

Technische Universität Dresden, Abteilung Forstwirtschaft,
Institut für Bodenkunde und Standortslehre
Südharz-Kali GmbH Sondershausen

Freilandversuche zur Begrünung von Kalirückstandshalden im Südharzgebiet

Von **Martin Heinze** und **Heike Liebmann**

Mit 4 Tabellen

(Eingegangen am 5. März 1990)

1. Einleitung

Bei der Aufbereitung der untertägig abgebauten Kalisalze des Zechsteins in der Fabrik verbleibt ein Rückstand, der nach der Art des Rohsalzes und den Aufbereitungsverfahren verschieden ist. Im Südharzkalirevier enthält dieser Rückstand 70 bis 81 % Steinsalz, 6–17 % Sulfate, hauptsächlich Gips und Anhydrit, sowie geringe Mengen (< 5 %) an Tonmineralen. Er wird als lockere, körnige bis breiige Masse (Korngrößen < 5 mm) über Bandstraßen auf Halden gebracht. Ihm haftet ein Rest Mutterlauge aus dem Heißlöse-Aufbereitungsprozeß an, die viel $MgCl_2$ enthält.

Unter dem humiden Klima Mitteleuropas setzen die Halden das anhaftende $MgCl_2$ und durch Lösungsverwitterung andere leichtlösliche Salze, vor allem Steinsalz, frei. Auf der Oberfläche reichert sich eine Zone steinsalzfreien, abgelaugten Rückstandes an, der auf den Südharzhalden zu 90–96 % aus Gips und Anhydrit besteht und hier nach 20 Jahren ungefähr 0,3 m mächtig ist. Die Salzlösungen fließen in das Grund- und Oberflächenwasser. Die Wasserbilanz der Halde, der Versickerungsbetrag und damit der Salzaustrag sind nicht bekannt. Zielstellung ist es, den Salzaustrag durch eine Versiegelung der Halden gegen den Niederschlag zu verringern oder ganz zu vermeiden.

Ökologisch und ökonomisch vorteilhaft ist dabei eine biologische Versiegelung, d. h. eine Begrünung mit einer möglichst dichten, sich selbst regenerierenden, wasserzehrenden Vegetation. Es war zu prüfen, wie eine Vegetation auf den Südharz-Kalirückstandshalden zu erreichen ist. Bei einer „kleinen“ Lösung werden die Pflanzen auf ausreichend mächtigen abgelaugten Rückstand, der sich im Gegensatz zu frischem Rückstand als nicht phytotoxisch erwies, mit oder ohne Kulturboden am Anwuchsort ausgebracht. Bei einer „großen“ Lösung wird die Halde mit einer ausreichend mächtigen Decke (etwa 1 m) kulturfähigen Materials (Boden, Bauaushub, Abrißmassen) überzogen und begrünt. Dieser Überzug ist auf allen Halden sofort nach Verfestigung des frischen Rückstandes möglich. Die Wahl der geeigneten Pflanzenarten wird bei der „großen Lösung“ nicht mehr vom Haldensubstrat, sondern nur noch vom Klima (zu dem auch anthropogene Immissionen gehören) und von der Güte des Überzugsmaterials bestimmt. Es können also je nach Boden- und Geländewasserhaushalt und Bodengüte alle mitteleuropäischen Baum- und Straucharten gepflanzt werden, wenn dem nicht die Emissionen der Kaliwerke entgegenwirken.

Die für die „kleine“ Lösung geeigneten Pflanzen müssen in Versuchen ermittelt werden. Bei beiden Lösungen sind stickstoffautotrophe, Ausläufer treibende Gehölze mit geringen Ernährungsansprüchen günstiger.

Seit 1974 wurden auf den Halden Sondershausen, Bischofferode und Bleicherode mehrere Begrünungsversuche angelegt. Die Versuche auf der Halde Sondershausen (Heinze, Fiedler und Liebmann 1984) dienen hauptsächlich der wissenschaftlichen Prüfung, unter welchen Bedingungen und mit welchen Pflanzenarten eine Begrünung überhaupt möglich ist, während die Pflanzungen auf den Halden Bischofferode und Bleicherode als praktische Anwendung der gesammelten Erfahrungen gelten können. Zwischen 1975 und 1980 wurde mit Hilfe von Lysimetern im Tharandter Wald und auf den Halden Sondershausen und Zielitz die Versickerung in frischem sowie abgelagtem Rückstand mit und ohne Vegetation und zum Vergleich in Kulturboden gemessen. Damit sollten Anhaltswerte der Versickerung und des Salzaustrages aus den Halden festgestellt werden.

Die vorliegende Arbeit teilt Ergebnisse der Begrünungsversuche nach einer Beobachtungszeit von bis zu 15 Jahren und der Versickerungsmessungen und Salzaustragsberechnungen mit.

