Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 89 (1997)

Heft: 11-12

Artikel: Risikoorientierte Massnahmenplanung im Hochwasserschutz am Beispiel Luxemburg

Autor: Diebold, Jens / Bähler, Fritz / Elsener, Jürg

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940221

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: 16.07.2025

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

Risikoorientierte Massnahmenplanung im Hochwasserschutz am Beispiel Luxemburg

Jens Diebold, Jürg Elsener, Fritz Bähler

1. Zusammenfassung

In den Jahren 1993 und 1995 wurde Luxemburg mit drei schweren Hochwassern konfrontiert. Als Reaktion auf die entstandenen Schäden forderte die Bevölkerung die Realisierung eines umfassenden Pakets an Hochwasserschutzmassnahmen. Die verantwortlichen Stellen in Luxemburg entwickelten darauf – in Zusammenarbeit mit Ernst Basler + Partner AG – ein risikoorientiertes Hochwasserschutzkonzept zur einheitlichen Beurteilung der vorgeschlagenen Massnahmen. Ziel ist es, die verfügbaren finanziellen Mittel so einzusetzen, dass gesamthaft der grösstmögliche Nutzen für die Gesellschaft erreicht wird.

Die Evaluation von Massnahmen im Rahmen des Hochwasserschutzkonzepts wird anhand von drei Fallbeispielen illustriert. Die Resultate zeigen die hohe Kostenwirksamkeit «regionaler» Massnahmen (am Beispiel eines Frühwarnsystems) im Vergleich zu «lokalen» Massnahmen (am Beispiel eines Rückhaltebeckens und einer Flussbetterweiterung).

In Luxemburg werden zurzeit alle zur Diskussion stehenden Massnahmen von der zuständigen interministeriellen Arbeitsgruppe Hochwasser auf der Basis des risikoorientierten Konzepts evaluiert. Die Beurteilung der Kosten sowie der Wirksamkeit der Massnahmen bildet die Grundlage für eine transparente Interessenabwägung und die Festlegung des staatlichen Subventionsansatzes.

2. Einleitung

Ob die Häufung von Hochwasser-Extremereignissen in ganz Europa in den letzten zehn Jahren zufällig oder der Klimaerwärmung zuzuschreiben ist, kann wissenschaftlich nicht eindeutig beantwortet werden. Sicher ist hingegen, dass im Ereignisfall heute bedeutend höhere Schäden zu beklagen sind als früher. Während Hochwasserereignisse ehemals mehrheitlich Auen und ungenutzte Landstriche überfluteten, betreffen sie heute vermehrt stark genutzte Siedlungsflächen sowie grössere und dichtere Infrastrukturen.

Dies erlebte auch Luxemburg, das in den Jahren 1993 und 1995 mit drei schweren Hochwassern konfrontiert wurde. In den von Hochwassern verschonten siebziger und achtziger Jahren waren in natürlichen Überschwemmungsräumen Neubauten errichtet worden, die von den Hochwasserereignissen stark in Mitleidenschaft gezogen wurden. Die Betroffenen forderten in der Folge, dass mit staatlicher Hilfe ein Paket von Schutzmassnahmen realisiert werde. Dies veranlasste die verantwortlichen Stellen in Luxemburg, ein Konzept für die Beurteilung der geforderten Hochwasserschutzmassnahmen zu entwickeln.

3. Grundidee des risikoorientierten Hochwasserschutzkonzepts

Die Grundidee des Konzepts besteht darin, verschiedene Hochwasserschutzmassnahmen anhand von Kosten-Wirksamkeits-Überlegungen systematisch und vergleichbar zu beurteilen. Der einheitliche Vergleich der Kosten bereitet normalerweise keine Schwierigkeiten. Die Wirksamkeit von Massnahmen vergleichbar zu erfassen, ist jedoch eine grosse Herausforderung. Das risikoorientierte Hochwasserkonzept erlaubt es, die Wirksamkeit aller denkbaren Hochwasserschutzmassnahmen in Form von erzielter Risikoreduktion zu messen. Voraussetzung ist eine quantitative Risikobeurteilung im gesamten betrachteten Gebiet.

