

Altablagerungen in Schleswig-Holstein – Eine statistische Analyse –

Von Andreas KLEIN und Alf GRUBE, Kiel

1. Einleitung

Altablagerungen und alte Industriestandorte nehmen im Rahmen der Umweltdiskussion der Öffentlichkeit einen zunehmend breiten Raum ein. Die Berichterstattung der Medien konzentriert sich dabei auf die speziellen Probleme spektakulärer Einzelfälle, was angesichts der großen Zahl bisher ermittelter Standorte das erschreckende Bild eines fast unlösbaren Umweltproblems bietet. Dieser Beitrag soll daher nicht Gefährdungsabschätzungen oder Sanierungskonzepte einzelner Standorte erörtern, sondern versucht durch die statistische Auswertung eines fast landesweiten Katasters ein differenziertes Bild der allgemeinen Altlastensituation in Schleswig-Holstein zu entwickeln.

2. Datenerfassung

Die Gefährdung der Umwelt durch eine ehemalige Deponie erfordert Kenntnisse der Prozesse in ihr, mögliche Pfade der von ihr ausgehenden Emissionen und die Lage zu Schutzgütern. Im Deponiekörper werden organische Abfälle durch Mikroorganismen vor allem anaerob in mehreren Stufen abgebaut. Dabei entsteht in einer frühen Phase Kohlendioxid, später Methan, das zu Vegetationsschäden führen oder in Wohngebäude eindringen kann. Sickerwasser wäscht organische und anorganische Schadstoffe aus und kann über das Grundwasser Trinkwasserbrunnen oder Oberflächengewässer belasten. Gefährdungen durch direkten Kontakt sind besonders bei heutiger Nutzung durch Wohnbebauung oder Freizeiteinrichtungen gegeben. Entscheidend für die Gefährlichkeit einer Deponie ist letztlich jedoch der Inhalt der Ablagerung, über den in aller Regel nur ungenaue Daten vorliegen. Hier können nur aufwendige hydrogeologische und geophysikalische Untersuchungen zu genaueren Angaben führen. Für die 2300 landesweit bekannten Altdeponien ist dies allerdings nicht durchführbar. Deshalb kommt in Schleswig-Holstein, wie in anderen Bundesländern auch, ein abgestuftes Verfahren zur Anwendung. Einer Erfassung von Verdachtsstandorten durch die Kreisumweltbehörden in Zusammenarbeit mit den Kommunen folgt eine beprobungslose Erstbewertung. Dazu werden durch Ingenieurbüros oder Mitarbeiter der Kreise für jeden Standort Daten über die abgelagerten Stoffe, die hydrogeologische Situation, die Nutzung und Entfernung zu Schutzgütern erhoben. Die Bewertung der einzelnen Kriterien, die durch Aktenstudium, durch Befragungen der Betreiber und älterer

Anwohner, aus Karten und durch Geländearbeit gewonnen werden, summiert sich zu einer Gesamtbeurteilung. Die Gegenüberstellung aller Standorte anhand dieser Bewertung führt so zu einer Hierarchie hinsichtlich der Dringlichkeit ihrer weiteren Behandlung. Detailuntersuchungen besonders hoch bewerteter Deponien etwa durch Bodenluftmessungen und Grundwasseranalysen entscheiden dann, ob ein Sanierungskonzept erstellt oder dieser Standort lediglich weiter beobachtet wird.

3. Datenaufbereitung

Die einheitliche Erstbewertung aller Altdeponierungen durch die Kreise und kreisfreien Städte bietet eine breite Datengrundlage zur Analyse der Altlastensituation in Schleswig-Holstein. Von den fünfzehn Gebietskörperschaften des Landes wurden bisher die Kataster der kreisfreien Städte Kiel und Neumünster sowie der Kreise Schleswig-Flensburg, Plön, Ostholstein, Segeberg, Stormarn, Pinneberg, Steinburg und Dithmarschen bearbeitet. Damit sind etwa 70 % der Standorte, vom Hamburger Randgebiet bis Flensburg und von Dithmarschen bis Fehmarn mit allen hydrogeologischen, landschaftlichen und demographischen Situationen des Landes erfaßt (Abb. 1). Die nicht personenbezogenen Angaben dieser zehn Gebietskörperschaften wurden für die Auswertung durch statistische Verfahren aufgearbeitet und in eine Datenbank implementiert. Diese in Tabelle 1 dokumentierten Parameter täuschen allerdings eine Genauigkeit vor, die im Einzelfall nicht gegeben ist. Bei der beprobungslosen Bewertung können zwar Abstände zu Trinkwasserbrunnen oder Oberflächengewässern recht genau ermittelt, entscheidende Angaben wie etwa zur Tiefe der Ablagerung und deren Lage zum Grundwasserspiegel häufig jedoch nur abgeschätzt werden. Informationen über Inhalt und Zeitraum der Ablagerung sind in vielen Fällen nur durch Befragungen zu erhalten und entsprechend unsicher. Unterschiede zeigen sich zudem durch die durchführenden Bearbeiter. Waren Ingenieurbüros mit der Erhebung beauftragt, fehlen deutlich weniger Angaben, vor allem schwierig zu ermittelnder Parameter, als bei der Bearbeitung durch einzelne Mitarbeiter der Kreise. Damit wird die Aussagekraft der Daten im einzelnen zwar relativiert, die Auswertung aller 1579 Standorte zeigt jedoch ein generelles Bild der Situation im Lande.