2. Beschreibung der Versuche und der erzielten Ergebnisse

Die Versuche auf der Halde Sondershausen wurden in Anlage und Ergebnissen bis zum Beobachtungsstand Frühjahr 1981 bereits früher ausführlich beschrieben (Heinze, Fiedler u. Liebmann 1984), so daß hier der Schwerpunkt auf den Beobachtungen nach 1981 liegen soll.

Versuch Sondershausen 1:

In kleinem Umfang wurden Pioniergehölze unter verschiedenen Substrat- und Geländeklimabedingungen geprüft (Baumschulpflanzen von *Pinus silvestris* L., *Pinus nigra* Arnold, *Alnus incana* (L.) Moench, *Betula pendula* Roth, *Salix uralensis*, *Hippophae rhamnoides* L. und *Symphoricarpos laevigatus albus* (Fern) S. F. Blake sowie Ausläufer-Wildlinge von *Robina pseudoacacia* L.).

Im Folgejahr nach der Pflanzung im Herbst 1974 starben Pflanzen in größeren Mengen ab, später kam der Prozeß zum Stillstand. Im Frühjahr 1981 lebten von 320 ausgebrachten Pflanzen noch 13 Exemplare, davon 9 auf dem Südhang mit der stärksten Schicht abgelagtem, salzfreien Rückstandes.

Im Herbst 1988 wurden noch 11 Mutterpflanzen (5 Sanddorne, 1 Birke, 1 Weißerle, 3 Schneebeerensträucher, 1 Uralweide) wiedergefunden, überwiegend auf den Parzellen, auf denen die Pflanzen eine Gabe von 10 l Kulturboden je Pflanzloch erhalten hatten.

Die Sanddorne haben bis zu einer Entfernung von 4 m von der Mutterpflanze zahlreiche Ausläufer getrieben. Diese sind von wenigen Zentimetern bis zu 1,50 m, im Mittel 70–90 cm hoch. Eine einzelstehende Mutterpflanze brachte 35 Ausläufer. An einer anderen Stelle ist auf abgelagtem Rückstand ohne Kulturbodengabe ein relativ dichter, niedriger Ausläuferbewuchs auf einer Fläche von 3 m × 4 m entstanden, wobei die Mutterpflanze abgestorben ist. Zum Teil lassen sich Mutter- und Tochterpflanzen nicht mehr unterscheiden. Die inselartigen Kulturbodengaben fördern die Ausbreitung durch Ausläufer.

Die übrigen Arten breiten sich nicht aus. Das trifft auch für die Schneebeere zu. Die verbliebene Birke ist 3,5 m hoch geworden und zeigt Blattrandnekrosen und abgestorbene Äste. Das weist auf zeitweise Immissionen durch das südöstlich vorgelagerte Kaliwerk „Glückauf“ Sondershausen hin.

Einen ähnlichen Gesundheitszustand wie die Birke haben die Weißerle und die Uralweide. Beide Gehölze sind aber nur kniehoch.

Versuch Sondershausen 2 :

Es wurden die Eignung verschiedener Gehölze zur Haldenbegrünung sowie die Wirkung der Exposition, einer Kulturbodengabe und einer Düngung untersucht (s. Heinze, Fiedler und Liebmann 1984). Die Gehölze waren Bastardindigo (*Amorpha fruticosa* L.), Sanddorn, Schneebeere und Ölweide (*Elaeagnus angustifolia* L.), die im Herbst 1976 auf eine Ebene, einen Nordhang und einen Südhang mit einer abgelaugten Rückstandsdecke von 10 bis > 50 cm Mächtigkeit gepflanzt wurden. Als Kulturboden wurden 5 l Auenlehm je Pflanzloch auf den entsprechenden Parzellen gegeben.

Die Düngung bestand 1978 und 1979 aus Stickstoff (als Kalkammonsalpeter bzw. Harnstoff) und 1980 aus einer N-P-K-Spurenelementgabe als Piaphoskan rot (150 kg N/ha in jedem Düngungsjahr).

Die Zahl der Mutterpflanzen hat seit 1982 bis 1988 vor allem auf Rückstand ohne Kulturbodengabe weiter abgenommen (Zustand 1982: Tab. 1 a + b, 1988: Tab. 2)

Auf der Kulturbodenvariante ist die Zahl weniger zurückgegangen (ungedüngter Teil) oder fast konstant geblieben (gedüngter Teil). Inzwischen haben sich zahlreiche Ausläufer gebildet, vor allem beim Sanddorn, in geringerem Maße auch beim Bastardindigo und der Schneebeere. Sanddornausläufer findet man bis zu 5 m von der Mutterpflanze entfernt, und es ist bei der Zählung inzwischen schwer, zwischen Mutter- und Tochterpflanze zu unterscheiden. Die gedüngten Flächenteile sind an einem grünen Moosanflug zu erkennen. Auf der Variante mit Kulturboden in den Pflanzlöchern ist ein insgesamt dichter Bewuchs mit eigenem Mikroklima, Humusbildung und Graswuchs entstanden. Die Gehölze blühen und fruchten. Sanddorn und Ölweide werden vom Hasen verbissen. Die Expositionsunterschiede spielen eine untergeordnete Rolle (s. Tab. 1).

