, das dies nicht registriert, weil es das Laufrückmeldungssignal nicht auswertet, schaltet zufälligerweise das Betriebsmittel in der nächsten Millisekunde wieder ab. Da diese Vorgehensweise unter Umständen auf Dauer zu einer Beschädigung des Gerätes führen kann, sorgen viele Betriebsmittelhersteller dafür, dass eine gewisse Zeit nach dem Einschalten nicht auf das Abwurfssignal reagiert wird. Laut interner Optimierungsrechnung müsste der Verbraucher abgeschaltet sein, in Wirklichkeit trägt er aber unvermindert zum Mittelwert bei. Bis das System anhand der trägen Impulsmessung merkt, dass seine Abschaltbemühungen nicht zum gewünschten Erfolg führen, vergeht wertvolle Zeit; die Folge könnte ein Überfahren des Sollwertes sein, weil bei verspäteter Reaktion eventuell nicht mehr genügend "Korrekturenergie" (abschaltbare Last \* Restzeit) zur Verfügung steht. Ein System hingegen, das die thermostatische Zuschaltung erfasst hat, läßt das Betriebsmittel für die minimale Einschaltzeit unbeeinflusst und sucht sich sofort anhand der registrierten Laufzeiten anderer Betriebsmittel geeignete abschaltbare Last.

2. Ein Betriebsmittel zieht mittlerweile schon 3 Minuten keine Energie, weil das der Thermostat nicht anfordert. Das Optimierungssystem, das ja wegen fehlender Laufrückmeldung dies nicht weiß, schaltet es nun für eine maximale Ausschaltzeit von weiteren 5 Minuten ab. Insgesamt hatte das Betriebsmittel also 8 Minuten keine Energie. Ein System, das die Laufrückmeldung auswertet, würde es deshalb nur weitere 2 Minuten abschalten, um die maximale Ausschaltzeit von 5 Minuten nicht zu überschreiten. Da sich das "intelligente" System schon 3 Minuten früher dieser Tatsache bewußt war, schaltet es unter Umständen zusätzlich ein weiteres Betriebsmittel ab, um den Sollwert nicht zu überschreiten.

Zudem ist der häufige Fall, dass bestimmte Betriebsmittel einen laufenden Prozess zu Ende führen müssen, bevor sie für eine vorgebbare Zeit "gesperrt" werden können, mittels eines entsprechenden Laufrückmeldungs- oder Betriebssignals softwareseitig durch den Optimierungsrechner sehr leicht zu bewerkstelligen. Fehlt diese Möglichkeit, so muss die gewünschte Steuerstrategie durch entsprechende differenzierte Umrüstung des Betriebsmittels beim Hersteller teuer erkaufte werden. Bei dieser Vorgehensweise ergibt sich zu allem Übel wiederum die selbe Problematik, wie sie in Beispiel 1 erläutert wurde.

Neben diesen plausiblen, einfachen Gründen Laufrückmeldungssignale zu verarbeiten, gibt es noch einige andere, nicht so vordergründige Aspekte, warum es sinnvoll ist, Informationen von den Betriebsmitteln (hierzu zählen auch Thermostatzustände und Bedarfsanforderungsmeldungen wie "Kühltemperatur zu hoch") zu berücksichtigen: Das System kennt dadurch unterschiedliche Betriebszustände, z.B. ob sich elektrothermische Verbraucher gerade in einer Aufheiz- oder Haltephase befinden, und kann so flexibel Abwurfprioritäten oder Ausschaltzeiten diesen Produktionszuständen anpassen.

Weiterhin kann mit Hilfe der Laufrückmeldungen die sogenannte "Trendrechnung" bzw. "Hochrechnung" sehr viel präziser erfolgen, so dass die Schalthäufigkeit sinkt. Auch hier gilt die Regel: je mehr Informationen zur Verfügung stehen, desto besser kann das Ziel erreicht werden. Vergleichen Sie es etwa damit, ohne Stadtplan einen Zielort zu suchen. Diese "Try-And-Error-Vorgehensweise" wird zur Folge haben, dass Sie unnötig viele Versuche benötigen werden, um das Ziel zu finden. Sind Sie jedoch mit den nötigen Informationen, wie sie z.B. ein Navigationssystem bietet, ausgestattet, so werden Sie ohne Umwege Ihren Bestimmungsort schnell und problemlos erreichen.

Achten Sie also bei einem Optimierungssystem darauf, dass es, neben den notwendigen Schaltrelais, über die die Verbraucher bei Bedarf kurzzeitig ausgeschaltet werden, auch binäre Eingänge für Informationen von den Betriebsmittel besitzt, also nicht "blind" optimiert. Gerade "Lastoptimierungsbausteine", die in Gebäudeleitsysteme integriert sind, arbeiten sehr häufig im "Blindflug".

### **"Trendrechnung" bedeutet nicht automatisch "optimal"**

Das Ziel der Lastoptimierung ist es, wie schon mehrfach erwähnt, einen oder mehrere vorgegebene Sollwerte für die Verrechnungsleistung nicht zu überschreiten. Dies bedeutet, dass die zur Verfügung stehende Arbeit in einer Messperiode des Energieversorgers auf einen festen Wert begrenzt werden muß. Beträgt der Sollwert z.B. 1000 kW, so darf das System maximal 250 kWh in einer 15-Minuten-Messperiode an Arbeit zulassen. Somit beschränkt ein Optimierungssystem in einer Hochlast-Messperiode tatsächlich die bezogene Energie, die dann in der Folgeperiode wieder "aufgeholt" wird.

Die einfachste Möglichkeit dies sicherzustellen ist, zu jedem Zeitpunkt in der Messperiode nur eine bestimmte Menge an Arbeit zuzulassen; man regelt entlang einer sogenannten "Sollgeraden", wie z.B. bei Temperaturregelungen. Diese Verfahren haben oftmals sehr hochtrabende Bezeichnungen wie "Zeitintegrations- und PI/PID-Regelverfahren". Was jedoch bei Temperaturregelungen sehr gut funktioniert, erweist sich bei der Lastoptimierung aus einem einfachen Grund als mangelhaft: Man kann nur einen Teil der Regelgröße, nämlich die steuerbare Last beeinflussen. Regelt man während der gesamten Messperiode entlang der Sollgeraden, so kann am Ende der Messperiode unerwartet zuschaltende Last, die nicht an das System angeschlossen ist, zu einer deutlichen Überschreitung des Sollwertes führen.

Deshalb arbeiten sehr viele Systeme nach dem sogenannten "Trendrechnungsverfahren"; hierbei wird der augenblickliche Gesamtenergiebezug (Momentanleistung) unter Berücksichtigung des vergangenen Gesamtenergiebezuges auf das Ende der Meßperiode extrapoliert. Auch wenn hier entsprechende Dämpfungen einbaut werden, kann es passieren, dass aufgrund eines "schlechten Trends" frühzeitig zu viel abgeschaltet wird oder aufgrund eines "guten Trends" zu wenig optimiert wird.

Systeme hingegen, die echte Hochrechnungen des Arbeitsbezuges aus einer Fülle von Informationen, über die steuerbare Last, wie oben beschrieben (z.B. Verhalten der Betriebsmittel in der bisher vergangenen Zeit der Meßperiode) durchführen und dies nur für die nicht zu beeinflussende Last mit dem Trendverfahren verbinden, schließen die oben genannten negativen Effekte mit hoher Wahrscheinlichkeit aus.