4. Geschichte der Altdeponierungen

Einfache deskriptive Statistiken bieten einen schnellen Überblick über die Verteilungen einzelner Parameter und erste Ansätze ihrer Interpretation. So spiegeln sich in den Angaben zum Zeitraum der Ablagerung deutlich die politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse in Deutschland wider. Nur 10 % aller bekannten Deponien wurden vor dem Zweiten Weltkrieg angelegt, ab 1945 steigt ihre Zahl jedoch sprunghaft an, erreicht weitere Höhepunkte zwischen 1950 und 1960 und sinkt erst nach 1970 allmählich. Auch die Schließung der Deponien verläuft bis zu diesem Zeitpunkt zögernd, erst die gesetzlichen Maßnahmen wie die Müllplatzverordnung und das Abfallbeseitigungsgesetz

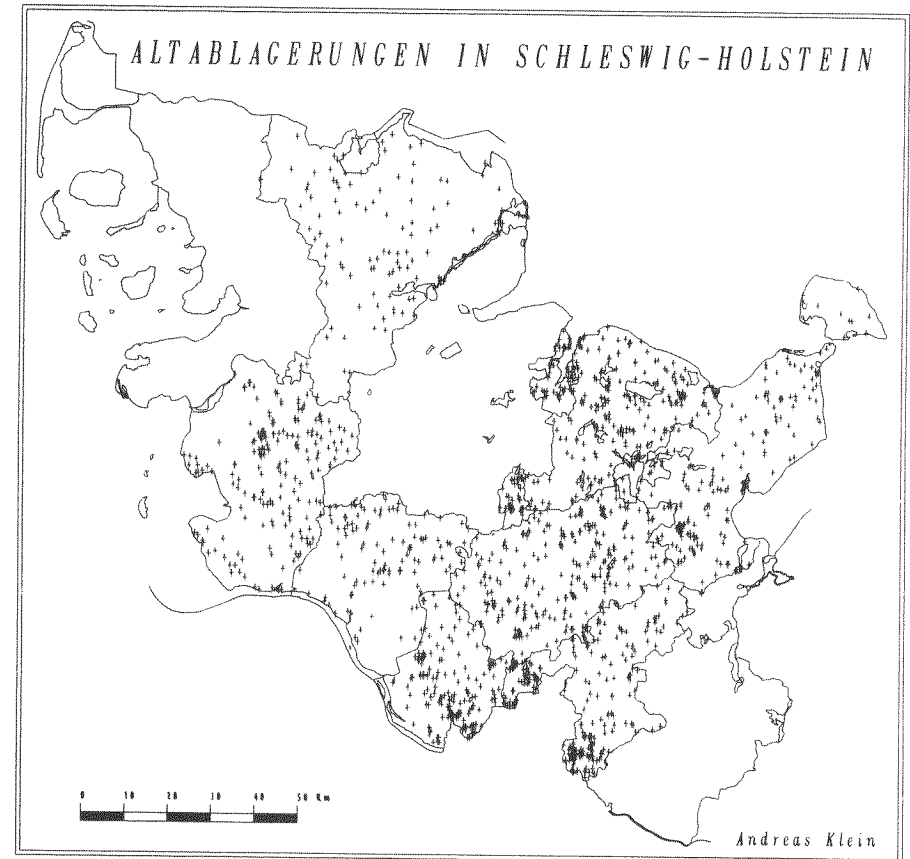


Abb. 1: Erfaßte Altdeponierungen

zeigen Wirkung. So wurde mehr als die Hälfte der Müllplätze erst nach 1972 geschlossen.

Aus dem Zeitraum und der Menge der Ablagerungen lassen sich durchschnittliche Jahresmengen errechnen (Abb. 2), die den generellen Trend der Abfallwirtschaft dieses Jahrhunderts zeigen. Nach der deutlichen Zunahme der deponierten Abfälle nach 1945 und in der Folge des wirtschaftlichen Wachstums griffen erste rechtliche und technische Maßnahmen nur zögernd und führten in den letzten Jahren schließlich zu deponierten Mengen, die sich mit den jetzt vorliegenden statistischen Angaben decken. Dabei entspricht der deponierte Abfall nicht dem in Schleswig-Holstein produzierten. Insbesondere der Ballungsraum Hamburg prägte und prägt auch auf dem Entsorgungssektor seine Umlandgemeinden, wie später noch zu zeigen ist.

Die Gesamtmenge der erfaßten Altdeponierungen beträgt etwa 80 Millionen Kubikmeter, auf die 2300 bekannten Standorte des Landes hochgerechnet

entspricht das dem Volumen eines rechtwinkligen Kegels von 475 Meter Höhe. Diese Menge verteilt sich allerdings nicht gleichmäßig auf alle Standorte, denn einer großen Zahl sehr kleiner Ablagerungen stehen einige sehr große gegenüber. So enthalten 50 % aller Standorte weniger als 10.000 und 86 % weniger als 100.000, nur acht Deponien deutlich über eine Million Kubikmeter. Auch die beanspruchte Fläche von insgesamt 1916 Hektar verteilt sich entsprechend auf wenige Deponien mit bis zu 70 Hektar Größe einerseits und auf solche unter einem Hektar (70 %) oder sogar unter 0,4ha (50 %). Das unterstreicht die Situation vor der Müllplatzverordnung von 1967, in der die Zuständigkeit für die Abfallbeseitigung bei den Kommunen lag. Zahllose kleine Gemeindepfütze entstanden durch die Verfüllung von Kiesgruben (62 %), auf landwirtschaftlichen Ruderalflächen (17 %), in Kleingewässern (7 %) und in Feuchtgebieten (10 %). Sie werden heute überwiegend landwirtschaftlich genutzt (33 %) oder liegen brach (31 %). Eine Kreuztabellierung der ehemaligen mit der heutigen Nutzung deutet einige kulturlandschaftsgeschichtliche Aspekte der Müllbeseitigung an (Tabelle 2). Die obere Zahl jedes Kästchens bezieht sich dabei auf die frühere, die untere auf die heutige Nutzung.

Auffällig hoch ist der Anteil brachliegender Flächen bei allen ehemaligen Nutzungen, vor allem aber früheren Feuchtgebieten (42 %) und Kiesgruben (33 %). Die Schwierigkeit, verfüllte Deponien aufgrund unsicherer Baugrundverhältnisse, der Gefahr von Deponiegas und zu geringer Abdeckung mit

