



# WP2-A2. Vergleichsstudie der Lehrpläne mit Schwerpunkt auf Abfallwirtschaft in der Natursteinindustrie und verwandten Branchen in den teilnehmenden Ländern.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#)

„Finanziert durch die Europäische Union. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind jedoch ausschließlich die der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die der Europäischen Union oder der Exekutivagentur Bildung, Audiovisuelles und Kultur (EACEA) wider. Weder die Europäische Union noch die EACEA können dafür haftbar gemacht werden.“



Transilvania  
University  
of Brasov





## Inhalt

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | EINLEITUNG .....   | 5  |
| 2.     | ABFALLWIRTSCHAFT IN DER NATURSTEININDUSTRIE .....  | 5  |
| 2.1.   | Einführung in die Abfallwirtschaft in der Natursteinindustrie .....                          | 6  |
| 2.2.   | Auswirkungen der Abfallwirtschaft auf die Industrie und die ökologische Nachhaltigkeit ..... | 7  |
| 2.2.1. | Ökologische und wirtschaftliche Vorteile .....   | 7  |
| 2.2.2. | Soziale Verantwortung und Einhaltung gesetzlicher Vorschriften .....                         | 8  |
| 2.3.   | Abfallwirtschaftliche Ausbildung und berufliche Weiterbildung .....                          | 8  |
| 2.3.1. | Berufliche Aus- und Weiterbildung (VET): Praktischer und operativer Ansatz...                | 8  |
| 2.3.2. | Hochschulbildung: Strategisches Management und umfassende Vision .....                       | 9  |
| 2.4.   | Die Rolle der Abfallwirtschaft in der beruflichen Bildung .....                              | 9  |
| 3.     | LEHRPLÄNE ZUR ABFALLWIRTSCHAFT .....   | 10 |
| 3.1.   | DEUTSCHLAND .....  | 10 |
| 3.1.1. | Abfallwirtschaft in der beruflichen Bildung .....  | 10 |
| 3.1.2. | Abfallwirtschaft im Hochschulbereich .....   | 12 |
| 3.2.   | SPANIEN .....  | 13 |
| 3.2.1. | Abfallwirtschaft in der beruflichen Aus- und Weiterbildung (VET) .....                       | 14 |
| 3.2.2. | Abfallwirtschaft in der Hochschulbildung .....   | 15 |
| 3.3.   | RUMÄNIEN .....   | 16 |
| 3.3.1. | Abfallwirtschaft in der beruflichen Aus- und Weiterbildung (VET) .....                       | 17 |
| 3.3.2. | Abfallwirtschaft in der Hochschulbildung .....   | 18 |
| 3.4.   | KROATIEN .....   | 19 |
| 3.4.1. | Abfallwirtschaft in der beruflichen Bildung (VET) .....                                      | 19 |
| 3.4.2. | Abfallwirtschaft in der Hochschulbildung .....   | 20 |
| 4.     | ANALYSE DER ERGEBNISSE .....   | 22 |
| 4.1.   | DEUTSCHLAND .....  | 22 |
| 4.1.1. | Abfallwirtschaft in Industrie und Nachhaltigkeit .....                                       | 23 |
| 4.1.2. | Integration der Abfallwirtschaft in die Natursteinindustrie .....                            | 23 |
| 4.1.3. | Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Compliance .....  | 23 |
| 4.1.4. | Abschlussprojekte und Fallstudien .....  | 24 |
| 4.1.5. | Gesamtfazit .....  | 24 |
| 4.2.   | SPANIEN .....  | 24 |
| 4.2.1. | Abfallwirtschaft in Industrie und Nachhaltigkeit .....                                       | 24 |



|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.2.2. | Integration der Abfallwirtschaft in die Natursteinindustrie .....   | 25 |
| 4.2.3. | Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Compliance .....   | 25 |
| 4.2.4. | Abschlussprojekte und Fallstudien .....   | 25 |
| 4.2.5. | Gesamtfazit .....   | 26 |
| 4.3.   | RUMÄNIEN.....   | 26 |
| 4.3.1. | Abfallwirtschaft in Industrie und Nachhaltigkeit .....  | 26 |
| 4.3.2. | Integration der Abfallwirtschaft in die Natursteinindustrie .....   | 27 |
| 4.3.3. | Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Compliance .....   | 27 |
| 4.3.4. | Abschlussprojekte und Fallstudien .....   | 27 |
| 4.3.5. | Gesamtfazit .....   | 28 |
| 4.4.   | KROATIEN .....  | 28 |
| 4.4.1. | Abfallwirtschaft in der Industrie und Nachhaltigkeit .....  | 28 |
| 4.4.2. | Integration der Abfallwirtschaft in die Natursteinindustrie .....   | 28 |
| 4.4.3. | Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Compliance .....   | 29 |
| 4.4.4. | Abschlussprojekte und Fallstudien .....   | 29 |
| 4.4.5. | Gesamtfazit .....   | 29 |
| 5.     | BEWÄHRTE VERFAHREN.....   | 29 |
| 5.1.   | Gemeinsame Merkmale effektiver Lehrpläne für die Abfallwirtschaft .....   | 30 |
| 5.1.1. | Klarer und gut integrierter Rechtsrahmen.....   | 30 |
| 5.1.2. | Praktischer Ansatz für tatsächliche Abfallströme .....  | 30 |
| 5.1.3. | Projektbasiertes und arbeitsbasiertes Lernen .....  | 30 |
| 5.1.4. | Modularität und Ausrichtung auf lebenslanges Lernen.....  | 31 |
| 5.2.   | Lücken und Lehren für ein Projekt mit Schwerpunkt auf Natursteinen und Kreislaufwirtschaft .....                                | 32 |
| 5.2.1. | Fehlender sektorspezifischer Fokus auf Natursteine .....  | 32 |
| 5.2.2. | Fragmentierung zwischen technischen, ökologischen und digitalen Kompetenzen .....   | 32 |
| 5.2.3. | Zu geringe Nutzung von Projekten für den Steinsektor .....  | 33 |
| 5.3.   | Zusammenfassung der Empfehlungen für RockChain .....  | 33 |
| 5.3.1. | Vorhandene Stärken nutzen .....   | 33 |
| 5.3.2. | Sichtbarkeit des Sektors in Projekten und Lernszenarien.....  | 33 |
| 5.3.3. | Überwindung der Fragmentierung zwischen technischen, ökologischen und digitalen Kompetenzen .....                               | 33 |
| 5.3.4. | Verwenden Sie modulare Formate, die mit der beruflichen Ausbildung, der Universität und der Weiterbildung kompatibel sind ..... | 33 |



