

1. Einleitung

In diesem Beitrag soll über den Einsatz eines Prozeßrechners als Instrument zur Meßwerterfassung, -verarbeitung und -speicherung an einer Biogasversuchsanlage berichtet werden.

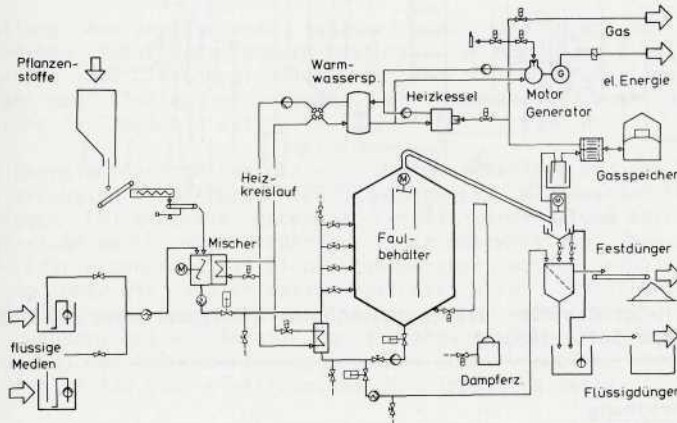


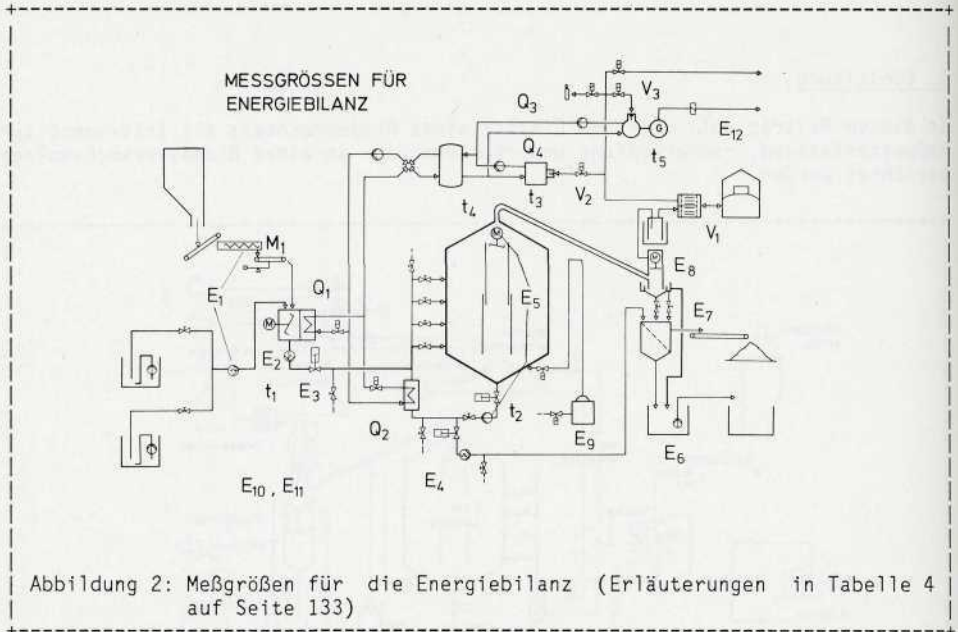
Abbildung 1: Komponenten der Biogasversuchsanlage

Im Rahmen eines größeren, vom BMFT geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens über die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Biogasanlagen wurde in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig eine Versuchsanlage errichtet, die sich nunmehr seit etwa knapp zwei Jahren in Betrieb befindet. Diese Versuchsanlage, als ein Teil dieses umfassenderen Projektes, ist insbesondere dabei für folgende Aufgaben vorgesehen:

- o Ermittlung der Energiebilanz von Biogasanlagen bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen,
- o Entwicklung und Erprobung verschiedener technischer Systeme in Biogasanlagen,
- o Überprüfung von Laborversuchen in einem praxisnahen Maßstab,
- o Ermittlung von Zusammenhängen für eine Anlagenregelung bzw. Prozeßoptimierung.

Zu den Komponenten dieser Versuchsanlage gehört natürlich auch ein System (Prozeßrechner) zur Meßwerterfassung, -speicherung und -weiterverarbeitung.