### **Differenzierte Tarife im liberalisierten Energiemarkt benötigen differenziertes Sollwertmanagement**

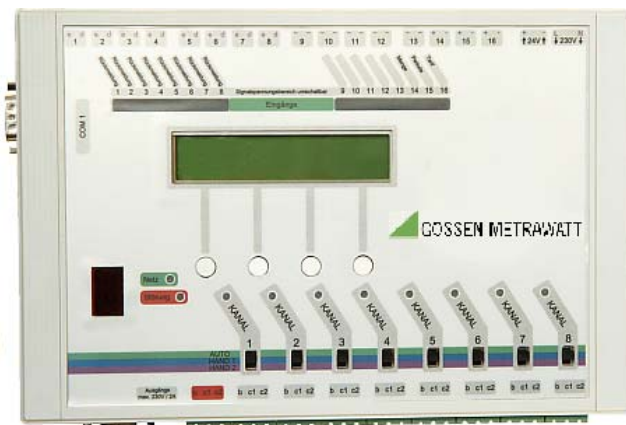
Als Standard hat sich bei den meisten Optimierungssystemen mittlerweile etabliert, dass maximal vier Grenzwerte (Sollwerte, Leistungsobergrenzen) über maximal zwei binäre Tarifsignale umgeschaltet werden können.

Da die Betriebszeit von Energiemanagementanlagen im Mittel ca. 20 Jahre beträgt, sollten sie deshalb jetzt



schon für neue Tarifmodelle z.B. Fahrplanlieferungen gerüstet sein, so dass durch einfache Konfiguration neuen Tarifen Rechnung getragen werden kann. Dies bedeutet, dass die zeitliche Vorgabe von 24 bzw. 96 Grenzwerten pro Tag möglich sein sollte.

Ein weiterer Aspekt des "Sollwertmanagements" stellt die "automatische Sollwertanpassung" dar: hierbei erhöht das System automatisch, ausgehend von einem niedrigen Startwert zu Beginn des Verrechnungszeitraumes den Grenzwert auf die höchste im Verrechnungszeitraum aufgetretene Leistungsspitze; es macht ja keinen Sinn, für den Rest des Zeitraumes einen niedrigeren Sollwert einzuhalten. Gerade bei monatlich sehr stark schwankendem Leistungsbedarf wird durch diese Strategie das jahresmittlere Einsparpotential entscheidend erhöht, ohne dass jeden Monat manuell ein geeigneter Sollwert einzustellen ist.



Das Energieoptimierungssystem von Gossen-Metrawatt besitzt binäre Eingänge für maximal zwei Meldungssignale (Laufrückmeldung, Bedarfsanforderung) für jedes angeschlossene Betriebsmittel, kann bis zu 7x96 Grenzwerte verwalten, und passt sich dem Produktionsprozess mit flexiblen Steuerstrategien und Sollwertmanagement dynamisch an.

Ideal für Industrie, Küchen, Handwerk und Verwaltungsbäude

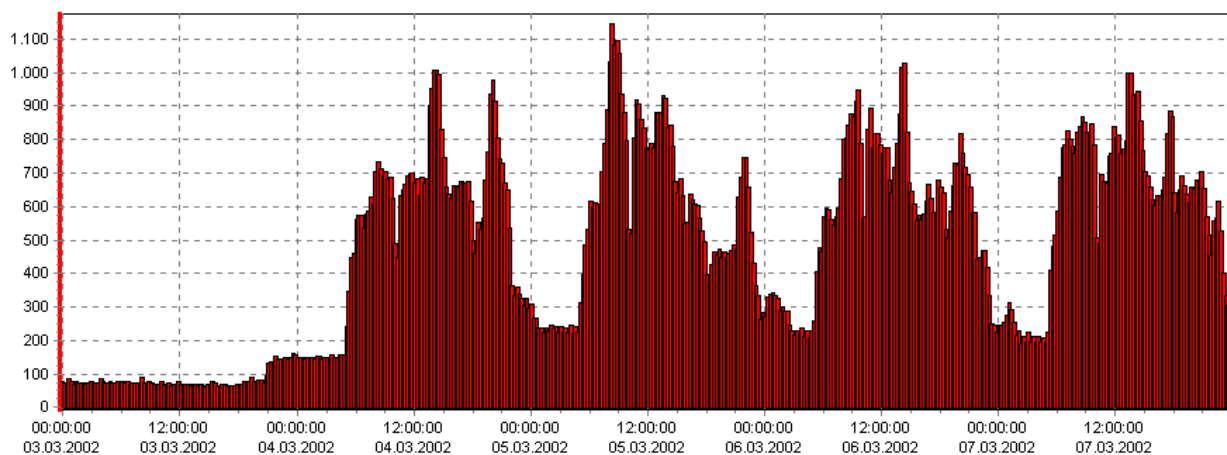
### Transparenz im Betrieb und flexible, kundenindividuelle Parametrierung

Durch Bereitstellung von Energiebezugs- und Systemdaten (z.B. Höhe und Zeitpunkt der monatlichen Maxima, Bezugssituation und Schaltzustand der Ausgänge in der aktuellen Messperiode, Klartextmeldungen von Systemstörungen) über das integrierte LC-Display ist der Verantwortliche über die Lastsituation im Betrieb genauestens informiert.

Durch Auslesen von differenzierten Lastgangprofilen, Arbeitsverbräuchen, Grafiken über Schalthandlungen und Auslastung der Betriebsmittel (aus den Laufrückmeldungssignalen) via PC oder Notebook kommt Transparenz in die Energiesituation. Dies motiviert nicht nur das Personal zum Energiesparen, sondern erschließt zusätzliche Einsparpotentiale und eröffnet weitere Möglichkeiten zur Optimierung des Energieeinsatzes.

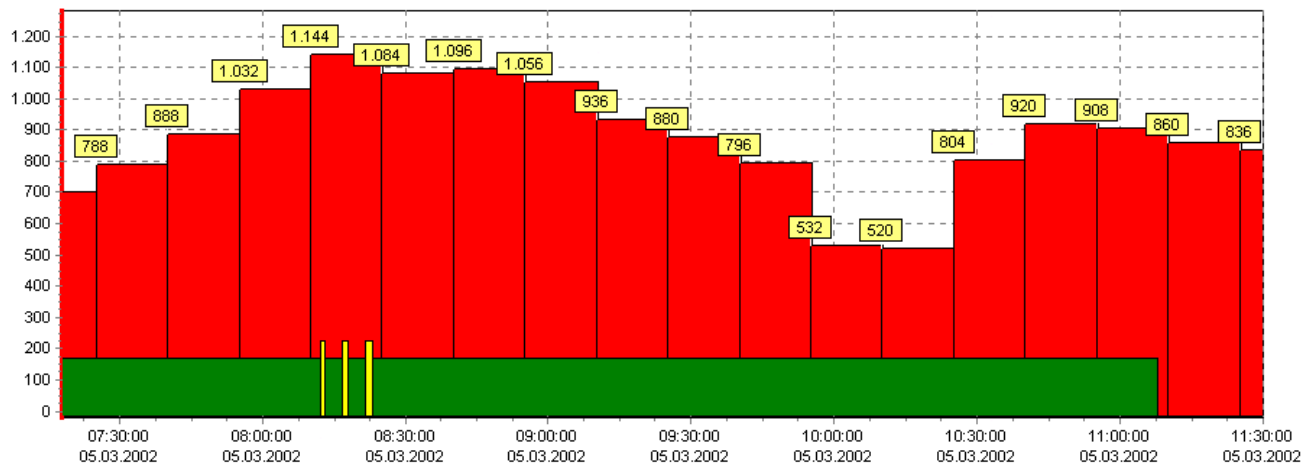
Durch menügeführte Parametrierung des Systems mittels LC-Display und Funktionstasten oder über entsprechende Windows-Oberflächen am PC können komfortabel betriebsindividuelle und verbraucher-spezifische Steuerstrategien (last-, zeit-, oder ereignisbedingt) festgelegt, Grenzwerte, Abschaltprioritäten, minimale Ein- und maximale Ausschaltzeiten vorgegeben und im laufenden Betrieb modifiziert werden.

Die untenstehende Grafik zeigt den aus dem System ausgelesenen Lastgang des Gesamtbezugs über 5 Tage. Man erkennt, dass die Leistungsspitze am 5.3.2002 aufgetreten ist.



