

# **Erfahrungen mit der Anwendung technischer Betriebsinformationssysteme**

**Dr.-Ing. M. Stoll**  
**Dr.-Ing. H. Steinhaus**  
Steinhaus Informationssysteme GmbH

**Dipl.-Ing. M. Wetzel**  
Abfallverwertung Augsburg GmbH

**Dipl.-Ing. R. Hüsemann**  
BEB Erdgas- und Erdöl GmbH

**Dr.-Ing. W. Zerreiben**  
VSE AG (Kraftwerk Ensding)

**Sonderdruck zur Fachtagung  
"Erfolgsfaktor Betriebsmanagement"  
der VDI-Gesellschaft Energietechnik  
am 25./26. Mai 2000, München**

# Erfahrungen mit der Anwendung technischer Betriebsinformationssysteme

Dr.-Ing. **M. Stoll**, Dr.-Ing. **H. Steinhaus**, Steinhaus Informationssysteme GmbH, Dipl.-Ing. **M. Wetzel**, Abfallverwertung Augsburg GmbH, Dipl.-Ing. **R. Hüsemann**, BEB Erdgas- und Erdöl GmbH (Erdgasaufbereitungsanlage Großenkneten), Dr.-Ing. **W. Zerreiben**, VSE AG (Kraftwerk Ensdorf)

*Der Beitrag stellt im **ersten Teil** den grundsätzlichen Aufbau eines technischen Betriebsinformationssystems und dessen Aufgaben dar. Welche Möglichkeiten und Strategien auf Basis von konsistenten und genauen Prozessdaten zur Optimierung des Betriebes und der Instandhaltung verfahrenstechnischer Anlagen bestehen, zeigt der **zweite Teil**. Die Ansätze reichen hier von der Optimierung der eigentlichen Verfahrenstechnik, über die Optimierung von Betriebsabläufen (z.B. Anfahrvorgänge) bis hin zur Schaffung einer verlässlichen Datenbasis für eine zustandsorientierte Instandhaltung. Im **dritten Teil** werden anhand von drei Unternehmen aus der Energie- und Entsorgungswirtschaft Beispiele für die Anwendung eines technischen Betriebsinformationssystems zur Realisierung von Optimierungspotentialen im Betrieb und in der Instandhaltung von verfahrenstechnischen Anlagen aufgezeigt.*

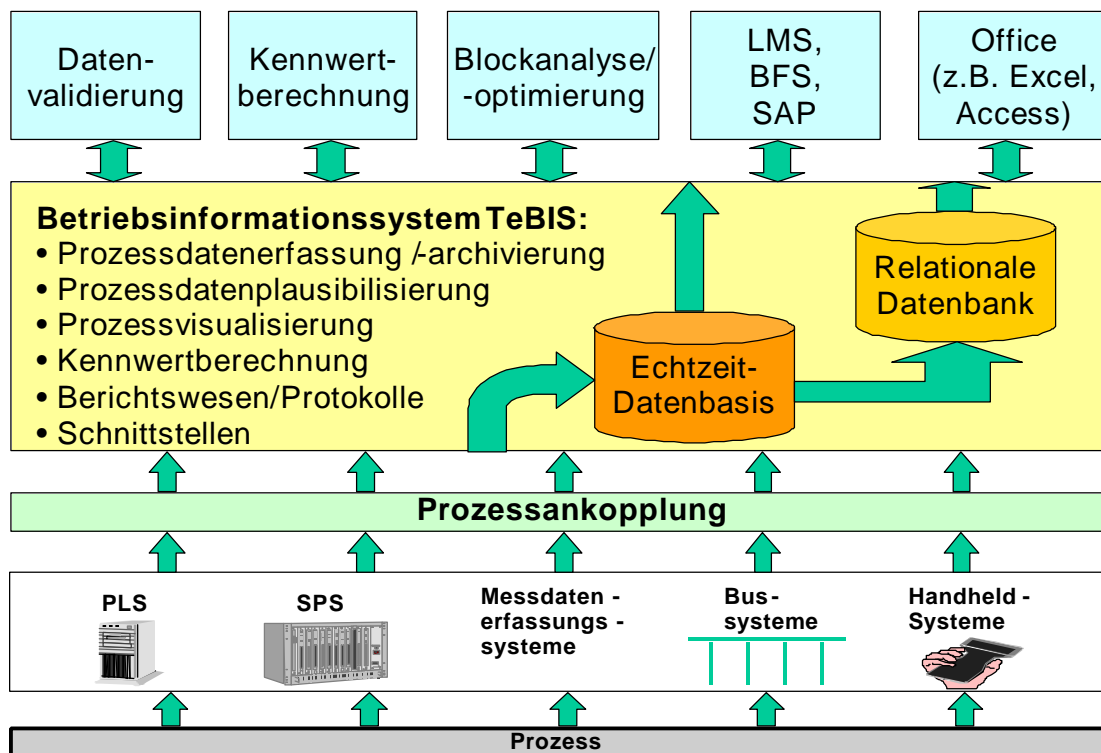
## 1. Grundsätzlicher Aufbau eines technischen Betriebsinformationssystems

In zahlreichen Unternehmen der öffentlichen und industriellen Energie- und Entsorgungswirtschaft werden mit unterschiedlichen Leitsystemen, Steuerungen und sonstigen Rechnersystemen (z.B. Zählerdatenerfassung, Emissionsrechner, Waagensysteme etc.) Prozessdaten erfasst. Die Erfassung, Aufbereitung, Archivierung und Auswertung von Prozessdaten stellen die Grundlage zur Realisierung von Optimierungspotentialen im Betrieb und in der Instandhaltung verfahrenstechnischer Anlagen dar und sind damit ein zentraler Baustein eines erfolgreichen Betriebsmanagements [1].

Abb. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines technischen Betriebsinformationssystems mit den wesentlichen Komponenten. Als synonyme Bezeichnung solcher EDV-Systeme für vergleichbare Aufgabenstellungen werden in der Literatur u.a. auch die Begriffe Prozessdatenmanagementsystem (PDMS), Prozessinformationsmanagementsystem (PIMS) oder Prozessinformationssystem verwendet.

**Zentrale Bausteine** eines modularen und leistungsfähigen Betriebsinformationssystems sind:

- **Module zur Prozessankopplung**. Sie dienen der Erfassung der Prozessdaten aus den im Unternehmen vorhandenen Prozessleitsystemen, Steuerungen, Bussystemen, Handheldsystemen oder sonstigen Datenerfassungssystemen.
- Ein oder mehrere **Datenserver**, auf denen die erfassten Prozessdaten in einer **Echtzeitdatenbasis** über lange Zeiträume mit leistungsfähigen Kompressionsverfahren archiviert werden können. Um auch bei großen Datenmengen schnelle Zugriffszeiten zu gewährleisten, werden hier typischerweise proprietäre Datenarchivierungssysteme eingesetzt. Dagegen werden zur Verwaltung von erstellten Auswertungen, Kennwertberechnungen oder Berichten in der Regel relationale Datenbankmanagementsysteme (z.B. Oracle, SQL-Server, Ingres etc.) eingesetzt.

