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: 76 (1985)

Heft: 2

Artikel: Prozessdatenverarbeitung mit Arbeitsplatzcomputern

Autor: Reichert, K. / Handschin, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904546

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: 09.07.2025

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

Prozessdatenverarbeitung mit Arbeitsplatzcomputern

K. Reichert und E. Handschin

Der Computer ist das ideale Mittel zur Bewältigung der immer noch steigenden Anforderungen an die Prozessdatenerfassung und -verarbeitung, sei es als Registriersystem für langsame Vorgänge oder als Transientenrecorder für schnelle Vorgänge. Der Einsatz von Mikrorechnersystemen hat gegenüber den herkömmlichen Messwerterfassungssystemen wesentliche Vorteile: Neben einem sehr günstigen Preis/Leistungsverhältnis gehört dazu insbesondere auch die Möglichkeit, die Daten mit dem Rechner unmittelbar nach der Aufzeichnung auszuwerten.

L'ordinateur est l'instrument indispensable pour maîtriser les exigences toujours plus fortes qui sont posées à l'enregistrement et au traitement des données, soit en tant que système d'enregistrement pour processus lents ou en tant qu'enregistreur à ondes transitoires pour processus rapides. L'utilisation de microordinateurs présente de notables avantages par rapport aux systèmes conventionnels de recueil des données: outre le rapport prix/prestation très intéressant, il y a en particulier la possibilité de pouvoir exploiter les données avec le calculateur juste après leur enregistrement.

Adresse der Autoren

Prof. *Konrad Reichert*, Institut für Elektrische Maschinen, ETH Zürich, 8092 Zürich
Prof. *Edmund Handschin*, Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgung, Universität Dortmund, Postfach 50 05 50, D-4600 Dortmund 50

1. Einleitung

Ein Energieversorgungsunternehmen muss bekanntlich den Verbraucher sicher und zuverlässig mit möglichst billiger Energie versorgen und seine Anlagen zur Erzeugung, Übertragung und Verteilung möglichst schadenfrei betreiben.

Die dabei zu lösenden Probleme sind bedingt durch

- die Einflüsse der Umwelt auf das Versorgungssystem: Klima, Gewitter, Verschmutzung, Verfügbarkeit der Primärenergieträger (Wasser...)
- die Physik bzw. die Zuverlässigkeit der Geräte, Anlagen und Systeme
- die besonderen Eigenschaften des Menschen als Betreiber und Verbraucher.

Diese Problemstellungen lassen sich ganz allgemein durch Datenmengen beschreiben.

Ein Klima kann z.B. gekennzeichnet werden durch Temperatur, Windgeschwindigkeits- und Niederschlagsmengenverteilungen. Wasserstände, Niederschläge, Schneehöhen, Durchflussmengen sind kennzeichnende Grössen für die hydraulische Produktion. Das Verhalten eines Schutzsystems bei einem Fehler im Netz zeigt seine Zuverlässigkeit. Die Belastung der Verteilnetze ist ein Mass für die Ausnutzung der Anlagen, für das Verbraucherverhalten und für die Weiterentwicklung.

Es ist daher verständlich, dass die Anforderungen an die Prozessdatenerfassung und -verarbeitung immer noch zunehmen. Damit kann das Ausfallrisiko verkleinert und der Ausnutzungsgrad erhöht werden.

Der Computer ist ein ideales Mittel für die Bearbeitung dieser Aufgaben, da er sehr schnell Daten erfassen, auswerten und speichern kann. Er ersetzt daher in steigendem Masse die klassischen Mess- und Registriergeräte.

Im folgenden wird in einer Übersicht gezeigt, wie Arbeitsplatzcomputer in der Prozessdatenerfassung und -verarbeitung eingesetzt werden können. Dabei muss von einer Klassifizierung der Problemstellungen ausgegangen werden, um zu einer Systematik in der Darstellung zu gelangen.

2. Aufgabenstellung für Prozessdatenerfassungs- und Verarbeitungssysteme

Die verschiedenen Vorgänge in elektrischen Energieversorgungssystemen unterscheiden sich in ihrem zeitlichen Ablauf.

Atmosphärische Störungen und Schaltvorgänge breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.

