



# Energie-Management mit Hilfe zentraler Leittechnik und digitaler Regeltechnik



Günther MARCIK, Ing., Jahrgang 1939, Sales Manager bei Honeywell Austria Ges.m.b.H. Wien, verantwortlich für Vertrieb und Produkt-Marketing im Bereich kommerzieller Regeltechnik und Gebäudeautomation.

Durch Neuentwicklungen auf dem Gebiet der digitalen Regeltechnik (DDC) und die Möglichkeit der Kopplung mit Zentralen Leitsystemen ergeben sich Automationssysteme, die besonders im Bereich Haustechnik eine kostengünstige Betriebsführung erlauben. Der folgende Beitrag soll eine praxisnahe Darstellung der Entwicklung und Anwendung solcher DDC-/ZLT-Systeme geben.

## Historische Entwicklung

Die steigende Ausrüstung von Gebäuden und Gebäudekomplexen mit Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage führte schon vor Jahren dazu, diese vielfältigen Einflußgrößen meß- und regeltechnisch zu erfassen und auszuwerten. Der angestrebte Nutzen dieser analogen Regeltechnik war in erster Linie die Schaffung und Aufrechterhaltung des Komfortbereiches in Büro- und Arbeitsräumen. Mit dem sprunghaften Anstieg der Energiepreise wurden neue regeltechnische Komponenten entwickelt, die Optimierungsaufgaben erfüllen mußten. Im Bereich der Zentralen Leittechnik bestand der Wunsch, möglichst viele haustechnische Funktionen in einem System zu integrieren. Es kam zur Erfassung von Daten aus dem Bereich der Energieerzeugung und Verteilung, Sicherheitstechnik und Wartungsroutinen wurden eingebaut. Zentrale Leittechnik (ZLT) und analoge Regeltechnik liefen weitgehend autark nebeneinander. Mit der Entwicklung von DDC (Direct Digital Control) Regelsystemen ergab und ergibt sich eine Reihe von neuen interessanten Anwendungen, die mithelfen, die komplexen betriebswirtschaftlichen Aufgaben in modernen Gebäuden zu lösen.

## Funktion eines DDC-Systemes

Die direkte digitale Regelung stellt die Kopplung zwischen einem Rechner (Microprozessor) und einem Prozeß über eine Ein-/Ausgabesteuerung dar. Der prinzipielle Unterschied zur Analogtechnik ist neben der Analog-Digital-Umwandlung von Meßgrößen, der zentrale Rechner, der für mehrere Eingänge und mehrere Ausgänge das gleiche Regelorgan darstellt. Da frei programmierbare Steuerungen auch durch Microprozessoren bearbeitet werden, ist es im Zuge von Neuentwicklungen naheliegend, daß

DDC-Systeme nicht nur die Regelung, sondern auch die Steuerung ausführen. Der Vorteil liegt in der Kostensenkung bei der Schalttafel-ausrüstung, da großteils Relais- und Verknüpfungsfunktionen durch Software-Routinen ersetzt werden können. Ebenso sind Kostenminderungen beim Verdrahtungsaufwand erzielbar. Anhand der Systemarchitektur des DDC-

Systems EXCEL (siehe Abb. 1) sind die wichtigsten Hardware-Komponenten dargestellt. Es ist modular aufgebaut und besteht im Grunde nur aus 2 Bausteinen: CPU-Modul und Ein-/Ausgangsmodul. Jede CPU-Einheit kann mehrere E/A-Module bedienen. Über eine 2-Draht-Busverbindung (S-Bus) können mehrere CPU-E/A-Kombinationen verbunden werden, wobei ein Bedienpult über die S-Bus-Verbindung die Programmierung der Module und die Bedienung des Systems übernimmt. Basis-Programme und größere Datenmengen werden über ein Bandgerät eingelesen. Für

