

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 70 (1978)
Heft: 1-2

Artikel: Erdbebenüberwachung an Talsperren
Autor: Andreetti, Rolf A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941061>

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: 12.01.2026

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

Einführung und Zusammenfassung

Der projektierende Ingenieur sieht sich vermehrt mit der Tatsache konfrontiert, dass die Kunden sich über die Zunahme der seismischen Bewegungen, welche der Füllung der Speicherbecken zugeschrieben werden, in bisher vermeintlich inaktiven Gebieten beunruhigt zeigen und Gegenmassnahmen verlangen. Bislang waren an den betroffenen Sperren verhältnismässig wenige Schäden festzustellen, abgesehen davon, dass diese Orte einen kleinen Bruchteil aller Talsperren der Welt betragen. Ausserdem konnte bis jetzt keine Gefährdung der Sicherheit aufgedeckt werden. Da die Bauwerke aber immer kühner gestaltet werden, ist eine seismische Beeinflussung durchaus in Betracht zu ziehen.

Gegenwärtig ist der Einfluss der Erdbebenkräfte noch nicht abschliessend geklärt. Durch dynamische Messungen an einer Vielzahl von Punkten gelangt der Ingenieur in den Besitz von umfassenden Kenntnissen, was ihm Vergleichsmöglichkeiten verschafft. Im folgenden sind die Gedanken zu einem möglichen Messkonzept dargelegt. Insbesondere wird gezeigt, dass die Messung der seismischen Bewegungen allein nicht genügt, sondern dass vor allem die Veränderungen der Materialwerte interessieren. Ein grosser Teil der für die bisherigen statischen Messungen installierten Instrumente kann nach geringfügigem Umbau für die Messung der verschiedenen Oszillationen verwendet werden.

Die Messanlage schaltet sich automatisch ein, sobald infolge einer kleinen Erschütterung ein Schwellenwert überschritten wird. Die Messungen erfolgen 64mal pro Sekunde und werden auf computer-kompatiblem Magnetband registriert; Zeitimpulse einer Quarzuhr dienen der Zuordnung der Messwerte. Mit der dynamischen Messung werden nicht nur die Grenzwerte der Bemessung überprüft, sondern es werden neue Erkenntnisse für eine mögliche kostengünstigere Gestaltung gewonnen.

Introduction et sommaire: Contrôle de mouvements sismiques aux barrages

On constate depuis quelques années que la mise en service de bassins d'accumulation est bien souvent à l'origine d'une augmentation des mouvements sismiques locaux. Ce fait d'une part inquiète le Maître de l'Œuvre et d'autre part impose à l'ingénieur projeteur de rechercher des solutions tenant compte de ce phénomène. Jusqu'à ce jour les dégâts constatés sont peu importants et n'affectent qu'un nombre infime des ouvrages de retenue dans le monde. En aucun cas la sécurité des ouvrages n'est menacée. Cependant la forme des ouvrages de retenue devenant toujours plus «audacieuse» il devient indispensable de pouvoir mesurer non seulement les déformations des ouvrages (mesures statiques) ce qui est déjà le cas maintenant, mais également les oscillations que subissent les ouvrages sous l'effet des mouvements sismiques (mesures dynamiques).

Actuellement l'influence des mouvements sismiques sur les ouvrages hydrauliques d'importance n'est pas encore connue entièrement. A l'aide de mesures dynamiques effectuées en de nombreux points de l'ouvrage considéré l'in-

génieur projeteur sera dorénavant en possession d'informations complètes lui offrant de nombreuses possibilités de comparaison. La manière et les moyens nécessaires à de telles mesures sont décrites plus loin. Il est par ailleurs montré que la mesure des mouvements sismiques ne suffit pas à elle seule pour juger de la sécurité de l'ouvrage mais que l'ingénieur projeteur est particulièrement intéressé par les changements des caractéristiques des matériaux. La plus grande partie des instruments de mesures statiques peuvent être adaptés et utilisés pour la mesure des oscillations.