---

|   |    |
|---|----|
| 5.3.5. Positionierung von Natursteinen als europäischer Pilotfall.....          | 34 |
| 6. SCHLUSSFOLGERUNGEN .....   | 34 |
| 7. REFERENZEN .....   | 35 |
| Deutschland – Ausbildungsangebot, Abfallwirtschaft und politischer Kontext..... | 37 |
| Kroatien – Ausbildungsangebot, Abfallwirtschaft und politischer Kontext .....   | 38 |
| Spanien – Ausbildungsangebot, Abfallwirtschaft und politischer Kontext .....    | 40 |
| Rumänien – Ausbildungsangebot, Abfallwirtschaft und politischer Kontext .....   | 41 |
| Quellenangaben zu den Abbildungen .....   | 42 |



## 1. EINLEITUNG

Dieses Dokument präsentiert die Ergebnisse der Aktivität WP2.A2, die sich auf eine vergleichende Analyse der Lehrpläne im Bereich Abfallwirtschaft in der Natursteinsindustrie und den damit verbundenen Sektoren konzentriert. Das primäre Ziel besteht darin, die bestehende Bildungslandschaft in den teilnehmenden Partnerländern und im weiteren Kontext der Europäischen Union zu erfassen und zu bewerten.

Durch eine umfassende Auswertung nationaler Berichte identifiziert diese Studie sowohl erfolgreiche Bildungspraktiken als auch kritische Lücken, in denen die aktuellen Lehrpläne den Anforderungen der Industrie und des Umweltschutzes nicht gerecht werden. Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage für die nachfolgende Phase WP2.A3: „*Definition der Lernziele und Lernergebnisse des Lehrplans*“, wodurch sichergestellt wird, dass die vorgeschlagene Ausbildung auf der spezifischen Realität des Steinsektors basiert.

## 2. ABFALLWIRTSCHAFT IN DER NATURSTEININDUSTRIE

Die Abfallwirtschaft spielt im Bereich der Natursteine eine wichtige Rolle, nicht nur als Motor für die Verbesserung der industriellen Nachhaltigkeit, sondern auch als Instrument zur Verringerung der Umweltauwirkungen dieser Tätigkeit. Als Rohstoffindustrie fallen bei der Gewinnung, Verarbeitung und Veredelung von Steinen erhebliche Mengen an Abfall an. Werden diese Nebenprodukte nicht ordnungsgemäß entsorgt, können sie schwere Umweltschäden verursachen, wie z. B. die Zerstörung von Lebensräumen, Bodenerosion und die Verschmutzung von Wasserquellen.

Im Gegensatz dazu eröffnen robuste Managementsysteme die Möglichkeit für effektivere Verwertungsstrategien. Durch die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft können Materialien, die zuvor als Abfall galten, recycelt und wiederverwendet werden und so zu nutzbaren Ressourcen werden.

Auf internationaler Ebene wurden verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Abfallbewirtschaftungssysteme gefördert, wobei Strategien und bewährte Verfahren entwickelt wurden, die darauf abzielen, die Abfallerzeugung an der Quelle zu reduzieren, insbesondere in der Gewinnungs- und Verarbeitungsphase. Dieser Ansatz fördert auch die verantwortungsvolle Nutzung von Nebenprodukten, indem sie nachhaltig in verwandte Sektoren wie das Bauwesen und die Infrastrukturentwicklung integriert werden.



## 2.1. Einführung in die Abfallwirtschaft in der Natursteinindustrie

Die Abfallwirtschaft im Bereich der Natursteine umfasst den gesamten Lebenszyklus des Materials, von der Abfallreduzierung in der Gewinnungsphase bis zum Recycling und zur Verwertung von Nebenprodukten. Die wichtigsten Arten von Abfällen, wie Steinschlamm, Bruchstücke und Feinstaub, stellen bei unsachgemäßer Handhabung ein erhebliches Umweltrisiko dar. Daher basiert das Management in dieser Branche auf drei strategischen Säulen:

- **Abfallreduzierung:** Dieser Schritt ist bereits in den frühen Phasen, wie z. B. beim Abtragen und Schneiden von Blöcken, von entscheidender Bedeutung und erfordert den Einsatz optimierter Techniken. Der Einsatz hochpräziser Schneidwerkzeuge und -geräte, die den Wert der Steinverarbeitung steigern, erhöht die Effizienz und reduziert die Umweltbelastung an der Quelle.
- **Recycling und Wiederverwendung:** Abfälle wie Steinschlamm und Bruchstücke können behandelt und in nützliche Materialien für den Bau umgewandelt werden, beispielsweise als Zuschlagstoffe, Füllstoffe oder Zementzusätze. Diese Verfahren reduzieren nicht nur das Abfallvolumen, sondern tragen auch zur Schonung der natürlichen Ressourcen und zur Verbesserung der Rentabilität des Prozesses bei.
- **Nachhaltiges Management:** Dazu gehört die Einführung von Umweltmanagementsystemen auf der Grundlage internationaler Standards, die eine verantwortungsvolle Abfallbehandlung gewährleisten. Auf diese Weise können Unternehmen der Branche ihren ökologischen Fußabdruck verringern und einen konkreten Beitrag zu den globalen Zielen für nachhaltige Entwicklung leisten.