Die Netzbelastung dagegen folgt dem Verbraucherverhalten, d.h. die Belastung verändert sich verhältnismässig langsam, wenn man die Übergangsvorgänge, die z.B. bei Tarifumschaltungen auftreten, ausschliesst.

Allgemein unterscheidet man Wanderwellen, transiente und quasistationäre Vorgänge. Die Tabelle I zeigt, dass die verschiedenen Problemstellungen verschiedene Anforderungen an eine Prozessdatenerfassungs- und -verarbeitungsanlage stellen.

Mit der *Erfassung langsamer, transienter oder quasistationärer Vorgänge* sollen in einem grösseren Zeitraum Höchstwerte, Zustände und Abhängigkeiten festgestellt werden, um daraus Rückschlüsse auf die Belastungssituation und zukünftige Entwicklungen des Verbrauchs, der Belastung usw. ziehen zu können.

Eine Anlage zur Erfassung langsamer Vorgänge sollte die folgenden Elemente enthalten:

- Messdatenvorverarbeitung: Momentan-, Höchst-, Mittel- und Effektivwertbildung im Abtastintervall

Problemstellungen und Anforderungen bei der Prozessdatenerfassung und -verarbeitung Tabelle I

Vorgänge	Problemstellungen	Prozessdaten	Abtastintervall	Betrieb, Weiterverarbeitung
quasistationäre Vorgänge	Primärenergiedaten der hydraulischen Anlagen usw.	verschiedene Messwerte	≧ 1 min ≧ 2 s	on-line/off-line, Speicherung, Darstellung direkt Speicherung von Messreihen Weiterverarbeitung Trendanalyse
	Klimawerte, Umweltbeeinflussungen			
	Spannungen und Belastungen in Netzen, thermische Belastung, Kraftwerksleistungen	U, I, P, Q, T, t		
transiente Vorgänge	Frequenz/Leistungs- oder Spannungs/Blindleistungsverhalten von Kraftwerken, Netzgruppen, Ländern	U, I, P, Q, f, n, t Zustände Befehle	≧ 0,1 s	on-line/off-line, Speicherung ereignisabhängig oder direkt, trigger- oder fernsteuerbar Darstellung direkt oder extern
	Dynamisches Verhalten von Generatoren, Motoren bei grossen oder periodischen Störungen			
	Beeinflussung des Netzes durch instationäre Verbraucher	U, I, t Mittelwerte Höchstwerte	≧ 0,02 s	on-line/off-line, Speicherung, Darstellung direkt oder extern
	Oberschwingungsausbreitung in Netzen	U_υ, I_υ, t Mittelwerte Momentanwerte	≧ 0,1 s	
	Verhalten von Schutz- und Schalteinrichtungen bei Fehlern	u, i, t Zustände Befehle	≧ 1 ms	on-line, Speicherung ereignisabhängig Darstellung direkt oder extern
Wanderwellenvorgänge	Überspannungen und Ströme in Netzelementen bei Fehlern, Schaltvorgängen, Blitzeinschlägen	u, i, t Zustände Befehle	≧ 1 µs	on- oder off-line, Speicherung, trigger- oder fernsteuerbar Darstellung direkt oder extern

- Grosser Massenspeicher (Band oder Disk)
- Zeit- und Datumgeber
- Datenformatisierungseinrichtung
- Messwertanzeige
- Gepufferte Stromversorgung
- Datenkennzeichnungseinrichtung
- Integriertes oder getrenntes Auswertsystem mit verschiedenen Speicherungs-, Darstellungs- und Auswertemöglichkeiten

Die Hauptanwendung der Systeme für die Erfassung *schneller transienter* Vorgänge ist die Störungserfassung und Auswertung. Dabei muss der Erfassungsgang extern oder intern getriggert werden können. Es bestehen die folgenden Anforderungen:

- Schnelle A/D-Wandlung für die Erfassung schneller Vorgänge
- Messdatenvorverarbeitung: Momentan-, Höchst-, Mittel- und Effektivwertbildung für die Erfassung mittelschneller Vorgänge
- Digitale Eingänge für die Erfassung von Zuständen und Befehlen
- Grosse und schnelle Arbeitsspeicher
- Massenspeicher bzw. Anschlussmöglichkeit für externe Speicher oder Rechner
- Ablaufsteuerung für die Erfassung, Verarbeitung und Speicherung, jeweils ereignisabhängig
- Direkte Darstellung (Oszilloskop)
- Anschlussmöglichkeit für Plotter, Rechner usw.
- Zeit- und Datumgeber

Die Datenverarbeitung erfolgt bei den Systemen zur Erfassung schneller Vorgänge im allgemeinen unmittelbar im Gerät.