Tabelle 1 a

Versuch Sondershausen 2: Prozentsatz überlebender Pflanzen im Herbst 1982

Behandlung Gehölzart	Kb		Rü		S		NW	
	E O	V	E O	V	O	V	O	V
Sanddorn	46	68	38	18	20	20	32	12
Schneebeere	16	74	52	24	64	84	58	16
Ölweide	36	64	28	12	4	32	36	52
Bastardindigo	14	64	20	26	21	18	36	24

Tabelle 1 b

Versuch Sondershausen 2: Triebblängen der Pflanzen im Jahr 1982 (cm)

Sanddorn	19	19	20	15	16	16	13	9
Schneebeere	18	30	16	30	25	32	15	13
Ölweide	40	37	38	37	37	27	28	35
Bastardindigo	37	43	12	30	24	36	25	35

Abkürzungen: Kb 5 l Kulturboden im Pflanzenloch
 Rü reiner abgelaugter Kalirückstand ohne Kulturboden als Bodensubstrat
 E Ebene, S: Südhang, NW: NW-Hang
 O ungedüngt, V: gedüngt

Insgesamt gesehen haben sich die beiden ersten Versuche in 15 Jahren wie folgt entwickelt:

In den ersten beiden Jahren sterben Pflanzen auf ungünstigem Standort, insbesondere bei Salzkontakt, rasch ab. Der Prozentsatz überlebender Pflanzen hängt von

Tabelle 2

Versuch Sondershausen 2 — Zustand im Herbst 1988

Pflanzenzahl, -höhe, Zahl der Ausläufer, Blüten und Fruchtansatz

Gehölzart	Behandlung	Kulturboden		Rückstand (Expositionen zusammengefaßt)	
		ungedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt
Sanddorn	Z	20	68	14–18	10–18
	H	0,7–1,5	bis 1,8	0,4–0,7	0,4–1,2
	A	≈ 50	34	0 ... mehrere	0 ... > 50
	F		viele		
Schneebeere	Z	8	74	16–18	10–12
	H	0,5	1,2	0,4	0,6
	A		geschloss. Bewuchs	0–20	2–4
	F		Grasbüschel, Früchte		
Ölweide	Z	10	64	8–10	6–24
	H	0,5–1,6	bis 2,5	0,8–2	1,4
	F		viele Früchte	Früchte	
Bastardindigo	Z	10	50	0–6	4–16
	H	0,8	0,8–1,1	0–0,6	1,1–1,2
	A			0–44	0–30
	B				blühend

Abkürzungen:

- Z Zahl der Pflanzen in ‰ der Ausgangspflanzenzahl von jeweils 50 Stück
H Höhe der Pflanzen (mm)
A Zahl der Ausläufer
F Früchte
B Blüten

der Gunst des bepflanzt Standortes ab. Er war bei Versuch 1 niedrig, da auch viele ungünstige Stellen bepflanzt wurden, im Versuch 2 höher, da von vornherein erfolgversprechende Stellen gewählt wurden. Nach diesem Absterben bleibt die Pflanzenzahl auf den Flächen mit Kulturboden im Pflanzloch weitgehend konstant, und die dafür veranlagten Pflanzenarten beginnen sich vegetativ auszubreiten, so daß ein lockerer Haldenbewuchs entsteht, von dem anzunehmen ist, daß er mindestens über Jahrzehnte ohne weitere Pflege bestehen bleiben wird.

Auf den kulturbodenlosen Varianten nehmen die Mutterpflanzen weiter ab, bilden jedoch ebenfalls, wenn auch in geringerem Maße, Tochterpflanzen, so daß ein sehr schütterer Bewuchs erhalten bleibt. Für die Bewertung der Ergebnisse ist wichtig festzustellen, daß die Versuche auch die extremen Trockenjahre 1982 und 1983 überstanden; Versuch 1 dazu noch das Trockenjahr 1976.