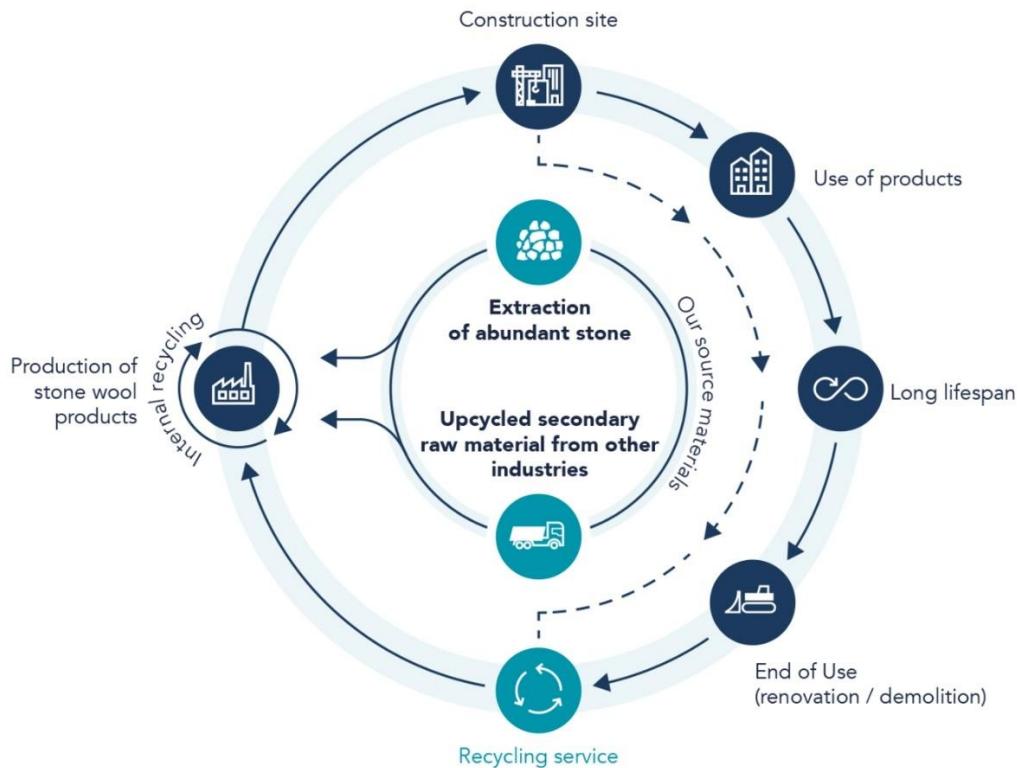


Abbildung 1 : Kreislaufwirtschaft im Bereich Naturstein und Bauwesen.

## 2.2. Auswirkungen der Abfallwirtschaft auf die Industrie und die ökologische Nachhaltigkeit

Die Umsetzung effektiver Abfallbewirtschaftungsstrategien bietet sowohl wirtschaftliche als auch ökologische Vorteile für die Natursteinindustrie. Die Einführung nachhaltiger Maßnahmen reduziert nicht nur den Verbrauch von Rohstoffen, sondern verringert auch die Umweltbelastung und fördert effizientere Prozesse in der gesamten Branche.

### 2.2.1. Ökologische und wirtschaftliche Vorteile

Der Einsatz von Techniken zur Abfallminimierung ist unerlässlich, um eine Bodendegradation durch unsachgemäße Steinentsorgung zu verhindern und die Wasserverschmutzung durch Schlammaustrag zu reduzieren. Aus wirtschaftlicher Sicht können Unternehmen, die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft anwenden – insbesondere durch die Wiederverwendung von Steinnebenprodukten – ihre Betriebskosten erheblich senken und gleichzeitig zusätzliche Einnahmen durch recycelte Materialien erzielen. Diese Praktiken reduzieren auch den Bedarf an Deponien, was zu geringeren Kosten und einer größeren finanziellen Nachhaltigkeit für den Sektor führt.

## 2.2.2. Soziale Verantwortung und Einhaltung gesetzlicher Vorschriften

Aus sozialer Sicht ermöglicht eine nachhaltige Abfallbewirtschaftung Unternehmen, ihr Engagement für die soziale Verantwortung von Unternehmen (Corporate Social Responsibility, CSR) und den Umweltschutz unter Beweis zu stellen. Dieser Ansatz stärkt das Image der Institutionen und positioniert den Steinsektor als einen Akteur, der sich zur Einhaltung internationaler Umweltvorschriften verpflichtet hat.



Abbildung 2 : Tripple-Bottom-Line-Diagramm

## 2.3. Abfallwirtschaftliche Ausbildung und berufliche Weiterbildung

Eine spezialisierte Ausbildung und berufliche Fortbildung sind grundlegende Säulen für die Transformation der Natursteinindustrie. Über Personal zu verfügen, das auf die Einführung nachhaltiger Praktiken vorbereitet ist, ist nicht nur eine wünschenswerte Verbesserung, sondern eine wichtige Voraussetzung für die langfristige Rentabilität des Sektors. Daher ist es unerlässlich, dass sowohl berufliche als auch universitäre Ausbildungsprogramme systematisch Inhalte zum Umweltmanagement und zur Abfallreduzierung integrieren. Diese Ausbildung ist entscheidend für die Vorbereitung von Fachkräften, die sich den für den Sektor spezifischen ökologischen und regulatorischen Herausforderungen stellen müssen.

