

Einführung eines integrierten Betriebsdateninformationssystems für die Wuppertaler Stadtwerke AG

(Gekürzte Fassung, Stand: 4/98)

1. Ausgangssituation

Die Wuppertaler Stadtwerke betreiben zur Strom-/Fernwärmeversorgung mehrere über das Stadtgebiet verteilte Energieerzeugungsanlagen. Organisatorisch ist die Strom-/Fernwärmeerzeugung und Fernwärmeverteilung zu einem Ergebniscenter (EC) zusammengefasst.

Während im HKW Elberfeld mit zwei Kohlekesseln und einem Dampfturbosatz in Kraft-Wärme-Kopplung max. 102 MW_{el} erzeugt werden können, werden im zweiten Hauptstandort der Stadtwerke, dem HKW Barmen, mit 2 Gasturbinen und einem über zwei Abhitzeessel gespeisten Dampfturbosatz insgesamt max. 108 MW_{el}, sowie mit einem kohlegefeuerten Block ca. 20 MW_{el} in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt.

Zur Ausfallsicherung der Heizkraftwerke und Spitzenlastabdeckung werden zwei Heizwerke (HW Viehhof, HW Unterbarmen) und zur Versorgung eines Schwimmbades das BHKW Lichtscheid betrieben.

Neben der zuverlässigen Bilanzierung der Wasser/Dampfkreisläufe, der Brennstoffverbräuche und der Stromerzeugung der Erzeugungsanlagen ist ebenfalls die Abrechnung des an Industrieunternehmen abgegebenen bzw. von diesen Unternehmen bezogenen Dampfes sowie die Abrechnung der Fernwärme erforderlich. Zur Beurteilung der Energieerzeugung werden spezifische Kennzahlen ermittelt und an die EC-Leitung sowie Zentrale Abteilungen im Unternehmen weitergegeben.

Die weitergeleiteten Daten waren in der Vergangenheit oft inkonsistent und möglicherweise fehlerbehaftet.

Die Ursachen für diesen Zustand sind in der **bisher praktizierten Betriebsdatenerfassung und -verarbeitung** zu suchen:

- Insellösungen zur Betriebsdatenerfassung an den Hauptstandorten,
- nachträgliche manuelle Auswertung der handgeschriebenen Schichtbögen zur Erfassung von Betriebszuständen der Anlagen
- manuelles Aufbereiten und Verdichten der Daten zur Erstellung der Energiebilanzen und Berichte
- fehlende Möglichkeit, die ermittelten Daten für weitere Auswertungen zu nutzen, z.B. für Komponentenanalysen und Ausfallstatistiken
- zeitaufwendiger und fehlerbehafteter Datenaustausch mittels Berichten aus den HKW's zum Büro Fernheizung, Technischen Büro, Ergebnis-Center-Leitung und zentrale Abteilungen.

Während die Berichte im HKW Elberfeld weitgehend manuell erstellt wurden, wurde im Büro Fernheizung bereits Tabellenkalkulationssoftware zur Berichtserstellung verwendet.



2. Anforderungen an ein integriertes Betriebsdateninformationssystem

Die bisher praktizierte manuelle Aufbereitung, Auswertung und Speicherung der Daten in den beiden Heizkraftwerken und der zeitaufwendige Datenaustausch mit anderen Nutzern (Büro Fernheizung, Technisches Büro) der Daten sollte ersetzt werden durch ein **integriertes Betriebsdateninformationssystem (IBIS)** für die Standorte HKW Elberfeld, HKW Barmen und das Büro Fernheizung bzw. das Technische Büro.