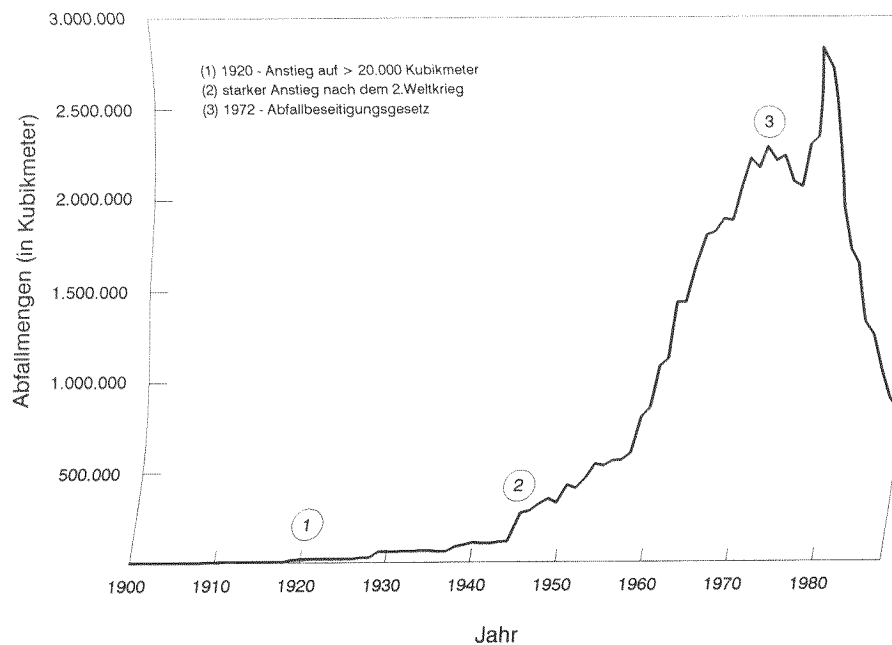


Abb. 2: Durchschnittlich deponierte Abfallmengen pro Jahr 1900 – 1988

Parameterbeschreibung	Codierung
Name der Gemeinde	wie Fragebogen
Bewertungszahl	wie Fragebogen
Rechtswert	sechsstellige Gauss-Krügerkoordinate
Hochwert	sechsstellige Gauss-Krügerkoordinate
Zeitraum der Deponierung	Jahr der Deponieöffnung Jahr der Deponieschließung
Deponierte Abfallarten	1 Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall 2 Bauschutt, Bodenaushub 3 Kompost, Organische Abfälle 4 Aschen, Schlacken 5 Ölhaltige Abfälle 6 Klarschlämme 7 Metallische Abfälle (Schrott, Küchengeräte) 8 Flüssigkeiten (Farben, Lacke, Chemieabfälle) 9 Krankenhausabfälle, Kadaver, Schlachtereiabfälle
Abfallmenge	in Kubikmetern
Fläche der Deponie	in Hektar (gerundet auf 0,01 ha)
Lage in Wasserschongebiet	nein / ja
Trinkwasserschutzgebiet	nein / ja
Lage zum Zentralbrunnen	Entfernung in Metern zum nächsten Zentralbrunnen
Lage zum Hausbrunnen	Entfernung in Metern zum nächsten Hausbrunnen
Lage zum Gewässer	Entfernung in Metern zum Oberflächengewässer
Überschwemmungsgebiet	nein / ja
Lage zur Ortschaft	Entfernung in Metern zur geschlossenen Ortschaft
Lage zu Einzelhaus	Entfernung in Metern zum nächsten Haus
Nutzung vor Deponierung	1 Kiesgewinnung 2 Landwirtschaftliche Nutzung 3 Gewässer 4 Feuchtgebiet 5 Wald 6 Gewerbe, Industrie
Jetzige Nutzung	1 Deponie 2 Brache 3 Acker 4 Wald 5 Grünland 6 Freizeit, Erholung 7 Wohnbebauung, Garten 8 Verkehrsfläche, Gewerbefläche
Tiefe der Deponie	in Metern

Parameterbeschreibung	Codierung
Bodenart der Umgebung	1 Moor 2 Grobsand 3 Kies 4 Feinsand 5 Lehmiger Sand 6 Lehm 7 Ton 8 Klei 9 Versiegelt
Flurabstand	Tiefe des Grundwasserspiegels in Metern
Deponiebasis im Grundwasserspiegel	nein / ja
Abdeckung vorhanden	nein / ja / teilweise
Art der Abdeckung	1 Moor 2 Grobsand 3 Kies 4 Feinsand 5 Lehmiger Sand 6 Lehm 7 Ton 8 Klei 9 Versiegelt
Dicke der Abdeckung	Schichtdicke in Dezimetern

Tab.1 Aufgenommene Parameter der Altlastenkataster

VORHERIGE NUTZUNG	HEUTIGE NUTZUNG								
	Deponie	Brache	Acker	Wald	Grünland	Freizeit	Wohnen	Gewerbe	Gesamt
Kiesgrube	9.9 84.1	32.6 65.6	16.1 56.6	6.2 61.4	15.8 64.7	7.2 57.5	7.5 55.9	4.9 48.6	62.5
Landwirtschaft	3.7 8.5	21.9 11.8	27.8 26.3	5.9 15.7	15.0 16.5	8.0 17.2	13.4 26.4	4.3 11.4	16.8
Gewässer	1.3 1.2	26.6 6.1	32.9 13.1	1.3 1.4	15.2 7.1	8.9 8.0	7.6 6.5	6.3 7.1	7.1
Feuchtgebiet	2.6 3.7	42.1 13.9	5.3 3.0	7.0 11.4	15.8 10.6	9.6 12.6	6.1 7.5	11.4 18.6	10.2
Wald	0.0 0.0	11.1 0.3	11.1 0.5	66.7 8.6	0.0 0.0	11.1 1.1	0.0 0.0	0.0 0.0	0.8
Gewerbe	6.7 2.4	26.7 2.3	3.3 0.5	3.3 1.4	6.7 1.2	10.0 3.4	10.0 3.2	33.3 14.3	2.7
Gesamt (%)	7.3	31.0	17.7	6.3	15.2	7.8	8.3	6.3	100.0

Tab. 2: Kreuztabellierung ehemaliger gegenüber heutiger Nutzung der Altablagerungen

Mutterboden einer neuen Nutzung zuzuführen, birgt gleichzeitig Chancen für eine natürliche Sukzession. Die landwirtschaftliche Nutzung vieler Müllplätze spielt besonders bei ehemaligen Gewässern (48 %) und Feuchtgebieten (21 %) eine entscheidende Rolle. Darin spiegelt sich das Schicksal vieler kleiner Feuchtbiotop, die nach ihrer Verfüllung unter den Pflug genommen wurden. Heutige Wohnbebauungen und Freizeiteinrichtungen befinden sich überwiegend auf ehemaligen Kiesgruben, allerdings auch zu 3.2 % bzw. 3.4 % auf ehemaligen Gewerbeflächen.

