



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Bodenaushubmassen als Rohstoffquelle

Teil 1: Aufbereitung über Kieswerke

Florian Knappe, Nadine Muchow, Joachim Reinhardt

Heidelberg
Oktober 2022



1	Hintergrund / Zielsetzung	3
2	Kieswerke – Status Quo	4
3	Die technischen Lösungen	5
4	Die Verwertung aus ökologischer Sicht	11
5	Rechtliche Rahmenbedingungen	17
6	Schlussfolgerungen	21
7	Quellen	23

1 Hintergrund / Zielsetzung

Die Steigerung der Ressourceneffizienz und die Entkopplung der Wirtschaftsentwicklung von der Rohstoffnachfrage ist eine zentrale Aufgabenstellung, die gerade auch den Baustoffsektor vor neue Herausforderungen stellt. Materialkreisläufe schließen, Baustoffe und damit auch Bauwerke ressourcenleichter zu machen und der Rückgriff auf sekundäre Rohstoffquellen in der Baustoffproduktion sind die Stellschrauben, über die sich hier der Erfolg bestimmen lässt.

Der Baustoffsektor beeinflusst ebenfalls sehr wesentlich die Klimabilanz. Die Herstellung der Baustoffe, von der Gewinnung der Rohstoffe bis hin zur letztendlichen Verarbeitung zu Baustoffen, ist in der Regel mit hohen Umweltlasten und hier gerade auch mit negativen Klimafolgen verbunden.

Durch den Rückgriff auf den Materialkreislauf in der Rohstoffversorgung lassen sich beide umweltpolitischen Zielsetzungen zusammenführen. Die Steigerung der Ressourcenproduktivität geht in der Tendenz einher mit einer klimafreundlicheren Produktion.

Klassisch sind bis dato die Bemühungen, Bauabfallmassen aus dem Hochbau oder dem Straßen- und Wegebau so aufzubereiten, dass sie wieder zur Rohstoffversorgung in der Baustoffproduktion dienen oder direkt als RC-Baustoff eingesetzt werden können. Beispiele sind hierfür Transportbeton, der in Anteilen auf RC-Gesteinskörnung zurückgreift – eine Baustoffalternative, die ausgehend von Baden-Württemberg in Deutschland bekannt gemacht wurde – oder Frostschutz- und Schottertragschichten für den Straßen- und Wegebau, die durch Aufbereiter mineralischer Abfallmassen hergestellt werden.

Die Frage, inwieweit sich auch Böden als Rohstoffquelle nutzen lassen, hat in jüngster Zeit deutlich an Aufmerksamkeit gewonnen. Dabei spielen Natursteinbetriebe und hier insbesondere Kieswerke eine wichtige Rolle, da hier Aufbereitungstechnik und geschultes Personal vorhanden sind, das grundsätzlich für die Aufbereitung von Bodenaushubmassen als Fremdböden zur Verfügung stehen kann. Erste Ansätze sind bekannt geworden und wurden bspw. auf dem diesjährigen Fachsymposium des UM Baden-Württemberg (März 2022) zur Circular Economy vorgestellt.

Noch sind dies aber wenige Einzelfälle. Diese Einzelfälle zeigen jedoch eindrücklich, dass es Rahmenbedingungen geben muss, diese Nutzung der Bodenaushubmassen als Rohstoffquelle in der Praxis umzusetzen. Es muss technische Lösungen geben, es muss zudem gute Lösungen in der Zusammenarbeit mit Erdbauunternehmen aber auch im Genehmigungsrecht geben, die diese Aufbereitung auch möglich und wirtschaftlich lohnend machen.

Wenn diese Praxis der Nutzung von Bodenaushubmassen als Rohstoffquelle in der breiten Fläche zur Praxis werden soll, gilt es aus diesen Einzelfällen zu lernen. Darauf zielt die Aufgabenstellung dieses hier skizzierten Projektes ab.

2 Kieswerke – Status Quo

In Baden-Württemberg sind die Vorkommen an mineralischen Rohstoffen weit verbreitet. Wie im letzten Rohstoffbericht des Landesamtes für Geologie und Bergbau ausgeführt, scheint etwa ein Fünftel der Landesfläche „höffig“ für den Nachweis von Lagerstätten zu sein [LGRB 2020, S. 45]. Die Abbaustätten für Kiese und Sande konzentrieren sich nicht nur auf die Regionen Oberrheingraben und Oberschwaben. Wie man aus der Karte 1.3-11 der ehemaligen bis Mitte der 80er Jahre betriebenen Gewinnungsstätten sowie aus den Karten 1.3-08 und 1.3-09 ersehen kann, gab es hier auch weite Bereiche entlang des Hochrheins bzw. der Schweizer Grenze, sondern auch die Region Schwarzwald – Baar – Heuberg und in den Niederungen der größeren Flüsse. Indiz für die im Rahmen von Baumaßnahmen ggf. zu erwartenden Bodenarten und zugleich möglicherweise für Infrastrukturen, auf die zurückgegriffen werden könnte.

Wie aus Abb. 4.2-5 ersehen werden kann, steigen über die Jahre die nicht-verwertbaren Anteile in den Kiesvorkommen an und erreichen in der Region Oberschwaben im Schnitt 6%, in der Region Oberrhein im Schnitt ca. 11,5% mit jeweils von Betrieb zu Betrieb deutlichen Schwankungen. Sind Abbaubetriebe mit höheren Feinanteilen konfrontiert, dürften sich diese auch technisch so darauf eingestellt haben, dass eine Mitbehandlung von Bodenaushubmassen mit höheren Feinanteilen bewältigt werden kann. Oder anders, der Schritt zur Mitbehandlung ist aus technischer Sicht kleiner.

Im Rahmen der Untersuchung wurde mit einigen Betreibern von Kieswerken gesprochen, die grundsätzliches Interesse an der Aufgabenstellung einer Mitbehandlung von Fremdböden zeigten oder dies bereits praktizierten. In allen Fällen war eine Motivation hierfür die wachsende Schwierigkeit in den Abbaugenehmigungen und/oder nur noch begrenzten Möglichkeiten aus den aktuellen Genehmigungen heraus. Der Rückgriff auf sekundäre Rohstoffe schont die eigenen primären Rohstoffvorkommen. Das Niveau der Entsorgungspreise macht zudem die Annahme von Fremdböden auch wirtschaftlich interessant.

Entsprechend gibt es schon seit ein paar wenigen Jahren Kieswerke, die entweder regelmäßig Fremdböden annehmen und zu Rohstoffen aufbereiten oder es zumindest in der Vergangenheit im Rahmen von Großbaustellen bereits gemacht haben. Etwa ¼ der angesprochenen Kieswerke hatte Interesse an der Fragestellung geäußert.

Mit Werken, die auf eine derartige Praxis verweisen können oder entsprechende Anlagen konkret in der Realisierung haben, wurde im Rahmen des Projektes das Gespräch gesucht. Es zeigte sich schnell, dass für eine breite Umsetzung der Verwertung von Bodenaushubmassen in die Praxis zentral folgende Fragen angegangen und gelöst werden müssen: Rechtliche Rahmenbedingungen und die für diese Aufgabenstellung geeignete Anlagentechnik. Weitere Gesprächspartner waren Unternehmen aus dem Erd- und Tiefbau sowie mit Bodengutachten betraute Ingenieurbüros.

3 Die technischen Lösungen

Die eigentliche Aufbereitung der Bodenmassen

Die Aufgabenstellung der Aufbereitung besteht darin, die Bodenmassen so aufzubereiten, dass sie in ihren Eigenschaften den Spezifikationen der Baustoffindustrie entsprechen. Damit verbunden ist eine exakte Klassierung in einzelne Korngruppen und eine verlässliche Abscheidung von Fremd- und Störbestandteilen. Dies ist zum einen die Abtrennung von Leichtstoffen wie insbesondere Holz, zum anderen eine exakte Auftrennung in Größenklassen und hier vor allem auch eine verlässliche Grenze zwischen Sand / Körnung und den Feinbestandteilen. Abschlämmbare Anteile in den groben Körnungen beeinträchtigen deren Eignung für die Betonindustrie deutlich. Dies gilt umgekehrt auch für körnige Bestandteile in den schluffig/tonigen Materialien, die bspw. in Richtung Lehm- oder Ziegelwerke vermarktet werden sollen.

Entsprechend erfolgt die Aufbereitung in der Regel über eine nasse Klassierung, die integriert auch eine verlässliche Abtrennung von Leichtstoffen sicherstellt, verbunden mit einem Waschprozess zur Abtrennung von abschlämmbaren Anteilen an der Körnung. Die trockene Klassierung ist hierfür in der Regel nicht ausreichend geeignet. Insbesondere abschlämmbare Anteile lassen sich nicht verlässlich abscheiden.