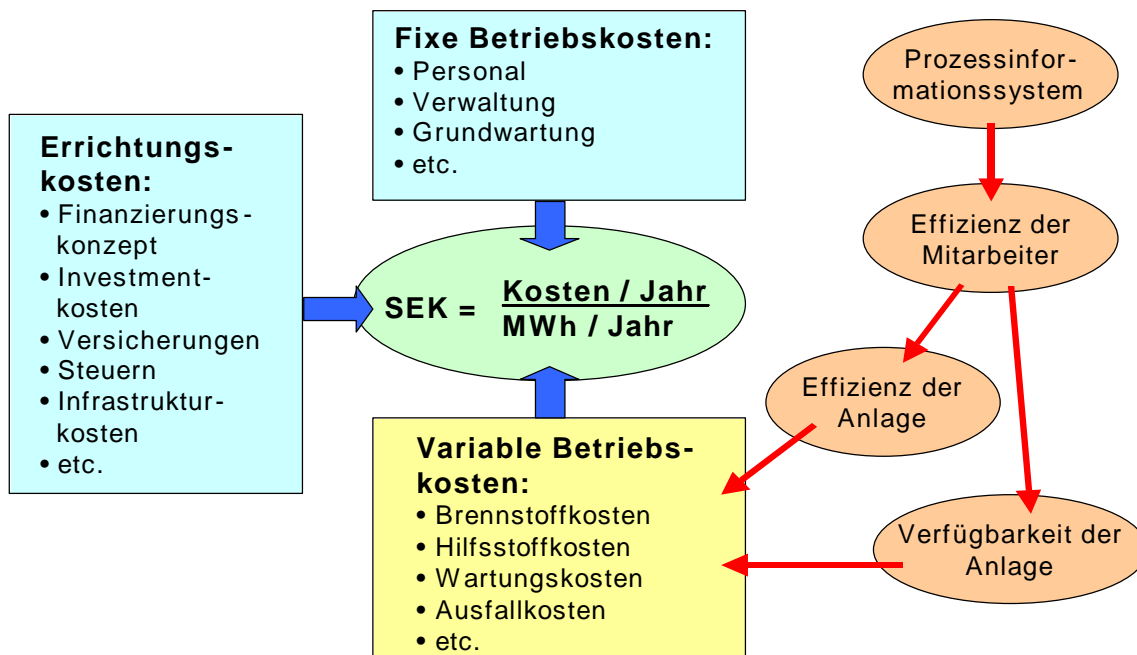


**Abb. 1:** Grundsätzlicher Aufbau eines technischen Betriebsinformationssystems

- **Anwender-Werkzeuge**, die den Mitarbeitern von ihrem Arbeitsplatz-PC z.B. die Visualisierung von Prozessdaten, die Analyse von Vorgängen, das Erstellen von Berichten oder das automatisierte Berechnen und Überwachen von Kennwerten erlauben.
- **Schnittstellen** für den manuellen oder automatisierten Export von Prozessdaten, Kennwerten oder Berichtsdaten an weitere Applikationen (z.B. SAP, Betriebsführungssysteme, Optimierungsprogramme etc.), aber auch für den Zugriff auf alle Prozessdaten und Auswertungen aus anderen Applikationen (z.B. Office-Anwendungen, Berichtsgeneratoren etc.)

## 2. Ansätze zur Effizienzsteigerung durch den Einsatz eines Betriebsinformationssystems

Jede Form der Optimierung oder Verbesserung eines verfahrenstechnischen Prozesses oder auch eines Geschäftsprozesses (z.B. Instandhaltung) setzt eine ausreichende **Kenntnis des Istzustandes** als auch der Historie voraus. Die **Prozesshistorie** ist in der Regel die Basis für das Verständnis des aktuellen Istzustandes. Ein Mensch ohne Langzeitgedächtnis [3] ist kaum in der Lage aus seinem Verhalten zu lernen und es damit an veränderte Umweltbedingungen anzupassen. Ein technisches Betriebsinformationssystem stellt sozusagen das **Langzeitgedächtnis der verfahrenstechnischen Anlage** dar. Es ermöglicht den Ingenieuren und Technikern auf Basis des aufgezeichneten Anlagenverhaltens sehr viel leichter die Problembereiche zu erkennen, die Anlage zu analysieren und entsprechend zu verbessern. Einer der wichtigsten **Gründe ein technisches Betriebsinformationssystem einzuführen** ist, den Anwendern Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, die es ihnen erlau-



**Abb.2:** Motivation zur Einführung eines technischen Betriebsinformationssystems

ben, die variablen Betriebskosten einer Anlage zu senken. Die wesentlichen Ansatzpunkte sind dabei die Steigerung der Effizienz des Anlagebetriebes und die Erhöhung der Verfügbarkeit.

**Der Begriff "Effizienzsteigerung" umfasst** dabei nicht nur die technischen Aspekte, wie z.B. die Erhöhung des Wirkungsgrades einer Komponente, sondern durchaus auch die Effizienzsteigerung in der Ablauforganisation. Beispielsweise ist die Arbeitszeit, die zur Recherche, Beschaffung und Korrektur von Prozessdaten für das Berichtswesen in vielen Energieversorgungsunternehmen aufgewendet wird, durchaus ein Kostenfaktor, der sich z.B. auf die Stromerzeugungskosten (SEK) auswirkt. Aber auch unpassende Wartungsstrategien (z.B. intervallabhängige Wartung statt zustandsorientierter Wartung) oder lebensdauerverkürzende Fahrweisen verursachen unnötige und oft vermeidbare Kosten.

**Ein technisches Betriebsinformationssystem unterstützt die Anwender** im wesentlichen bei folgenden Teilschritten auf dem Weg zu einem effizienteren Anlagenbetrieb:

➤ **Datenerfassung, -archivierung und -bereitstellung:**

Ein technisches Betriebsinformationssystem erfasst einen Großteil der relevanten Prozessdaten vollautomatisch. Die Prozessdaten stehen in höherer Qualität und besserer Auflösung als bei manueller Erfassung in einem Langzeitdatenarchiv jedem berechtigten Anwender für beliebige Analysen und Auswertungen zur Verfügung. In der Regel bietet ein technisches Betriebsinformationssystem einfach und schnell Zugriff auf beliebige Prozessdaten. Dadurch wird die aufzuwendende Arbeitszeit für die Erfassung und Recherche von Prozessdaten deutlich verringert.

Auch der Nachweis des bestimmungsgemäßen Betriebes z.B. gegenüber Behörden ist sofort möglich. Nicht zu unterschätzen ist der Wert von Prozessda-

ten bei der Führung des Nachweises, ob die vom Lieferanten zugesagten Garantiewerte eingehalten werden. Die erfassten Prozessdaten lassen sich nach einer Plausibilisierung, Verdichtung oder Umrechnung auch direkt an weitere Applikationen (z.B. Betriebsstunden und Schaltspiele für ein Betriebsführungssystem, Mittelwerte von Prozessdaten für ein Blockoptimierungssystem etc.) automatisiert weiterleiten.

➤ **Prozessvisualisierung und -überwachung:**

Jeder verfahrenstechnische Prozess neigt dazu, sich aufgrund von Alterung, Verschleiss, Störeinflüssen etc. von seinem Bestpunkt weg zu bewegen. Diese in der Regel schleichenden Veränderungen sind selten sofort offensichtlich, haben aber oft schon zu einem frühen Zeitpunkt Auswirkungen auf die Effizienz oder die Verfügbarkeit der Anlage. Mit einem technischen Betriebsinformationssystem können Kennzahlen und Gütwerte berechnet und vollautomatisch auf Veränderungen überwacht werden.

Die Möglichkeit der Visualisierung dieser Kennwerte, sowohl für den Fahrbetrieb als auch für die zuständigen Betriebsingenieure, bieten frühzeitig eine zuverlässige Datenbasis für Entscheidungen. Damit ist der Aufbau eines qualitätsorientierten Prozessüberwachungssystems möglich, indem Veränderungen im Prozess sofort mit entsprechenden Folgekosten in Relation gesetzt werden können. Dies ermöglicht eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Entscheidungsoptionen.

➤ **Prozessanalyse und -optimierung:**

Immer wieder auftretende Störungen in einer verfahrenstechnischen Anlage sind i.d.R. der Anlass, über eine Optimierung des Prozesses durch leittechnische, verfahrenstechnische oder sonstige Maßnahmen nach zu denken. Das technische Betriebsinformationssystem liefert dabei die für die Analyse der Prozesshistorie notwendigen Prozessdaten. Einfach zu handhabende Werkzeuge zur Auswahl und Darstellung von Prozessdaten erlauben eine schnelle und zielgerichtete Rekonstruktion der Vorgänge.

Das Betriebsinformationssystem ermöglicht durch entsprechende Filter die Suche nach ähnlichen Störfällen. Der graphische Vergleich dieser Ereignisse erlaubt ein schnelles Erkennen von Ursachen und Wirkungen einer Störung. Die Prozessdaten können dann beispielsweise für Simulations- oder Optimierungsprogramme verwendet werden, um neue verfahrens- oder leittechnische Lösungen auf Basis von echten Prozessdaten zu untersuchen.