An ein **integriertes Betriebsdateninformationssystem** wurden folgende **Anforderungen** gestellt:

- Automatische Übernahme und Archivierung aller relevanten Prozeßdaten an den Standorten HKW Elberfeld und HKW Barmen. Die Prozeßdaten der Heizwerke sollten ebenfalls an den beiden Hauptstandorten mitübernommen werden.
- Zur Prozeßbeobachtung und Datenanalyse in den Heizkraftwerken soll das IBIS Werkzeuge zur Online-Visualisierung (z. B. XY-Darstellung, Dauerlinie, etc.) und Datenauswertung (Bilanzierung, Min/Max-Werte, etc.) bieten.
- Um für die Weiterverarbeitung der Daten eine konsistente Datenbasis zu erhalten, sollte eine Datenvalidierung, d. h. eine Fehlerausgleichsrechnung eines auf Massenströmen und Energiebilanzen basierenden Modells der Kraftwerke erfolgen.
- Alle erfaßten Prozeßdaten als auch die aufbereiteten Daten sollten in einer Prozeß- bzw. Energiedatenbank für weitere Auswertungen zur Verfügung gestellt werden.
- Durch eine Software zur statistischen Auswertung und graphischen Darstellung sollte das Berichtswesen für die Energieabrechnung automatisiert werden.

3. Systemkonfiguration und Informationsflüsse im IBIS

Zum Zeitpunkt des Projektstartes war im HKW Elberfeld noch kein **Netzwerk** vorhanden, so daß für das integrierte Betriebsdateninformationssystem ein eigenes LAN auf der Basis von Ethernet mit dem Protokoll TCP/IP aufgebaut wurde. Das LAN vernetzt die verschiedenen Komponenten miteinander und gewährleistet die unternehmensweite Verfügbarkeit aller Prozeß- und Berichtsdaten.

Zur Erfassung der Prozeßdaten im HKW Elberfeld wird eine Workstation HP9000 712/60 als **Meßserver** eingesetzt. Die Prozeßrohdaten (ca. 260) werden zum einen über eine serielle Schnittstelle (ca. 200) vom Leitsystem Procontrol (ABB) und zum anderen über einen Datalogger HP3852 (ca. 60) eingelesen. Durch den Einsatz des Dataloggers war es möglich zum einen die ca. 30 Zähler im HKW Elberfeld als auch die ca. 30 analogen Prozeßgrößen des HW Viehhof ebenfalls vollautomatisch zu erfassen.

Die **Prozeßdatenerfassungssoftware TeBIS** auf dem Meßserver übernimmt eine Vorverarbeitung (z.B. Grenzwertüberwachung, Rechenwertbildung etc.) und Zwischenspeicherung der Prozeßdaten, die Verdichtung und Archivierung der Prozeßdaten in einer auf On-line-Zugriff optimierten Prozeßdatenbank wird durch den **Informationsserver** durchgeführt.

