



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014–2020

Skládkový workshop Liberec-Žitava 2016

Skládka jako poslední možnost

Aktuální otázky

vyplývající z hierarchie nakládání s odpady

3.-4. listopadu 2016



Deponieworkshop Liberec-Zittau 2016

Deponie als letzte Möglichkeit

Aktuelle Fragen,

die sich aus der Abfallhierarchie ergeben

03.-04. November 2016

12. Skládkový workshop Liberec-Žitava

Skládka jako poslední možnost

Aktuální otázky vyplývající z hierarchie nakládání s odpady

12. Deponieworkshop Liberec-Zittau

Deponie als letzte Möglichkeit

Aktuelle Fragen, die sich aus der Abfallhierarchie ergeben

Podpora

Tato akce je podpořena z prostředků Evropské unie prostřednictvím Programu spolupráce Česká republika-Svobodný stát Sasko 2014-2020 – číslo projektu 100246598.

Förderung

Diese Veranstaltung wird durch das SN-CZ 2014-2020 - Programm der EU zur Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit zwischen dem Freistaat Sachsen und der Tschechischen Republik gefördert – Projektnr.: 100246598.

odborný editor: Lukáš Zedek

technický editor: Kamil Nešetřil

překlady provedl: Sven Dietrich

Sborník byl připraven s využitím typografického systému \LaTeX .

Obsah

Účinnost evropských předpisů	7
<i>Havelka, P.</i> Odpadové hospodářství v ČR ve světle vyhlášené evropské strategie	9
<i>Stock, U.; Bittrich, S.</i> Požadavky na zpracování odpadů, především diskuse o spalování odpadů proti mechanicko-biologickému zpracování odpadů z německého pohledu	11
<i>Hráská, D.</i> Způsoby energetického využívání odpadů	25
<i>Witkowski, W.; Beyer, G.</i> Plánování, stavba a zprovoznění zařízení pro zpracování odpadu s kompostárnou v Marszowě (Polsko)	31
Využití stavebních materiálů pro stavbu skládek	33
<i>Egloffstein T.; Sehrbrock, U.</i> Průkazní zkoušky přírodních, minerálních stavebních materiálů – Požadavky a jejich praktické prosazování v Německu	35
<i>Sandig, F.; Al-Akel, S.; Thiele, R.; Engel, J.</i> Aplikace technických rekultivačních substrátů - možnosti a hranice	39
<i>Hrabčák, M.</i> Štvrtý rozmer skládky	55
<i>Schneider, P.; Müller, M.; Hebner, A.; Kapielski, K.; Schrickel, M.; Fabian, H.</i> Možnosti alternativní izolace skládky pomocí sekundárních minerálních stavebních hmot v tuzemsku a v zahraničí	63
Aplikovaná informatika a měřicí technika	77
<i>Dunger, V.; Müller, M.; Winter, C.; Winter, J.</i> Hydrologie zajištění povrchu v Sasku a změny klimatu	79
<i>Datel, J. V.</i> Zásady geotechnického a environmentálního monitoringu odkališť	93
<i>Weber K.</i> Automatizovaný monitoring skládky během fáze následné péče	111

<i>Kast, G.</i> Měření objemového obsahu vody při využití kontinuálních a diskontinuálních metod měření v hydrologické vrstvě skládky v Bavorsku	117
Techniky následné péče o skládky	119
<i>Drews, R.</i> Nákladově efektivní a nízkoúdržbové systémy odvodnění povrchů skládek s přihlédnutím ke specifickým požadavkům hydrologické vrstvy.	121
<i>Beck-Broichsitter, S.; Fleige, H.; Horner, R.</i> Dlouhodobá účinnost dočasného minerálního zakrytí povrchu	143
<i>Steinbrecht, D.; Rickert, I.</i> Likvidace a energetické využívání skládkových plynů	153
<i>Nešetřil, K.</i> Informační systém pro monitoring skládek	163
Aplikovaná geologie a další témata	165
<i>Zeman, J.</i> Geochemie složitých interakcí odpadů a infiltračních vod na skládkách	167
<i>Hrabal, J.; Kovářová, K.; Ambrožová, V.</i> Čištění skládkových výluhů kombinovanou membránovou technologií s použitím bio- logických systémů předčištění	179
<i>Gerth, A.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schneider, P.</i> Následné využití lokality skládky Gò Cát v Ho Či Minově městě	187
<i>Clemenz, P.; Weber, I.; Dedek, M.; Pabel, R.; Schoenherr, J.I.; Dunger, V.; Schulz, R.; Engel, J.</i> Vývoj environmentálních inženýrských postupů pro udržitelné využití půd	199
<i>Pelantová, V.</i> Problematika černých skládek	207