Diese Nassklassierung von insbesondere Kieswerken ist grundsätzlich auch für die Aufbereitung von Fremdböden geeignet. Die Feinanteile in den Böden sind tendenziell höher, als es bei Rohstoffgewinnungsstätten üblich ist. Dies dürfte möglicherweise auch für den Anteil an Leichtstoffen zutreffen. Dies muss bei der genauen Konzeption der Aufbereitungsanlagen berücksichtigt werden, die einzelnen technischen Module dürften sich aber wenig von den Anlagen der Rohstoffgewinnung / Kieswerken unterscheiden. Die Systembausteine, die der Abtrennung der abschlämmbaren Anteile dienen, müssen auf deren höheren Anteil im Input ausgelegt werden.

Zentral ist die Aufgabenstellung, den „Lehm“, der das Korn umhüllt, verlässlich abzutrennen. Hierfür ist ein einfaches Wasserbett nicht ausreichend, der Lehmanteil löst sich nicht schnell genug in Wasser auf. Es bedarf daher mechanischer Energie, mit der die „Lehmklumpen“ aufgelöst werden bzw. auch der Lehmanteil an den Körnungen abgerieben wird. Dies ist eine Aufgabenstellung, die auch an manchen Kieswerken mit den vor Ort abgebauten Rohstoffen angegangen werden muss. Nur im Idealfall kann der Rohstoff direkt mittels Radlader oder Bagger entnommen und ohne weitere Aufbereitung für den Kunden verladen werden. Es verbleibt dann nur die Notwendigkeit der Klassierung in gewünschte Korngruppen. In vielen Fällen müssen auch bei primären Rohstoffen lehmige Bestandteile abgetrennt werden und dies verlässlich.

Die technische Lösung hierfür ist bekannt, der Einsatz einer Schwertwäsche ist üblich und unstrittig. Entscheidend ist die Frage ihrer genauen Konfiguration, hier gibt es unterschiedliche Technikanbieter und unterschiedliche Lösungen. Die genaue Konfiguration der Anlagen erfolgt auf die Inputqualität, die Zusammensetzung der Fremdböden, hin und muss bspw. eine ausreichende Verweilzeit in den Schwertwäschen sicherstellen.

Liegt der Feinanteile höher, ist ggf. auch eine Konditionierung des Inputmaterials notwendig, d.h. eine Zudosierung von skelettreicheren Bestandteilen. Möglicherweise ist über das zuführende Förderband auch eine „Vereinzelung“ oder auch mechanische Auflösung von Lehmbrocken notwendig, sowie eine Abtrennung eines Überkorns durch ein Vorsieb. Die Zudosierung skelettreicher Bestandteile kann über den Radlader erfolgen, der für die Beschickung der Anlage eingesetzt wird.

Auch in den natürlichen Kiesvorkommen befinden sich nicht-mineralische Fehlanteile, die aus dem Produktmassenstrom ausgeschleust werden müssen. Es handelt sich v.a. um Holz. Dies erfolgt über eine Leichtstoffabtrennung, die über das Wasserbad in der Schwertwäsche gut zu erreichen ist. Das dort aufschwimmende Material wird abgeschieden. Bei Fremdböden sind – gerade bei Stadtböden - anthropogene Bestandteile nicht ganz auszuschließen, die ebenfalls vergleichsweise leicht sind und nach dem gleichen Vorgang abgeschieden werden.

Umgang mit den abschlämmbaren Anteilen / den Feinmaterialien

Die meisten Anlagen, die zur Aufbereitung von Fremdböden geeignet wären, sind auf einen Feinkornanteil von maximal ca. 30% ausgelegt; limitierend sind hier die Wirtschaftlichkeit und die Kapazität der Kammerfilterpresse. Höhere Feinanteile reduzieren die Durchsatzleistung der Gesamtanlage, einmal wegen der höheren Verweilzeit in der Schwertwäsche, vor allem jedoch durch die Limitierungen in der Abwasserreinigung. Kammerfilterpressen sind teuer in der Anschaffung und im Betrieb (Stromverbrauch, Fällungsmittelbedarf).

Kammerfilterpresse ist die geeignete technische Lösung für die Entwässerung der bei der Abwasserreinigung von Kieswerken anfallenden Schlämme. Eine Entwässerung über einen Zyklon führt zu wesentlich höheren Restwassergehalten, was die Masse an zu entsorgenden Schlämmen deutlich erhöht und zum anderen auch deren Absatzmöglichkeiten begrenzt. Derartige Massen sind schwer in Deponiekörpern oder in Bodenkörpern bei Verfüllmaßnahmen einzubauen. Dies geht nur lagenweise und im Wechsel mit anderen Materialien anderer Eigenschaften, da ansonsten die für den Einbau notwendige Verdichtung nicht erreicht wird.

Technisch sind aber auch Feinkornanteile von 50% möglich, wie nicht zuletzt auch die Rücksprache mit einem Anlagenbauer ergab. Aus den Gesprächen mit Kieswerken ergab sich die Rückmeldung, dass im Moment sich eine Aufbereitungsanlage, die gezielt als Anlage zur Aufbereitung von Bodenmassen vorgesehen ist, in der Genehmigung befindet, die auf die Aufbereitung von Böden mit einem Feinkornanteil bis zu 50% ausgelegt sein wird. Erreicht wird dies durch eine Erweiterung der Aufbereitungsmodule „Schwertwäsche“, ergänzt um Attritionszylinder. Diese sind – ähnlich der Attritionstrommeln – darauf ausgelegt, die Zielkörnung mechanisch durch Reibung von anhaftenden Materialien zu befreien.

Entsorgung der Schlämme bzw. Filterkuchen

Während Sand und Kies bzw. auch ggf. felsiges Material die Zielfraktion darstellen und recht einfach und gut vermarktet werden können, stellen die verbleibenden Schlämme bzw. die aus der Abwasserreinigung verbleibenden Filterkuchen zunächst vor allem ein Entsorgungsproblem dar.

Wird Material im Rahmen von Verfüllmaßnahmen oder auch einer Ablagerung auf Deponiekörpern in Bodenkörpern eingebaut, müssen sie verdichtet werden, nicht zuletzt um

eine gute Standsicherheit zu erhalten. Die **Ablagerung** von Schlämmen oder auch Filterkuchen stellt sich hierbei problematisch dar. Dies resultiert zu einem aus dem Wassergehalt der Massen, zum anderen aus dem durch die Klassierung erreichten fehlenden Stützkorn. Die Ablagerung dieser Massen muss daher immer in Kombination mit anderen Boden- bzw. – im Falle der Deponien – Abfallmassen erfolgen, die eine gute Verdichtbarkeit aufweisen. Dies ist auf Deponien lang geübte Praxis. Auch in Verfüllmaßnahmen dürfte dies in der Praxis gut beherrschbar sein. In allen Regionen und damit selbst in den Kies- und Sandregionen dürfte es ausreichend Böden geben, die sich zum einen nicht wirtschaftlich aufbereiten lassen, zum anderen aber ausreichend Skelettanteile für eine Verdichtung aufweisen.

Eine Alternative stellt die Nutzung der anfallenden Feinmaterialien als Rohstoff für den **Lehmbau** dar. Diese Option wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes [Feeß et al. 2020] analysiert und bewertet. Lehm ist eine Mischung aus Sand (Korngröße > 63 µm), Schluff (Korngröße > 2 µm) und Ton (Korngröße < 2 µm) und ist einer der ersten Baustoffe der Menschheitsgeschichte. Lehm mit nennenswertem Gehalt an Kalk, etwa in Folge wenig fortgeschrittener Verwitterung oder bei der Entstehung durch Ablagerung kalkigen Materials, wird als Mergel bezeichnet. Tonreiche Lehme werden als fett bezeichnet, tonarme als mager. Zu fetter Lehm kann mit Sand abgemagert werden. Für Lehmabbaustoffe wird daher auf ähnliche Bodenmassen zurückgegriffen wie zur Herstellung von Ziegelbaustoffen. Die Verwendung als Lehmabbaustoff lässt allerdings größere Bandbreiten in den Rohstoffzusammensetzungen und –eigenschaften zu, da bspw. den Brennvorgang störende oder das Farbbild beeinflussende Stoffe nicht in dem Maße beachtet werden müssen. Auch ist der Wassergehalt keine die Eignung vergleichbar bestimmende Größe.

Da die Herstellung von Lehmabbaustoffen im Vergleich zu anderen Baustoffen energiesparend ist und da Lehmabbaustoffe u.a. feuchtigkeitsregulierende und schadstoffbindende Eigenschaften aufweisen und damit für ein gutes Raumklima sorgen können, erleben diese Baustoffe derzeit eine kleine Renaissance.