Systeme für die Erfassung von Störungen arbeiten mit einem Wiederholspeicher, dessen Inhalt im Normalfall ständig überschrieben und im Störungsfall blockweise auf einen Massenspeicher (Band oder Disk) zusammen mit Datum und Uhrzeit übertragen wird. Im Massenspeicher werden die Störungen dann blockweise in ihrer zeitlichen Reihenfolge aufgezeichnet. Der Inhalt des Massenspeichers kann zentral ausgewertet oder dargestellt werden. Figur 1 zeigt ein Beispiel.

Anlagen zur Erfassung *langsamer Vorgänge* schreiben die nach jeder Abtastung anfallenden Daten auf einen Massenspeicher. Die Verarbeitung kann direkt oder zentral erfolgen. Die für eine sinnvolle Weiterverarbeitung notwendigen Informationen über das Messsystem und das Messobjekt sollten den Messdaten beigegeben werden. Die Speicherung der Daten in einer Datenbank vereinfacht die Weiterverarbeitung. Damit lassen sich dann ver-

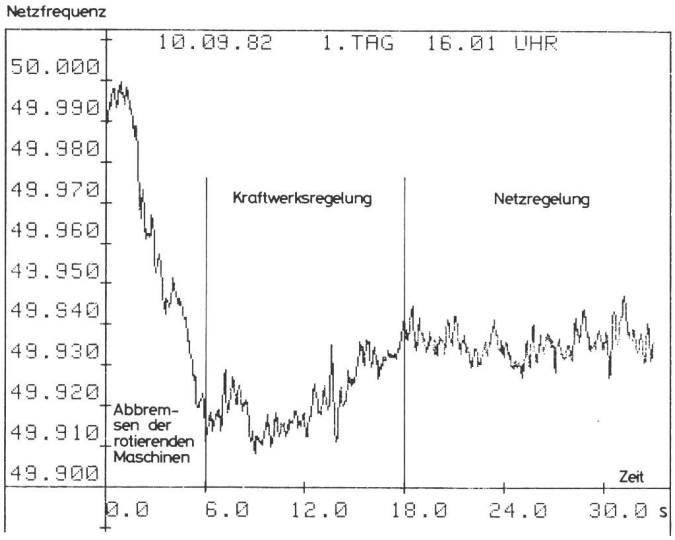

Fig. 1
Ausgabe eines Störschreibers: Frequenz im europäischen Netz bei einem Generatorausfall (ΔP = 1250 MW)

