

## Auf dem Weg zum Baustoffkreislauf

Die heutigen Bauwerke sind die Ressourcen von morgen

Dominic Utinger

### *Zusammenfassung*

*Als Nutzende von Infrastrukturbauwerken und Gebäuden tragen wir unbewusst zum grössten Abfallstrom bei: den Bauabfällen. Bauabfälle machen gut vier Fünftel der gesamten Abfallmenge der Schweiz aus. Ein grosser Anteil dieser Abfallmenge könnte grundsätzlich verwertet werden. Gleichzeitig ist auch der Ressourcenbedarf der Bauwirtschaft hoch. Es liegt also auf der Hand, den Stoffkreislauf möglichst zu schliessen. Die rechtlichen Grundlagen, das Wissen und die Technologien sind vorhanden. Praxisbeispiele zeigen, dass mit Recycling-Baustoffen gebaut werden kann. Dennoch hat sich der Baustoffkreislauf noch nicht durchsetzen können. Die Gründe dafür sind vielfältig und die heutigen Defizite müssen überwunden werden. Denn unsere heutigen Bauwerke sind auch die Ressourcen von morgen. Dieser Beitrag beleuchtet die Herausforderungen und zeigt Lösungsansätze zur Etablierung eines Baustoffkreislaufs auf.*

## 1 Einleitung

Die Abfallwirtschaft in der Schweiz hat sich im Verlauf der letzten rund 100 Jahre massiv verändert und weiterentwickelt (AUE BL 2017a, 7–10 und 14–15). Heute verfügt die Schweiz über eine gut eingespielte Abfallwirtschaft und die professionelle Behandlung von Abfällen hat sich als allgemeiner Standard etabliert. Trotz dieser guten Ausgangslage stehen in der Abfallwirtschaft grosse Herausforderungen an. Im Zentrum steht dabei der Umgang mit unseren Rohstoffen. Die Abfallwirtschaft muss sich von einer entsorgungsorientierten Abfallwirtschaft zu einer Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft entwickeln. Dies gilt nicht nur, aber speziell im Bereich der Bauabfälle (AUE BL 2017a, 7–10 und 14–15). In einer Kreislaufwirtschaft werden Produkte und Stoffe durch Wiederverwenden, Reparieren, Aufbereiten und Verwerten (Recycling) so lange wie möglich hochwertig im Stoffkreislauf gehalten.

---

Adresse des Autors: Dominic Utinger, Kanton Basel-Landschaft, Bau- und Umweltschutzdirektion, Amt für Umweltschutz und Energie, Rheinstrasse 29, CH-4410 Liestal; E-Mail: dominic.utinger@bl.ch

Bei mineralischen Bauabfällen und Rückbaustoffen handelt es sich um den mengenmässig weitaus bedeutendsten Abfallstrom der Schweiz (*BAFU* 2020, 6). Das Verwertungspotenzial dieser Abfälle ist gross und der Ressourcenbedarf der Bauwirtschaft ist sehr hoch. Durch die Aufbereitung von mineralischen Bauabfällen zu Recycling-Baustoffen und durch die Gewinnung von verwertbaren Anteilen wie Sand und Kies aus unverschmutztem und verschmutztem Aushubmaterial können Primärrohstoffe ersetzt und damit Ressourcen geschont werden. Zudem können dadurch Eingriffe in die Natur und Landschaft reduziert werden, da der Landverbrauch für die Gewinnung von Kies für die Bauwirtschaft verringert und das vorhandene Deponievolumen geschont werden (*AUE BL* 2017b, 82).

Trotz des grossen Potenzials von Recycling-Baustoffen hat sich in der Region Basel und in weiten Teilen der Schweiz noch kein Baustoffkreislauf durchgesetzt. Die Gründe dafür sind vielfältig. Dieser Beitrag beleuchtet die Herausforderungen zur Etablierung eines Baustoffkreislaufs und zeigt vorhandene Defizite sowie Lösungsansätze auf.

## 2 Rechtliche und weitere massgebende Grundlagen

Die schweizerische Umweltgesetzgebung hat einen sehr hohen Standard. Die Vorgaben für einen umweltverträglichen und ressourcenschonenden Umgang mit Bauabfällen sind im Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz USG, SR 814.01), im Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz GSchG, SR 814.20) sowie in der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung VVEA, SR 814.600) enthalten.

Die VVEA enthält technische und organisatorische Vorschriften zum Umgang mit Abfällen. Im Zentrum stehen dabei die Vermeidung, die Verwertung, die Behandlung und die Ablagerung von Abfällen (Abfallhierarchie) sowie die nachhaltige Nutzung von Ressourcen. Auch die Bauprodukteverordnung (BauPV, SR 933.01) umfasst Vorgaben zum Umgang mit Ressourcen. Gemäss BauPV muss bereits bei der Planung eines Vorhabens darauf geachtet werden, dass eine möglichst vollständige Abfallverwertung gewährleistet wird und umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe zum Einsatz kommen.

Nebst den rechtlichen Bestimmungen existieren auch verschiedene Normen und Richtlinien, welche sich mit dem nachhaltigen Bauen, der Verwertung von Bauabfällen und mit dem Einsatz von Recycling-Baustoffen in gebundener (Betone) und ungebundener (Kiesgemische) Form befassen.

## 3 Mineralische Bauabfälle – Klassierung, Mengen und Verwertungspotenzial

Das “Bauwerk Schweiz”, bestehend aus Gebäuden, Infrastrukturbauwerken und Anlagen, entspricht gemäss Schätzungen des Bundes einem rund drei Milliarden Tonnen schweren Materiallager (*Schmidt* 2019). Bei Neubau-, Umbau- oder Rückbauarbeiten fallen grosse Mengen an Bauabfällen an, und im Gegenzug werden Baustoffe benötigt. Es liegt somit auf der Hand, dass das urbane Rohstofflager der Schweiz, welches permanent erneuert und erweitert wird, als Ressource genutzt wird. Diese Nutzung wird unter dem Begriff “*Urban Mining*” (englisch für Bergbau im städtischen Bereich) zusammengefasst.

