Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 9

Artikel: Leittechnik und Unterhaltsmanagement in Gebäuden der IBM-Schweiz

Autor: Blaser, K. / Stammbach, H. P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904023

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Leittechnik und Unterhaltsmanagement in Gebäuden der IBM-Schweiz

K. Blaser, H.P. Stammbach

In den Gebäuden der IBM-Schweiz in Zürich sind moderne Master-Slave-Systeme als Mess-, Steuer-, Regel- und Leitsysteme installiert. Sie werden mit einem Energie-, Service- und Unterhaltsmanagement-System unterstützt. Diese Arbeitsinstrumente bieten dem Betreiber eine optimale Bewirtschaftung der installierten gebäude- und betriebstechnischen Anlagen sowie weitergehende Optimierungsmöglichkeiten. Erreicht wurde dieses Ziel durch eine ganzheitliche Projektierung in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Graf & Reber AG.

Dans les immeubles d'IBM Suisse situés à Zurich, des systèmes «maître-esclave» modernes ont été installés dont les fonctions sont de mesurer, commander, réguler et piloter. Ils sont complétés par un sytème de gestion de l'énergie, des réparations et de l'entretien. Ces outils permettent aux responsables de gérer de manière optimale les équipements techniques installés. Des possibilités supplémentaires d'optimisation sont également induites. Cet objectif a pu être réalisé grâce à une vision globale du projet, réalisé avec la collaboration du bureau d'ingénieurs-conseils Graf & Reber S.A.

Adressen der Autoren

Kurt Blaser, IBM-Schweiz, Genferstrasse 21, Postfach, 8022 Zürich.

Hans Peter Stammbach, Graf & Reber AG, Aegertenstrasse 56, 8036 Zürich.

1. Mess-, Steuer-, Regel- und Leitsysteme

Im Jahre 1984, in den Anfängen des Personalcomputers (PC), der in technischen Bereichen noch wenig eingesetzt wurde, entschied IBM, ihre Neubauten mit Mess-, Steuer-, Regel- (MSR, auch MSRE) und Leitsystemen auszurüsten, in deren Leitwarten PCs zum Einsatz gelangen sollten. Schon damals war den Verantwortlichen klar, dass die rasante Entwicklung in der Mikroprozessortechnik Möglichkeiten eröffnen würde, die unter anderem den Betrieb und die Instandhaltung positiv beeinflussen würden. Heute sind drei Gebäude mit voll- oder teilintegrierten Master-Slave-Systemen ausgerüstet. Zwei weitere Bauten befinden sich in der Projektierungsphase.