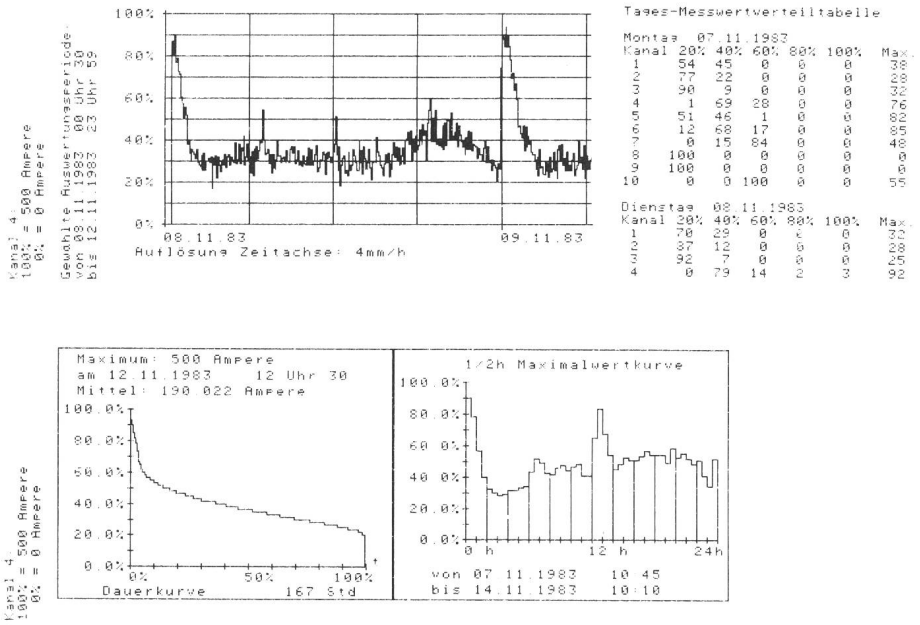

Fig. 2 Ausgaben eines Registriersystems

schiedene Auswertprogramme speisen.

Es können Tagesbelastungs-, Dauerkurven und Grenzwerttabellen erstellt (Fig. 2), Lastflussberechnungen und Prognosen ausgeführt werden. Im weiteren werden gemäss dem üblichen Sprachgebrauch die schnellen Prozessdatenerfassungssysteme als Transientenrecorder oder Störschreiber, und die langsamen als Registriersysteme bezeichnet. Die grundsätzlichen Eigenschaften sind in der Tabelle II zusammengefasst. Figur 3 zeigt schematisch den Aufbau der Systeme.

3. Registriersysteme

Die grundsätzliche Aufgabe dieser Gerätefamilie besteht darin, langsame Vorgänge über einen grossen Zeitraum aufzuzeichnen, wiederzugeben und auszuwerten. Die *Grundeinheit* enthält:

- die Messwerteinschübe für die Vorverarbeitung und Umwandlung in Digitalwerte
- die Zeitbasis und den Datumgeber für die Steuerung des Ablaufes und für die Kennzeichnung der Aufzeichnung
- die Steuerlogik für die Ansteuerung der Messwerteinschübe, des Datumgebers und des Massenspeichers entsprechend den Eingabewerten, d.h. dem Abtastintervall
- die Formatisierungseinheit für die Ergänzung der Messwertdaten durch Paritätsbits
- den Massenspeicher (Band- oder Floppydisklaufwerke) zur Aufnahme der Daten
- die Stromversorgung mit dem Puffer
- die Bedienungs- und Anzeigeelemente

Die Messwerterfassung sollte mit einer galvanischen Trennstelle versehen sein. Üblicherweise können die folgenden Grössen erfasst werden:

- Ströme: 0–1 A, 0–5 A, 0–20 mA
- Spannungen: 0,1–500 V, 150–300 V
- Wirk- und Blindleistung, ein- und dreiphasig im Bereich 0–5 A, 0–500 V
- Impulse in einem vorgegebenen Intervall
- Oberwellenspannungen: 0–500 V, 150–1050 Hz
- Temperaturen, gemessen mit Widerständen oder Thermoelementen

Es können Momentan-, Höchst-, Mittel- und Effektivwerte gebildet werden. Die *Auswertung* des Massenspeicherinhaltes erfolgt in zwei Stufen in einem Arbeitsplatzcomputer, der nicht mit der Grundeinheit verbunden sein muss.

1. Der Inhalt *eines* Datenträgers (Band, Disk), d.h. eine Einzelmessung, wird ergänzt, ausgewertet und grafisch dargestellt.
2. Der Inhalt eines Datenträgers (Band, Disk) wird in eine Datenbank gespeichert. Die in der Datenbank gespeicherten Daten, d.h. die Messreihen, werden ausgewertet und grafisch dargestellt.

Einzelmessungen können mit dem Arbeitsplatzcomputer ausgewertet werden:

- durch Ausdrucken von Messwertlisten, Tabellen mit Extremwerten, Lastfaktoren und Schwellwertüberschreitungen usw.
- durch grafische Darstellung der Messreihe, der Extremwerte, der Dauerkurve usw.

