

Verwertung von Aschen aus der Biomasseverbrennung Bioasche als Kalkersatz?

Sarah Hottenroth¹, Bernhard Hartleitner¹, Wolfgang Rommel¹,
Sabine Kögl², Jürgen Steinemann²

¹Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und Technik, BIfA GmbH

²Abfallwirtschaft und Umwelttechnik, A & U GmbH

1 Kurzfassung

Um natürlich anstehende Böden mit hohen Wassergehalten und hohem Feinkornanteil für Baumaßnahmen nutzen zu können, müssen diese u. a. zur Erhöhung ihrer Tragfähigkeit verdichtet werden. Dies geschieht in der Praxis durch Zugabe eines Bindemittels wie Feinkalk (CaO). In wie weit Kalk durch den Einsatz von Aschen aus der Verbrennung von Biomasse im Erdbau ersetzt werden kann, wurde in diesem Projekt untersucht.

In drei Themenbereichen (Bautechnik, Ökologie und Recht) wurden Boden-Asche-Gemische untereinander und mit Boden-Kalk-Gemischen verglichen. Im bautechnischen Ansatz wurde durch kurz- und langfristige Tests die Verdichtungsfähigkeit und die Tragfähigkeit der Aschen in Verbindung mit entsprechenden Böden geprüft. Im ökologischen Ansatz wurden Eluatanalysen nach LAGA, Sickerwasseruntersuchungen im Technikums- und Freilandversuch und ökotoxikologische Tests durchgeführt. Zum Schluss wurden die Ergebnisse rechtlich beurteilt.

2 Problemstellung und Zielsetzung

In der Praxis werden natürlich anstehende Böden mit hohen Wassergehalten und hohem Feinkornanteil durch Zugabe eines Bindemittels wie Feinkalk (CaO) u. a. zur Erhöhung ihrer Tragfähigkeit verdichtet, um sie für Baumaßnahmen als Baugrund nutzen zu können. Nachteil dieses bewährten Verfahrens ist der erhebliche Energieverbrauch und die CO₂-Freisetzung beim Kalkbrennen. Darüber hinaus können bei Verwehungen während der Verarbeitung des aggressiven Kalks Bauwerksschäden und Gesundheitsschäden bei Hautkontakt oder Einatmung auftreten.

Ziel des Projektes war es, herauszufinden, in wie weit der bisher verwendete Kalk durch den Einsatz von Aschenmaterial aus der Verbrennung von Holz und Rinde in Biomasseheizkraftwerken sowie Aschen aus der Verbrennung von Rückständen aus der Altpapieraufbereitung und Papierherstellung im Erdbau ersetzt werden kann. Insbesondere im Hinblick auf die CO₂-Neutralität bei der energetischen Nutzung (Verbrennung) von

Biomasse sollte die Möglichkeit alternativer geeigneter Verwertungswege der bei der Verbrennung entstehenden Aschen festgestellt werden. Durch den Ersatz von Kalk kann der Abbau von Ressourcen und einer Belastung der Umwelt an anderer Stelle entgegengewirkt werden.

3 Methodik und Durchführung

3.1 Probenmaterial

Im Projekt wurden zwei Aschen aus Biomasseheizwerken (Rostfeuerung (Asche I) und Wirbelschichtfeuerung mit Mitverbrennung belasteter Althölzer (Asche II)) sowie Asche aus der Verbrennung von Reststoffen aus der Papierherstellung (Asche III) einzeln und in Kombination mit drei verschiedenen Böden untersucht. Als Vergleich wurde der herkömmlich verwendete Kalk mit eingesetzt. Die drei bindigen und feinkörnigen Böden waren ausgeprägt plastischer Ton, ein Sand-Ton-Gemisch und ein mittelplastischer Ton, die ein Spektrum der am häufigsten anfallenden Böden zur Bodenverbesserung mit Weißfeinkalk darstellen.

3.2 Bautechnik / Bodenmechanik

Bei der bautechnischen Anwendung von Weißfeinkalk wird zwischen Bodenverbesserung und Bodenverfestigung unterschieden. Bodenverbesserungen mit Feinkalk und Kalkhydrat sind Verfahren zur Verbesserung der Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit von Böden, sie dienen zur Erleichterung der Ausführung von Bauarbeiten. Bodenverfestigungen mit Feinkalk oder Kalkhydrat sind Verfahren, bei denen die Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen Beanspruchung durch Verkehr und Klima erhöht wird, indem Feinkalk oder Kalkhydrat eingemischt wird. Der Boden wird dadurch dauerhaft tragfähig und frostbeständig.

Primäres Ziel (Sofortwirkung) der Bodenverbesserung ist die Reduzierung des Ausgangswassergehalts, um die Verdichtungseigenschaften weicher Böden zu verbessern. Darüber hinaus wird durch die Zugabe von Weißfeinkalk eine Verbesserung der Tragfähigkeit bindiger Böden (Langzeitwirkung) auf den in der ZTVE-StB 94 geforderten Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ angestrebt. Ziel der durchgeführten Untersuchungen war es, die Wirkung der drei CaO-haltigen Aschen als Bindemittel zur Bodenverbesserung im Vergleich zum Weißfeinkalk im Hinblick auf die Sofort- sowie die Langzeitwirkung zu untersuchen.

Für die Untersuchung der Wirkungsweise von Weißfeinkalk und Aschen wurden Boden-Bindemittelgemische mit je drei unterschiedlichen Bindemittelgehalten von maximal 20 Massenprozent untersucht, damit eine Durchführung in der Praxis noch möglich ist. Die

Untersuchungen wurden gemäß den Technischen Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau – TP BF-StB Teil B 11.5 – Ausgabe 1991 durchgeführt.

