



EDV-gestützte Energieflußanalysen

Thomas STÜGER, Dipl.-Ing. Dr.techn., Jahrgang 1956. Studium Wirtschaftsingenieurwesen für Maschinenbau; 1984 bis 1988 Assistent am Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften (IWB), Forschungsschwerpunkt betriebliches Energiemanagement; seit Jänner 1989 Projektleiter bei der Deutschen Lufthansa AG in Hamburg

Zur Ausgangssituation

Eine Reihe von am Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften der TU-Graz in der Industrie durchgeführten Projektstudien und Diplomarbeiten zum Themenbereich «Energetische Betriebsanalyse» haben als Problemfelder vor allem erkennen lassen:

- Fehlende oder ungeeignete Meßausstattung
- Hoher Zeitaufwand für die Datenerfassung
- Fehlende und unzureichende Energiedatendokumentation
- Hoher Zeitaufwand für eine entsprechende Datenaufbereitung und Datenverarbeitung
- Keine klare Vorstellung von einem allgemein einsetzbaren, detaillierten Vorgehensmuster für betriebliche Energieflußanalysen und daraus resultierend ein gesteigerter Untersuchungsaufwand

Diese grobe Problemanalyse ließ es als sinnvoll erscheinen, sich mit der angesprochenen Aufgabenstellung im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit eingehender zu befassen. [1] Ausgewählte Kernaussagen sind im folgenden Artikel dargestellt.

1. Drei grundsätzliche Anmerkungen zur Analyse betrieblicher Energieflüsse

Einflußfaktoren

Die Ermittlung der betrieblichen Energiesituation, und damit im engeren Sinne des betrieblichen Energieflusses, erfordert eine komplexe Vorgangsweise, da eine Reihe von unterschiedlichen Einflußfaktoren berücksichtigt werden müssen; dazu zählen vor allem:

- die Produktionssituation und damit die Betriebszustände der betrachteten Systeme
- der thermische Zustand der Umgebung des betrachteten Systems
- der Zeitraum, über den die Betrachtung angestellt wird.

Bilanzierungsfähigkeit

Bei der Ermittlung betrieblicher Energieflüsse kann man sich die Bilanzierungsfähigkeit der Energie zunutze machen. Der Bereich innerhalb der Bilanzhülle wird als «Black Box» aufgefaßt. Grundsätzlich müssen folglich nur die über die Systemgrenzen fließenden Energiemengen und der Anfangs- und Endzustand des Systems untersucht werden; die Erscheinungen innerhalb des Systems bleiben außer Ansatz. [2, 3]

Modellvorstellung

Um Aussagen über das energetische Betriebsgeschehen über längere Beobachtungszeiträume zu erhalten, gibt es - da voll- und teilstatistische Erhebungen darüber aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen kaum realisierbar sind - häufig nur die Möglichkeit der gedanklichen Konstruktion der Prozeßabläufe mit an-

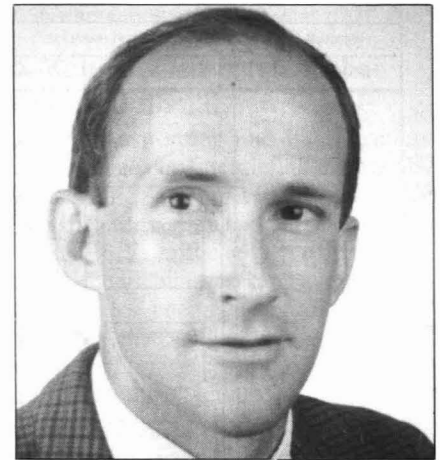
genommenen Fertigungs- und Energieverbrauchscharakteristiken (Modellvorstellung) und einer stichprobenartigen Überprüfung. Die Güte eines solchen konstruierten Prozeßablaufes und der darauf aufbauenden Energieflußanalyse hängt wesentlich von der Untersuchungsmethodik und der Sorgfalt sowie Sachkenntnis des Untersuchenden ab. [4]