### 2.3.1. Berufliche Aus- und Weiterbildung (VET): Praktischer und operativer Ansatz

Im Bereich der technischen Ausbildung ist es wichtig, über allgemeine Konzepte hinauszugehen und sich auf spezifische berufliche Fähigkeiten zu konzentrieren. Die



Lehrpläne sollten sich auf technische Fähigkeiten konzentrieren, die direkt in der Praxis anwendbar sind, wie zum Beispiel:

- **Optimierung der Gewinnung:** Einsatz fortschrittlicher Bergbautechniken, die die Entstehung von Abfallmaterial und unnötigen Brüchen an der Quelle reduzieren.
- **Verarbeitungseffizienz:** Schulung in der präzisen Einstellung von Schneid- und Poliermaschinen, um die Entstehung von Schlamm und Feinstaub zu reduzieren.
- **Verwertung von Nebenprodukten:** Entwicklung praktischer Fähigkeiten zur Klassifizierung, Behandlung und Wiederverwendung von Verarbeitungsabfällen als Sekundärrohstoffe für den Bau.

### 2.3.2. Hochschulbildung: Strategisches Management und umfassende Vision

Auf Universitätsebene sollten Ingenieur- und Managementstudiengänge einen breiteren, systemischeren Ansatz verfolgen. Die Lehrpläne in Umwelt- oder Bergbauingenieurwesen sollten beispielsweise spezifische Themen des Natursteinsektors behandeln, wie zum Beispiel:

- **Kreislaufwirtschaftsbasiertes Design:** Schulungen zur Schaffung geschlossener Systeme, in denen Abfälle aus einem Prozess als Input für einen anderen dienen (z. B. die Verwendung von Steinschlamm bei der Zementherstellung).
- **Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP):** Fortgeschrittene Kenntnisse über die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, Methoden der Lebenszyklusanalyse (LCA) und langfristige Umweltüberwachung in Steinbruchgebieten.
- **Innovation und Technologie:** Integration neuer Instrumente wie Digitalisierung und Blockchain zur Verfolgung von Abfallströmen und zur Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Steinprodukten.

## 2.4. Die Rolle der Abfallwirtschaft in der beruflichen Bildung

Die berufliche Aus- und Weiterbildung (VET) ist ein wichtiges Bindeglied für das Funktionieren des Dekorsteinsektors. Sie spielt eine grundlegende Rolle dabei, sicherzustellen, dass die Beschäftigten in diesem Sektor nicht nur über theoretisches Wissen verfügen, sondern auch über die technischen Fähigkeiten, die für die tägliche Anwendung spezifischer Abfallbewirtschaftungslösungen erforderlich sind. Durch die systematische Integration von Techniken zur Abfallvermeidung und nachhaltigen Strategien in die Lehrpläne kann qualifiziertes Personal ausgebildet werden, das Umweltinnovationen vorantreibt und die effiziente Nutzung von Ressourcen erheblich verbessert.

Der Ausbildungsansatz sollte sich auf praktisches Lernen konzentrieren, insbesondere auf den Einsatz nachhaltiger Technologien für die Steinbearbeitung und Abfallbewirtschaftung. Das Wissen um den richtigen Umgang mit Schneide- und Poliermaschinen ist entscheidend für die Reduzierung der Entstehung von Feinstaub



und Schlamm, was direkt zur Verringerung der Umweltbelastung durch die Branche beiträgt.

Gleichzeitig muss die Ausbildung über den technischen Aspekt hinausgehen und eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Denkweise fördern. Wenn die Arbeitnehmer die ökologischen Folgen jeder Phase des Prozesses, von der Gewinnung bis zur Endbearbeitung, verstehen, werden sie zu Akteuren des Wandels, die in der Lage sind, Strategien zur Abfallreduzierung als selbstverständlichen Teil ihrer täglichen Arbeit aktiv anzuwenden.

### 3. LEHRPLÄNE ZUR ABFALLWIRTSCHAFT

#### 3.1. DEUTSCHLAND

Deutschland verfügt über eines der fortschrittlichsten Abfallwirtschaftssysteme in der Europäischen Union, gleichzeitig fällt jedoch insbesondere im Bau- und Abbruchsektor eine beträchtliche Menge an Abfall an. Jüngsten Daten zufolge wurden im Jahr 2022 etwa 207,9 Millionen Tonnen mineralischer Bauabfälle produziert. Davon entfielen etwa 58,7 % auf Erde und Steine, womit diese Abfälle die volumenstärkste Kategorie im Land darstellen. Obwohl mehr als 90 % dieser Materialien verwertet werden, wird ein großer Teil für geringwertige Zwecke wie Deponien verwendet, was den Bedarf an Innovationen für hochwertigere Recycling- und Wiederverwendungsstrategien für Natursteinabfälle deutlich macht.

Der rechtliche Rahmen wird durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz definiert, das die EU-Abfallrahmenrichtlinie an den deutschen Kontext anpasst. Diese Verordnung legt eine strenge fünfstufige Hierarchie für die Abfallbewirtschaftung fest, wobei der Vermeidung, Wiederverwendung und dem Recycling Vorrang vor der energetischen Verwertung und der endgültigen Beseitigung eingeräumt wird. Dieses regulatorische Umfeld führt zu einer hohen Nachfrage nach Fachkräften, die in den Bereichen Recycling, Kreislaufwirtschaft und Umweltschutz ausgebildet sind, insbesondere in Branchen, die große Mengen an mineralischen Abfällen verarbeiten, wie z. B. Bauwesen, Zuschlagstoffe und Natursteinabbau.