Die im traditionellen Lehmabbaustoff als "Stampflehmabbaustoff" bekannte Form des monolithischen Lehmabbaus ist in Deutschland über Jahrzehnte nicht mehr ausgeführt worden, erreicht aber in jüngster Zeit mit einigen außerordentlich attraktiven Projekten, z.B. Neubau von Alnatura in Darmstadt¹, Aufmerksamkeit. Inzwischen wird der Stampflehm in Deutschland auch preiswerter und handlich als vorgefertigtes Wandelement angeboten und muss nicht mehr vor Ort auf der Baustelle arbeitsintensiv errichtet werden. Lehmputzmörtel werden zum Verputz von Wand- und Deckenoberflächen im Innenbereich oder auch auf Schlagregen geschützten Außenwandoberflächen eingesetzt.

Lehmsteine können durch verschiedene Verfahren der Formgebung aus den o.g. unformaten Lehmabbaustoffen hergestellt werden. Im Prinzip handelt es sich um die Grünlinge aus der Ziegelproduktion, die nach dem Strangpress-Verfahren hergestellte Steine für die Ziegelindustrie. Sie besitzen auf Grund ihrer hohen Verdichtung und ihres sehr feinkörnigen Mineralgerüsts eine hohe Rohdichte und werden im nicht tragenden Innenbereich, z.B. als Decken- oder Wandfüllungen, eingesetzt.

Lehmplatten werden im Trockenbau eingesetzt und erlangen jüngst als Alternative zu Gipsplatten eine größere Beachtung. Sie werden in wachsendem Umfang im Trockenbau für nicht tragende Trennwände eingesetzt. Darüber hinaus ist ihr Einsatz bspw. im Fußboden- oder Deckenaufbau möglich.

Sollen die Filterkuchen als Rohstoff für den Lehmabbaustoff genutzt werden, muss auf unbelasteten Bodenaushub – frei von anthropogenen Schadstoffeinträgen - zurückgegriffen werden,

¹ <https://www.alnatura.de/de-de/ueber-uns/alnatura-campus/>

bzw. Material aus der Aufbereitung von Gleisschotter ist eher nicht geeignet. Versuche bei einem kleinen Lehmbauunternehmen zeigen, dass sich das in der Nassklassierung von Böden gewonnene Material grundsätzlich sehr gut ("erschreckend gut") als Rohstoff für die Herstellung von Lehmbaustoffen oder auch Lehmputzen eignet. Die technischen Eigenschaften passen. Der Rückgriff auf derartige Materialien aus der Kreislaufwirtschaft passt zudem sehr gut in das Idealbild der Lehmbaustoffproduzenten. Entscheidend ist jedoch, dass bei der Entwässerung keine organischen Flockungs- und Fällungsmittel eingesetzt werden. Lehm wird als Naturbaustoff vermarktet. Unabhängig vom tatsächlichen (eher vernachlässigbaren) Expositionsprofil, stößt dies auf Vorbehalte (Schadstoffbelastung) beim Endkunden. Die Entwässerung müsste über anorganische Fällmittel erfolgen. Dass mit diesen Fällmitteln eine Erhöhung der Massen verbunden ist, sollte unkritisch sein.

Lehmbaustoffe werden trotz der Renaissance ein Nischenmarkt bleiben. Klassisch ist jedoch die Verwendung derartiger Feinmaterialien als **Ziegeleirohstoff**. In der Praxis der Ziegelbetriebe sind als wesentliche Voraussetzung zur Beurteilung der Rohstoffe folgende Parameter zu ermitteln: die Korngrößenverteilung, die mineralogische Zusammensetzung, die chemische Zusammensetzung und der Wassergehalt, wobei die chemische Zusammensetzung aus der mineralogischen Zusammensetzung der Rohstoffe resultiert. Der Fe_2O_3 -Gehalt bedingt den Grad der Rotfärbung. Bei den Spurenelementen sind vor allem Fluor, Chlor, Schwefel und Vanadium zu beachten, da hierdurch sowohl die Ofenatmosphäre (Umweltauflagen) als auch die Ziegelprodukte (Ausblühungen) stark beeinträchtigt werden können. Dies gilt auch für Sulfate und Sulfide. Wichtig ist auch die Kornabstufung, d.h. die gleichmäßige Korngrößenverteilung auch in den feinen Anteilen, sowie die Scherbenrohichte sowie Anteile an Kalk sowie Kohlenstoff / Organik, da hierüber das Schwinden beeinflusst wird sowie die CO_2 -Emissionen der Produktionsstandorte.

Trotz der höheren Anforderungen an Zusammensetzung und Eigenschaften, werden schon heute Filterkuchen und hier auch aus der Aufbereitung von Fremdböden als Rohstoff in der Ziegelproduktion eingesetzt. Von dieser Praxis und ersten Erfahrungen wurde bspw. im Rahmen des Fachsymposiums „Bausteine zum zirkulären Bauen“ berichtet [Haas 2022], welches im März 2022 durch das Umweltministerium Baden-Württemberg veranstaltet wurde. Wichtig sind gleichbleibende beschreibbare Eigenschaften auch über größere Massenströme hinweg, so dass die Rohstoffrezepturen hierauf eingestellt werden können sowie eine entsprechende kontinuierliche Belieferung mit ausreichenden Massen.

Dass dies auch unter schwierigeren Rahmenbedingungen möglich ist, zeigt die Nutzung der Bodenmassen aus der Bahnbaustelle „Tunnel Rastatt“¹. Hier wurden mehr als 1 Mio. Tonnen Aushubmassen über das Kieswerk Durmersheim der Kies & Beton AG Baden-Baden aufbereitet. Aufgrund der Bauweise – Tunnelvortrieb – handelte es sich um kein einfaches Ausgangsmaterial. Trotzdem gelang es, auch für die dort anfallenden Filterkuchen in einem Ziegelwerk aus der Region (Fa. Wienerberger, Malsch) einen Abnehmer zu finden. Nach Rückmeldung dieses Werkes wurden hierbei sehr gute Erfahrungen gemacht. Die Filterkuchen eignen sich als Rohstoffbestandteil für die Produktion von Hintermauerziegeln, wobei diese in der Praxis bis zu 15% am Rohstoffinput betragen.

Je nach Größe und Durchsatzleistung der Anlagen zur Aufbereitung von Fremdböden bzw. deren Charakteristik sind diese Filterkuchen in ihrer Zusammensetzung und ihren Rohstoffeigenschaften weniger gut beschreibbar. Dies gilt weniger für technische Parameter wie Kornabstufung, sondern eher für Fragen der Mineralogie, die unter anderem über die Tonarten auch die Produktoptik bestimmen. Bei kleinen Anlagen und hier auch Anlagen der

¹ <https://www.karlsruhe-basel.de/tunnel-rastatt.html>

Natursteinindustrie wie insbesondere Kieswerke kann aber davon ausgegangen werden, dass Fremdböden mehr oder minder aus dem direkten Standortumfeld bezogen werden und damit in den Eigenschaften des Feinkorns nicht weit von den eigenen Rohstoffvorkommen abweichen. Werden zentrale Standorte als Anlagen der Kreislaufwirtschaft betrieben, haben diese einen weiteren Einzugsbereich. Bodenmassen können damit unterschiedlichen geologischen und mineralogischen Verhältnissen entstammen.

Die **Zementindustrie** steht seit einigen Jahren verstärkt unter dem Druck, ihre Produkte umwelt- und hier vor allem auch klimafreundlicher zu produzieren. Entscheidend ist hierbei die Klinkerproduktion, d.h. die Herstellung von Zementklinker / Portlandzement aus Kalksteinmehl über Drehrohröfen, und hiermit der Klinkerfaktor. Hieraus resultieren geogene und brennstoffabhängige Schadstoffemissionen bzw. Freisetzungen von CO₂. Die Kalksteinentsäuerung hat hier den größten Anteil. Klassisch werden in der Zementproduktion Filterstäube aus Kohlekraftwerken oder Hüttensande aus der Metallindustrie als Substitute eingesetzt. Auf der Suche nach weiteren geeigneten Ausgangsmaterialien treten zunehmend Tone und damit Böden in den Fokus.

Nach Auskunft der Zementindustrie (VDZ) wird ein Bedarf von 1,4 bis 4,5 Mio. t/a an calcinierten Tonen prognostiziert [Maier / Thienel, 2020]. Die thermische Aktivierung der Tone erfolgt ebenfalls über Drehrohre, analog zur klassischen Klinkerherstellung. Die Reaktivität der calcinierten Tone liegt im Bereich der Hüttensande. Die gewohnten Frischbetoneigenschaften können erreicht werden, wenn vor allem Illite verwendet werden, wobei ein höherer Wasseranspruch sowie Fließmitteleinsatz beachtet werden müssen. Die Festigkeitsentwicklung verbessert sich tendenziell, das Risiko der Alkali-Kieselsäurereaktivität wird vermindert.

Inwieweit die Zementindustrie bereits auf getemperte Tone als Rohstoff zurückgreift, ist nicht bekannt. Nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen dürfte dies jedoch bis dato nur in geringem Umfang erfolgen. Das Nachfragepotenzial ist jedoch groß.