➤ **Datenaufbereitung und Berichtswesen:**

Die Aufbereitung von Prozessdaten zu Kenngrößen, Protokollen und Berichten sind gekennzeichnet durch häufig wiederkehrende Berechnungen und Tätigkeiten. Diese Tätigkeiten und Berechnungen lassen sich durch ein Betriebsinformationssystem in einem hohen Maße automatisieren. Die als Rohdaten aufgezeichneten Prozessdaten müssen in der Regel auf Plausibilität geprüft werden, bei Ausfall einzelner Prozesswerte sind Ersatzwerte vorzugeben, durch Zusatzprogramme kann vollautomatisch eine Datenvalidierung, d.h. eine Fehlerausgleichsrechnung, durchgeführt werden, die berechneten Kenngrößen sind in präsentationsfähigen Berichten darzustellen. Bei allen diesen Schritten bietet ein modernes Betriebsinformationssysteme Werkzeuge zur Automatisierung dieser Vorgänge, so dass die Anwender sich auf die Erstellung sinnvoller Auswertungen und die Kontrolle der Ergebnisse konzentrieren können.

### 3. Anwendungsbeispiele aus der Energie- und Entsorgungswirtschaft

#### 3.1 Einsatz von TeBIS<sup>â</sup> in der Abfallverwertung Augsburg GmbH

Die Abfallverwertung Augsburg GmbH (AVA) betreibt ein modernes Abfallentsorgungszentrum mit einem Abfallheizkraftwerk (225.000 t/a), einer Sortieranlage (DSD, Papier) und einer Kompostierungsanlage. Zur Überwachung und Optimierung der verfahrenstechnisch komplexen Prozesse, zur Störungsaufklärung sowie zur Langzeitdokumentation der Prozesswerte wurde nach einer erfolgreichen dreimonatigen Erprobungsphase **Anfang 1999** das technische Betriebsinformationssystem **TeBIS<sup>â</sup> als leistungsfähiges und flexibles Prozessinformationssystem** eingeführt.

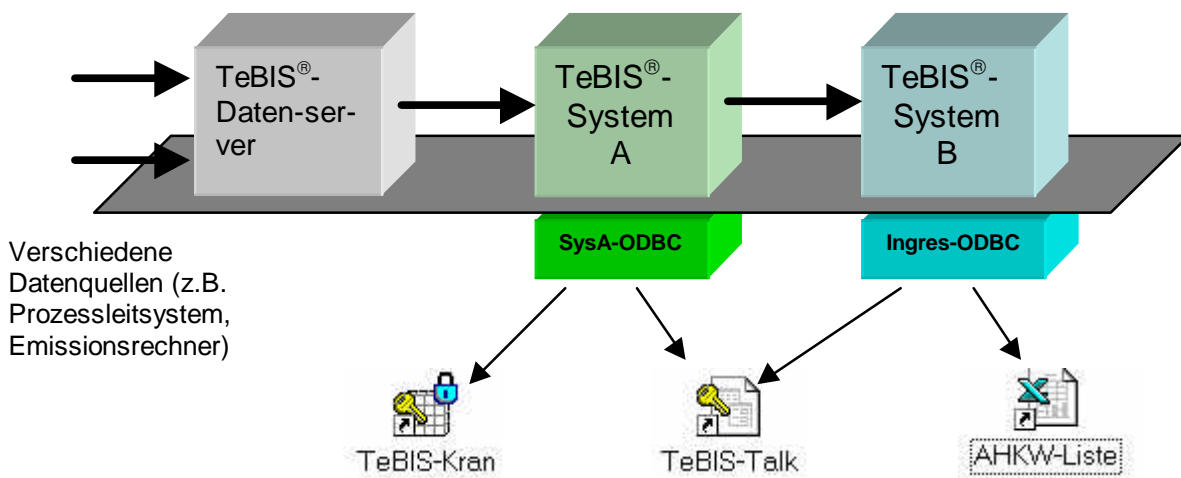
**Abb.3:** Abfallheizkraftwerk



**Wesentliche Anforderungen** waren, die verschiedenen Leitsysteme (Pro-control P, WinCC, etc.) und vorhandenen Betriebsführungs- und Informationssysteme (z.B. BDE, Emissionsrechner) anbinden zu können, sowie den Anwendern die Auswertung und Analyse der Prozessdaten mit einfach zu bedienenden Werkzeugen von ihrem Arbeitsplatz-PC aus zu ermöglichen. Einige Beispiele sollen den Einsatz des TeBIS<sup>®</sup>-Systems illustrieren.

#### **Beispiel 1: TeBIS<sup>â</sup> als zentrales Betriebsdatenmanagementsystem**

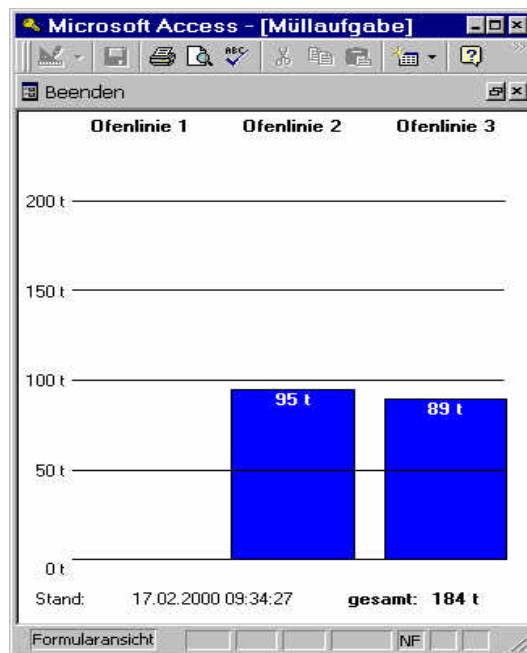
Mit Hilfe von TeBIS<sup>®</sup> werden Prozessdaten aus verschiedenen Anlagenbereichen gesammelt und über Online-Berechnungen im TeBIS<sup>â</sup>-System A und generierten Berichten des TeBIS<sup>®</sup>-Systems B zu unterschiedlichen Informations- und Berichtspaketen aufbereitet. Die Zugänglichkeit der Daten über ODBC-Schnittstellen erlaubt einen Zugriff auf alle TeBIS<sup>â</sup>-Informationen aus beliebigen Applikationen und Office-Anwendungen (Abb. 4).



**Abb. 4:** Anwendungsbeispiele für TeBIS<sup>â</sup> als zentrales Betriebsdatenmanagementsystem

**Die Applikation TeBIS<sup>â</sup>-Kran** (Abb. 5) wurde von der AVA auf Basis von Microsoft-Access entwickelt und ist ein Beispiel für die Visualisierung von aufbereiteten Prozessdaten. TeBIS<sup>®</sup>-Kran stellt dem Kranfahrer als Balkenanzeige die tägliche verbrannten Müllmengen der einzelnen Linien dar. Die Anzeige basiert auf berechneten Mengendaten aus dem TeBIS<sup>®</sup>-System A, die minütlich über die ODBC-Schnittstelle aktualisiert werden und dadurch dem Kranfahrer auf seinem Arbeitsplatz-PC eine anschauliche Orientierungshilfe für die Beschickung der einzelnen Verbrennungslinien bietet.

**Abb. 5:** Access-Applikation TeBIS<sup>â</sup>-Kran



**Die AHKW-Liste (Abb. 6)** ermöglicht die gemeinsame Auswertung und Darstellung von Mengendaten über die Müllanlieferung und solchen über die Verbrennung. Die AHKW-Liste dient als Bericht zur Überwachung der Anlieferungs- und Verbrennungsmüllmengen.