Inhaltsverzeichnis

Auswirkung von EU-Richtlinien	7
<i>Havelka, P.</i> Abfallwirtschaft in der Tschechischen Republik angesichts der erklärten europäischen Strategie	9
<i>Stock, U.; Bittrich, S.</i> Anforderungen an die Abfallbehandlung, insbesondere die Diskussion um Abfallverbrennung kontra mechanisch-biologische Abfallbehandlung aus deutscher Sicht	11
<i>Hráská, D.</i> Möglichkeiten einer energetischen Abfallnutzung	25
<i>Witkowski, W.; Beyer, G.</i> Planung, Bau und Inbetriebnahme von Abfall-aufbereitungsanlagen und die Abfallanlage mit Kompostierung in Marszow (Polen)	31
Verwendung von Baustoffen im Deponiebau	33
<i>Egloffstein T.; Sehrbrock, U.</i> Eignungsnachweise nach BQS für natürliche mineralische Baustoffe – Anforderungen und praktische Umsetzung	35
<i>Sandig, F.; Al-Akel, S.; Thiele, R.; Engel, J.</i> Anwendungen für technische Rekultivierungs-Substrate – Möglichkeiten und Grenzen	39
<i>Hrabčák, M.</i> Die vierte Dimension einer Deponie	55
<i>Schneider, P.; Müller, M.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schrickel, M.; Fabian, H.</i> Möglichkeiten alternativer Deponieabdichtungen mit mineralischen Ersatzbaustoffen im In- und Ausland	63
Angewandte Informatik und Umwelt-Messtechnik	77
<i>Dunger, V.; Müller, M.; Winter, C.; Winter, J.</i> Der Wasserhaushalt von Oberflächensicherungen Sachsens im Klimawandel	79
<i>Datel, J. V.</i> Prinzipien des geotechnischen Monitorings und Umweltmonitorings von Klärteichen .	93
<i>Weber K.</i> Automatisierte Deponieüberwachung in der Nachsorgephase	111

<i>Kast, G.</i> Zur Messung des volumetrischen Bodenwassergehaltes bei Einsatz von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Messmethoden in einer Wasserhaushaltsschicht einer Deponie in Bayern	117
Umwelttechnik bei der Nachsorge von Deponien	119
<i>Drews, R.</i> Kostengünstige und nachsorgearme Oberflächenentwässerungseinrichtungen auf Deponien bei Berücksichtigung der besonderen Anforderungen einer Wasserhaushaltsschicht	121
<i>Beck-Broichsitter, S.; Fleige, H.; Horner, R.</i> Langzeitwirkung einer temporären mineralischen Oberflächenabdichtung	143
<i>Steinbrecht, D.; Rickert, I.</i> Entsorgung von und Energiegewinnung aus Deponiegasen	153
<i>Nešetřil, K.</i> Informationssystem für das Monitoring einer Deponie	163
Angewandte Geologie, Sonstiges	165
<i>Zeman, J.</i> Geochemie komplexer Wechselwirkungen des Abfalls und des Sickerwassers auf Deponien	167
<i>Hrabal, J.; Kovářová, K.; Ambrožová, V.</i> Reinigung des Deponiesickerwassers mit Hilfe einer kombinierten membranengestützten Technologie unter Anwendung biologischer Systeme der Vorbehandlung	179
<i>Gerth, A.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schneider, P.</i> Nachnutzung des Deponiestandortes Gò Cát in Ho Chi Minh City	187
<i>Clemenz, P.; Weber, I.; Dedek, M.; Pabel, R.; Schoenherr, J.I.; Dunger, V.; Schulz, R.; Engel, J.</i> Entwicklung umweltingenieurtechnischer Verfahren zur nachhaltigen Bodenressourcennutzung	199
<i>Pelantová, V.</i> Problematik der illegalen Abfallablagerung	207