Das deutsche Bildungssystem reagiert auf diese Nachfrage mit einer Kombination aus dualen Berufsausbildungsprogrammen, technischen Studiengängen an Fachschulen und Hochschulabschlüssen mit Schwerpunkt auf Umwelt- und Industriethemen.

##### 3.1.1. Abfallwirtschaft in der beruflichen Bildung

Im dualen Berufsbildungssystem Deutschlands sind Berufe im Bereich der Abfallwirtschaft auf Bundesebene geregelt und verbinden praktische Ausbildung in



Unternehmen mit theoretischem Unterricht an Berufsschulen. Im Falle des Naturstein- und Bausektors konzentrieren sich die relevantesten Programme auf das Recycling von mineralischen Bauabfällen, Aushubmaterialien und den Umweltschutz in industriellen Umgebungen.

#### *Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft*

- **Institution:** Dualer Ausbildungsweg / Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)
- **Link:** [BIBB-Profil](#)
- **Beschreibung:** Eine national geregelte dreijährige duale Ausbildung, die Techniker auf den Betrieb und die Optimierung kommunaler und industrieller Abfallwirtschaftssysteme vorbereitet. Die Auszubildenden lernen, Abfälle zu identifizieren, zu klassifizieren und zu sortieren, die Logistik zu organisieren und Umweltgesetze anzuwenden. Das aktualisierte Profil befasst sich ausdrücklich mit der getrennten Behandlung und dem Recycling von mineralischen Bauabfällen und Zuschlagstoffen, wodurch es für den Steinbruch und die Natursteinverarbeitung direkt relevant ist.

#### *Technischer Assistent für Umweltschutz*

- **Institution:** Berufliche Schule Butzbach (schulische Berufsausbildung)
- **Link:** [Berufliche Schule Butzbach Programm](#)
- **Beschreibung:** Eine zweijährige Vollzeitausbildung, in der Assistenten für die Durchführung von Messungen und Analysen von Luft, Wasser, Boden und Abfall ausgebildet werden. Der Lehrplan kombiniert Umweltchemie und Laborpraxis mit Abfallcharakterisierung und Probenahme. Die Absolventen sind für die Arbeit in Laboren und Umweltabteilungen von Rohstoffunternehmen qualifiziert wo sie Abfälle aus Steinbrüchen und Schlämme überwachen.

#### *Betriebsabfallbeauftragter (Grundkurs)*

- **Einrichtung:** TÜV SÜD Akademie / Industrie- und Handelskammern (IHK)
- **Link:** [TÜV SÜD-Kurs](#)
- **Beschreibung:** Nach deutschem Recht sind abfallintensive Unternehmen (einschließlich Steinbrüche und Steinverarbeiter) verpflichtet, einen Abfallbeauftragten zu benennen. Dieser Grundkurs vermittelt die gesetzlich vorgeschriebenen Fachkenntnisse in den Bereichen Abfallrecht, Dokumentationspflichten und Umgang mit gefährlichen Abfällen. Er behandelt ausdrücklich mineralische Bauabfälle und ist daher für Compliance-Manager in der Steinbranche unverzichtbar.

#### *Weiterbildung für Fachkräfte im Bereich Recycling und Abfallwirtschaft*

- **Institution:** Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)
- **Link:** [BIBB-Zertifikatzusatz](#)
- **Beschreibung:** Fortgeschrittenenkurse für zertifizierte Techniker, die ihre Kompetenzen in den Bereichen Prozessoptimierung und Kreislaufwirtschaftsstrategien vertiefen möchten. Diese Programme



konzentrieren sich auf die Verbesserung der Recyclingqualität von mineralischen Abfällen und Bauschutt und unterstützen den Übergang von der Entsorgung zur hochwertigen Wiederverwendung von Nebenprodukten aus Steinbrüchen.

### 3.1.2. Abfallwirtschaft im Hochschulbereich

Auf Universitätsebene bieten mehrere Einrichtungen spezialisierte Studiengänge in Recyclingtechnik und Umwelttechnik an. Obwohl diese Studiengänge nicht ausschließlich auf Natursteine ausgerichtet sind, umfassen sie umfassende Module zu Bauabfällen und mineralischen Werkstoffen, die für die nachhaltige Bewirtschaftung von Abfällen aus Steinbrüchen unerlässlich sind.

#### B.Eng. Recycling, Umwelt und Nachhaltigkeit

- **Institution:** Hochschule Magdeburg-Stendal
- **Link:** [Details zum Studiengang](#)
- **Beschreibung:** Ein sieben Semester dauernder Studiengang mit den Schwerpunkten Recyclingtechnik und Nachhaltigkeit. Besonderes Augenmerk wird auf Bau- und Abbruchabfälle, mineralische Zuschlagstoffe und Sekundärrohstoffe gelegt. Damit ist er für die Planung von Verwertungswegen für Steinreste aus dem Steinbruchbau von hoher Relevanz.

#### B.Eng. Umwelt- und Recyclingtechnik

- **Institution:** Hochschule Nordhausen
- **Link:** [Details zum Studiengang](#)
- **Beschreibung:** Ausbildung von Ingenieuren in Umweltverfahrenstechnik und ressourceneffizienter Produktion. Der Lehrplan umfasst Materialwissenschaften und Recyclingtechnologien. Fallstudien befassen sich häufig mit mineralischen Fraktionen und industriellen Nebenprodukten, sodass Absolventen Lösungen für die Wiederverwendung von Steinbruchrückständen in Baumaterialien entwickeln können.