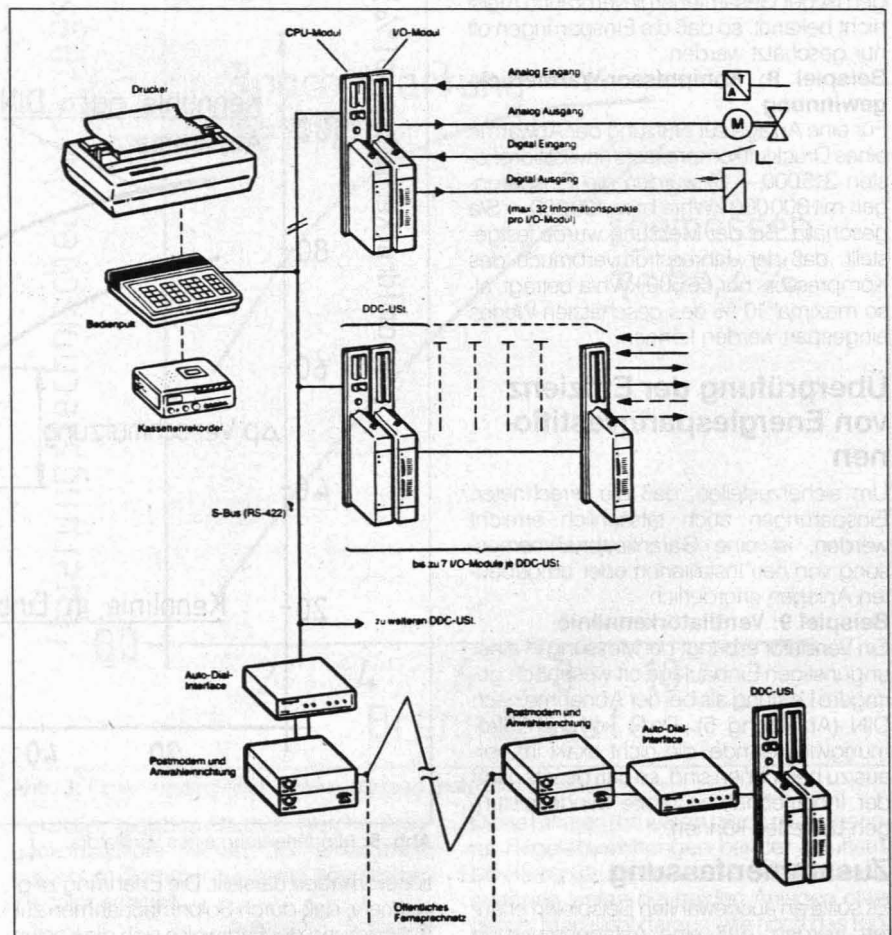


Abb. 1: Hardware Komponenten eines DDC-Systems



wichtige Meldungen und für Protokolle steht ein Ausgabedrukker zur Verfügung. Eine zusätzliche Möglichkeit der Kommunikation besteht durch automatische Auswahlrichtungen, die entfernt liegende Substationen mit der Zentrale verbinden. Der Aufbau der Datenübertragung kann dabei sowohl von der Zentrale zur Substation als auch umgekehrt erfolgen. Da die Datenübermittlung jeweils nur einige Sekunden dauert, ist damit eine sehr kostengünstige Verbindung herzustellen.

## Anforderungen an DDC-Systeme

Die mit der Innovation im Bereich der Microelektronik voranschreitende Erweiterung der realisierbaren und denkbaren Funktionen läßt es sehr schwierig erscheinen, einen vollständigen Anforderungskatalog an DDC-Systeme zu erstellen. Die folgende Auflistung kann als ein dem heutigen technischen Standard entsprechendes Anforderungsprofil angesehen werden.

- Stand-Alone Fähigkeit  
Das DDC-System soll unabhängig von übergeordneten Bedien- und Leitzentralen autark funktionsfähig sein.
- Modulare Bauweise  
Das DDC-System soll bei einer Erweiterung der Meßwertaufnahme- und Stellfunktionen in einfacher Weise mit neuen Ein- und Ausgabegruppen ergänzt werden können.
- Batteriepufferung wichtiger RAM-Speicher
- Zentrale und örtliche Bedienbarkeit

- Standardfunktionen
  - Anzeige von Meßwerten, Stellgrößen und Pseudopunkten
  - Spontane Anzeige von Alarmen
  - manuelle Ausführung von Schaltbefehlen
  - Online Parameteränderungen
  - Trendregistrierung
  - Listen und Editieren von Programmen, Daten- und Parameterlisten
- Grenzwertüberwachung (fest und gleitend)

**DDC-Regelsysteme helfen komplexere Aufgaben in modernen Gebäuden zu lösen.**

- Zeit- und Ereignisprogramme
- Betriebsstundenzählung
- Freie Programmiersprache mit Standardbefehlen für unterschiedliche Anwendungen
  - Ein- und Ausgabeoperatoren
  - Alarmmeldeoperatoren
  - arithmetische Operatoren
  - mathematische Funktionen
  - logische Operatoren
  - Min./Max.-Operatoren
  - bedingte Verzweigungsoperatoren
  - lineare Zeitglieder, z. B. Integrator
  - Kennlinien- und Schaltglieder
  - Realtime- und Kalenderoperatoren
  - Regelalgorithmen, z. B. für PID-, Kaskaden- oder Sequenzregelung
  - Optimierungsalgorithmen, z. B. für optimierte Start/Stop-Schaltungen
- Externe Speichermöglichkeit für kundenspezifische Programme

Für jede Art von Bediengerät, ob einfaches Bedienterminal oder zentraler Rechner, soll die Möglichkeit zur Speicherung der lokalen Programme bestehen (upline/downline loading).

- Programmier- und Dokumentationsunterstützung  
Die wachsende Flexibilität und Komplexität erfordert zur kostengünstigen Programmerstellung, Programmwartung und konsistenten Programmdokumentation computergestützte Instrumentarien (CAE-Systeme).
- Kommunikationsfähigkeit zu Unterzentralen oder Zentralen  
Die Kommunikation mit und zwischen DDC-Systemen rückt immer stärker in den Mittelpunkt des Interesses, und zwar nicht nur wegen der Integration von DDC-Systemen in die zentrale Gebäudeleittechnik, sondern auch wegen der Definition einheitlicher Schnittstellen (Protokolle).

## Software Module

Aus dem vorstehend genannten Katalog, als ein wesentlicher Vorteil herausgegriffen, sei der modulare Aufbau von sogenannten Software Regel-Modulen. Dabei besteht die Möglichkeit, fertige Einzelmodule mit anderen zu neuen Kombinationsmodulen zusammenzusetzen und neue Regelfunktionen zu kreieren.