Mit dem Eads-Grim-Test wird das optimale Boden-Kalk-Mischungsverhältnis ermittelt, das nötig ist, um den für die Bodenstabilisierung nötigen erhöhten pH-Wert von etwa 12,4 zu erreichen, bei welchem noch freier Kalk in der Boden-Kalk-Mischung verbleibt.

Zur Abschätzung der Sofortwirkung wurden bei den Boden-Bindemittel-Gemischen die Parameter Proctorversuch nach DIN 18 127 – P 100 Y, Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 LM und DIN 18 122 P sowie Kornrohdichte nach DIN 18 124 – KP ermittelt. Der Proctorversuch dient der Abschätzung der auf Baustellen erreichbaren Dichte des Bodens. Sein Ergebnis lässt auch erkennen, bei welchen Wassergehalten ein Boden sich günstig verdichten lässt, um bestimmte Trockendichten zu erreichen. Im Proctorversuch wird die Bodenprobe in einem Stahlzylinder mit festgelegten Abmessungen durch ein Fallgewicht mit einer bestimmten Verdichtungsarbeit und nach einem festgelegten Arbeitsverfahren verdichtet. Als Ergebnis erhält man einen Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt und der Trockendichte aus dem sich die Proctordichte ρ_{Pr} und der optimale Wassergehalt w_{Pr} bestimmen lassen [DIN 18 127 1997]. In Abbildung 3-1 ist ein Anwendungsbeispiel dargestellt und in Abbildung 3-2 ist der entsprechende Versuchsaufbau abgebildet.

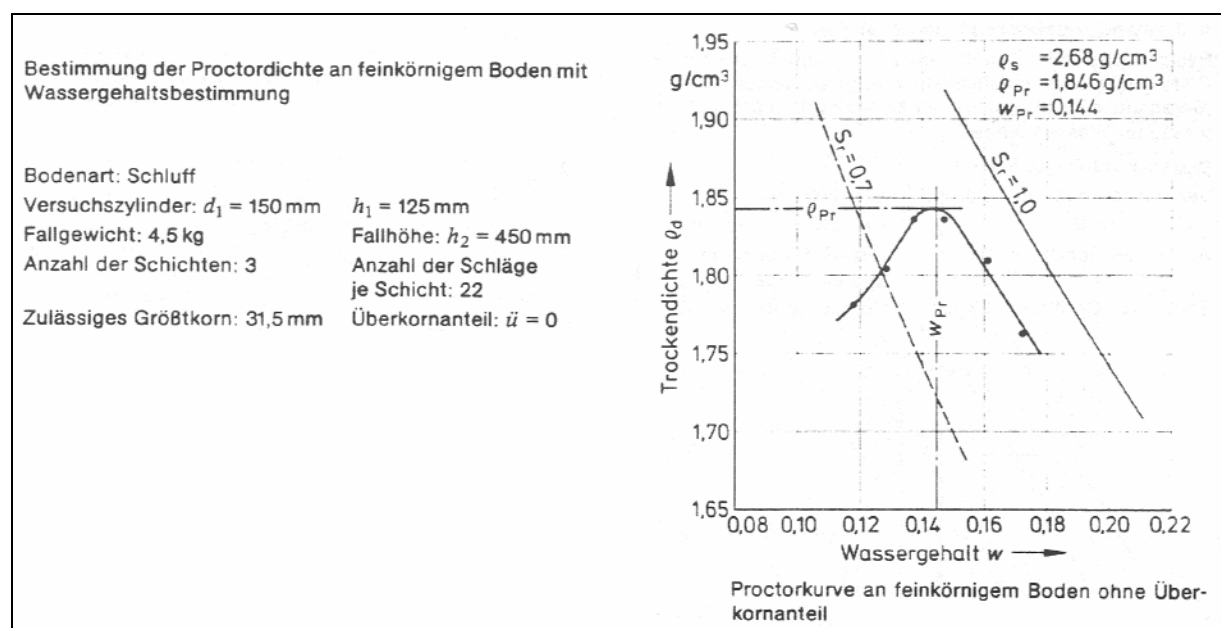


Abbildung 3-1: Anwendungsbeispiel für die Bestimmung der Proctordichte nach DIN 18 127 [Quelle DIN 18 127 1997]



Abbildung 3-2: Versuchsaufbau beim Proctorversuch

Für die Langzeitwirkung wurde das Verformungsmodul E_{v2} mit Hilfe des CBR-Tests, dem sog. Stempeldruckversuch, abgeschätzt. Damit können Aussagen zur Tragfähigkeit und damit zur Widerstandskraft des Bodens gegen mechanische Beanspruchung erarbeitet werden.

3.3 Ökologie

3.3.1 Chemische Untersuchungen der Ausgangsstoffe

Sowohl die Originalsubstanzen der drei Aschen, des Kalks und der drei Böden als auch die neun Boden-Asche-Gemische und das Boden-Kalk-Gemisch wurden sowohl auf ihre Feststoffkonzentrationen als auch auf ihre Eluatkonzentrationen hin untersucht. Die Aschen wurden auf alle wichtigen Parameter (Metalle, PAK, PCB, LHKW, Pestizide, Kohlenwasserstoffe, Dioxine, Furane) analysiert. Die weiteren Analysen wurden auf die enthaltenen Inhaltsstoffe beschränkt.