#### M.Sc. Umweltverfahrenstechnik und Recycling

- **Institution:** Technische Universität Clausthal
- **Link:** [Programmdetails](#)
- **Beschreibung:** Ein Masterstudiengang für Fortgeschrittene, der sich mit Abfalltechnologien, Prozessdesign und der Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen befasst. Er umfasst Fallstudien zum Recycling von mineralischen Werkstoffen und industriellen Nebenprodukten, die direkt auf die Steinverarbeitung übertragbar sind.

#### M.Sc. Abfallwirtschaft und Sanierung kontaminiert Standorte

- **Institution:** Technische Universität Dresden



- **Link:** [Programmdetails](#)
- **Beschreibung:** Der Schwerpunkt liegt auf nachhaltiger Abfallwirtschaft und der Sanierung kontaminierten Standorte. Die Module umfassen Deponieplanung und Materialflussmanagement. Die Abschlussarbeiten befassen sich häufig mit mineralischen Abfällen und Böden, was für Regionen mit intensiver Steinbruchaktivität relevant ist, in denen Altlasten ein Problem darstellen.

#### *M.Eng. Umwelt- und Recyclingtechnik*

- **Institution:** Hochschule Nordhausen
- **Link:** [Programmdetails](#)
- **Beschreibung:** Vertieft die Kompetenzen in fortschrittlichen Recyclingtechnologien und Anlagenoptimierung. Der Schwerpunkt auf Werkstofftechnik befähigt die Absolventen, innovative Recyclingketten für mineralische Abfälle zu entwickeln, einschließlich der Umwandlung von Steinbruchrückständen in hochwertige Sekundärrohstoffe.

## 3.2. SPANIEN

In den letzten zehn Jahren hat Spanien erhebliche Fortschritte bei der Entwicklung von Strategien und Vorschriften im Bereich Abfallwirtschaft und Kreislaufwirtschaft erzielt. Der nationale Rahmen wird durch den staatlichen Rahmenplan für Abfallwirtschaft (PEMAR) und dessen neue Fassung für den Zeitraum 2024–2035 festgelegt, der strategische Leitlinien zur Vermeidung von Abfall, zur Förderung des Recyclings und zur Förderung der Verwendung von Sekundärrohstoffen in allen Sektoren enthält. Diese Pläne werden im Rahmen des Gesetzes 7/2022 über Abfälle und kontaminierte Böden umgesetzt, das die erweiterte Herstellerverantwortung (EPR) stärkt und strengere Ziele für Bau- und Abbruchabfälle (CDW) vorschreibt.

Bau- und Abbrucharbeiten gehören zu den Hauptabfallquellen des Landes. Schätzungen zufolge fallen jährlich rund 37 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle an. Innerhalb dieser Kategorie trägt der Sektor für Naturgestein und Steinbrüche mit einer erheblichen Menge an Abfällen in Form von Schneideschlamm, Abfällen und Abdeckmaterialien dazu bei. Dieses Volumen stellt jedoch auch eine Chance dar, diese Abfälle als Sekundärzuschlagstoffe, Komponenten für „grünen Beton“ oder andere innovative umweltfreundliche Produkte wiederzuverwerten.

Das spanische Bildungssystem reagiert auf diese Herausforderungen mit einer Kombination aus Berufsausbildungskursen, Berufsabschlüssen und spezialisierten Zentren wie der Escuela del Mármol de Fines (Marmorschule von Fines). Auf Universitätsebene bieten Studiengänge in Umwelttechnik und Bergbauingenieurwesen eine auf die Bedürfnisse des Sektors zugeschnittene Fortbildung.



### 3.2.1. Abfallwirtschaft in der beruflichen Aus- und Weiterbildung (VET)

In Spanien wird die berufliche Bildung im Bereich Abfallwirtschaft hauptsächlich durch Berufe organisiert. Im Falle der Naturgesteinssindustrie gibt es zwei wichtige Ausbildungsbereiche: einerseits übergreifende Qualifikationen in der industriellen Abfallwirtschaft und andererseits spezifische Qualifikationen für den Bereich der mineralgewinnenden Industrie.

#### *Städtische und industrielle Abfallwirtschaft (Code SEAG0108 – Stufe 2)*

- **Einrichtung:** SEPE (Staatliche Arbeitsvermittlung) / verschiedene Anbieter
- **Link:** [Zertifikatsdetails](#)
- **Beschreibung:** Die zentrale nationale Qualifikation für Betreiber in der Abfallwirtschaft. Sie umfasst die Sammlung, den Transport und den Betrieb von Recyclinganlagen. Das Kompetenzprofil beinhaltet die getrennte Behandlung von Inert- und Bauabfällen und ist somit direkt auf Unternehmen anwendbar, die sich mit der Sanierung von Steinbrüchen und der Bewirtschaftung von Mineralrückständen befassen.

#### *Hilfstätigkeiten in Natursteinverarbeitungsbetrieben (IEXD0308 – Stufe 1)*

- **Institution:** SEPE / Escuela del Mármol de Fines
- **Link:** [Details zum Fachgebiet](#)
- **Beschreibung:** Dieses Zertifikat definiert das grundlegende Tätigkeitsprofil für Natursteinverarbeitungsbetriebe. Die Ausbildungsmodulen umfassen den Umgang mit Steinblöcken, die Bedienung von Schneidegeräten und grundlegende Wartungsarbeiten. Es bietet einen natürlichen Einstieg, um Themen wie die Reduzierung, Trennung und interne Wiederverwertung von Steinresten in die berufsbegleitende Ausbildung zu integrieren.