Über einzelne Bestandteile dieses Systems und über die Software soll im Laufe dieses Beitrages kurz berichtet werden.



2. Anlagenbeschreibung

Zuvor soll jedoch eine kurze Beschreibung der Versuchsanlage in ihrer derzeitigen Konfiguration gegeben werden: Als Ausgangsstoffe für die Biogasanlage werden gemäß Abbildung 1 auf Seite 129 Flüssigmist (Gülle) oder andere Flüssigsubstrate, zur Erhöhung der Gasausbeute gegebenenfalls mit Pflanzstoffen oder organischen Reststoffen verschiedener Art vermischt, in einer Mischeinrichtung auf die Prozeßtemperatur von ca. 33 - 37 Grad C aufgeheizt.

Dafür wird Heizwasser einem Warmwasserspeicher entnommen. Nach dem Aufheizvorgang erfolgt die Einspeisung des Substrates in den eigentlichen Faulbehälter von ca. 100 cbm Inhalt durch eine der vier verschiedenen Einfüllöffnungen des Fermenters. Auf den Faulprozeß, bei dem durch den komplexen mikrobiellen Abbau (hochpolymerer) organischer Stoffe unter streng anaeroben Bedingungen Biogas mit etwa 60 - 70% Methan und 30 - 40% Kohlendioxid entsteht, kann ich hier nicht näher eingehen.

Verschiedene Rührsysteme, so ein mechanisches Rührwerk wie auch eine Pumpe unterhalb des Behälters, dienen zur Vermischung des Faulbehälterinhaltes.

Das entstehende Gas, wie auch überschüssiges Substrat mit Schaum vermischt, werden oben aus dem Behälter abgeführt, die Flüssigkeit von möglichen Grobstoffen abgetrennt und beide Komponenten zur weiteren Verwendung zwischengespeichert, während das Gas über einen Flammenrückschlagfilter in den Gasspeicher gelangt (ca. 70 cbm Inhalt). Das Gas kann sowohl als Energieträger aus der Anlage abgegeben bzw. zur Erzeugung von elektrischem Strom durch ein Gasmotor-Generator-Aggregat und zur Bereitstellung von Prozeßwärme über Motorabwärme oder bzw. und durch einen Gasheizkessel genutzt werden. Andere Alternativen zur Gasverwendung können angekoppelt werden. Zum Aufheizen des

Behälterinhaltes beim Anfahren des Prozesses, wenn noch kein eigenes Gas zur Verfügung steht, findet ein elektrisch betriebener Dampferzeuger Verwendung.

In Ermangelung ausreichender Kenntnisse über den Ablauf des komplexen Biogasprozesses wird die Biogasanlage noch nicht durch den Rechner gesteuert. Die Versuchsanlage wurde deshalb mit einer frei programmierbaren Steuerung ausgerüstet, die z.Z. den Ablauf der Versuchsprogramme steuert (über Pumpen, Ventile usw.). Daher sind schon regelungstechnische Elemente in der Anlage enthalten, die die spätere Regelung durch einen Prozeßrechner ermöglichen sollen. Die Anlage selbst läuft unbeaufsichtigt rund um die Uhr. Dies gilt auch in gleicher Weise für die Systeme zur Meßwerterfassung und -verarbeitung.

3. Zu erfassende Meßgrößen

Zur Erfüllung der vorgesehenen Aufgaben wurde die Anlage mit entsprechenden Meßfühlern bzw. Meßgrößenumformern bestückt. In Abbildung 2 auf Seite 130 sind die Meßgrößen für die Energiebilanz mit indizierten großen und kleinen Buchstaben an den Stellen eingetragen, an denen sie auch gemessen werden (Erläuterung in Tabelle 4 auf Seite 133).

Für eine Energiebilanz müssen die von der Gesamtanlage und von ihren Einzelaggregaten erzeugten und verbrauchten Gasmengen (V), Wärmemengen (Q) und Elektroenergiemengen (E) einander gegenübergestellt werden. Die aufsummierten bzw. aufintegrierten Werte müssen während einer mehrwöchigen Versuchsperiode auch bei Netz- oder Rechnerausfall sicher gespeichert werden, eine sehr wesentliche Anforderung, über die später weiter berichtet wird. Sämtliche Meßwertumformer zur Ermittlung der Energiebilanz liefern daher neben einer, der jeweiligen Meßgröße proportionalen Anzahl von Ausgangsimpulsen für die Digitalzähler (Zähleingaben) des Meßwerterfassungssystems auch visuelle, nicht löschbare Anzeigen durch Rollen bzw. elektromechanische Impulszählwerke.