Die Risikobeurteilung besteht aus zwei Teilen:

Die *Risikoanalyse* gibt Antwort auf die Frage «Was kann passieren?». Dabei wird das Ausmass aller denkbaren Hochwasserereignisse quantitativ ermittelt und mit den erwarteten Wahrscheinlichkeiten zum kollektiven Hochwasserrisiko verknüpft. Für die Erfassung des Ausmasses werden drei stellvertretende Indikatoren betrachtet (physisch geschädigte Personen, Sachschäden und geschädigte Lebensgrundlagen). Das Spektrum der betrachteten Ereignisse reicht vom jährlichen bis zum 10 000jährlichen Hochwasser.

Mit der *Risikobewertung* werden Wertungsfragen angesprochen, die nicht objektiv richtig oder falsch beantwortet werden können. Sie sprechen die Frage «Was darf passieren?» an und sind von Entscheidungsträgern und der Gesellschaft als Ganzes zu tragen. Dazu werden «Grenzkosten» und «Aversionsfaktoren» in einem breiten Kreis von Entscheidungsträgern festgelegt.

- Die Grenzkosten geben an, wieviel Geld die Gesellschaft im Maximum auszugeben bereit ist, um einen bestimmten Schaden zu verhindern («willingness to pay»).
- Mit den sogenannten Aversionsfaktoren wird die Risikoaversion der Gesellschaft gegenüber Ereignissen mit grossem Schadenausmass berücksichtigt (1000 × 1 Todesopfer ist nicht gleich 1 × 1000 Todesopfer).

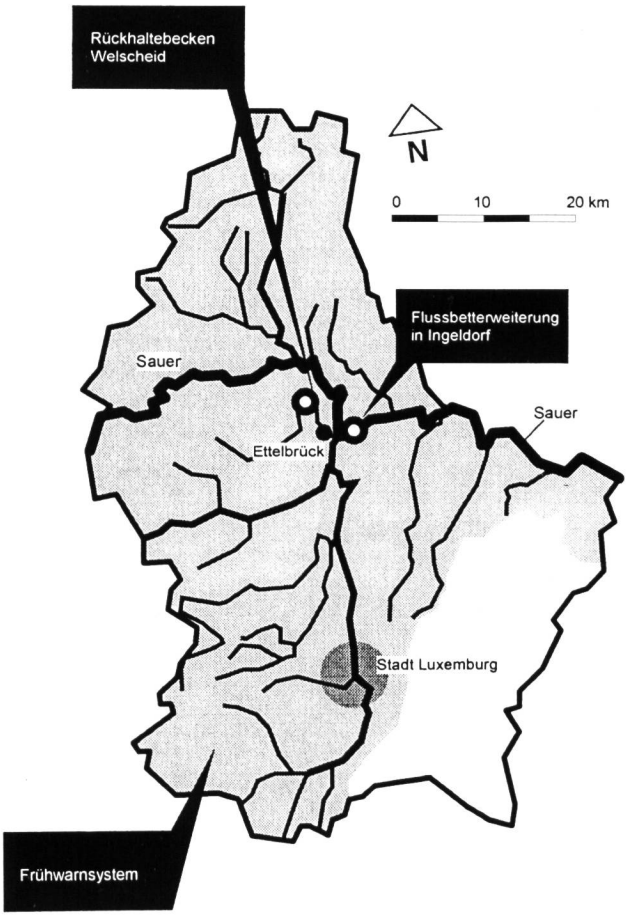

Bild 1. Einzugsgebiet der Sauer in Luxemburg mit den betrachteten Hochwasserschutzmassnahmen.

Tabelle 1. Bemessungsgrössen der betrachteten Hochwasserschutzmassnahmen.