Die folgende Abbildung zeigt die ausgelesenen 15-Minuten Mittelwerte für den Tag des höchsten Leistungsbedarfs des Monats März. Der Sollwert des Systems war auf 1145 kW eingestellt. Grün eingeblendet ist die Laufrückmeldung der Heizung (ca. 140 kW) eines Betriebsmittels (Autoklav). Gelb dargestellt sind die Zeiten, an denen das Optimierungssystem die Heizung abgeschaltet hat, um den Grenzwert nicht zu überschreiten

Die Heizung wurde in dieser Hochlast-Meßperiode ca. 4 Minuten abgeworfen. Wäre sie nicht durch das Optimierungssystem beeinflusst worden, so läge der Leistungsbedarf ca. 38 kW höher. Alleine durch die kurzzeitige Steuerung dieses einzigen Großverbrauchers wurde somit auf das Jahr hochgerechnet eine Einsparung von ca. EUR 2.400,- (bei einem Jahresleistungspreis von EUR 65,-) erzielt.



### 3 Betriebsanalyse

#### Wirtschaftlichkeit einer Anlage

Die Frage, ob ein Optimierungssystem wirtschaftlich ist, kann in der Regel nicht pauschal beantwortet werden. Ein hoher Leistungsbedarf sagt noch nichts darüber aus, welches Einsparpotential realisiert werden kann und welchen Aufwand dies erfordert.

Häufig werden Einsparpotentiale sehr oberflächlich über Größen berechnet, die rein hypothetisch sind. Als Beispiel kann man sogenannte "Gleichzeitigkeitsabschätzungen" aufführen, von denen wir ganz entschieden abraten.

Wie sinnvoll der Einsatz einer Optimierungsanlage ist, hängt im wesentlichen von drei Voraussetzungen ab:

1. Als erster Schritt sollte geklärt werden, welche Tarifstruktur vorliegt.
2. Danach ist zu überprüfen, ob stark ausgeprägte, singuläre Leistungsmittelwert-Spitzen vorhanden sind. Dies ist nur über eine Analyse des Lastganges möglich.
3. Eine Analyse der Betriebsmittelstruktur muss dann zeigen, ob Verbraucher im Betrieb kurzzeitig abgeschaltet werden, d.h. in ein Optimierungskonzept einbezogen werden können. Gerade in diesem Zusammenhang hört man häufig die Aussage "bei uns kann man nichts abschalten". Wenn man jedoch bedenkt, dass bei einem Einsparpotential von ca. 30 kW eine Anlage von Gossen-Metrawatt schon wirtschaftlich sein kann, lohnt es sich durchaus, auf die Suche nach geeigneter steuerbarer Last zu gehen.

Sie finden im Anhang Checklisten, die Ihnen erlauben uns zu Punkt 1 (Tarifstruktur) und Punkt 3 (Betriebsmittelstruktur) grundsätzliche Informationen zukommen zu lassen. In Kombination mit Lastgangschrieben kann in einem ersten Schritt daraus ein Einsparpotential abgeschätzt werden.

#### **Lastoptimierung kann nur zufriedenstellend funktionieren, wenn für jeden Betrieb ein individuelles Optimierungskonzept erstellt wird!**

Zeichnet sich aufgrund dieser Daten ein wirtschaftliches Einsparpotential ab, so sollten Sie sich von einem unserer Spezialisten ein individuelles Optimierungskonzept mit einer Anlagenprojektierung erarbeiten lassen. Im Rahmen einer Betriebsbegehung können so detaillierte Unterlagen erstellt werden, die es der Betriebstechnik oder Ihrer Elektroinstallationsfirma erlauben Ihnen ein Angebot für die Installation eines Systems zu unterbreiten.

Aus dem Einsparpotential, den Komponentenkosten, den Inbetriebnahmedienstleistungen und den Installationskosten ergibt sich dann im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsanalyse die Amortisationszeit eines geeigneten Systems.

### 3.1 Analyse der Tarifstruktur und der Verbrauchsabrechnungen

Unbedingte Voraussetzung für die Ermittlung eines Einsparpotentials sind Kenntnisse über die Tarifstruktur und Ihren bisherigen monatlichen Leistungsbedarf. Wir haben in Anhang A eine entsprechende Checkliste beigelegt.

Die hierfür nötigen Daten können Sie Ihrem Energielieferungsvertrag und den monatlichen bzw. jährlichen Verbrauchsabrechnungen entnehmen.

In folgenden sollen einige Angaben in der Checkliste näher erläutert werden:

Ihr Energieversorger hält für Sie Leistung vor (Vorhalteleistung); die Höhe dieser Vorhalteleistung hängt im wesentlichen von der technischen Infrastruktur (Transformatoren, Leitungen) ab. Im Rahmen dieser Vorhalteleistung können Sie eine voraussichtliche Höchstleistung bestellen; anhand dieser Bestelleistung disponiert der Energieversorger. Ein bestimmter Anteil der Bestelleistung (z.B. 70 %) wird Ihnen in jedem Fall verrechnet, auch wenn Ihre monatlichen oder jährlichen Leistungsspitzen niedriger sind. Somit macht es vom finanziellen Standpunkt aus gesehen keinen Sinn, den Leistungsbedarf mit einem Optimierungssystem unter diese "Mindestverrechnungsleistung" abzusenken.

Die Angabe der Leistungs- und Arbeitspreise in der Checkliste ist aus zwei Gründen erforderlich: Zum einen kann aus dem Einsparpotential dadurch die Einsparung bei den Leistungskosten bestimmt werden. Zum anderen kann überprüft werden, ob nach realisierter Lastoptimierung durch Anwendung eines anderen Tarifmodells (höherer Leistungspreis, niedrigerer Arbeitspreis) das finanzielle Einsparpotential weiter erhöht werden kann. Die meisten Energieversorger bieten für Ihre Sondervertragskunden mindestens zwei Tarifmodelle an: steile Preisregelung d.h. hoher Leistungspreis, niedriger Arbeitspreis und flache Preisregelung d.h. niedriger Leistungspreis und hoher Arbeitspreis. Aus dem gleichen Grund ist die Angabe der Jahresgesamtarbeit notwendig. Daraus werden die Vollbenutzungsstunden berechnet, um bei der monetären Einsparung unter Umständen entsprechende hinzukommende Benutzungsdauerrabatte berücksichtigen zu können. Damit gegebenenfalls bei Ihrem Energieversorger Tarifalternativen nach einer realisierten Optimierung erfragt werden können, wäre es sinnvoll Ihren Energieversorger mit einem Ansprechpartner auf der Checkliste zu vermerken.

Ein ganz wichtiger Aspekt bei der Lastoptimierung ist zudem der Leistungsverrechnungsmodus. Ist die Leistungsmessung des Energieversorgers z.B. nur zu speziellen Starklastzeiten (evtl. nur eine Stunde am Tag) aktiv, so kann, im Gegensatz zu einer permanenten 24-Stunden-Leistungsmessung, mit einem Optimierungssystem unter Umständen ein höheres Einsparpotential realisiert werden.

Angaben in der Checkliste, ob die Leistung monatlich oder jährlich abgerechnet wird, sind im wesentlichen für die Sollwertmanagement-Strategie des Systems wichtig. Deshalb muss zur Bestimmung des jahresmittleren Einsparpotentials diese Strategie im Vorfeld berücksichtigt werden. Hierfür werden auch die monatlichen Leistungsspitzen eines kompletten Verrechnungsjahres benötigt, die Sie den Verbrauchsrechnungen entnehmen können.