Als Beispiel für die effektive Anwendung sei eine Kesselfolgeschaltung mit der Umschaltung der Kesselzuschaltsequenz in Abb. 2 gewählt. Es ist leicht erkennbar, daß

## Beispiel: 3fach Kesselsequenz mit Führungs- und Folgewechsel — MCAL 90 —

P1 = Ausgangssequenz	Eingangssequenz		
	y'1	y'2	y'3
1	y2	y3	y1
2	y3	y2	y1
3	y1	y3	y2
4	y3	y1	y2
5	y1	y2	y3
6	y2	y1	y3

Tabelle für Führungs- und Folgewechsel

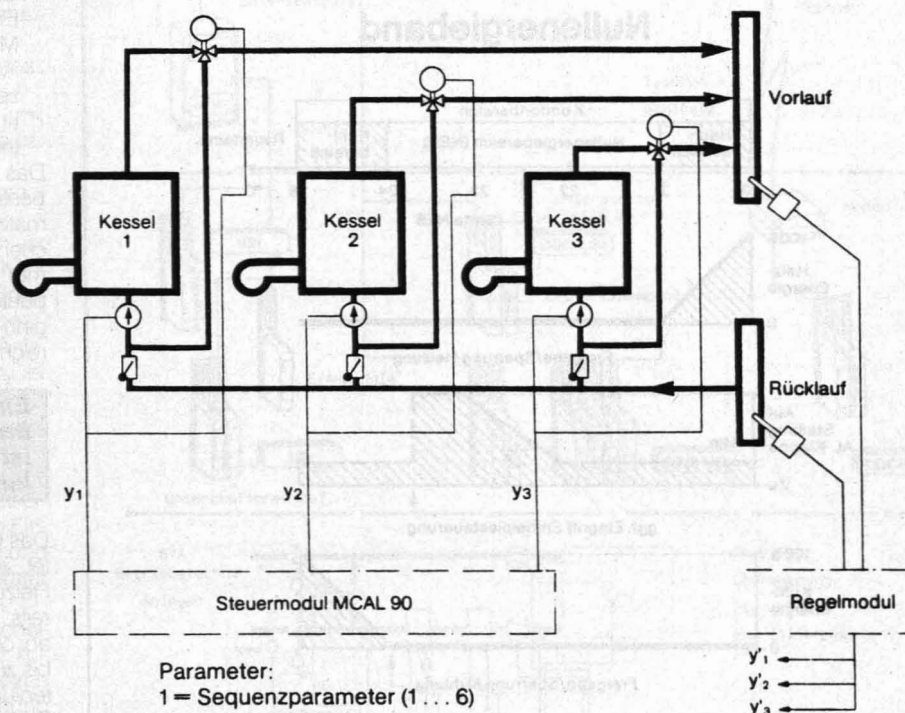


Abb. 2: 3fach Kesselsequenz mit Führungs- und Folgewechsel



die Umschaltung der Zuschaltfolge über die zentrale Bedieneinheit sehr einfach durchzuführen ist und der Aufwand für Schalter, Relais und Verkabelung praktisch entfällt.

## Energie-Management-Programme

Energiekostensenkung durch automatisch ablaufende Programme ist ein wesentlicher Bestandteil der DDC-Technik und bringt sehr günstige Amortisationszeiten der eingesetzten Investitionen bei den Regelsystemen.

- Nullenergieband
- Stützbetrieb
- Nachtkühlbetrieb
- Optimum Start- und Stopbetrieb
- Enthalpie-Steuerung

sind einige Programmbeispiele, die Betriebskostensenkung durch Abschalthandlungen ermöglichen. (Die Programme Elektro-Maximum-Überwachung und Aussetzbetrieb werden im Kapitel ZLT erwähnt).

Das **Nullenergieband** ist die Spanne innerhalb des Komfortbereiches, im dem weder Heiz- noch Kühlungsenergie benötigt wird.

Das Nullenergieband hält die Raumtemperatur innerhalb der vom Betreiber festgelegten Grenzen in der Weise aufrecht, daß Heizenergie erst dann freigegeben wird, wenn die Raumtemperatur die untere Grenze erreicht. Sinngemäß wird Kühlenergie erst freigegeben, wenn die Raumtemperatur die obere Grenze erreicht. Somit kann innerhalb des Nullenergiebandes eine volle Nutzung der Speicherkapazität des Gebäudes bzw. der Außenluft zur Kühlung si-

chergestellt werden, ohne daß Heiz- oder Kühlenergie verbraucht wird (siehe Abb. 3). Alle intermittierend besetzten Gebäude, die extremen Witterungsbedingungen ausgesetzt sind, werden durch das Programm »Stützbetrieb« gegen unzulässige Raumtemperaturen im Winter wie im Sommer geschützt.

Für spezielle Anwendungen können anstelle der üblichen Raumtemperaturfühler auch Feuchtfühler, Taupunkttemperaturfühler oder sonstige Meßwertgeber eingesetzt werden. Durch dieses Programm kann der sonst übliche reduzierte Nachtbetrieb entfallen, ohne daß damit unzulässige Innentemperaturen im Gebäude auftreten können. Es bewirkt ein Minimum an Energieaufwand für die Gebäudenutzung (siehe Abb. 4). Der Einsatz dieses Programmes ist überall dort möglich, wo auch während der Betriebspausen Heizung, Kühlung, Befuchtung oder Entfeuchtung verfügbar bleiben sollen. Es überprüft und regelt automatisch die Raumkonditionen innerhalb der vom Betreiber vorgegebenen unteren bzw. oberen Grenzwerte.