Charakteristisch für die landschaftliche Entwicklung großer Teile Schleswig-Holsteins ist das Verschwinden von Feuchtgebieten und Gewässern, zu dem auch die Deponierung von Abfällen, wie hier gezeigt wurde, einen nicht unerheblichen Teil beigetragen hat.

5. Hydrogeologie und Schutzgüter

Abschätzungen der möglichen schädigenden Einflüsse auf Mensch und Umwelt müssen aufgrund des Deponieinhalts und den gefährdeten Schutzgütern erfolgen. Demnach besteht größere Gefahr der Kontamination für flachgrundige Hausbrunnen als für zentrale Tiefbrunnen, nicht nur weil sie den oberflächennahen Grundwasserleiter nutzen, sondern auch aufgrund ihrer durchschnittlich geringeren Distanz zu Altablagerungen. So sind 18 % der Deponien weniger als 100, 31 % unter 200 Meter vom nächsten Hausbrunnen entfernt, während bei nur 5 % zentrale Versorgungseinrichtungen in der Nähe liegen. Dies deckt sich mit der Zahl der Ablagerungen in Trinkwasserschutzgebieten, in denen bestimmte Aktivitäten mit der möglichen Folge einer Grund-

wasserverschmutzung verboten sind. Wasserschongebiete als zu schützende Grundwasserreservoirs ohne rechtlichen Anspruch sind mit 23 % aller Standorte deutlich häufiger betroffen. Oberflächengewässer werden nicht nur durch direkte Ablagerung belastet, sondern auch durch naheliegende Deponien, so liegen 46 % näher als 100 Meter zum nächsten Gewässer.

Die Distanz zu Ortschaften und Einzelgebäuden ist in dichtbesiedelten Gebieten erwartungsgemäß gering, sie beträgt bei 20 % der Fälle weniger als 50 Meter zur nächsten Ortschaft, bei über der Hälfte weniger als 100 Meter zu Einzelgebäuden.

In den Angaben zur hydrogeologischen Situation spiegelt sich auch die Geschichte der Deponien wider, die überwiegend in sandig-kiesiger Fazies liegen. Zu 33 % werden Grobsand und Kies als Bodenart angegeben. Bei maximalen Tiefen bis zu 30 Meter liegt die durchschnittliche Verfüllungshöhe bei 3.5 Meter, die Flurabstände betragen bei 53 % weniger als 3 Meter, so daß die Angaben plausibel erscheinen, daß etwa 30 % aller Deponien mit ihrer Basis im Grundwasser liegen.

Diese erste summarische Auswertung macht deutlich, daß schon aufgrund dieser leicht zu erhebenden Parameter eine erhebliche potentielle Gefährdung der aufgeführten Schutzgüter besteht.

6. Abgelagerte Müllfraktionen

Gerade zur Art der abgelagerten Stoffe liegen zum Zeitpunkt der Erstbewertung teilweise nur Angaben der Betreiber und Anwohner vor. Die verbalen Beschreibungen in den Altlastenkatastern wurden hier in neun Abfallfraktionen kategorisiert, um sie der statistischen Analyse zugänglich zu machen (Tab.3). Demnach sind die typischen Hausmüllfraktionen in fast allen Deponien zu finden, Problemabfälle seltener. Anhand der Zusammensetzung dieser Fraktionen wurden sieben Deponietypen hinsichtlich der potentiellen Gefährdung durch ihren Inhalt ausgeschieden und getrennte Analysen der wesentlichen anderen Parameter durchgeführt (Tab.4). Der Typ „Bauschuttdeponie“ enthält lediglich die Fraktion „Bauschutt“, die „Hausmülldeponie“ die ersten drei Komponenten und alle folgenden Typen jeweils zusätzlich die im Namen genannte Fraktion als Ausdruck wachsender potentieller Gefährdung. Die Durchschnittswerte der Einzelparameter deuten einige Tendenzen an. So scheinen problematische Abfälle häufiger in großen Deponien abgelagert worden zu sein, die aufgrund ihrer Tiefe häufiger ins Grundwasser reichen und überdurchschnittlich oft bebaut sind. Statistisch signifikante Zusammenhänge sind auf dieser Ebene allerdings nicht zu erkennen, so daß eine mehrdimensionale Methode herangezogen wurde, um mögliche Strukturen im unübersichtlichen Datensatz aufzudecken.

7. Typisierung durch Clusteranalyse

Über die angewandten uni- und bivariaten Verfahren hinausgehend bieten multivariate statistische Methoden die Möglichkeit, Merkmalsträger - hier Alt-

Fraktion	Anzahl	Prozent
1. Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall	1288	83.04
2. Bauschutt, Bodenaushub	1069	68.92
3. Kompost, Organische Abfälle	660	42.55
4. Aschen, Schlacken	63	4.06
5. Ölhaltige Abfälle	223	14.38
6. Klärschlämme	72	4.64
7. Metallische Abfälle, Schrott	244	15.73
8. Flüssigkeiten, Farben, Industrieabfälle	77	4.96
9. Krankenhausabfälle, Schlachtereiabfälle	14	0.90

Tab. 3: Vorkommen einzelner Müllfraktionen in Altablagerungen des Landes Schleswig-Holstein