Der an die Stelle des mißlungenen Versuches Sondershausen 3 (Saat trockenheitsertagender Pflanzen, s. Heinze, Fiedler u. Liebmann 1984) angelegte Versuch Sondershausen 4 sollte prüfen, ob sich Pflanzen natürlicher Gipsstandorte des Kyffhäusergebirges auf der Halde, deren abgelaugtes Substrat zu 96 ‰ aus Gips besteht, ansiedeln lassen. Es sind im Sommer 1977 von Blaugras (*Sesleria varia* (Jacq./Wettst.) und Blauschwengel (*Festuca cinerea* Vill.) jeweils 16 Rasenstücke vom Steinbruchberg nördlich Rottleben auf die Halde gepflanzt worden. Diese Rasenstücke enthielten auch Pflanzen von *Teucrium montanum* L., *Helianthemum nummularium* (L.) Mill von Grosser, *Gypsophila fastigiata* L. und *Allium montanum* L. Nachdem bis 1981 15 Blaugras- und 13 Blauschwengel-Horste verblieben waren, ließ sich in der Folgezeit feststellen, daß sich vor allem Blauschwengel und Blaugras vorzugsweise in Windrich-

tung ausbreiten und neue größere und kleinere Polster bilden. Im Herbst 1988 konnten 56 Blaugras-, 60 Blauschwengel-, 1 *Allium*-, 1 *Helianthemum*- und 2 *Teucrium*-Ansiedlungen gezählt werden. Der Gesamteindruck von der Haldenoberfläche geht über das Bild eines schütterten, inselartigen Bewuchses noch nicht hinaus. Die Gräser und das Gipskraut werden stark von Hasen befreissen.

Die Versuche Sondershausen 5 und 6 erprobten die Eignung von sog. Anspritzverfahren zur Böschungsbegrünung für die Begrünung der Halde (1977: Merseburger Anspritzverfahren, 1980: Klärschlamm-Verfahren). Im Herbst stellen sich die behandelten Flächen nach wie vor als weitgehend von einer höheren Vegetation frei dar. Sie sind aber – wie auch die Düngungsflächen in den anderen Versuchen – an einem grünen Anflug aus Moosen zu erkennen und machen einen intensiv grünen Eindruck. In Vertiefungen (u. a. Fußeindrücke und Rinnen) halten sich die dort angesiedelten Gräser nun schon über Jahre. Außerdem breiten sich Gräser vom Haldenfuß her auf die Halde aus.

Versuch Sondershausen 7 :

Auf einer 1 m mächtigen Kulturbodendecke (5 m x 10 m) wurden Eichen (*Quercus robur* L.) und Kiefern (*Pinus silvestris* L. und *P. nigra* Arnold) gepflanzt, die durch Wühlmausfraß eingingen. Der Versuch ist jetzt als eine dicht mit Gras und Kräutern bewachsene grüne Insel zu erkennen, die ihr Eigenleben unabhängig vom Halden-substrat führt, d. h. der Auftrag einer geschlossenen Kulturbodendecke ist sinnvoll und würde die ökologische Situation auf der Halde wesentlich ändern.

Versuche zur Überleitung in die Praxis

Die Versuche auf der Halde Sondershausen haben gezeigt, daß eine Begrünung von Kalirückstandshalden dieses Typs unter bestimmten Bedingungen (ausreichend mächtige abgelaugte Rückstandsdecke $\geq 0,5$ m, Kulturbodengabe) möglich ist.

Deshalb wurde im Mai 1977 am Westhang der Halde des Kaliwerkes „Thomas Müntzer“ in Bischofferode mit einer Bepflanzung begonnen, die in den Jahren 1982 bis 1987 fortgesetzt und auch auf die Halden der Kaliwerke Bleicherode und Sondershausen ausgedehnt wurde.

Bepflanzung Bischofferode

Anfang Mai 1977 wurden auf den Westhang der Halde 250 *Amorpha*-, 220 Sanddorn-, 360 Schneebeeren- und 22 Erbsenstrauchpflanzen (*Caragana arborescens*) (normale Baumschulware) in reinen, seit 25 Jahren abgelaugten Rückstand (20 – 50 cm starke Decke) ohne Kulturbodengabe gepflanzt. Zur gleichen Zeit wurde im benachbarten Haldenvorfeld auf lehmigem Ackerboden über Buntsandstein eine Vergleichspflanzung mit jeweils 10 Pflanzen der genannten Arten angelegt.

Wie auf der Halde Sondershausen, sterben vor allem in der Anwuchsphase Pflanzen ab, insbesondere auf Rückstand in der Nähe von oberflächennah anstehenden Salzrippen des festen, noch nicht abgelaugten Kalirückstandes. Später verlangsamt sich der Absterbevorgang oder kommt zum Stillstand. Im Herbst 1980 sind auf dem Rückstand zwischen 25 % (Sanddorn) und 73 % (Erbsenstrauch) der Ausgangspflanzenzahl verblieben. Auf dem Kulturboden im Haldenvorfeld überleben mehr Pflanzen (von 40 % bei Schneebeere bis 100 % bei *Amorpha*). Die Pflanzen bleiben auf dem Rückstand schwächlich (besonders die Schneebeere), trocknen immer wieder zurück und erreichen bis zum Herbst 1980 nur Kniehöhe. Das geht kaum über die Höhe zur Zeit der Pflanzung hinaus. Demgegenüber sind die Pflanzen auf Kulturboden vitaler und erreichen Brust- bis Mannshöhe. Lediglich die Schneebeere bleibt auch auf dem Kulturboden wahrscheinlich wegen der Graskonkurrenz nur kniehoch.