L'installation de mesure s'enclenche automatiquement dès qu'un ébranlement (ou oscillations) dépasse un certain seuil. Les mesures s'effectuent alors au rythme de 64 par seconde et sont enregistrées sur bandes magnétiques utilisables par la suite pour l'ordinateur. Les impulsions d'une montre de quartz permettent de saisir les rapports de temps entre les diverses mesures. — Les mesures dynamiques permettent ainsi non seulement de vérifier les valeurs limites utilisées pour le dimensionnement d'un ouvrage mais encore de dimensionner de manière plus économique de tels ouvrages à l'avenir.

Introduction and Summary: Seismic Control at Dams
 Design engineers are to an ever greater extent faced with the concern of clients at increasing seismic movement in areas hitherto believed to be inactive, and which it is now thought may result from the filling of reservoirs. Counter-measures are called for, although to date only relatively minor damage has been caused in affected areas, which in any case are associated with only a small fraction of the world's dams. Nevertheless, and despite no serious threat to safety having yet been identified, the construction of ever more audacious structures means that the consideration of possible seismic effects is of growing importance.

At the present time, the effects of earthquake forces are not yet fully understood, but by means of measurements at numerous points, the Engineer can obtain comprehensive data which enable comparative studies. In the following paper some thoughts on a possible measurement concept are set down. In particular, it is argued that the measurement of seismic movement alone is insufficient, and that it is above all changes in material characteristics which interest the Engineer. The majority of the instruments previously installed for static measurements can, with only slight modification, be employed for the measurement of various oscillations.

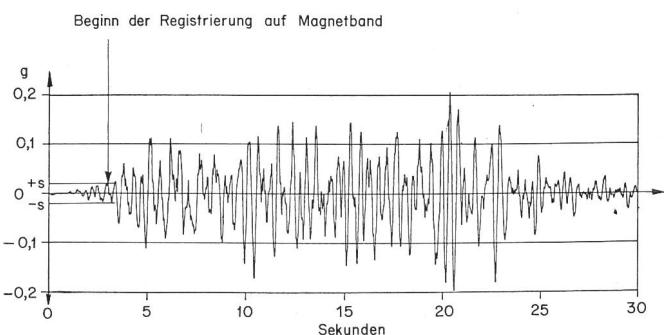


Bild 1. Registrierstreifen eines Seismometers. s Schwellenwert für die Auslösung der Registrierung auf Magnetband.

¹⁾ Nach einem Vortrag, gehalten am 20. Oktober 1977 an der Tagung des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosses Talsperren in Brig.

The instrument switches itself on automatically, immediately a given minimum value is exceeded as the result of a slight tremor. Measurements are made 64 times every second and are recorded on computer-compatible magnetic tape. The timing of measurements is controlled by impulses from a quartz chronometer. Dynamic measurements enable not only the boundary values for design to be checked, but also new cost-saving design methods to be developed.

Introducción y resumen: Movimientos sísmicos y presas

El ingeniero proyectista se ve crecientemente confrontado con el hecho de que los clientes muestran su inquietud ante el incremento de los movimientos sísmicos en zonas tradicionalmente inactivas y piden las contramedidas pertinentes. Lo expuesto se debe principalmente según algunos a la acumulación del agua en los lechos de los embalses. Hasta el presente se determinaron relativamente pocos daños en las presas afectadas, descontados que estos lugares representan una pequeña proporción de todas las presas del mundo. Además hasta ahora no se descubrió ningún riesgo para la seguridad. Puesto que las construcciones se preven cada dia de forma más temeraria, se hace por ello necesario tener en cuenta la influencia sísmica.

Hasta el momento no se ha aclarado definitivamente la influencia de las fuerzas sísmicas. Mediante mediciones efectuadas en un gran número de puntos le es posible al ingeniero entrar en posesión de datos extensos que le permiten establecer comparaciones. En lo que sigue se exponen las reflexiones de un posible concepto de medida. Especialmente se mostrará que sólo la medición de los movimientos sísmicos no es suficiente, sino que ante todo la variación de las características de los materiales interesan al ingeniero. Una gran parte de los instrumentos para mediciones estáticas hasta hoy utilizados pueden ser empleados para medir las diversas oscilaciones con pequeñas modificaciones.