Master-Slave-System

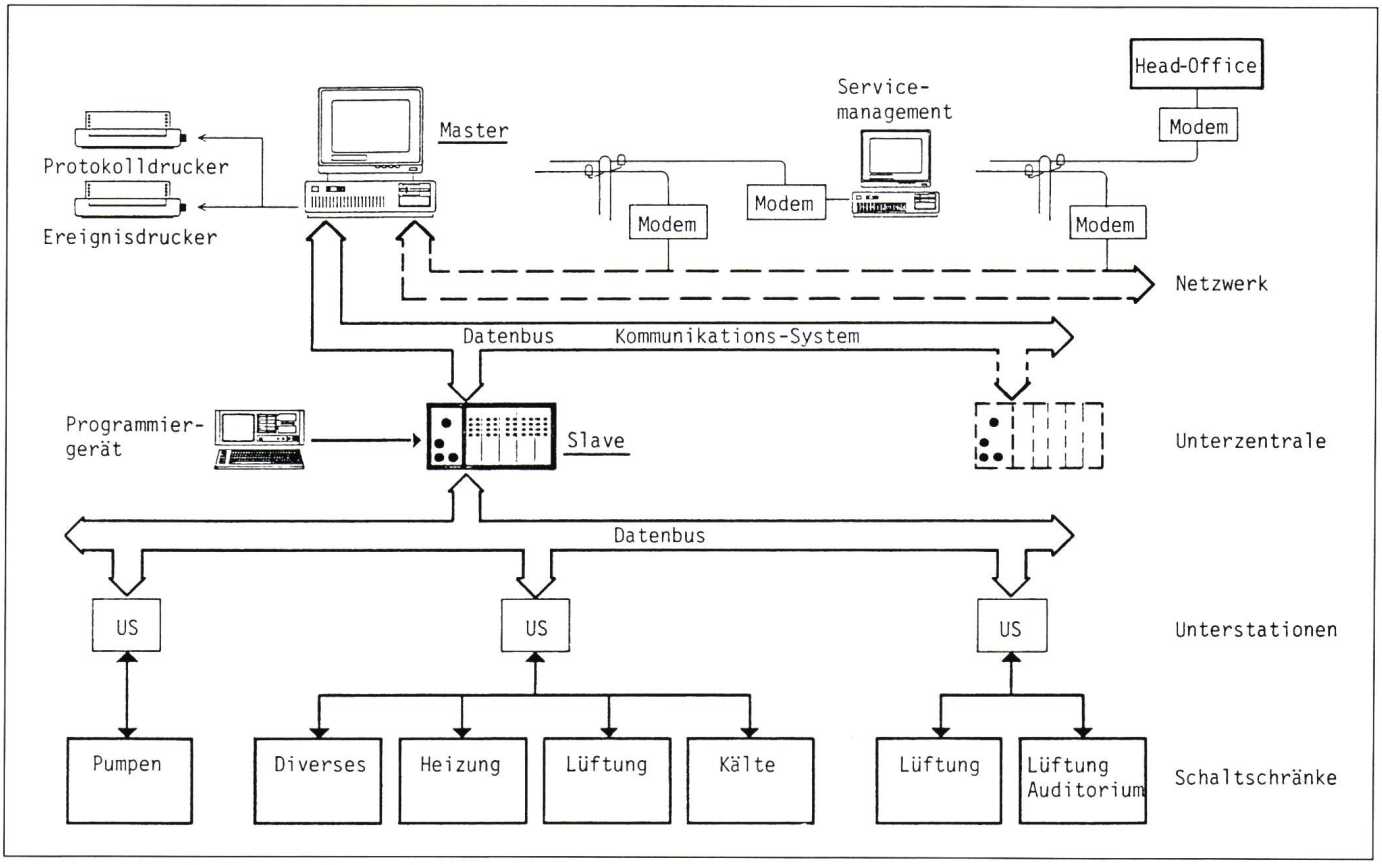
Fortgeschrittene Entwicklungen haben der Elektronik, insbesondere der Mikroprozessortechnik, auch in der Gebäudetechnik ein breites Anwendungsspektrum geöffnet. In konventionellen Konzepten werden die einzelnen Anlagen mit diskreten Komponenten aufgebaut. Dabei sind die einzelnen Anlagen isolierte Teile eines gebäudetechnischen Gesamtsystems. Die Steuerung/Regelung wird getrennt von der Überwachung der Anlagen behandelt. Für zentrale Funktionen, Mess- und Optimierungsaufgaben werden Sensoren doppelt ausgeführt. In den Unterzentralen sind potentialfreie Kontakte erforderlich. Trotz den sich daraus ergebenden Mehrkosten sind die Eingriffe von der zentralen Leittechnik in die Mess-, Steuer- und Regeltechnikanlagen nur in begrenztem Umfang möglich.

Mit dem Master-Slave-System (Fig. 1) lässt sich ein integriertes Mess-, Steuer-, Regel- und Leitsystem verwirklichen. Das Prinzip dieser Technik besteht darin, die einzelnen gebäude- und betriebstechnischen Anlagen untereinander und mit einem Leitsystem optimal zu verbinden.

Die Slaves sind modulare freiprogrammierbare Steuerungen, die alle Funktionen wie Messen, Steuern, Regeln und Optimieren ausüben können. Ihre Schnittstellen zu den Sensoren und Aktoren der gebäudetechnischen Anlagen werden über diskrete und analoge Ein- und Ausgänge sichergestellt. Somit stehen alle diese Informationen direkt in den Slaves zur Verfügung.

Die Slaves sind über einen Datenbus (Kommunikation) mit einem Computer (Master) verbunden. Vom Master (Leitrechner) kann zu allen gewünschten Daten in den Slaves zugegriffen werden. Er hat nebst der Koordination der Slaves die Aufgabe der zentralen Überwachung aller gebäudetechnischen Installationen. Auf der Ebene des Masters erfolgen deshalb auch Auswertungen, Optimierungen und spezielle Interventionen. Bei einem Ausfall des Masters laufen die Slaves autonom weiter (dezentrale Intelligenz). Die in Figur 1 eingezeichneten Unterstationen befinden sich dezentral bei den Schaltschränken und bilden die Verbindung zwischen Datenbus und Steuerapparaten. Die Anlageebene ist in Figur 1 nicht eingezeichnet.

Das Master-Slave-System hat einfache Aufbaustrukturen und weist klar definierte Schnittstellen auf. Die erwähnte dezentrale Intelligenz in den Slaves erhöht die Betriebssicherheit des Gesamtsystems. Geschätzt wird weiter die hohe Flexibilität bezüglich der Ausbaubarkeit, die maximale Nutzung der Energien durch verbesserte Optimierungsmöglichkeiten und die stets verfügbaren Informationen für den Betrieb und die Instandhaltung.



Figur 1 Leittechnik: Übersicht über das Master-Slave System

Ganzheitliches Denken

Das Leitsystem ist ein wichtiges Instrument zur Betriebsführung und Überwachung der Anlagen und Betriebseinrichtungen. Es dient auch als Werkzeug zur Optimierung von Kosten für den Betrieb, den Energieverbrauch und die Instandhaltung.