**Energiekostensenkung durch automatisch ablaufende Programme ist ein wesentlicher Bestandteil der DDC-Technik.**

Während des Sommerbetriebes gestatten die außerklimatischen Verhältnisse häufig, ein Gebäude vor Betriebsbeginn mit Außenluft herunterzukühlen, ohne daß die Kältemaschinen in Betrieb gesetzt werden müssen. Dies ist grundsätzlich immer dann möglich, wenn die Außentemperatur niedriger als die Gebäudeinnentemperatur ist. Die Anwendung des dafür konzipierten

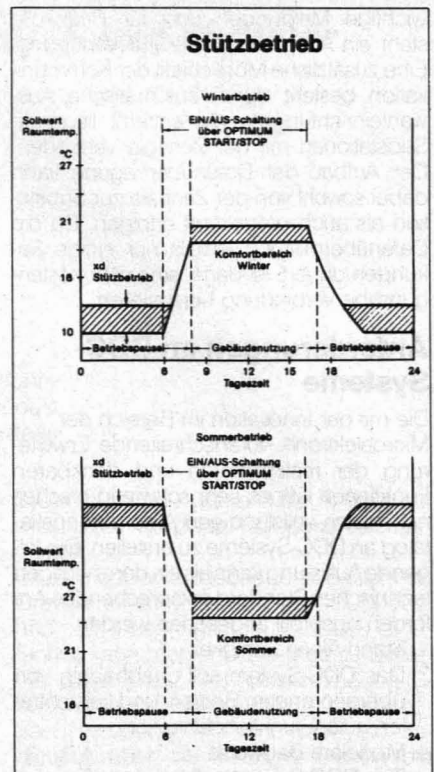


Abb. 4: Stützbetrieb

Programms »**Nachtkühlbetrieb**« setzt voraus, daß die RLTA-Anlage mit 100% Außenluft gefahren werden kann. Der Nachtkühlbetrieb wird mit voller Außenluft und mit geschlossener Umluftklappe gefahren. Alle Regelventile bleiben geschlossen. Die Verwendung der Außenluft für diesen Zweck bewirkt:

- Weniger Energieaufwand für das morgendliche Herunterkühlen des Gebäudes
- Erlaubt eine spätere Einschaltung (OPTIMUM START) der RLTA-Anlagen
- »Vorkühlen« der Gebäudespeichermassen und des Inventars, wodurch ein geringerer Kühlaufwand während des Tagbetriebes erreicht wird.

Das »**Optimum-Start/Stop**«-Programm bestimmt jeden Tag aufgrund der außerklimatischen Bedingungen und der tatsächlichen Gebäude-Innentemperatur (Restwärme) den spätestmöglichen Einschaltzeitpunkt, der sicherstellt, daß zum Betriebsbeginn die notwendigen Raumkonditionen erreicht sind.

**Ein hoher Grad an Übersichtbarkeit von Anlagenzuständen ist mit Hilfe von Graphikdarstellungen möglich.**

Das Optimum Start-Stop-Programm schaltet zum Zwecke der Energieeinsparung Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage bereits vor Ende der Gebäudenutzungszeit ab, ohne daß dadurch die Komfortgrenzen bis zum Ende der Nutzungszeit überschritten/unterschritten werden (siehe Abb. 5). Das Optimum-Startprogramm beinhaltet außerdem die sogenannte Aufheizschal-

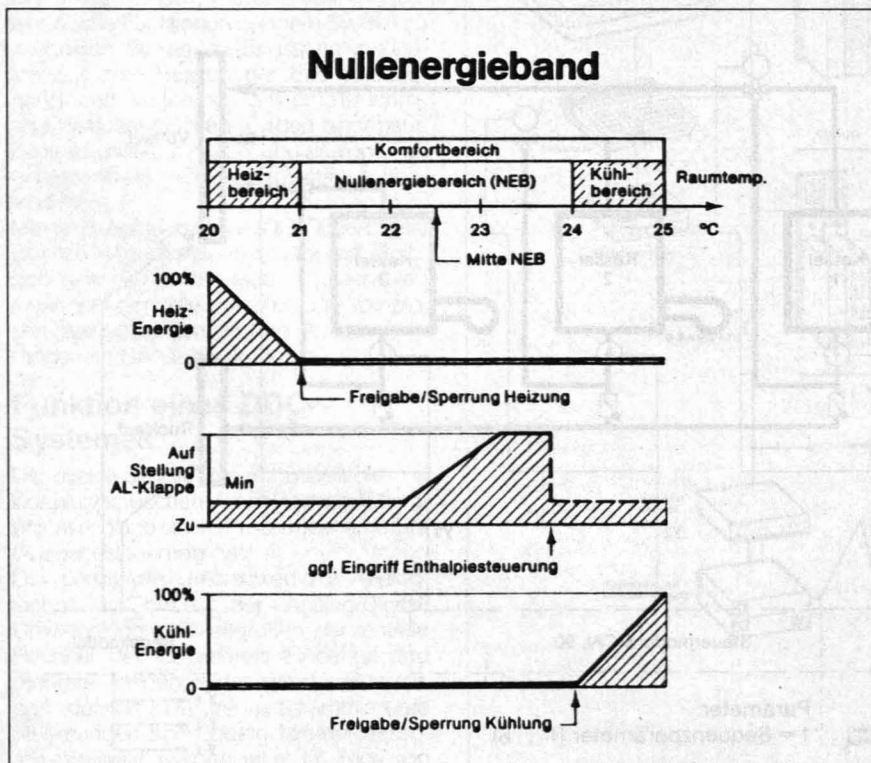


Abb. 3: Nullenergieband



währleistet. Außer diesen »Energiespar-Programmen« dient natürlich jede Art von Zeitschalt- und Reaktionsprogrammen zu den häufigsten Anwendungen, mit denen Betriebskosten reduziert werden können.

