

Langzeit-Meßsystem für Umweltparameter

K. Riedling, W. Ripl*, W. Fallmann, B. Luger, P. Svasek, W. Winkler
Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik, TU Wien,
1040 Wien

***Institut für Ökologie, TU Berlin, und Gesellschaft für Gewässerbewirtschaftung,**
W-1000 Berlin 33

Mit dem Ziel, hydrologische Parameter über längere Zeiträume mit guter zeitlicher Auflösung erfassen und registrieren zu können, wurden vor einigen Jahren an der TU Wien in Zusammenarbeit mit der TU Berlin Grundwasserpegel-Meßsonden entwickelt. Das für diese Meßsonden gewählte Konzept erwies sich als so erfolgreich, daß nunmehr an einer Erweiterung auf ein ganzes Spektrum von Meßsonden für diverse Umweltparameter gearbeitet wird; prinzipiell ist die Langzeit-Erfassung aller Vorgänge möglich, die irgendwie auf ein elektrisches Signal abgebildet werden können. Die Möglichkeiten eines Einsatzes dieses Meßprinzips auch für andere Aufgabenstellungen als die Umwelt-Meßtechnik, und die Probleme bei der Konzeption standfester Sensoren sollen hier diskutiert werden.

1. Problemstellung

Für die Untersuchung langsam ablaufender Prozesse wie beispielsweise der Bodenerosion ist es notwendig, Meßserien parallel an möglichst vielen Punkten über möglichst lange Zeiträume, aber nichtsdestoweniger mit relativ hoher zeitlicher Auflösung vorzunehmen, wobei vielfach nur eine Registrierung der Meßdaten, nicht aber deren laufende Ausgabe notwendig ist. Alle diese Forderungen machen eine manuelle Meßwertaufnahme impraktikabel; die Messungen sind praktisch nur unter Einsatz automatisierter Datenerfassungseinheiten realisierbar, die die folgenden Anforderungen erfüllen sollten:

- Autarker Betrieb: Energieversorgung durch eingebaute Batterien, und Speicherung der Meßdaten in der Meßsonde.
- Dauerbetriebstauglichkeit: Ein ununterbrochener und wartungsfreier Einsatz über Zeiträume von mehreren Monaten bis zu mehr als einem Jahr sollte möglich sein.
- Hohe Genauigkeit und Stabilität des Meßsystems für die gesamte Einsatzdauer.
- Hohe Auflösung im Zeitbereich: Einige zehntausend Meßpunkte über die gesamte Meßdauer sind anzustreben. Im allgemeinen wird eine hohe Zeitauflösung nur für relativ schnelle und kurze Vorgänge benötigt, wogegen bei längerdauernder Datenakquisition die Meßfrequenz ohne störenden Verlust von Information verringert werden kann. 30.000 Meßpunkte — ein technisch praktikabler Wert — entsprechen bei drei Messungen pro Stunde einer Meßdauer von etwa 14 Monaten.
- Hohe Zuverlässigkeit: Unempfindlichkeit gegen Temperatur- und Witterungseinflüsse sowie gegen elektrische und magnetische Störfelder.
- Kompakte Bauweise: Da der Einsatz von Meßsonden für Umweltparameter vielfach an allgemein zugänglichen Orten erfolgen muß, sollte durch eine geeignete Bauweise der Gefahr von Diebstahl oder Vandalismus vorgebeugt werden.
- Niedrige Herstellungs- und Betriebskosten: Viele Untersuchungen erfordern flächendeckende Messungen, einen langen Meßzeitraum und daher eine verhältnismäßig große

Anzahl an Meßsonden; die Kosten pro Meßsonde sollten daher so niedrig wie möglich sein.