Die gebäudetechnischen Installationen und Betriebseinrichtungen werden zunehmend komplexer. Gleichzeitig werden die verschiedenen Anlagen vermehrt miteinander verknüpft, um nebst einem sicheren Betrieb die Optimierung von Energie und Kosten im Sinne eines ganzheitlichen Denkens realisieren zu können.

IBM hat klare konzeptionelle Vorstellungen in bezug auf die Gebäudeautomation. Für die Wahl des Systems und der Produkte waren folgende Kriterien ausschlaggebend:

- Das gewählte Konzept muss auf viele Jahre hinaus dem Stand der Technik entsprechen, damit es auch bei künftigen Neu- und Umbauten Gültigkeit hat.
- Die eingesetzten Systeme und Produkte müssen jederzeit erweiterbar sein. Aus diesem Grunde wurden auf den verschiedenen Ebenen Produkte eingesetzt, die weltweit eine grosse Verbreitung finden und voraussichtlich auch der raschen Entwicklung folgen können. Zudem werden diese Produkte bzw. Systeme zunehmend untereinander kompatibel, so dass künftig unter mehreren Produkten ausgewählt werden kann.
- Ferner wurde verlangt, soweit wie möglich IBM-Produkte einzusetzen und Systeme zu wählen, die mit IBM-Systemen netzwerkfähig sind.

Diese Ziele wurden vom Planer konsequent verfolgt. Es wurde ein Konzept für die Projektierung und Realisierung des Master-Slave-Systems erarbeitet, welches alle heutigen und denkbaren zukünftigen Anforderungen soweit wie möglich berücksichtigt.

Projektierung und Realisierung

Die Projektierung des Gesamtsystems erfolgte nach dem bewährten Acht-Punkte-Projektierungsplan (siehe Kasten). Er bietet allen am Projekt beteiligten Fachdisziplinen folgende Vorteile:

- Dank frühzeitiger umfassender Abklärungen (Punkt 1 und 2) kann die

Acht-Punkte-Projektierungsplan

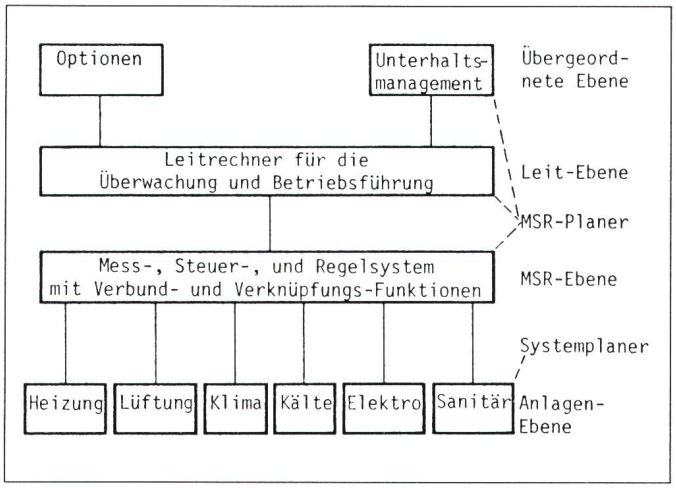
Der Acht-Punkte-Projektierungsplan ist ein Planungsinstrument, welches für Leit- und Betriebsführungssysteme eingesetzt wird. Infolge des zunehmenden Automatisierungsgrades in gebäudetechnischen Anlagen ist eine *systematische* Planungsmethodik unerlässlich. Sie eignet sich für reproduzierbare Kleinanlagen bis zu Grossprojekten in den Bereichen Gebäudetechnik, Verfahrenstechnik, Transportanlagen usw. In jedem Fall schätzen es die Benützer, gültige, vollständige und unterhaltsgerechte Dokumentationen zu haben, die Grundlagen für eine effiziente Instandhaltung bilden. Der Acht-Punkte-Projektierungsplan ist wie folgt aufgebaut:

1. Bedarfsabklärung
2. Konzeptfindung
3. Problemorientierte Planung
4. Ausführungsorientierte Planung
5. Beschaffung
6. Bauleitung
7. Inbetriebsetzung, Übergabe
8. Betrieb, Instandhaltung