Wirtschaftlichkeit

Wie ausgeführt, muss sich die für die Aufbereitung von Fremdböden benötigte Technik nicht wesentlich von derjenigen unterscheiden, die klassisch für Kiese und Sande eingesetzt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn auch die natürlichen Rohstoffvorkommen höhere Feinanteile aufweisen. Technische Lösungen, die eine verlässliche Auftrennung des Lehms und Abtrennung der abschlämbaren Anteile erlauben, sind auch in diesen Fällen notwendig. Die im Zweifel nachzurüstenden Schwertwäschen erfordern einen gewissen Invest und führen zu einem höheren Energieverbrauch. Nach Auskunft von einzelnen Betrieben liegt der Invest bei derartigen Anlagen jedoch für die Kammerfilterpresse um ca. 4x höher als für die Schwertwäschen. Die Kammerfilterpressen müssen ausreichend dimensioniert werden. Ihre Auslegung bestimmt die Durchsatzleistung der gesamten Aufbereitungsanlage.

Absolute Kosten lassen sich an dieser Stelle nicht oder nur grob benennen, sie sind stark abhängig von der bereits in den Kieswerken vorhandenen Aufbereitungstechnik sowie dem Feinkornanteil in den Fremdböden. Von einem Kieswerk, dessen eigene Rohstoffe einen nur geringen Feinkornanteil aufweisen, wird mit der Aufbereitung der Fremdböden eine Verdopplung der Aufbereitungskosten benannt. Zu beachten sind neben Investkosten und Energieeinsatz auch der höhere Verschleiß der Anlagen.

Die Aufbereitungskosten werden zudem ebenfalls über die Frage der Entsorgung der Schlämme bzw. Filterkuchen bestimmt. Da diese in hohen Massenanteilen anfallen, schlägt sich deren Entsorgungskosten deutlich auf die Behandlungskosten nieder. Müssen diese nicht teuer über Deponien entsorgt werden, indem für sie bspw. Absatzwege als Rohstoffe in die Baustoffindustrie gefunden werden können, lassen sich die Behandlungskosten deutlich begrenzen.

Klar ist, dass der Erlös aus der Vermarktung der Kiese, Sande oder auch der Filterkuchen nicht die Kosten für die Aufbereitung abdecken kann. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Fremdböden deutlicher von der gewohnten Zusammensetzung der primären Rohstoffvorkommen abweichen. Die Kostendeckung erfolgt vor allem aus der Annahme der Böden und deren Entsorgung. Von Anlagenbetreibern werden erforderliche Annahme zwischen 15€ und 25€ die Tonne benannt ab Baustelle, d.h. ohne die anfallenden Transportkosten.

Zusammenspiel mit Erdbauunternehmen

Die Aufbereitungstechnik und die Konzeption der Aufbereitungsanlage mit ihrem angestrebten Verwertungserfolg wird deutlich über die Zusammensetzung und Qualität des Inputmaterials und damit der Fremdböden bestimmt. Eine zielgerichtete Aufbereitung muss auf die Spezifikation des Inputmaterials ausgelegt werden, um effizient betrieben werden zu können.

Die Verwendung von Fremdmassen basiert aus einem eingespielten Zusammenwirken von Kieswerk und den Erdbauunternehmen. Bodenaushubmassen müssen auf den Erdbaustellen als potentiell geeignet erkannt und einer entsprechenden Untersuchung unterzogen werden. Im Zweifel erfolgt die nachfolgende Auskoffnung der Böden selektiv bspw. lagenweise oder einzelne ungeeignete Linsen / Schichten vermeidend. Dies erfordert ein geschultes und erfahrenes Agieren.

Wie die Gespräche mit der Rohstoffindustrie und den im Erdbau tätigen Unternehmen zeigten, kann diesbezüglich mittlerweile auf größere Erfahrungen zurückgegriffen werden. So agieren diese Unternehmen bereits heute in diese Richtung. Gerade die großen im Erdbau tätigen Baufirmen haben eigene Abteilungen, die sich dem Stoffstrommanagement widmen und wichtige Erlösbeiträge daraus erzielen, dass Bodenmassen zumindest anteilig nicht über Deponien oder Verfüllmaßnahmen entsorgt werden müssen, sondern sich zu Baustoffen (v.a. klassischer Wegebau) aufbereiten lassen. Diese Firmen berichten, dass die Schulung der vor Ort auf den Baustellen tätigen Personen recht schnell erreicht ist. Ein im Rohstoffabbau tätiger Konzern berichtet zudem, dass in einem erheblichen Anteil der eigenen Kieswerke bereits Fremdböden zur Verwertung angenommen werden. Dies immer in den Regionen und Bundesländern, in denen Fremdböden zur Rekultivierung auch von Nassauskiesungen eingesetzt werden können, so dass offene Wasserkreisläufe weniger problematisch sind. Diese Praxis muss nicht nur für die Baustelle auf einem guten Zusammenspiel aller Akteure fußen.

Die novellierte BBodSchV eröffnet bei Vorhaben, bei denen auf einer Fläche von mehr als 3.000 m² Materialien bspw. aus dem Unterboden ausgehoben oder abgeschoben werden, der für die Zulassung zuständigen Behörde die Möglichkeit vom nach § 7 Satz1 Pflichtigen des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Grundstückseigentümer oder Bodenverwerter), die Beauftragung einer bodenkundlichen Baubegleitung nach DIN 19639 zu verlangen. Dies kann diese Praxis der der Auskoffnung vorangehenden Untersuchung zukünftig unterstützen.

4 Die Verwertung aus ökologischer Sicht

Werden die Bodenaushubmassen auf den Baustellen gezielt gewonnen und einer hochwertigen Verwertung übergeben, ist damit vor Ort möglicherweise ein gewisser Mehraufwand verbunden. Der entscheidende Unterschied ergibt sich jedoch erst in den folgenden Verwertungsschritten. Für eine hochwertige Verwertung müssen die Bodenmassen aufbereitet und kassiert werden, verbunden mit einem entsprechenden Einsatz an Energie und Betriebsmitteln. Dieser Aufwand liegt deutlich höher als derjenige, der beim Einbau auf Deponien oder bei der Verfüllung von Gruben und Brüchen vollzogen werden müsste.

Entsprechend steht zurecht die Frage im Raum, inwieweit dieser Mehraufwand aus ökologischer Sicht auch tatsächlich gerechtfertigt ist. Dieser vergleichsweise hohe Aufwand wird für eine hochwertige Verwertung nicht von ungefähr betrieben. Die hochwertige Verwertung zielt auf einen Substitutionseffekt, der hinsichtlich der Ressourceneinsparung groß ausfällt. Es sollen der Baustoffindustrie Massen zur Verfügung gestellt werden können, die ansonsten über – in diesem Fall v.a. Kieswerke – gewonnen und bereitgestellt werden müssten. Dieser aus der Verwertung gewonnene Nutzen sollte den Mehraufwand rechtfertigen.

In einem Forschungsprojekt, das im Jahre 2019 abgeschlossen und im Jahre 2020 veröffentlicht wurde, wurden in einem durch das ifeu Heidelberg durchgeführten Teilvorhaben [ifeu 2019] unter anderem die Optionen im Umgang mit Bodenaushubmassen bilanziert und aus ökologischer Sicht bewertet. Diese Ergebnisse sind im Ansatz auf die Fragestellung dieser Studie übertragbar. Bilanziert und bewertet wurde keine Kiesgewinnung, sondern eine gesonderte Anlage zur Aufbereitung und Nassklassierung von Bodenmassen und dies anhand einer bei der Fa. Feeß in Kirchheim/Teck betriebenen Anlage.

Für die Bewertung dieser Aufbereitung wurde eine direkte Aufgabe auf die Anlage unterstellt mit dem Ziel, mit dem Stein- und Sandanteil massengleich den Einsatz von Gesteinskörnung / Zuschlag in der Betonindustrie substituieren zu können, wohingegen der Schluffanteil primären Ton entweder in der Ziegelindustrie oder in der Erzeugung von Blähton einsparen hilft. In die Bilanzierung des Aufwandes ist zudem der hierfür notwendige Radlader einbezogen. Das Flockungsmittel wird als Polyacrylat angesetzt.

Als Referenz wird eine direkte Deponierung oder eine einfache Verfüllmaßnahme angenommen. Vereinfachend lässt sich unterstellen, dass sich der spezifische Aufwand beim Einbau der Bodenmassen hier gleicht.

Dem gegenübergestellt wurde die Aufbereitung in der Nassklassierung. Als Substitut wurde für die Kiese und Sande eine Nutzung in Betonwerken unterstellt und für die verbleibenden Schluffe eine Verwertung als Rohstoff in der Ziegelindustrie.