Zur Gasvolumenmessung werden klärgasfeste Balgengaszähler mit elektrischem Impulsausgang und Rollenzählwerken eingesetzt.

Die Bestimmung der Wärmemengen erfolgt durch Produktbildung aus dem Wasserdurchfluß in den Heizkreisläufen und der jeweiligen Temperaturdifferenz in Vor- und Rücklauf durch mikroprozessorgesteuerte Wärmemengenmesser.

Meßwandlerzähler mit elektrischem Impulsausgang (mit der Möglichkeit zur Impulsfrequenzumsetzung) dienen zur Bestimmung der erzeugten und verbrauchten Elektroenergiemengen. Zur weiteren Differenzierung des Elektroenergieverbrauches, wie z.B. für die Aggregate Rühren und Umwälzen (E5), werden auch verschiedene Betriebszeiten (t) über das Einzählen frequenzkonstanter Zählimpulse erfaßt. Die dem Flüssigmist hinzudosierte Masse von Pflanzen- und organischen Reststoffen M1 wird ebenfalls durch Einzählen von Impulsen erfaßt.

Im Gegensatz hierzu stehen die Größen zur Anzeige bzw. Überwachung des Betriebszustandes gemäß Abbildung 3 auf Seite 132. Diese fallen ausnahmslos als analoge Meßsignale an. Es sind dies ca. 10 verschiedene Temperaturen (Δ), der Füllstand des Gasspeichers (V), Konzentrationen von Methan und Kohlendioxyd (c) sowie von Redoxpotential E(h) und pH-Wert (Erläuterungen in Tabelle 4 auf Seite 133).

Entsprechend der jeweiligen Versuchsanstellung sind Anzahl und Art der Meßgeber ständig Änderungen unterworfen. Diese Darstellung gibt nur den gegenwärtigen Stand wieder.

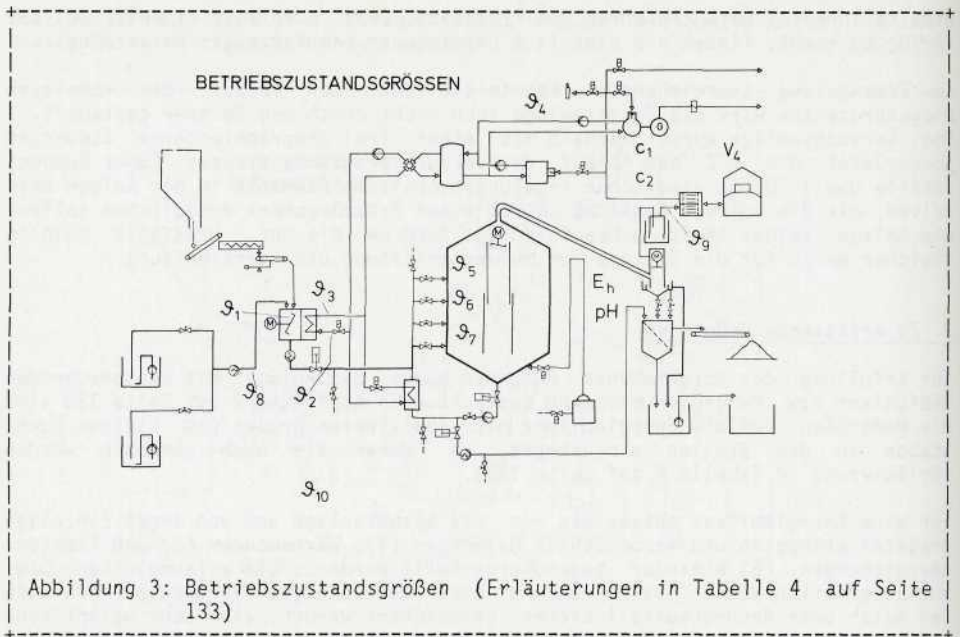


Abbildung 3: Betriebszustandsgrößen (Erläuterungen in Tabelle 4 auf Seite 133)

4. Prozeßperipherie - Meßsignalaufbereitung

Als Instrument zur Meßwerterfassung wird ein Kleinprozeßrechner Siemens R10 eingesetzt. Bevor die verschiedenen Meßsignale jedoch in den Rechner gelangen, müssen diese rechnergerecht aufbereitet werden.