Herausforderungen bei der Verwertung von Abfällen aus dem Baubereich stellen die grosse Bandbreite an verschiedenen Bauabfällen sowie Schadstoffbelastungen dar. Bei der mengenmässig bedeutendsten Kategorie handelt es sich um die mineralischen Bauabfälle (siehe Abb. 1). Zu dieser Kategorie gehören belasteter und unbelasteter Bodenabtrag, unverschmutztes und verschmutztes Aushubmaterial sowie mineralische Rückbaustoffe.

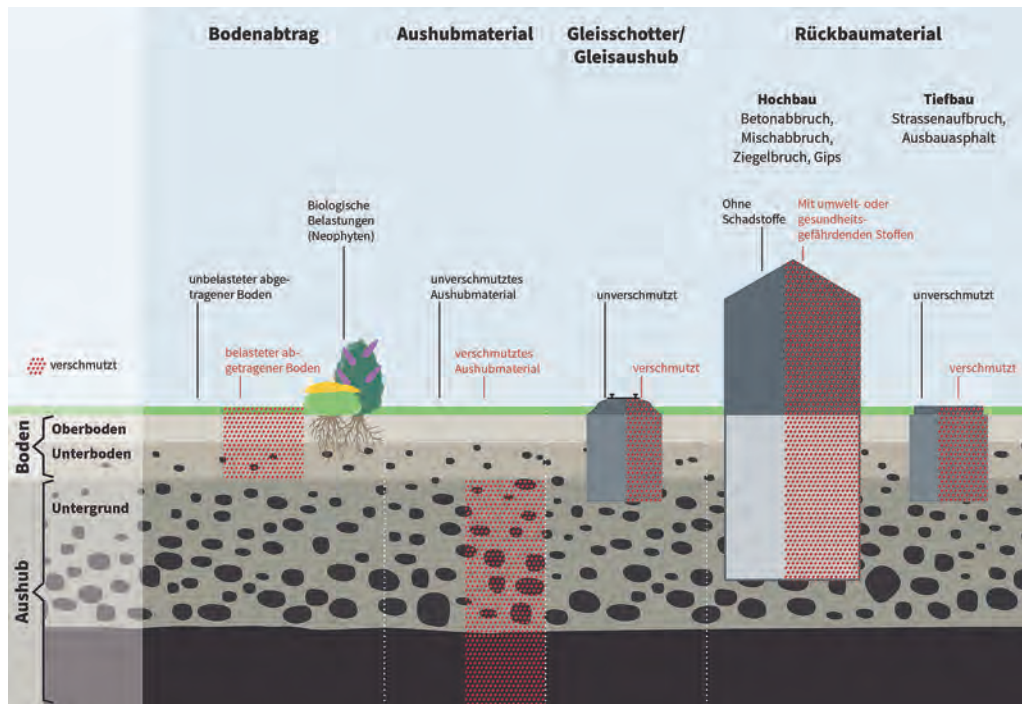


Abb. 1 Schematische Darstellung der verschiedenen mineralischen Bauabfälle.

Grafik: AUE BL

### 3.1 Bodenabtrag

Bei Boden handelt es sich um die äusserste, durchwurzelt und wenige Dezimeter bis etwa zwei Meter mächtige Verwitterungsschicht der Erdrinde. Boden ist Lebensraum und Lebensgrundlage zugleich. Die Böden in der Schweiz sind einige Tausend Jahre alt und erst nach dem Rückzug der Eiszeiten entstanden. Demzufolge gilt es, sorgsam mit unseren Böden umzugehen. Bei Bauvorhaben anfallender Bodenabtrag muss möglichst vollständig verwertet werden. Dabei darf die Bodenstruktur nicht zerstört werden (BAFU 2015, 15–24). In der Praxis wird zwischen Oberboden (A-Horizont; stark belebt) und Unterboden (B-Horizont; weniger stark belebt) unterschieden.

Speziell im Siedlungsraum ist Boden aufgrund menschlicher Aktivitäten häufig belastet. Belasteter Boden kann nur eingeschränkt verwertet werden. Eine neuere Thematik stellt die Belastung von Boden mit invasiven, gebietsfremden Pflanzen (Neophyten) dar. Die Bodenverwertung darf nicht zur Verbreitung von Neophyten durch die Verschleppung von wachstumsfähigem Material (Samen, Rhizome etc.) führen.

## 3.2 Aushubmaterial

Als Aushubmaterial gilt Material, das bei Bautätigkeiten unterhalb der belebten Bodenschicht anfällt. Es umfasst Lockergestein wie Kies, Sand, Silt oder Ton und Gemische davon sowie gebrochenen Fels. Die Zusammensetzung (Anteil Kies und Sand) sowie die geotechnischen Eigenschaften von Aushubmaterial sind massgebend für das Verwertungspotential.

Aushubmaterial gilt als unverschmutzt, wenn seine natürliche Zusammensetzung durch menschliche Tätigkeiten weder chemisch noch durch Fremdstoffe verändert wurde. In Abhängigkeit von der vorgängigen Nutzung eines Standortes kann Aushubmaterial mineralische Rückbaustoffe oder Reste von alten Abfallablagerungen enthalten oder mit Schadstoffen belastet sein. Die VVEA bezeichnet Grenzwerte, nach denen unverschmutztes und verschmutztes Aushubmaterial differenziert werden kann. Weiter sind Grenzwerte für die Ablagerung auf Deponien definiert.

## 3.3 Mineralische Rückbaustoffe

Unter dem Begriff mineralische Rückbaustoffe werden Betonabbruch, Mischabbruch, Strassenaufbruch, Ausbauasphalt und Ziegelbruch subsumiert. Diese Abfälle fallen bei Bauvorhaben im Hoch- und Tiefbau an (BAFU 2006, 12).

*Betonabbruch* fällt beim Abbrechen oder Fräsen von bewehrten oder unbewehrten Betonkonstruktionen an. *Mischabbruch* ist ein Gemisch von mineralischen Rückbaustoffen. Die Zusammensetzung kann in Abhängigkeit des Bauwerks sehr unterschiedlich sein (Rubli 2020). Unter dem Oberbegriff *Strassenaufbruch* versteht man das durch Ausheben, Aufbrechen oder Fräsen von Fundamentalschichten gewonnene Material. *Ausbauasphalt* fällt beim schichtweisen Kaltfräsen oder Aufbrechen von Asphaltbelag an.