Microsoft Excel - AHKW-Liste.XLS

AHKW-Liste 1,1

Gegenüberstellung Anlieferung / Verbrennung in der KW 4/2000

Stand: 18.02.2000

Anlieferung	Mengen in t							t/Woche	t/d	t/Jahr
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So			
Hausmüll	418,5	331,5	393,5	361,9	297,6	0,0	0,0	1.803,0	360,6	58.756,0
Sperrmüll	22,3	26,1	26,9	27,1	34,9	0,0	0,0	137,3	27,5	7.150,0
Gewerbemüll 1	40,7	12,8	32,3	13,0	28,2	0,0	0,0	127,0	25,4	6.604,0
Gewerbemüll 2	24,1	22,0	18,7	32,4	22,5	0,0	0,0	119,7	23,9	6.214,0
<b>Gesamt</b>	<b>506,6</b>	<b>392,4</b>	<b>471,4</b>	<b>434,4</b>	<b>383,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2.187,0</b>	<b>437,4</b>	<b>113.724,0</b>
DLG-DON	131,9	130,5	82,3	89,7	178,3	0,0	0,0	612,7	122,5	31.850,0
Anlieferer 1	87,6	67,6	9,5	37,1	78,4	0,0	0,0	280,2	56,0	14.560,0
Anlieferer 2	45,7	34,3	35,4	27,3	19,8	0,0	0,0	162,5	32,5	8.450,0
Externe Anlieferer	22,9	6,2	87,0	35,2	17,0	0,0	0,0	168,3	33,7	8.762,0
Kleinmenge	11,2	12,5	17,0	4,0	6,0	0,0	0,0	50,7	10,1	2.626,0
Interne Transporte	20,7	16,5	25,1	11,3	24,6	0,0	0,0	98,2	19,6	5.096,0
Klärschlamm-Granulat								0,0	0,0	0,0
<b>Summe netto angeliefert</b>	<b>825,6</b>	<b>660,0</b>	<b>727,7</b>	<b>638,0</b>	<b>707,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3.559,6</b>	<b>711,8</b>	<b>185.068,0</b>
<b>Gesamt-Anlieferung KW 4</b>								<b>3.559,6</b>		
Quelle: TeBIS	24.01.00	25.01.00	26.01.00	27.01.00	28.01.00	29.01.00	30.01.00	t/Woche	t/d	t/Jahr
Verbrennung Linie 1	206,7	189,4	157,8	163,2	171,1	54,7	0,0	942,9	134,7	48.030,8
Verbrennung Linie 2	211,3	210,6	203,2	197,5	200,4	213,1	212,7	1.448,8	207,0	75.348,0
Verbrennung Linie 3	221,9	210,5	206,0	197,8	197,3	206,8	206,5	1.446,8	206,7	75.238,8
<b>Summe Gesamt AHKW</b>	<b>639,9</b>	<b>610,5</b>	<b>567,0</b>	<b>558,5</b>	<b>568,8</b>	<b>474,6</b>	<b>419,2</b>	<b>3.838,5</b>	<b>548,4</b>	<b>199.617,6</b>
<b>Gesamt-Verbrennung KW 4</b>								<b>3.838,5</b>		

7 d Durchschnitt = 508,4

Verteiler: Bath, Dr. Michale, Wagner, Seizner, Hinternay, SL-AHKW

**Abb. 6:** AHKW-Liste als Excel-Auswertung in Berichtsform

## Beispiel 2: HCl-Prognose zur emissionsorientierten Optimierung der Fahrweise

Die 17. Bundesimmissionschutzverordnung (17. BImSchV) schreibt für Betreiber von Abfallentsorgungsanlagen die **Einhaltung von Grenzwerten** für die im Rauchgas enthaltenen Stoffe vor. Für die kontinuierlich zu messenden Stoffe (z.B. SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, CO etc.) sind folgende Halbstunden- und Tagesmittelwerte festgelegt [4].

Rauchgas-Inhaltsstoffe	Tagesmittelwerte nach 17. BImSchV [mg/m <sup>3</sup> Abgas]	Halbstundenmittelwerte nach 17. BImSchV [mg/m <sup>3</sup> Abgas]
Σ Staub	10	30
Σ C	10	20
HCl	10	60
HF	1	4
SO <sub>x</sub>	50	200
NO <sub>x</sub>	200	400

**Tabelle 1:** Emissionsgrenzwerte nach 17. BImSchV

Die Zusammensetzung des an die Umwelt abgegebenen Rauchgases kann, verursacht durch Schwankungen in der Müllzusammensetzung, ebenfalls gewissen Schwankungen unterliegen. Ungünstige Müllzusammensetzungen können bei einzelnen Inhaltsstoffen (z.B. anorg. Chlorverbindungen HCl) kurzfristig starke Anstiege in der Konzentration verursachen. Um nun die Grenzwerte auch ohne Reduzierung der Verbrennungsleistung einzuhalten, kann man auf Basis der aktuellen und historischen Emissionswerte eine **Prognose für einzelne Emissionswerte** erstellen, die dem Anlagenführer eine unter Emissionsgesichtspunkten optimierte Fahrweise erlaubt.

Das TeBIS<sup>®</sup>-System A erlaubt durch die Bildung von Online-Rechenwerten, die im Takt der Erfassungsrate (z.B. alle 4 Sekunden) berechnet und archiviert werden, die Hochrechnung des zu erwartenden Tages- oder Halbstundenmittelwertes auf Basis der bisher aufgelaufenen Emissionswerte. **Abb. 7 zeigt am Beispiel** der anorganischen Chlorverbindungen (HCl) wie sich dem Anlagenfahrer eine im TeBIS<sup>®</sup>-System realisierte HCl-Prognose darstellt:

- **Kurve 1** stellt den aktuell gemessenen HCl-Emissionswert über 24 h dar. Deutlich erkennbar ist ein gravierender Anstieg der HCl-Konzentration ab ca. 10:30 an diesem Tag.
- **Kurve 2** ist eine berechnete Größe, die dem Anlagenfahrer anzeigt, welcher Tagesmittelwert aufgrund der Tageshistorie und Beibehaltung der aktuellen Fahrweise erreicht wird.
- **Kurve 3** ist ebenfalls eine errechnete Größe, die unter Berücksichtigung der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwertes für HCl anzeigt, mit welcher maximalen HCl-Konzentration die Anlage weitergefahren werden kann, ohne den Grenzwert zu überschreiten.

**Die HCl-Prognose ermöglicht eine** einfache Abschätzung der Folgen eines kurzzeitigen Konzentrationsanstieges und erlaubt dem Anlagenfahrer eine **optimale Anpassung der Fahrweise an die einzuhaltenden Emissionsgrenzwerte**. Dadurch können unnötige Reduktionen der Durchsatzleistung vermieden werden.



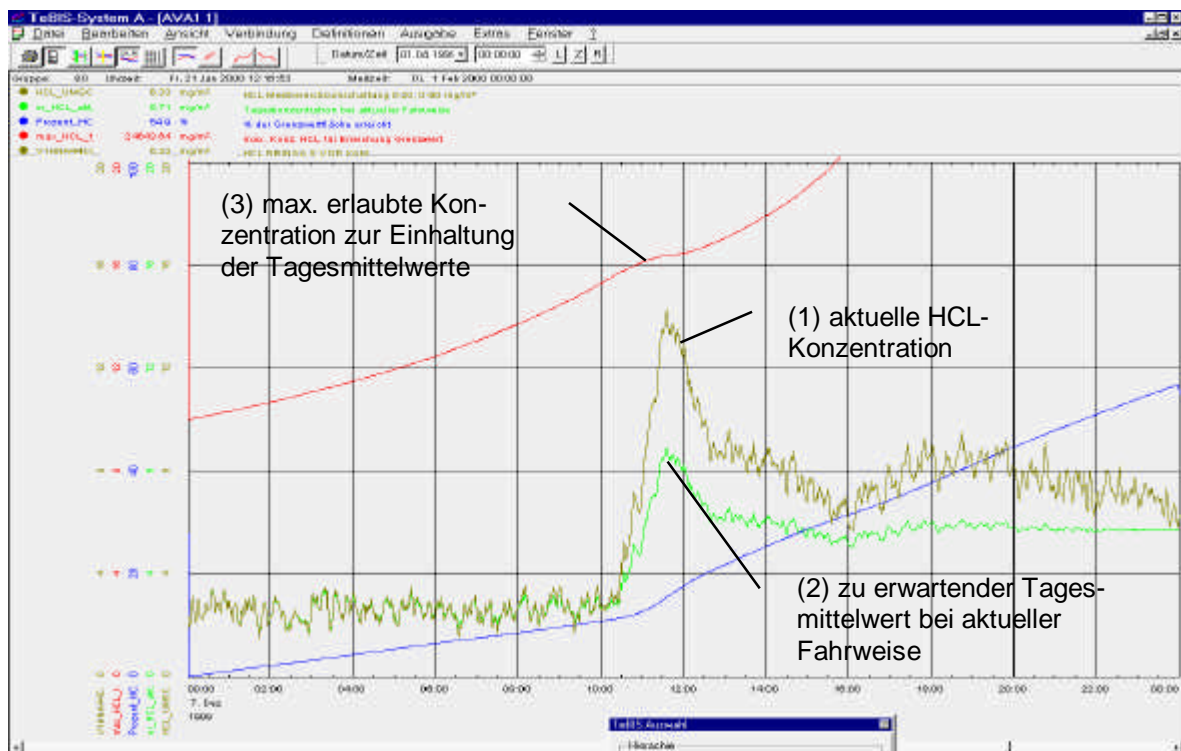


Abb.7:HCl-Prognose im TeBIS<sup>â</sup>-System A

### 3.2 Entwicklung einer schnellen Lastreduktion in der Erdgasaufbereitungsanlage Großenkneten der BEB Erdgas- und Erdöl GmbH

Die BEB Erdgas -und Erdöl GmbH gehört zu den größten Erdöl- und Erdgasproduzenten in Deutschland. Zur Aufbereitung des sogenannten "Saugergases", einem Erdgas mit hohem Schwefelwasserstoffanteil, betreibt die BEB in Großenkneten eine der modernsten und größten Erdgasaufbereitungsanlagen der Welt (Abb. 8).