Flussbetterweiterung	Rückhaltebecken	Frühwarnsystem
• Wasserspiegel des Ereignisses 1993 kann in Ingeldorf um 0,4 m gesenkt werden.	• Rückhalt eines Abflusses von 10 m^3/s während etwa 8 Stunden.	• Vorwarnzeit von 6 bis 8 Stunden je nach Steilheit des betroffenen Gebiets.

Aus dem kollektiven Risiko, verknüpft mit den Grenzkosten und der Aversion, erhält man ein gewichtetes Hochwasserrisiko in monetären Einheiten. Es bildet das Ausgangsrisiko, an dem die Wirksamkeit der Massnahmen einheitlich und vergleichbar gemessen werden kann.

Die Kostenwirksamkeit einer Massnahme ergibt sich aus dem Verhältnis von Kosten und Risikoreduktion. Je kleiner der erreichte Wert, um so wirksamer ist die betrachtete Massnahme.

4. Hochwasserrisiken im Einzugsgebiet der Sauer

Das Anwendungsgebiet des Hochwasserschutzkonzepts ist das luxemburgische Einzugsgebiet der Sauer (Bild 1). Die Sauer durchzieht das Land von West nach Ost auf einer Länge von 150 km bevor sie in der Nähe von Trier in die Mosel mündet. Das Einzugsgebiet umfasst mit zirka 2000 km^2 etwa 80 % der gesamten Fläche Luxemburgs (vergleichbar mit dem Kanton St. Gallen) und beheimatet 300 000 Einwohner, wovon rund ein Viertel in der Hauptstadt Luxemburg lebt. Mischwald bedeckt etwa 40 % des Gebiets und 10 % werden von Siedlungsflächen eingenommen. Sanfte, nach Norden steiler werdende Hügel geben dem Gelände die Konturen, während die sandigen Böden des Südens im Gegensatz zu den eher tonigen Böden im Norden ein hohes Versickerungsvermögen aufweisen.

Wichtige Eckdaten zur Ermittlung von Schadenausmass und Häufigkeit sind die verfügbaren Ereignisstatistiken von Luxemburg, insbesondere die Daten über die Ereignisse von 1993 und 1995, sowie die Charakteristika des betrachteten Gebiets. Daneben fliessen Quervergleiche zu Ereignissen in vergleichbaren Ländern, analytische Methoden sowie Expertenschätzungen in die Risikoanalyse ein.

Das kollektive Hochwasserrisiko (jährlicher Schadenerwartungswert) im Einzugsgebiet der Sauer beträgt 5 physisch geschädigte Personen, 17 Mio Fr. Sachschäden sowie etwa 2 Quadratkilometer geschädigte Lebensgrundlagen pro Jahr. Aus der Verknüpfung der kollektiven Risiken mit den Grenzkosten und den Aversionsfaktoren resultiert ein gewichtetes Hochwasserrisiko, ausgedrückt in monetären Einheiten, von rund 250 Mio Fr. pro Jahr. Es setzt sich zu 14 % aus physisch geschädigten Personen, zu 80 % aus Sachschäden sowie zu 6 % aus geschädigten Lebensgrundlagen zusammen.

5. Beurteilung ausgewählter Massnahmen

Anhand einer Flussbetterweiterung, eines Rückhaltebeckens sowie eines Frühwarnsystems wird die Funktionsweise der Massnahmenbeurteilung illustriert.

5.1 Beschreibung der Fallbeispiele

Flussbetterweiterung in Ingeldorf

In Ingeldorf wird das Ufer beidseits der Sauer abgetragen, um das Querprofil des Flusses zu vergrössern. Eine Mauer mit einer Höhe von 0,5 m über dem Wasserstand des Hochwassers vom Januar 1993 schützt das Siedlungsgebiet am linken Ufer vor Überflutungen (Bild 2). Der bestehende Campingplatz am rechten Ufer kann bei Hochwasser rechtzeitig evakuiert werden.