Las instalaciones de medida se conectan automáticamente tan pronto se sobrepasa un valor determinado causado por una pequeña vibración. Las mediciones se miden con una frecuencia de registro de 64 veces/seg y se graban en la cinta magnética de una computadora. Un reloj de cuarzo proporciona los impulsos horarios que dan la cronología de los valores medidos. Con la medición dinámica se comprobarán no sólo los valores límites del dimensionado sino que se adquirirán nuevos conocimientos para concepciones más ventajosas en el plano económico.

Erdbeben gehören zu den dynamischen Erscheinungen. Die Wellen eines Erdbebens treten bei langgestreckten Bauwerken wie Talsperren an verschiedenen Stellen und in verschiedener Richtung auf, so dass sie in rascher Folge unterschiedlich einwirken. Diese Einwirkungen können nur mit einer entsprechend ausgelegten Instrumentierung erfasst werden; bedingt durch die äusserst kurzen Messintervalle führt nur eine elektronische Registrierung der Messdaten zum Ziele. Es stellen sich zwei Fragen:

1. «Was soll mit den registrierten Messwerten geschehen?»
2. «Welche Effekte müssen beobachtet werden?»

Um die erste Frage zu beantworten, sei auf die bisherige Talsperrenbeobachtung hingewiesen. Die projektierenden Ingenieure haben in Abhängigkeit des Langzeitverhaltens des Betons bzw. Schüttmaterials, des Füllgrades des Sees und der Umgebungstemperatur Grenzwerte berechnet und

daraus Bewegungstoleranzen abgeleitet. Die Messwerte verifizieren das vorausberechnete Bewegungsverhalten. Dies ist ebenfalls das Ziel der dynamischen Messungen.

Die Beantwortung der zweiten Frage ist schwieriger, denn die Ingenieurseismologie steht in einem Umwälzungsprozess, indem vor allem die bisherigen Bemessungsverfahren der horizontalen Ersatzlasten zu Gunsten einer dynamischen Berechnung zurücktreten beginnen. Je nach Weltregion unterscheiden sich die Beben in ihrer Charakteristik (erinnert sei hier an den Peitscheneffekt der südamerikanischen Erbeben infolge Resonanzen). An den Sperrstellen ist die seismische Aktivität oft unbekannt und noch nicht alle erzeugten Effekte sind vollständig erforscht.

Gerade der letzte der aufgezählten Punkte interessiert uns. Ein an Ort und Stelle installiertes Seismometer gibt uns im Ereignisfall an, dass und in welche Richtung (d. h. radial, tangential, vertikal) die Erschütterung zu verzeichnen war. Zur Überwachung der Sperre und nicht nur zur einfachen Detektion des Bebens wollen wir aber mehr wissen, nämlich: Die aufgrund von Oszillationen kurz erzeugten oder bleibenden Veränderungen, vor allem jene der Materialkennwerte, die die Sicherheit vermindern könnten. Unter diese Oszillation sind zu rechnen: Beschleunigungen, Schwinggeschwindigkeiten, Dehnungen und Spannungen, Neigungen, Porenwasserdruck. Ausser den zuerst aufgezählten Bewegungsoszillationen werden diese Größen bereits beobachtet (für eine seismische Überwachung allerdings in zu langen Zeitabständen). Das bedeutet, dass die zur dynamischen Überwachung bereits installierte Instrumentierung weitgehend übernommen werden kann, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Die beobachtete Oszillation muss am Ort ihres Auftretens in einen elektrischen Impuls umgewandelt und mittels Kabel an ein Ableseinstrument geleitet werden (Beispiel Messung des Porenwasserdruckes). Der Messwert muss in kurzen Zeitintervallen elektronisch erfasst werden. Die Ansprechgeschwindigkeit des Instrumentes muss vernachlässigbar klein sein. Zur Korrelation der Messwerte muss mittels einer noch zu installierenden Quarzuhr der Zeitpunkt definiert werden können. Die Instrumente müssen in einer genügenden Anzahl an geeigneten Stellen installiert sein, und die Oszillation muss im Messbereich liegen.