Im April 1981 wurde eine weitere Sanddornpflanzung angelegt, bei der ein Teil der Sträucher (10 Exemplare) wieder in reinen, abgelaugten Rückstand gesetzt wurde, ein anderer Teil (80 Exemplare) aber in einer zweiten Variante jeweils 10 l Kulturboden ins Pflanzloch erhielt (Kulturboden: Lehm aus der Bodeaue).

Bis zum Herbst 1983 starben in reinem abgelaugtem Rückstandssubstrat 40 %, in Rückstandssubstrat mit Kulturbodenbeigabe dagegen nur 7,5 % der gepflanzten Sanddornsträucher ab.

Die Pflanzen gehen vor allem dort ein, wo Rippen frischen, zu ca. 70 % aus NaCl bestehenden Rückstands bis nahe an die Oberfläche reichen.

Bis zum Herbst 1988 ist in beiden Versuchen die Zahl der lebenden Pflanzen im wesentlichen konstant geblieben.

Eine Höhenmessung (s. Tab. 3) ergab, daß die Pflanzen im Vorfeld ungefähr doppelt so groß geworden sind wie auf der Halde. Der Sanddorn treibt zahlreiche Ausläufer, vor allem auf der Kulturbodenvariante der Halde.

Tabelle 3

Höhen der Pflanzen in den Praxisversuchen Bischofferode im Herbst 1988 (m)

Standort Gehölz	Halde mit Kultur- bodengabe	ohne Kultur- bodengabe	Vorfeld
Pflanzung 1977			
Sanddorn	1,6 (Pflanzung 1981)	bis 1,6	2,5–3
Erbsenstrauch		1,4	2,5
Bastardindigo		0,8–1,0	2,0
Schneebeere		0,7–0,9	1,4
Pflanzung 1982			
Europäische Ölweide	1–2		1,6
Pflanzung 1983			
Amerikanische Ölweide	1,6–2,5		1,4

Bepflanzung Bischofferode 1982

Im Herbst 1982 wurden 102 Baumschulpflanzen Europäische Ölweide (*Elaeagnus angustifolia* L.) mit einer 5 l-Kulturbodengabe (Lößlehm) auf die Halde und 10 Pflanzen auf das Vorfeld ausgebracht. Es zeigt sich wieder das gewohnte Bild, daß Pflanzen in der Nähe salzhaltiger Rippen absterben, bis Herbst 1983 9 %, daß die anderen aber bis heute gut fortkommen, was sich auch in einem ähnlichen Höhenwuchs im Vergleich zum Vorfeld äußert (s. Tab. 3).

Bepflanzung Bischofferode 1983

Für die Haldenbegrünung sollte sich die verwendete Pflanzenart möglichst vegetativ vermehren. Die Amerikanische Ölweide (*Elaeagnus commutata*) besitzt diese Eigenschaft. Deshalb wurden im Herbst 1983 40 Containerpflanzen *Elaeagnus commutata* „Zempin“ (aus den Baumschulen Berlin) auf den West- und Südhang der Halde Bischofferode und 9 Pflanzen auf das Vorfeld gebracht. Jede Pflanze auf der Halde erhielt eine 5 l-Kulturbodengabe, so daß ihr sowohl das Containersubstrat als auch der Kulturboden zur Verfügung standen. Diese Pflanzen sind nahezu ohne Aus-

fälle bis zum Herbst 1988 zu einer Höhe von 1,6 – 2,5 m (s. Tab. 3) gewachsen und haben zahlreiche Ausläufer getrieben.

Bepflanzung Bleicherode und Sondershausen 1983

Von der gleichen Lieferung *Elaeagnus commutata*-Containerpflanzen wurden ohne zusätzliche Kulturbodengabe 27 Stück auf den Südhang der Halde Bleicherode und 25 Stück auf eine Ebene der Halde Sondershausen (dem Versuch 2 benachbart) gesetzt. Im Herbst 1988 lebten auf der Halde Bleicherode noch 23 Pflanzen, waren stark verbissen (Inselwirkung), wiesen nur eine Höhe von 0,1 bis 0,3 m auf und hatten nur einen Ausläufer getrieben. Die Pflanzung muß als mißlungen bezeichnet werden. Die Gründe könnten in Haldensubstratdifferenzen, in der Immission durch den westlich vorgelagerten Fabrikschornstein, im starken Verbiß und in der Südhangelage gesucht werden, sind jedoch nicht klar.