Rückhaltebecken Welscheid

Im Warktal wird ein Hochwasserrückhaltebecken mit einem Stauvolumen von 550 000 m^3 gebaut. Mittels einer Drosselung des Abflusses der Wark wird sichergestellt, dass bis zur Füllung des Beckens in der flussabwärts gelegenen Ortschaft Ettelbrück keine Schäden entstehen. Das vorgesehene Beckenvolumen erlaubt eine Rückhaltung des im Hochwasser vom Januar 1993 angefallenen Wasservolumens (ca. 25jährliches Hochwasser). Bei grösseren Ereignissen springt der Hochwasserüberlauf an und es ist am Flussunterlauf mit Schäden zu rechnen. Ab einem 1,5fachen 100jährlichen Hochwasserabfluss (Bemessungsgrösse des Überlaufs) ist ein Versagen des Damms möglich.

Frühwarnsystem

Für das gesamte Einzugsgebiet der Sauer wird ein Frühwarnsystem erstellt, das die Erfassung der aktuellen Hochwassersituation und die Voraussage des kommenden Abflussgeschehens auf Basis vorhandener Wetterprognosen erlaubt. Damit können die Einsatzdienste gezielt und

Tabelle 2. Zusammenstellung der Kosten und der Wirksamkeit (Risikoreduktion) der untersuchten Hochwasserschutzmassnahmen.

Massnahme	Kosten in Fr.			Risikoreduktion in Fr. pro Jahr (Wirksamkeit)	Kostenwirksamkeits-Verhältnis
	Investition	Betrieb und Unterhalt pro Jahr	Total pro Jahr		
Flussbetterweiterung	4'600'000	50'000	300'000	430'000	**0,70**
Rückhaltebecken	3'200'000	36'000	220'000	720'000	**0,30**
Frühwarnsystem	2'600'000	150'000	520'000	18'000'000	**0,03**

frühzeitig aufgeboten und die Bevölkerung rechtzeitig informiert werden. Das Frühwarnsystem besteht im wesentlichen aus einem Netz von 18 automatischen Pegelmessstationen an verschiedenen Flussläufen, 12 Regenmessstationen und einem Niederschlag-Abfluss-Simulationsmodell für das betrachtete Einzugsgebiet.

Die von den Projektierenden angestrebten Bemessungsgrössen der betrachteten Massnahmen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Sie orientieren sich vor allem an den Abflüssen und Zeitverhältnissen, die bei den drei Hochwasserereignissen in den Jahren 1993 und 1995 zu beobachten waren.

5.2 Kostenwirksamkeit der Fallbeispiele

Die jährlichen Kosten einer Massnahme setzen sich zusammen aus den über die Nutzungsdauer diskontierten Investitionskosten und den jährlich anfallenden Betriebs- und Unterhaltskosten.

Gestützt auf die Bemessungsgrössen in Tabelle 1 wird die Risikoreduktion der Massnahme abgeschätzt (Wo werden welche Schäden bei welchen Ereignissen verhindert?). Ausgangspunkt ist das ermittelte Hochwasserrisiko im Einzugsgebiet der Sauer von etwa 250 Mio Fr. pro Jahr.

Die Kostenwirksamkeit der Massnahme ergibt sich wie folgt aus dem Quotienten von Kosten und Risikoreduktion (Tabelle 2).

Alle drei Massnahmen weisen in der Beurteilung ein günstiges Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis auf (für jeden investierten Franken wird das Risiko um mehr als einen Franken gesenkt). Das Frühwarnsystem erweist sich aber gegenüber den beiden anderen Massnahmen um eine Grössenordnung günstiger und hat damit erste Priorität für die Realisierung.

Die hohe Wirksamkeit des Frühwarnsystems ist einerseits auf den grossen räumlichen Wirkungsbereich der Massnahme zurückzuführen. Andererseits trägt auch die Wirkung bei Grossereignissen, welche lokale, bauliche Massnahmen überfordern, wesentlich dazu bei.