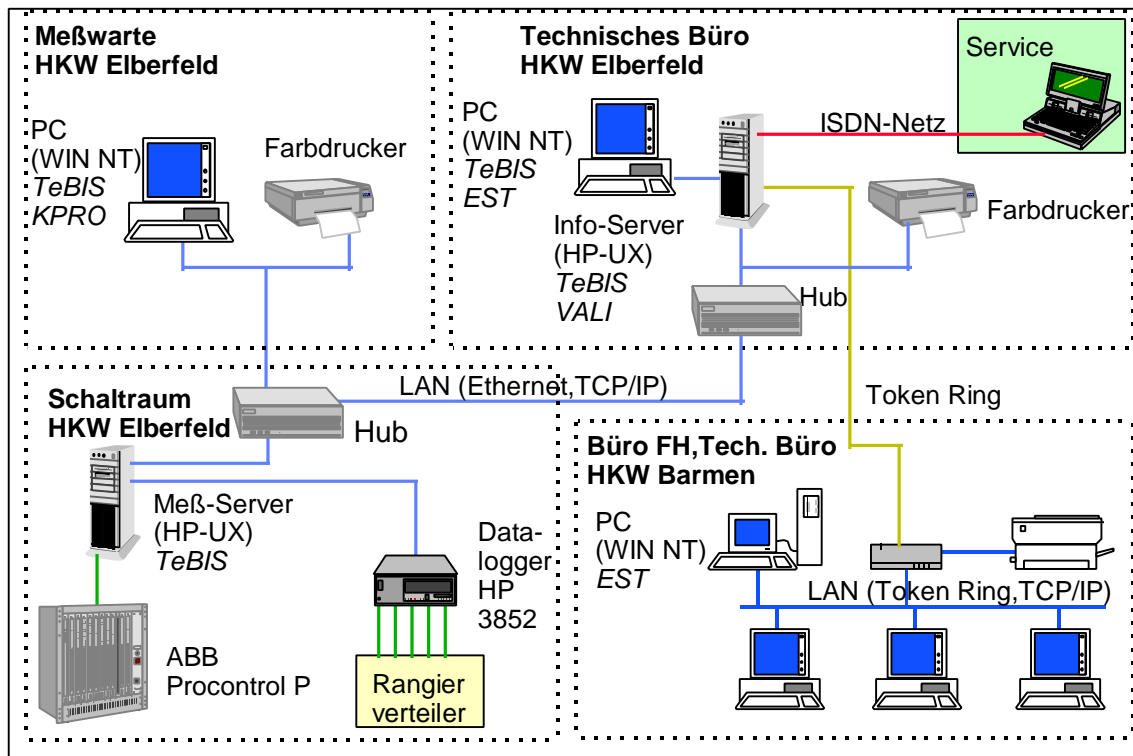


Abb. 1: Systemkonfiguration - Hard- und Software

Das Prozeßdatenerfassungssystem - als eine von drei Komponenten des IBIS - bietet darüber hinaus zahlreiche Möglichkeiten zur On-line-Visualisierung (z.B. Kurvenverläufe, Kurvenvergleiche, Fließbilder, etc.) und Analyse (z.B. XY-Darstellung, Dauerlinie, etc.) von Prozeßdaten. Damit steht den Ingenieuren und Meistern ein leistungsfähiges Werkzeug für detaillierte Auswertungen (z.B. Komponentenbewertung, Störfallanalyse) zur Verfügung.

Eine weitere Aufgabe des System TeBIS auf dem Informationsserver ist die Übergabe von 15 min-Mittelwerten der Prozeßdaten an das **Programm VALI** - die zweite Komponente des IBIS - zur Datenvalidierung und die Archivierung der zurückgelieferten, validierten Prozeßdaten in der Prozeßdatenbank.

Die Prozeßdatenvalidierung basiert auf einem Modell des Prozesses, welches alle vorhandenen Massen- und Energiebilanzen als auch Phasengleichgewichte berücksichtigen kann. Alle verfügbaren Meßwerte werden entsprechend ihrer Meßgenauigkeit in den Bilanzgleichungen berücksichtigt und verlieren ihren Charakter als unabhängige Einzelinformation. Sie werden statt dessen, wie im realen Prozeß, Teil eines Gesamtsystems. Die Prozeßvalidierung berechnet nun über eine Ausgleichsrechnung Korrekturwerte für die gemessenen Prozeßwerte, so daß die korrigierten Werte alle Massen- und Energiebilanzen sowie Phasengleichgewichte erfüllen.

Durch die Nutzung der im Gesamtsystem vorhandenen Informationsredundanz wird die Aussagekraft eines korrigierten Meßwertes zuverlässiger als die eines unabhängigen Meßwertes. Im Falle einer erfolgreichen Validierung werden die validierten Prozeßdaten in der Prozeßdatenbank gespeichert und können als Basis für die Weiterverarbeitung in der Energiestatistik, dem dritten Baustein des IBIS verwendet werden.

Das Programm **Energiestatistik EST** übernimmt aus der Prozeßdatenbank die vorverdichteten und ggf. validierten 1h-Mittelwerte und archiviert sie in der Energiedatenbank. Für Prozeßdaten die nach wie vor nicht automatisch erfaßt werden, bietet das System EST Handeingabemöglichkeiten für Meßwerte, Zählerwerte und Sonderwerte (z.B. Lastspitze mit Uhrzeit und Außentemperatur) auf der Basis von vorkonfigurierten Zeitmodellen (z.B. Stundenwert, Tageswert, etc.).