## 3.4 Abfallmengen und Verwertungspotenzial

Die mengenmässige Bedeutung der mineralischen Bauabfälle zeigt sich bei der Einordnung in das Abfallaufkommen der Schweiz. In der Schweiz fallen jährlich fast 90 Millionen Tonnen Abfälle an. Der Anteil an Siedlungsabfällen beträgt rund sechs Millionen Tonnen (Bader 2019).

Bei rund 74 Millionen Tonnen – gut 82 % der Gesamtmenge – handelt es sich um mineralische Bauabfälle. Die dominante Fraktion mit ca. 57 Millionen Tonnen stellt dabei Aushubmaterial dar. Bei rund 17 Millionen Tonnen handelt es sich um mineralische Rückbaumaterialien von Baustellen (Bader 2019). Insgesamt werden in der Schweiz rund 70 bis 80 % der anfallenden Bauabfälle stofflich verwertet (Bader 2019; BAFU 2016, 13). Das Potenzial ist allerdings bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

Gemäss den Erhebungen der Taskforce Baustoffkreislauf Regio Basel fallen in der Region Basel jährlich rund 3.2 Millionen Tonnen mineralische Bauabfälle an (Abb. 2). Von dieser Menge werden etwa 0.55 Millionen Tonnen zu Recycling-Baustoffen aufbereitet und verbaut. Rund 0.9 Millionen Tonnen unverschmutztes Aushubmaterial werden zur Rekultivierung von Kiesgruben ins grenznahe Ausland exportiert und nahezu die gleiche Menge wird im Baselbiet verwertet. Knapp eine Million Tonnen Bauabfälle wird im Kanton Basel-Landschaft jährlich deponiert (♻️).

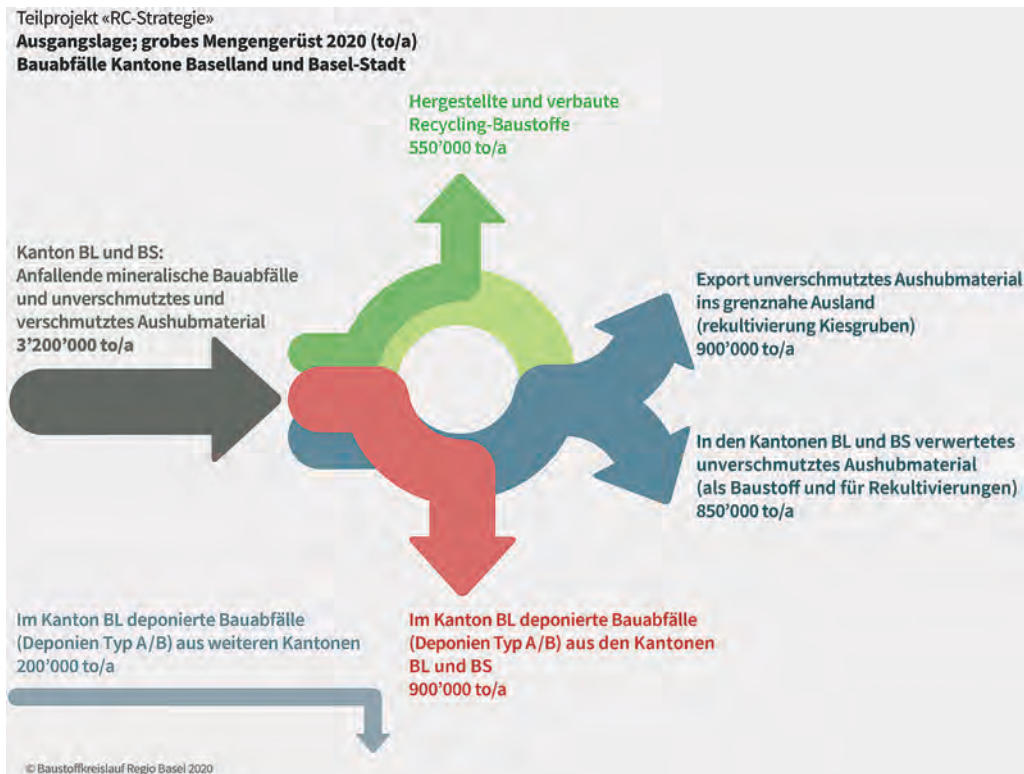


Abb. 2 Stoffflüsse an mineralischen Bauabfällen in den Kantonen Basel-Landschaft und Basel-Stadt (1).

## 4 Der Baustoffkreislauf beginnt schon vor der Bauphase

Die VVEA regelt unter anderem den Umgang mit Bauabfällen und nimmt die Bauherrschaft in die Pflicht. Sofern bei einem Bauvorhaben im Hoch- oder Tiefbau schadstoffhaltige Bauabfälle zu erwarten sind, muss eine Schadstoffermittlung vorgenommen werden. Basierend auf den Resultaten der Schadstoffermittlung wird dann ein verbindliches Entsorgungskonzept (in der Praxis häufig als Vorgehens- und Entsorgungskonzept [VEK] bezeichnet) erstellt und der Bewilligungsbehörde eingereicht. Sofern bei einem Vorhaben eine grössere Menge (> 200 Kubikmeter) an Bauabfällen anfällt, muss auch dann ein Entsorgungskonzept verfasst werden, wenn nicht mit schadstoffhaltigen Bauabfällen gerechnet wird.

### 4.1 Schadstoffermittlung

Im Hinblick auf die Verwertung von mineralischen Bauabfällen ist zentral, dass schadstoffhaltige Baustoffe sowie nutzungsbedingte Schadstoffbelastungen frühzeitig erkannt und während den Bauarbeiten separiert werden. Dadurch wird sichergestellt, dass belastete Abfälle behandelt und Schadstoffe vom Baustoffkreislauf ferngehalten werden können. Dazu muss bei einem Umbau-



oder Rückbauprojekt zwingend eine Schadstoffermittlung durchgeführt werden, wenn der Verdacht auf eine Schadstoffbelastung des Bauwerks oder des Bauperimeters beziehungsweise der Parzelle vorliegt.