Abbildung 5 auf Seite 134 zeigt die verschiedenen Komponenten der Signalaufbereitung vor dem Rechneingang:

Die Temperaturen werden mit Thermoelementen der Paarung Cu-Konstantan gegenüber Eispunkt gemessen. Wegen der sehr geringen Thermospannung ist eine Verstärkung mit Chopperverstärkern notwendig.

Die elektrischen Ausgangssignale der Geräte für die Gasanalyse - hier werden Geräte nach dem Infrarotabsorptionsprinzip verwendet, wie auch für die pH-Wert-, Redoxpotential- und Füllstandsmessung müssen vor der Analog-Digitalwandlung linearisiert werden. Ein wesentliches Element der Meßwerterfassung ist die externe, gepufferte Versorgung der Prozeßeinheit und somit auch der elektronischen Digitalzähler (Zähleingaben) über Batterie 24 Volt und DC/DC-Wandler mit 5 Volt Gleichspannung. Hiermit ist sowohl eine ungestörte Registrierung von Zählpulsen wie auch eine Speicherung der Werte in den Zähleingaben bei Rechner- bzw. Netzausfall möglich, da z.B. in solchen Fällen die Gasproduktion (mikrobielle Tätigkeit) weiterläuft und registriert werden muß.

Die Digitalsignale, die im wesentlichen der Anlagenbilanzierung dienen, entstammen verschiedenen Meßwertumformern. Um ihre Zählpulse in Bezug auf Impulslänge und -pegel auf die Eingangsbedingungen der Digitalzähler des Rechners anzupassen, gelangen sie über Impulsformerstufen (Abbildung 6 auf Seite 135) erst auf die Zähler des Rechners. Durch Opto-Koppler im Eingang der Impulsformerstufen wird gleichzeitig eine galvanische Trennung zwischen der Rechnerversorgung und den vorgeschalteten Meßelementen erreicht.

Eine entsprechende galvanische Trennung für die Analogsignale erfolgt für die Analogeingaben in den Analog-Digitalwandlern des Rechners selbst.

Größe	Symbol	Dim.
<u>Betriebszustand</u>		
CH ₄ -Gehalt des Gases	c ₁	%
CO ₂ -Gehalt des Gases	c ₂	%
pH-Wert	pH	
Redoxpotential	E _h	mV
Gasspeicher-Füllstand	V ₄	m ³
Substrattemperatur im Mischer	ϑ ₁	°C
Vorlauftemperatur, Mischer	ϑ ₂	°C
Rücklauftemperatur, Mischer	ϑ ₃	°C
Vorlauftemperatur, Heizkessel u. Motor	ϑ ₄	°C
Temperatur im Gärbehälter, oben	ϑ ₅	°C
Temperatur im Gärbehälter, mitte	ϑ ₆	°C
Temperatur im Gärbehälter, unten	ϑ ₇	°C
Temperatur Gülleeingang	ϑ ₈	°C
Temperatur in der Gasleitung	ϑ ₉	°C
Außentemperatur	ϑ ₁₀	°C
<u>Energiebilanz</u>		
Gas:		
====		
erzeugte Gasmenge	V ₁	Nm ³
Verbrauch Heizkessel	V ₂	Nm ³
Verbrauch Motor	V ₃	Nm ³
Wärme:		
=====		
Verbrauch Mischer	Q ₁	kWh
Verbrauch Wärmeaustauscher	Q ₂	kWh
Tabelle 4: Bezeichnung der an der Biogasversuchs-Anlage erfaßten Meßgrößen		