Falls das Bodenmaterial im Status Quo (SQ Boden) deponiert wird, fallen Lasten für die Einlagerung und den Betrieb der Deponie an. Der für den Betrieb angesetzte Strombedarf entspricht demjenigen einer Asche- und Schlackedeponie und ist damit recht hoch angesetzt, so dass er im Treibhauseffekt ca. 33 % der dargestellten Lasten verursacht. Es handelt sich um eine maximal schlechte Einstufung des Status Quo. Wenn statt einer

Deponierung eine Verwendung in einfachen Verfüllmaßnahmen erfolgt, sind damit weder Lasten noch Nutzen verbunden, weil keine zusätzliche Aufbereitung stattfindet und ansonsten andere Materialien eingebaut werden würden; die Last sinkt dann auf 0 ab. In der Praxis werden die Ergebnisse irgendwo in diesem Range liegen, so dass die Lasten für die Ablagerung schraffiert dargestellt sind.

Der Strombedarf für die Wäsche des Bodens (Perspektive Boden) verursacht im Treibhauseffekt die größte Last, die durch den mit der Wäsche erzielbaren Nutzen nicht ganz ausgeglichen werden kann, so dass eine Netto-Last verbleibt. Den größten Nutzen bringt der mengenmäßig dominante Teil des Gesteins, der im R-Beton Primärkies substituiert, gefolgt von der nächst größeren (Brech)Sandmenge und dem Schluffanteil, der Ton substituiert.

Unter den Nettobalken ist angegeben, wie weit die betrachteten 1.000 t Material als trockener Output mit dem LKW in km Strecke transportiert werden müssten, um die resultierenden Nettolasten zu erreichen. Damit zeigt sich, dass die Nettolasten für die Wäsche des Bodenbauschuttgemisches einer LKW-Transportstrecke von 12 km entsprechen. Wenn die Produkte aus der Bodenwäsche entsprechend 12 km näher am Absatzort liegen als die Primärmaterialien aus weiter entfernten Kies-, Sand- und Tongruben, kehrt sich die Nettolast ohne Transportbetrachtung in eine Nettoentlastung um. Wenn der Boden im Status Quo deponiert werden muss, ist die Nettolast der Bodenwäsche ggf. von vornherein kleiner als der Deponierungsaufwand und damit vorteilhaft. Der verhältnismäßig große Beitrag der Deponierung zeigt, dass sich die Lasten für das System der Bodenwäsche auf niedrigem Niveau bewegen.

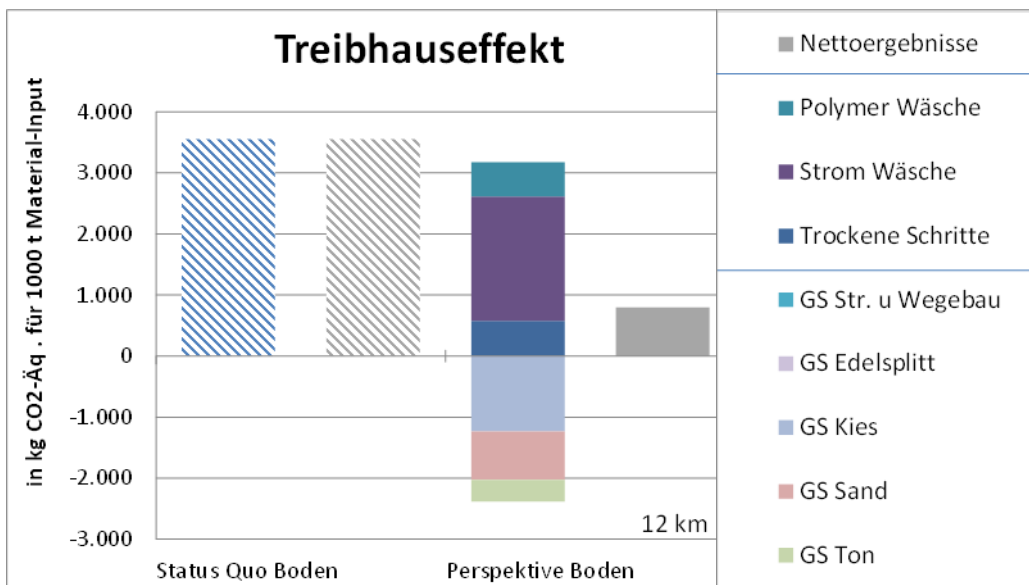


Abbildung 1: Treibhauseffekt für die Behandlung des Bodenbauschuttgemisches [ifeu Heidelberg, 2019]

Durch die Bodenklassierung lassen sich Produkte erzeugen, die primäre Materialien substituieren können, was sich im kumulierten Rohstoffaufwand (KRA mineralisch) in einer deutlichen Einsparung niederschlägt.

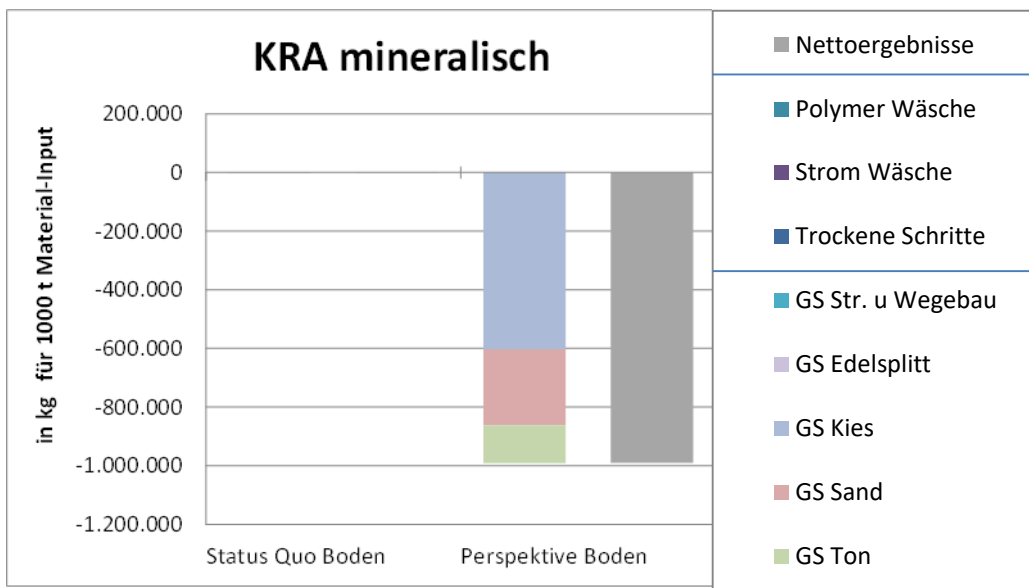


Abbildung 2: Kumulierter mineralischer Rohstoffaufwand (KRA mineralisch) für die Behandlung des Bodenbauschuttgemisches

Im Ergebnis lässt sich gut erkennen, dass der Aufwand der Aufbereitung der Bodenaushubmassen höher liegt als die klassische Rohstoffgewinnung. Da die Bodenaushubmassen in ihrer Zusammensetzung und in ihren Eigenschaften nicht den primären Rohstoffen entsprechen, liegt die Notwendigkeit zu einem Mehraufwand auf der Hand. Liegen die Bodenklassieranlagen aus Sicht des Betonwerkes als Abnehmer um mindestens 12 km näher als die klassischen Rohstoffgewinnungsstätten, ist dieser Mehraufwand unter Treibhausgesichtspunkten bereits aufgezehrt.

Ebenso gut lässt sich aber auch erkennen, dass netto die verbleibenden Lasten tendenziell jedoch (deutlich) niedriger liegen als die Lasten, die mit einer Entsorgung über Deponien oder Ablagerung im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen verbunden wären. Die Nutzung über Klassieranlagen ist aus ökologischer Sicht auf jeden Fall vorteilhaft.

Mit dem Bilanzierungsergebnis nach KRA (kumulierter Rohstoffaufwand) wird der eigentliche ökologische Vorteil deutlich. Die Nutzung der Bodenaushubmassen als Rohstoffquelle hilft primäre Rohstoffe zu schonen und mindert damit zudem den Eingriff in Natur und Landschaft.

Abschließend stellt sich die Frage der **Relevanz**. Inwieweit die aufgezeigten Umweltentlastungserfolge erzielt werden können, ergibt sich auch aus den in Zukunft zu erwartenden Massen an Bodenaushub. Dies lässt sich nur sehr schwer prognostizieren und ergibt sich wesentlich aus den zukünftig zu erwartenden Bautätigkeiten und den entsprechenden Rahmenbedingungen.