### 3.2 Analyse des Bezugsprofils aus Lastgangschrieben

Die aus den Verbrauchsabrechnungen entnommenen Monatsleistungsspitzen sagen zunächst nichts darüber aus, wann und wie lange der Monatshöchstleistungsbezug vorlag. Eine Aussage darüber, ob kurzzeitige, ausgeprägte Leistungsspitzen vorhanden sind, läßt sich nur durch Analyse von Lastprofilen treffen. Am einfachsten erhält man solche Profile natürlich, wenn schon ein Optimierungssystem oder ein Energiedatenerfassungssystem im Betrieb installiert ist, das Lastprofile aufzeichnen und ausdrucken kann.

Sollten Sie nicht über diese Möglichkeiten verfügen, so ist die erste Anlaufstelle hier Ihr Energieversorger. Er setzt bei vielen Kunden Zähler mit Lastprofil Speicher ein und kann Ihnen oftmals die Lastprofile der Tage, an denen die höchsten Monatsleistungsspitzen auftraten, zur Verfügung stellen.

Um repräsentative Daten zu haben, sollten die Lastgänge für Monate angefordert werden, an denen ein hoher Leistungsbedarf vorlag; Urlaubsmonate sind für eine Analyse wenig geeignet.

In der Regel genügt ein zusammenhängender Messzeitraum von zwei bis vier Wochen eines repräsentativen Monats, um sich ein Bild über Dauer und Ausprägung der Leistungsspitzen machen zu können.

#### Der Mess- und Analyse-Service von Gossen-Metrawatt

Sollten keine Lastgangprofile vorhanden sein, so bietet Gossen-Metrawatt einen Mess- und Analyseservice an, um mobil Energiedaten Ihres Betriebes zu erfassen.

Zur Aufnahme von Lastprofilen genügt es, einen optischen Tastkopf am Verrechnungszähler zu befestigen. Der Tastkopf wandelt die Läuferscheibenumdrehungen des Zählers in Impulse um, die dann in einem mobilen Datenlogger gespeichert werden.

In der Regel schicken wir Ihnen die notwendigen Messmittel zu. Nach Ablauf des Messzeitraumes senden Sie uns das Messsystem wieder zurück. Nach grafischer Aufbereitung der Daten mittels leistungsfähiger Auswertesoftware in unserem Hause erhalten Sie von uns eine Dokumentation der Messung mit einer ausführlichen Analyse des Lastganges im Hinblick auf Optimierung.

Gossen-Metrawatt ist zudem in der Lage, auch komplexere Messaufgaben mit mobilen Systemen durchzuführen, die über bis zu 5 Aufzeichnungskanäle verfü-

gen. Hierbei werden Ströme und Spannungen mittels Stromzangen erfasst. Durch Einsatz mehrerer solcher Systeme können Abgänge in Haupt- und Unterverteilungen zeitgleich gemessen und so z.B. die Verursacher von Leistungsspitzen ermittelt werden. Des Weiteren können zusätzlich elektrische Größen wie Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  und Oberschwingungen aufgezeichnet werden.

### Einsparpotential aufgrund Ausprägung und Dauer der Lastspitzen

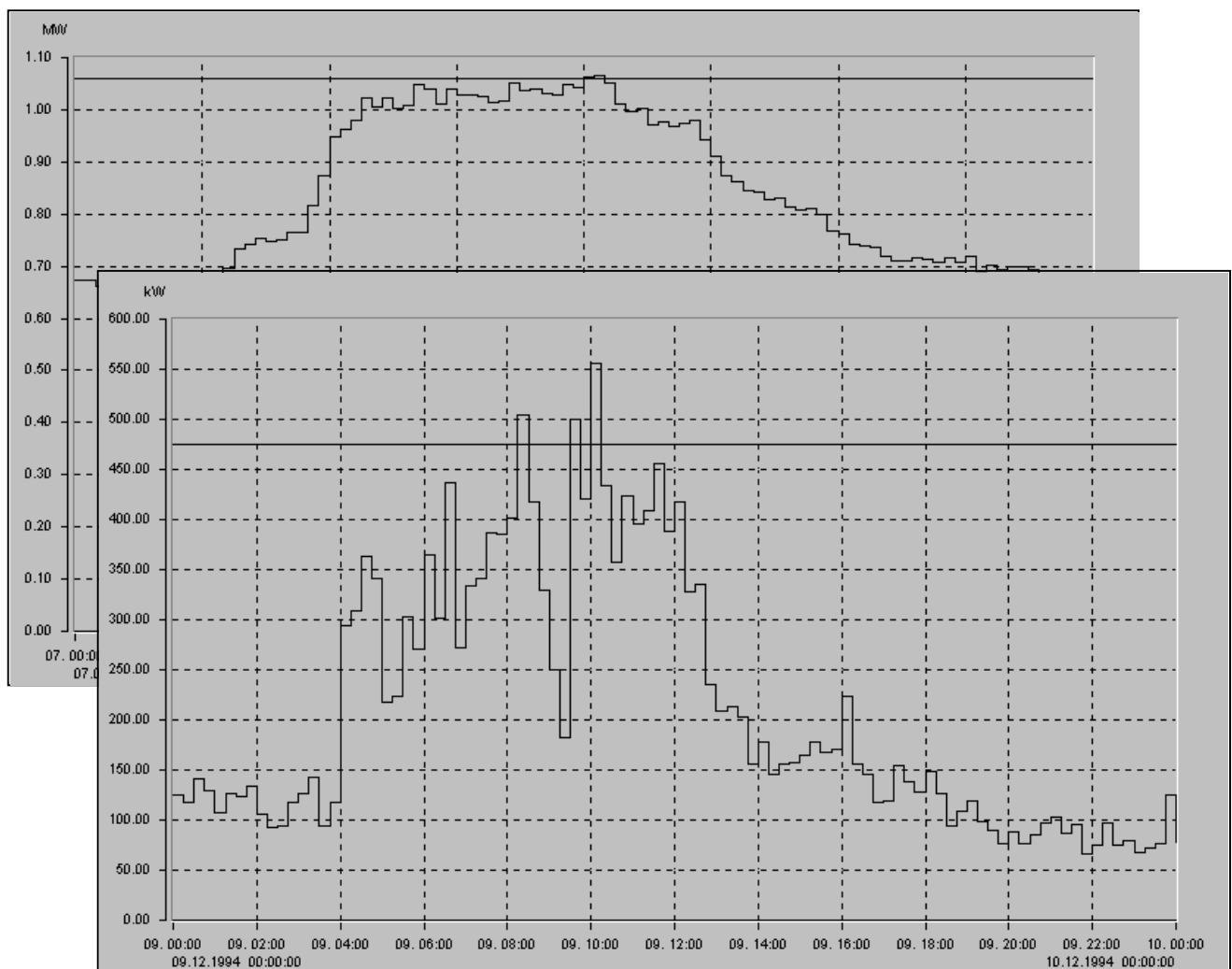
Um aus den Lastgangschrieben ein Einsparpotential komfortabel ermitteln zu können, sollten diese unbedingt in grafischer Form vorliegen. In der Regel genügt es, sich die Lastprofile der Tage anzuschauen, an denen die fünf bis sieben höchsten Leistungsmittelwerte des Messzeitraumes aufgetreten sind.

Zur Abschätzung des Einsparpotentials versucht man nun "Leistungsspitzen" in benachbarte "Leistungstäler" zu verschieben.

Die beiden untenstehenden Abbildungen zeigen die Lastgänge zweier unterschiedlicher Betriebe an den Tagen des höchsten monatlichen Leistungsbedarfs. Sie wurden mit dem von Gossen-Metrawatt eingesetzten Messsystem erstellt.

Bei dem Profil im Hintergrund (Betrieb der Elektroindustrie) kann nur sehr wenig Arbeit (= Fläche d.h. Leistung \* Zeit) in die der Leistungsspitze folgenden ein oder zwei Messperioden verlagert werden. Bei einer Verrechnungsleistung von ca. 1070 kW liegt somit das Einsparpotential bei unter 10 kW. Der Grenzwert, der in diesem Falle bei einem Optimierungssystem eingestellt werden müsste (schwarze, waagrechte Linie) läge bei ca. 1060 kW. Eine stärkere Absenkung des Grenzwertes würde bedeuten, dass das Optimierungssystem über mehrere Stunden permanent im Eingriff wäre, was eine Reduzierung der Gesamtarbeit und deshalb eine massive Beeinträchtigung des Produktionsprozesses zur Folge hätte. Ein Optimierungssystem ist hier wohl nicht sinnvoll und wirtschaftlich.