Zusammen reduzieren die drei Massnahmen das Ausgangsrisiko von 250 Mio Fr. pro Jahr um 8 % auf 230 Mio Fr. pro Jahr. Mit jährlichen Kosten von insgesamt 1 Mio Fr. wird eine zwanzigmal grössere Wirksamkeit erreicht.

5.3 Zielkonflikt Schutz und Nutzung

Die Beurteilung der Massnahmen aus langfristiger Perspektive zeigt den zentralen Zielkonflikt zwischen Schutz und Nutzung. Die baulichen Massnahmen schützen ein gefährdetes Gebiet bis zum Bemessungshochwasser. Findet jedoch im Vertrauen auf die Schutzanlage im «geschützten» Gebiet eine Nutzungsintensivierung statt (Überbauung ungenutzter Parzellen, Abnahme der Gefahrenwahrnehmung bei den Anwohnern usw.), so steigen im Vergleich zu heute die Schäden aus Ereignissen, die das Bemessungshochwasser übertreffen. Das Risiko infolge seltener Ereignisse nimmt damit zu. Zur Illustration das folgende Beispiel:

Bei Realisierung der Flussbetterweiterung Ingeldorf kann davon ausgegangen werden, dass das provisorische Bauverbot auf rund zehn Parzellen aufgehoben wird. Dies bedeutet, dass langfristig mehr Bauten im Überschwemmungsgebiet stehen werden, womit sich das Schadenausmass seltener Ereignisse entsprechend erhöht. Mit dieser Massnahme wird so auf lange Sicht eine Risikoerhöhung bewirkt, sofern keine flankierenden Massnahmen (z. B. Raumplanung, Öffentlichkeitsarbeit usw.) ergriffen werden. Diese Risikoumlagerung auf seltene Ereignisse führt langfristig zu einem deutlich ungünstigeren Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis der Massnahme. Analoge Überlegungen können auch für das Rückhaltebecken Welscheid angestellt werden.

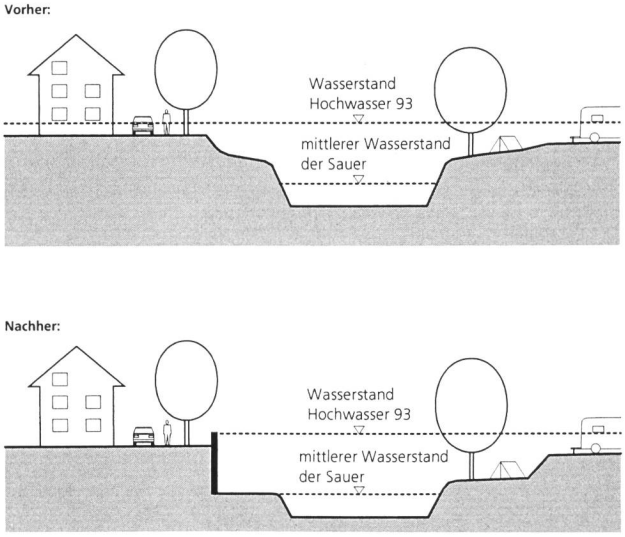

Bild 2. Projektskizze der Flussbetterweiterung in Ingeldorf.

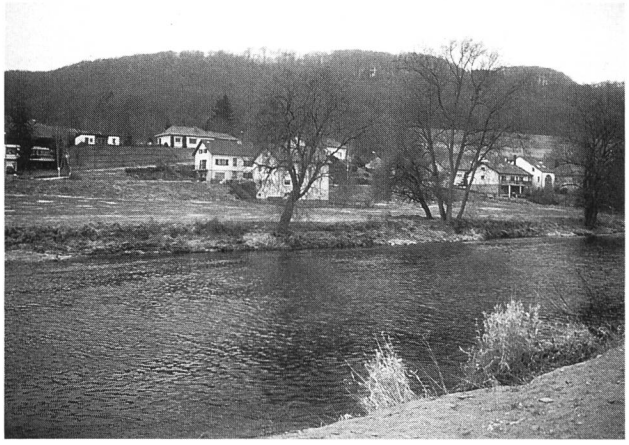

Bild 3. Bauten in natürlichen Überschwemmungsgebieten im Alzette-Tal.