2. Zum Vorgehen bei betrieblichen Energieflußanalysen

Die Forderung nach einem wirtschaftlich vertretbaren Untersuchungsaufwand ist nur durch die Anwendung eines weitgehend standardisierten, aber flexibel einsetzbaren Vorgehensmusters erfüllbar. Die Entwicklung einer solchen Vorgehenskonzeption empfiehlt sich gerade deshalb, weil der grundlegende Bearbeitungsablauf bei Energieflußanalysen, nämlich

- Untersuchungsziele festlegen,
- Aufgliedern des Betriebes in Aggregate,
- Auswahl relevanter Aggregate,
- Datenermittlung für die ausgewählten Aggregate,
- Erstellung der Einzelenergieflüsse bzw. -bilanzen und für diese Aggregate
- Zusammenführung zu Gesamtenergieflüssen bzw. -bilanzen immer gleichartig abläuft.

Die in Abb. 1 vorgestellte Methode zur Erfassung und Abbildung betrieblicher Energieflüsse wurde in Anlehnung an die 6-Stufen-Methode der Systemgestaltung nach REFA [5] entwickelt. Ausgewählte wesentliche Teilbereiche sollen nachfolgend näher beschrieben werden.



1) Das Setzen von Zielen

Unternehmensziele/technisch-organisatorische Ziele/betriebswirtschaftliche Ziele/soziale Ziele/Terminziele

2) Das Abgrenzen der Aufgabe

Festlegen der Untersuchungsbereiche

- Minimalanforderungen an die Untersuchung festlegen
- Projektgruppe bilden
- Termine planen

3) Die Grobanalyse des Ist-Zustandes

- Grobanalyse des Energiebezuges und der Energieabgabe
- qualitative Ermittlung des Energieflusses
- Auswahl, Abgrenzung und Beschreibung der Aggregate
- Sammeln von meß- und betriebspezifischen Daten
- Zeitanalyse

4) Die Feinanalyse des Ist-Zustandes

- Erstellung eines Meßprogrammes
- Durchführung der Messung
- Analyse der Meßdaten

5) Die Datensynthese

- Ausführung der Vorberechnungen
- Quantifizierung der Einzelenergieströme
- Ermittlung der Einzel-Energieflüsse bzw. -bilanzen
- Ermittlung der Gesamt-Energieflüsse bzw. -bilanzen