ablagerungen - über mehrere Merkmale gleichzeitig zu betrachten. Liegen keine Vorinformationen zum Datensatz vor, kann er durch eine Clusteranalyse strukturiert werden, indem Gruppen ähnlicher Deponien gebildet werden. Dazu wird zunächst die Ähnlichkeit aller Merkmalsträger zueinander errechnet, die als Entfernung zwischen ihnen im durch die Parameter aufgespannten Raum vorstellbar ist. Altablagerungen, die in vielen Merkmalen nahezu übereinstimmen, sind sich also ähnlicher als solche, deren Merkmalsausprägungen in vielen Fällen deutlich voneinander abweichen. Die Matrix der Ähnlichkeiten bildet die Grundlage der folgenden Klassifizierung, bei der sukzessive die jeweils ähnlichsten Deponien zu Gruppen zusammengelegt werden. Ein entscheidendes Problem ist, wie im vorigen Schritt die Wahl des Ähnlichkeitsmaßes, die Frage nach dem Gruppenrepräsentanten, wenn im Laufe der Gruppierung bereits fusionierte Standorte klassifiziert werden. Die Festlegung des (fiktiven) Merkmalsträgers, der im nächsten Schritt Ansatzpunkt der neu kalkulierten Ähnlichkeitsmatrix ist, hat deutlichen Einfluß auf den Verlauf der Untersuchung. Der Prozeß endet schließlich mit der Fusion aller Deponien zu einer Gruppe. Ziel einer Clusteranalyse ist jedoch, die Klassifizierung so im Stadium einer überschaubaren Gruppenzahl abzubrechen, daß möglichst in sich homogene (ähnliche) Cluster mit maximalen Unähnlichkeiten untereinander auftreten. Hilfestellung dazu bietet das gewählte Maß des Informationsverlustes, das mit jedem Fusionsschritt wächst. Sprünge im sonst stetigen Anstieg dieser Größe deuten auf die Zusammenlegung sehr unähnlicher Gruppen hin und empfehlen einen Abbruch vor dem letzten Schritt. Die inhaltliche Analyse der Klassifikation kann dann plausible Gruppierungen deutlich machen. Nicht befriedigende Ergebnisse bedeuten nicht zwangsläufig, daß keine Struktur im Datensatz vorhanden ist, sondern nur, daß mit den gewählten Indikatoren und Methoden keine erkannt wurde.

Für die Gruppierung der Altlasten Schleswig-Holstein hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials wurden acht Indikatoren gewählt, die überwiegend als Nominaldaten vorliegen. Da sinnvolle Klassifizierungen nur auf einem Daten-

	Bauschuttdeponie	*Hausmülldeponie*	*Metallische Abfälle*	Kärschlamm	*Aschen / Schlacken*	*Öhaltige Abfälle*	*Industriemüll*
Anzahl	127	83	70	45	45	183	77
Anteil	19%	14,3%	10,85	6,9%	6,9%	28,7%	11,8%
Bewertung (e)	40	40	44	47	51	49	58
Beginn (e)	1997	1955	1955	1958	1961	1959	1957
Ende (e)	1974	1971	1971	1973	1967	1974	1972
Menge (m ³)	42.412	28.733	37.282	89.287	260.760	58.824	255.482
Wasserschon-Gebiet	18%	22%	18%	22%	23%	28%	30%
Trinkwasser-Schutzgebiet	3%	5%	4%	0%	11%	3%	10%
Zentralbrunnen (e)	1857	1563	1768	1614	1864	1542	1765
Einzelbrunnen (e)	443	573	434	540	554	501	361
Gewässer (e)	214	253	279	251	212	252	302
Ortschaft (m)	532	566	852	583	347	538	501
Haus (m)	136	224	258	225	122	221	138
Kies/Sand	58%	62%	78%	57%	51%	66%	65%
Vorherige	5%	8%	9%	0%	9%	7%	2%
Gewässer	1%	2%	2%	21%	5%	3%	8%
Genetbe	14%	5%	8%	13%	4%	4%	4%
Deponien	8%	8%	9%	5%	13%	7%	8%
Freizeit	8%	8%	5%	15%	18%	7%	10%
Wohnen	10%	4%	9%	7%	9%	7%	21%
Genetbe	-3,0	-3,0	-4,4	-3,7	-3,8	-4,4	-5,1
Höhe (in Meter NN)	48%	28%	51%	44%	40%	50%	52%
Bodenart (Sand/Kies %)	4,4	4,8	5,8	3,1	5,1	5,2	4,5
Flurstand	25%	25%	34%	30%	43%	37%	65%
Basissatz							

Tab. 4: Auswertung von Deponietypen unterschiedlichen Inhalts

niveau möglich sind, wurden auch die übrigen Parameter dichotomisiert, d.h. in Ja-Nein Angaben transformiert. Damit gehen zwar teilweise Informationen verloren, die Untersuchung bleibt jedoch statistisch eindeutig. Folgende Kriterien gingen in die Beurteilung ein:

- enthält die Deponie mehr als 10.000 Kubikmeter Abfälle,
- liegt sie in einem Trinkwasserschutzgebiet,
- befinden sich Hausbrunnen in weniger als 200 Meter Entfernung,
- sind Oberflächengewässer bis 200 Meter Entfernung betroffen,
- befinden sich heute Wohnbebauung oder Freizeiteinrichtungen auf der Deponie,
- liegen die Ablagerungen in sandigen oder kiesigen Böden,
- reicht die Deponiebasis in das Grundwasser,
- enthält sie öhaltige oder Industrieabfälle ?

Die subjektive Wahl des Abstandsmaßes und der Gruppenrepräsentanten fiel auf die für Binärdaten sinnvolle Kombination aus Entropieanalyse und Centroiden.

Für die Klassifizierung konnten nur 641 Standorte herangezogen werden, da nur für sie alle erforderlichen Daten vorlagen. Insbesondere fehlten häufig die ohne technisch aufwendige Methoden schwer zu ermittelnde, aber für die Analyse wichtige Angabe zur Lage der Deponiebasis. Dennoch repräsentieren sie die erfaßten Standorte recht gut, da die Parameter in ähnlicher Häufigkeit vorkommen wie im gesamten Datensatz. Bebaute Deponien (20,7 %) und solche gefährlichen Inhalts (23,6 %) sind jedoch bei der Clusteranalyse relativ häufiger vertreten als bei allen Standorten (17,6 % bzw. 16,0 %), was bei der Interpretation zu berücksichtigen ist. Dies spiegelt die Tatsache wider, daß schon bei der Erhebung der Daten besonders hoch bewertete Altdeponien intensiver untersucht wurden.

Die automatische Klassifikation empfahl eine Gruppierung in sieben Deponietypen, die hinsichtlich der acht Kriterien in sich ähnlich, voneinander jedoch deutlich verschieden sind. Die inhaltliche Analyse (Abb.3) erfolgte hier anhand der Häufigkeit des Auftretens eines Merkmals innerhalb einer Gruppe gegenüber seinem allgemeinen Vorkommen. Ein Verhältnis von eins bedeutet demnach, daß ein Merkmal innerhalb des Clusters ebenso häufig anzutreffen ist wie in der Gesamtmenge, es ist also nicht typisch für diese Gruppe. Verhältnisse deutlich darüber repräsentieren Merkmale, die überdurchschnittlich häufig vertreten sind und damit diesen Deponietyp charakterisieren. Dieser Gruppenmittelwert muß aufgrund seiner aggregierenden Eigenschaften bei der Interpretation durch die absoluten Häufigkeiten der Parameter ergänzt werden.