Mit schadstoffhaltigen Rückbaustoffen ist zu rechnen, wenn das betreffende Gebäude oder Infrastrukturbauwerk vor 1990 errichtet worden ist. Die Bandbreite an Bauschadstoffen ist dabei gross, und die Erkennung erfordert viel Erfahrung. Häufig anzutreffen sind schwach- und festgebundener Asbest, PCB (polychlorierte Biphenyle), PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) und Schwermetalle (☿<sub>2</sub>). Zur Identifikation dieser Schadstoffe sind materialtechnische Untersuchungen und chemische Analysen erforderlich. Die Schadstoffermittlung muss durch eine anerkannte Fachperson mit einer entsprechenden Grund- und Fachausbildung sowie ausreichend Erfahrung durchgeführt werden.

In Abhängigkeit der Nutzung von Industrie- und Gewerbebauten ist unabhängig vom Baujahr mit nutzungsbedingten Belastungen zu rechnen. Aufgrund der Branche beziehungsweise der relevanten Prozesse kann auf mögliche Schadstoffe geschlossen werden. Beispielsweise kann davon ausgegangen werden, dass die Bodenplatte einer Garage mit Kohlenwasserstoffen (Diesel, Motorenöl, Schmiermittel etc.) kontaminiert ist.

Bei Aushubarbeiten müssen der Ober- und Unterboden sowie der Untergrund auf Schadstoffe untersucht werden, wenn die entsprechende Parzelle beziehungsweise der Standort in der Hinweiskarte zu Bodenbelastungen oder im Kataster der belasteten Standorte (KbS) erfasst ist oder wenn konkrete Hinweise auf Belastungen vorliegen.

## 4.2 Entsorgungskonzept

Für Bauvorhaben, bei denen voraussichtlich mehr als 200 Kubikmeter Bauabfälle anfallen oder Bauabfälle mit umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Stoffen zu erwarten sind, muss ein Entsorgungskonzept verfasst werden. Die Resultate der Schadstoffermittlung bilden dabei eine wichtige Grundlage für das Entsorgungskonzept.

Der Umfang und Detaillierungsgrad eines Entsorgungskonzepts ist stark von der Grösse und Komplexität des Bauvorhabens abhängig. Typischerweise umfasst ein Entsorgungskonzept folgende Informationen:

- Art und Menge der erwarteten Abfälle: Auflistung der Abfälle nach den Abfall-Codes.
- Abfallqualitäten: Zusammensetzung und Schadstoffbelastung der verschiedenen Abfälle.
- Schadstoffentfernung: Angabe, welche Schad- und Störstoffe vor dem Rückbau entfernt werden beziehungsweise welche belasteten Bauteile als Ganzes entsorgt werden.
- Verwertungs- und Entsorgungswege: Angabe des vorgesehenen Verwertungs- und Entsorgungsweges für die verschiedenen Abfälle.
- Begründung bei Nichtverwertung: Wenn entgegen der grundsätzlichen Verwertungspflicht eine direkte Ablagerung von Abfällen vorgesehen ist, muss dies begründet werden.

Im Idealfall liegt das Entsorgungskonzept zum Zeitpunkt der Einreichung der Baugesuchunterlagen in einer finalen Version vor, so dass die Bewilligungsbehörde das Konzept prüfen und – allenfalls unter Auflagen – freigeben kann. Spätestens zum Zeitpunkt der Baufreigabe beziehungsweise des Baubeginns muss das definitive Entsorgungskonzept vorliegen.

### 4.3 Realisierung von Baumassnahmen

Bei der Realisierung von Baumassnahmen müssen die Entsorgungskonzepte zwingend berücksichtigt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass Schadstoffe oder schadstoffhaltige Baustoffe vor dem Rückbau entfernt und bereits beim Rückbau beziehungsweise bei den Aushubarbeiten die verschiedenen Bauabfälle und Abfallkategorien getrennt erfasst und separat gelagert beziehungsweise abgeführt werden. Die Vermeidung der Vermischung von verschiedenen Abfällen stellt eine Grundlage für die anschliessende Aufbereitung zu hochwertigen Recycling-Baustoffen dar.

## 5 Aufbereitung und Verwertung von mineralischen Bauabfällen

Durch die Aufbereitung werden die auf den Baustellen anfallenden mineralischen Bauabfälle in hochwertige, sekundäre Ressourcen und Recycling-Baustoffe transformiert. Dabei können grundsätzlich die Aufbereitungsprozesse der drei Materialklassen 1) unverschmutztes und 2) verschmutztes Aushubmaterial sowie 3) mineralische Rückbaustoffe unterschieden werden, welche in Abb. 3 dargestellt sind. Nachfolgend werden die Aufbereitungsprozesse der drei genannten Materialklassen näher beschrieben.