Als Prototyp derartiger Meßsonden wurde vor einigen Jahren in Zusammenarbeit mit der Berliner Gruppe um Professor Ripl eine Grundwasserpegel-Meßsonde entwickelt und auch vor zwei Jahren im Rahmen dieses Seminars vorgestellt [1]. Von diesen Grundwasserpegel-Meßsonden, die wegen ihres vorgesehenen Einsatzes in engkalibrigen Meßbrunnen in zylindrische Edelstahlgehäuse mit weniger als 50 mm Durchmesser eingebaut werden mußten, wurden in der Zwischenzeit etwa fünfzig Stück gefertigt, die alle in der BRD im Einsatz stehen und Messungen des Grundwasserstandes (und auch des Pegelstandes von Fließgewässern) mit einer bisher unbekanntem räumlichen und zeitlichen Auflösung ermöglichten.

Der über alle Erwartungen hinausgehende Erfolg dieser Pegelmeßsonden trug dazu bei, daß der Wunsch nach ähnlich konzipierten Registriereinrichtungen für andere umweltbezogene Parameter laut wurde, beispielsweise für die elektrische Leitfähigkeit von Fließgewässern (als Maß für die Ionenkonzentration und damit für den Austrag von Bodenmineralstoffen), für Temperatur und Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge und Sonneneinstrahlung. Da mit Ausnahme des meßgrößenspezifischen Senteils sehr ähnliche Anforderungen an alle diese Meßsontentypen gestellt werden, lag ein modulares Konzept für den Aufbau der Meßsonden nahe, das in der Folge vorgestellt werden soll. Bestehend an einem derartigen modularen Konzept ist, daß die Implementierung eines neuen Sensortyps mit minimalem zusätzlichem Aufwand erfolgen kann, und daß dieses Meßsystem ohne weiteres auch für die Langzeit-Registrierung von beliebigen *nicht* umweltbezogenen Vorgängen geeignet ist.

2. Konzept einer modularen Meßsonde

Prinzipiell können drei in sich relativ abgeschlossene Bereiche einer Langzeit-Meßsonde voneinander unterschieden werden (siehe Abb. 1):

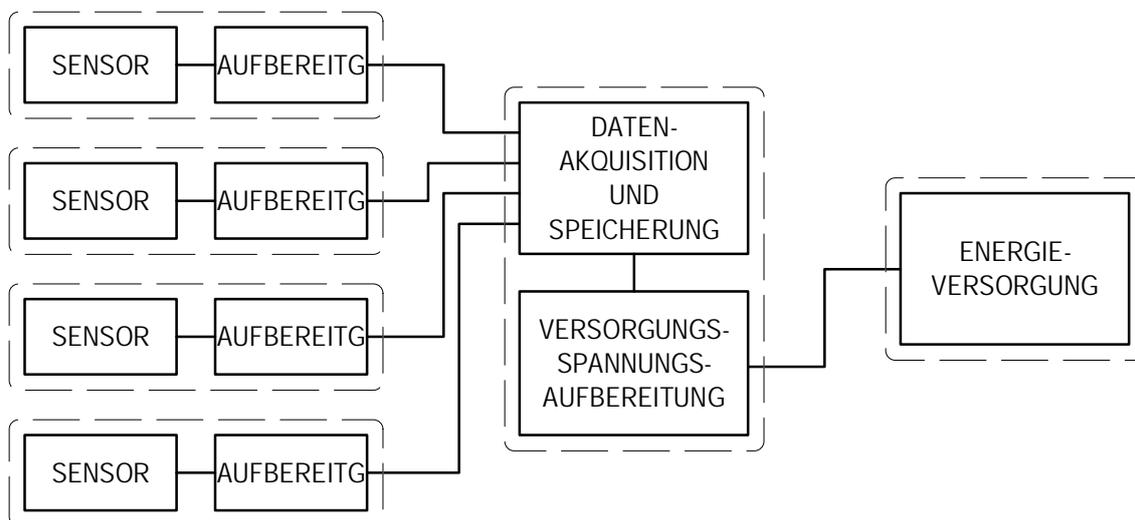


Abb. 1: Aufbau einer modularen Langzeit-Meßsonde.