**Aplikovaná informatika a měřicí
technika**

**Angewandte Informatik und
Umwelt-Messtechnik**

Automatizovaný monitoring skládky během fáze následné péče

Automatisierte Deponieüberwachung in der Nachsorgephase

Katja Weber¹

Abstrakt

Nařízení o skládkách a trvalých úložištích (Deponieverordnung) definuje jasné předpisy pro monitoring skládek během fáze následné péče. Tyto předpisy vedou k zčásti významným nákladům po dobu 10 až v některých případech více než 30 let. V tomto příspěvku je představen systém, pomocí kterého je možno automaticky zaznamenávat data vodního režimu zakrytí skládky v požadovaném vysokém časovém rozlišení. Systém spočívá na principu lysimetru a umožňuje tak i přímé měření výparu. Kromě srážek, výparu, množství infiltrované vody a profilu půdní vlhkosti lze zaznamenávat i všechna meteorologická data. Automatizovaně nebo manuálně lze navíc získávat vzorky průsakové vody pro účely chemických rozborů. V tomto příspěvku je představen systém a první zkušenosti s prototypem tohoto systému a možnosti jeho využití a z toho vyplývající optimalizace práce.

Kurzfassung

Die Deponieverordnung definiert klare Vorgaben zur Überwachung von Deponien in der Nachsorgephase. Diese bedingen einen teils erheblichen Aufwand über einen Zeitraum von 10 bis teilweise über 30 Jahren. In diesem Beitrag wird ein System vorgestellt, mit dem die zeitlich hochaufgelöst geforderten Daten des Wasserhaushaltes der Abdeckung automatisiert erfasst werden können. Das System basiert auf dem Prinzip eines Lysimeters und ermöglicht somit auch die direkte Messung der Verdunstung. Neben Niederschlag, Verdunstung, Sickerwassermenge und Bodenfeuchteprofil können auch alle meteorologischen Daten erfasst werden. Zusätzlich können automatisiert oder manuell Sickerwasserproben zur chemischen Analyse entnommen werden. In diesem Beitrag werden das System und erste Erfahrungen mit dem Prototyp vorgestellt sowie Möglichkeiten des Einsatzes und die daraus resultierende Optimierung der Arbeit aufgezeigt.

1 Motivation

Deponien müssen auch über ihren aktiven Betriebszeitraum heraus überwacht werden um potenzielle, von ihnen ausgehende Gefährdungen zu unterbinden. Die Deponieverordnung definiert hierfür in Abhängigkeit von der Deponieklasse Nachsorgephasen von 10 bis über 30 Jahre. Ebenso gibt die Deponieverordnung vor, welche Parameter im Rahmen dieser Nachsorge erfasst werden sollen. Unter diesen Vorgaben werden Deponiespezifische Messpläne erstellt, welche mit einem teils erheblichen Aufwand verbunden sind. Diese Messpläne werden in aller Regel bereits in der aktiven Phase der Deponie umgesetzt. Jedoch verschiebt sich das Aufwand-Nutzen-Verhältnis in der Nachsorgephase deutlich Richtung „Aufwand“.

Die Praxis zeigt, dass aus Mangel an praktikablen Alternativen oft Kompromisse in Form eingeschränkter Messprogramme umgesetzt werden. Gleichzeitig sind selbst eingeschränkte

¹Umwelt-Geräte-Technik GmbH Müncheberg, Eberswalder Straße 58, D-15374 Müncheberg, katja.weber@ugt-online.de

Messprogramme bereits mit einem erheblichen Aufwand für die Deponiebetreiber verbunden. Ziel der hier vorgestellten Entwicklung ist es, eine Systemlösung zu bieten, die die Umsetzung der in der Deponieverordnung festgelegten Messprogramme mit vertretbarem Aufwand ermöglicht.

2 Technologie

2.1 Lysimetertechnik als Grundlage

Für die Entwicklung des Systems wurden vier Schwerpunkte einer effizienten Lösung festgelegt.

- Direkte Umsetzung der Vorgaben der Deponieverordnung, um eine Lösung entsprechend der geltenden rechtlichen Regelungen zu bieten.
- Möglichst effizienter Aufbau des Systems. Dies zielt auf die Bestimmung möglichst vieler Parameter mit möglichst wenig Aufwand sowohl in der Anschaffung, als auch im Betrieb.
- Fokus auf die Parameter, die mit einer hohen zeitlichen Auflösung (monatlich oder häufiger) gefordert werden.
- Weitgehende Automatisierung des Messbetriebs und der Auswertung.