Die weitere Verdichtung der 1h-Mittelwerte zu Tages-, Monats- und Jahressummenwerten als auch die Berechnung von Rechenwerten (z.B. Wärmemengen, Wirkungsgraden, etc.) übernimmt das Programm EST. Die Ergebnisse der Verdichtung und Berechnungen werden ebenfalls in der Energiedatenbank archiviert und stehen dort allen mit entsprechenden Software-Clients ausgestatteten Nutzern entsprechend den vom System EST verwalteten Zugriffsrechten zur Verfügung.

Die Erstellung der zyklischen Betriebs- und Energieberichte (Tag, Woche, Monat, Jahr) erfolgt automatisch durch vorkonfigurierte Auswahlprozeduren in der Energiestatistik mit dem Standardprogramm MS-Excel.

Die wesentlichen Aufgaben der Programme und der Datenaustausch zwischen denselben ist in Abb. 2 dargestellt.

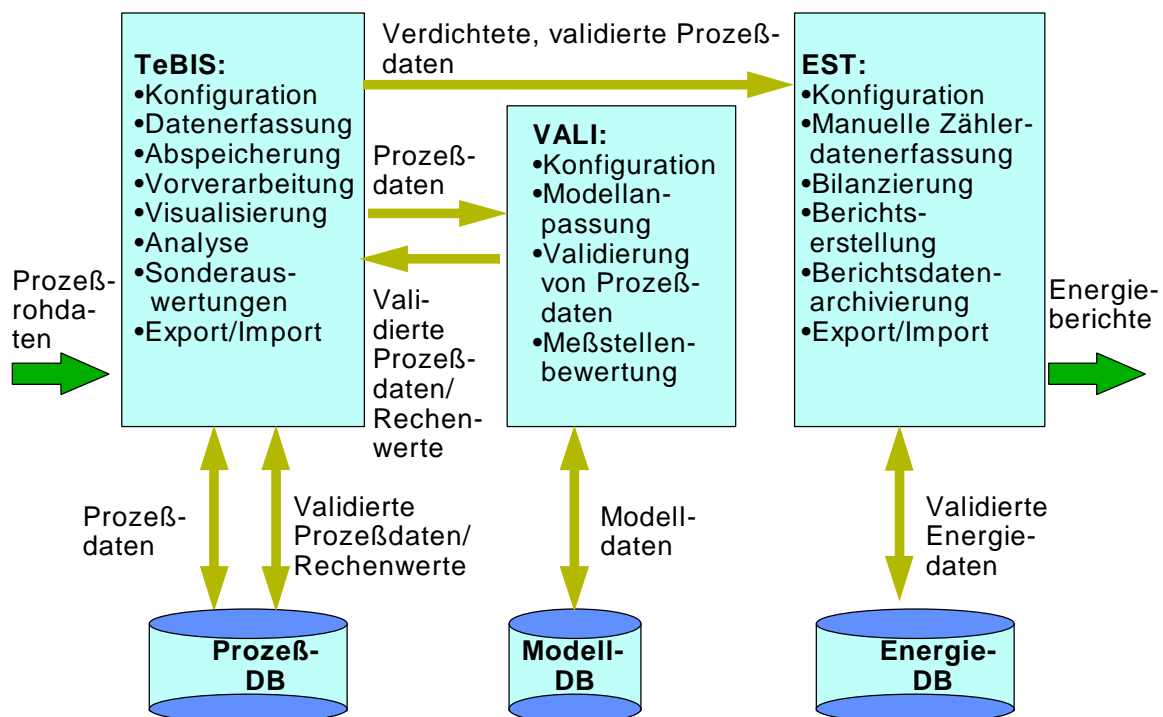


Abb. 2: Informationsflüsse von IBIS

4. Erfahrungen mit IBIS

Durch die Einführung des vollautomatischen **Prozeßdatenerfassungssystems TeBIS** der Firma Steinhaus Informationssysteme GmbH wurde eine zuverlässige und aktuelle Datenbasis

geschaffen, die den geschulten Anwendern zahlreiche Visualisierungs- und Auswertemöglichkeiten bietet.