Ganz anders verhält es sich bei dem Lastgang im Vordergrund (Betrieb der Lebensmittelindustrie). Da hier kurze, ausgeprägte Leistungsspitzen von nur einer Messperiode vorliegen, kann Arbeit problemlos um wenige Minuten in Leistungstäler verschoben werden. Die bisherige Verrechnungsleistung von ca. 560 kW konnte hier auf ca. 475 kW (schwarze, waagrechte Linie) abgesenkt werden. Realisiert wurde dieses Einsparpotential von 85 kW durch Steuerung von Lager- und Tiefkühlanlagen sowie Betriebsmittel der Kantine.



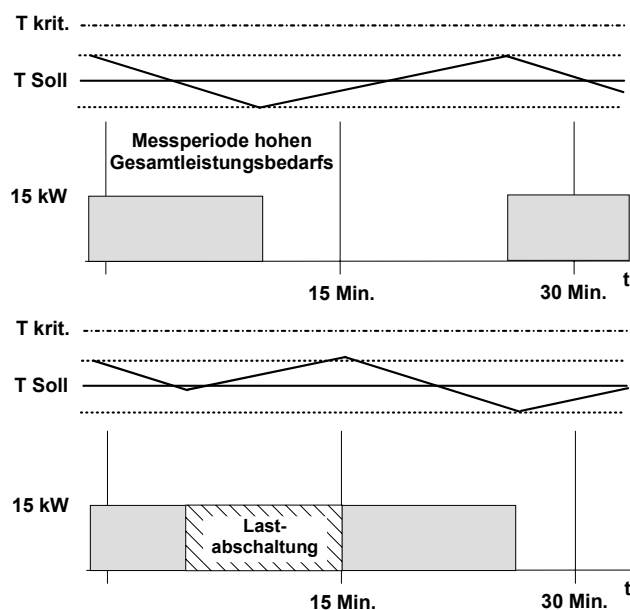
### 3.3 Analyse der Betriebsmittelstruktur

Ein hohes Einsparpotential aufgrund ausgeprägter Lastspitzen im Bezugsprofil nützt aber alleine nichts, falls keine ausreichende Anzahl von Betriebsmitteln zur Verfügung steht, die kurzzeitig abgeschaltet oder in einen energieaufnahmereduzierten Zustand versetzt werden können.

#### Was bedeutet in diesem Zusammenhang eigentlich "abschalten"?

Das Wort "abschalten" assoziiert naturgemäß automatisch "Stillstand". Will man bei einem Folgeantrieb (z.B. einem Transportband), der rund um die Uhr läuft zu einem bestimmten, aber nicht vorhersehbaren, Zeitpunkt die Energieaufnahme auch nur sehr kurzzeitig reduzieren, so muss man ihn in der Regel plötzlich abschalten. Eine solche Maßnahme würde den Produktionsprozess dermaßen stark negativ beeinflussen, dass die Ausfallkosten in keiner Relation zur erzielten Einsparung stehen. Hier bedeutet "abschalten" in Bezug auf den Produktionsprozess tatsächlich mehr als "Stillstand", nämlich "Rückschritt".

Betrachten wir im folgenden den Verdichter einer Lager- oder Tiefkühlung; die mittlere Leistungsaufnahme sei ca. 15 kW. Er ist in der Regel thermostatisch gesteuert und schaltet sich innerhalb eines Temperaturbereiches ein- und aus. Im nicht lastoptimierten Betrieb (obere der folgenden Abbildungen) trägt er bei einer Laufzeit von ca. 10 Minuten in einer Messperiode erhöhten Gesamtleistungsbedarfs mit ca.  $15 \text{ kW} * 10 \text{ Min.} / 15 \text{ Min.} = 10 \text{ kW}$  zur Verrechnungsleistungsspitze bei.



Im lastoptimierten Betrieb (untere Abbildung) läßt ihn der Optimierungsrechner für eine vorgewählte minimale Einschaltzeit von 5 Minuten mindestens in Betrieb und schaltet ihn dann für eine maximale Aus-

schaltzeit von 10 Minuten ab, weil die Lastsituation dies erfordert; man spricht hier von "Taktung" des Verbrauchers. Der Beitrag zur Verrechnungsleistung ist in diesem Falle  $15 \text{ kW} * 5 \text{ Min.} / 15 \text{ Min.} = 5 \text{ kW}$ . Durch diese kurzzeitige "Abschaltung" wurde somit eine Einsparung von ca. 5 kW erzielt. Betrachtet man den Temperaturverlauf, so zeigt sich, dass er sich weiterhin nahezu im normalen Bereich bewegt; die kritische Mindesttemperatur wird nicht erreicht. Die in der Hochlastmessperiode weniger geleistete Arbeit wird in der Folgeperiode automatisch wieder aufgeholt. Der Produktionsprozess wird somit in keiner Weise negativ beeinflusst.

In diesem Fall bedeutet "abschalten" also nicht "Stillstand", sondern "Einsparung".

Voraussetzung hierfür ist natürlich, dass die Lastspitzen nur kurzzeitig sind, denn würde die Kühlung z.B. über 60 Minuten ununterbrochen durch das Optimierungssystem "getaktet" werden, so könnte sich ein sogenannter "Pump-Down-Effekt" einstellen und die kritische Mindesttemperatur überschritten werden. Dies verdeutlicht nochmals, wie wichtig die Analyse des Lastganges zur Erzielung eines optimalen Ergebnisses ist.

#### Energiespeicherkapazität

Wir denken, es ist klar geworden, worauf es bei der Auswahl der zu steuernden Verbraucher ankommt: sie sollten eine gewisse Energiespeicherkapazität aufweisen. Diese Eigenschaft besitzen viele thermostatisch gesteuerte Betriebsmittel. Kühlungen und Heizungen aller Art (insbesondere Verbraucher in Großküchen, Industriewaschmaschinen und Trockner) sind für die Lastoptimierung sehr gut geeignet. Aber auch Verbraucher mit hoher Leistung ohne Speicherkapazität, deren Betrieb vom Produktionsprozess her um mehrere Minuten zeitversetzt erfolgen kann (z.B. Flaschen- und Abfallpressen etc.) bieten sich zum Anschluss an ein Optimierungssystem an. Lüftungen und Raumklimatisierungen lassen sich ebenfalls häufig problemlos in ein Optimierungskonzept einbeziehen. Ist die überwiegende Anzahl von Verbrauchern im Betrieb thermostatisch gesteuert (wie z.B. in Großküchen), so sorgen intelligente Optimierungssysteme dafür, dass zufällige Gleichzeitigkeiten der Thermostatzyklen vermieden werden und somit der Leistungsbedarf homogenisiert wird. In Betrieben mit überwiegend kurzzeitig betriebenen, nicht steuerbaren Verbrauchern, die jedoch extreme Leistungsspitzen verursachen, können Hochlastsituationen durch lastbedingte Steuerung von Grundlastverbrauchern oftmals kompensiert werden, ohne dass der Produktionsprozess merklich leidet. Je intelligenter das eingesetzte System ist und je mehr Informationen es von den Betriebsmitteln verarbeiten kann, desto weniger beeinflusst es den Produktionsprozess und desto "kritischere" Betriebsmittel können in ein Optimierungskonzept einbezogen werden.



### 3.4 Ermittlung eines realistischen Einsparpotentials

Wir haben Ihnen in Anhang B eine Checkliste zusammengestellt, in die Sie alle Betriebsmittel mit entsprechenden Daten eintragen können, von denen Sie der Auffassung sind, dass sie an ein Optimierungssystem angeschlossen werden könnten.