Das Frühwarnsystem hingegen hat keine direkten Konsequenzen auf die Handlungsweise der Bewohner im Einzugsgebiet und kann deshalb nicht als Auslöser für eine Nutzungsintensivierung angesehen werden. Das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis dieser Massnahme ändert sich aus diesem Grund auch aus langfristiger Perspektive nicht.

6. Schlussfolgerungen

Um den in den letzten Jahren gestiegenen Hochwasserschäden in Zukunft zu begegnen, steht in Luxemburg ein breites Spektrum an Massnahmen zur Diskussion. Die für den Hochwasserschutz verfügbaren Mittel sind jedoch limitiert, so dass der Auswahl der wirksamsten Massnahmen eine grosse Bedeutung zukommt.

Die zuständige interministerielle Arbeitsgruppe Hochwasser setzt deshalb ein risikoorientiertes Konzept für die Beurteilung aller Hochwasserschutzmassnahmen ein. Der einheitliche Vergleich nach Kosten sowie kurz- und langfristiger Wirksamkeit bildet die Grundlage für eine transparente Interessenabwägung und die Festlegung des staatlichen Subventionsansatzes. Auf dieser Basis kann eine Prioritätenliste für die Realisierung der Massnahmen erstellt werden. Somit wird einerseits sichergestellt, dass die

für den Hochwasserschutz verfügbaren staatlichen Mittel dort eingesetzt werden, wo sie gesamthaft am meisten bewirken. Andererseits wird gewährleistet, dass der Einsatz der Mittel verhältnismässig ist, d.h. eine genügend hohe Wirksamkeit der getätigten Investition gegenübersteht.

Literatur

[1] *Wagner M.:* Ursachenforschung zum Hochwasserereignis von Januar 1993 in der Region Ettelbrück/Diekirch. Ministère de l'Environnement, Administration des Eaux et Forêts, Service de l'Aménagement des Bois et de l'Economie Forestière. Luxemburg, April 1995.

[2] *Bell D. A., Raiffa H., Tversky A.,* (eds): Decision Making: Discriptive, Normative and Prescriptive Interactions. Cambridge University Press, 1988.

[3] *Bohnenblust H.* und *Troxler C.:* Risk analysis – Is it a useful tool for the politician in making decisions on avalanche safety? In: Avalanche Formation, Movement and Effects (Proceedings of the Davos Symposium, September 1986). IAHS Publ. No. 167, 1987.

[4] *Buck W.:* Nutzen-Kosten-Analyse im Hochwasserschutz und wirtschaftliches Risiko. Leitmotiv Wasser, Festschrift, Universität Karlsruhe. Karlsruhe, 1975.

[5] Bundesamt für Zivilschutz. Katastrophen und Notlagen in der Schweiz: Eine vergleichende Übersicht. Bern, 1995.

[6] *Merz H., Schneider Th., Bohnenblust H.:* Bewertung von technischen Risiken. Beiträge zur Strukturierung und zum Stand der Kenntnisse. Modelle zur Bewertung von Todesfallrisiken. Polyprojekt Risiko und Sicherheit. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1995.

[7] *Merz H.* und *Bohnenblust H.:* Cost/Effectiveness Analysis and Evaluation of Risk Reduction Measures, in: Proceedings of the 2nd World Congress on Safety Sciences. Budapest, 1993.

Autoren: *Jens Diebold,* dipl. Bauing. ETH, *Jürg Elsener,* dipl. Umweltnatw. ETH, *Fritz Bähler,* dipl. Kulturing. ETH, Ernst Basler + Partner AG, Zollikerstrasse 65, CH-8702 Zollikon.

Bild 2. Ausrollen der Dichtungsmatte.

Bild 3. Schüttung der Rekultivierungsschicht.