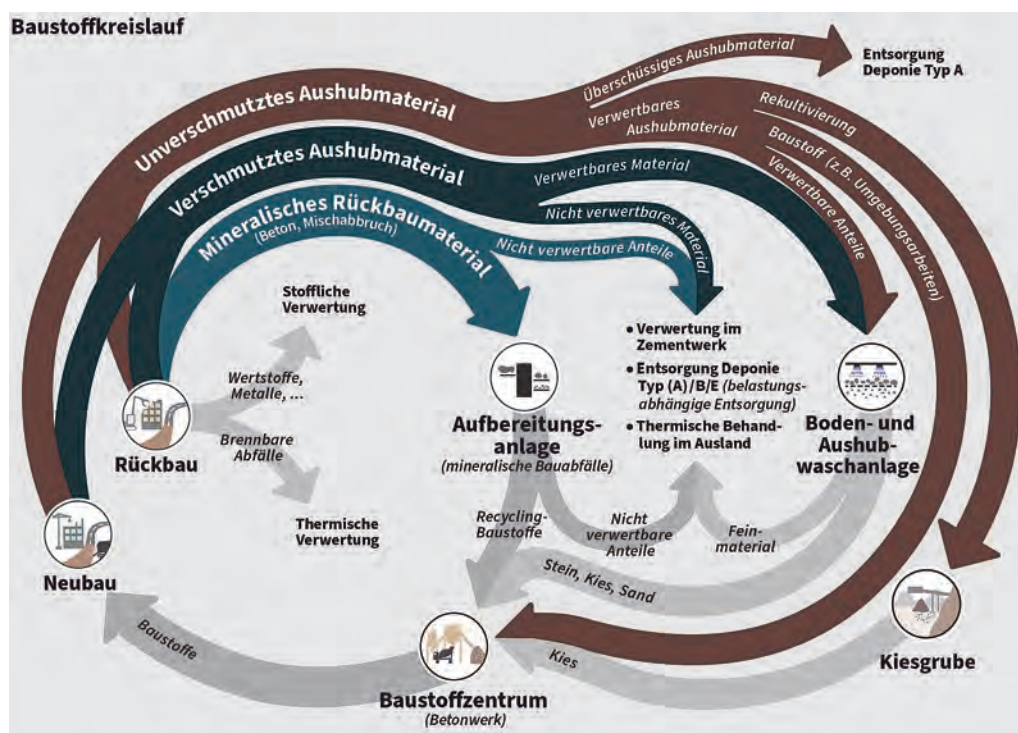


Abb. 3 Schematische Darstellung des Baustoffkreislaufs (3).

## 5.1 Unverschmutztes Aushubmaterial

Unverschmutztes Aushubmaterial ist nicht mit Schad- oder Fremdstoffen belastet und kann deshalb auch ohne vorgängige Behandlung verwertet werden. Die direkten Verwertungsmöglichkeiten sind von den geotechnischen Eigenschaften des Materials abhängig:

- Verwertung direkt am Anfallort als Baustoff zum Beispiel für Hinterfüllungen oder Geländeanpassungen.
- Nutzung als Rohstoff in Zementwerken (Herstellung von Zement).
- Wiederauffüllung und Rekultivierung von Materialentnahmestellen wie zum Beispiel Kiesgruben.
- Realisierung von bewilligten Terrainveränderungen.

Zur Auffüllung von Kiesgruben kann unverschmutztes Aushubmaterial auch exportiert werden. Dieser Verwertungsweg ist für die Region Basel von grosser Bedeutung, da im Baselbiet kaum mengenmässig bedeutende Kiesgruben und andere Materialentnahmestellen betrieben werden.

Aus sandig-kiesigem Aushubmaterial können durch die Behandlung in einer Aushubwaschanlage verwertbare Fraktionen wie Sand und Kies gewonnen werden. Nicht verwertbares oder überschüssiges, unverschmutztes Aushubmaterial muss auf einer Deponie vom Typ A (“Aushubdeponie”) abgelagert werden.

## 5.2 Verschmutztes Aushubmaterial

Bei Bauvorhaben im urbanen Raum und insbesondere in Gewerbegebieten und auf Industriebrachen fällt in vielen Fällen verschmutztes Boden- und Aushubmaterial an. Diese Abfallkategorie stellt auf den Deponien vom Typ B (“Bauabfalldeponien”) im Kanton Basel-Landschaft die dominante Fraktion dar (☉<sub>1</sub>). Bei den Verschmutzungen kann es sich um chemische Belastungen (Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe, PAK etc.) oder um Fremdstoffe wie zum Beispiel Rückbaustoffe, Kunststoffteile oder Holz handeln. Analog zu unverschmutztem Aushubmaterial können in Abhängigkeit von den geotechnischen Eigenschaften des Materials mittels Aushubwaschanlagen verwertbare Fraktionen wie Sand und Kies gewonnen werden.

Vor der eigentlichen Behandlung mittels Aushubwäsche erfolgt bei Bedarf eine trockene Materialaufbereitung mittels Brecher- (Herabsetzung der Korngrösse), Sortier- und Siebanlagen. Fremdstoffe wie Kunststoffteile oder Holz müssen dabei manuell aussortiert werden. Armierungseisen und andere Eisenteile können mittels Magnetabscheidern automatisch abgetrennt und der Verwertung in einem Stahlwerk zugeführt werden.

Eine Aushubwaschanlage sorgt in erster Linie für eine nassmechanische Trennung von kontaminierten und sauberen Materialanteilen sowie für eine Abscheidung von kleinen Fremdstoffteilen. Dazu wird das verschmutzte Material mit Wasser aufgeschwemmt, und schwimmende Stoffe werden ausgeschleust. Kies wird über Siebe ausgetragen, mittels Wasser nachgereinigt und in verschiedene Kornklassen eingeteilt. Die Sandfraktion wird in einem mehrstufigen Prozess behandelt, so dass eine Dichtklassierung erfolgt. Die gewaschenen Sand- und Kiesfraktionen werden getrennt nach Behandlungschargen zwischengelagert, beprobt und auf Schadstoffe analysiert. Die Freigabe zum Einsatz als Baustoff erfolgt erst nach erfolgreicher Qualitätskontrolle.

Die Schadstoffe aus dem behandelten Material werden im schlammigen Feinanteil aufkonzentriert. Dieser Schlamm wird geflockt und über Filterpressen entwässert. Der anfallende Filterkuchen kann im Idealfall als Rohmehlersatz in einem Zementwerk verwertet werden. Je nach Schad-



stoffgehalt ist eine Deponierung möglich, oder das Material muss zur thermischen Behandlung exportiert werden. Das Prozesswasser wird in einer internen Abwasserreinigungsanlage vorbehandelt und dann wieder als Waschwasser in den Kreislauf zurückgeführt.

### 5.3 Mineralisches Rückbaumaterial

Die beim Rückbau von Gebäuden und Infrastrukturbauwerken anfallenden mineralischen Bauabfälle wie Betonabbruch (Abb. 4), Mischabbruch, Ziegel oder Ausbauasphalt können in Aufbereitungsanlagen zu Recycling-Baustoffen aufbereitet werden.



Abb. 4 Rückbau eines Betongebäudes im Raum Schweizerhalle bei Muttenz.