Von den sieben Deponietypen enthalten demnach vier deutliche Gefährdungspotentiale, allerdings aufgrund verschiedener Ursachen. Der Typ I liegt in allen Kriterien leicht über dem Durchschnitt, entfaltet aber durch den gefährlichen Inhalt besondere Brisanz. Auf den 85 Deponien des zweiten Typs besteht Gefahr für die Bebauung durch Sackungen und Deponiegas, der Typ III

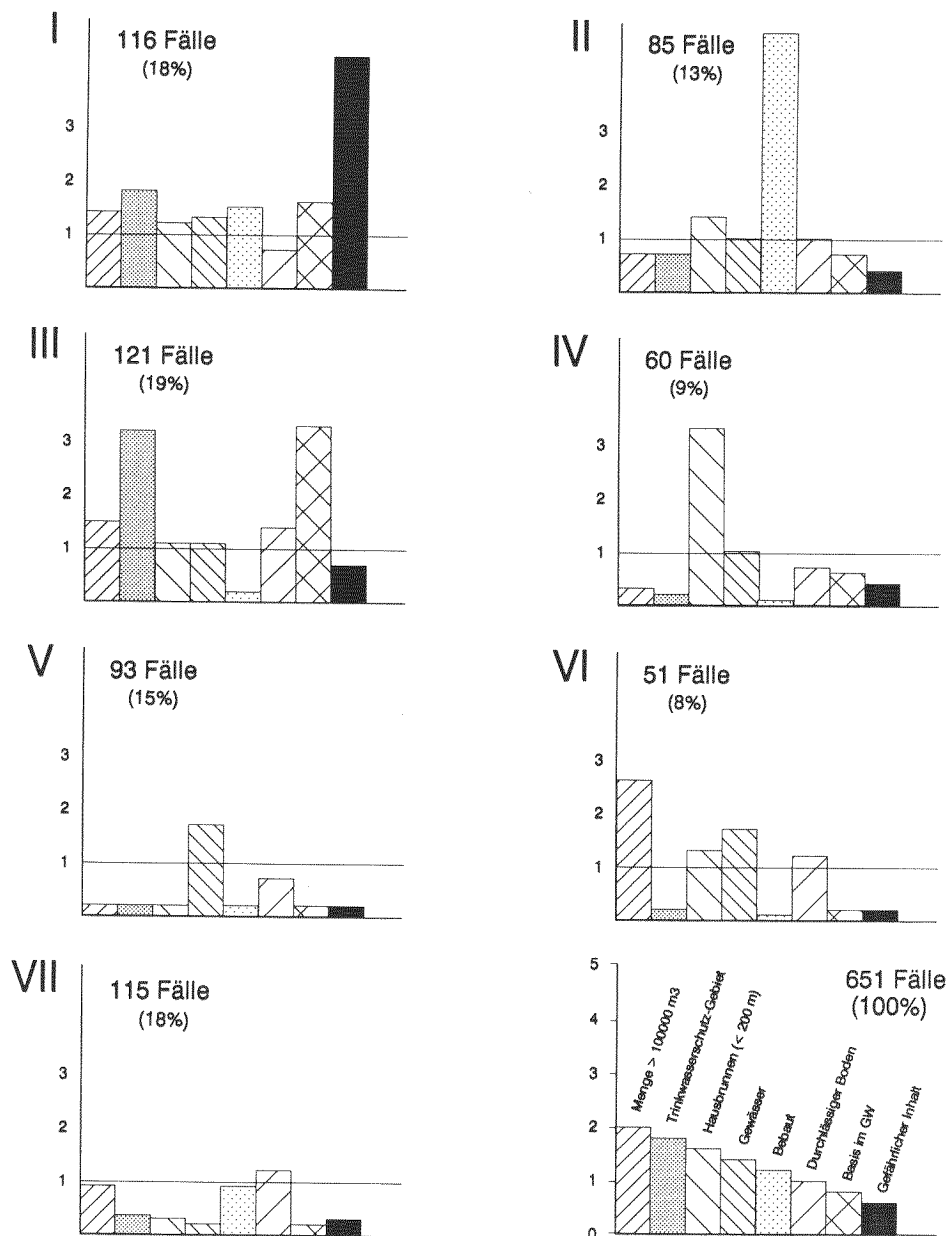


Abb. 3: Ergebnisse der Clusteranalyse

gefährdet besonders die Wassergewinnung durch seine häufige Lage in Trinkwasserschutzgebieten und seiner Basis im Grundwasserbereich. Der Typ IV liegt in der Nähe flachgründiger Hausbrunnen und enthält teilweise gefährliche Abfallfraktionen, ist in allen anderen Parametern jedoch deutlich unterdurchschnittlich ausgeprägt. Die drei übrigen Deponietypen liegen in allen Kriterien in der Nähe oder weit unter dem Durchschnitt und unterscheiden sich nur durch die Anzahl der überhaupt vorkommenden Merkmale. Angesichts der Tatsache, daß die besonders hoch bewerteten Ablagerungen in dieser Analyse überrepräsentiert sind, wird deutlich, daß etwa die Hälfte der im Lande erfaßten Altdeponien aus verschiedenen Gründen Gefahren in sich bergen, daß andererseits die übrigen aufgrund dieser Datengrundlage als ungefährlich eingeschätzt werden können. Sanierungskonzepte können nach eingehenderen Detailuntersuchungen bei den spezifischen Problemen der Deponietypen ansetzen, etwa durch Auskoffern des gefährlichen Inhalts oder den Ausbau zentraler Wasserversorgungen bei betroffenen Hausbrunnen.