Zusätzlich sind an zweckmässigen Stellen Seismometer einzubauen, damit die Stärke des Bebens registriert und auf mögliche Gefährdungen bei Zwischenpunkten geschlossen werden kann.

Um ein optimales Instrumentierungsdispositiv festlegen zu können, wäre die vorgängige Kenntnis der seismischen Charakteristik einer Region wünschenswert. D. h. bei Fehlen einer instrumentell erhobenen Erdbebenstatistik eines in der Nähe der Sperrstelle gelegenen Ortes wäre eine solche einige Jahre vor Projektierungs- und Baubeginn zu erstellen; die vielen registrierten Mikrobeben sind Hinweise auf eine seismische Aktivität, so dass sich das Risiko von zu erwartenden grösseren Beben oder füllungsverursachter Beben abschätzen lässt. Danach richten sich die zu treffenden Massnahmen.

Anhand der dynamischen Dimensionierungen der Talsperre werden Beanspruchungskriterien abgeleitet, welche ihrerseits wiederum Schwellenwerte definieren. Diese Schwellenwerte werden den registrierten Messwerten gegenübergestellt.

Bereits ist nun einige Male von kurzen Zeitintervallen die Rede gewesen. Wie sind diese Intervalle zu definieren? Die von Erdbeben freigesetzte Energie tritt vor allem in den Frequenzen von 0 bis 30 Hz auf. Die von 0 bis 10 Hz auftre-

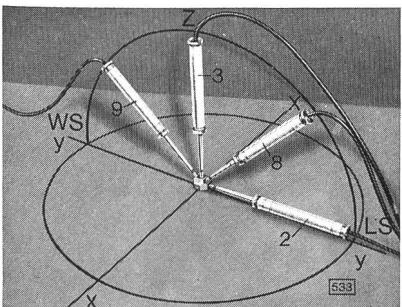
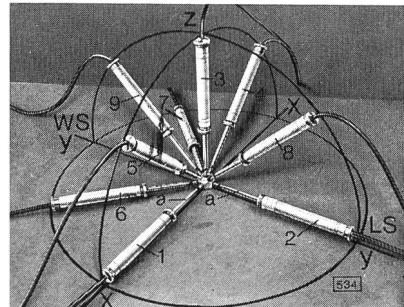


Bild 2. Teleformeter zur Messung von Dehnungen.

Links: Teleformeter-Rosette, 4fach. y-y-Z Mess-ebene. 2, 3, 8, 9 Teleformeter. O Sternkopf. a Sternarme.

Rechts: Teleformeter-Stern, 9fach. 1 bis 9 Teleformeter. O Sternkopf. a Sternarme.

Fotos Huggenberger AG, Zürich



tenden Energien verursachen die grossen Zerstörungen. Die Datenverarbeitungssysteme arbeiten im Binärsystem, d. h. das kürzeste Zeitintervall ist auf eine Potenz von 2 Hz festzusetzen, in unserem Falle also z. B. auf 32 Hz. Um die Schwingungsvorgänge eindeutig zu erfassen, bedarf es aufgrund mathematischer Gesetze einer doppelt so scharfen Auflösung. Somit ist es für eine dynamische Talsperrenbeobachtung zweckmässig, die Erfassungsfrequenz auf 64 Hz festzulegen. Die Trägheit der zur Beobachtung eingesetzten Instrumente muss darunter liegen.

Die Daten werden zweckmässigerweise digital erfasst, obwohl die Instrumente die Veränderungen analog aufzeichnen, denn die Datenverarbeitung liefert bei Eingabe von digitalen Daten schneller die gesuchten Resultate. Angesichts der grossen Anzahl von Datenkanälen erscheint es naheliegend und auch kostengünstig, die Daten an einem zentralen Ort auf einem Grosscomputer zu verarbeiten, während sie mit Hilfe eines komfortablen Data-Logger dezentralisiert je für die einzelnen Sperrstellen gespeichert werden sollen.