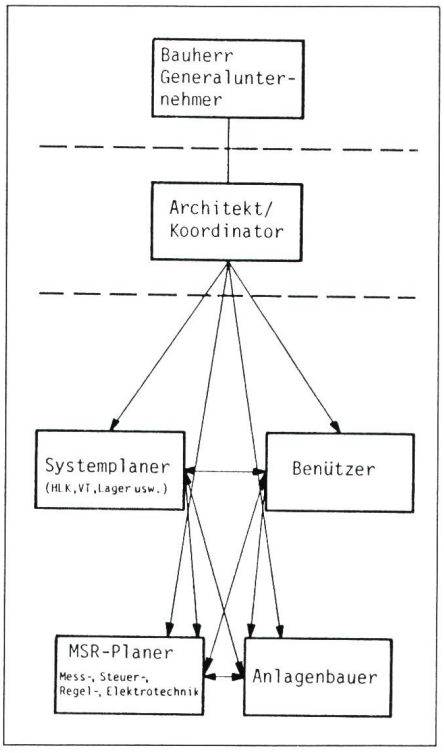
Qualität entsprechend dem Stand der Technik so gut wie nötig gewählt werden.
- Es werden klare und eindeutige Nahtstellen zwischen den Fachdisziplinen festgelegt.
- Die Problemlösung erfolgt in ganzheitlicher Betrachtungsweise, unabhängig von Produkten und Herstellern (Punkt 3).

Für die Realisierung der Automationsaufgaben in den IBM-Projekten mittels des Acht-Punkte-Projektierungsplanes arbeiten die Fachinstanzen im Projektteam (Fig. 2) zusammen. Benützer, Systemplaner, MSR-Planer und Anlagenbauer stehen dauernd in engem Kontakt. Dem MSR-Planer fällt jedoch auch die Aufgabe der Fachkoordination zu, da er durch seine Planungstätigkeit die Gesamtübersicht über alle Fachdisziplinen der Haustechnik hat.

Damit wurde erreicht, dass alle haustechnischen Anlagen und deren Funktionen interdisziplinär behandelt werden konnten (Fig. 3). Gleichzeitig wurden frühzeitig Möglichkeiten und Mittel geschaffen, die es erlauben, später mit relativ geringem Aufwand weitergehende Verknüpfungs- und Optimierungsaufgaben zu lösen. Dieses Vorgehen bewirkte zudem, dass alle am Projekt beteiligten Instanzen jederzeit den gleichen Informationsstand hatten.



Figur 3 Struktur der Ebenen und der Verknüpfungen eines modernen Mess-, Steuer-, Regel- und Leitsystems



Figur 2 Organisation des Projektteams

In einem Detailkonzept (Punkt 2; 3 der Planung) wurden frühzeitig alle Zielsetzungen, Anforderungen und weitere für die Projektierung relevanten Informationen bindend formuliert. Im Bezeichnungskonzept wurden ferner alle Geräte, Funktionen und Bezeichnungen einheitlich definiert. Die in der problemorientierten Planung erarbeiteten Projektpapiere bildeten zusammen mit den vorgenannten Konzepten anschliessend die verbindlichen Dokumentationen für die ausführungs- bzw. systemorientierte Planung wie auch für die Anlagendokumentation. Diese Papiere wurden von allen Teammitgliedern im Sinne des Einverständnisses genehmigt. Die weiteren Planungsphasen wurden so aufeinander abgestimmt, dass zum jeweils richtigen Zeitpunkt die Grundlagen für weitere Entscheide im Rahmen der Projektierung, aber auch der betrieblichen Zielsetzungen, bereitgestellt werden konnten.

Für die Bearbeitung und Betreuung der umfangreichen Dokumentationen (Fig. 4) stehen heute weitgehend PCs mit Standard-Softwarepaketen zur Verfügung. Auch hier wurde streng darauf geachtet, die Daten auf elektronischen Datenträgern abzulegen und kommunikationsfähige bzw. verknüpfbare Anwender-Softwarepakete einzusetzen, die eine weltweit grosse Verbreitung haben und ausbaufähig sind.

2. Betrieb und Instandhaltung

IBM betreibt die gebäudetechnischen Anlagen mit einem Minimum an Personal. Dabei wird sehr viel Wert auf dauernde Betriebsbereitschaft aller Anlagen und Geräte gelegt, da die entsprechenden Gebäude neben Büroräumen auch Kunden- und Schulungsräume enthalten. Ebenso hohen Stellenwert hat die Kostenoptimierung in Betrieb und Unterhalt.

Zur Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten wie auch zur Störungsbehebung zieht IBM weitgehend externe Service-Unternehmungen bei. Das MSR- und Leitsystem selbst liegt als Instrument für das Gebäudemanagement voll und ganz in den Händen der IBM. Dadurch werden Abhängigkeiten von Drittfirmen vermieden.

Instandhaltungskonzept

Das Instandhaltungskonzept ist eine auf die Anlagendokumentation (Fig. 4) abgestützte Systemerweiterung, welche zum Ziel hat, eine kostenoptimale Instandhaltung aller haustechnischen und betriebstechnischen Anlagen sicherzustellen.