Die Feststoffuntersuchung erfolgte auf Grundlage des Königswasseraufschlusses. Die Eluatkonzentrationen wurden gemäß DIN 38 414 S4 bestimmt (24 stündiges Ausschütteln bei einem Wasser-Feststoffverhältnis von 10:1). Zusätzlich wurden die drei Aschen mittels des $pH_{4,stat}$ -Verfahrens analysiert (24 stündiges Ausschütteln bei einem Wasser-Feststoffverhältnis von 10:1 bei einem konstanten pH-Wert von 4).

3.3.2 Sickerwasseruntersuchungen

Die Abschätzung der Umweltbeeinträchtigung bzw. der ökosystemaren Risiken bedeutet beim untersuchten Verwertungsweg vor allem den Sickerwasserpfad eingehender zu betrachten. Hierzu wurde neben den für die rechtlichen Fragestellungen relevanten herkömmlichen Untersuchungsmethoden weitergehende Sickerwasseruntersuchungen an praktischen Bodenmischungen durchgeführt.

3.3.2.1 Laborversuche

In Abbildung 3-3 ist der Versuchsaufbau der Perkulationsversuche schematisch dargestellt. Die Grundsicht im Versuchsaufbau bildet Filterkies (Körnung 16 - 32 mm) mit einer Einbauhöhe von 5 cm. Zur Verhinderung der Ausschwemmung des Feinanteils aus dem Boden-Asche-System wurde über dem Kies ein Geotextil (Drefon, 175 g/m²) eingebaut. Für das Boden-Asche-Gemisch wurde der jeweilige Boden mit einer elektrischen Bodenfräse in einer großen Bodenwanne homogenisiert bevor die Einarbeitung der Aschen und des Kalk erfolgte. Die Gemische wurden massenanteilig in einzelnen Schichten (3 - 4 Schichten) mit einer Gesamthöhe von ca. 35 cm eingebaut. Jede Schicht wurde einzeln händisch mit einem Holzpfahl mit 10 cm Kantenlänge verdichtet. Über eine Öffnung mit Schlauchleitung am Behälterboden ist der Versuchsbehälter mit dem Sickerwasserauffangbehälter verbunden. Insgesamt wurden 12 Probenkörper im Labor angesetzt.

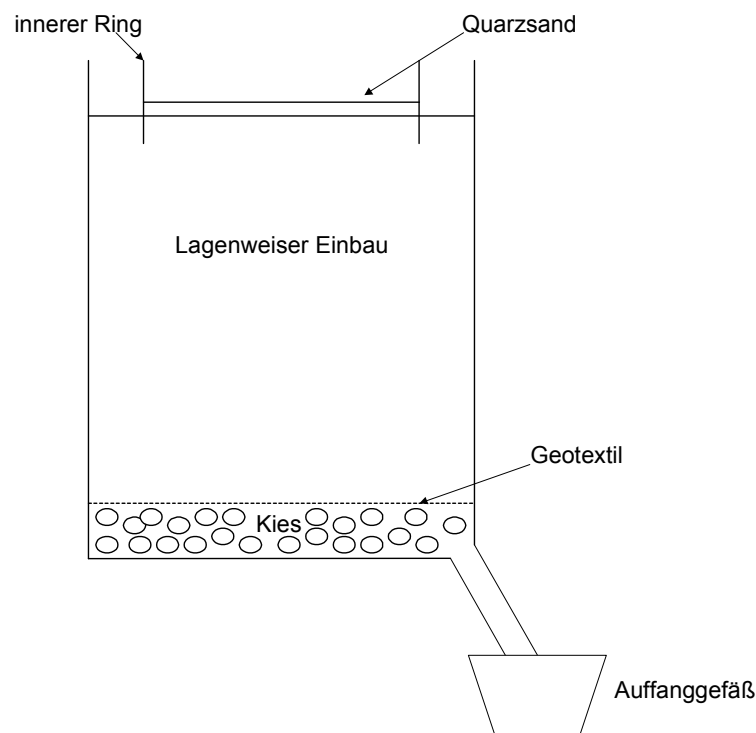


Abbildung 3-3: Versuchsaufbau der Perkulationsversuche

Um die Problematik der Randgängigkeit des Sickerwassers zu umgehen, wurde in der obersten Bodenschicht ein Ring eingebaut. Dadurch soll verhindert werden, dass das aufgegebene Wasser im Randbereich durch Kurzschlussströmungen zu schnellem und damit nicht repräsentativen Sickerwasser führt. Zudem wurde oben 0,5 cm Quarzsand (1,0 - 1,6 mm Körnung) aufgegeben, um das Beregnungswasser gleichmäßig zu verteilen und die oberste Bodenschicht nicht zu verändern. Das Beregnungswasser wurde über einen Drucksprüher per Hand aufgegeben. Als Beregnungswasser wurde demineralisiertes Wasser, das mit HNO_3 auf pH 5 angesäuert wurde, verwendet. Die Boden-Asche-Gemische wurden mit 1 Liter täglich bewässert. Die aufgegebenen Wassermengen und das Sickerwasser wurden quantitativ erfasst und protokolliert. Um eine Verdunstung zu vermeiden, wurden die Fässer mit Folie abgedeckt. Abbildung 3-4 zeigt den Versuchsaufbau im Labor.



Abbildung 3-4: Versuchsaufbau der Laborversuche

Von Asche I wurden 10 % (bezogen auf Trockensubstanz des Bodens) eingebaut, von Asche II und III jeweils 8 %, von Kalk 2 %. Um die Streuung der Analyseergebnisse zu ermitteln wurde ein Boden-Asche-Gemisch dreifach angesetzt.