#### *Ausbildungsplan: Natursteinverarbeitung und digitale Kompetenzen*

- **Institution:** Escuela del Mármol de Fines (Nationales Referenzzentrum)
- **Link:** [CRN Piedra Natural](#)
- **Beschreibung:** Die *Escuela del Mármol de Fines* (Almería) bietet spezialisierte Ausbildungsgänge an, die technische Schulungen zum Schneiden von Stein mit digitalen Kompetenzen kombinieren. Als nationales Referenzzentrum für den Sektor sind ihre Programme ausdrücklich auf die Bedürfnisse der Industrie abgestimmt, einschließlich der effizienten Nutzung von Rohstoffen und des verantwortungsvollen Umgangs mit Steinnebenprodukten.

#### *Management von Bau- und Abbruchabfällen*

- **Institution:** Berufsverbände / Spezialisierte Anbieter
- **Link:** [Kursbeispiel](#)



- **Beschreibung:** Kurze Berufsbildungskurse für Bauleiter und Techniker. Sie befassen sich mit den spanischen und EU-Rechtsvorschriften zu Bau- und Abbruchabfällen, der Erstellung von Abfallbewirtschaftungsplänen und dem selektiven Abbruch. Für den Natursteinsektor sind diese Kurse unerlässlich, um sicherzustellen, dass Steinabfälle nicht auf Deponien, sondern über zugelassene Recyclingwege entsorgt werden.

### 3.2.2. Abfallwirtschaft in der Hochschulbildung

Auf Universitätsebene bietet das Land eine breite Palette von Studiengängen in Umwelttechnik und Bergbauingenieurwesen an. Obwohl die meisten dieser Studiengänge einen multisektoralen Schwerpunkt haben, umfassen viele von ihnen spezielle Module zur Renaturierung von Bergwerken und zur Verwendung von recycelten Zuschlagstoffen, also Kenntnisse, die direkt auf die Wertschöpfungskette von Naturwerksteinen anwendbar sind.

#### *M.Sc. in Nachhaltigem Bergbau (Máster Universitario en Minería Sostenible)*

- **Institution:** Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
- **Link:** [UPM-Studiengang](#)
- **Beschreibung:** Ein offizieller Master-Studiengang mit Schwerpunkt auf Bergbautechnologien und Umweltmanagement. Der Lehrplan umfasst Umweltverträglichkeitsprüfungen, das Management von Bergbauabfällen (Abraum) und die Rekultivierung von Abbaustätten. In Fallstudien werden häufig spanische Steinbrüche behandelt, wodurch die Kompetenzen für die Wiederverwendung von Steinresten und die Renaturierung von Steinbrüchen von hoher Relevanz sind.

#### *M.Sc. in Abfallwirtschaft und Ressourcenrückgewinnung*

- **Institution:** Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
- **Link:** [UAM-Programm](#)
- **Beschreibung:** Ein spezialisiertes Programm zur Ausbildung von Fachleuten für die Konzeption von Abfallwirtschaftssystemen mit einem starken Fokus auf die Rückgewinnung von Ressourcen. Die Studierenden befassen sich mit Technologien zur Verwertung von festen Abfällen und Schlamm. Für den Steinsektor können diese Ansätze auf die Behandlung und Wiederverwendung von Schneidschlamm und inerten mineralischen Abfällen angewendet werden.

#### *M.Sc. in Umwelttechnik*

- **Institution:** Universitat Politècnica de València (UPV) & Universitat de València
- **Link:** [Gemeinsames Masterprogramm](#)



- **Beschreibung:** Bietet eine Fortbildung in der Vermeidung und Kontrolle von Umweltauswirkungen industrieller Aktivitäten. Zu den Modulen gehören Deponieplanung und Lebenszyklusanalyse (LCA). Die Abschlussarbeiten befassen sich häufig mit Deponien für inerte Abfälle aus Steinbrüchen und stellen somit eine direkte Verbindung zu den Herausforderungen der Natursteinsindustrie her.

#### *M.Sc. in Kreislaufwirtschaft*

- **Institution:** Campus Iberus (Zaragoza, La Rioja, Lleida, Navarra)
- **Link:** [Campus Iberus-Programm](#)
- **Beschreibung:** Ein interuniversitärer Masterstudiengang, der Absolventen für das Management komplexer Materialflüsse ausbildet. Er umfasst industrielle Symbiose und Kennzahlen der Kreislaufwirtschaft. Die Projekte befassen sich häufig mit Baumaterialien und mineralischen Nebenprodukten und bieten Werkzeuge zur Gestaltung kreislaufwirtschaftlicher Geschäftsmodelle für Natursteinabfälle (z. B. künstliche Riffe oder 3D-Druck).

### 3.3. RUMÄNIEN

Rumänien hat erhebliche Fortschritte bei der Anpassung seines Abfallwirtschaftssystems an die Anforderungen der Europäischen Union erzielt, weist jedoch nach wie vor eine der niedrigsten Recyclingquoten für Siedlungsabfälle in der Union auf. Im Jahr 2022 betrug das Siedlungsabfallaufkommen pro Kopf etwa 303 kg und lag damit deutlich unter dem Durchschnitt der EU-27 (513 kg), aber der größte Teil davon landet immer noch auf Deponien, wobei die Recyclingquoten mit nur etwa 12–14 % weit unter den für 2025 festgelegten Zielen liegen.

Einige jüngste Initiativen, wie das Ende 2023 eingeführte nationale Pfand- und Rückgabesystem (SGR) für Getränkebehälter, haben die Sammlung von Verpackungsabfällen erheblich verbessert. Diese Abfallströme machen jedoch nur einen kleinen Teil des gesamten Abfallvolumens aus und berücksichtigen nicht die Abfälle, die durch Bau-, Abbruch-, Bergbau- und Steinbrucharbeiten entstehen. Gleichzeitig verfügt Rumänien über bedeutende Ressourcen an Natursteinen, deren Gewinnung und Verarbeitung große Mengen an Abfällen erzeugt: Abfälle, Schlamm und Feinanteile, die dringend nach den Kriterien der Kreislaufwirtschaft verwertet werden müssen.