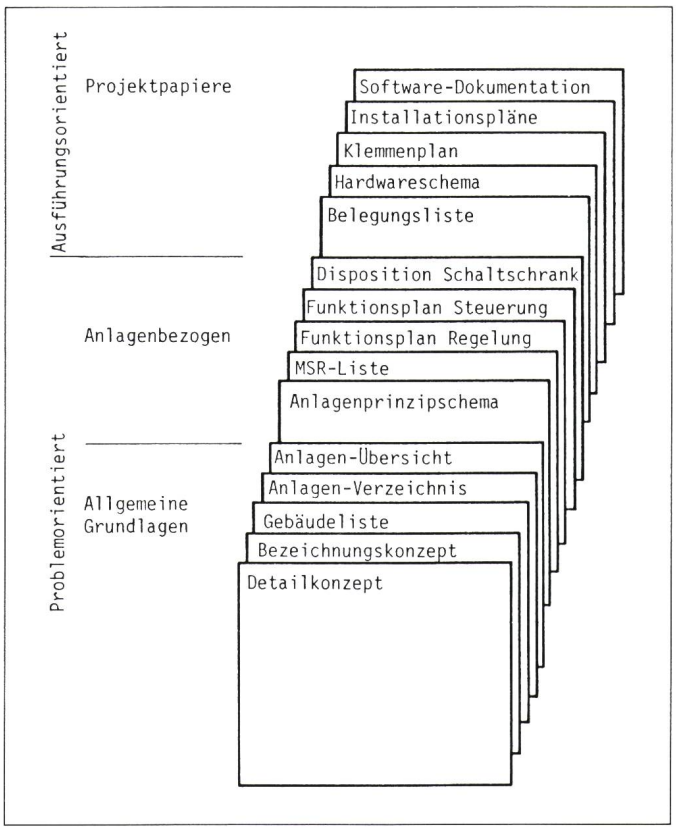
Für die Instandhaltung wird ein PC eingesetzt (Fig. 1, Servicemanagement). Auf diesem ist eine Datenbank installiert, welche alle für die Instandhaltung erforderlichen Informationen erfasst und nach den spezifischen Wartungskriterien verarbeitet. Die Instandhaltung erfolgt nach den von den Herstellern festgelegten Grundlagen sowie nach Erfahrungswerten des Haustechnikers. Sie ist im Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlagen definiert worden: Wartungsintervalle nach Herstellervorschriften, Wartungsumfang nach Herstellervorschriften und nach den Erfahrungen der Service-Organisationen und des Haustechnikers.

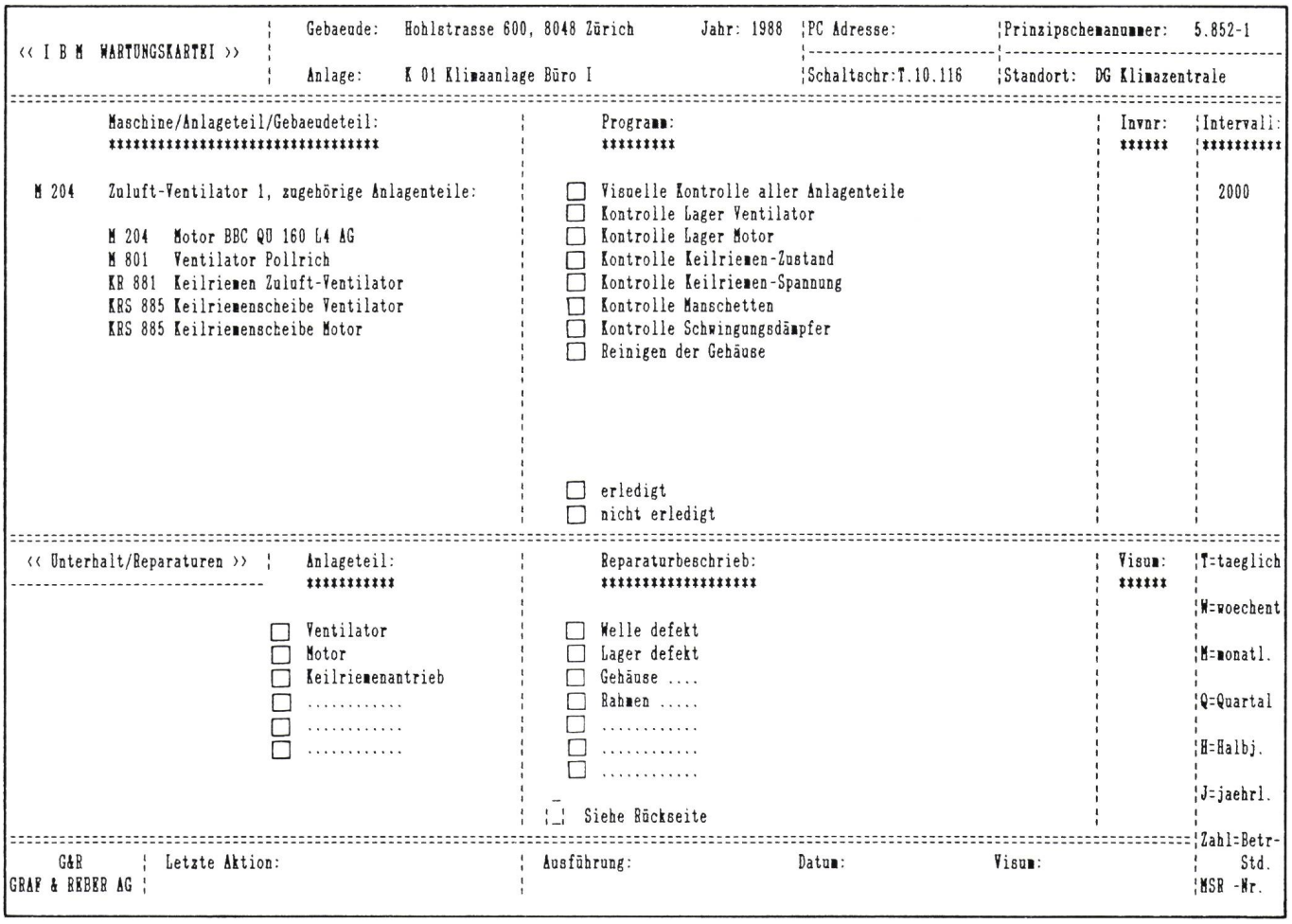
Man unterscheidet vier Arten von Wartungsmeldungen:

- Nach Kalender (z.B. jährlich, monatlich usw.),
- Nach Betriebsstunden, die im Master-Slave-System erfasst und weitergemeldet werden,
- Aktive Wartungsmeldungen, die von Geräten in den Anlagen (z.B. Filterwächter) erzeugt werden,
- Handeingaben für Sonderaufgaben und Instandhaltungsarbeiten, die ausserhalb des Master-Slave-Systems liegen.

Bei einer Wartungsmeldung wird vom PC eine Wartungskarte erstellt (Fig. 5). Auf dieser sind alle relevanten Informationen aufgelistet, die erforderlich sind, um die jeweilige Instandhaltungsaufgabe zu lösen. Diese Informationen werden aus der Datenbank anlagen- bzw. gerätespezifisch zusammengetragen. Sie sind ein Konzentrat aus den Anlagendokumentationen, die teilweise auf dem gleichen PC bzw. auf entsprechenden Datenträgern gespei-

Figur 4 Dokumentation des Master-Slave-Systems





<< I B M WARTUNGSKARTEI >>

Gebaeude: Hohlstrasse 600, 8048 Zürich Jahr: 1988 | PC Adresse: | Prinzipschemanummer: 5.852-1

Anlage: K 01 Klimaanlage Büro I | Schaltschr:T.10.116 | Standort: DG Klimazentrale

Maschine/Anlageteil/Gebaeudeteil:	Programm:	Invnr:	Intervall:
M 204 Zuluft-Ventilator 1, zugehörige Anlagenteile:	☐ Visuelle Kontrolle aller Anlagenteile		2000
M 204 Motor BBC QU 160 L4 AG	☐ Kontrolle Lager Ventilator		
M 801 Ventilator Pollrich	☐ Kontrolle Lager Motor		
KR 881 Keilriemen Zuluft-Ventilator	☐ Kontrolle Keilriemen-Zustand		
KRS 885 Keilriemenscheibe Ventilator	☐ Kontrolle Keilriemen-Spannung		
KRS 885 Keilriemenscheibe Motor	☐ Kontrolle Manschetten		
	☐ Kontrolle Schwingungsdämpfer		
	☐ Reinigen der Gehäuse		
	☐ erledigt		
	☐ nicht erledigt		

<< Unterhalt/Reparaturen >> Anlageteil:	Reparaturbeschrieb:	Visum:	T=taeglich
☐ Ventilator	☐ Welle defekt		W=woechent
☐ Motor	☐ Lager defekt		M=monatl.
☐ Keilriemenantrieb	☐ Gehäuse		Q=Quartal
☐	☐ Rahmen		H=Halbj.
☐	☐		J=jaehrl.
☐	☐		
	☐		
	☐ Siehe Rückseite		

G&R GRAF & REBER AG	Letzte Aktion:	Ausführung:	Datum:	Visum:	Zahl=Betr-Std. MSR -Nr.

Figur 5 Wartungskarte mit allen Informationen für eine umfassende Instandhaltung

chert sind. Figur 6 zeigt einen Auszug der MSRE-Liste und Figur 7 das entsprechende Anlagenschema.