Abschluss einer Multikomponenten-Deponie

Pius Winiger

Bis ins Jahr 1966 wurde im Gebiet der heutigen Deponie Au in Stein AR Kies abgebaut. Zur Auffüllung der Kiesgrube wurde die Deponie bis in die 70er Jahre mit Hausmüll gefüllt. Die Schütthöhe beträgt rund 20 m.

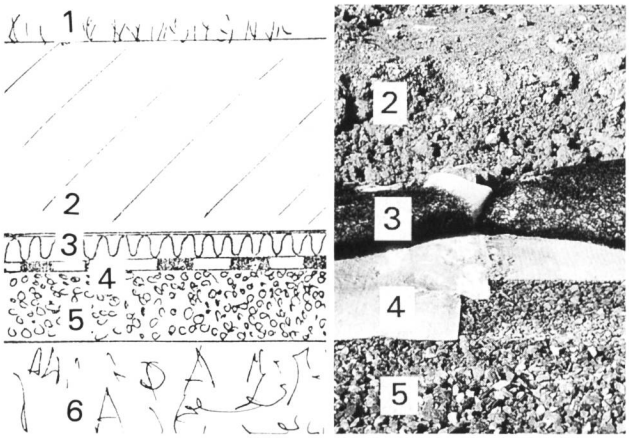

Bild 1. Multikomponenten-Deponie Au Stein AR. Die Systemkomponenten der Oberflächenabdichtung 3. und 4. Etappe.

1 Rekultivierung, landwirtschaftliche Nutzung
2 Rekultivierungsboden 1 m stark
3 Geotextile Drainagematte, Secudrän 316 DS 601
4 Dichtungselement Bentofix D 4000, eine vollflächig faserarmierte (vernadelte) schubkraftübertragende Bentonitmatte. Der Dichtungskern besteht aus Natrium-Bentonit in Pulverform. Gesamtgewicht 5350 g/m², Stärke 1 cm
5 Gasdrainage, Kies
6 Müllkörper

Mit einem enormen finanziellen Aufwand wurde das Deponiesickerwasser gefasst und wird heute kontrolliert zur Klärung in eine eigens dafür erstellte Abwasserreinigungsanlage geleitet. Die Oberflächenabdichtung der 1. und 2. Etappe von etwa 12 000 m² wurde im Jahre 1990 realisiert. Als Dichtungssystem wurde eine 40 cm dicke mineralische Dichtung eingebaut und nachträglich rekultiviert. Unterhalb der Dichtungsschicht wird das Deponiegas kontrolliert gesammelt und in einen Gasdom geleitet.

Örtliche, gelbliche Verfärbungen des Grasbodens und Gasmessungen haben gezeigt, dass aus der noch nicht abgedichteten Deponie-Oberfläche unkontrolliert und partiell Gas aus dem Deponiekörper in die Atmosphäre gelangt.

Verschiedene Oberflächen-Abdichtungssysteme wurden für die 3. und 4. Etappe (11 000 m²) geprüft und verglichen. Das Dichtungssystem muss – nebst der ökologischen Verträglichkeit und der Wirtschaftlichkeit – auch den Randbedingungen betreffend Gas- und Wasserdichtigkeit, Setzungen, Bauwerksanschlüssen, Dauerhaftigkeit entsprechen.

Der Planer und die Eigentümerschaft haben den Schichtaufbau des Deponie-Oberflächenabschlusses gemäss Bild 1 gewählt.

Bauherrschaft: Deponieverband beider Appenzell c/o Gemeindebauamt Herisau, Poststrasse 6, CH-9100 Herisau.

Planung/Projektierung: Reto Moggi AG, Ingenieurbüro, Birkenstrasse 12, CH-9100 Herisau.

Bauausführung: Arge MKD Au Stein AR, c/o Zimmermann AG, Bahnhofstrasse 44, CH-9050 Appenzell.

Adresse des Verfassers: *Pius Winiger,* Öko-Handels AG, Schuppisstrasse 13, Postfach, CH-9016 St. Gallen.