- Sensorik: Dieser Bereich umfaßt den meßaufgaben-spezifischen eigentlichen Sensor sowie die im allgemeinen erforderliche sensorspezifische (Analog-) Elektronik, wie etwa Vorverstärker und Signalaufbereitung.
- Datenakquisition und Speicherung, Versorgungsspannungsaufbereitung: Die Funktionen des Datenakquisitions-Moduls sind für alle erdenklichen Meßaufgaben (im wesentlichen)

identisch. Sie umfassen die Konversion der analogen Meßgrößen in ein digitales Signal, die Ablaufsteuerung für die eigentlichen Messungen, die Speicherung der Meßdaten und nicht zuletzt die Versorgung aller Komponenten mit entsprechend konditionierten Betriebsspannungen. Um auch Mehrkanal-Aufzeichnungen zu ermöglichen, sollten an ein Datenakquisitions-Modul mehrere gleichartige oder auch unterschiedliche Sensoren angeschlossen werden können.

- Energieversorgung: Dem Gesamtkonzept entsprechend erfolgt die Versorgung der Meßsonden mit Energie im Normalfall durch Batterien oder Akkumulatoren. Für bestimmte Aufgabenstellungen, zum Beispiel für das Kalibrieren der Meßsonden oder das Auslesen der Meßdaten, ist es aber notwendig, eine Verbindung zur Außenwelt vorzusehen, die drahtgebunden oder drahtlos erfolgen und sowohl für den Datentransfer als auch für die (temporäre) Energieversorgung der Meßsonde genutzt werden kann.

2.1 Sensor und Signalaufbereitung

Prinzipiell kann das beschriebene Konzept zur Registrierung aller länger dauernden physikalischen oder chemischen Vorgänge verwendet werden, für die es einen Sensor gibt, der den folgenden Anforderungen entspricht:

- Der Sensor muß ein elektrisches Signal abgeben, das in einem eindeutigen (aber nicht notwendigerweise linearen) funktionalen Zusammenhang mit der zu messenden Größe steht.
- Der Sensor muß zumindest für die Dauer seines Einsatzes wartungsfrei sein.
- Der Energieverbrauch des Sensors und sein allfälliger Verbrauch an anderen Betriebsmitteln (z.B. chemischen Reagenzien) muß so gering wie möglich sein.
- Das Übertragungsmaß des Sensors, also der Zusammenhang zwischen Meßgröße und Ausgangssignal, muß über die gesamte vorgesehene Einsatzdauer hinreichend konstant bleiben oder sich zumindest in einer definierten und reproduzierbaren Weise ändern.

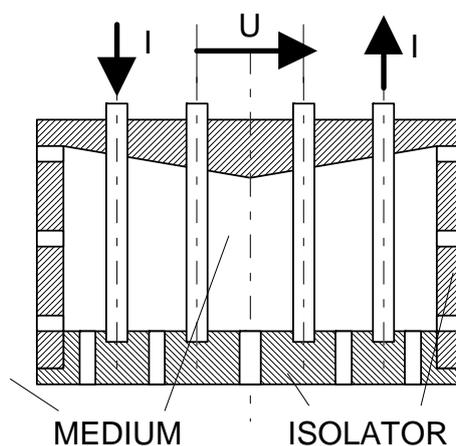


Abb. 2: Schema einer Vierelektroden-Wasserleitfähigkeits-Meßzelle.

Selbst für relativ einfache Sensoren sind diese Anforderungen nicht immer leicht zu erfüllen; insbesondere die für die Umwelt-Sensoren geforderte wartungsfreie Lebensdauer von etlichen Monaten bringt große Probleme mit sich, zum Beispiel aufgrund einer Verschmutzung mit Bakterien oder Algen oder durch Korrosion. Erschwerend kommt dazu die Forderung nach möglichst niedrigen Herstellungskosten für die Sensoren, sodaß beispielsweise die Verwendung von Edelmetallen weitgehend vermieden werden sollte.

Durch entsprechende Meßprinzipien können allerdings alterungs-, verschmutzungs- oder korrosionsbedingte Meßfehler vielfach eliminiert werden. Der derzeit im Entwicklungsstadium befindliche Wasserleitfähigkeits-Sensor (Abb. 2) arbeitet beispielsweise nach dem Prinzip der Vierelektrodenmessung (mit zwei Strom- und zwei Potentialelektroden), wodurch die Verwendung relativ preiswerten Edelstahls für die Elektroden möglich sein sollte, während eine (an sich konstruktiv einfachere) Zweielektroden-Meßzelle (Abb. 3) aus Stabilitätsgründen nur unter Einsatz von Platin- oder Rhodium-Elektroden realisierbar gewesen wäre.