Die Aufbereitung ist erforderlich, um aus dem sauren Erdgas den Schwefelwasserstoff zu entfernen und damit ein für den Verbraucher nutzbares Erdgas zu erhalten. Für die Reinigung von saurem Erdgas benutzt man Gaswäschen. Für das starksaure Erdgas wird das sogenannte **Sulfinol-Verfahren** verwendet, bei dem mit Hilfe einer Waschlösung Schwefelwasserstoff und Kohlendioxid ausgewaschen werden.



Abb. 8: Erdgasaufbereitungsanlage Großenkneten

Der Schwefelwasserstoff und das Kohlendioxid fallen dabei in gasförmiger Form als sogenanntes Clausgas an. Aus diesem Clausgas wird durch einen zweiten verfahrenstechnischen Prozess, den sogenannten Clausprozess, als Endprodukt u.a. ele-

mentarer Schwefel gewonnen. Es wurden beispielsweise 1999 aus der Aufbereitung von 6,5 Mrd. m<sup>3</sup> Sauerogas 849.000 Tonnen Elementarschwefel erzeugt.

In der Erdgasaufbereitungsanlage wird das Sauerogas parallel in **drei Sulfinol-Anlagen** gereinigt. Das dabei entstehende Clausgas wird über einen gemeinsamen Header den **drei ebenfalls parallel arbeitenden Claus-Anlagen** zu geführt. Die Reinigungskapazität der Sulfinol-Anlagen ist dabei exakt auf die Verarbeitungskapazität der Claus-Anlagen abgestimmt. Im Normalfall arbeiten die Anlagen im Vollastbetrieb, um eine maximale Anlagennutzung zu erreichen.

Nun trat in der Vergangenheit wiederholt das Problem auf, das im Vollastbetrieb eine Claus-Anlage ausgefallen ist. Dadurch konnte die gesamte Clausgasmenge aus den Sulfinolwäschen nicht mehr abgenommen werden. Da auch keine Pufferkapazitäten vorhanden sind, musste ebenfalls eine der Sulfinol-Anlagen abgeschaltet werden. Das Wiederanfahren einer Sulfinol-Anlage dauert ca. 18 h, das Wiederanfahren der Claus-Anlage ca. 6 h.

**Der mit dem eintägigen Stillstand einer Verfahrenslinie (Sulfinol-Anlage, Claus-Anlage) verbundene Produktionsausfall liegt bei 3 bis 5 Mio m<sup>3</sup> Verkaufsgas.**

Diese Ausfälle sind etwa 4-5 mal pro Jahr aufgetreten. Hier bestand offensichtlich ein Potenzial zur Verringerung der Stillstandszeit der Verfahrenslinie, wenn es gelingen würde das Abschalten der Sulfinol-Anlage zu vermeiden und stattdessen die Reinigungskapazität der drei Sulfinol-Anlagen schnell auf die Abnahmekapazität der verbleibenden zwei Claus-Anlagen zu reduzieren.

Um diesen Prozess optimieren zu können, d.h. die Möglichkeit einer schnellen Lastreduktion untersuchen zu können, war es erforderlich das bisherige Anlagenverhalten anhand von gemessenen Prozessdaten aus der Vergangenheit zu analysieren und in einem mathematischen Modell (mit MATLAB) für Simulationszwecke abzubilden.

**Die BEB setzt in der Erdgasaufbereitungsanlage Großenkneten seit 1997 das technische Betriebsinformationssystem TeBIS<sup>®</sup> ein.** Mit TeBIS<sup>®</sup> werden aus fünf vorhandenen Teleperm M-Systemen alle 10 Sekunden ca. 5000 Prozeßsignale aufgezeichnet. Die Prozessdaten der 5000 Kanäle stehen den Anwendern in der 10-Sekunden-Auflösung ca. drei Jahre auf Festplatten im Direktzugriff zur Verfügung. Das TeBIS<sup>®</sup>-System unterstützte die Entwicklung der schnellen Lastreduktion bei den folgenden Teilschritten:

➤ **Analyse der Anlagenausfälle:**

Das TeBIS<sup>®</sup>-System ermöglichte durch seine graphischen Visualisierungswerkzeuge sowie den einfachen und frei konfigurierbaren Zugriff auf alle Prozessdaten die detaillierte Analyse der Anlagenausfälle. Die Analyse verschiedener Ausfälle lieferte die entsprechenden Erkenntnisse über das reale Anlagenverhalten, die dann als Basis für die Modellierung der Anlagen mit dem Simulationsprogramm MATLAB dienten.

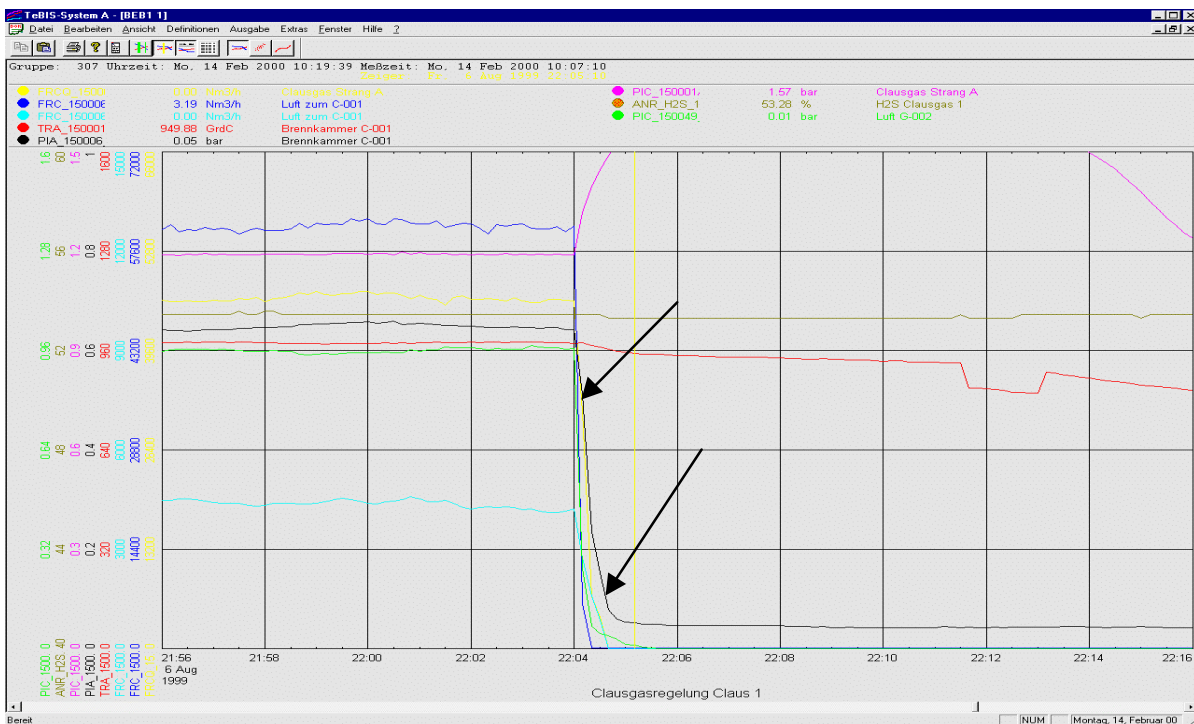
➤ **Erstellung und Optimierung des Anlagenmodells:**

Das mit MATLAB erstellte Modell diente dazu neue Steuerungsstrategien für die Leittechnik zu entwickeln und durch Simulation zu prüfen. Dazu wurden Prozessdaten aus dem TeBIS<sup>®</sup>-System verwendet, um möglichst reale Eingangsdaten für die Simulation zu verwenden. Mit dem Anlagenmodell wurden nun Steuerungsstrategien für die Leittechnik entwickelt, die es erlauben die Last der drei Sulfinol-Anlagen bei Ausfall einer Claus-Anlage innerhalb von max. 200 Sekunden auf die notwendige Teillast abzusenken.