8. Regionale Aspekte

Neben der generellen Situation der Altablagerungen interessiert vor allem deren Verteilung im Raum. So sind die Regionen Schleswig-Holsteins durch das Altlastenproblem keineswegs gleichermaßen betroffen. Die Tabelle 5 ver-

	Gesamtmenge (m ³)	Deponie-Durchschnitt	Fläche (ha)	Deponie-Durchschnitt	% der Gesamtfläche
Schleswig-Flensburg	4 806 610	45 345	98.53	0.93	0.048
Dithmarschen	3 102 503	17 047	200.01	1.10	0.142
Ostholstein	5 784 500	33 244	138.36	0.80	0.099
Plön	3 823 553	16 918	92.07	0.41	0.085
Storman	13 638 546	70 302	384.69	1.98	0.455
Pinneberg	25 960 900	132 454	358.38	1.83	0.541
Segeberg	15 102 020	48 096	361.65	1.15	0.269
Steinburg	1 954 715	18 795	171.19	1.65	0.162
Kiel	4 204 000	91 391	49.83	1.08	0.447
Neumünster	1 212 460	32 769	97.14	2.63	1.357
Gesamt	79 589 807	52 499	1951.85	1.29	0.196

Tab. 5: Abgelagerte Mengen und beanspruchte Flächen der zehn erfaßten Gebietskörperschaften

gleicht die Mengen und Flächen der Deponien der erfaßten Kreise. Sowohl in den absoluten Zahlen als auch in der durchschnittlichen Größe der Deponien haben die Hamburger Randgebiete ein deutliches Übergewicht. Die kreisfreien

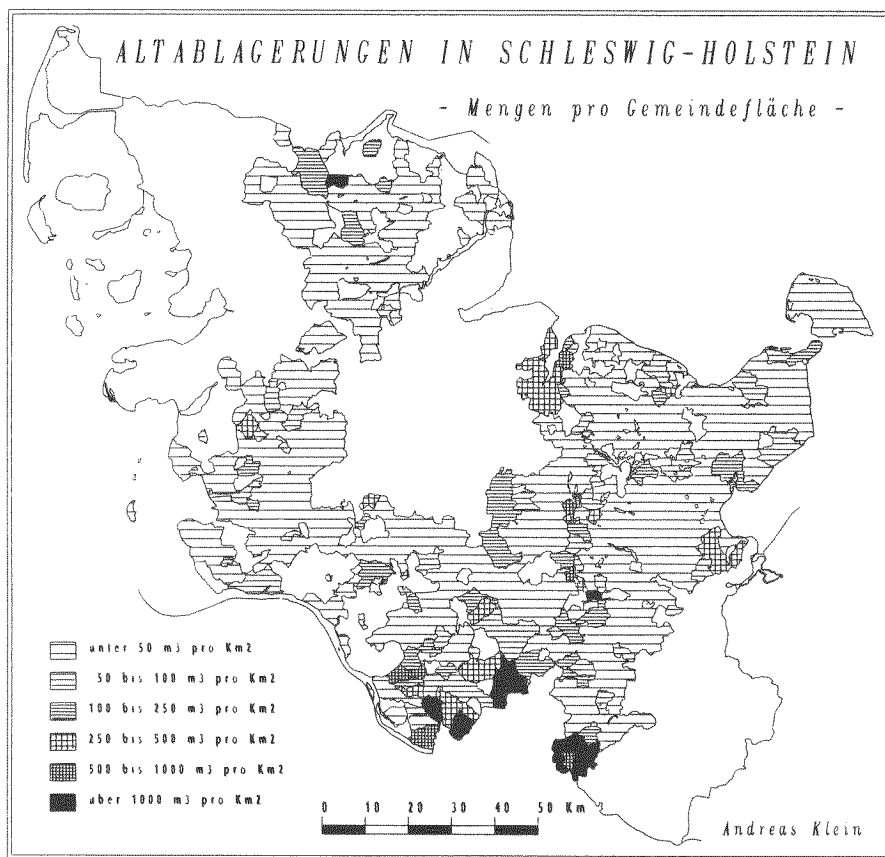


Abb. 4: Abgelagerte Mengen pro Gemeindefläche

Städte Kiel und Neumünster weisen aufgrund der wenigen möglichen Ablagerungsflächen innerhalb dichtbesiedelter Gebiete überdurchschnittlich große Deponiekörper auf.

Eine kleinräumigere Auswertung auf der Basis der betroffenen Gemeinden führt zu zwei wesentlichen Faktoren der räumlichen Verteilung der Müllmenge. Einerseits spielt die Nähe zu Ballungszentren eine wesentliche Rolle. Die großen Abfallmengen konnten häufig nicht im Stadtgebiet beseitigt werden, sodaß besonders deren Randgemeinden belastet wurden. Neben dieser anthropogenen Komponente determiniert vor allem die geologische Situation das abgelagerte Müllvolumen. Wo oberflächennahe Rohstoffe vorkommen, wie etwa auf Sanderflächen oder Binnensandern, schuf deren Abbau wichtige Voraussetzungen für eine spätere Verfüllung mit Abfall. Abseits dieser Zentren

ehemaliger Abfallwirtschaft ist nahezu jede Gemeinde, wenn auch auf weit geringerem Niveau, von dem Altlastenproblem betroffen. Nur dort, wo geologisch ungünstige Voraussetzungen auf relativ niedrige Bevölkerungsdichten stoßen, wie etwa in den alten Marschen oder der Eiderniederung, sind – abgesehen von Erhebungsfehlern – keine Altablagerungen anzutreffen (Abb. 4).

Auch diese räumliche Analyse anhand der Müllmengen spiegelt die tendenzielle Zweiteilung der allgemeinen Situation in wenige Altlasten-Hochburgen einerseits und die flächenhaft geringere Belastung andererseits wider.

9. Zusammenfassung

Die Auswertung der Altlastenkataster Schleswig-Holsteins gibt einige Hinweise zu der Entstehungsgeschichte, der hydrogeologischen Situation und möglicher gefährdeter Schutzgüter wie Trinkwassergewinnungsanlagen, Wohngebäude oder Oberflächengewässer. Einer Vielzahl kleiner, ehemaliger Gemeindemüllplätze mit den typischen Hausmüllfraktionen stehen wenige, tendenziell höher belastete Großdeponien gegenüber.

Eine automatische Klassifikation hinsichtlich verschiedener Gefährdungsquellen macht deutlich, daß gewisse Deponietypen erkennbar sind, von denen potentiell qualitativ und quantitativ unterschiedliche Gefahren ausgehen.