Für die erste Sickerwasseranalyse wurden die ersten zwei Liter an Sickerwasser aufgefangen. Die zweite Sickerwasserprobe wurde bei einem Flüssig-/ Feststoffverhältnis von 0,5 beprobt, d. h. die Hälfte des eingebauten Gewichts wurde als Regenwasser aufgegeben. Die dritte Probe wurde bei einem Flüssig-/ Feststoffverhältnis von 1 beprobt.

3.3.2.2 Freilandversuche

Die Probenvorbereitung für die Freilandversuche wurde analog derer für die Laborversuche durchgeführt, jedoch in Chargen von je 100 kg Boden. Abbildung 3-5 zeigt den Versuchsaufbau der Freilandversuche. Es wurden vier Probenkörper im Freiland ange-
setzt (Boden III mit allen drei Aschen und dem Kalk).



Abbildung 3-5: Versuchsaufbau der Freilandversuche

Die erste Sickerwasserprobe wurde jeweils von den ersten zwei Litern Sickerwasser genommen. Die zweite und dritte Probenahme fand zur jeweils selben Zeit statt, so dass die einzelnen Flüssig-/ Feststoffverhältnisse aufgrund der unterschiedlichen Menge an eingebautem Gemisch und der unterschiedlichen Zeitpunkte der Fertigstellung von Schachtring zu Schachtring variieren. Die Flüssig-/ Feststoffverhältnisse der zweiten Probenahme lagen zwischen 0,2 : 1 und 0,4 : 1. Das Flüssig-/ Feststoffverhältnis der dritten Probenahme lag bei allen Schachtringen bei 0,8 : 1.

3.3.3 Chemische Sickerwasseruntersuchungen

Alle Sickerwasserproben wurden chemisch auf folgende Parameter analysiert: pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink, Antimon, Barium, Molybdän, Zinn, Chlorid, Fluorid, Sulfat, Cyanid leicht freisetzbar und gesamt, Phenolindex.

3.3.4 Ökotoxikologische Untersuchungen

Jeweils das erste und dritte Sickerwasser der Boden II-Asche-Gemische und das Eluat der Asche I wurden mit dem Leuchtbakterientest, dem Daphnientest und dem Wasserlinsentest untersucht.

3.4 Recht

Für den Einsatz von Biomasseaschen im bautechnischen Bereich bzw. als Bindemittel zur Verbesserung des Baugrundes existieren keine spezifischen rechtlichen Regelungen. Eine solche Verwendung wird den Vorgaben der Technische Regelwerke der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall [LAGA 1997], der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und den Technischen Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Rahmen der Straßenbau-Regelwerke [TL-Min-StB 2000] entsprechen müssen. Diese Regelwerke gelten nur in den Bundesländern, in denen sie verbindlich eingeführt wurden.

Als Vergleich zu den Feststoffanalysen und Eluatanalysen der Aschen wurden Zuordnungskriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) für Steinkohlenflugaschen und Hausmüllverbrennungsschlacken und die Kriterien der TL-Min-StB für Steinkohlenflugasche und Hausmüllschlacke herangezogen.

Als Vergleich zu den Feststoffanalysen und Eluatanalysen der Boden-Asche/Kalk-Gemische wurden die Zuordnungskriterien der LAGA für Boden und die Vorsorgewerte der BBodSchV betrachtet.

Die Analysenergebnisse der Sickerwässer wurden mit den Prüfwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) verglichen. Die Bestimmungen dieser Rechtsnorm gelten nicht für den Straßenbau oder sonstige Bauvorhaben. Die Beurteilung von Bauprodukten durch das DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) lehnt sich an diese Prüfwerte an. Die Prüfwerte basieren auf Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen, die von der LAWA erarbeitet wurden. Die Prüfwerte der BBodSchV gelten für den Übergang von der ungesättigten in die gesättigte Bodenzone, also dort, wo Sickerwasser in das Grundwasser eintritt. Die in dieser Studie ermittelten Sickerwasserkonzentrationen fallen jedoch direkt am Ende der belasteten Zone an.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Bautechnik / Bodenmechanik

Wesentlich für die bautechnische Eignung von Aschen aus der Biomasseverbrennung zur Bodenverfestigung sind zwei Eigenschaften. Zum Einen ist ein gutes chemisches

Bindungsverhalten, für das u. a. der Gehalt an Calciumoxid in der Asche ausschlaggebend ist, notwendig. Zum Anderen muss die Asche in der anfallenden Form zur Verarbeitung mit üblichem Baustellengerät geeignet sein. Der Calciumoxidgehalt der Asche I liegt bei 10 %, der von Asche II bei 24 % und von Asche III bei 28 %. Die Aschen verhalten sich im Vergleich zum Kalk weniger aggressiv.

Die bodenmechanischen Untersuchungen dieses Projekts belegen, dass die untersuchten Aschen prinzipiell als Bindemittel zur Verbesserung bindiger Böden geeignet sind. Mit allen drei Aschen konnte eine Reduktion des Ausgangswassergehalts bei den verbesserten Böden erzielt werden. Die Qualität der reduzierenden Wirkung schwankte jedoch nicht nur in Abhängigkeit vom Aschentyp (unterschiedlicher CaO-Gehalt und Feinkörnigkeit) sondern auch in Abhängigkeit von der Bodenart. Die Untersuchungen zeigen weiter, dass eine einfache Zuordnung der Bindemittelmenge der verwendeten Aschen relativ zur Bindemittelmenge des Weißfeinkalks über einen Vergleich der CaO-Gehalte nicht möglich ist. Zur Bestimmung der notwendigen Aschemengen für die Verbesserung der Tragfähigkeit von bindigen Böden kann der CBR-Versuch empfohlen werden.