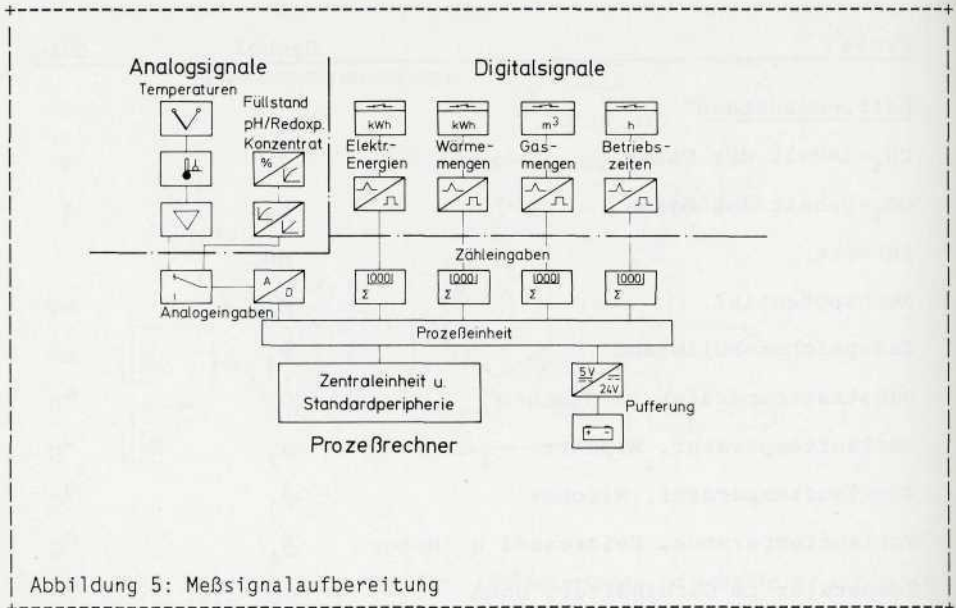


Abbildung 5: Meßsignalaufbereitung

5. Meßwerterfassungssystem

Als System zur Meßwerterfassung, -verarbeitung und -speicherung wird ein Siemens Minicomputer R10 aus der Serie 300 mit 16 Bit Wortlänge eingesetzt. Abbildung 7 auf Seite 136 zeigt seinen gegenwärtigen Ausbaustand:

- o Zentraleinheit mit 64 kW-Speicherausbau, Gleitpunktprozessor, separater Ein-/Ausgabeprozessor,
- o Standardperipherie mit einem Ein-/Ausgabebblattschreiber (60 Zeichen/s) sowie mit angebaute Lochstreifenleser und -stanzer (30 Zeichen/s), 1 Zeichenbildschirmereinheit und inzwischen zwei Plattenspeicherlaufwerke mit je 10 MByte Speicherkapazität auf je einer Fest- und einer Wechselpatte.

Die Prozeßperipherie besteht aus der Prozeßeinheit, die gegenwärtig mit vier Digitalzählern mit je 8 Kanälen, 2 integrierenden (20 ms) Analogeingaben mit je 16 Kanälen, einer 16 Bit-Digitalausgabe sowie einer dynamischen 16 Bit-Digitaleingabe (Alarmverarbeitung) bestückt ist. Der zentrale Zeitgeber des Systems wurde zur Einsparung von Ein-/Ausgabeanschlußstellen der Zentraleinheit - die R10 besitzt nur 6 davon - in die Prozeßeinheit mit insgesamt 22 Anschlußstellen übernommen. Ebenfalls zur Einsparung von Ein-/Ausgabeanschlußstellen der ZE erfolgt der Anschluß von Blattschreiber und Datensichtgerät über einen Anschlußstellen-Multiplexer.

Da vom Rechnerhersteller keine Prozeßsignalformer angeboten werden, in denen digitale Meßwerte bei Netz- oder Rechnerausfall erhalten bleiben, bzw. in die dann sogar weitere Zählimpulse eingespeichert werden können, wird die gesamte Prozeßeinheit extern mit 5 V Gleichspannung über eine DC/DC-Wandlung aus einer zentralen 24 V-Batterie versorgt. Hiermit ist auch gleichzeitig der Zeitgeber gepuffert und somit die Zeiterhaltung im System nach Wiederkehr der Netzspannung gewährleistet.