In Sondershausen zeigt sich ein ähnlich positives Bild (geringe Ausfälle, zahlreiche Ausläufer) wie in Bischofferode, jedoch ist das Wachstum schwächer (wahrscheinlich wegen der fehlenden Kulturbodengabe) und der Verbiß stärker (wegen der ruhigen Lage im Vergleich zu Bischofferode, wo eine Straße unmittelbar vorbeiführt).

Versickerungsmessungen

Der Wasserhaushalt der Halden kann an den Halden selbst oder in Lysimetern untersucht werden. Die Messungen an den Halden selbst sind wegen unkontrollierter Abflüsse unsicher. An Lysimetern als Modelle des Untersuchungsobjektes treten Fehler durch Störung der natürlichen Lagerung des Substrates, durch Rand- und Inselwirkungen und Kapillarsäume auf, sie lassen sich aber durch geeignete Konstruktionen in Grenzen halten.

Die vorliegenden ersten Lysimeteruntersuchungen wurden zwischen 1975 und 1980 auf der Station Tharandt-Wildacker der Technischen Universität Dresden und auf den Halden Sondershausen und Zielitz (bei Magdeburg) ausgeführt. Die nicht wägbaren Lysimeter waren mindestens 1,5 m tief und hatten Auffangflächen von 3 bzw. 1 m² (Tharandt) und 0,07 m² (Sondershausen, Zielitz). Jede Untersuchungsvariante (s. Tab. 4) wurde mit 2 Lysimetern besetzt.

Tabelle 4

Versickerungsraten auf den Kalirückstandshalden, ermittelt an nicht wägbaren Lysimetern, angegeben in % des Niederschlages

Station	Zeitraum	Substrat				Kulturboden	
		fr. Rü S o. V.	fr. Rü Z o. V.	abgel. Rü. o. V.	Sondersh. m. V.	o. V.	m. V.
Tharandt Wildacker	Aug. 1975–						
	Okt. 1978	91		75	62		
	nur 1977	87		81	66		
Halde Sonders- hausen	April 1977–						
	Aug. 1980	105		94		60	32
	nur 1978	88		94		58	46
Halde Zielitz	Juli 1978–						
	Dez. 1979	63	106				
	nur 1979	57	96				

Abkürzungen: fr.: frisch, abgel.: abgelaugt, Rü: Rückstand, S: Sondershausen, Z: Zielitz, o. V., m. V.: ohne bzw. mit Vegetation

Die Variante „mit Vegetation“ trug in Tharandt eine dichte Bepflanzung mit ca. 50 cm hohen Exemplaren von Sanddorn, Schneebeere, Bastardindigo, Rose, Weißerle, Robinie und Birke.

Zu Versuchsbeginn erhielten die Pflanzen eine Piaphoskan-Düngung, die einer Stickstoffgabe von 150 kg N/ha entspricht. Auf den Sondershäuser Lysimetern fiel die Bepflanzung durch Salzeinwehung von einer benachbarten Bandstraße vollkommen (auf Rückstand) oder teilweise (auf Kulturboden) aus. Die Vegetation auf Kulturboden bestand anschließend aus Quecke (*Elytrigia repens*).

In frischem und in abgelaugtem Südharzhalden-Rückstand ohne Vegetation unter Sondershäuser oder Tharandter Bedingungen versickern 80–90 % des Niederschlages (Tab. 4). Unterschiede zwischen frischem und abgelaugtem Rückstand lassen sich am vorliegenden Material nicht sicher nachweisen. Im Rückstand des Kalibetriebes Zielitz, der zu über 90 % aus NaCl besteht, versickert der Niederschlag zu 100 % bereits unter den trockeneren Zielitzer Klimaverhältnissen, wo der frische Sondershäuser Vergleichsrückstand nur eine Versickerungsrate von rund 60 % hat. Dieser höhere Versickerungsbetrag kann auf einen erniedrigten Wasserdampfdruck über der Oberfläche der osmotisch aktiven Salzlösung, die produktionsbedingt dem Zielitzer Rückstand anhaftet, zurückgeführt werden (Petzold 1979). Die Verdunstung setzt auf Zielitzer Rückstand, der nur sehr langsam eine abgelaugte Zone bildet, erst bei geringerer relativer Luftfeuchte ein als auf osmotisch weniger oder nicht aktiven Oberflächen, wie z. B. auf abgelaugtem Südharz-Kalirückstand. Außerdem sind über den Niederschlag hinausgehende Mehreinnahmen aus feuchter Luft bei einem Wasserdampfdruckgefälle von der Luft zur Halde hin denkbar.