In der Nachsorgephase werden explizit die meteorologischen Parameter mit einer hohen zeitlichen Auflösung gefordert. Diese beinhalten auch die Messung der Verdunstung. Die einzige Möglichkeit die Menge des durch Evapotranspiration abgegebenen Wassers direkt zu bestimmen besteht in wägbaren Lysimetern. Andere gängige Verfahren sind, neben sehr aufwändigen Eddy-Kovarianz-Messungen, Schätzungen über Vergleichsmessungen aus Verdunstungskesseln oder empirische Formeln. In Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen und der Vegetation können diese die tatsächliche Evapotranspiration jedoch deutlich über- oder unterschätzen.

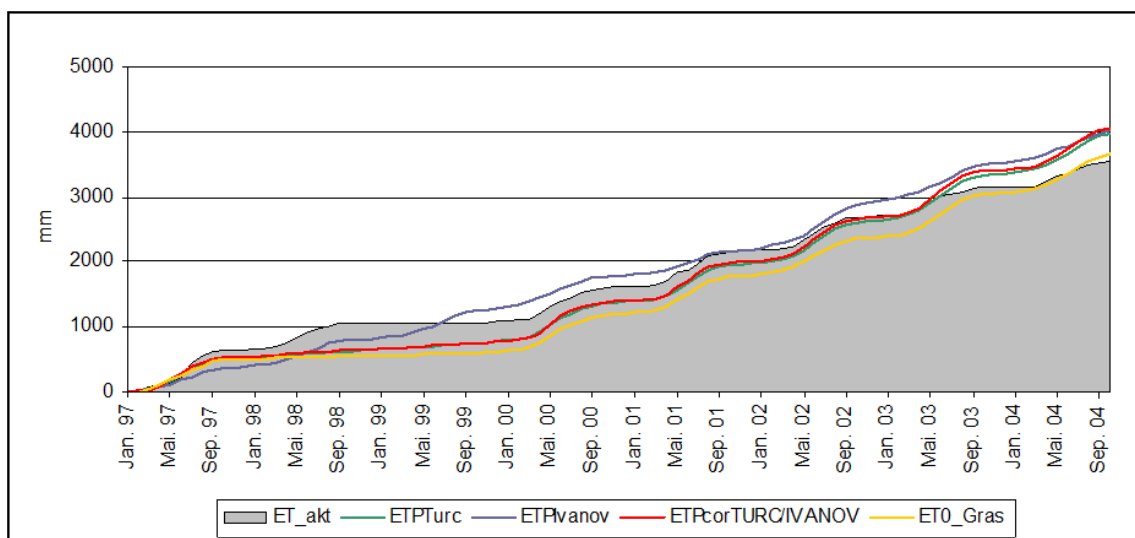


Abbildung 1: Vergleich der tatsächlichen Evapotranspiration ET_akt mit anerkannten empirischen Verfahren auf einem endabgedeckten Deponiestandort

Ein wägbares Lysimeter bietet zusätzlich den Vorteil weitere Wasserbilanzparameter, wie die Niederschlagsmenge, den Oberflächenabfluss (bei Bedarf) und die Sickerwassermenge

direkt erfassen zu können. Zusätzlich steht abfließendes Wasser, wie etwa das Sickerwasser, zur Beprobung bereit.

Daher wurde als Grundlage für das System die Technologie eines wägbaren Lysimeters gewählt.