- Neubebauung auf der Grünen Wiese
Seit Jahrzehnten ist das umweltpolitische Ziel formuliert, nach dem möglichst keine weitere Ausdehnung der Siedlungsflächen mehr erfolgen soll; dies hat jüngst wieder größeren Stellenwert erhalten, propagiert und zunehmend

praktiziert wird ein Bauen im Bestand, so dass vermehrt Stadtböden zur Entsorgung anfallen

- Aufstockung
Nicht zuletzt auch aus Gründen des Klimaschutzes wird dabei der Gebäudebestand möglichst erhalten, die Erweiterung von Wohn- und Nutzflächen erfolgt möglichst über Aufstockungen und Ergänzungen
- Bodenart
Inwieweit die anfallenden Bodenmassen sich für eine hochwertige Verwertung im Sinne einer Aufbereitung in Kieswerken eignen, ergibt sich aus der Frage, auf welche Regionen sich die verbleibende Bautätigkeit konzentrieren wird und mit welchen Bodenarten dabei gerechnet werden kann.
- Eingriff in den Bodenhorizont
Keller haben in Gebäuden ihre eigentliche bzw. ursprüngliche Funktion weitgehend verloren; nicht zuletzt, um Kosten zu sparen, werden Gebäude zunehmend ohne Kellerräume gebaut
Gerade im städtischen Bereich wurden in der Vergangenheit viele Tiefgaragen gebaut und dies auch für einzelne Wohngebäude; mit der laufenden Verkehrswende entfällt auch hier zunehmend die Notwendigkeit und Kommunen passen entsprechend ihre Vorgaben an (Stellplatzschlüssel)
- Baukonjunktur
Die Baukonjunktur mit ihrer starken Nachfrage wurde aufgrund der in 2007/2008 auftretenden Finanzkrise durch eine entsprechende Zinspolitik staatlich gezielt initiiert und gestützt; es steht zu erwarten, dass die Zeiten „billigen Baugeldes“ zumindest in nächster Zeit jedoch nicht mehr gegeben sein werden

Dem stehen in größerem Umfang notwendige und geplante Bauvorhaben aus dem Bereich der Verkehrsinfrastruktur gegenüber. Vor allem für die Schienenwege sind für Baden-Württemberg und angrenzend umfangreiche Baumaßnahmen geplant oder schon in Angriff genommen, die in größerem Umfang Bodenaushubmassen zur Entsorgung erwarten lassen, da die Trassen nicht zuletzt aus Gründen des Lärmschutzes tiefer gelegt umgesetzt werden. Dies sind:

- Ausbau und Neubau Karlsruhe – Basel
 - Tunnel Offenburg, Baubeginn 2026
 - Neubaustrecke entlang A5 in Tieflage (PfA 7.2 bis 7.4), Baubeginn 2029
 - Neubau Kenzingen – Müllheim entlang A5 in Tieflage sowie 2 Tunnel (PfA 8.2 bis 8.4), Baubeginn 2026
- Neubaustrecke Frankfurt – Mannheim
 - Strecke Lorsch – Mannheim (PfA 5/6), vorwiegend Tunnel

Darüber hinaus gibt es auch im Straßenbau Bauvorhaben, bei denen mit größerem Aufkommen an Aushubmassen zu rechnen ist.

- Neubau A8 Alaufstieg
u.a. zwei Tunnel mit knapp 3km Länge; Bauphase 2025 – 2032

- Stadttunnel Freiburg der B31 soll vollständig als Tunnel ausgeführt werden
Baubeginn Ende der 2030er Jahre

Wie auch aus einer aktuellen Pressemitteilung des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg¹ ersichtlich, mussten im Jahre 2020 etwa 27,4 Mio. Tonnen Boden und Steine (AVV 170504) entsorgt werden. Dabei sind nur die Bodenmassen gelistet, die an entsprechenden Anlagen zur Entsorgung übergeben wurden. 20,9 Mio. Tonnen wurden zur Verfüllung von Tagebaugruben eingesetzt, 6,6 Mio. Tonnen gelangten auf Deponien und wurden dort als Baustoff verwendet oder auch nur abgelagert. Das tatsächliche Aufkommen an Bodenaushubmassen dürfte (deutlich) höher sein, da Bodenmassen, die unmittelbar wieder auf Baustellen eingesetzt werden, tendenziell nicht statistisch erfasst sind. Die auf der Karte erkennbare räumliche Verteilung ist ein Hinweis auf die Entsorgungsoptionen im Land und hat keine Aussagekraft hinsichtlich der räumlichen Verteilung im Aufkommen / in der Entstehung.

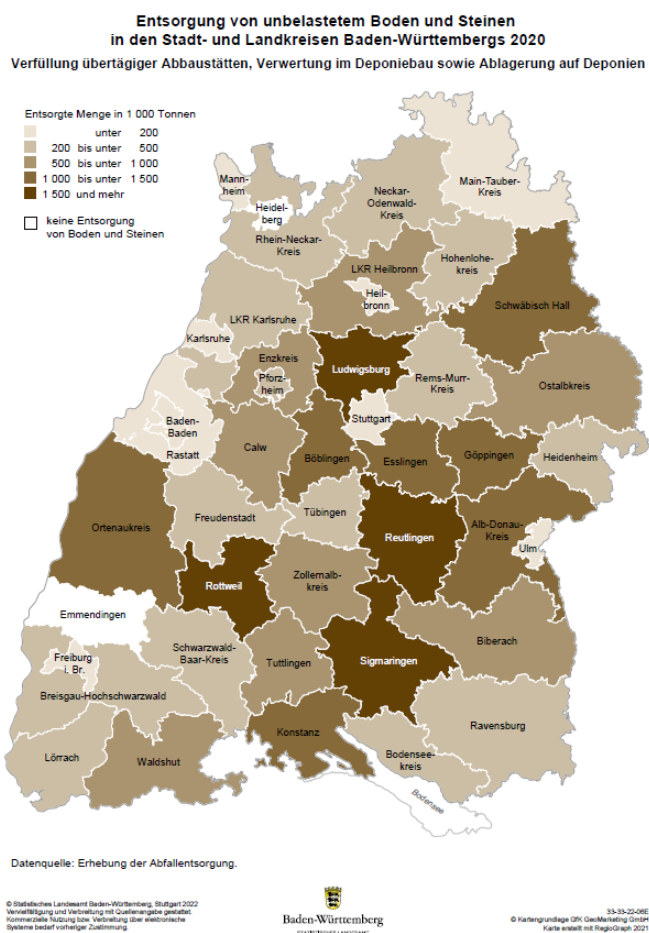


Abbildung 3: Entsorgung von Bodenmassen (AVV 170504) im Jahre 2020

¹ <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2022137>

Die in der Karte aufgezeigte räumliche Verteilung spiegelt die Entsorgungsmöglichkeiten wider und damit die Ablagerungskapazitäten und korreliert nicht mit dem entsprechenden Aufkommen.

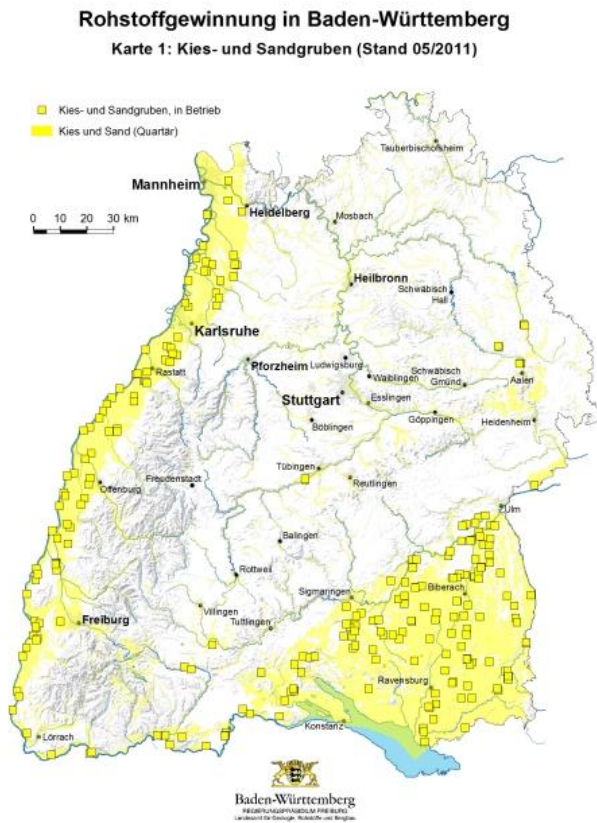


Abbildung 4: Kies- und Sandgruben in Baden-Württemberg (LGRB)

Wie man der Karte des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau entnehmen kann, konzentrieren sich die Kies- und Sandgruben auf den Hochrhein und Oberrheingraben sowie den Bereich Bodensee und Oberschwaben. Sollen zukünftig verstärkt Kiesgruben zur Aufbereitung und Verwertung von Fremdböden genutzt werden, wird sich diese Praxis auf diese Regionen konzentrieren müssen. Der Einzugsbereich zur Anlieferung von Bodenaushubmassen sollte nicht allzu groß sein.