Sämtliche an einer Talsperre anfallenden Messwerte werden über Kabel der in der Nähe, an einem witterungs geschützten und ganzjährig zugänglichen Orte (z. B. Wärterraum) liegenden Registrierzentrale zugeführt und dort entweder auf Verlangen oder bei Überschreiten eines seismischen Schwellenwertes gespeichert. Die Quarzuhr erzeugt identifizierbare Zeitimpulse, die in einem sogenannten Zeitfeld auf dem computer-kompatiblen Magnetband gespeichert werden, was die genaue Zuordnung der Messwerte ermöglicht. Es wird eine grosse Anzahl Daten anfallen. Zum Beispiel würden bei der Staumauer Livigno mit den eingebauten und für das dynamische Instrumentierungsdispositiv beigezogenen 33 Klinometern, 8 Deformetern, 2 Teleformetern à 9 Richtungen, 2 Telerocmetern und mindestens zwei zu installierenden Seismometern 61 Datenkanäle nötig. Zusätzlich müssen die rein statisch bezogenen Messwerte wie Lote, Seestand und Temperaturen entsprechend on-line erfasst werden. Eine Fernübertragung scheidet zur Zeit aus, da sie — sollen die Kosten in Grenzen gehalten werden — bald überlastet wäre.

Möchte man die seismischen Bewegungen einer Talsperre im Rahmen einer regionalen Erdbebenbeobachtung mit andern Überwachungen in Beziehung bringen, so ist die örtlich installierte Quarzuhr durch die Zeitzeichen-Sender periodisch auf einen einheitlichen Zeitpunkt zu eichen, was sich gut über Funk realisieren lässt. Die Seismometerdaten müssten dann ohne Zeitverzug über Kabel einer nationalen Zentralstelle zugeleitet werden. Lösungen mit vieladrigem Kabel sind, auch wenn mit verschiedenen Trägerfrequenzen gearbeitet werden kann, kostspielig. Immerhin kann, im Falle der Schweiz, eine solche Lösung mit den Absichten des Eidg. Erdbebendienstes synchronisiert werden, was eine Verbilligung bringt, da Geräte und Personal zum Teil vorhanden sind.

Für die Beobachtung einer einzelnen Talsperre ist die Registrierung wie folgt auszulegen:

Der bereits erwähnte *Data-Logger* besteht aus einem Analog/Digital-Umwandler, einem Minicomputer zwecks programmgesteuerter Überprüfung auf Schwellenwerte, aber auch zur Aufzeichnung von Messwerten nach Bedarf, dem Aufbereiter und der Quarzuhr zur Vorbereitung des Speicherns der Daten und Zeitangaben, einem inkrementellen Magnetbandgerät zur Registrierung.

Er wird ergänzt durch eine Pufferspeichereinheit, damit die Vorgeschichte eines Bebens — d. h. die Messwerte in jener Zeit, die zwischen Beginn der ersten Ausschläge und Überschreiten des Schwellenwertes verstreckt — erfasst wird und für die Charakterisierung und Interpretation des Ereignisses zur Verfügung steht. In der Pufferspeichereinheit zeichnet ein Registrierkopf die Daten auf einem Endlosband auf. Ein hinter dem Registrierkopf angebrachter Lesekopf greift sie ab und vergleicht sie über den Minicomputer mit den vorgegebenen Schwellenwerten. Liegen die Messwerte über dem Schwellenwert, so werden sie von einem zweiten, im Bandlauf weiter zurückliegenden Lesekopf abgegriffen und dem inkrementellen Magnetbandgerät zur definitiven Speicherung zugeführt. Liegen die Messwerte darunter, so löscht ein an den zweiten Lesekopf unmittelbar anschliessender Löschkopf die Aufzeichnungen. Im Überschreitungsfall löst der Minicomputer über Funk oder Kabel ein allgemeines Alarmzeichen an die Kraftwerkzentrale aus, um anzugeben, dass das Magnetband an der Sperrstelle abzuholen und zu verarbeiten ist.