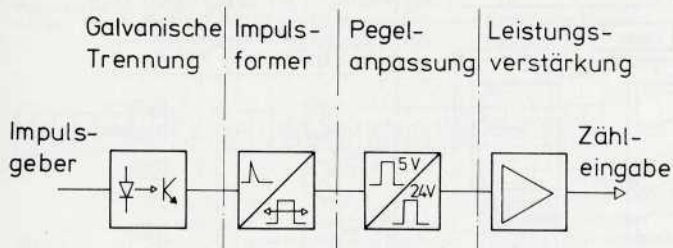


Abbildung 6: Impulsformerstufe

6. Betriebssoftware

Als Betriebssystem dient das Organisationsprogramm ORG-300P des Rechnerherstellers, das alle prozeßspezifischen Anforderungen erfüllt. Der Anwender muß aus einem umfangreichen Masterstapel das jeweilige Betriebssystem entsprechend der Anlagenkonfiguration und seinen eigenen Wünschen selbst generieren. Daneben sind dann weitere Dienstprogramme zur Datei- und Bibliotheksbearbeitung mit Editierhilfe, zum Testen sowie weitere Hilfsprogramme für das Einrichten, Umsetzen und Kopieren von Datenträgern und Daten vorhanden.

Zur Erstellung von Assemblerprogrammen können ein Makrosprachübersetzer und ein komfortabler ASSEMBLER eingesetzt werden. Der vorhandene PROZESS-FORTRAN-Compiler enthält über das Standard-FORTRAN hinaus ebenfalls eine Reihe prozeßrechnerspezifischer Elemente und Anweisungen. Ein Bindeprogramm vervollständigt die derzeit vorhandene Softwarebibliothek unseres Rechners. Eine Fülle anderer Programme, wie z.B. COBOL, PASCAL, PEARL, BASIC u.a. hat der Hersteller jedoch zur Verfügung.

7. Anwenderprogramme

Die gegenwärtig laufenden Anwenderprogramme dienen derzeit zur zyklischen bzw. sporadischen Erfassung (Alarmprogramme) von Meßdaten, die nach Umrechnung in die realen physikalischen Meßwerte in Dateien auf den Wechselkassetten der Peripheriespeicher abgelegt werden bzw. und/oder in Protokollen auf Drucker oder Bildschirm bzw. zur Datensicherung auf Lochstreifen ausgegeben werden und später auch einmal graphisch dargestellt werden können. Bilanzwerte (Tagesdifferenzen) werden ebenfalls in dieser Form ermittelt und abgelegt. Die verschiedenen inzwischen entwickelten Programme sind teils in FORTRAN-, teils in ASSEMBLER-Sprache geschrieben. ASSEMBLERPROGRAMME sind in ihrer Quellspracheform gegenüber FORTRANPROGRAMMEN länger und schwieriger zu erstellen, sie belegen jedoch in der Maschinenspracheform weit weniger Platz in Haupt- und Peripheriespeicher und laufen überdies viel schneller ab als

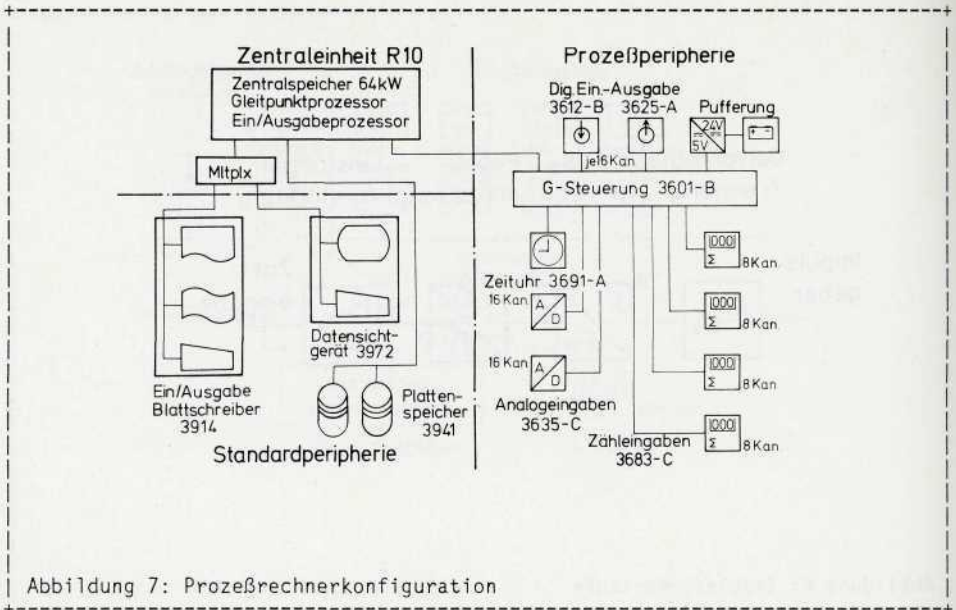


Abbildung 7: Prozeßrechnerkonfiguration

FORTRAN-Versionen. Darüberhinaus können für bestimmte systemspezifische Zugriffe nur ASSEMBLER-Programme verwendet werden (Programme zur Feststellung von Alarmen, zur Wartung von Meßdateien, Dateibuchführung usw.).