Beispielsweise können **Kurvenverläufe** von bis zu 12 Meßgrößen gleichzeitig über beliebige Zeiträume dargestellt werden und damit z.B. Störfälle oder die Ergebnisse der Validierung a-posteriori untersucht werden.

Durch die Möglichkeit der **XY-Darstellung** lassen sich die Kennlinien von Meßgebern oder Anlagenkomponenten darstellen und Veränderungen nachweisen. Zum Beispiel konnten durch ein Vergleich der Kennlinien der beiden Meßblenden für die Dampflieferungen an einen Großkunden die bisherigen Unstimmigkeiten in der Bilanzierung erklärt werden.

Die Möglichkeit aktuelle Prozeßwerte in selbstgestaltbaren **Fließbildern** darzustellen, bietet allen berechtigten Nutzern einen aktueller Überblick über Teilprozesse oder den Gesamtprozeß (Abb. 3).

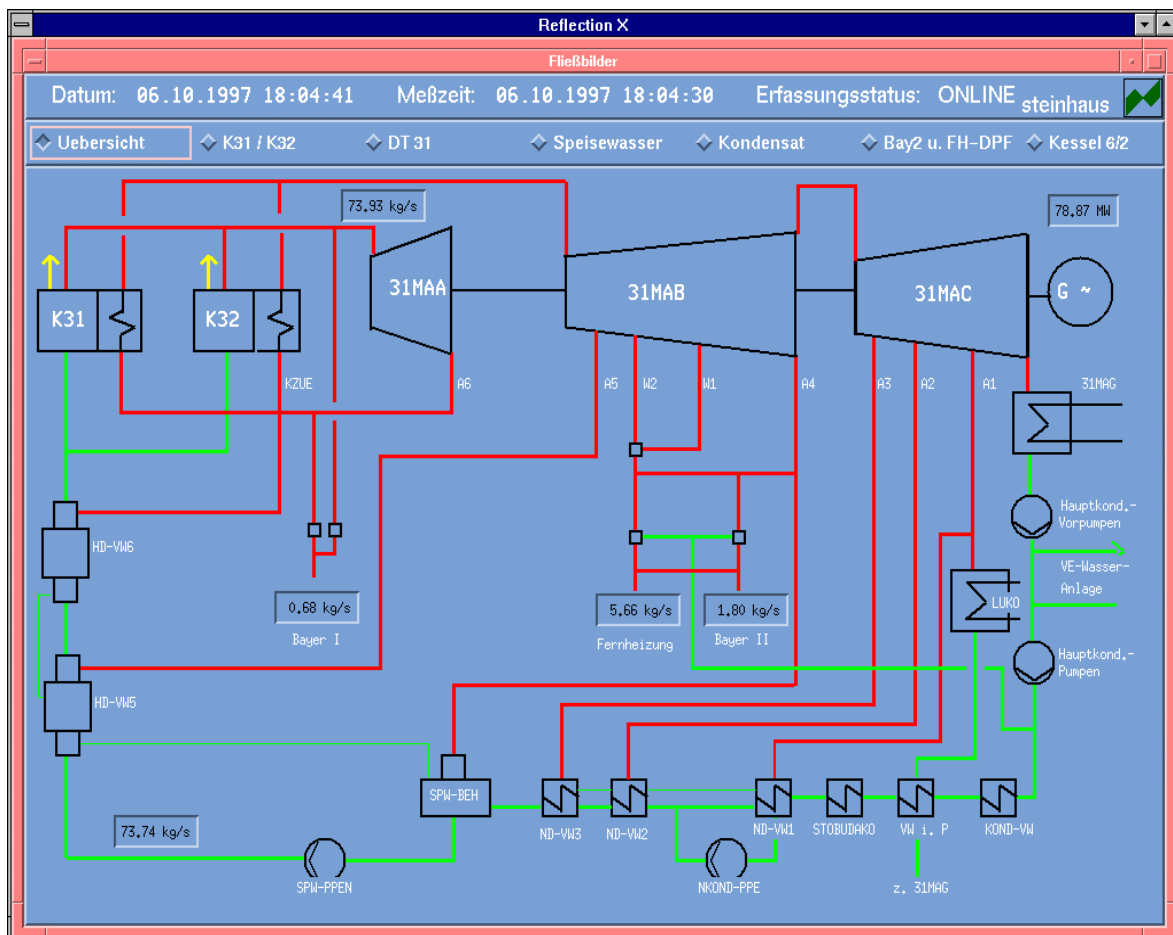


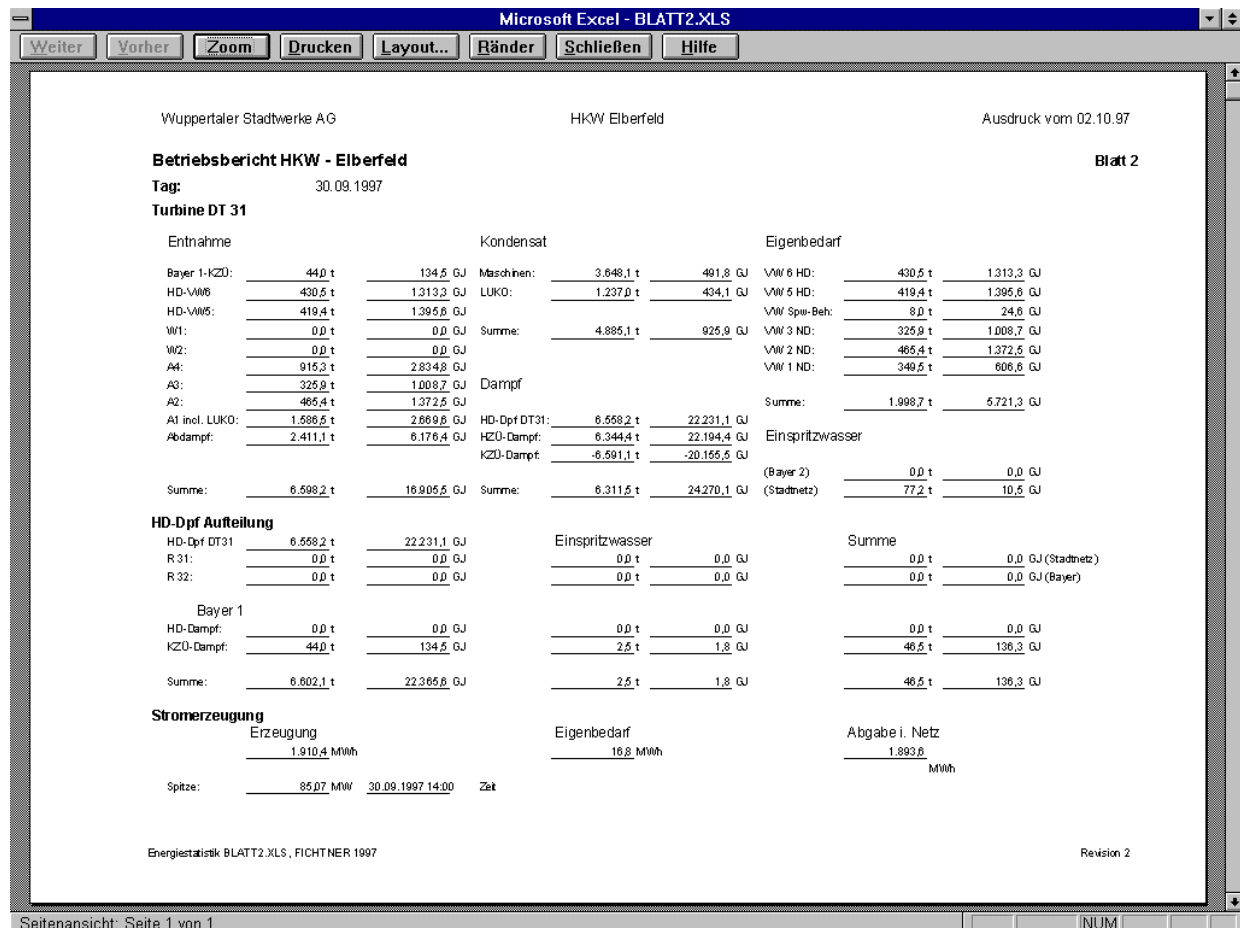
Abb. 3: Fließbild als Übersichtsdarstellung