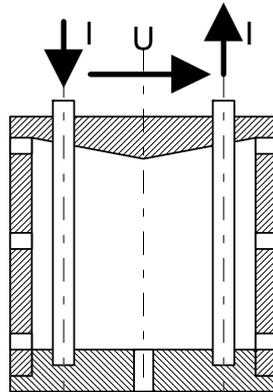


Abb. 3: Schema einer Zweielektroden-Wasserleitfähigkeits-Meßzelle.

Als vorteilhaft für die Standfestigkeit der Sensoren erweist sich vielfach der intermittierende Betrieb der Meßsonden: Wenn eine Meßsonde typisch alle 20 Minuten eine Messung vornimmt und der Sensor jeweils für weniger als eine Sekunde mit Energie versorgt wird, liegt die Gesamt-Betriebszeit des Sensors nach einem einjährigen Einsatz der Meßsonde bei 7,3 Stunden. Alterungs- oder Korrosionsvorgänge, die ausschließlich aufgrund der Versorgung des Sensors mit elektrischer Energie erfolgen, sind also meist von untergeordneter Bedeutung.

Die oben erwähnten Leitfähigkeits-Sensoren sind weiters ein Musterbeispiel für ein Sensor-Modul, das einen erheblichen Aufwand an spezifischer Analog-Hardware benötigt: Erstens muß die Messung zur Vermeidung von Polarisationserscheinungen und Korrosion mit Wechselstrom erfolgen; die sensorspezifische Elektronik muß also einerseits eine geeignete Wechselstromquelle und andererseits einen Gleichrichter für das Meßsignal enthalten. Zweitens ist die interessierende physikalische Größe die *Leitfähigkeit* und nicht der *Widerstand* des Wassers, da, wie erwähnt, die Messungen zur Abschätzung des Austrags von Mineralsalzen aus dem Boden durch die Fließgewässer dienen sollen; die Mineralsalz- und damit die Ionenkonzentration ist aber der Leitfähigkeit, nicht aber dem Widerstand direkt proportional. Wenn die in Abb. 2 und 3 dargestellten Elektrodenanordnungen aber mit einem konstanten Strom I beaufschlagt werden und die Spannung U gemessen wird, ist die gemessene Spannung dem Widerstand und nicht der Leitfähigkeit des Mediums proportional. Im Prinzip könnte wohl die Leitfähigkeit durch über eine $1/x$ -Transformation digital aus den gemessenen und abgespeicherten Widerstandsdaten errechnet werden; da aber große Leitfähigkeitswerte kleinen Widerstandswerten entsprechen, die nur mit einer verhältnismäßig schlechten relativen Auflösung gemessen und abgespeichert werden könnten, wären gerade die besonders interessierenden Ergebnisse mit einem großen intrinsischen Fehler behaftet. Es mußte also für die Leitfähigkeitssensoren eine etwas aufwendigere Meßschaltung konzipiert werden, bei der die Größe des eingepprägten Meßstroms I so geregelt wird, daß die Meßspannung U immer konstant gehalten wird; registriert wird der Strom I .

Jedenfalls sollte — unabhängig von der Art des Sensors — am Ausgang jedes Sensormoduls eine Spannung mit einem normierten Wertebereich zur Verfügung stehen. Zusätzlich dazu wird eine sensortypspezifische Kennung vorgesehen, die das (digitale) Datenakquisitionsmodul über die Art des angeschlossenen Sensors informiert. Damit ist die Voraussetzung dafür geschaffen, daß beliebige "kundenspezifische" Kombinationen von Sensoren an ein Datenakquisitionsmodul angeschlossen werden können. Über den genauen Modus der Übergabe von Meßwerten und Sensorkennungen an das Datenakquisitionsmodul — analog, digital mit parallelen Bitleitungen, oder digital mit seriellen Bitleitungen — ist derzeit noch keine Entscheidung gefallen, da dieser Teil des Meßsystems erst im Entwicklungsstadium steht.