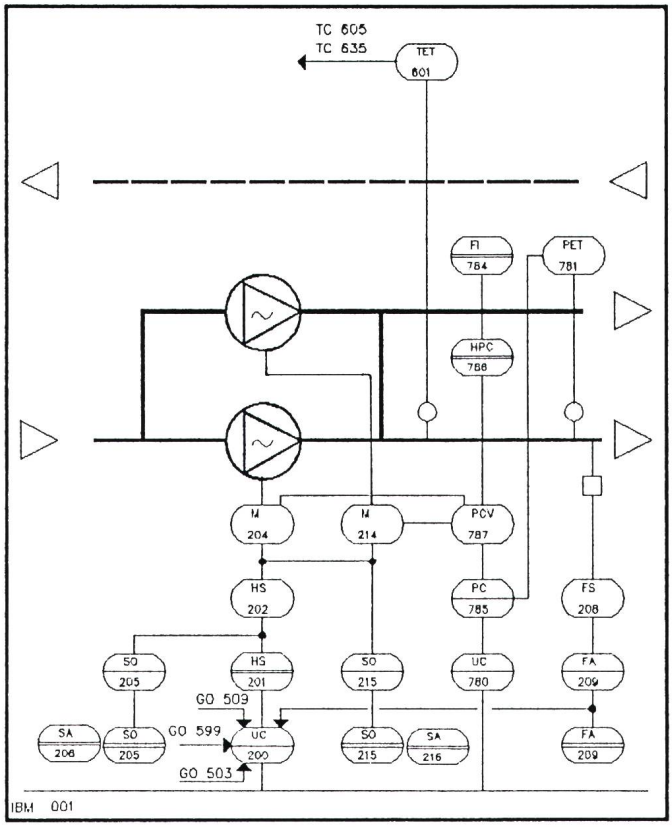
Die Wartungskarten können paketweise für eine bestimmte Periode ausgedruckt werden, also z.B. für die nächsten 14 Tage. Dieses System erlaubt damit eine optimale Terminierung und Auslastungsplanung des einzusetzenden Personals. Die anschliessende betriebliche Organisation und die Einzelheiten der Servicearbeiten werden nicht mit dem Computer festgelegt.

Auf dem unteren Teil der Wartungsliste werden die ausgeführten Arbeiten, insbesondere die Reparaturen, eingetragen und von dort in den Computer eingegeben, damit später der Werdegang jedes Anlageteiles verfolgt werden kann.

Die Datenbank der Instandhaltung ist erweiterbar, wodurch weitere Rationalisierungsschritte zu jedem gewünschten Zeitpunkt möglich sind (z.B. für Ersatzteilbewirtschaftung, Statistik usw.).

Das Instandhaltungssystem, auch Energie-, Service- und Unterhalt-Ma-

Figur 7
Anlageprinzipschema
Beispiel KO 1
Klimaanlage Süd



MSR - Daten Stand.	Position	Bezeichnung	Auslegungsdaten / Signale	Herstellerdaten Fabrikat	Typ	Funktion	I/O	Standort Gesch.Raum	Str.Pf	Unterhalt Pri	Interv
4	UC	200 Freigabe Zuluftventilator 1									
2	HS	201 Funktionsschalter Zuluftventilator 1				I-0-AUT					
1	HS	202 Revisionsschalter Zuluftventilator 1				0-I					
1	M	204 Zuluft-Ventilator 1	2900 m3/h/1031 Pa,15 kW,30,5 A	BBC	QU 160 L 4 AG						2000
2+4	SO	205 Betriebsmeldung Zuluftventilator 1					DI DO			4	
2+4	SA	206 Stoermeldung Zuluftventilator 1								2	
1	FS	208 Stroemungs-Ueberwachung Zuluft	1,9 m/s	Kriwan	MFR 1						
2+4	FA	209 Stoermeldung keine Stroemung					DI			2	
1	M	214 Zuluft-Ventilator 2	2900 m3/h/1031 Pa,15 kW,30,5 A	BBC	QU 160 L 4 AG						M 204
2+4	SO	215 Betriebsmeldung Zuluftventilator 2					DI DO			4	
2+4	SA	216 Stoermeldung Zuluftventilator 2								2	
4	UC	220 Freigabe Fortluftventilator 1									
2	HS	221 Funktionsschalter Fortluftventilator 1				I-0-AUT					
1	HS	222 Revisionsschalter Fortluftventilator 1				0-I					
1	M	224 Fortluft-Ventilator 1	25500m3/h, 665Pa, 11kW, 22,5A	BBC	QU 160 M 4 AG						M 204
2+4	SO	225 Betriebsmeldung Fortluftventilator 1					DI DO			4	
2+4	SA	226 Stoermeldung Fortluftventilator 1								2	
1	FS	228 Stroemungs-Ueberwachung Fortluft	2,4 m/s	Kriwan	MFR 1						
2+4	FA	229 Stoermeldung keine Stroemung					DI			2	
1	M	234 Fortluft-Ventilator 2	25500m3/h, 665Pa, 11kW, 22,5A	BBC	QU 160 M 4 AG						M 204
2+4	SO	235 Betriebsmeldung Fortluftventilator 2					DI DO			4	
2+4	SA	236 Stoermeldung Fortluftventilator 2								2	