Eine regionale Analyse auf Kreis- und Gemeindebasis zeigt, daß einerseits besonders Ballungszentren wie Hamburg, aber auch die Städte Schleswig-Holsteins Hauptquellen der Altlasten sind, andererseits die geologische Situation deren Menge determiniert.

Die Untersuchung zeigt aber auch, daß eine Beurteilung einzelner Standorte anhand dieser Datengrundlage unzureichend ist. Aufwendige Detailuntersuchungen, wie sie durch die Kreisbehörden durchgeführt werden, sind unbedingte Voraussetzung für ein fundiertes Sanierungskonzept. Die Bewältigung des Altlastenproblems bleibt damit eine der großen Aufgaben kommender Umweltpolitik.

Die Untersuchungen wurden auf der MicroVAX II des durch das Umweltbundesamt geförderten Projektes „Umweltbeobachtung Schleswig-Holstein“ mit dem Geographischen Informationssystem ARC-INFO sowie auf der PDP-10 des Rechenzentrums der Universität Kiel mit den Programmpaketen SPSS, CLUSTAN und eigenen FORTRAN-Programmen durchgeführt.

Literatur

- ARNETH, J. D.; KERNDORFF, H.; v. BRILL; SCHLEYER, R.; MILDE, G. & FRIESEL, P. (1986): Leitfaden für die Aussonderung grundwassergefährdender Problemstandorte bei Altablagerungen. WaBoLu-Heft 5.
- ATTENBERGER, J. (1987): Wirkung von Schadstoffen in Grund- und Trinkwasser auf den Menschen. Vortrag auf dem Fortbildungslehrgang „Grundwasserschutz“ des BWK am 9./10.11.1987 in Essen.

- BARKOWSKI, D., GÜNTHER, P., HINZ, E. & RÖCHERT, R. (1987): Altlasten. Handbuch zur Ermittlung und Abwehr von Gefahren durch kontaminierte Standorte. – Alternative Konzepte, **56**, 279 S.
- BECKERATH, K. v. (1985): Sickerwasser von Hausmüll- und Sondermülldeponien. – Müll und Abfall **17/12**, S. 424–434.
- BRAHMS, M. & WEYER, M.: Altlasten in der Bundesrepublik Deutschland. – In: J. GROMBACH (Hrsg.): Grünbuch Ökologie II. Kleine Bibliothek, Pahl-Rugenstein-Verlag, Köln.
- BRANDT, E. [Hrsg.] (1988): Altlasten: Untersuchung, Sanierung, Finanzierung. – 182 S.; Taunusstein; Blottner.
- DFG-Forschungsbericht (1986): Wasser- und Stoffhaushalt von Abfalldeponien und deren Wirkungen auf Grundwässer. – Weinheim.
- DORGARTEN, H. W. & DANIELS, H. (1989): Grundwasserstudie Deponie Georgswerder – Finite Elemente Modellierung bei der Planung eines sicheren und wirtschaftlichen Grundwasserschutzes. – Abfallwirtschaftsjournal, **6**, S. 69–74.
- DRESCHER, I. (1985): Geowissenschaftliche Aspekte bei der Anlage von Deponien. – Mitt. des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Universität Braunschweig, **17**, S. 21–35.
- FEHLAU, K. P. (1986): Gefährdungsabschätzung von Altlasten. – Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis: Fortschritte der Deponietechnik, **15**, S. 271–296.
- FÖRSTNER, U. (1988): Geochemische Vorgänge in Abfalldeponien. – Geowissenschaften, **10**, S. 302–306.
- FRANZIUS, F., STEGMANN, R. & WOLF, K. [Hrsg.] (1990): Handbuch der Altlastensanierung. – Teile 1 + 2. R. v. Decker's Verlag, Heidelberg.
- FUKUSHI, S. SHIRAI, K. & MINAMI, K. (1974): Einfluß vom in der Mülldeponie gebildetem Gas auf den Boden. Soil Sci Plant. Nutr., **21** (3), S. 293–300.
- GOLWER, A., MATTHESS, G. & SCHNEIDER, W. (1971): Einflüsse von Abfalldeponien auf das Grundwasser. – Der Städtetag, **24**, S. 119–123.
- HOMIGHAUSEN, E. (1975): Ein Modell für Rekultivierungsmaßnahmen an Mülldeponien. – Erg. Landw. Forsch. an der J. L. Universität Gießen, **13**, S. 219–227.
- KERNDORFF, H., BRILL, V., SCHLEYER, R., FRIESEL, P. & MILDE, G. (1985): Erfassung grundwassergefährdender Altablagerungen. Ergebnisse hydrogeochemischer Untersuchungen. – WaBoLu-Berichte, **5**, 179 S.
- KONOLD, W. (1981): Anleitung zur Rekultivierung von Deponien – Teil 1 (Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern – Abfallwirtschaft – Forschungsbericht 103 02 202/01).
- Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein (1984): Bericht über Abfall-Altlasten in Schleswig-Holstein. – Kiel.
- Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein (1987): Generalplan Abfallentsorgung des Landes Schleswig-Holstein. – Kiel.
- PETSCH, G. R. (1979): Sanierung und Rekultivierung von Deponien. Erfahrungen aus der Arbeit im Rhein-Ruhr-Gebiet. – Abfallwirtschaft, 3. Seminar Abfallwirtschaft TU Wien), S. 101–114; Wien.
- RETTENBERGER, G. (1978): Entstehung, Folgen, Erfassung und Verwertung von Deponiegas. – Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, **9**.

THOME-KOZMIENSKY, K. J. [Hrsg.] (1988): Altlasten – Technik – Wirtschaft – Umweltschutz. Altlasten 2; 1071 S. EF-Verlag GmbH, Berlin.

VOGEL, F. (1975): Probleme und Verfahren der numerischen Klassifikation. – Göttingen.

WOLF, K., BRINK, W. J. & COLON, F. J. [Hrsg.] (1988): Altlastensanierung '88. – Bd. 1+2. 2. Int. TNO/BMFT-Kongreß über Altlastensanierung, 11.4. – 15.4. 1988, Hamburg.

Anschrift der Autoren:

Andreas Klein, Alf Grube
Projektzentrum Ökosystemforschung
Schauenburgerstr. 112, 2300 Kiel
Tel. 0431/880-4085