Foto: AUE BL

Dabei werden die sortenreinen mineralischen Rückbaufractionen mittels Prall- oder Backenbrecher zerkleinert. Fremd- und Störstoffe wie Holz- oder Kunststoffstücke können bei einer Trockenaufbereitung (ohne Wasser) mittels eines Windsichters (mechanisches Trennverfahren nach dem Prinzip der Schwer- oder Fliehkrafttrennung in einem Luftstrom) abgeschieden werden. Bei einer nassen Aufbereitung kann eine Abscheidung mittels Flotation (physikalisches Trennverfahren zur Abscheidung von Stoffen aus einem Feststoffgemisch in einer wässrigen Aufschlammung mit Hilfe von Luftblasen) erfolgen. Metalle wie Armierungseisen oder Drähte werden durch einen Metallabscheider abgetrennt und der Verwertung in einem Metallwerk zugeführt. Das gebrochene Material wird über Siebanlagen geführt und in verschiedene Korngrößen klassiert. Die resultierenden Recycling-Baustoffe wie zum Beispiel Betongranulat ersetzen den Sand und Kies aus natürlichen Primärressourcen im Beton.

Die Dekontamination von schadstoffbelasteten Rückbaustoffen – zum Beispiel eine mit Öl oder Diesel belastete Bodenplatte aus einer Garage – ist in einer derartigen Anlage nicht möglich. Deshalb müssen schadstoffhaltige, nicht verwertbare oder aufgrund der Nutzung kontaminierte Baustoffe vor dem Beginn von Rückbauarbeiten identifiziert und fachgerecht entfernt werden.

Bauabfälle, die sich nicht vor Ort auf der Baustelle trennen lassen, gelangen in eine Sortieranlage. Der Stand der Technik der Bauabfallsortierung entwickelt sich kontinuierlich weiter. In modernen Anlagen kommen heute beispielsweise bereits sensorbasierte Sortierroboter zum Einsatz. Das Ziel dieser Sortieranlagen ist die Gewinnung von verwertbaren mineralischen Fraktionen, die einer Aufbereitungsanlage zugeführt werden können.

## 6 Nachhaltiges Bauen und der Einsatz von Recycling-Baustoffen

Der Begriff “Nachhaltiges Bauen” ist heute in aller Munde. Die Nachhaltigkeit im Baubereich beginnt bereits bei der Frage, ob überhaupt gebaut werden muss oder ob eine Umnutzung, Erweiterung oder Renovation möglich und sinnvoll wäre. Sofern ein Bedarf vorhanden ist, gilt es, diesen im Idealfall durch verdichtetes Bauen im Bestand zu befriedigen. Bei neuen Bauten ist darauf zu achten, dass diese bei wechselnden Bedürfnissen entsprechend angepasst und weiterentwickelt werden können. Das erfordert einerseits eine angepasste Gebäudekonzeption und Architektur. Andererseits müssen auch die Baustoffe so gewählt werden, dass ein Umbau einfach möglich ist, Bauteile wiederverwendet werden können und die anfallenden Bauabfälle hochwertig verwertet und als Ressourcen zurück in den Stoffkreislauf geführt werden können.

Im Zusammenhang mit der Wahl der Baustoffe kommen auch Recycling-Baustoffe ins Spiel. Die bei der Aufbereitung von unverschmutztem und verschmutztem Aushubmaterial durch Aushubwäsche sowie die bei der Aufbereitung von mineralischen Rückbaustoffen gewonnenen Gesteinskörnungen können als Recycling-Kiesgemische oder als Zuschlagsstoff zur Herstellung von Recycling-Beton genutzt werden. Für diese Verwendungen existieren normative Regelungen. Beton aus recycelter Gesteinskörnung weist nahezu die gleichen Eigenschaften wie Konstruktionsbeton aus Primärressourcen auf. Dies führt dazu, dass Recycling-Beton in allen Expositionsklassen, welche im Hochbau Verwendung finden, erhältlich ist und für nahezu alle Bauteile eingesetzt werden kann. Auch in ungebundener Form finden Recycling-Kiesgemische Anwendung. Durch die gebrochenen Anteile können sehr hohe Festigkeiten erreicht werden, was beispielsweise bei Fundationsschichten im Tiefbau Vorteile bringt (siehe Abb. 5).

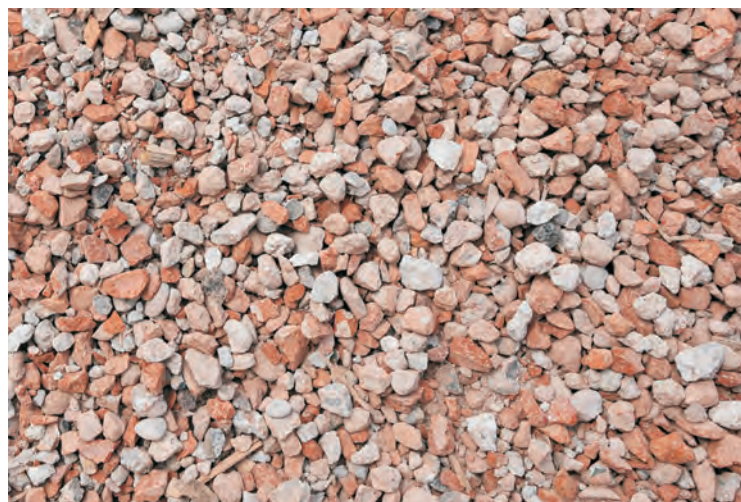
Durch die Nutzung von hochwertigen Sekundärbaustoffen können Primärrohstoffe geschont werden. Es gilt aber auch, etablierte Baustoffe weiterzuentwickeln und die Produktion ökologischer zu gestalten. Beispielsweise wird der Energiebedarf der Zementindustrie zum Brennen von Kalkstein und Mergel vermehrt durch die Nutzung von Abfällen als Energieträger gedeckt. Zudem sind auch ressourcenschonende Zemente auf dem Markt, welche als Zuschlagstoff aufbereitete mineralische Bauabfälle aus dem Gebäuderückbau enthalten. Dadurch werden nicht nur Ressourcen geschont, sondern es werden auch CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Zementherstellung reduziert.

Auch im Bereich des nachhaltigen Bauens können und müssen die Möglichkeiten der Digitalisierung genutzt werden. Beispielsweise können durch die Nutzung des Building Information Modeling (BIM; deutsch: Bauwerksdatenmodellierung) u. a. auch Informationen zur Bauausführung und zu den verwendeten Baustoffen erfasst und dokumentiert werden. Dies erleichtert bei einem künftigen Um- oder Rückbau die Planung der Verwertung massiv.