Aus bautechnischer Sicht sind die sehr großen erforderlichen Zugabemengen von Asche I aus wirtschaftlichen Gründen, wegen des überdurchschnittlich hohen Transportaufwands sowie aus Gründen des Massenzuwachses den Boden betreffend kaum realisierbar. Die in der Rostasche aus der Hackschnitzelfeuerung oftmals enthaltenen Steine oder versinterten Aschebrocken können darüber hinaus bei der Verarbeitung auf der Baustelle zu Problemen führen.

Asche II ist aufgrund ihrer Feinkörnigkeit bautechnisch besser zu verarbeiten. Auch die bodenmechanischen Untersuchungen ergaben meist eine stärker wassergehaltsreduzierende Wirkung als bei Asche I.

Mit Asche III wurden die besten bodenmechanischen Ergebnisse erzielt. Sowohl bei der Reduktion des Wassergehalts als auch bei der Erhöhung der Tragfähigkeit ergaben die bodenmechanischen Tests eine Eignung als Bodenbindemittel.

Aus bodenmechanischer und bautechnischer Sicht sind die Aschen II und III zur Bodenverbesserung geeignet. Da die Wirkung der Aschen stark von den Bodeneigenschaften beeinflusst wird und kein generell gültiger Zusammenhang zwischen nötiger Weißfeinkalkmenge und Aschemenge festgestellt werden konnte, sind bodenmechanische Vorprüfungen für jede Einzelfallanwendung erforderlich.

4.2 Ökologie

4.2.1 Vergleich DEV S4 und pH_{4stat}-Verfahren

Bei den Eluatanalysen der Ascheproben nach dem Standardverfahren DEV S4 und dem pH_{4stat}-Verfahren ergeben sich Unterschiede. Da die Aschen einen alkalischen pH-Wert haben, werden mit dem DEV S4-Verfahren Metalle aufgrund ihrer Löslichkeiten anders aus dem Material herausgelöst als dies bei einem konstanten pH-Wert von 4 der Fall ist. Die Unterschiede sind bei Chrom besonders groß (siehe Abbildung 4-1).

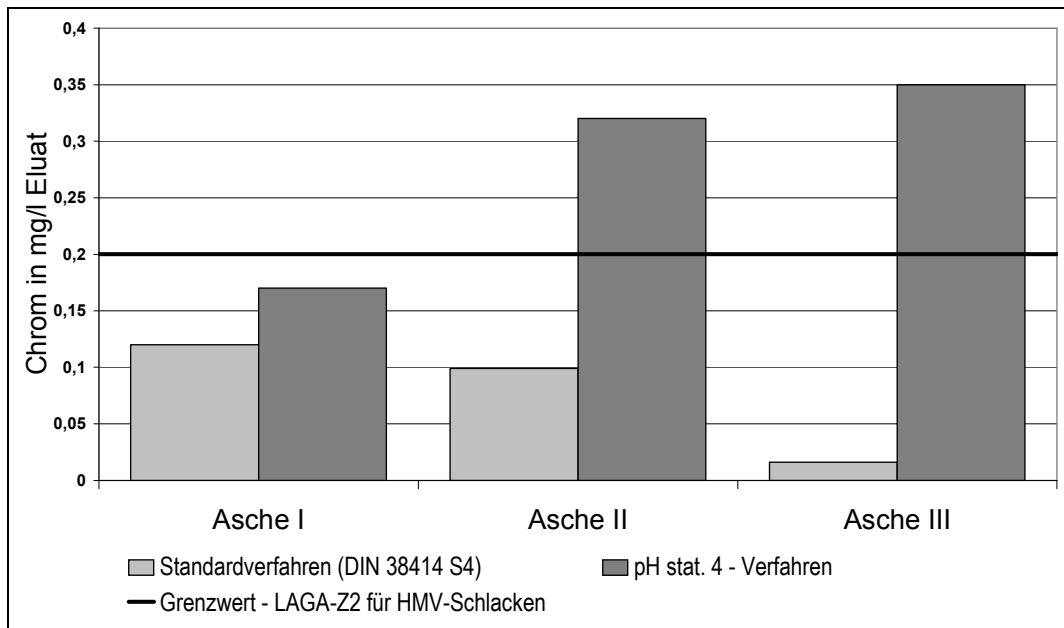


Abbildung 4-1: Vergleich der Chromkonzentrationen in den Asche-Eluaten im Standardverfahren DEV S4 und pH_{4stat}-Verfahren

4.2.2 Vergleich Sickerwasserproben und DEV S4 Eluate

Die Sickerwasserproben der Boden-Asche/Kalk-Gemische sind deutlich stärker belastet (bis zu einem Faktor von 40 bei Kupfer) als die entsprechenden DEV S4 Eluate der Gemische. Dafür gibt es verschiedene Gründe. Der Hauptgrund ist das unterschiedliche Flüssig-/ Feststoffverhältnis. Die Eluate werden mit einem Wasser-Feststoffverhältnis von 10:1 hergestellt, wohingegen die Sickerwasserproben ein Flüssig /Feststoffverhältnis von 0,03:1 bis 1:1 aufweisen, so dass die Stoffe in höherer Konzentration vorliegen. Darüber hinaus wird bei der Eluatherstellung ein anderer Filtrvorgang als für die Sickerwasserproben angewendet. Dieser Filter kann Schwermetalle zurückhalten.