### DDC-Regelsystem mit PC als Leitzentrale

Der Personal Computer hat in den vergangenen Jahren in allen Bereichen der Technik und Wirtschaft eine außerordentliche Bedeutung gewonnen. So ist es durch Verwendung der Digitaltechnik möglich, den Schritt zu kleinen ZLT-Systemen mit Hilfe geeigneter Softwarepakete und PC's zu tun. Diese DDC-Anwendung eignet sich in erster Linie für kleinere und mittlere Anlagen. Außerdem sind damit bestehende Anlagen kostengünstig und schnell aufrüstbar, um neben DDC-Funktionen auch die Möglichkeit von Leittechnik-Funktionen auszunutzen.

### Optimum Start Stop

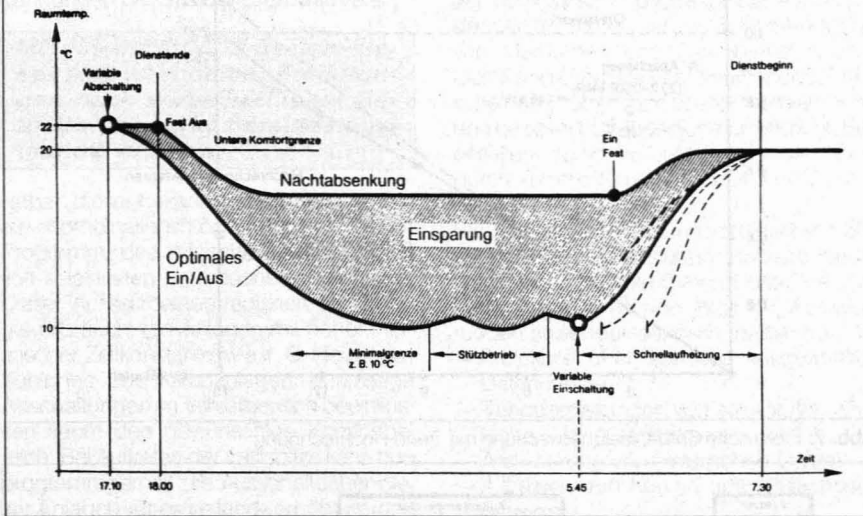


Abb. 5: Optimum-Start/Stop-Programm

tung, mit der z. B. während der Aufheizzeit die Außenluftklappen voll geschlossen und die Umluftklappen voll geöffnet bleiben. Weiterhin gestatten variable Faktoren (Multiplikatoren) eine manuelle oder automatische Adaption des Programmes an das thermische Verhalten des Gebäudes. Dieses Programm ist anwendbar für alle Systeme, die zur Heizung oder Kühlung von Gebäudebereichen dienen. Die Regelung der Raumtemperatur im Tagbetrieb ist nicht Aufgabe dieses Programms. Es startet lediglich die entsprechenden Anlagen zum optimalen Zeitpunkt und minimiert die Aufheizzeit im Winter und gegebenenfalls die Abkühlzeit im Sommer. Typische Systeme für die Anwendung des Optimum-Start/Stop-Programms sind:

- Jede Art von RLTA-Anlagen wie Zweikanal, Multizonen, VAV-Anlagen etc.
- Konventionelle Heizungsanlagen mit Umwälzpumpen und Ventilen wie Radiatorheizung, Konvektorheizung etc.
- Zentrale Energieerzeuger wie Kältemaschinen und Kessel.

Die **Enthalpie-Steuerung** eignet sich vor allem für größere Klimaanlage mit Kühlung und Entfeuchtung, wo es in den Sommermonaten Einsparungen an Kühlenergie ermöglicht. Das Programm ist bei Anlagen mit und ohne Wäscher anwendbar. Der Leistungsumfang des Programms wird für jede einzelne Klimaanlage durch die zugehörige Anwendungsdatei bestimmt. Im einfachsten Fall werden lediglich die Enthalpiewerte der Abluft und der Außenluft ermittelt und verglichen. Dazu dienen die Eingangssignale Trockenkugeltemperatur und relative Feuchte oder Taupunkttemperatur von Außenluft sowie Rückluft. Je nach Ergebnis des Vergleiches entscheidet das Programm, ob mit minimaler Außenluft oder Mischluftregelung gefahren wird und ermöglicht damit eine Mischung von Luft, die den geringsten Gesamtwärmeinhalt vor Eintritt in den Luftkühler ge-