Dazu müssen im Arbeitsplatzcomputer Programme abgespeichert sein, die dann durch Namensaufruf aktiviert werden. Der Ablauf der Programme wird interaktiv über Parameter gesteuert. Zur Berechnung der Dauerkurve oder der Extremwertkurve einer Einzelmessung sind z.B. als Eingabeparameter der Name der Messung bzw. des Files, der Kanalname, wenn eine Einzelmessung aus mehreren Messwerten besteht, die Auswerteperiode, der Name des Wochentages und das Zeitfenster einzugeben. Die Aus-

Prozessdatenerfassungs- und -verarbeitungssysteme Tabelle II

	Transientenrecorder (schnelle Vorgänge)	Registriersysteme (langsame Vorgänge)
Abtastintervall Genauigkeit	1 ns...600 s 8–12 bit	1 s... 8–12 bit
Messdatenvorverarbeitung	Messwertaufbereitung - pro Kanal ein A/D-Wandler - Multiplexer	Momentan-, Effektiv-, Mittel-, Höchstwertbildung, Filterung
Arbeitsspeicher	gross, schnell 64 kbytes	klein
Massenspeicher	a) extern b) gross (bei Störschreibern)	gross (≧40 kbytes)
Auswertung	a) Im Gerät; Einzelwerte Grafik b) über x/y-Ausgang: Grafik mit Plotter	a) Einzelwerte im Gerät b) Einzelmessungen: Tabellen, Grafik mit Hilfe Arbeitsplatzcomputer c) Messreihenanalyse mit Arbeitsplatzcomputern

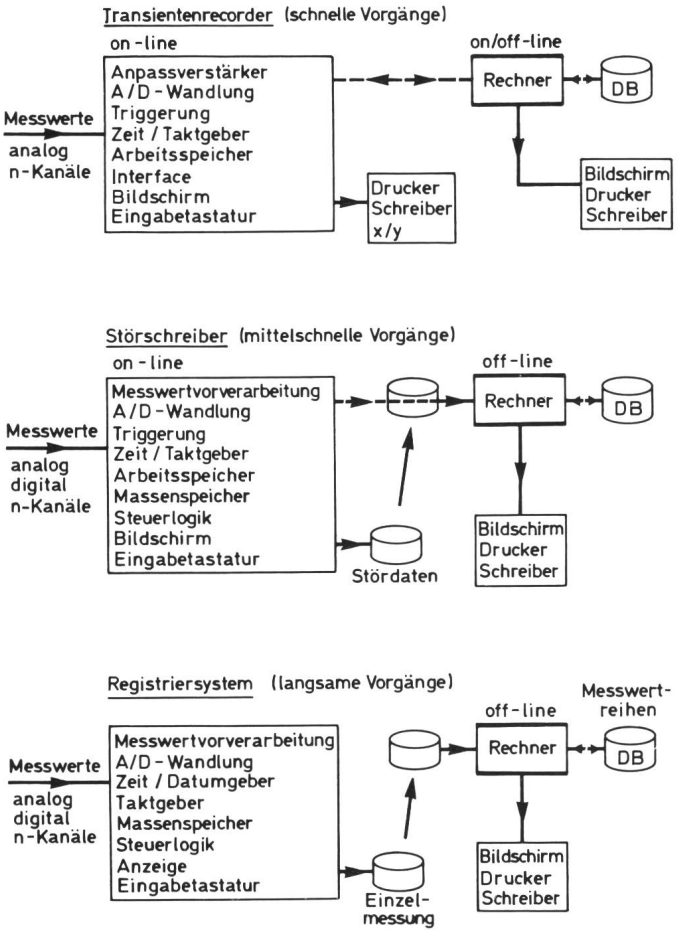

Fig. 3 Prozessdaten-erfassungs- und -verarbeitungssysteme

gabe kann wahlweise auf dem Bildschirm oder Drucker erfolgen.