In TeBIS können für jeden Prozeß- oder Rechenwert bis zu 4 Alarmgrenzen definiert und damit ein eigenes Alarm- und Meldesystem aufgebaut werden.

Bereits bei den Off-Line-Tests des Validierungs-Modells zeigte sich die Notwendigkeit der **Validierung der Meßdaten** zur Aufdeckung von Meßfehlern. Sowohl bei den Anzapfdrücken wie auch bei einigen Temperaturmessungen in Turbinenaustrittsleitungen zeigten sich größere Fehler, die durch die Validierung erkannt und anschließend behoben werden konnten.

Im Online-Betrieb war zu beobachten, daß die mit Hilfe von VALI ermittelten inneren Turbinenwirkungsgrade im MD- und ND-Teil der Turbine bei Teillastbetrieb zum Teil weit über 100 % (im Einzelfall bis zu 1300 %) lagen. Die Temperaturmessungen in den Ausgangsleitungen der Turbine sind in diesen Teillastfällen offensichtlich falsch, während in den Vollastpunkten plausible Werte gemessen wurden. Dieser Effekt rührt von einem ungünstig gewählten Ort für die Temperaturmeßstellen her. Durch Vorgabe der korrekten inneren Turbinenwirkungsgrade können die gemessenen Temperaturwerte mit Hilfe von VALI entsprechend korrigiert werden.

Ein weiterer Nutzen der Validierung, die auf einem thermo-dynamischen Modell beruht, ist die Bereitstellung von Werten für nicht meßbare Größen (z.B. Wärmemengen, Enthalpien, Innere Wirkungsgrade).



Microsoft Excel - BLATT2.XLS

Wuppertaler Stadtwerke AG HKW Elberfeld Ausdruck vom 02.10.97

Betriebsbericht HKW - Elberfeld Blatt 2

Tag: 30.09.1997

Turbine DT 31

Entnahme		Kondensat		Eigenbedarf	
Bayer 1-KZU:	44,0 t	134,5 GJ	Maschinen:	3.648,1 t	491,8 GJ
HD-VW6:	430,5 t	1.313,3 GJ	LUKO:	1.237,0 t	434,1 GJ
HD-VW5:	419,4 t	1.395,6 GJ	Summe:	4.885,1 t	925,9 GJ
W1:	0,0 t	0,0 GJ			
W2:	0,0 t	0,0 GJ			
A4:	915,3 t	2.834,8 GJ			
A3:	325,9 t	1.008,7 GJ			
A2:	465,4 t	1.372,5 GJ			
A1 incl. LUKO:	1.588,5 t	2.869,6 GJ	HD-Dpf DT31:	6.558,2 t	22.231,1 GJ
Abdampf:	2.411,1 t	6.176,4 GJ	HZO-Dampf:	6.344,4 t	22.194,4 GJ
			KZU-Dampf:	-6.591,1 t	-20.155,5 GJ
Summe:	6.598,2 t	16.905,5 GJ	Summe:	6.311,5 t	24.270,1 GJ

HD-Dpf Aufteilung		Einspritzwasser		Summe	
HD-Dpf DT31	6.558,2 t	22.231,1 GJ			
R 31:	0,0 t	0,0 GJ	0,0 t	0,0 GJ	0,0 t
R 32:	0,0 t	0,0 GJ	0,0 t	0,0 GJ	0,0 t
					0,0 t
					0,0 GJ (Stadtnetz)
					0,0 GJ (Bayer)