2.2 Datenakquisitionsmodul

Der prinzipielle Aufbau eines Datenakquisitionsmoduls, das in Verbindung mit einer konfigurierbaren Anzahl beliebiger Sensoren (1 bis 4 oder auch 8) verwendet werden kann, ist in Abb. 4 dargestellt.

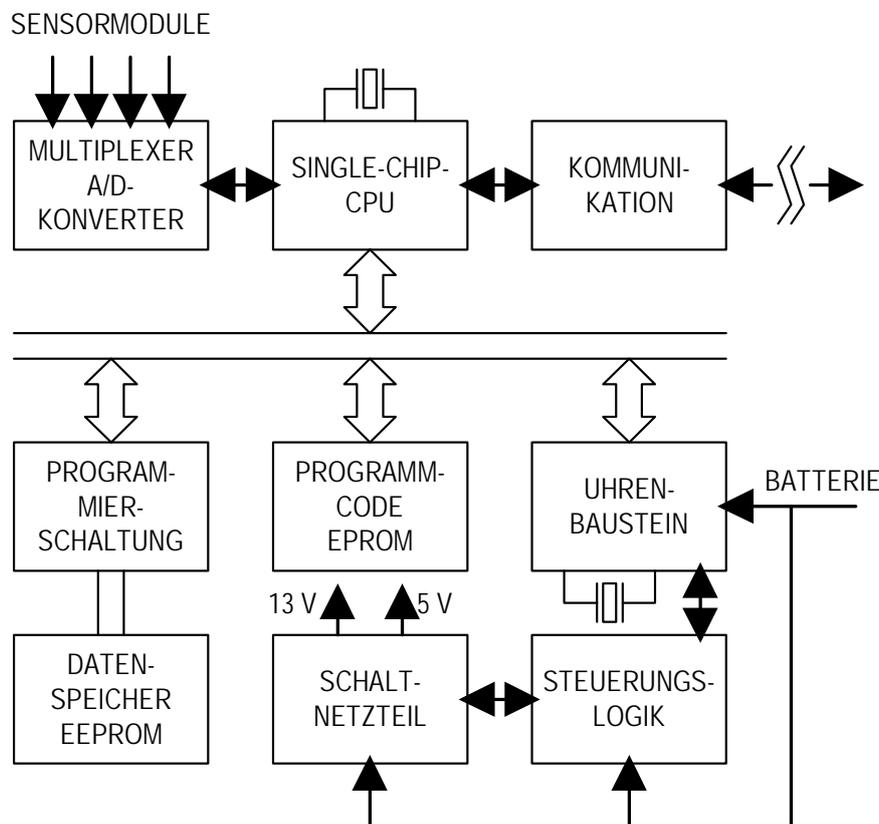


Abb. 4: Blockschaltbild des Datenakquisitionsmoduls.

Die Funktion des Datenakquisitionsmoduls wird primär von einem integrierten quarzgesteuerten Uhrenbaustein gesteuert, der in regelmäßigen, durch Leiterverbindungen auf der Printplatte bei der Fertigung einstellbaren Intervallen über eine relativ komplexe Steuerungselektronik das Schaltnetzteil des Datenakquisitionsmoduls aktiviert, das die übrige Elektronik — ausschließlich während der eigentlichen Meßphasen, sowie allenfalls permanent im Wartungsbetrieb — mit ihren Betriebsspannungen versorgt. Der Single-Chip-Mikrocomputer (ein Mitglied der Intel 8051-Familie) in der Datenakquisitionseinheit übernimmt dann die Kontrolle, liest Daten von der oder den angeschlossenen Sensoreinheiten über den Multiplexer als digitalisierte Signale ein, sucht den ersten freien Speicherplatz in dem zur Speicherung der