Für eine sich häufig ändernde Versuchsanstellung müssen die wesentlichen Meßprogramme leicht änderbar sein. Eine Änderung würde normalerweise bedeuten, die Quellspracheform neu zu editieren, diese dann durch Makroübersetzer und ASSEMBLER- bzw. FORTRAN-Compiler neu zu übersetzen und sie vor dem Laden und Starten gegebenenfalls neu zu binden. Diese zeitraubenden und arbeitsintensiven Tätigkeiten werden durch dateiorientierte bzw. dateigesteuerte Meßprogramme vermieden. Diese enthalten eine Reihe spezieller Unterprogramme. Der Ablauf der entsprechenden Unterprogramme wird durch eine besondere Datei (PROZDT) gesteuert, die zeilenweise vom Meßprogramm abgetastet werden muß. In den einzelnen Zeilen dieser Datei ist dann codiert, welche Unterprogramme für bestimmte Meßwerte ausgeführt werden müssen. Abbildung 8 auf Seite 137 zeigt eine bestimmte Zeile dieser Arbeitsdatei.

Da auch Umrechnungsfaktoren für die Ermittlung physikalischer Meßwerte häufig Änderungen unterworfen sind, werden diese ebenfalls in einer besonderen Datei (FAKNEU) gespeichert. Diese Datei enthält auch die programmspezifischen Steuerparameter für die Steuerung der Protokollausgabe und für die Ablage von Meßdateien durch die Meßprogramme.

Beide Dateien sind wesentlich leichter zu ändern als die entsprechenden Meßprogramme. Damit bei einer viel später erfolgenden Auswertung der gemessenen Daten diese Änderungen auch noch nachvollziehbar sind, werden mit jeder Änderung dieser Arbeitsdateien neue Versionsnummern in die Dateien eingegeben, die dann mit in die Meß- und Differenzdateien (die eigentlichen Zieldateien) übernommen werden. Abbildung 9 auf Seite 138 zeigt das Zusammenwirken zweier Meßprogramme mit den verschiedenen Dateien des Programmsystems.

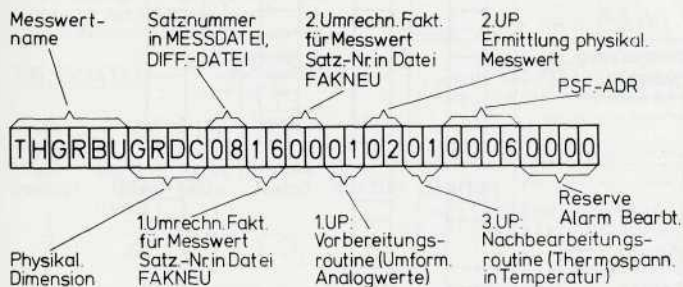


Abbildung 8: Codierung einer Zeile in der zentralen Arbeitsdatei PROZDT

8. Ablage der Meßdaten

Die Ablage der Meßdaten eines Meßzeitpunktes erfolgt entsprechend dem wirklichen Wert der physikalischen Größe (physikalische Werte) in alphanumerischer Darstellung in jeweils neu zu schaffenden Meßdateien auf der Wechselkassette eines der Plattenspeicher mit dem Meßwertnamen in einer von der Arbeitsdatei PROZDT festgelegten Reihenfolge (Abbildung 10 auf Seite 139). Hierzu wird das Standardmeßprogramm einmal oder mehrmals am Tag durch das Standardbedienprogramm (Teil des Rechnerbetriebssystems) gestartet.

Für die Auswertung gespeicherter Daten besteht die Forderung nach einem direkten Zugriff zu einem beliebigen Meßwert zu einem beliebigen Meßzeitpunkt. Daher wird der Name der jeweiligen Meßdatei - es sind dafür vom Betriebssystem nur bis zu 6 gültige Zeichen zulässig - durch das Meßprogramm aus Datum und Zeit der Messung ermittelt. Nach diesem Verfahren ist jedoch nur alle 15 Minuten ein neuer Meßzyklus möglich, d.h. pro Tag nur etwa 100 Meßdateien, da das Betriebssystem denselben Dateinamen für den gleichen Datenträger zurückweist. Diese maximale Anzahl von Meßzyklen wird jedoch gegenwärtig nicht benötigt.