Bayer 1		Einspritzwasser		Summe	
HD-Dampf:	0,0 t	0,0 GJ	0,0 t	0,0 GJ	0,0 t
KZU-Dampf:	44,0 t	134,5 GJ	2,5 t	1,8 GJ	46,5 t
Summe:	6.802,1 t	22.365,6 GJ	2,5 t	1,8 GJ	46,5 t
					136,3 GJ

Stromerzeugung		Eigenbedarf		Abgabe i. Netz	
Erzeugung	1.910,4 MWh		16,8 MWh		1.893,6 MWh
Spitze:	85,07 MW	30.09.1997 14:00	Zeit		

Energiestatistik BLATT2.XLS, FICHTNER 1997 Revision 2

Seitenansicht: Seite 1 von 1 NUM

Abb. 4: Auszug aus Tagesbericht im HKW Elberfeld

Mit der Einführung des **Energiestatistik (EST) der Firma Fichtner** wurde das Berichtswesen automatisiert und standardisiert. Alle zyklisch wieder zu erstellenden Berichte liegen als vorkonfigurierte Auswertungen im System vor und können "auf Knopfdruck" berechnet und ausgegeben werden (Abb.4).



Das Personal wird dadurch von der zeitaufwendigen und monotonen Tätigkeit der Bilanzierung und Berichtserstellung weitgehend befreit. Da Meßfehler und Unregelmäßigkeiten nun frühzeitig erkannt bzw. durch die Validierung auch korrigiert werden, liegen eine exaktere Datenbasis und somit konsistente Bilanzen und Berichte vor.

Um die vielfältigen Möglichkeiten des integrierten Betriebsdateninformationssystem nutzbringend einsetzen zu können, sind zum einen Schulungen im Umgang mit den Teilsystemen notwendig und zum anderen der Einsatz in der täglichen Arbeit.

Als sehr sinnvoll hat sich im Probetrieb der Fernservice per ISDN-Anbindung durch den Lieferanten erwiesen, so daß in Störungsfällen unverzüglich Hilfestellung durch qualifiziertes Personal geleistet wurde.

5. Resümee

Nach Abschluß des Probetriebes liegen, wie zuvor dargestellt, erste Erfahrungen mit dem integrierten Betriebsdateninformationssystem vor. Aus diesen Erfahrungen lassen sich im Vergleich zur früher praktizierten Form der Datenerfassung und -verarbeitung folgende **Verbesserungen** erkennen:

- Durch die Einführung einer **automatischen Prozeßdatenerfassung** wurde eine **umfangreichere und zuverlässigere Datenbasis** geschaffen. Die Werkzeuge zur On-line-Visualisierung und Auswertung der Prozeßdaten ermöglichen eine **verbesserte Prozeßtransparenz** und sind leistungsfähige Hilfsmittel bei der Analyse und Dokumentation von z.B. Veränderungen im Prozeß oder a-posteriori-Betrachtung von Störfällen.
- Die **Prozeßdatenvalidierung** gibt frühzeitig **Hinweise auf Veränderungen im Prozeß, fehlerhafte Meßwerte oder defekte Meßgeber**. Durch die Berechnung von Korrekturwerten für alle Meßwerte und die Bereitstellung von Rechenwerten für nicht meßbare Prozeßgrößen wird eine konsistente Datenbasis geschaffen, die erst **widerspruchsfreie Massen- und Energiebilanzen** ermöglicht.
- Das **automatische Berichtswesen** mit der **Energiestatistik** entlastet das Betriebspersonal von der zeitaufwendigen, manuellen Auswertung und Berichtserstellung. Durch die Schaffung einer **Energiedatenbank** können konsistente und widerspruchsfreie Energiedaten über das Netzwerk innerhalb des Ergebniscenters, aber auch unternehmensweit für beliebige Auswertungen zur Verfügung gestellt werden.