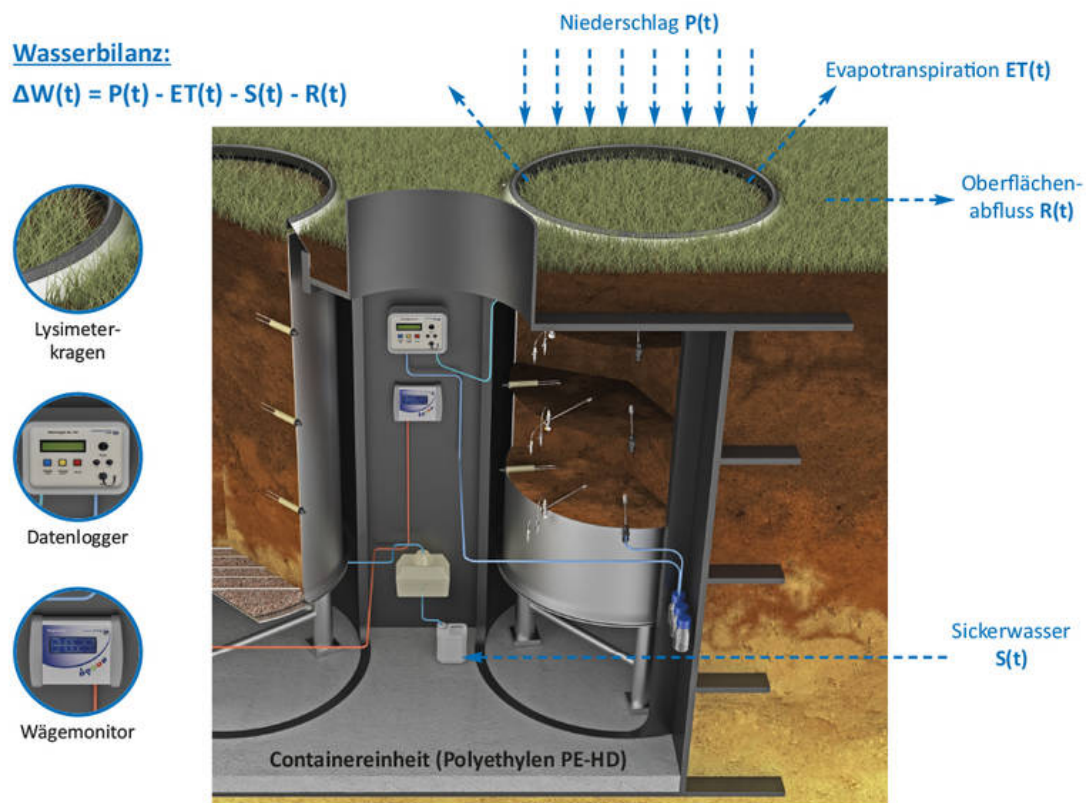


Abbildung 2: Schematische Darstellung zur Erfassung der Wasserbilanz über ein wägbares Lysimeter

Aus der Gewichtsveränderung in Kombination mit der Erfassung der Menge an Sickerwasser und Oberflächenabfluss können Niederschlag und Evapotranspiration bestimmt werden. Durch die Installation zusätzlicher Sensoren kann die Aussage der Messungen untermauert und präzisiert werden. So sind zum Beispiel interne Bodenfeuchte- oder Temperaturprofile möglich, um den Fortschritt einer Wasserfront, der Austrocknung oder des Bodenfrosts zu beobachten.

2.2 Deponielysimeter

Große Lysimeteranlagen stellen jedoch einen erheblichen Aufwand dar und sind für den Einsatz zur Deponieüberwachung überdimensioniert. Daher wurde in Anlehnung an die Erfordernisse dieser Anwendung ein vereinfachtes Miniaturlysimeter entwickelt.

Mit einer Oberfläche von maximal $0,5 \text{ m}^2$ und einer Länge von maximal 90 cm sind diese Lysimeter deutlich kleiner als herkömmliche Lysimeter. Die Lysimetergefäße sind aus Polypropylen und somit leichter zu handhaben und deutlich kostengünstiger als die üblichen Edelstahlgefäße. Der sonst begehbare Lysimeterkeller wird durch eine Kompaktstation ersetzt, welche das Wägesystem und die Sickerwasserfassung inklusive Kippzähler enthält. Das anfallende Sickerwasser wird in einem Tank aufgefangen, sodass es nach der quantitativen Erfassung auch für qualitative Untersuchungen zur Verfügung steht. Über einen Schlauchanschluss an

der Seite des Lysimeters können Wasserproben mit einer Handpumpe oder bei Bedarf auch automatisiert entnommen werden. Für geneigte Standorte können die Lysimeter mit angepasster Oberflächenneigung gefertigt werden. Zur Erfassung des Oberflächenabflusses auf geneigten Lysimetern wird ein Kragen um das Lysimeter installiert, welcher das abfließende Wasser auffängt. Über einen zusätzlichen Kippzähler kann die Menge des Oberflächenabflusses bestimmt werden. Anschließend steht auch dieses Wasser zur Beprobung zur Verfügung. Der zugehörige Datenlogger wird außerhalb der Station an einem Mast montiert, sodass er stets leicht zugänglich ist und ohne weiteres zur Aufnahme zusätzlicher Sensorik zur Verfügung steht.