6) Energieflußanalyse

- Berechnung von Kennzahlen
- Erstellung sonstiger Auswertungen

Abb. 1: Die 6-Stufen-Methode der Energieflußanalyse

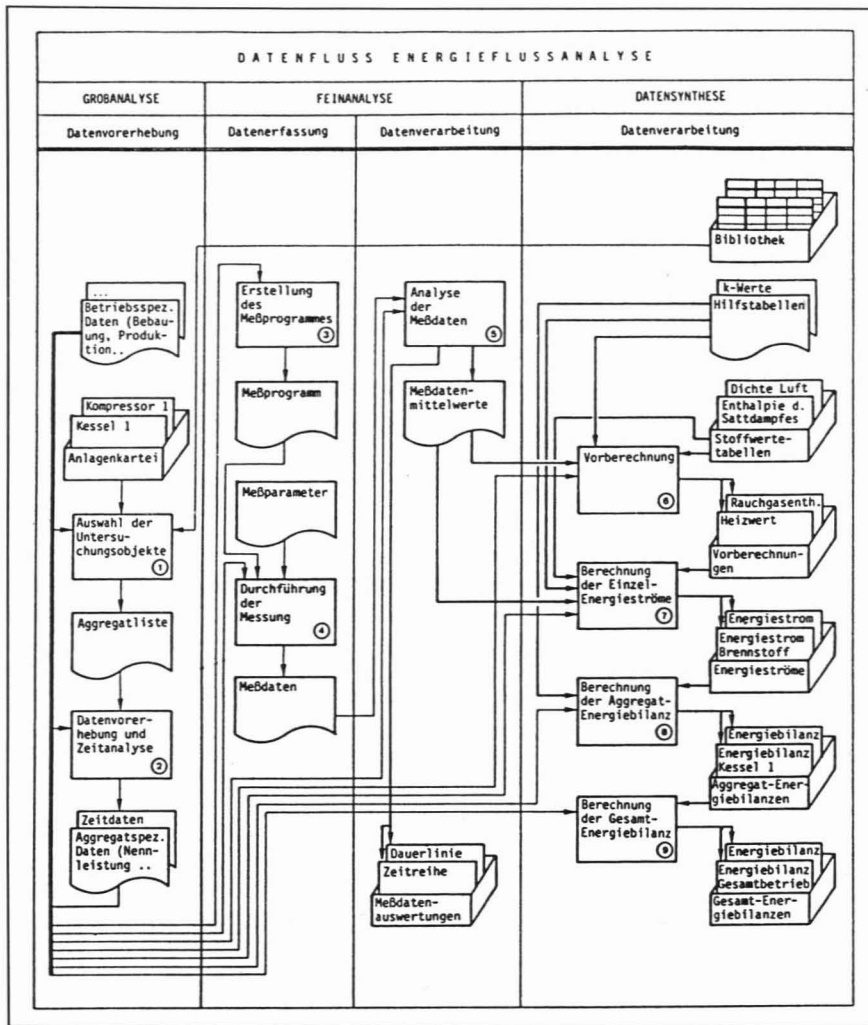


Abb. 2: Datenfluß der Energieflußermittlung

**Die Festlegung der Untersuchungsbe-
reiche**

Grundsätzlich kann die Untersuchung ein einzelnes Aggregat, eine Gruppe von Aggregaten, einen Teilbereich des Betriebes oder auch den gesamten Betrieb umfassen. Auswahlkriterien sind unter anderem:

- die Zugehörigkeit zu einem in der Untersuchungszielsetzung festgelegten Untersuchungsschwerpunkt
- die Energieintensität
- die Höhe der Energiekosten
- der Stellenwert innerhalb der betrieblichen Energieversorgung (Engpaßsituation)
- die Beeinflussbarkeit
- die zu erwartende Wirtschaftlichkeit der Untersuchung

Die Zeitanalyse

Zur Verminderung des im Rahmen von betrieblichen Energieflußanalysen entstehenden Meßaufwandes ist die Einteilung der Gesamtuntersuchungsdauer in sich regel- oder unregelmäßig wiederholende Umwandlungsabschnitte von größ-

ter Bedeutung. Bei praktischen Untersuchungen gilt es meist, den Jahresenergiefluß zu ermitteln. Gelingt es, diesen Gesamtumwandlungsablauf beispielsweise für ein der Produktion zugehöriges Aggregat in geeignete Zeitintervalle (Umwandlungsabschnitte) wie etwa

- Produktionstag mit hoher Auslastung
- Produktionstag mit mittlerer Auslastung
- Produktionstag mit geringer Auslastung
- kein Produktionstag

aufzuteilen, so kann die tatsächliche Meßdatenerfassung auf diese wenigen Umwandlungsabschnitte beschränkt werden.

Die abschließende Aufgabe der Zeitanalyse besteht dann lediglich darin, die Anteile der einzelnen Umwandlungsabschnitte (z.B. Produktionstag mit hoher Auslastung) an der gesamten Untersuchungsdauer (z.B. Kalenderjahr) zu ermitteln. Nachfolgend kann der Jahresenergiefluß für das betreffende Aggregat hochgerechnet werden.

Datensynthese

Den prinzipiellen Datenfluß für die Kernbereiche der 6-Stufen-Methode, nämlich die Grob- bzw. Feinanalyse und die Datensynthese, zeigt Abb. 2. Er beinhaltet insbesondere:

- Die Ausführung von Vorberechnungen (z.B. die Berechnung des Heizwertes des eingesetzten Brennstoffes)
- Die Quantifizierung der Einzel-Energieströme (z.B. Energiestrom Brennstoff)
- Die Ermittlung der Einzel-Energieflüsse bzw. -bilanzen (z.B. für einen Heizkessel)
- Die Ermittlung der Gesamt-Energieflüsse bzw. -bilanzen; die vorliegenden Einzel-Energiebilanzen sind dabei strukturell zur Gesamt-Energiebilanz zu verknüpfen