Der zeitliche Abstand zwischen Registrierkopf und zweitem Lesekopf, die sog. Pufferzeit, sollte etwa eine Minute betragen. Die Registrierung bricht ab, sobald die Amplituden auf einen unteren, unterschiedlichen Schwellenwert abgefallen sind; darunter liegende Ausschläge sind nicht mehr von Bedeutung. Bei einem Folgebeben wird die ganze Apparatur wieder eingeschaltet, und das Registrieren beginnt von neuem. Dank der mitregistrierten Zeitangabe ist das Identifizieren und Zuordnen der Messwerte eindeutig möglich.

Mit welchen Kosten ist nun zu rechnen? — Die Investitionen setzen sich aus folgenden Gruppen zusammen:

- Instrumentierung, d. h. zum Teil die bisherigen, unter Umständen angepassten Instrumente und die Seismometer;
- Die Verbindungen von den Ablesegeräten zur Registrierseinheit einschliesslich Verstärker, ferner Einrichtung für eine wahlweise manuelle Ablesung;
- Der ergänzte Data-Logger mit Quarzuhr;
- Die Software.

Für eine Talsperre in der Grösse der Staumauer Livigno müsste etwa mit dem Zweieinhalfachen der Kosten der bisherigen, statischen Instrumentierung gerechnet werden. Mit der dynamischen Instrumentierung können die bisherigen Programme ebenfalls gemessen werden.

Verbilligungsmöglichkeiten aufzuzeichnen, scheint im heu-

tigen Zeitpunkt verfrüh, zumal hier ein Überwachungskonzept nur grob skizziert worden ist. Immerhin ist denkbar, und Bestrebungen sind im Gange, den Betrieb eines Kraftwerkes mit Computern zu optimalisieren, was infolge der Mehrzweckfunktion des Computers bereits eine Verbilligungsmöglichkeit ergibt.

Welcher Wert soll der zusätzlichen Überwachung eingeräumt werden? Besonders heute, wo im Zusammenhang der Katastrophen-Diskussionen bei Grossanlagen diese Problemkreise vermehrt im Gespräch sind, gewinnt die Erdbebenüberwachung an Bedeutung. Die für die Instrumentierung aufzuwendende Summe fällt, verglichen mit den Gesamtbaukosten, wenig ins Gewicht.

Mit der Messung der dynamischen Belastungen werden aber nicht nur die Grenzwerte der Bemessung überprüft, sondern auch — im Umkehrverfahren — neue Erkenntnisse für die zukünftige Dimensionierung gewonnen. Jede schlankere Gestaltung der Sperrenquerschnitte entspricht einer unmittelbaren Kostensenkung; und dies ist schliesslich ein Fernziel der Erdbebenmessungen an Talsperren.

Adresse des Verfassers: Rolf A. Andreatti, dipl. Ing. ETH, SIA, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, 8022 Zürich.

Recycling im Rahmen der Abfallwirtschaft

Rudolf Braun

Recycling ist zum Modewort geworden, das in engem Zusammenhang mit dem Umweltschutz und der drohenden Rohstoffverknappung genannt wird. In diesem Zusammenhang ist auch die Devise «Abfälle sind Rohstoffe am falschen Platz» entstanden. Es besteht eine gewisse Gefahr, dass die Öffentlichkeit verunsichert wird oder sich falsche Hoffnungen macht und glaubt, mit Recyclingmassnahmen seien die Probleme des Umweltschutzes und der Rohstoffverknappung mit einem Schlag gelöst.

Was ist Abfallwirtschaft?

Aufgrund thermodynamischer Gesetze lassen sich Abfälle nicht im eigentlichen Sinne vernichten, sondern nur umwandeln in andere Stoffe verschiedenster Aggregatsstufen, die irgendwo, im Boden, Wasser oder in der Luft «untergebracht» werden müssen. Abfallumwandlung bedeutet aber auch *Umweltbelastung*. Technische Anlagen, wie Kläranlagen, Müllbehandlungsanlagen, Shredderanlagen usw. sind nicht frei von Emissionen. Ihr Ausmass hängt jedoch weitgehend vom System, von der Konzeption und von der Betriebsweise ab. Die Zielsetzung der Abfalltechnik liegt daher darin, diese Umwandlung so zu vollziehen, dass die Neben- und Endprodukte weniger belastend für die Umwelt sind als die ursprünglichen Abfallstoffe. Bei Missachtung dieses Grundsatzes verliert die Abfalltechnik ihren Sinn!