Stand. = MSRE-Standort: 1 = Lieferung Anlagenbauer 3 = Slave
2 = Schaltschrankgeraete 4 = Master und Slave

G & R GRAF & REBER AG	Objekt: IBM-SCHWEIZ Buckhauserstrasse 22, 8048 Zürich	Projekt-Nr. 817113
	Anlage: K 01 Klimaanlage SUED	Zeichn.-Nr. 5.970-1
	MSRE - LISTE	Datum: 12.85/ST

Figur 6 Anlagenprinzipschema (Auszug) mit den eingetragenen MSR-Bezeichnungen für Geräte und Funktionen nach dem Bezeichnungskonzept

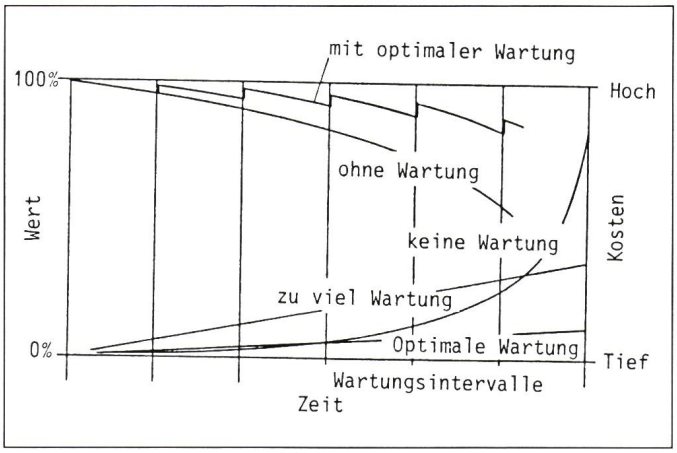
nagementsystem (ESUM) genannt, ist ein wichtiges Werkzeug für den Haustechniker. Zusammen mit dem Master-Slave-System ist eine optimale Überwachung und Instandhaltung der Anlagen sichergestellt. Das ESUM vermindert aber auch den Schreibaufwand und führt zu spürbaren Entlastungen im Sekretariat, müssen doch für die Wartung keine Aufträge mehr geschrieben werden.

Optimierung

Das beschriebene Instandhaltungskonzept ermöglicht beträchtliche Kosteneinsparungen durch eine optimale Gestaltung des Verhältnisses zwischen Wartungsintervallen und Werterhaltung (Fig. 8). Wird die Wartung vernachlässigt, ist mit Ausfällen und rascher Wertverminderung der Anlagen zu rechnen. Anderseits verursacht zu häufiges Warten unnötige Kosten. Das Konzept gewährleistet auch eine höchstmögliche Betriebssicherheit der Installationen, da die Betriebsüberwachung (Master) und die Instandhaltungsorganisation (Instandhaltungs-PC) beim Haustechniker in der gleichen Hand liegen.

Die Informationen vom Master und vom Instandhaltungs-PC bilden auch Grundlagen für weitergehende Optimierungsfunktionen. Unterstützt durch einen Linienschreiber, der auf alle Parameter im Slave zugreifen kann, sind Langzeitmessungen für Überwachungsfunktionen und Erfolgskontrollen möglich.

Figur 8
Lebenskurve von Anlagen und Geräten (Tendenzen)



Im Schulungsgebäude an der Buckhauserstrasse wird beispielsweise auf Grund von Betriebserfahrungen der letzten Kühlperiode und mit Hilfe von Langzeitmessungen eine neue Bedarf-Angebots-Steuerung der Kälteanlage realisiert. Ohne Einbusse an Komfort werden dabei zwei Ziele verfolgt:

- Reduktion der Laufzeiten der Kältemaschinen mit gleichzeitiger Verminderung der Anlaufhäufigkeit der Kälteverdichter.
- Reduktion der Lastspitzen im elektrischen Netz.

Als Folge dieser Massnahme, speziell der Reduktion der Anlaufhäufigkeit der Kälteverdichter, werden nebst Energieeinsparungen eine weitere Senkung der Wartungskosten und eine Verlängerung der Lebensdauer der Verdichter erwartet.

Gesamthaft gesehen liegen bereits heute die Instandhaltungskosten deutlich unter denjenigen vergleichbarer Objekte. Die Energiekosten, vorab für Elektrizität, Öl und Gas liegen ebenfalls deutlich unterhalb der Durchschnittswerte. Weitere Sparpotentiale in allen Kostenbereichen (Personal, Energie, Instandhaltung) werden im einzelnen sorgfältig geprüft und fallweise realisiert. Gerade zu diesem Zweck ist das Master-Slave-System sehr vorteilhaft, da die meisten Optimierungsmassnahmen im Softwarebereich vorgenommen werden, womit Verdrahtungsänderungen und Hardware-Anpassungen weitgehend vermieden werden können.