Im Bereich der Weiterentwicklung von ökologischen Baustoffen und der Nutzung der Möglichkeiten der Digitalisierung wird es vermehrt Innovationen brauchen. Dabei sind die klassischen Stärken der Schweiz im Bereich Forschung und Entwicklung gefragt.

Abb. 5 Natürliche und recycelte Gesteinskörnungen im Vergleich – Die Primärressource Wandkies (oben) sowie die Sekundärressourcen Betongranulat (Mitte) und Mischabbruchgranulat (unten).

*Foto: AUE BL*





## 7 Die Rolle von Deponien im Baustoffkreislauf

Die Bauwirtschaft wird auch künftig auf Deponien angewiesen sein. Nicht alle Bauabfälle können in hochwertige Recycling-Baustoffe transformiert werden. Rückstände aus der Aufbereitung von Bauabfällen, ausgeschleuste Schadstoffe sowie nicht verwertbare Bauabfälle müssen auf Deponien umweltgerecht entsorgt werden können.

Deshalb gehören auch Deponien als unverzichtbares Element zu einem funktionierenden Baustoffkreislauf. Allerdings dürfen die Geschäfts- und Betreibermodelle von Deponien die Verwertung von Bauabfällen nicht durch Dumpingpreise torpedieren. Vielmehr müssen Deponien als Teil des Baustoffkreislaufs verstanden werden und die Entsorgungssicherheit für nicht verwertbare Bauabfälle garantieren.

Die Schweiz kennt fünf Deponietypen für unterschiedliche Abfallfraktionen mit steigendem Schadstoffgehalt (Deponien vom Typ A, B, C, D und E). Für den Baustoffkreislauf sind die Deponien vom Typ A, B und E relevant:

- Deponien des Typs A sind für unverschmutztes Boden- und Aushubmaterial, Kieswaschschlamm und für nicht verwertbaren Ober- und Unterboden bestimmt.
- In Deponien des Typs B werden sogenannte Inertstoffe abgelagert. Es handelt sich dabei um wenig schadstoffhaltige gesteinsähnliche Abfälle, die nicht verwertet werden können (nicht verwertbare mineralische Bauabfälle, siehe Abb. 6).
- In Deponien des Typs E lagern schadstoffbelastete Abfälle mit einem erhöhten organischen Anteil.



Abb. 6 In der Deponie Bruggtal bei Bennwil werden nicht verwertbare mineralische Bauabfälle (Typ B) umweltgerecht abgelagert.

## 8 Heutige Situation

Das einleitend beschriebene grosse Potenzial des Baustoffkreislaufs wird in der Region Basel und in vielen Regionen der Schweiz noch zu wenig genutzt. Die Gründe für die aktuelle Situation sind vielfältig, wie die folgende Auflistung zeigt:

- Einen bedeutenden Aspekt stellen die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dar. Einerseits wird Deponieraum vom Typ A und B in der Region Basel – auch im schweizweiten Vergleich – zu günstigen Konditionen angeboten. Andererseits sind die Preise für Primärrohstoffe wie Kies ab Wand aus dem grenznahen Ausland tief. Die Abfallwirtschaft ist sehr preissensitiv und die Verfügbarkeit von günstigen Primärrohstoffen und Entsorgungsmöglichkeiten erschwert die Etablierung eines Baustoffkreislaufs.
- Die Herstellung von hochwertigen Recycling-Baustoffen ist anspruchsvoll und aufwändig. Der Prozess umfasst die Schadstoffermittlung, das Entsorgungskonzept, die Bau- und Rückbauarbeiten sowie die eigentliche Aufbereitung der Abfälle.
- Zudem sind die Einsatzmöglichkeiten von Recycling-Baustoffen bei Planern und Bauherren zu wenig bekannt, das Bauen mit diesen Baustoffen ist nicht etabliert, und die Vorgaben betreffend nachhaltiges Bauen werden nicht konsequent umgesetzt.
- Nicht zuletzt haben Recycling-Baustoffe ein Imageproblem und kämpfen gegen unbegründete Vorbehalte bezüglich Qualität und Preis.

Summa summarum führen diese Punkte dazu, dass nach wie vor knapp eine Million Tonnen Bauabfälle aus der Region Basel auf den Deponien vom Typ A und B im Baselbiet deponiert werden. Dadurch werden dem Baustoffkreislauf wertvolle Rohstoffe entzogen und mit dem knappen Deponieraum wird nicht haushälterisch umgegangen. Dies gefährdet die Entsorgungssicherheit in der Wirtschaftsregion Basel. Im Gegenzug ist die Verwendung von Recycling-Baustoffen nicht etabliert. Diese Aufzählung zeigt, dass zur Etablierung eines Baustoffkreislaufs in der Region Basel verschiedene Massnahmen umgesetzt werden müssen.

## 9 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, dass die Ausgangslage für die Etablierung eines Baustoffkreislaufs in der Region Basel und in der Schweiz gut ist. Die Umweltgesetzgebung fordert einen schonenden Umgang mit unseren Ressourcen sowie die Verwertung von Abfällen. Das Wissen, die Technologien und Erfahrungen zur Aufbereitung von mineralischen Bauabfällen und Rückbaustoffen sind vorhanden, ein Stand der Technik ist etabliert. Normen regeln die Qualitäten und Anwendungsmöglichkeiten von Recycling-Baustoffen. Zahlreiche Beispiele in der Schweiz zeigen, dass mit Recycling-Baustoffen nahezu uneingeschränkt gebaut werden kann. Es kann somit festgehalten werden, dass der Baustoffkreislauf grundsätzlich funktioniert.