In diesen Regionen leben derzeit ca. 4,5 Mio. Personen und damit etwa 40% der Gesamtbevölkerung Baden-Württembergs. Legt man das Aufkommen an Bodenmassen einfach und schematisch auf diese Einwohnerzahl um, ergaben sich etwa 11,1 Mio. Tonnen jährlich. Setzt man wiederum pauschal und vereinfachend an, dass sich hieraus ca. 1/3 zu Rohstoffen für die Bauwirtschaft aufbereiten lassen, ließen sich jährlich knapp 3,7 Mio. Tonnen Kies, Sand und Ziegeleirohstoffe einsparen. In Baden-Württemberg werden derzeit jährlich etwa 20 bis 25 Mio. Tonnen Kies und Sand gefördert.

5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Nutzung von Bodenaushubmassen als Rohstoffquelle hat seit kurzem deutlich an Bedeutung gewonnen. Schon heute werden an den Anlagen zur Rohstoffgewinnung bzw. an Kieswerken in Einzelfällen Bodenaushubmassen zur Aufbereitung und Verwertung angenommen. Im Austausch mit diesen Betrieben waren folgende Ansatzpunkte der rechtlichen Rahmenbedingungen zu erkennen, um dieser Praxis eine größere Bedeutung zu ermöglichen.

Zentral ist die Frage der Zuordnung der Massen zum Abfallrecht. Anlagen zur Kiesgewinnung liegen baurechtlich im privilegierten Außenbereich, d.h. nicht in entsprechend ausgewiesenen Gewerbe- oder Industriegebieten. Dieses Privileg bezieht sich auf den Abbau von Rohstoffen und die nachfolgende Rekultivierung oder Renaturierung, die integraler Bestandteil der Natursteingewinnung ist. Wie die Praxis zeigt, werden in diesen Anlagen teilweise auch Kiese aufbereitet, die andernorts in anderen Kiesgruben gewonnen wurden. Die Genehmigung muss sich nicht zwingend auf die am Standort der Aufbereitungsanlage selbst gewonnenen Kiesmassen beschränken.

Bodenaushubmassen unterliegen aber in der Regel dem Abfallrecht. Die Anlagen zur Kiesgewinnung sind keine Abfallbehandlungsanlagen, die Annahme von Abfallmassen ist von der Anlagengenehmigung nicht abgedeckt. Sollen Abfallmassen angenommen werden, muss für den Standort ein Bebauungsplan-Verfahren angestoßen werden, die Anlagen selbst benötigen eine entsprechende BImSch-Genehmigung. Diese Verfahren sind sehr zeitaufwendig und kostenintensiv.

Es liegt daher auf der Hand zu prüfen, inwieweit die Bodenaushubmassen zwingend und stets dem Abfallrecht unterliegen müssen. Im Idealfall unterschieden sich Bodenaushubmassen, die an Baustellen zur Entsorgung anfallen, nicht oder kaum von den Bodenmassen, die in Kiesgruben gewonnen und zur Baurohstoffen aufbereitet werden. Je nach Region weisen diese Kiese im Zweifel zudem auch höhere Feinanteile auf, die Anlagen zur Kiesgewinnung sind damit auf diese Rahmenbedingungen bereits grundsätzlich vorbereitet.

In aller Regel dürften die Kiese und Sande aus den Rohstoffgewinnungsstätten aus (deutlich) größerer Tiefe gewonnen werden als dies für Baugruben zu erwarten ist. Die Verwitterung der Gesteine ist in Abhängigkeit der Tiefe unter Geländeoberkante unterschiedlich weit vorangeschritten, was dazu führt, dass oberflächennahe Kiese und Sande eine tendenziell geringere Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Belastungen aufweisen dürften als die tieferen Lagen, was bei ihrer Verwendung in der Baustoffindustrie zu beachten ist.

Sollen Fremdböden verstärkt als Rohstoff genutzt werden und hierfür auch die Anlagen der klassischen Rohstoffgewinnung zur Verfügung stehen, bedarf es einer Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen. Diese Aushubmassen sollten außerhalb der Abfallrechts liegen, wenn folgende Rahmenbedingungen eingehalten sind:

- Begutachtung des Baugrundes in situ und vor der eigentlichen Baumaßnahme durch ein zertifiziertes Fachbüro, das eine repräsentative Aussage sowohl zu den Bodenarten als auch zur Schadstoffproblematik erlaubt und dies auf Basis eines entsprechend engen Rasters an Beprobungen sowohl in horizontaler als auch vertikaler Ausrichtung.
- Die Begutachtung weist nach, dass die Böden zumindest partiell den Spezifikationen der Anlagen zur Kiesgewinnung entsprechen und nicht mit Schadstoffen anthropogenen Ursprungs belastet sind. Diese Bodenaushubmassen kommen damit den Eigenschaften der Böden nahe, die in der jeweiligen Region als Rohstoff abgebaut und aufbereitet werden.
- Die Ausschachtung der Baugruben erfolgt entsprechend der Ergebnisse der Baugrunduntersuchung, d.h. selektiv im Sinne einer gezielten Rohstoffgewinnung. Die Erdarbeiten werden so ausgeführt, dass die geeigneten Massen separat von den übrigen Aushubmassen gewonnen und verladen werden, so dass die Kieswerke nur diejenigen Massen erhalten, die den jeweiligen Spezifikationen entsprechen.
- Zu prüfen ist die Notwendigkeit, für das Personal vor Ort oder zumindest für die Bauleitung eine entsprechende Schulung vorzusetzen.

Dieses Vorgehen ist bereits im Einzelfall Praxis und hier insbesondere bei Großbaustellen. Die Fa. Erdpool der DB Bahnbaugruppe bspw. erreicht für die großen Baumaßnahmen der DB bei den in den einzelnen Regierungsbezirken zuständigen Genehmigungsbehörden mit dem genannten Procedere für den Einzelfall, dass die geeigneten Teilmengen aus dem Abfallrecht entlassen sind bzw. nie zu Abfall im rechtlichen Sinne wurden. Dies erfolgt im Vorfeld der eigentlichen Genehmigungsplanung für die Baumaßnahmen.

Um die Nutzung von Bodenaushubmassen als Rohstoffquelle zu stützen, bedarf es einer allgemeinen bzw. allgemeingültigen Regelung. Gerade für kleinere Baustellen sind Einzelfallregelungen keine Lösung. Die Vielzahl an Anträgen würde auch die Kapazitäten der entsprechenden Behörden übersteigen.

Große im Erdbau und Tiefbau tätige Unternehmen haben bereits heute Abteilungen, die sich dem Stoffstrommanagement verschrieben haben. Hier werden basierend auf entsprechenden Ergebnissen von Baugrunduntersuchungen für Bodenmassen gezielt möglichst kostengünstige Verwertungswege gesucht. Das Procedere der Untersuchungsprogramme sowie nachfolgend der gezielten selektiven Entnahme von Bodenmassen ist bereits praxisüblich, wenn auch noch mit einer anderen Schlagrichtung.

Entsprechende Verordnungen auf Bundesebene oder Verwaltungsvorschriften auf Ebene des Bundeslandes benötigen im Zweifel einen größeren Zeitaufwand. Das Bundesland Bayern hat eine beispielgebende Lösung gefunden, geeignete Bodenaushubmassen aus dem Abfallregime zu entlassen, die als Richtschnur für Baden-Württemberg genutzt werden könnte.

Bodenaushub gilt nach § 2 Absatz 2 Nr. 11 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) rechtlich nicht als Abfall, wenn sichergestellt ist, dass es sich um nicht kontaminiertes Bodenmaterial handelt, welches im natürlichen Zustand an dem Ort, an dem es ausgehoben wurde, für Bauzwecke verwendet wird. Darüber hinaus hat das Bayerische Staatsministerium für

Umwelt und Verbraucherschutz auf der Grundlage eines Schreibens vom 10.08.2020¹ festgelegt, dass für Bodenaushub, der unmittelbar einem neuen Verwendungszweck zugeführt wird, kein Entledigungswille vorliegt - unabhängig von der Entfernung zwischen Aushubstelle und dem Ort der Verwendung. Ohne Entledigungswillen nach § 3 Abs. 3 Satz 1 Nr. 2 KrWG gelten diese Massen ebenfalls nicht als Abfall. Von einem unmittelbaren neuen Verwendungszweck kann auch dann ausgegangen werden, wenn ein Besitzer von Bodenaushub mit einem Dritten einen Vertrag über die Abgabe von Bodenmaterial vor dessen Aushub schließt. Dann ist es unerheblich, ob das Material zunächst zwischengelagert werden muss.

Dieses Schreiben und die entsprechende Veröffentlichung auf den Seiten des Landesamtes für Umwelt Bayern hat dort „Rechtscharakter“ erzielt. Es ist die zentrale Richtschnur für das Handeln der verschiedenen Genehmigungsbehörden. Die Genehmigungen im Einzelfall sind mit Bezug auf dieses Schreiben einfach und zeitnah zu erhalten.