In gleicher Weise werden auch die Dateinamen für die Tagesdifferenzen (Energiebilanzwerte) erzeugt, die letzten beiden Ziffern jedoch in hexadezimaler Darstellung.

Die Ablage der Meßdaten bzw. Differenzdaten erfolgt in den entsprechenden Meßdateien in Sätzen konstanter Länge (17 Bytes) mit dem Meßwertnamen (6 Zeichen) und dem Meßwert selbst (10 Zeichen) + ETX.

Ein Meßwert ist somit eindeutig durch

- o den jeweiligen Meßzeitpunkt (Dateinamen) und
- o seine Satznummer bzw. seinen Meßwertnamen

festgelegt und somit auf dem Datenträger aufzufinden.

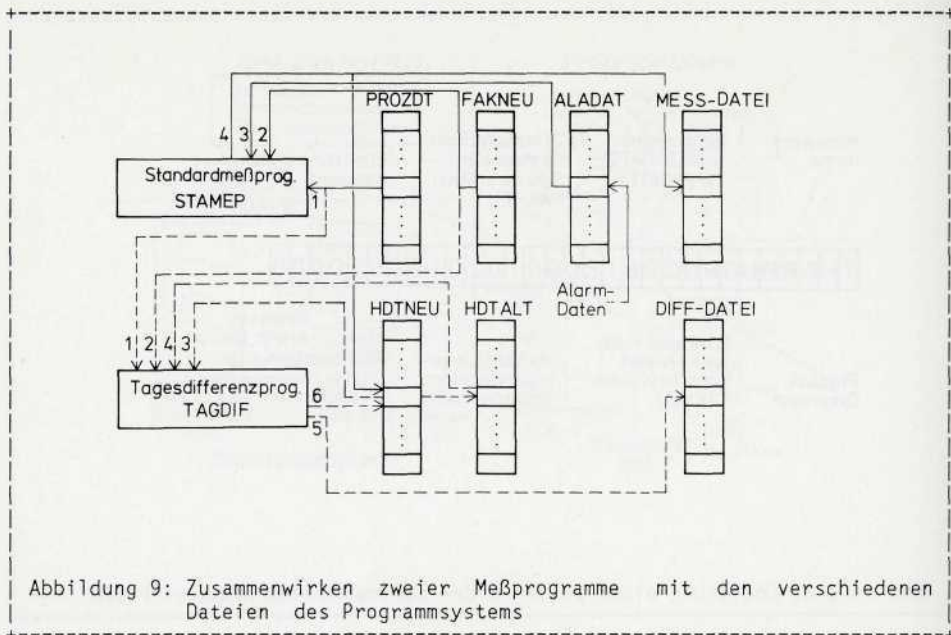


Abbildung 9: Zusammenwirken zweier Meßprogramme mit den verschiedenen Dateien des Programmsystems

Weitere Programme, die teils schon fertiggestellt sind, teils noch erstellt werden müssen, können somit zur weiteren Auswertung (z.B. Regressionsprogramme, statistische Auswerteprogramme) nach diesem Schema auf die vorhandenen Meßdaten zugreifen.

DATEINAMEN:

6 eindeutige, kennzeichnende Ziffern
--- für Betriebssystemzugriff
--- Kennzeichng. d. Meßzeitpunktes

MESSDATEI:

2	2	15	32
Jahr (1982=2)	Monat im Jahr (hexad.)	Tag im Monat	Anzahl der vollen Viertelstd. seit 0 Uhr
2	2	15	C0

DIFF.-DATEI:

Anzahl der
vollen Viertelstd.
seit 0 Uhr (+160)

DATEIRUMPF:

MESS- oder DIFF.-DATEI

1. Satz	1502820800010000
2. Satz	THKVOR+ +5738E+02
i. Satz
43. Satz	GEWTRM+ +1978E+02
44. Satz	XXXXXXXX0000000000
60. Satz	XXXXXXXX0000000000

Abbildung 10: Aufbau von Meß- und Differenzdatei, Dateiname