Eine dichte Vegetation auf reinem Rückstand reduziert die Versickerung unter den Versuchsbedingungen um 13 bis 15 % des Niederschlages. Unter mitteleuropäischen Bedingungen sollte man mit 10 % als Faustzahl rechnen, die den weiteren Stand der Pflanzen berücksichtigt. Eine Kulturbodendecke verdunstet bereits ohne Vegetation mehr Wasser als Rückstand und läßt entsprechend weniger durchsickern (rund 60 % des Niederschlages), da feinporiger Kulturboden mehr Wasser speichert und kapillar zur Oberfläche nachliefert als der grobporige Rückstand. Eine Vegetation verringert auf Kulturboden die Versickerung weiter. Diese Reduktion hängt von der klimatischen Wasserbilanz und von der Art und Dichte der Vegetation ab. Wichtig sind dabei die Durchwurzelungsintensität und das Transpirationsvermögen der Vegetation.

In den vorliegenden Messungen geht die Versickerung auf Kulturboden unter Vegetation auf rund 40 % des Niederschlages zurück. In trockenerem und wärmerem Klima und bei dichter Vegetation kann die Versickerung auf ausreichend speicherfähigem Boden (z. B. Löß) weiter abnehmen. Durchschnittswerte der Versickerungsraten in grasbewachsenen, natürlichen Böden Deutschlands bewegen sich zwischen 43 und 9 % des Niederschlages, im Extrem unter ariden Bedingungen kann die Versickerung den Wert 0 erreichen.

Mit einem ausreichend mächtigen Kulturbodenauftrag (1 m) und einer dichten Begrünung („große Lösung“) ließe sich der Salzaustrag unter mitteleuropäischen Klimabedingungen auf mindestens die Hälfte verringern. Auf unbewachsenem Rückstand durchsickern im Jahr bei 600 mm Jahresniederschlag und 80–90 % Versickerung 480 bis 540 l Wasser/m² in die Halde und sättigen sich auf ihrem Weg mit leichtlöslichen Salzen auf. Da 1 l Wasser z. B. 200–300 g NaCl (und andere lösliche Salze) löst, werden aus der Halde bei 500 l Versickerung 100–150 kg NaCl/m²-a, das sind ~ 1000 bis 1500 t NaCl/ha·a ausgetragen. In dieser Rechnung sind die Austräge an anhaftender Mutterlauge nicht berücksichtigt. Auf der Halde finden auch Löseprozesse und Umlöseprozesse mit anderen Salzen statt. Z. B. wird das MgSO₄ (Härtebildner) zu einem großen Teil ausgewaschen oder umgesetzt. Die Begrünung mit Kulturbodenauftrag

kann den Salzaustrag um die Hälfte verringern. Ein schütterer Bewuchs, der mit kleinem Aufwand erreichbar ist, brächte mit einer Versickerungsreduktion von 10 % des Niederschlages einen um 100 t/ha·a niedrigeren Salzaustrag.

3. Bewertung der Ergebnisse

Die Begrünung der Kalirückstandshalden vom Typ „Südharz“ ist sowohl in einer „kleinen“ als auch in einer „großen“ Lösung (s. Heinze, Fiedler u. Liebmann 1984) möglich. Für die „kleine“ Lösung (ohne Kulturbodenüberzug der Halde) haben sich als Gehölze bisher vor allem Arten der Ölweidengewächse (*Elaeagnaceae* Lindl.) bewährt: Sanddorn, Europäische und insbesondere Amerikanische Ölweide. Diese Arten sind trockenheitstolerant, stickstoffautotroph und treiben (außer der Europäischen Ölweide) Ausläufer. Auch mit Pflanzenarten natürlicher Gipsstandorte wird sich eine schütterere Begrünung erreichen lassen. Vom Substrat her muß vorausgesetzt werden, daß die Decke abgelaugten, salzfreien Kalirückstandes ausreichend mächtig ist ($> 0,5$ m) und daß bei Gehölzen Kulturboden ins Pflanzloch gegeben wird.

Vielleicht ist die Kombination aus einem Strauch- und Kräuterbewuchs der geeigneten Arten optimal. Der Wildverbiß stellt sowohl bei den Ölweidengewächsen als auch bei den krautigen Pflanzen natürlicher Gipsstandorte einen Faktor dar, der den Begrünungserfolg wesentlich beeinflußt. Saaten werden von Vögeln, z. B. Tauben, stark beeinträchtigt.

Die „große“ Lösung, ein Überzug der Halde mit kulturfähigem Substrat ist möglich, wie der Versuch 7 (Kulturbodeninsel) zeigt. Dabei ist die Wahl der Pflanzenart kaum eingeschränkt. Als neue Probleme tauchen bei der „großen“ Lösung die Standsicherheit und der Böschungswinkel des Kulturbodens, mögliche Oberflächenabflüsse und Erosionen auf. Durch flachere Böschungswinkel bei der Kulturbodenanschüttung und dichte Vegetation können aber Rutschungen, Oberflächenabflüsse und Erosionen gering gehalten werden.