Um die heutigen Defizite aber überwinden zu können, müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, welche die hochwertige Verwertung von Bauabfällen und das Bauen mit Recycling-Baustoffen zum Standard werden lassen. Aus Sicht des Autors sind dabei folgende Erfolgsfaktoren von Bedeutung:

### *A) Entsorgungskosten*

Deponien stellen einen massiven und dauerhaften Eingriff in die Landschaft dar. Dem Deponieraum muss deshalb künftig ein angemessener Preis zugeordnet und die Umweltkosten müssen internalisiert werden. Damit werden die Recycling-Kreisläufe wirtschaftlich konkurrenzfähig, und



verwertbare Bauabfälle können zu Recycling-Baustoffen aufbereitet werden. Allenfalls sind darüber hinaus auch ökonomische Massnahmen wie zum Beispiel Abgaben auf Deponiegebühren notwendig. Es wird aber weiterhin Deponien brauchen. Es wäre somit ein folgenreicher Fehlschluss, mit dem Verzicht auf die raumplanerische Festlegung von Deponievolumen die Recycling-Baustoffe fördern zu wollen.

*B) Innovative Unternehmen der Bau- und Recyclingbranche*

Der Baustoffkreislauf ist auf innovative und investitionsfreudige Unternehmen angewiesen, die in Aufbereitungstechnologien investieren und die Transformation von Bauabfällen in hochwertige Recycling-Baustoffe als zukunftsfähiges Geschäftsmodell erkennen.

*C) Fortschrittliche Bauherren*

Es braucht Bauherren, welche nachhaltige Bauwerke erstellen und dabei bewusst auch hohe Anteile an Recycling-Baustoffen einsetzen. Dabei kommt der öffentlichen Hand im Hoch- und Tiefbau eine massgebende Vorbildrolle zu. Im Weiteren ist in diesem Zusammenhang auch die Bedeutung von institutionellen Bauherren (Hochbau) gross.

*D) Image von Recycling-Baustoffen*

Das Image von Recycling-Baustoffen muss verbessert werden. Sekundärrohstoffe müssen den gleichen Stellenwert erhalten wie Primärrohstoffe und unbegründete Vorbehalte müssen ausgemerzt werden. Dazu sind auch kommunikative Massnahmen notwendig. Die Anwendung von Nachhaltigkeitsstandards wie zum Beispiel Minergie-ECO kann unterstützend wirken.

*E) Klare Rahmenbedingungen und effizienter Vollzug*

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Verwertung von Abfällen und den Einsatz von Recycling-Baustoffen sind weitgehend vorhanden. Bestehende Lücken – der Kanton Basel-Landschaft kennt beispielsweise noch keine Rückbaubewilligung – müssen geschlossen werden. Die Einhaltung der Vorgaben muss aber auch kontrolliert werden und dazu brauchen die Vollzugsorganisationen entsprechende Mittel und Ressourcen.

*F) Nachhaltiges Bauen und neuartige Baustoffe*




Neue Bauwerke müssen bewusst in nachhaltiger Bauweise erstellt werden. Schon bei der Planung muss an eine Weiterentwicklung und an den Rückbau gedacht werden. Dabei leistet die Materialinventarisierung einen wichtigen Beitrag im Sinne der Dokumentation des Ressourcenlagers. Es braucht aber auch neuartige und recyclingfähige Baustoffe. Diesbezüglich kommen die Stärken der Schweiz in den Bereichen Innovation, Forschung und Entwicklung zum Tragen.

Bis in der Schweiz ein nachhaltiger Baustoffkreislauf etabliert ist, bleibt noch einiges zu tun und es braucht dazu viele Akteure. Es darf aber festgehalten werden, dass sich einiges am Entwickeln ist und das Thema Baustoffkreislauf Fahrt aufnimmt. Dies ist auch zentral, denn der haushälterische Umgang mit unseren endlichen Ressourcen und der Schutz der Umwelt zählen zu den wichtigsten Aufgaben unserer Gesellschaft.

## Literatur

- AUE BL 2017a. *Abfallplanung Basel-Landschaft und Basel-Stadt 2017. Partnerschaftliches Projekt Amt für Umweltschutz und Energie, Kanton Basel-Landschaft, und Amt für Umwelt und Energie, Kanton Basel-Stadt.* Amt für Umweltschutz und Energie BL, Liestal, 1–46. Online verfügbar: <https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/abfall/publikationen/downloads/ap17-abfallplanung-blbs-v171204-final.pdf> [Eingesehen am 1. Mai 2021]
- AUE BL 2017b. *Zustandsbericht 2015 – Abfallverwertung und -entsorgung in den Kantonen Basel-Landschaft und Basel-Stadt. Partnerschaftliches Projekt Amt für Umweltschutz und Energie, Kanton Basel-Landschaft, und Amt für Umwelt und Energie, Kanton Basel-Stadt.* Amt für Umweltschutz und Energie BL, Liestal, 1–155. Online verfügbar: <https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/abfall/publikationen/downloads/zb15-zustandsbericht2015-v171204-final.pdf> [Eingesehen am 1. Mai 2021]
- BAFU 2006. *Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle. Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch.* Umwelt-Vollzug Nr. UV-0631-D. Bundesamt für Umwelt, Bern, 1–34.
- BAFU 2015. *Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken.* Umwelt-Wissen Nr. 1508. Bundesamt für Umwelt, Bern, 1–114.
- BAFU 2016. *Umwelt-Zustand. Abfall. Ent-Sorgen? Abfall in der Schweiz illustriert.* Umwelt-Zustand Nr. 1615. Bundesamt für Umwelt, Bern, 1–46.
- BAFU 2020. *Bauabfälle. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA).* Umwelt-Vollzug Nr. UV-1826-D. Bundesamt für Umwelt, Bern, 1–51.
- Schmidt C. 2019. Urban Mining. Beton stirbt nie. *Die Umwelt* 4/2019: 31–34.
- Bader P. 2019. Materialkreisläufe schliessen. Augen auf beim Recycling. *Die Umwelt* 4/2019: 25–26.
- Rubli S. 2020. *Mischabbruchverwertung in der Schweiz. Schlussbericht.* Energie- und Ressourcen-Management GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern, 1–51.

## Internetquellen

-  <https://www.bskrb.ch/verwertung/mengen/> [Eingesehen am 1. Mai 2021]
-  <https://polludoc.ch/de> [Eingesehen am 1. Mai 2021]
-  <https://www.bskrb.ch/verwertung/kreislauf/> [Eingesehen am 1. Mai 2021]