Aus der Summe aller "bereinigten Einsparpotentiale" der in der Liste aufgeführten Betriebsmittel ergibt sich das "Einsparpotential aufgrund der Betriebsmittelstruktur".

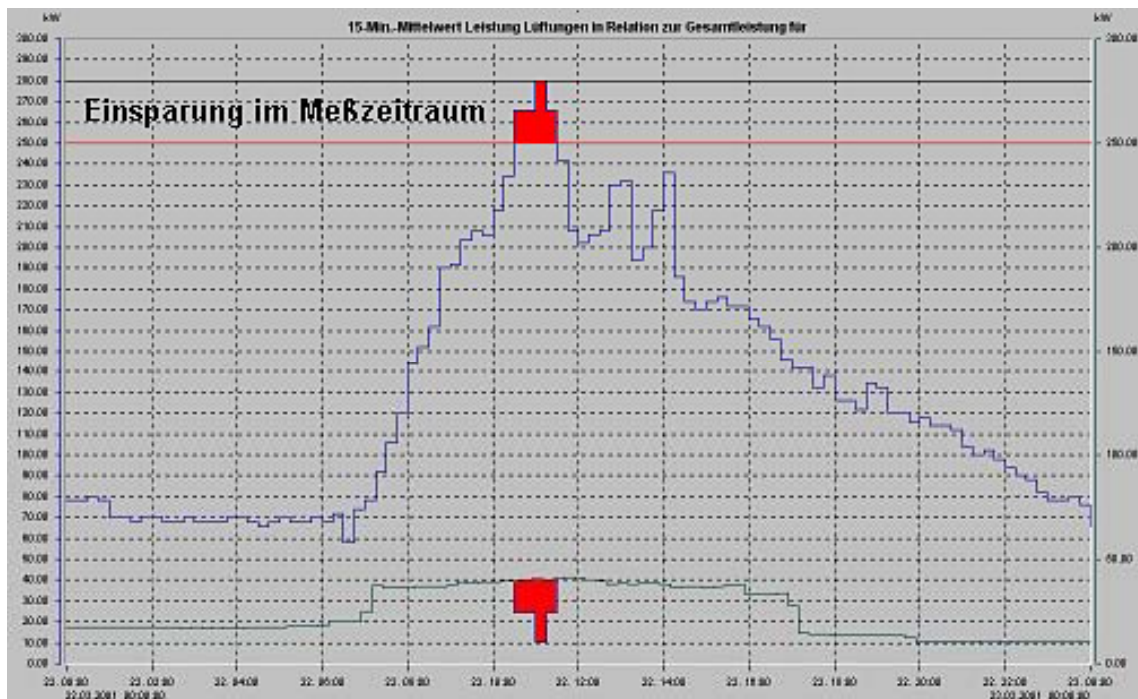
Aus den Lastgangschrieben haben wir ja bereits ein "Einsparpotential aufgrund der Ausprägung und Dauer der Leistungsspitzen" ermittelt.

Das realistische Einsparpotential stellt in der Regel das kleinere dieser beiden Einsparpotentiale dar.

Damit Sie ein Gefühl für das Zusammenspiel zwischen Lastgangspitzen und steuerbarer Last bekommen, wollen wir Ihnen an einem abschließenden Beispiel aufzeigen, dass bei absolut unkritischen Betriebsmitteln Abschaltungen auch tolerierbar sein können, obwohl keine Arbeitsverschiebung, sondern eine geringfügige Arbeitsreduzierung stattfindet.

Das folgende Diagramm zeigt das Gesamtbezugs-Lastprofil eines Verwaltungsgebäudes und das Lastprofil ausgewählter Lüftungs- und Klimatisierungsanlagen für den Tag, an dem die Monats-Verrechnungsleistungsspitze (ca. 280 kW) aufgetreten ist. An den anderen Tagen liegt der Leistungsbedarf bei ca. 240 bis 260 kW.

Will man die monatliche Verrechnungsleistung um 30 kW reduzieren, so muss in diesem Fall die dunkel gekennzeichnete Energiemenge durch das Optimierungssystem in andere Messperioden verschoben bzw. eliminiert werden. Bei Verwaltungsgebäuden bieten sich in erster Linie Lüftungen und Klimatisierungen als steuerbare Last an; an zweiter Stelle könnten auch ausgewählte Küchenverbraucher der Kantine in ein Optimierungskonzept einbezogen werden. Will man also hier die Leistungsspitze durch lastoptimierte Steuerung der Lüftungen kompensieren, so muß an einem Tag im Monat über drei Messperioden der Energiebedarf der Lüftungen mittels Taktung um ca. 40 % und in einer Messperiode um ca. 75 % reduziert werden. An 10 weiteren Tagen im Monat müßte der Energiebedarf der Lüftungen um ca. 25 % für jeweils zwei Messperioden verringert werden. An den restlichen 19 anderen Tagen des Monats greift das System nicht ein. Bei vielen Raumlüftungen und Klimatisierungen zeigt die Praxis, dass eine Taktung an 24 von insgesamt 2880 Messperioden im Monat meist toleriert werden kann. Es ergibt sich im betrachteten Fall ein realistisches Einsparpotential von ca. 11 % bei den Leistungskosten, alleine durch Steuerung der Lüftungs- und Klimatisierungsanlagen.



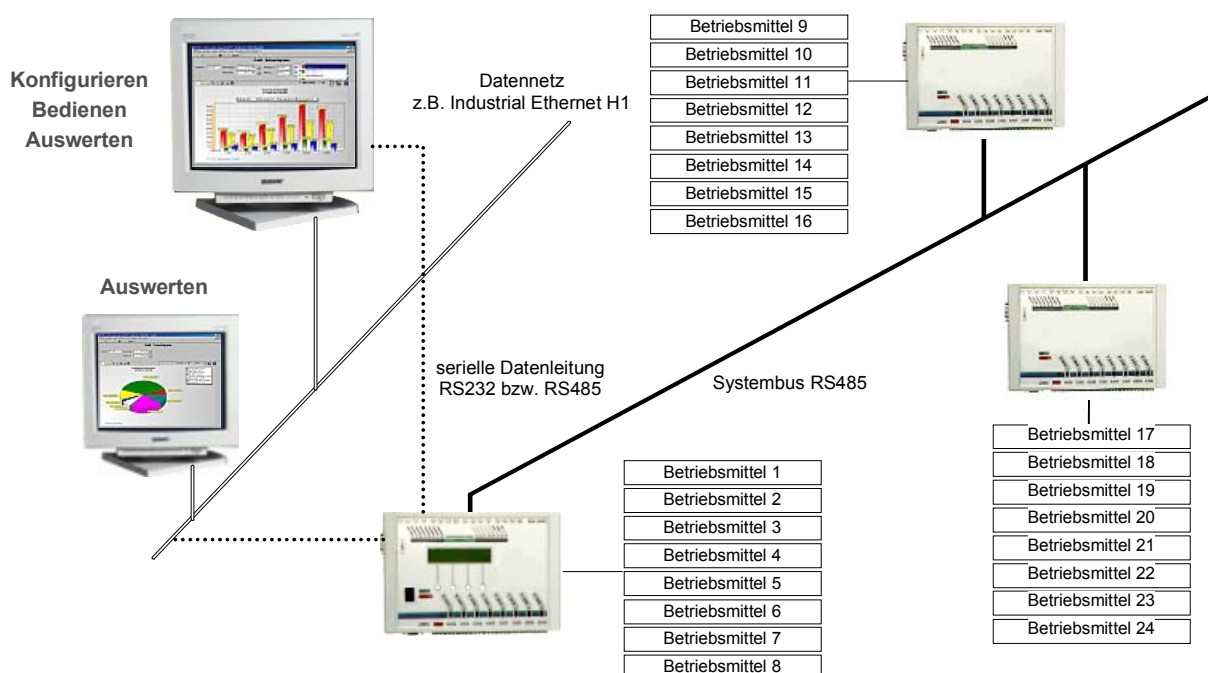
## 4 Technische Umsetzung und Realisierung