Meßdaten verwendeten elektrisch programmier- und löschbaren EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*), schreibt die digitalisierten Daten in den Datenspeicher, und deaktiviert über eine seiner Ausgangsleitungen das Schaltnetzteil, sobald die Messung und Abspeicherung abgeschlossen ist. Damit fällt ein nennenswerter Energieverbrauch nur während der kurzen Meßphasen an, während derer das Schaltnetzteil und damit der Mikrocomputer und die Sensoren aktiviert sind; typisch liegt die Dauer einer Meßphase deutlich unter einer Sekunde. Der Uhrenbaustein und der Teil der Elektronik, der dauernd mit Betriebsspannung versorgt werden muß, haben einen gegen die Selbstentladung der Batterien vernachlässigbaren Stromverbrauch. Dieser intermittierende Betrieb und die Wahl energiesparender Komponenten tragen dazu bei, daß der limitierende Faktor für die Einsatzdauer der Meßsysteme jedenfalls nicht in der Kapazität der Batterien liegt.

Die Wahl eines EEPROMs als Speichermedium für die Meßdaten erfolgte aus mehreren Gründen:

- Halbleiterspeicher mit einer für den vorgesehenen Einsatz ausreichenden Kapazität haben gegenüber anderen Speichermedien das geringste Systemvolumen und den geringsten System-Energieverbrauch.
- Im Gegensatz zu Speichern mit mechanisch bewegten (z.B. magnetischen) Medien sind Halbleiterspeicher verschleiß- und wartungsfrei.
- EEPROMs und EPROMs (*Erasable Programmable Read Only Memories*; nicht elektrisch löschtbar) behalten ihren Inhalt auch nach Abschalten aller Versorgungsspannungen bei, wogegen die als Alternative in Frage kommenden statischen RAMs (*Random Access Memories*) jedenfalls eine Pufferspannung benötigen, bei deren Ausfall die in ihnen enthaltene Information verlorengeht.
- *Zero Power*-RAMs benötigen zwar keine externe Versorgung mit einer Pufferspannung, sind aber unverhältnismäßig teuer.
- Die Energie, die zum Programmieren einer Speicherzelle in einem EPROM oder EEPROM benötigt wird, liegt um viele Größenordnungen über der Energie, die zum Ändern einer RAM-Speicherzelle erforderlich ist. EPROMs oder EEPROMs sind daher weit immuner gegen elektromagnetische Störfelder als RAMs.
- Im Gegensatz zu einem EPROM, das nach dem Auslesen der Meßdaten optisch (mit UV-Licht) gelöscht werden muß, kann ein EEPROM auf rein elektrischem Weg gelöscht werden. Da also kein mechanischer Zugriff auf den Datenspeicher-Baustein mehr erforderlich ist, kann die gesamte Datenakquisitions-Elektronik hermetisch gekapselt werden. (Die Meßsonden der ersten Generation verwendeten aus Kostengründen noch EPROMs als Datenspeicher. Die Probleme, die beim Löschen dieser EPROMs auftraten, waren die einzigen ernsthaften Schwierigkeiten beim Einsatz der Meßsonden.)

Für die Inbetriebnahme und Wartung der Meßsonden sowie für das Auslesen der Meßdaten wird zeitweise eine Datenverbindung zur Außenwelt benötigt. Mit Rücksicht auf den geforderten bidirektionalen Betrieb und wegen der einfacheren Implementierbarkeit wurde diese Datenverbindung mittels einer seriellen Schnittstelle realisiert. Bei der ersten Generation der Meßsonden war diese Schnittstelle eine einfache galvanische Verbindung über einen Steckkontakt, der beim Öffnen des SONDENGÄHUSES zugänglich wurde. Denkbar wäre jedoch auch eine drahtlose Verbindung über magnetisch gekoppelte Spulen, über die sogar die Energie für den Betrieb der Meßsonden zugeführt werden könnte.