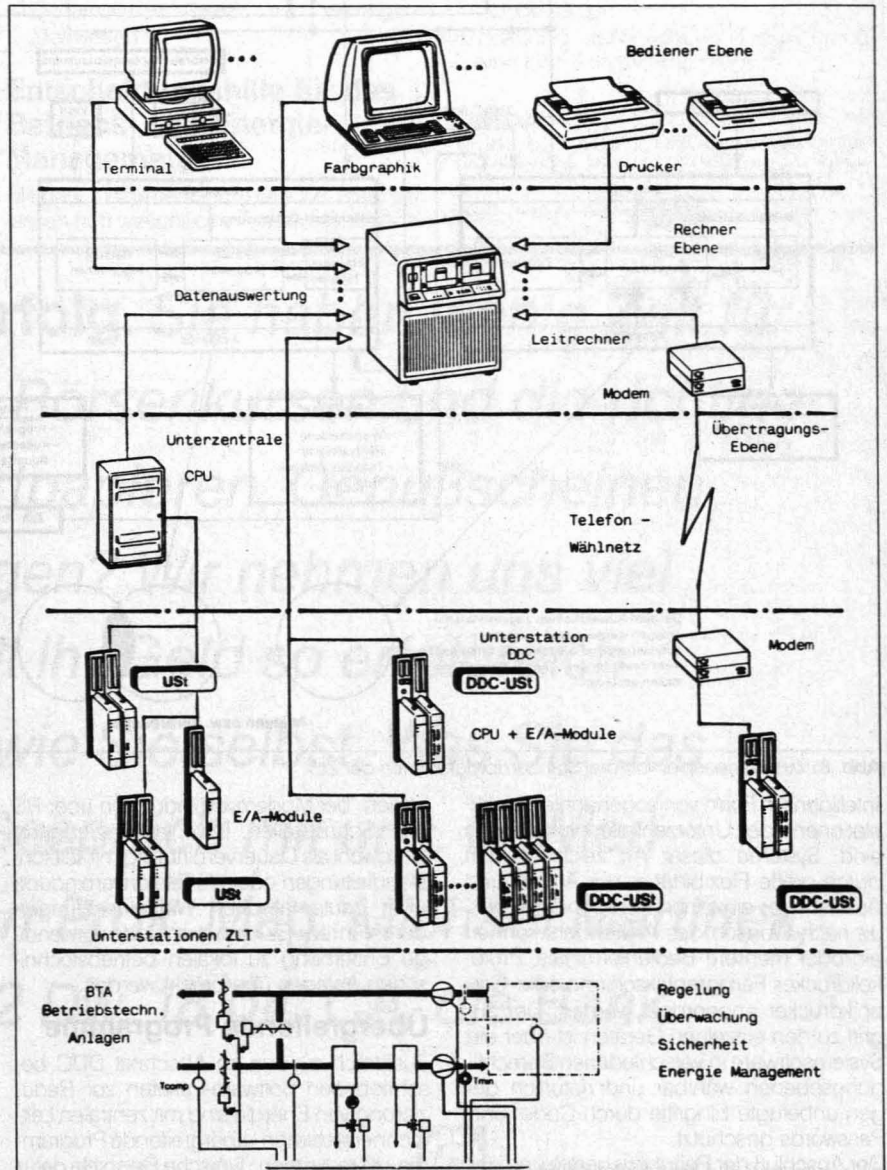


Abb. 6: Komponenten eines Zentralen Leitsystems



## Gebäudeautomation durch Kopplung von Regeltechnik (DDC) und Zentralen Leittechnik-Funktionen (ZLT)

Der nächste konsequente Schritt in Richtung voller Integration aller Gebäudefunktionen ist die aktive DDC-ZLT-Verknüpfung. In Abb. 6 sind die wichtigsten Komponenten eines Zentralen Leitsystems zusammengestellt. Zu beachten sind die drei wichtigsten Varianten

- ZLT-Funktionen,
- DDC-Funktionen

— Datenfernübertragung,

die praktisch in jeder Kombination anwendbar sind. Der Leittechniker dominiert hier als zentrale Stelle für die Datensammlung und Datenauswertung, während die wichtigsten Systemfunktionen als dezentrale, verteilte