Die Installationsaufwendungen für ein geeignetes Optimierungssystem hängen sehr stark von den individuellen baulichen Gegebenheiten im Betrieb ab; pauschale Aussagen hierüber lassen sich nicht treffen. Grundsätzlich sind im Rahmen der Installation folgende Arbeiten durchzuführen:

1. Mechanische Befestigung der Systemkomponenten (Optimierungsrechner, gegebenenfalls dezentrale Unterstationen)
2. Bereitstellung der Messsignale durch den Energieversorger
3. Verlegung von Steuerleitungen zu den einzelnen Betriebsmitteln bzw. Busleitungen zu den einzelnen Optimierungsschwerpunkten
4. Umrüstung der Betriebsmittel, Ankleben der Leitungen an die Betriebsmittel und die Optimierungskomponenten
5. Inbetriebnahme (wird in der Regel von Gossen-Metrawatt durchgeführt)

### 4.1 Montage der Komponenten

Die Optimierungskomponenten von Gossen-Metrawatt können einfach in kundenseitig vorhandenen Schaltschränken auf Hutschiene aufgeschnappt werden bzw. werden von Gossen-Metrawatt auf Kundenwunsch werkseitig in Standard-Schaltschränken zur Wandmontage ausgeliefert. Die steckbar ausgeführten Klemmleisten an den Geräten vereinfachen Installation und Service.



Die Visualisierungssoftware läuft auf einem handelsüblichen PC unter MS-Windows, der vom Optimierungssystemer lokal entfernt betrieben werden kann.

### 4.2 Signalbereitstellung durch den Energieversorger

Der Energieversorger stellt in der Regel auf Antrag die für die Lastoptimierung benötigten Signale, nämlich kWh-Mengenimpuls, Synchronisationsimpuls (Periodensignal) und Tarif-Umschaltensignale (z.B. HT/NT) zur Verfügung. Hierzu wird am Messplatz des Energieversorgers ein sogenanntes "Trennrelais" installiert; über eine Leitung werden dann die notwendigen Binärsignale an das Optimierungssystem übertragen. Die kundenspezifischen Konfigurationsdaten der Messeinrichtung des Energieversorgers (Impulswertigkeit z.B. 5000 Impulse/kWh, Wandlerfaktor und Messperiodendauer) können am Optimierungssystem komfortabel menügeführt eingegeben werden.

#### Freie Konfigurierbarkeit der Binäreingänge

Jede Optimierungskomponente von Gossen-Metrawatt besitzt insgesamt 16 binäre Signaleingänge, die für Lauffrückmeldungs- und Messsignale frei konfiguriert werden können. An nicht belegte Eingänge können, unabhängig von der Lastoptimierung, weitere Messaufnehmer z.B. Blindstromzähler und Wirkstrom-Unterzähler, die eine sogenannte S0-Datenschnittstelle besitzen, angeschlossen werden. In Verbindung mit der PC-Visualisierungssoftware können so Daten wie Leistungsfaktor  $\cos \varphi$ , Verbräuche von einzelnen Unterverteilungen und entsprechende Lastprofile angezeigt und überwacht werden.

### 4.3 Bus- und Steuerleitungen

Gossen-Metrawatt bietet für jede Betriebsgröße die ideale Optimierungsanlage an, angefangen von zentralen Systemen mit 4 bzw. 8 Optimierungskanälen bis zu dezentral erweiterbaren Systemen, bei denen die Anzahl der Optimierungskanäle nach oben offen ist.

Die umseitig dargestellte Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau eines dezentralen Systems.

Die Betriebsmittel werden in der Regel über Steuerleitungen an die Optimierungskomponenten direkt angeschlossen. Über eine Zweidraht-Busleitung kommunizieren die Komponenten mit dem Optimierungsrechner.

Natürlich können auch bereits bestehende Bus- oder Gebäudeleitsysteme im Betrieb genutzt werden. Die klassische und kostengünstigste Vorgehensweise hierbei ist die Kopplung der Systeme über binäre Ein- und Ausgänge; die Verwendung von seriellen Koppler-Baugruppen ist bei der Vielzahl der auf dem Markt befindlichen Bus- und Gebäudeleitsysteme technisch etwas schwieriger zu realisieren.

Bei unkonventionellen Lösungen wie Power-Line (Datenübertragung über das Drehstromnetz) müssen Vorzüge (kostengünstige Überbrückung langer Strecken) und Nachteile (erhöhte Störanfälligkeit) genau abgewogen werden.

### 4.4 Umrüstung der Betriebsmittel

Die Betriebsmittel müssen natürlich auf die Steuerbefehle des Optimierungssystems reagieren und zusätzlich Laufrückmeldungssignale zur Verfügung stellen. Dies ist in vielen Fällen technisch einfacher zu realisieren als man denkt. Viele Betriebsmittelhersteller, insbesondere im Großküchenbereich, sehen werkseitig optional bereits entsprechende Anschlussmöglichkeiten vor oder bieten spezielle Umrüstsätze an, so dass die Steuerleitungen hier nur angeklemt werden müssen. Wir empfehlen schon bei der Neuanschaffung von Betriebsmitteln den Hersteller auf die Bereitstellung von Lastoptimierungsanschlüssen anzusprechen.

Gossen-Metrawatt setzt sich im übrigen im Rahmen der Anlagenprojektierung mit den Herstellern der Betriebsmittel, die in das Optimierungskonzept einbezogen werden, in Verbindung und spricht Schnittstellen ab.

### 4.5 Lastmanagement als erster Schritt einer umfassenden Betriebsoptimierung

Neben der reinen Lastoptimierung bietet Gossen-Metrawatt eine Vielzahl von Möglichkeiten das System zu einem umfassenden Energiemanagement- und Betriebsoptimierungssystem auszubauen.

Angefangen von der Lieferung elektronischer Stromzähler für Untermessungen, über Systeme zur Überwa-

chung der Netzqualität bis hin zur Errichtung eines automatischen Kostenstellenabrechnungssystems bekommen Sie von Gossen-Metrawatt alles aus einer Hand.

## 5 Ermittlung der Amortisationszeit

Nach der Ermittlung des Einsparpotentials, der Projektierung eines geeigneten Optimierungssystems mit Festlegung der Anzahl der Optimierungskanäle und nach Klärung der Installationsaufwendungen kann über eine objektive Wirtschaftlichkeitsrechnung die Amortisationszeit eines Systems bestimmt werden. Gerade auf dem Gebiet der Lastoptimierung sind Amortisationszeiten, die in der Größenordnung von weniger als zwei Jahren liegen, keine Seltenheit.

Wir haben Ihnen in Anhang C eine weitere Checkliste beigefügt, die es Ihnen erlaubt Nutzen und Kosten abzuwägen.

## 6 Fazit

Ob der Einsatz von Lastoptimierungssystemen sinnvoll und wirtschaftlich ist, muss betriebsindividuell detailliert abgeklärt werden. In vielen Unternehmen liegen hier oftmals noch Einsparpotentiale brach.

Sollten hinreichende Gründe vorhanden sein, ein System im Betrieb zu installieren, so hängt der Erfolg ganz entscheidend von einigen sehr wichtigen Kriterien ab:

Ein im Vorfeld von Fachleuten individuell erstelltes detailliertes Optimierungskonzept gewährleistet hohe System-Zuverlässigkeit und spart sehr häufig Kosten bei der Realisierung. Zudem sollte das einzusetzende System zukunftssicher, leistungsfähig und "intelligent" sein, damit möglichst lange ein hohes Einsparpotential sichergestellt ist.