Problematisch, sowohl von seiten der Beschaffung als auch aus ökonomischen Gründen, ist die Bereitstellung der erforderlichen Kulturbodenmassen. Deshalb ist es von Vorteil, Aushub- und Abrißmassen, für die ohnehin Deponien gesucht werden, für die Haldenbegrünung einzusetzen und damit zur Salzentlastung der Gewässer beizutragen.

Die Ergebnisse der Lysimetermessungen zeigen, daß mit einer Begrünung der Salzaustrag wesentlich verringert werden kann. Dafür ist auch bereits eine schrittweise Begrünung nützlich.

Zusammenfassung

Die Frage nach der Begrünungsfähigkeit der Kalirückstandshalden am Südharzrand wurde in Freilandversuchen mit einer Beobachtungszeit bis zu 15 Jahren untersucht. Es wurden verschiedene Gehölze und krautige Pflanzen, Kulturbodengaben und Düngungen auf Haldenstandorten unterschiedlicher Exposition und Neigung mit verschiedener Mächtigkeit der abgelaugten, salzfreien Schicht untersucht. In Lysimetern wurde außerdem die Versickerungsrate des Niederschlages im Kalirückstand gemessen.

Die Versuche ergaben: Die Begrünung dieser Halden ist möglich. Als Substrat ist eine ausreichend mächtige Decke abgelaugten, salzfreien Kalirückstandes ($> 0,5$ m) und bei Gehölzen außerdem eine Kulturbodengabe ins Pflanzloch erforderlich.

Die Hangexposition und die Düngung spielen eine untergeordnete Rolle. Die Pflanzungen überstanden auch die Trockenjahre 1982 und 1983. Als Gehölze haben sich vor allem Arten der Ölweidengewächse (*Elaeagnaceae* Lindl.) bewährt: Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.) sowie Europäische und Amerikanische Ölweide (*Elaeagnus angustifolia* bzw. *E. commutata*). Auch mit Pflanzenarten natürlicher Gipsstandorte, z. B. mit Blauschwingel (*Festuca cinerea*) und Blaugas (*Sesleria varia*) ist eine schütterere Begrünung möglich.

Im Südharz-Kalirückstand versickern 80–90 % des Niederschlages. Bei 600 mm Jahresniederschlagssumme ergibt sich daraus ein Salzaustrag von 1000–1500 t/ha·a. Mit einer schütterten Begrünung auf Rückstand läßt sich der Austrag um 100 (10 %), mit einem Kulturbodenüberzug und dichter Begrünung um 500 t/ha·a (50 %) senken.

Die auf Kulturboden verwendeten Gehölze und Pflanzen müssen lediglich den Kriterien eines hohen Wasserverbrauchs und der Verträglichkeit der Exposition genügen.

Die für einen Überzug erforderlichen erheblichen Kulturbodenmengen werfen neben der Kostenfrage auch bei der Gewinnung ökologische Probleme auf, anfallende Abris- und Ausubmassen sind ersatzweise für die Haldenbegrünung geeignet.

D a n k s a g u n g

Unser besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. habil. (em.) H. Pleiß, Herrn Fichtner (Tharandt), Herrn Krieglner (Sondershausen) und Herrn Schulz (Zielitz) für die Mitwirkung bei den Lysimeteruntersuchungen, Herrn Wohlrab (Sondershausen), Herrn Pfitzenreiter und Herrn Müller (Bischofferode) für die Hilfe bei den Versuchspflanzungen.

S c h r i f t t u m

- Heinze, M. (1982): Boden-Pflanze-Beziehungen auf natürlichen und künstlichen Gipsstandorten Thüringens. Diss. B, TU Dresden 1982.
- Heinze, M., Fiedler, H. J., und H. Liebmann (1984): Freilandversuche zu Begrünung von Kalirückstandshalden im Südharzgebiet. *Hercynia N. F.* **21** (1984), 179–189.
- Petzold, C. (1979): Einfluß der Partialdruckverhältnisse für Wasserdampf über gesättigten Salzlösungen auf die Kondensation und Verdunstung auf Haldenoberflächen. Arbeitsbericht, unveröff., VEB Kombinat KALI Sondershausen 1979.

Doz. Dr. sc. silv. Martin Heinze
Technische Universität Dresden,
Abteilung Forstwirtschaft
Pienner Straße 8
O-8223 Tharandt

Dipl.-Ing. Heike Liebmann
Südharz-Kali GmbH
Direktionsbereich Forschung
O-5400 Sondershausen