Bei Nassauskiesungen werden die anfallenden Schlämme aus der Klassierung als Teil des Abwasserstroms in der Regel in die Kiesgrube rückgeführt. Die Massen wurden ja zuvor der Grube entnommen. Mit der Annahme von Fremdmassen dürfte dieser offene Wasserkreislauf unter diesen Randbedingungen nicht mehr gegeben sein.

Die Rückführung der Schlämme führte in der Vergangenheit zu einer Versiegelung des Untergrundes in den Kiesgruben, was sich derzeit zunehmend als Problem erweist. Angesichts beschränkter Restlaufzeiten und den Problemen bei Erweiterung der Abbaugenehmigungen oder gar Neuanlage von Rohstoffgewinnungsanlagen werden die Möglichkeiten geprüft, die Ausbeutung an den bestehenden Anlagen bspw. durch Übertiefung zu erhöhen. Wurden die in der Aufbereitung anfallenden Schlämme in die Gruben rückgeführt, erweist sich dies als nicht oder nur sehr schwierig möglich. Die Schlämme haben in diesen Fällen die Kiesvorkommen versiegelt.

Mit Zielrichtung, die Rohstoffvorkommen möglichst optimal nutzen zu können, sollten offene Wasserkreisläufe in Zukunft weniger üblich werden. Werden die an den Nassklassieranlagen anfallenden Schlämme separiert und über Kammerfilterpressen entwässert, fallen hier Filterkuchen an, für die ebenfalls Nutzungsmöglichkeiten als Baurohstoff gefunden werden können. Die Ziegelindustrie setzt zunehmend auf diese Filterkuchen als Rohstoffquelle, aber auch die Zementindustrie ist zunehmend auf Tone angewiesen, um diese getempert als Klinkersubstitut einsetzen zu können.

Sind diese Rahmenbedingungen an den Standorten geschaffen, entfällt die Notwendigkeit, die Schadstoffgehalte der Bodenmassen auf die übliche Hintergrundbelastung zu begrenzen, Grundvoraussetzung für die Nutzung von bspw. Stadtböden. In den Feinmaterialien erfolgt die Aufkonzentration derartiger anthropogener Stoffe. Werden die Schlämme nicht in die Gruben rückgeführt, sondern andernorts entsorgt / genutzt, sind keine Beeinträchtigungen mehr von Böden und Grundwasser am Standort zu befürchten.

Zwischen der Baustelle und der Nutzung in bspw. Kieswerken bedarf es sehr wahrscheinlich in aller Regel eines Puffers. Das Aufkommen an Bodenaushubmassen folgt der

¹ https://www.lfu.bayern.de/abfall/mineralische_abfaelle/faq_bodenaushub/index.htm

Notwendigkeit der eigentlichen Baumaßnahme. Der eigentliche Bauablauf sollte durch die selektive Entnahme von Böden als Rohstoffquelle nicht tangiert werden. Nur so sind eine ausreichende Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit gesichert. Die Nachfrage der Baustoffindustrie ist im Zweifel eine andere, sie Rohstoffmassen werden zu anderen Zeitpunkten oder in abweichendem Umfang nachgefragt.

Auf den Baustellen ist diese Pufferung nicht immer möglich, entsprechende Flächen werden nicht immer zur Verfügung stehen. Die Pufferung erfolgt sinnvollerweise an den Kieswerken als Aufbereitungsanlagen. Der Durchsatz ist hier auch Nachfrage gesteuert.

Sind die angelieferten Bodenmassen nicht als Abfall deklariert, sind für entsprechende Zwischenlagerflächen deutlich einfacher die hierfür notwendigen Genehmigungen zu erzielen.

6 Schlussfolgerungen

Wie aus der Untersuchung deutlich wurde, ist die Nutzung von Bodenaushubmassen aus ökologischer Sicht sinnvoll. Auch über Anlagen der Kiesgewinnung lassen sich – ggf. mit Anpassung der Aufbereitungstechnik – Sande und Kiese gewinnen, die hochwertig entweder als Rohstoff für die Baustoffindustrie oder direkt als Baustoff Verwendung finden. Werden die dabei anfallenden Schlämme über Kammerfilterpressen entwässert, stellen auch diese Filterkuchen eine wichtige potenzielle Rohstoffbasis für die Ziegel- oder auch Zementindustrie dar. Der Aufwand der Aufbereitung ist tendenziell etwas höher als der für die Gewinnung von primären Rohstoffen, ist aber auch im Vergleich zur Ablagerung auf Deponien oder im Rahmen von Verfüllmaßnahmen tendenziell vorteilhaft, wenn man die Logistikketten einbezieht.

Wie die Praxis und vor allem auch aktuelle Planungen zeigen, lassen sich auch Bodenmassen als Rohstoffquelle nutzen, die höhere Feinanteile aufweisen und weiter von den Spezifikationen der Kieswerke abweichen. Zwei zentrale Bodenbehandlungsanlagen werden bereits betrieben, eine weitere große und innovative Anlage ist für knapp außerhalb der Landesgrenzen Baden- Württembergs geplant. Hier ist auch die Aufbereitung von „Rotliegendem“ geplant, d.h. dem obersten rötlich gefärbten Verwitterungshorizont, ggf. nach vorheriger Konditionierung mit anderen mineralischen Massen.

Werden die geeigneten Bodenmassen auf den Baustellen gezielt gewonnen und wird Nebenprodukt der Baustelle die Rohstoffgewinnung, sollten diese Massen nicht dem Abfallrecht unterliegen. Dies möglichst nicht über Einzelfallregelungen, die heute noch üblich sind, sondern entsprechend aufgrund einer allgemeinverbindlichen Regelung. Nur so sind Rohstoffgewinnungsanlagen für diese Aufgaben gut mobilisierbar.

Die Nutzung der Bodenmassen als Rohstoffquelle funktioniert dann, wenn für den dabei anfallenden Schluff eine wirtschaftliche Lösung gefunden ist. Hier könnten flankierende Maßnahmen sinnvoll sein, um die Optionen Flüssigboden, Ziegeleirohstoff, Rohstoff für den Lehm- oder auch Rohstoff für die Zementproduktion zu öffnen. Bisher verfügt die Zementindustrie über ausreichend große Lagerstätten, der Rückgriff auf (kalkarme) Tone ist vor allem aus Sicht des Klimaschutzes attraktiv.

Dies zeigt, dass die umweltpolitischen Rahmenbedingungen aufrechterhalten und ausgebaut werden müssen. Dies sind nicht nur Vorgaben aus dem Bereich Klimaschutz, sondern auch aus der Rohstoffeffizienz oder Ressourcenschonung heraus. Billige, weil ggf. im Graubereich liegende Entsorgungsalternativen sollten unterbunden werden. Deponiekapazitäten sollten nur den Abfallmassen offenstehen, für die eine Entsorgung außerhalb des Deponiekörpers nicht möglich ist.

Rohstoffeffizienz und Ressourcenschonung haben auch von Seiten der Endverbraucher einen wachsenden Stellenwert. Rohstoffe aus der Nutzung von Bodenaushubmassen sollten diesbezüglich erkennbar sein. Es handelt sich um primäre Rohstoffe aus sekundären Quellen. Dies sollte ausgewiesen sein, eine gemeinsame Deklaration mit Recyclingmaterialien ist

nicht sinnvoll, da diese Massenströme damit ohne Not unter die entsprechenden Regelwerke für Materialien aus der Aufbereitung bspw. von Bauschutt fallen.

7 Quellen

Feeß / IAB / ifeu / Universität Tübingen, Entwicklung eines Verfahrens zur vollständigen Aufbereitung und hochwertigen Verwertung von Boden- und Bauschuttmaterial für ressourcenschonende Baustoffe, Forschungsprojekt gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (AZ 32046/01), März 2020

Marco Haas, Aushubmassen als wertvolle Rohstoffquelle, Firma Zwisler, Tettngang, Vortrag im Rahmen des Fachsymposiums des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg „Bausteine zum zirkulären Bauen“, 09.03.2022

ifeu Heidelberg, Vollständige Aufbereitung und Verwertung von Boden- und Bauschuttmaterial - Teilvorhaben: Erschließung neuer innovativer Absatzwege für RC-Baustoffe, im Rahmen des DBU geförderten Forschungsprojektes AZ 32046, September 2019

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg, Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2019, Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Vierter Landesrohstoffbericht –, Freiburg i. Br. 2020

M. Maier / Ch. Thienel, Calcinierte Tone als Zementersatzstoffe (SCM), Präsentation im Mastermodul „Vertiefte Kapitel Anorganische Bindemittel und Betontechnologie“ des Instituts Werkstoffe im Bauwesen an der Universität der Bundeswehr München
<https://www.vdz-online.de/wissensportal/publikationen/forschungsergebnisse-optimierung-von-zementen-mit-getemperten-tonen-als-hauptbestandteil-und-dauerhaftigkeit-damit-hergestellter-betone>
<https://www.bam.de/Content/DE/Paper-des-Monats/2020/Umwelt/2020-02-01-paper-des-monats-umwelt.html>