3. Zum Modell

Nach der Erarbeitung der Vorgehenskonzeption galt es, ein entsprechendes EDV- gestütztes Berechnungsmodell zu entwickeln. Seine Grundstruktur ist in Abb. 3 dargestellt. Die Anforderungen an ein derartiges Berechnungsmodell sind nicht alle in maximaler Weise zu erfüllen. Bedenkt man die Vielfältigkeit und Komplexität der Untersuchungsobjekte, so konkurrieren sich insbesondere die Forderung nach weitgehender Standardisierung und nach hoher Flexibilität bzw. situativer Modifizierbarkeit. Eine praxisorientierte Problemlösung muß deshalb von gemeinsamen Bestandteilen aller Anwendungsfälle ausgehen und ihre Kombination bzw. situative Anpassung optimal unterstützen.

Als vordringliche Detailanforderungen können genannt werden:

- Hohes Maß an Flexibilität durch modularen Aufbau
- Hohes Maß an Standardisierung der Bearbeitungsabläufe
- Verwendung von gleichartigen standardisierten Systembauteilen
- Klare Trennung von Datenvorverhebung und Datenfeinerhebung; von der Art der Meßdatenbeschaffung weitgehend unabhängige Datenverarbeitung
- Klare Struktur der Bearbeitung
- Jedes Ausmaß der Detaillierung ist möglich
- Eingriffsmöglichkeit auf jeder Bearbeitungsstufe
- Beliebig erweiterbar
- Benutzerführung
- Anpassung und Ausbau ohne spezielle Programmierkenntnisse möglich
- Untersuchungsaufwand kann zeitlich gestreut werden; etappenweise Bearbeitung möglich