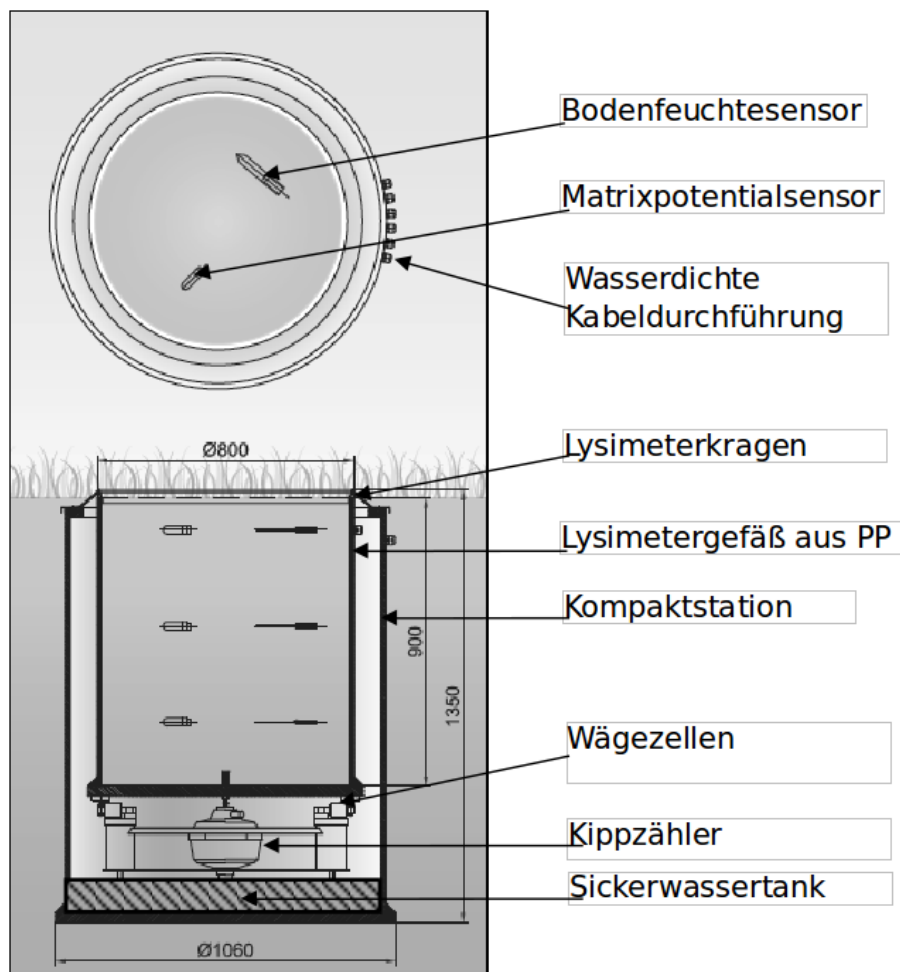


Abbildung 3: Schematische Darstellung des kompakten Lysimeternaufbaus mit exemplarischer Sensorik in drei Ebenen

Das komplette System ist als Plug-and-Play System aufgebaut, sodass es vom Endnutzer selbständig, ohne spezifische Vorkenntnisse oder Spezialwerkzeug installiert werden kann. Dadurch entfallen hohe Installationskosten und die Installation kann unkompliziert in die eigene Ablaufplanung integriert werden.

3 Anpassung des Systems

Das Deponielysimeter als Grundlage erlaubt einen effizienten Aufbau von Messplätzen, wodurch die Kosten für Anschaffung, Installation und Betrieb, sowie der Aufwand der Wartungsarbeit und der Datenaufbereitung minimiert werden können. Das System kann je nach festgelegtem Messplan angepasst werden.

3.1 Datenlogger

An den Datenlogger des Deponielysimeters kann zusätzliche Sensorik angeschlossen werden. So können zum Beispiel die Sensoren zur, laut Deponieverordnung geforderten, Temperaturmessung, zusätzliche Bodenhydrologische Sensoren oder auch ganze Wetterstationen mit an den Datenlogger angeschlossen werden. Es ist auch möglich mehrere Deponielysimeter an einen Datenlogger anzuschließen.