Einzelmessungen können als solche oder in verarbeiteter Form in einer Datenbank gespeichert werden. Die Weiterverarbeitung wird wesentlich vereinfacht, wenn zusätzlich Angaben über das Messobjekt und die Messung beigefügt werden, wie z. B.:
- Name und Typ des Objektes
- Name der Messstelle oder Station
- Nenn- und Grenzwerte des Objektes
- Art der Messung, Messbereich, Abtastintervall, Datum der letzten Messung

Die gezielte Auswertung der in der Datenbank gespeicherten Messreihen ergibt:
- Summenbelastungen
- Trendkurven
- Eingabedaten für Prognosen
- Grenzwertüberschreitungen, hochbe- oder überlastete Objekte
- Aufträge für Folgemessungen

4. Störschreiber

Die grundlegende Aufgabe eines Störschreibers bei rechnergesteuerten Messwerterfassungssystemen besteht darin, einmalige, mittelschnelle Vorgänge zu speichern und auf Anforderung wieder auszugeben. Die Aufzeichnung einmaliger Vorgänge kann auch mit einem analogen Speicheroszilloskop durchgeführt werden; dabei bereitet die Auswertung der Signale Schwierigkeiten, da diese meist rein optisch erfolgt, z. B. durch Ausmessen des fotografierten Schirmbildes.

Die Vorteile eines digitalen Störschreibers sind:
- genaue, reproduzierbare Ergebnisse
- Messsignale sofort in digitaler Form verfügbar
- komfortable Darstellung und Auswertung der aufgenommenen Messgrössen
- Abspeicherung der Daten auf Diskette oder Magnetband
- Auswertung der Daten auf anderen Rechnern
- kostengünstige Realisierung mit Mikrorechnersystem

Ein Störschreiber zur Messung und Abspeicherung analoger Messdaten in Verbindung mit Mikrorechnern besteht entsprechend Figur 4 aus einer Messwertaufbereitung und einem Mikrorechner.

Der Eingangsverstärker dient zur Aufbereitung der Eingangssignale und muss folgende Anforderungen erfüllen:

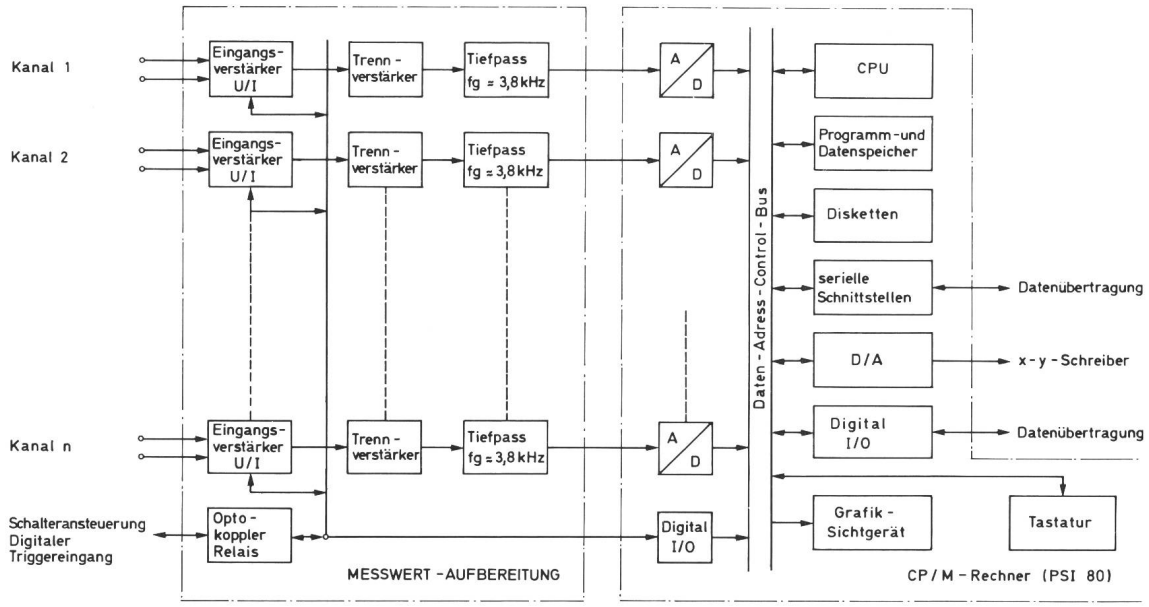

Fig. 4
Störschreiber mit Rechner

- hochohmiger Eingangswiderstand, um die Signalquellen möglichst wenig zu belasten
- Differenzeingänge, um Fremdspannungseinflüsse möglichst klein zu halten
- geringes Rauschen
- keine Offsetspannung
- grosse Verstärkungsbandbreite
- präzise einstellbare Verstärkungsfaktoren