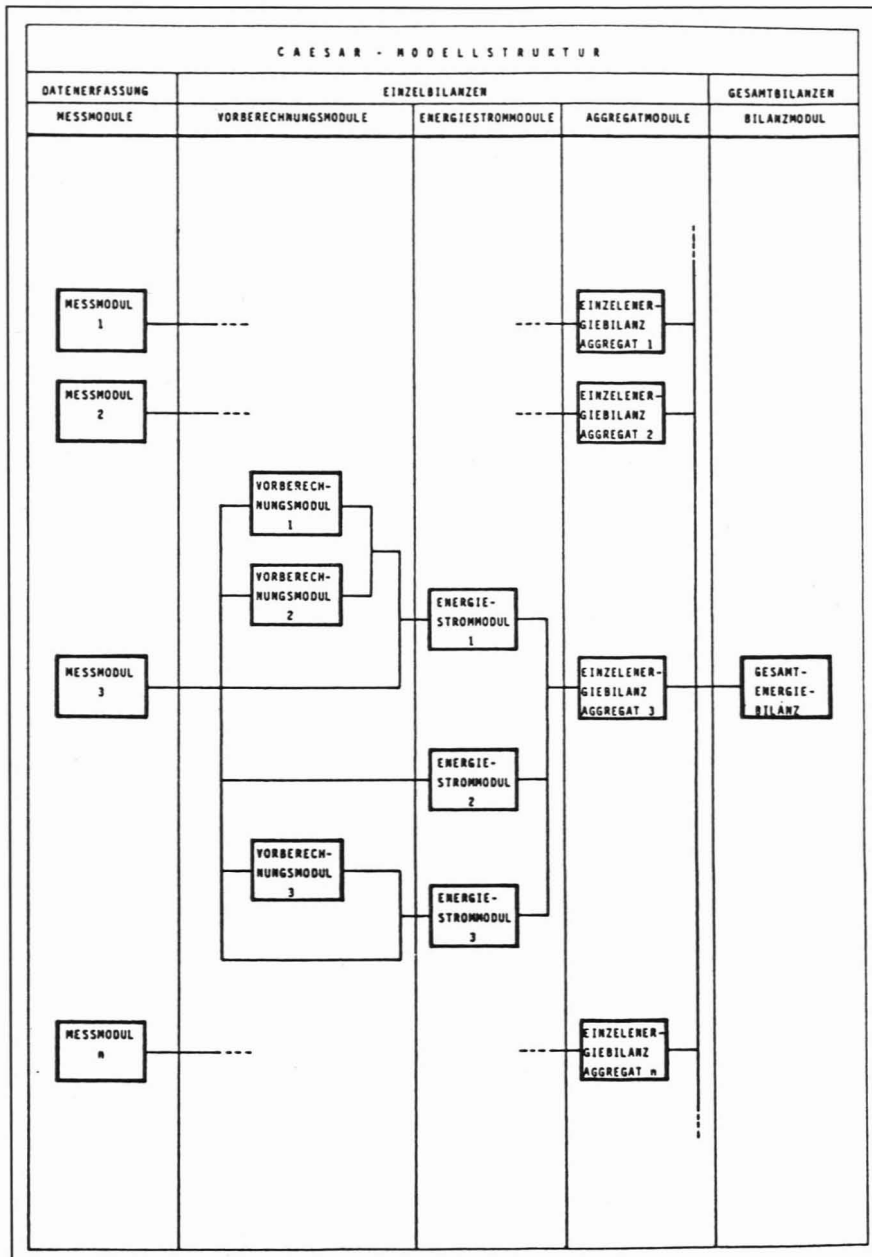


Abb. 3: Modellgrobstruktur CAESAR [9]

— Integrierte Dokumentationsmöglichkeit und damit kein zusätzlicher Dokumentationsaufwand

4. Zum Nutzen betrieblicher Energieflußanalysen

Für die Auswertung und Interpretation des im Zuge der Energieflußanalyse gewonnenen Zahlenmaterials empfiehlt sich die Bildung entsprechender Kennzahlen. [6, 7] Ausgehend von den ermittelten Energiebilanzen kann zur Verdeutlichung des energetischen Betriebsgeschehens ein Energieflußbild, vorzugsweise in Form eines Sankey-Diagrammes, gezeichnet werden.

Ganz wesentlich sind die ermittelten Energieflüsse bzw. -bilanzen als Basis für eine Bewertung des Ist-Zustandes. Dazu sind erkennbare Stärken bzw. Schwachstellen und Mängel zu beschreiben und in einem Stärken/Schwächen-Katalog zu dokumentieren sowie Ansatzpunkte für Verbesserungen aufzuzeigen [8].

5. Zusammenfassung

Im voranstehenden Artikel habe ich versucht, Ihnen die Aufgabenstellung der betrieblichen Energieflußanalyse gesamthaft näherzubringen und von mir erarbeitete Lösungsvorschläge für ausgewählte Teilbereiche ansatzweise vorgestellt. Darüber hinaus habe ich die Grundstruktur eines EDV-gestützten Lösungsmodells beschrieben. Ich hoffe damit allen mit dieser doch sehr spezifischen Problemstellung befaßten Lesern eine Orientierungshilfe gegeben zu haben.

Literatur:

- [1] STÜGER, T.: EDV-gestützte Energieflußanalyse, Dissertation, TU Graz, Graz 1988
- [2] MOOG, W.: Betriebliches Energiehandbuch, Ludwigshafen 1983, S. 77.
- [3] REFA - Verband für Arbeitsstudium und Betriebsorganisation e.V. (Hrsg.): Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 3: Kostenrechnung, Arbeitsgestaltung, 7. Aufl., München 1985, S. 132.
- [4] GEHRECKE, S., SCHAEFER, H., SCHENKEL, G.: Methoden der Energieverbrauchsforschung, in: Praktische Energiekunde, 14 (1966) 2/3, S. 25.
- [5] REFA - Verband für Arbeitsstudium und Betriebsorganisation e.V. (Hrsg.): Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 3: Kostenrechnung, Arbeitsgestaltung, 7. Aufl., München 1985, S. 70ff.
- [6] SCHAEFER, H.: Gewinnen und Verarbeiten energetischer Daten, IfE- Schriftenreihe, Heft 5, 3. Aufl., München 1982, S. 31ff.
- [7] MOOR, M.: Energie-Controlling - Konzepte zur rationellen betrieblichen Energiebewirtschaftung, TU Graz, Graz 1985, S. 128.
- [8] Vgl. VDI 3922 - Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Energieberatung für Industrie und Gewerbe, Ausgabe Juli 1984, Düsseldorf 1984, S. 4.
- [9] CAESAR = Computer Aided Energie Studies And Reports