4.2.3 Sickerwasseranalysen

Für die untersuchte Periode der Sickerwassergewinnung ist keine klare Tendenz der Konzentrationen zu erkennen. So kann nicht abgeleitet werden, dass prinzipiell eine

Asche oder ein Boden zu stärker oder schwächer belastetem Sickerwasser führt. Vielmehr sind bei unterschiedlichen Parametern unterschiedliche Verhaltensmuster zu erkennen. So nehmen einige Konzentrationen anfänglich zu, um später wieder abzunehmen. Daneben tritt aber auch der umgekehrte Fall ein, dass Werte anfänglich abnehmen und nach einem Minimum wieder ansteigen.

Durchweg fallende Tendenz der Werte der Boden-Asche-Gemische wird bei der elektrischen Leitfähigkeit und Chlorid deutlich (siehe Abbildung 4-2). Das bedeutet, dass die allgemeine Belastung, die unmittelbar mit den Aschen zusammenhängt, im Laufe der Zeit abnimmt. Diese Tendenz gilt aber nicht im gleichen Maße für einige umweltrelevante Schwermetalle. Hohe Werte bei Boden-Kalk-Gemischen zeigen häufiger die Eigenschaft, konstant zu bleiben und nicht abzunehmen.

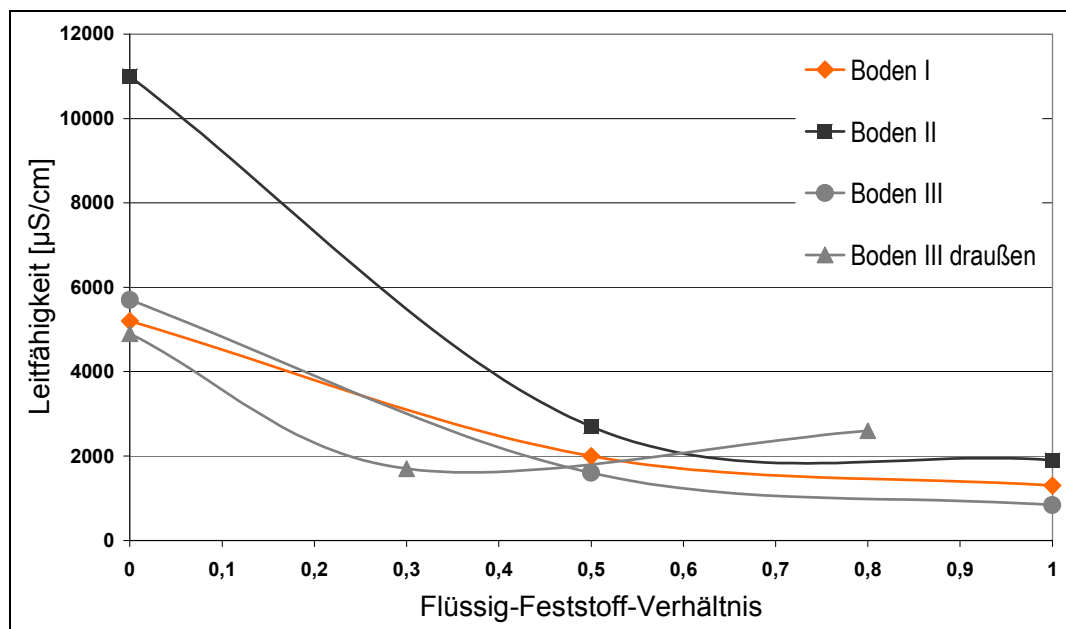


Abbildung 4-2: Elektrische Leitfähigkeit in Sickerwässern mit Asche II

Die Menge der Tonmineralien in den verschiedenen Böden ist ein Anhaltspunkt für die Durchlässigkeit der Böden, die Ergebnisse lassen aber keinen Rückschluss auf eine prinzipielle Immobilisierung von Stoffen zu.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen stimmen nicht immer mit den Ergebnissen der Freilandversuche überein. Abbildung 4-3 verdeutlicht, dass der Konzentrationsverlauf der jeweiligen Boden-Asche-Gemische nicht immer parallel verläuft. Der Grund dafür liegt in den variierenden Einflüssen im Freiland. So kommt es zu Starkniederschlagsereignissen und Austrocknungsphasen sowie zu atmosphärischem Eintrag.