2.3 Energieversorgung

Bei den Grundwasserpegel-Meßsonden der ersten Generation erfolgte die Energieversorgung durch gewöhnliche Alkali-Mangan-Trockenbatterien. Wurde ursprünglich mit einer minimalen Lebensdauer der verwendeten Baby-Monozellen von etwas mehr als einem Jahr gerechnet (also mit der gleichen Zeit, die zum vollständigen Auffüllen des Datenspeicher-EPROMs erforderlich gewesen wäre), ergaben die praktischen Erfahrungen eine weitaus höhere Batterielebensdauer. (Die Batterien des Prototyps dieser Meßsonden sind nach etwa vierjährigem Einsatz noch immer funktionsfähig.) Dem kommt auch die relativ aufwendige Konzeption des Schaltnetzteils entgegen, das speziell für die Datenakquisitionseinheit der Pegelmeßsonden entwickelt worden war, und das bis zu einer Batteriespannung von 2 Volt herab (bei einer Nennspannung von 4,5 V) funktionsfähig ist, weshalb selbst bei relativ entladenen Batterien und/oder tiefen Temperaturen die Spannungsversorgung der Meßsonde gesichert ist. Obwohl also der Batterieverbrauch als Kostenfaktor vernachlässigbar ist, wird gegenwärtig dennoch erwogen, statt Primärelementen Akkumulatoren für die Energieversorgung der Meßsonden zu verwenden. Abgesehen von Aspekten der Abfallvermeidung spricht auch eine verbesserte Zuverlässigkeit der Meßsonden für den Akkumulatorbetrieb: Gegenwärtig müssen die Meßsonden zum Auslesen der Meßdaten, zum Batterietausch und — bei der ersten Generation — zum Löschen der Datenspeicher-EPROMs geöffnet werden. Damit ist aber immer die Gefahr einer Beschädigung der Dichtringe oder -flächen verbunden, die letztlich zum Eindringen von Wasser und zur Zerstörung der Meßsonden führen könnte. Im Gegensatz dazu müßte eine Meßsonde, bei der die Kommunikation und die Energieversorgung (und damit auch die Ladung der Akkumulatoren) induktiv durch die Gehäusewandung hindurch erfolgen könnte, im Normalbetrieb nie wieder geöffnet werden. Da eine induktive Energieübertragung durch ein Edelstahlgehäuse nicht praktikabel ist, müßte das Gehäuse allerdings aus anderen, nichtleitenden Materialien gefertigt werden; im Hinblick auf Wasser-Diffusionsfestigkeit, mechanische Eigenschaften, Kosten und Fertigbarkeit wirft dies etliche Probleme auf, die noch einer Lösung bedürfen.

3. Auswerte-Software

Zu einem Meßsystem werden die Meßsonden erst durch eine entsprechende Softwareunterstützung, die die Wartung der Meßsonden sowie das Auslesen, die Vorverarbeitung und die Verwaltung der Meßdaten erleichtert. Der Mikrocomputer der Meßsonde kann über einen Satz von etwa 25 Befehlen angesprochen werden, mit deren Hilfe der Status der Meßsonde abgefragt, die Uhr der Meßsonde gestellt, eine Meßserie gestartet oder der komplette Satz von Meßdaten ausgelesen werden kann. Das Auswerteprogramm unterstützt wohl zu Wartungszwecken auch eine direkte Kommunikation eines Benützers mit der Meßsonde unter Verwendung des Meßsonden-Befehlssatzes; im allgemeinen ist aber die eigentliche Kommunikation mit der Meßsonde durch eine menügesteuerte pseudo-graphische Benutzeroberfläche verborgen. Die aus den Meßsonden ausgelesenen Daten werden durch eine numerische Korrektur auf der Basis eines Polynoms 1. bis 3. Grades mit sensorspezifischen Kalibrierwerten in physikalisch relevante Werte umgesetzt. Dies war notwendig, weil aus Gründen der geforderten Langzeit-Stabilität der elektrischen Parameter der Meßsonden der Einsatz von Trimpotentiometern für die Sondenkalibrierung kontraindiziert erschien und daher numerische Methoden zur Kompensation der Sensortoleranzen erforderlich waren. Gleichzeitig mit dieser Kalibrier-Korrektur erfolgt eine Prüfung der Meßdaten und allfällige Fehlerkorrektur durch Interpolation zwischen als korrekt betrachteten Meßwerten. Diese Korrektur wird durch die Abspeicherung von Zeitmarken (einmal täglich um Mitternacht) sowie durch das Format der abgespeicherten Meßdaten ermöglicht, das der Meßsonde die Markierung als falsch erkannter Meßdaten (z.B. infolge eines Bitfehlers des Datenspeichers) erlaubt.