➤ **Überprüfung und Nachoptimierung der Steuerungsstrategien:**

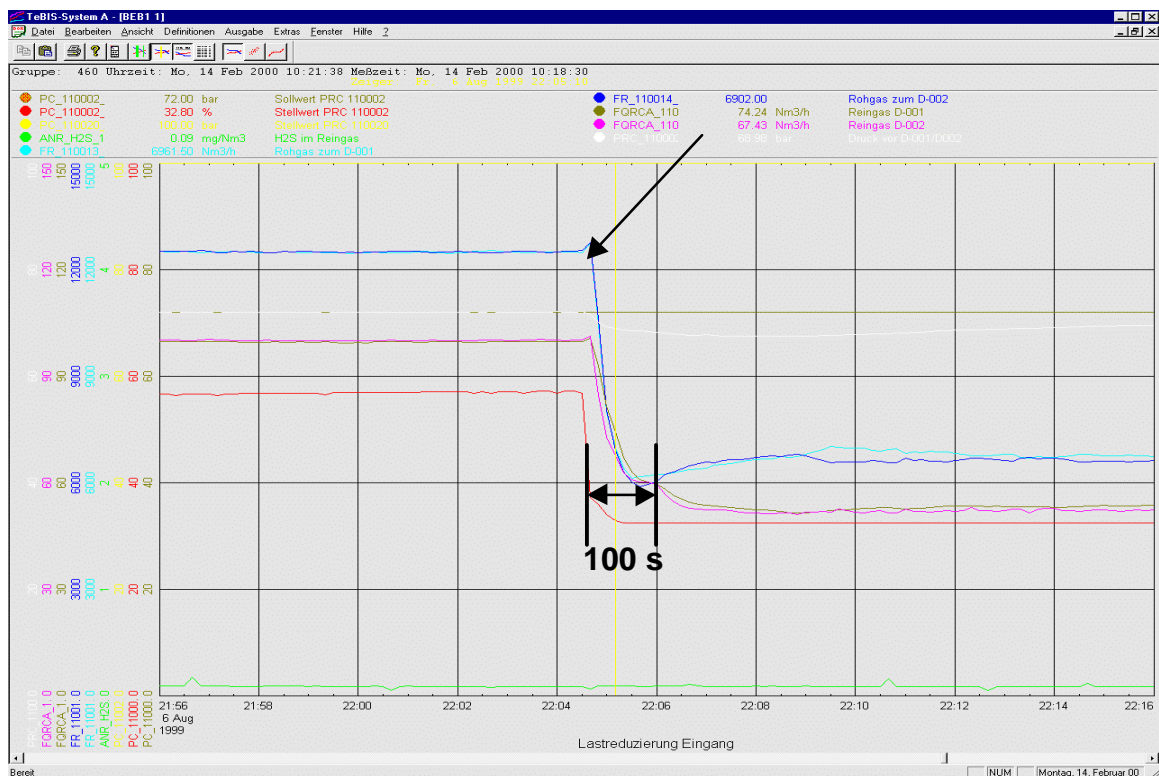
Die entwickelte Steuerungsstrategie wurde als Programmteil in der Leittechnik der Sulfinol-Anlagen implementiert. Da die notwendige schnelle Lastreduktion mit regelungstechnischen Methoden nicht möglich war, wurde ein anderer Weg beschritten. In Form eines kontinuierlich mitlaufenden Modelles, das die relevanten Prozessgrößen berücksichtigt, werden die Zielgrößen und deren Steuergrößen berechnet. Nach Aktivierung der schnellen Lastreduktion werden die jeweiligen Regelungen von den Stellorganen abgekoppelt und die Modell-Stellgrößen werden auf die Stellorgane aufgeschaltet. Um nicht blind zu fahren, werden die beeinflussten Prozessgrößen ständig auf Einhaltung von Toleranzen überwacht. Wird eine solche Toleranz verletzt, so greift die vorher abgekoppelte Regelung wieder ein, in der berechtigten Hoffnung, daß die Toleranz anschließend wieder eingehalten wird. Da das TeBIS<sup>®</sup>-System das gesamte Anlagenverhalten wie ein Flugschreiber dokumentiert, standen bei weiteren Ausfällen alle relevanten Prozessdaten sofort zur Verfügung. Dadurch war eine schnelle Analyse und Nachoptimierung der Steuerungsstrategien möglich bis der gewünschte Erfolg sich einstellte.

**Den Erfolg der schnellen Lastreduktion zeigen** die beiden nachfolgenden Abbildungen. Abb. 9 zeigt wesentliche Prozessgrößen der Eingangsregelung einer Claus-Anlage bei einem Anlagenausfall. Erkennbar ist wie innerhalb kürzester Zeit die der Claus-Anlage zugeführte Clausgasmenge, der Brennkammerdruck und andere Prozessparameter durch den Ausfall reduziert werden (siehe Pfeile).



**Abb.9:** Veränderung relevanter Prozessparameter beim Ausfall einer Claus-Anlage

**Abb.10 zeigt eindrucksvoll den Erfolg der schnellen Lastreduktion** am Beispiel der wesentlichen Prozessparameter der Sulfinol-Anlage 1. Innerhalb von ca. 100 Sekunden wird die Clausgas-Produktion in allen drei Sulfinol-Anlagen auf das notwendige Niveau abgesenkt, ohne das eine Anlage ausfällt. Durch die schnelle Lastreduktion konnten signifikante Produktionsausfälle vermieden werden.



**Abb.10:** Schnelle Lastreduktion bei der Sulfinol-Anlage 1

### 3.3 Einsatz des TeBIS®-Systems im Kraftwerk Enddorf der VSE AG

Die Vereinigte Saar-Elektrizitäts-AG (VSE AG) gehört zu den größten **regionalen Stromversorgungsunternehmen des Saarlandes**. Sie betreibt zwischen den Industriestandorten Völklingen und Dillingen das Steinkohlekraftwerk Enddorf mit einem 110-MW-Block und einem 300-MW-Block. Als Brennstoff wird hauptsächlich ballastreiche Steinkohle von der Saar eingesetzt.

Das **Kraftwerk Enddorf** wird vornehmlich im Mittellastbereich eingesetzt, d.h. mit häufigem An- und Abfahren der in Betrieb befindlichen Blöcke 1 und 3. Der 110-MW-Block dient der Stromversorgung der VSE-Kunden. Der im 300-MW-Block erzeugte Strom wird an die **RWE Energie AG** geliefert, die auch Eigentümer dieses Blockes ist.



**Abb.11:** Kraftwerk Enddorf

Zur **Langzeitdatenarchivierung, Prozessoptimierung und Automatisierung des Berichtswesens** wurde das TeBIS®-System im Herbst 1998 eingeführt. Ein besonderer Schwerpunkt bildete **die Integration der Daten aus den verschiedenen Datenquellen**. In den ersten beiden Ausbaustufen werden aus zwei Contronic E-Stationen ca. 800 Prozessgrößen (120 mit 2 s, 680 mit 20 s Auflösung) sowie ca. 120 Prozessgrößen (20 s Auflösung) der REA-/DeNOx-Anlage über HP-Meßdatenerfassungssysteme direkt vom Rangierverteiler erfaßt.