Für die Potentialtrennung zwischen Messwert und Signalverarbeitungssystem müssen Trennverstärker eingesetzt werden. Diese erhöhen die Kosten erheblich, insbesondere, wenn hohe Abtastfrequenzen erforderlich sind. Wesentliche Gründe für den Einsatz von Trennverstärkern sind:
- schutztechnische Bestimmungen,
- Messungen in Anlagen mit Messwertumformern, welche als Ausgangsgrösse einen eingeprägten Gleichstrom besitzen,
- wenn Messgrössen von Einrichtungen, welche selbst keine Potentialtrennung besitzen, abgenommen werden,
- wenn Störeinflüsse, wie elektromagnetische Einstrahlungen oder Brummspannungen, zu erwarten sind.

Bevor das Analogsignal dem Wandler im Rechner zugeführt wird, werden mit einem Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz f_g = 3,8 kHz höherfrequente Messfehler unterdrückt. Das Tiefpassfilter ist an die spezifischen Eigenschaften des Trennverstärkers anzupassen. Pro Messkanal ist im Rechner je ein A/D-Wandler vorhanden. Die Wandler formen die im Spannungsintervall von −10 V bis +10 V vorhandenen Signale in digitale Werte mit 8 oder 12 Bit um. Der Rechner startet die Wandler gleichzeitig und übernimmt im Takt der gewählten Abtastperiode nacheinander die Datenworte der benutzten Kanäle. Dadurch ist sichergestellt, dass alle Messwerte zeitgleich erfasst worden sind. Da das System als Störgrössenschreiber arbeitet, werden die Daten nur dann im Arbeitsspeicher abgelegt, wenn die Werte die voreingestellten Grenzen überschreiten oder durch eine externe Triggerung über den I/O-Kanal die Messwerterfassung ausgelöst wird.

Die Einstellungen der Messbereiche sind codiert und werden vom Rechner zu Beginn einer Messung abgefragt, um so dem Benutzer zu Kontrollzwekken angezeigt zu werden und gleichzeitig mit den Messwerten auf der Diskette abgespeichert zu werden. Entsprechend Figur 4 sind die A/D-Wandler in freien Steckplätzen des Rechners plaziert, um so direkt an den Daten-Adress-Control-Bus angeschlossen zu sein. Dadurch wird die Verzögerung der Datenübertragung durch Schnittstellen vermieden.

Da die Daten im Arbeitsspeicher solange überschrieben werden, bis eine Störgrössenaufzeichnung ausgelöst wird, stehen auch die Prozessgrössen unmittelbar vor Auftreten der Störung zur Verfügung. Dadurch ist es möglich, eine ausführliche Störungsanalyse durchzuführen.

In manchen Fällen wird die Störungsanalyse nicht mit dem Mikrorechner durchgeführt. Für diesen Fall ist eine Schnittstelle zur Datenübertragung auf einen anderen Rechner vorzusehen.

5. Abschliessende Bemerkungen

Der Einsatz von Mikrorechnersystemen, sei es als Transientenrecorder oder als Registriersystem, hat gegenüber herkömmlichen Messwerterfassungssystemen wesentliche Vorteile. Neben einem sehr günstigen Preis/Leistungs-Verhältnis der heute verfügbaren Hardware ist es insbesondere die Möglichkeit, die Messwerte mit dem Rechner unmittelbar nach der Aufzeichnung auswerten zu können. Wegen dieser beiden Gründe ist abzusehen, dass in Zukunft mehr und genauere Information zur Verfügung steht. Dadurch können bestehende Modelle besser beschrieben werden und so zu zuverlässigeren Ergebnissen führen. Dadurch, dass die Auswertung optischer Aufzeichnungen entfällt, kann die gewünschte Information schneller und genauer zur Verfügung gestellt werden. Einsatzmöglichkeiten dieser Systeme sind sehr zahlreich; sie reichen von der systematischen Prozessdatenüberwachung bis hin zur zuverlässigen Aufzeichnung von Systemgrössen in Netzversuchen. Da jedoch sehr umfangreiche Datensätze aufgezeichnet werden, ist sehr grosses Gewicht auf eine genaue und ausführliche Dokumentation der Programme und Daten zu legen.