Unter diesen Voraussetzungen kann ein entsprechendes System nicht nur Verbrauchskosten senken und Ihre tarifliche Bezugssituation in einem liberalisierten Energiemarkt verbessern, sondern auch zu bewusstem Verhalten im Betrieb im Hinblick auf Energieverbrauch beitragen.

## Anhang A Checkliste Tarif / Verbrauch

**Tarifstruktur und Verbrauchsabrechnungen**

Firma: \_\_\_\_\_ Energieversorger: \_\_\_\_\_

Ansprechpartner/Tel.: \_\_\_\_\_ Ansprechpartner/Tel.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Optimierungsanlage schon vorhanden?  ja  nein

wenn ja: Hersteller \_\_\_\_\_

**Tarifstruktur:** Messperiodendauer: \_\_\_\_\_ Min.

bestellte Höchstleistung: \_\_\_\_\_ kW Vorhalteleistung: \_\_\_\_\_ kW

Mindestverrechnungsleistung: \_\_\_\_\_ kW

Jahresleistungspreis: \_\_\_\_\_ EUR/kW

Arbeitspreis HT: \_\_\_\_\_ Cent/kWh

Arbeitspreis NT: \_\_\_\_\_ Cent/kWh

Verrechnungsmodus:  nur HT  HT und NT  nur Starklastzeit

monatlich  jährlich / Mittel aus den \_\_\_\_\_ höchsten Monaten

**Verbrauchsabrechnungen (Leistungskomponente):**

**monatliche Verrechnungsleistungen des Vorjahres \_\_\_\_\_ :**

Jan.: \_\_\_\_\_ kW Feb.: \_\_\_\_\_ kW März: \_\_\_\_\_ kW

April: \_\_\_\_\_ kW Mai: \_\_\_\_\_ kW Juni: \_\_\_\_\_ kW

Juli: \_\_\_\_\_ kW Aug.: \_\_\_\_\_ kW Sept.: \_\_\_\_\_ kW

Okt.: \_\_\_\_\_ kW Nov.: \_\_\_\_\_ kW Dez.: \_\_\_\_\_ kW

Jahresgesamtarbeit HT: \_\_\_\_\_ kWh

Jahresgesamtarbeit NT: \_\_\_\_\_ kWh

Jahresmaximum Leistung: Monat \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_ kW

Vollbenutzungsstunden = Jahresgesamtarbeit (HT + NT) / Jahresmaximum Leistung

Vollbenutzungsstunden: \_\_\_\_\_ Std.

**monatliche Verrechnungsleistungen laufendes Jahr:**

Jan.: \_\_\_\_\_ kW Feb.: \_\_\_\_\_ kW März: \_\_\_\_\_ kW

April: \_\_\_\_\_ kW Mai: \_\_\_\_\_ kW Juni: \_\_\_\_\_ kW

Juli: \_\_\_\_\_ kW Aug.: \_\_\_\_\_ kW Sept.: \_\_\_\_\_ kW

Okt.: \_\_\_\_\_ kW Nov.: \_\_\_\_\_ kW Dez.: \_\_\_\_\_ kW

**Beispiel:**

Firma: Beispiel GmbH  
Herr Mustermann  
0911/999999

Energieversorger: Power AG  
Herr Watt  
089/1111111

15 Min.

1350 kW / 1500 kW

945 kW (70 %)

70,00 EUR/kW

6,35 Cent/kWh

5,45 Cent/kWh

erfolgt die Leistungsmessung nur zur HT-Zeit, zur HT- und NT-Zeit oder nur sehr kurzzeitig zu Starklastzeiten des EVU?

... 3 höchsten Monaten

Jahr 2001

1132 / 1085 / 978

1067 / 1052 / 1025

1013 / 998 / 1124

1095 / 1168 / 1113

2.498.354 kWh

1.007.867 kWh

Nov. 1168 kW

3.506.221 kWh / 1168 kW

3001,9 Std.

1056 / 1118 / 1025

1101 / 1078

## Anhang B Checkliste Betriebsmittel

### in das Optimierungskonzept einzubeziehende Verbraucher

Bezeichnung des Betriebsmittels (Bei Großverbrauchern mit z.B. mehreren Heizkreisen diese bitte gesondert auflisten)	mittlere Leistung bei normalem Betrieb	Abschaltreihenfolge: 1 = Verbraucher wird zuerst abgeschaltet	1 = Verbraucher ist immer in Betrieb 0 = Verbraucher ist nie in Betrieb	Zeit, die der Verbraucher nach Abschaltung mindestens freigegeben sein muss	Zeit, die der Verbraucher maximal abgeschaltet werden darf	= mittlere Leistung * max. Auszeit / (min.Einzeit + max.Auszeit)	= Einsparpotential. durch Taktung * Betriebswahrscheinlichkeit
Bezeichnung	mittlere Leistung [kW]	Abwurf-Priorität	Betriebswahrscheinlichkeit	minimale Einschaltzeit [Min.]	maximale Ausschaltzeit [Min]	Einsparpotential durch Taktung [kW]	bereinigtes Einsparpotential [kW]
Beispiel	9,0	5	0,6	7	3	$9 \cdot 3 / (7+3) = 2,7$	$2,7 \cdot 0,6 = 1,62$
<b>Summen</b>							



Bezeichnung	mittlere Leistung [kW]	Abwurf-Priorität	Betriebs-wahrscheinlichkeit	mini-male Einschaltzeit [Min.]	maxi-male Ausschaltzeit [Min]	Einspar-potential durch Taktung [kW]	bereinigtes Einspar-potential [kW]
<b>Übertrag</b>							
<b>Summen</b>							

## Anhang C Checkliste Wirtschaftlichkeit

<b>Kosteneinsparung und Investitionsaufwendungen</b>		<b>Beispiel:</b>
Firma: _____		Firma: Beispiel GmbH
Ansprechpartner/Tel.: _____		Herr Mustermann
_____		Tel.: 0911/999999
<b>Kosteneinsparung:</b>		
a.) Lastgangschriebe: Einsparpotential aufgrund Dauer und Ausprägung der Leistungsspitzen:	_____ kW	135 kW
b.) Betriebsmittelliste: Einsparpotential aufgrund der Betriebsmittelstruktur:	_____ kW	75 kW
realistisches Einsparpotential: Minimum aus a.) und b.)	_____ kW	75 kW
multipliziert mit Jahresleistungspreis:	_____ EUR/kW =	70,00 EUR/kW
<b>Einsparung bei den Leistungskosten</b>	_____ <b>EUR +</b>	<b>5.250,00 EUR</b>
<b>Einsparung durch Tarifoftwareoptimierung</b>	_____ <b>EUR =</b>	<b>1.100,00 EUR</b>
<b>Summe jährliche Kosteneinsparung (A)</b>	_____ <b>EUR</b>	<b>6.350,00 EUR</b>
<b>Investitionsaufwendungen:</b>		
Optimierungssystem ( _____ Optimierungskanäle) incl. Dienstleistungen (Projektierung, Inbetriebnahme)	_____ EUR	4.800,00 EUR
Signalbereitstellung durch den Energieversorger	_____ EUR	300,00 EUR
Leitungsverlegung für Betriebsmittelsteuerung, Kommunikation und EVU-Signale:		
Material	_____ EUR	350,00 EUR
Arbeit _____ Stunden	_____ EUR	950,00 EUR
Aufwendungen für Betriebsmittelumrüstung:		
Material	_____ EUR	150,00 EUR
Arbeit _____ Stunden	_____ EUR	800,00 EUR
sonstige Installationsaufwendungen: (wie Montage der Optimierungskomponenten, Anschluss der Leitungen)	_____ Stunden _____ EUR	450,00 EUR
<b>Summe Investitionsaufwendungen (B)</b>	_____ <b>EUR</b>	<b>7.800,00</b>
<b>Amortisationszeit (B / A)</b>	_____ <b>Jahre</b>	<b>ca. 1,25 Jahre</b>