Es stellt sich somit die Aufgabe, Abfallumwandlung, Umweltbelastung, Schonung der Ressourcen und Aufwand zu optimieren. Das führt zur Abfallwirtschaft.

Unter dem Begriff *Abfallwirtschaft* verstehen wir die Summe aller Massnahmen zur möglichst schadlosen Behandlung, Wieder- und Weiterverwendung und endgültigen Unterbringung von Abfällen aller Art unter Berücksichtigung ökonomischer Gegebenheiten.

Die Abfallwirtschaft ist somit ein Teil der allgemeinen Wirtschaft, deren eigentliche Motivation in der Diskrepanz zwischen der Unbegrenztheit der menschlichen Bedürfnisse und der Knappheit der zu ihrer Befriedigung zur Verfügung stehenden Mittel liegt. Zielsetzung der Wirtschaft ist es, auf der Grundlage des Vergleiches von Kosten und Nutzen, von Aufwand und Ertrag, die naturgegebene Knappheit an Gütern zu verringern.

Zielsetzung der Abfallwirtschaft ist es, auf der Grundlage des Vergleiches von Kosten und ökologischem Nutzen bei möglichster Schonung der Rohstoffreserven die Umweltbelastung zu minimalisieren.

Steigende Belastung von Wasser, Boden und Luft durch feste, flüssige und gasförmige Abfälle einerseits und drohende Verknappung mancher Rohstoffreserven anderseits sind also die eigentlichen *Triebfedern der Abfallwirtschaft*. Es sind ökologische und rohstoffökonomische Erfordernisse, die den Trend zur Wieder- und Weiterverwendung (Recycling) der Abfälle in neuerer Zeit immer deutlicher werden lassen. Man hofft, durch Rückführung der Abfälle in die Produktion bzw. in den Verbrauch die Menge der umweltbelastenden Abfälle der menschlichen Gesellschaft zu verringern und die Rohstoffreserven zu schonen.

Abfallwirtschaft umfasst jedoch nicht nur Recycling-Massnahmen, sondern auch die endgültige Unterbringung der nicht verwertbaren Abfallstoffe in Form der *geordneten Deponie* in einem dafür geeigneten Gelände. Wir verstehen darunter die nach bestimmten technischen Gesichtspunkten durchgeführte endgültige Ablagerung von Abfällen, die sich dadurch auszeichnet, dass bei der Wahl des Standortes, beim Betrieb und beim Abschluss der Deponie den Anforderungen des Gewässerschutzes, des Immissionschutzes und des Landschaftsschutzes Rechnung getragen wird. Aufgrund sorgfältiger Planung sollten Deponien als neue gestaltende Elemente sinnvoll in bestehende oder neu zu schaffende Nutzungsformen der Landschaft eingegliedert werden.

Als wichtigste Massnahmenpakete der Abfallwirtschaft betrachten wir:

1. Die Rückführung der dafür geeigneten Abfallstoffe in industrielle Rohstoffkreisläufe zur Gewinnung von neuen Produkten oder Rohstoffen.
2. Die Rückführung biogener Abfallstoffe in natürliche Stoffkreisläufe zur Gewinnung von Humusdüngern und Pflanzennährstoffen.
3. Die Integration der Abfalldeponien in die Raumplanung mit dem Ziel, Deponien als neue gestaltende Elemente der Landschaftsplanung zu verwenden.
4. Die Kausaltherapie mit dem Ziel, weniger Abfälle zu produzieren und nur solche, die umweltkonform, d. h. mit kleinen Lastpaketen, behandelt werden können.

Kriterien für Recycling-Massnahmen: Die Lastpakete

Seit jeher war der Mensch bestrebt, die in den Abfällen enthaltenen Rohstoffe wieder nutzbar zu machen. Es waren jedoch weder rohstoffökonomische noch ökologische, sondern ausschliesslich wirtschaftliche Beweggründe, die