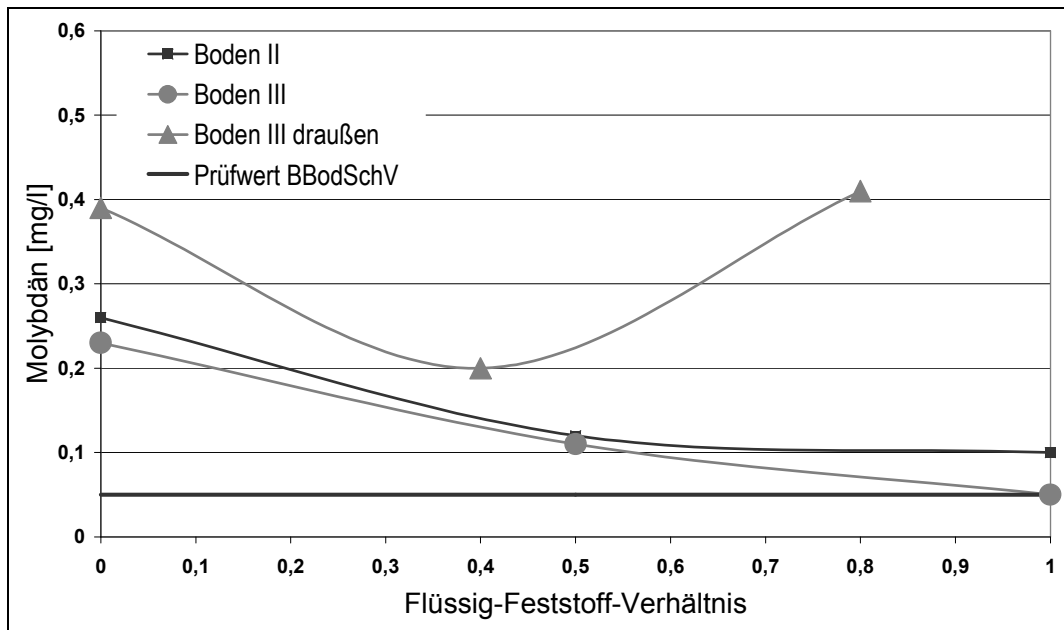


Abbildung 4-3: Vergleich Laborversuche und Freilandversuche

In Abbildung 4-4 sind die Ergebnisse der ökotoxikologischen Analysen dargestellt. In der Abbildung ist eine deutliche Abnahme der Hemmungen bei der jeweiligen dritten Sickerwasserprobe zu erkennen. Darüber hinaus fällt auf, dass die Sickerwasserproben höhere Hemmungen im Vergleich zum Asche-Eluat aufweisen.

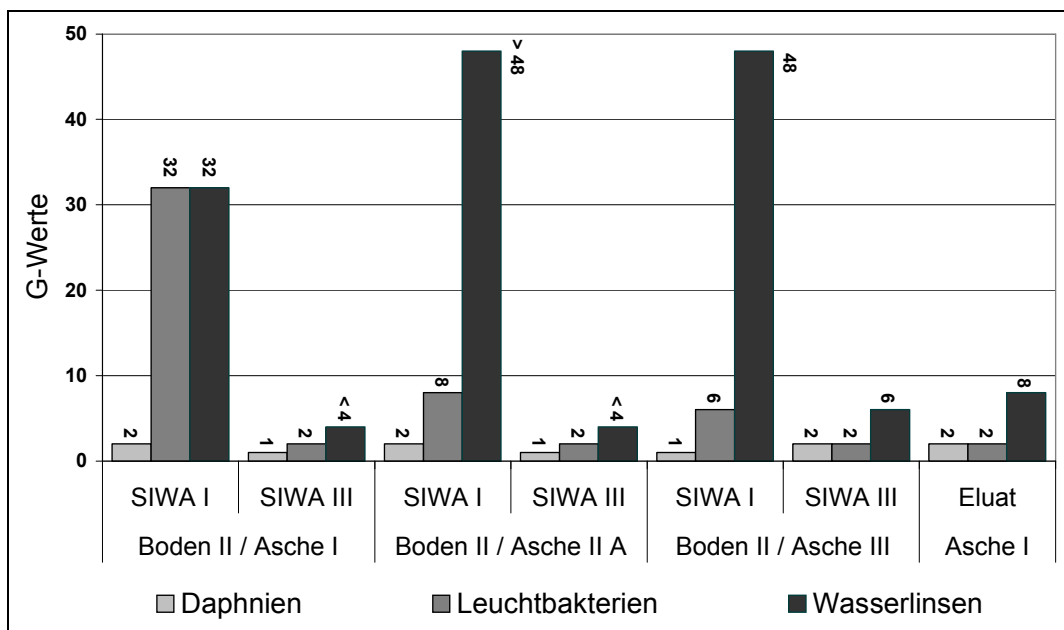


Abbildung 4-4: Ökotoxikologische Test der Sickerwässer (SIWA: Sickerwasserprobe)

Sowohl das DEV-S4 Eluat der Asche als auch das jeweils erste Sickerwasser werfen ökologische Bedenken auf, da Effekte gegenüber mindestens einem der untersuchten aquatischen Organismen auftreten. Die zeitliche Verfolgung der ökotoxikologischen Effekte durch die Analyse der dritten Sickerwasserproben zeigt, dass diese Ergebnisse

bis auf das Sickerwasser Boden II / Asche III im Wasserlinsentest im unkritisch belasteten Bereich liegen bzw. am Übergang vom unkritischen zum kritischen Bereich.

4.3 Recht

Die nach der LAGA-Untersuchungsmethodik (DEV S4 Eluate) ermittelten Analysenwerte der Aschen I und III halten die Z 2-Kriterien für Einsatzstoffe nach LAGA (Vorgaben für Schlacke aus der Hausmüllverbrennung und für Steinkohlenasche) bis auf die elektrische Leitfähigkeit und den pH-Wert ein. Diese Kriterien werden jedoch vom konventionell verwendeten Kalk ebenfalls nicht eingehalten. Die LAGA-Kriterien für Boden als Baumaterial werden zur Abschätzung der Belastung des Einbaus von Asche zusätzlich herangezogen. Die Z 2-Werte für Boden (Analyse von Festsubstanz und DEV S4 Eluat) werden von den Boden-Asche-Gemischen mit Asche I und III eingehalten. Hingegen werden die elektrische Leitfähigkeit und der pH-Wert vom Boden-Kalk-Gemisch nicht eingehalten. Damit entsprechen die Aschen I und III den Vorgaben der LAGA bezüglich wasserundurchlässiger Baumaßnahmen.