In einzelnen Fällen sind die so erhaltenen Daten noch immer nicht direkt verwendbar: Beispielsweise ist die tatsächlich gemessene Leitfähigkeit des Wassers stark temperaturabhängig, der interessierende Parameter hingegen ist eine auf eine bestimmte Nenntemperatur (z.B. 20 °C) bezogene Leitfähigkeit. Aus diesem Grund ist in das Auswerteprogramm ein einfacher frei programmierbarer Interpreter eingebaut, mit dessen Hilfe Verknüpfungen zwischen verschiedenen Sätzen korrelierter Meßdaten (z.B. Roh-Leitfähigkeit und gleichzeitig gemessene Temperatur) ausgewertet werden können. Darüber hinaus können aber auch andere Manipulationen an und mit den gemessenen Daten erfolgen, die von einer einfachen Differenzbildung bis zu statistischen Auswertungen reichen können, und deren Komplexität nur durch die erforderliche Rechenzeit und den für das (benutzerdefinierbare) Programm benötigten Platz im Arbeitsspeicher begrenzt ist. Auf die Meßdaten und die durch Verknüpfung von Meßdaten erhaltenen Dateien kann sowohl sondenspezifisch als auch meßortspezifisch zugegriffen werden; insbesondere werden Maßnahmen vorgesehen, die es erlauben, die nacheinander mit verschiedenen Meßsonden am gleichen Ort erhaltenen Meßdateien miteinander zu einer Einheit zu verbinden.

Generell stellt die große Menge an Meßdaten, die durch dieses Meßsystem generiert werden können, ein ernsthaftes Problem dar: Bei drei Messungen pro Stunde — eine Frequenz, die im Hinblick auf die Dynamik der involvierten Prozesse sinnvoll erschien — erzeugt eine einzige Einkanal-Meßsonde in einem Jahr über 26.000 Meßpunkte. Bei einer derartigen Datenmenge ist eine Auswertung nur unter Zuhilfenahme statistischer und/oder heuristischer Methoden sinnvoll. Um ein Erkennen der Gesetzmäßigkeiten zu erleichtern, die sowohl den mit *einer* Meßsonde erhaltenen Daten als auch der Gesamtheit an Daten zugrundeliegen, wurde eine einfache graphische Ausgabe der Meßdaten vorgesehen. Mit Hilfe dieser Visualisierung soll von der Berliner Gruppe um Prof. Ripl geeignete statistische und heuristische Methoden für die hydrologische Interpretation der Messungen erarbeitet werden.

4. Ausblick

Mit dem beschriebenen Meßsystem wurde ein Instrumentarium konzipiert, das weit über den Bereich des Umweltschutzes hinaus von Interesse sein sollte: Prinzipiell wäre ein Einsatz dieses Meßsystems in allen Bereichen von Medizin, Forschung und Entwicklung denkbar, in denen möglichst preisgünstig die Parameter irgendwelcher Dauerversuche registriert werden sollten, beispielsweise im Zusammenhang mit der Entwicklung von (Bio-) Sensoren. Da andererseits aber auch die Brauchbarkeit eines Langzeit-Meßsystems für irgendwelche physikalische oder chemische Parameter von der Verfügbarkeit ausreichend standfester und zuverlässiger Sensoren abhängt, ist fast zwangsläufig ein zweites Naheverhältnis zur Sensortechnologie gegeben: um die Mitarbeit der Sensor-Experten wird dringend gebeten!

Literaturverzeichnis

- [1] W. Fallmann, B. Luger, K. Riedling, W. Ripl, P. Svasek, W. Winkler, Autonome Datenerfassungseinheiten für Umweltparameter, Seminar "Grundlagen und Technologie elektronischer Bauelemente", Großarl, 1991.