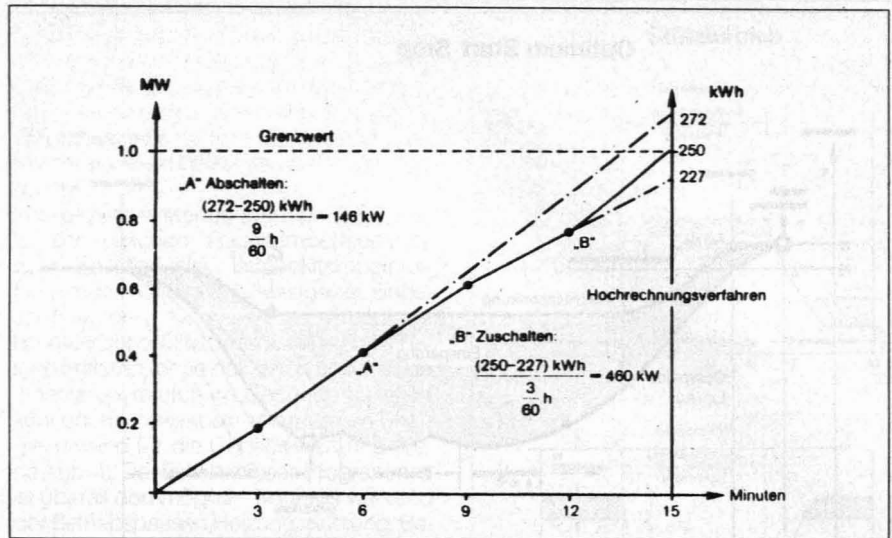


Abb. 7: Elektrische Spitzenlastüberwachung mit Trend-Hochrechnung

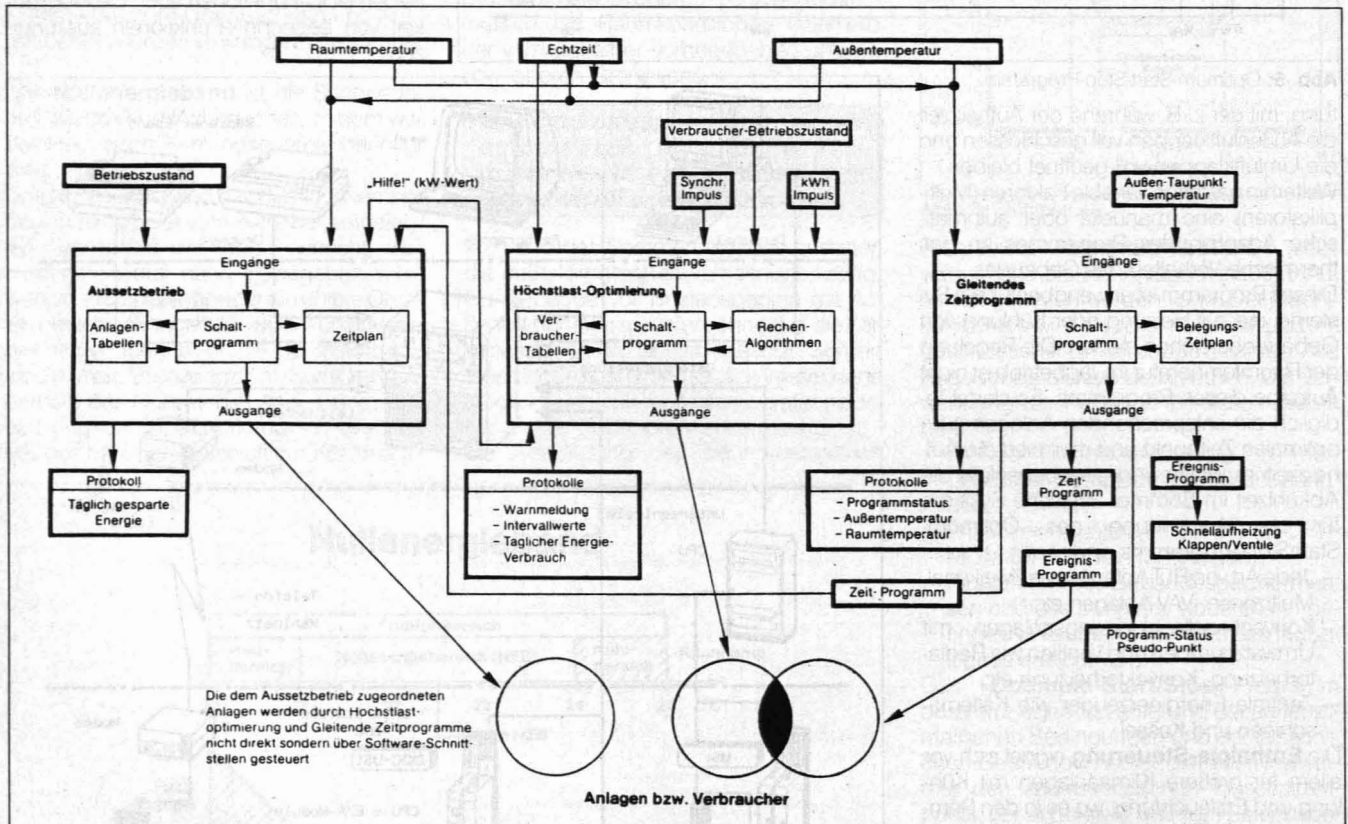


Abb. 8: Zusammenspiel von drei Standardprogrammen der ZLT

Intelligenz in Form von sogenannten Unterstationen oder Unterzentralen vorgesehen sind. Systeme dieser Art zeichnen sich durch große Flexibilität in der Anzahl und Auswahl der einzelnen Komponenten aus. Je nach Wunsch des Anwenders können ein oder mehrere Bedienterminals, Protokolldrucker, Farbgraphischirme oder Graphikdrucker angeordnet werden. Der Zugriff zu den einzelnen Geräten ist über die Systemsoftware in verschiedenen Berechtigungsebenen wählbar und natürlich gegen unbefugte Eingriffe durch Code- und Passworts geschützt.

Der Anschluß der Peripheriegeräte und der System Busse erfolgt über RS 422 Schnitt-

stellen, bei Modemverbindungen über RS 232 Schnittstellen. Datenfernübertragung ist sowohl als Dauerverbindung mit Telefonstandleitungen oder als Telefonverbindung über automatische Wähleinrichtungen durchführbar. Es kann damit jede notwendige Entfernung zu lokalen betriebstechnischen Anlagen überbrückt werden.