## Das TeBIS®-System wird u.a. für folgende Aufgaben eingesetzt:

- Langzeitdatenarchivierung und Berichtswesen
- Optimierung der Anfahrten
- Optimierung der Betriebsabläufe bei Leistungsänderungen des Kraftwerks
- Analyse, Rekonstruktion und Dokumentation von Störfällen
- Untersuchungen des langfristigen Wirkungsgradverlaufes der Hauptkomponenten

Ein gutes Beispiel für die Anwendung des TeBIS®-Systems ist die Untersuchung des langfristigen Verlaufes der Druckverluste über dem Hochdruckteil (HD-Teil) des Kessels 1, da TeBIS® gestattet langsam veränderliche Vorgänge schnell und unkompliziert als Funktion verschiedener Parameter zu untersuchen. Der Hintergrund des gewählten Beispiels sei kurz erläutert:

Bei einem vorgegebenen Frischdampfdruck (z.B. 180 bar) muss die Speisepumpe das Speisewasser mit einem bestimmten Überdruck (z.B. 245 bar) in den Kessel einspeisen, um die Widerstände des Rohrleitungssystems im Kessel zu überwinden. Die Widerstände des Rohrleitungssystems können sich durch Ablagerungen, bauliche Veränderungen etc. verändern. Geringere Druckverluste bedeuten, dass weniger Energie aufgewendet werden muss, um das Speisewasser in den Kessel zu fördern. Bei einem gegebenen Kessel (hier ein zweizügiger Zwangsdurchlaufkessel: 360 t/h, 245 bar, 530° C) sind die Druckverluste im wesentlichen von der Speisewassermenge und der Einspritzwassermenge abhängig. Eine hohe Einspritzwassermenge verringert den Kesseldruckverlust. Die Einspritzwassermenge wird maßgeblich durch die feuerraumseitigen Kesselverschmutzungen beeinflusst und variiert im Stunden- bis Tagesbereich.

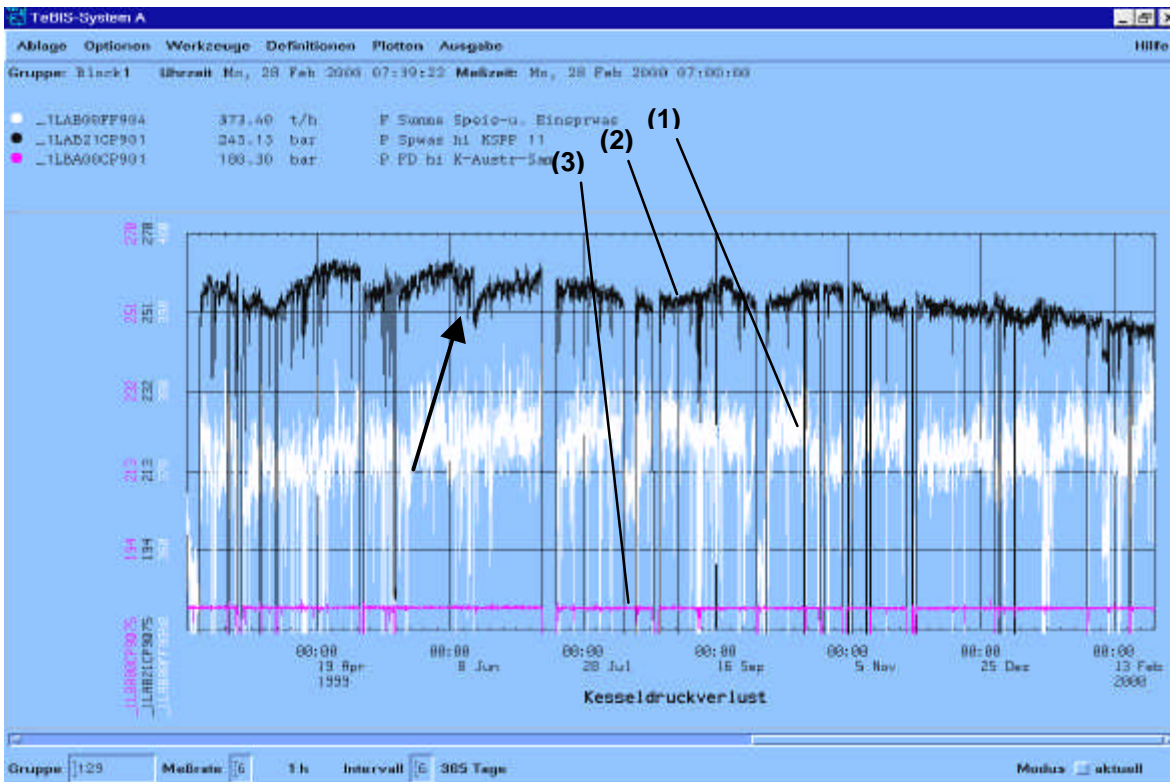


Abb.12: Verlauf der Prozessgrößen zur Kesseldruckverlustbestimmung

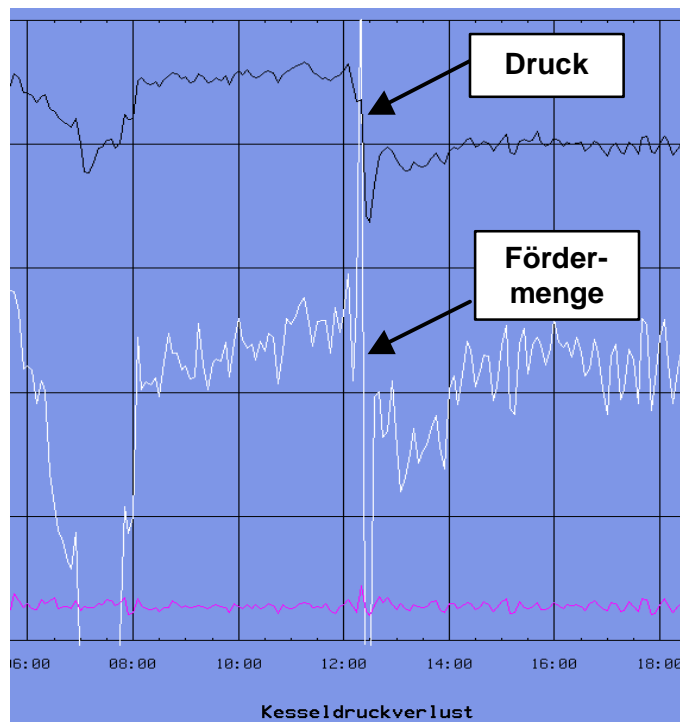
Als Gründe für langfristige Änderungen im Jahresbereich kommen Ablagerungen in den Kesselrohrleitungen in Betracht, die in der Regel ihre Ursache in der Chemie des Speisewassers haben. **Zur Untersuchung des langfristigen Verlaufes der Kesseldruckverluste** standen u.a. als Messstellen die Summe aus Einspritz- und Speisewasser (1), der Druck hinter der Speisepumpe (2) und der Frischdampfdruck hinter dem Kesselaustrittssammler (3) zur Verfügung.

**Abb.12** zeigt den Verlauf dieser Größen als 1-h-Mittelwerte über den Zeitraum eines Jahres. **Nach Erkennen der schleichenden Erhöhung der Kesseldruckverluste mit TeBIS® wurde die chemische Fahrweise angepasst.** Zu diesem Zeitpunkt war die Speisepumpe durch den erhöhten Druck (10 bar erhöhter Druck bedeuteten ca. 140 kW erhöhte Antriebsleistung) schon im Grenzbereich ihrer Leistungsfähigkeit.