Die vielfach von den Bauherren eingeforderten strengeren Z 1.1 Kriterien für Boden als Baumaterial können für die Werte der Festsubstanz bis zu einem Aschenanteil von 8 % am eingebauten Boden bei Asche I und III eingehalten werden. Die entsprechenden Eluatgrenzwerte nach Z 1.1 können für diese Aschen jedoch nicht in allen Parametern eingehalten werden. Asche II weist bezüglich aller Untersuchungen deutlich höhere Belastungen auf.

Die Kriterien der im Straßenbau angewandten Richtlinie TL-Min-StB werden von Asche I und III im Vergleich zu den Vorgaben bezüglich Steinkohlenflugasche und Hausmüllschlacke eingehalten, mit Ausnahme der elektrischen Leitfähigkeit. Diese wird auch von dem herkömmlich verwendeten Kalk überschritten.

In der Baupraxis kommen neben den LAGA und TL-Min-StB-Richtlinien teilweise auch die in der BBodSchV für den Feststoff festgelegten, rechtlich verbindlichen Vorsorge- u. Prüfwerte zur Anwendung. Bei einem Einbau von Asche I und Asche III werden die Vorsorgewerte eingehalten. Nur bei einer der sechs verschiedenen Mischungen wurde der Wert für Kupfer geringfügig überschritten. Werden die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Mensch der BBodSchV angesetzt, dann können Aschen I und III sowohl auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten, bei Park- und Freizeitanlagen und bei Industrieanlagen eingebaut werden.

Der Vergleich der Sickerwasseranalysen mit den Prüfwerten der BBodSchV ergibt eine Überschreitung der Prüfwerte durch die Sickerwässer der Boden-Asche-Gemische bei Arsen, Kupfer, Barium, Chrom, Nickel und Molybdän. Das Boden-Kalk-Gemisch hält die Werte für Nickel, Kupfer und Barium nicht ein. Dies zeigt, dass trotz weitgehender Ein-

haltung der einschlägigen Richtlinien negative Umweltauswirkungen möglich sind. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen diesbezüglich die in der wissenschaftlichen Literatur häufiger kritisierte Diskrepanz zwischen Zulassungskriterien und den damit erfassten Umweltwirkungen. Insbesondere das aufgrund des standardisierten Vorgehens und der Einfachheit in der Durchführung etablierte Untersuchungsverfahren des DEV S4 Eluats scheint hier Mängel hinsichtlich der Erfassung ökosystemarer Risiken aufzuweisen.

In Anlehnung an die Regelwerke können die untersuchte Asche aus der Verbrennung von unbehandeltem Holz (Asche I) und die Asche aus der Verbrennung von Reststoffen aus der Papierherstellung (Asche III) prinzipiell unter bestimmten Auflagen im Straßenbau eingesetzt werden. Ein Einsatz der Asche II aus der Co-Verbrennung von unbehandeltem und behandeltem Holz (bis B2) ist aufgrund der Schadstoffgehalte generell nicht zu befürworten.

5 Fazit

Die Schadstofffreisetzung und die bautechnische Eignung der Aschen wird neben den Ascheeigenschaften stark von den Bodeneigenschaften beeinflusst.

Aschen aus der Rostfeuerung unbelasteter Hackschnitzel sind aufgrund des relativ hohen Grobstoffanteils, der Versinterung der Aschen, der niedrigen CaO-Gehalte und ihrer Inhomogenität bautechnisch weniger gut zu verwenden, da dadurch das Bindungsverhalten weniger stark ausgeprägt ist. Die Untersuchung der Umweltgefährdung durch diese Asche ergab, dass die einschlägigen Bestimmungen (LAGA Z 1.1 bzw. Z 2, TL-Min-StB-Richtlinien und Vorsorgewerte der BBodSchV) einen Einsatz zulassen würden.

Aschen aus der Wirbelschichtfeuerung sind bautechnisch durchaus geeignet, dort treten jedoch oftmals aufgrund der belasteten Mitverbrennungen von Altholz zu hohe Schadstoffgehalte auf, so dass die Anforderungen der einschlägigen Bestimmungen zur Verwendung im Erdbau für zahlreiche Parameter nicht erfüllt werden können.

Aschen aus der Verbrennung von Rückständen aus der Altpapieraufbereitung und Papierherstellung führen wegen der hohen Calciumgehalte zu guten mechanischen Eigenschaften der verbesserten Böden. Die bautechnische Verarbeitung ist aufgrund der geringen Korngrößen mit gängiger Technik möglich. Die Umweltgefährdung dieser Asche ist ähnlich zu bewerten, wie bei Asche aus unbelastetem Holz. Daher ist der Einsatz dieser Asche im Erdbau zu befürworten.

6 Literatur

- DIN 18 127 1997 Deutsche Normen – Baugrund. Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch, Berlin
- LAGA 1997 Technische Regeln – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen. Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall; 4. erweiterte Auflage, 98 S.
- TL-Min-StB 2000 Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau, FGSV Verlag, Köln

7 Kooperationspartner

Neben dem Bayerischen Institut für Angewandte Umweltforschung und –technik GmbH, Augsburg, (BIfA), war das Ingenieurbüro Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH, Augsburg (A & U), sowie das Bauunternehmen Karl Fischer GmbH & Co. OHG, Weilheim-Teck an der Durchführung des Projekts beteiligt.

8 Auftraggeber

Das Projekt wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, gefördert.

Anschrift der Verfasserin

Sarah Hottenroth
BIfA GmbH
Am Mittleren Moos 46
D 86167 Augsburg
++49-821-7000-195
shottenroth@bifa.de
<http://www.bifa.de>