Vorteile bei der Zusammenfassung mehrere Sensoren auf einem Datenlogger:

- Kostenersparnis bei der Anschaffung. In der Regel ist der Datenlogger mit der zugehörigen Energieversorgung und je nach Bedarf einer Datenfernübertragungslösung der höchste Kostenpunkt eines Messplatzes. Das Aufwand-Nutzen-Verhältnis eines Datenloggers ist umso besser, je mehr Sensoren er fasst.
- Synchrone Daten. Werden alle Daten von einem Datenlogger aufgezeichnet, so ist garantiert, dass die Zeiten der Datenaufzeichnung auch tatsächlich übereinstimmen und die Daten immer klar einander zugeordnet werden können.
- Ausgabe aller Daten in einer Datei. Die Daten werden vom Datenlogger als .csv-Datei ausgegeben, sodass sie leicht in Tabellenkalkulationsprogramme oder Datenbanken importiert werden können. Bei Kombination aller benötigten Messungen auf einem Datenlogger muss nur ein Datensatz ausgelesen und weiter verarbeitet werden. Dies spart Zeit in der Aufbereitung der Daten.
- Kostenersparnis bei der Datenfernübertragung. Soll der Messplatz durch Datenfernübertragung weitgehend automatisiert werden, fallen für jeden Datenlogger Kosten hierfür an. Diese laufenden Kosten können durch Kombination möglichst vieler Sensoren auf einem Datenlogger minimiert werden.

3.2 Automatisierung

Ein Ansatz zur Verringerung des Aufwandes ist die weitgehende Automatisierung des Messplatzes. Gerade wenn in der Nachsorgephase kein Personal dauerhaft vor Ort ist, gewinnt dieser Punkt an Gewicht.

Umsetzung der Automatisierung:

- Automatisierte Datenaufbereitung: Der Datenlogger ist in der Lage die Daten in der geforderten zeitlichen Auflösung zu erfassen und bereits die geforderten statistischen Auswertungen (Tagessummen, Monatssummen, Monatsmittel etc.) zu bilden. In der ausgegebenen .csv-Datei erhalten sie dann bereits genau die benötigten Werte, sodass keine Nachbearbeitung mehr notwendig ist.
- Datenfernübertragung: Durch die Datenfernübertragung ist es Möglich die Daten jederzeit an jedem PC mit Internetzugang abzurufen. Es entfällt somit die Anfahrt zum Messplatz um die Daten auszulesen und die Daten stehen immer genau dann zur Verfügung, wenn sie benötigt werden. Das automatisierte Auslesen und Speichern der Daten auf einem beliebigen PC/Server in regelmäßigen Abständen erhöht zudem die Datensicherheit.
- Datenbank: Die automatisierte Übertragung der Daten in ein Datenbanksystem ermöglicht eine übersichtliche Bereitstellung der Daten inklusive grafischer Auswertemöglichkeiten. Sie erleichtert die Bearbeitung der Daten durch mehrere Mitarbeiter. Die Auswertung des Datenbanksystems steht als Grundlage für Berichte zur Verfügung.

Trotz eines hohen Grads der Automatisierung ist es notwendig die Daten regelmäßig auf Plausibilität zu prüfen um eventuelle Fehlfunktionen rechtzeitig zu erkennen. Die Automatisierung erlaubt daher an einigen Punkten ein Eingreifen im Sinne semiautomatischer Bearbeitung. So können die Werte zum Beispiel vor Übernahme in die Datenbank visuell geprüft werden. Durch bestätigen der Werte, werden diese dann in die Datenbank übernommen.

3.3 Flexible Nutzung

Das System kann sowohl in Dichtschichten, als auch in Rekultivierungsschichten eingesetzt werden. Es ist möglich den Messplatz ohne spezifische Vorkenntnisse zu deinstallieren und an einem neuen Platz zu installieren. Die Systeme können somit nach ihrer Nutzung für weitere Messplätze eingesetzt werden. Da die Systeme selbständig installiert werden können, erlauben sie eine flexible Planung der Installation.

4 Zusammenfassung

Über die Technologie eines wägbaren Lysimeters kann die Verdunstung direkt gemessen werden. Das an die Zielstellung angepasste Deponielysimeter stellt diese Technologie zu einem im Vergleich zu Großlysimetern deutlich reduzierten Aufwand zur Verfügung. Das Deponielysimeter mit Erweiterung um meteorologische und/oder bodenhydrologische Sensoren erlaubt die Messung aller zeitlich hochaufgelösten Daten eines Messplanes entsprechend Deponieverordnung in einem System und kann auch wichtige Informationen über den Wasserhaushalt einer Rekultivierungsschicht liefern.