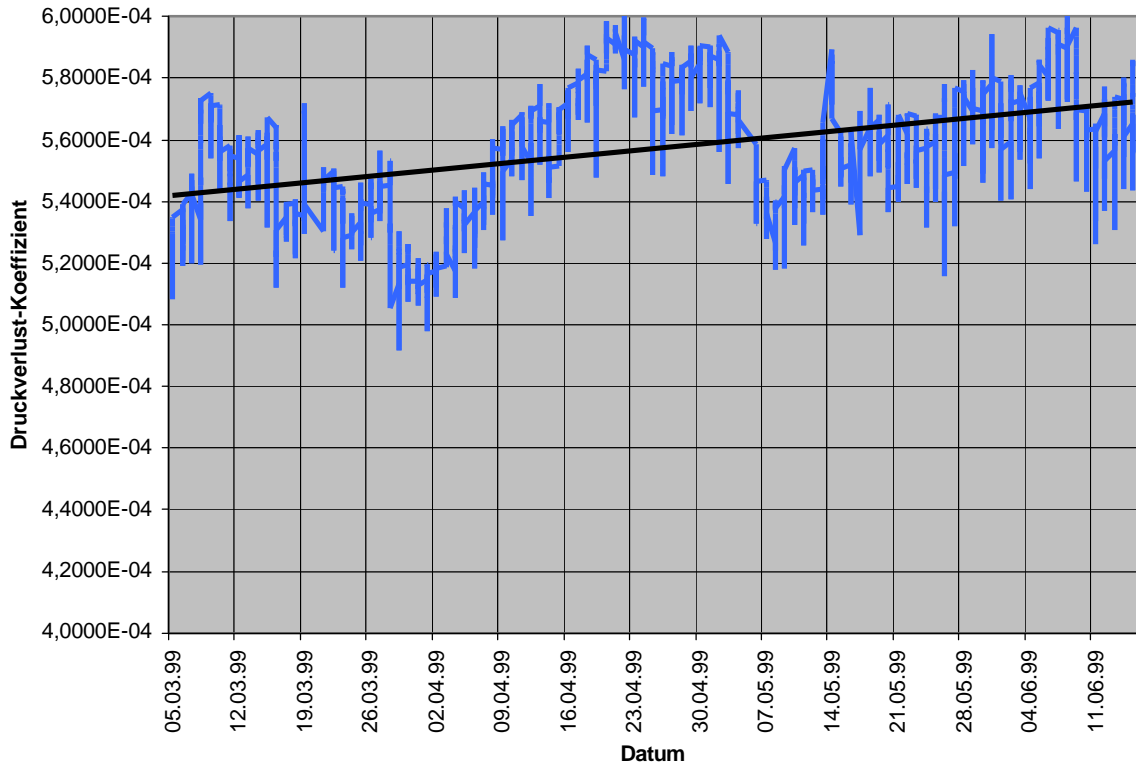
Aus dem Verlauf über ein Jahr (Abb.12) ist erkennbar, dass bei konstantem Frischdampfdruck (ca. 180 bar) und relativ konstanten Speise-/Einspritzwasserfördermengen (zwischen 365 und 380 t/h) langfristig ein deutlicher Rückgang des Förderdrucks der Speisepumpe erreicht wurde. Die kurzfristigen Druckschwankungen sind durch die oben genannten kurzfristigen Änderungen in der HD-Einspritzwassermenge verursacht. Als besonderes Ereignis ist eine schlagartige Verringerung des Rohrleitungswiderstandes am 16. Juni 1999 erkennbar (Pfeil, Abb.12).

Mit der **Zoom-Funktion des TeBIS®-Systems** konnte einfach der entsprechende Zeitabschnitt vergrößert werden (Abb.13). Man erkennt, dass zu diesem Zeitpunkt ein **Speisewasserpeak** von über 420 t/h gefahren wurde. Dieser Peak wurde durch eine Störung im Steuerluftsystem verursacht, an das u.a. der Vorwärmer angeschlossen ist. Bemerkenswert ist, dass nach diesem Speisewasserpeak der notwendige Pumpendruck bei etwa gleicher Fördermenge um ca. 10 bar verringert war. Vermutlich durch einen Spüleffekt, der sich in den folgenden Tagen wieder nivellierte.

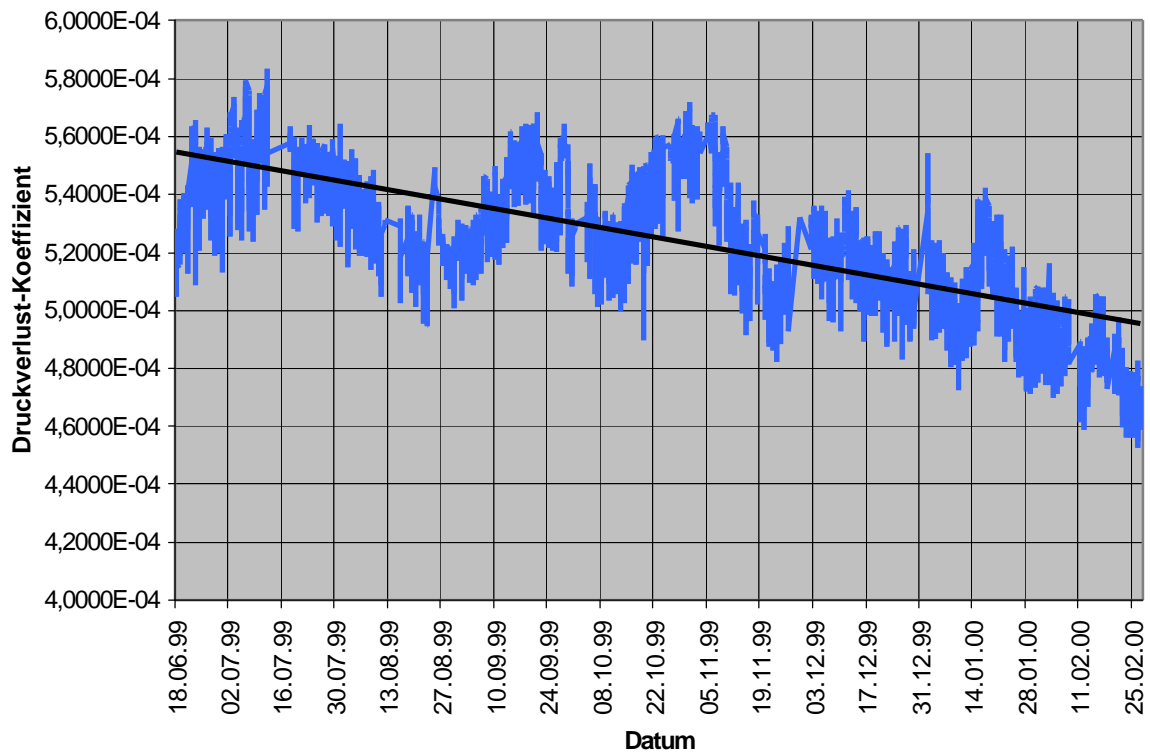
**Abb.13:** Detailaufnahme vom 16. Juni 1999



Die Analyse der aus dem TeBIS®-System nach Excel exportierten Daten bestätigt den aufgrund der Darstellung gemäß Abb. 12 vermuteten **Verdacht der erhöhten Kesseldruckverluste**. Mit Excel wurde der Druckverlust-Koeffizient sowie eine lineare Regression berechnet. Vor dem 16. Juni 1999 ist der Druckverlust-Koeffizient im Mittel eindeutig angestiegen (Abb. 14), nach der Anpassung der chemischen Fahrweise sinkt er wieder (Abb. 15). Dementsprechend ging auch der Energiebedarf der Speisepumpe wieder zurück. Gerade diese schleichenden Verschlechterungen der Prozesse können mit dem TeBIS®-System besonders schnell analysiert werden, da es auch große Datenbestände (bis zu 50.000 Kanäle) für den Anwender typischerweise mehrere Jahre im Direktzugriff (z.B. aus Excel) hält.



**Abb. 14:** Verlauf des Druckverlust-Koeffizienten bis zum 16. Juni 1999



**Abb. 15:** Verlauf des Druckverlust-Koeffizienten nach dem 16. Juni 1999

#### 4. Resümee

Der Beitrag zeigt anhand ausgewählter Beispiele wie ein leistungsfähiges Betriebsinformationssystem **kreative Ingenieure** in vielfältiger Weise unterstützen kann, um die vorhandenen Optimierungspotentiale sowohl in ihren verfahrenstechnischen Anlagen als auch in den Geschäftsprozessen zu finden und entsprechend Maßnahmen zur Effizienzsteigerung einzuleiten. **Entscheidend für den Erfolg ist** die richtige Mischung aus geeigneten Werkzeugen zur Informationsaufbereitung und ingenieurmäßigem Know-How. Dies belegen nicht nur die vorgestellten Beispiele, sondern zahlreiche weitere aus nun über 10 Jahren Anwendung des TeBIS<sup>®</sup>-Systems in unterschiedlichsten Branchen. Auch **der Return-of-Invest** lässt sich bei monetärer Bewertung aller gefundenen Verbesserungen und der daraus resultierenden Kosteneinsparungen bei den meisten Anwendern **innerhalb von 2-3 Jahren** belegen.

#### Literatur

- [1] *VDI-Gesellschaft Energietechnik (GET):*  
Betriebsmanagementsysteme in der Energiewirtschaft,  
Marktübersicht 1999, CD-ROM, Düsseldorf
  
- [2] *M. Stoll, H. Steinhaus, W. Woyke, K. Hinsberger:*  
Anforderungen an ein technisches Betriebsinformationssystem,  
VDI Berichte Nr. 1508 (1999), S. 353-362, VDI-Verlag, Düsseldorf  
(Vortrag als pdf-Datei bei [www.steinhaus.de](http://www.steinhaus.de) erhältlich)
  
- [3] *K. R. Popper, J. C. Eccles:*  
Das Ich und sein Gehirn,  
R. Piper & Co. Verlag, 1989, München
  
- [4] 17. BImSchV, 23. November 1990