### Übergreifende Programme

Zusätzlich zu den im Abschnitt DDC beschriebenen Software-Paketen zur Reduzierung von Energie sind mit zentralen Leitrechnersystemen »übergreifende Programme« zu realisieren. Typische Beispiele dafür sind die Überwachung der elektrischen

Spitzenlast mit automatischem Lastabwurf und der sogenannte Aussetzungsbetrieb (im englischen Sprachraum — Duty Cycling). Vom Anlagenbetreiber werden in Prioritätslisten verschiedene elektrische Verbraucher nach Leistung und Wichtigkeit im Betrieb geordnet. Wesentlich dabei ist, daß hier sehr viele (bis zu 200) Verbraucher auch mit kleiner und mittlerer Leistung herangezogen werden können. Damit ergibt sich eine weite Streuung der Schalthäufigkeit und eine sehr feinstufige Anpassung an variable Lastzustände.

Das Programm hat nun die Aufgabe, die Leistungsspitze laufend zu überwachen und bei drohenden Spitzen durch Trend-



Hochrechnung die Anzahl und die notwendige Abschaltleistung zu errechnen und Abschalthandlungen durchzuführen (Abb. 7) (es bieten sich häufig auch Anwendungen bei Gas bzw. Fernwärme an).

**Mit einem DDC/ZLT-System lassen sich wesentliche Forderungen nach wirtschaftlicher Betriebsführung im Bereich Haustechnik erfüllen.**

Neben dieser bekannten Methode besteht die Kombinationsmöglichkeit mit einem Programm, das zyklische Abschaltungen von selektierten Verbrauchern durchführt. Dieser Aussetzbetrieb reduziert den Energieverbrauch von Anlagen mit hoher thermischer Zeitkonstante, wie z. B. Heizungs-, Kühlungs- und Klimaanlage. Kurzzeitige Abschaltungen im Teillastbereich beeinflussen kaum den gewünschten Komfortbereich. Bei Auftreten der Lastspitze kann nun programmgemäß die Ausschaltdauer dieser Anlagen »übergreifend« erhöht werden und damit ein Abschalten eventuell wichtiger Verbraucher vermieden werden. Ein mögliches Zusammenspiel von drei Standardprogrammen ist im Funktionsbild (Abb. 8) zu sehen.

### Graphik Software

Ein hoher Grad an Überschaubarkeit von Anlagenzuständen ist mit Hilfe von Gra-

phikdarstellungen möglich. Letzter Stand der Technik ist derzeit die Bild Darstellung von Anlagen-Schemata auf hochauflösenden Farbgraphik-Monitoren. Dazu gehören der automatische Bildaufruf bei Alarmzuständen und die dynamische Einblendung von Meßwerten und Betriebszuständen. Damit sind schneller Fehlererkennung, Entscheidung über geeignete Maßnahmen und gezielter Störungsdienst ermöglicht. Es entfallen damit zeitaufwendige und dadurch kostenintensive Kontroll- und Routinearbeiten.

Für die Langzeiterfassung von historisch zu sammelnden Daten steht im Zentralrechner eine Reihe von aufrufbaren Datenfiles zur Verfügung. Damit sind folgende Auswertungen anwenderspezifisch realisierbar:

- Protokolle über spezielle ausgewählte Datenpunkte
- Trenddarstellungen von selektierten Anlagen oder Anlagenteilen
- Archivierung von historischen Daten
- Anzeigen von Kurven oder Balkendiagrammen
- Dynamisches Plotten von wichtigen Meßwerten

### Entscheidungshilfe für das Betriebs- und Energie-Management

Mit dem Instrumentarium DDC/ZLT-System lassen sich wesentliche Forderungen nach

wirtschaftlicher Betriebsführung im Bereich Haustechnik erfüllen. Zusammenfassend können folgende wichtige Systemfunktionen genannt werden:

- Hohe Anlagentransparenz durch Integration von Regelungs-, Steuerungs- und Überwachungsaufgaben
- Energiesparende Fahrweise von Anlagen
- Aktuelle Information über alle wichtigen Parameter durch schnellen Datenaustausch und übersichtliche Graphikdarstellung
- Verknüpfung von unterschiedlichen Anlagenfunktionen bei Bedarf leicht zu ändern
- Verteilte Intelligenz sichert Notfunktionen bei Ausfall von Komponenten
- Möglichkeit von Statistik durch Vergleich des Ist-Zustandes mit historischen Daten
- Aufbau von anlagenspezifischen Wartungsprogrammen und automatische Übernahme von Betriebsdaten
- Kostengünstige Verkabelung von Installation, besonders auch bei zukünftigen Ausbaustufen
- Zukünftig automatische Projektierung und CAE-Programme möglich.

#### Literatur:

MÖHL, U.; MAINTAL: DDC-Systeme in der Gebäudetechnik, HLH Bd. 37 (1986) Nr. 2 — Feber.



**Vorsorgen mit Erfolg. Sie haben wenig Zeit für das Studium von Börsenkursen und die richtige Auswahl von Wertpapieren, Genußscheinen und Versicherungen? Wir nehmen uns viel Zeit dafür – damit Ihr Geld so erfolgreich für Sie arbeitet, wie Sie selbst. Was Sie das kostet? Nur ein Gespräch mit uns. In Wien informiert Sie Herr Prok. Mag. Michael Martinek, Tel.: 0 22 2/66 22 Dw. 18 04. CA, die Bank zum Erfolg.**



**CREDITANSTALT**