Diese strukturellen Herausforderungen haben zur Entwicklung einer Vielzahl von Bildungsprogrammen sowohl in der beruflichen Bildung als auch im Hochschulbereich geführt, die sich auf den Umweltschutz konzentrieren. Obwohl die meisten einen übergreifenden Ansatz verfolgen, sind Inhalte zu Abfallklassifizierung, integrierter Bewirtschaftung und Recyclingtechnologien besonders relevant für die Bewirtschaftung komplexer mineralischer Abfälle, wie sie beispielsweise im Natursteinsektor anfallen.



### 3.3.1. Abfallwirtschaft in der beruflichen Aus- und Weiterbildung (VET)

In Rumänien wird die Ausbildung im Bereich Abfallwirtschaft außerhalb des universitären Umfelds hauptsächlich durch von der ANC akkreditierte Spezialisierungsprogramme organisiert, die mit bestimmten Berufscodes im rumänischen Berufskatalog (COR) verknüpft sind. Diese Kurse richten sich in erster Linie an Umweltmanager und Techniker, die in Unternehmen arbeiten, die große Mengen an Industrieabfällen erzeugen, wie z. B. Steinbrüche und Steinverarbeitungsbetriebe.

#### Fachkraft für Abfallwirtschaft (COR 213310)

- **Einrichtung:** Verschiedene Anbieter (ANC-akkreditiert)
- **Link:** [Kursdetails](#)
- **Beschreibung:** Diese national akkreditierte Spezialisierung bereitet Fachleute auf die Koordination von Abfallwirtschaftsaktivitäten auf organisatorischer Ebene vor. Der Lehrplan umfasst die Abfallklassifizierung, die Gestaltung interner Sammelsysteme und die Berichterstattung an Umweltbehörden. Für Betreiber von Bergbau- und Steinbearbeitungsanlagen ist dieses Profil unerlässlich für die Bewirtschaftung von Mineralabfallströmen und die Entwicklung von Recyclingwegen anstelle der Deponierung.

#### Umweltbeauftragter (COR 325710)

- **Institution:** Verschiedene Anbieter (ANC-akkreditiert)
- **Link:** [Kursbeispiel](#)
- **Beschreibung:** Konzentriert sich auf umfassendere Umweltverantwortlichkeiten innerhalb von Unternehmen. Die Teilnehmer lernen, Umweltauswirkungen zu identifizieren, die Einhaltung von Genehmigungen sicherzustellen und Emissionen und Abfälle zu überwachen. In Rohstoffunternehmen fungieren Absolventen als wichtige Vermittler zwischen Produktionsabteilungen und Aufsichtsbehörden und stellen die Einhaltung des Umweltrechts sicher.

#### Abfallwirtschaftsbeauftragter (ANC-anerkannter Berufsbildungskurs)

- **Einrichtung:** Verschiedene Anbieter (ANC-akkreditiert)
- **Link:** [Kursdetails](#)
- **Beschreibung:** Richtet sich an Mitarbeiter, die direkt für den täglichen Betrieb verantwortlich sind: Sortieren, Kennzeichnen und Lagern. Die Schulung umfasst die rumänische Abfallgesetzgebung und die korrekte Verwendung der Codes des Europäischen Abfallkatalogs (EWC). Unverzichtbar, um die unkontrollierte Deponierung von Steinresten zu vermeiden und die Rückverfolgbarkeit in Steinbrüchen sicherzustellen.

#### Spezialist für Abfallwirtschaft (Online-Spezialisierung)

- **Einrichtung:** Avangarde Academy



- **Link:** [Online-Kurs](#)
- **Beschreibung:** Eine vollständig online durchgeführte Spezialisierung, die regulatorische Aktualisierungen mit angewandten Fallstudien kombiniert. Sie umfasst den Nationalen Abfallwirtschaftsplan (PNGD) und Behandlungstechnologien. Das flexible Format eignet sich besonders für Ingenieure in geografisch verstreuten Sektoren wie dem Steinbruch, die moderne Kreislaufwirtschaftspraktiken integrieren müssen, ohne den Betrieb zu unterbrechen.

### 3.3.2. Abfallwirtschaft in der Hochschulbildung

Im Bereich der Hochschulbildung bieten mehrere rumänische Universitäten spezifische Studiengänge in Abfallwirtschaft und Kreislaufwirtschaft an, in der Regel im Rahmen von Fakultäten für Umweltingenieurwesen. Diese Studiengänge vermitteln fortgeschrittene Kenntnisse in Behandlungstechnologien und Lebenszyklusbewertung, Schlüsselkompetenzen für die Bewältigung der Herausforderungen des Natursteinsektors aus einer nachhaltigen Perspektive.

#### *M.Sc. in Abfallverwertungstechnik*

- **Institution:** Babeş-Bolyai-Universität (Cluj-Napoca)
- **Link:** [Masterprogramm](#)
- **Beschreibung:** Bildet Spezialisten für die Umwandlung von Abfällen in Sekundärrohstoffe aus. Zu den Kernthemen gehören Abfallcharakterisierung, Optimierung von Recyclingtechnologien und Indikatoren für die Kreislaufwirtschaft. Durch sein multidisziplinäres Profil eignet sich der Studiengang für die Bearbeitung komplexer Themen wie die Wiederverwendung von Steinschlamm in Baumaterialien.

#### *M.Sc. in Abfallwirtschaft, -behandlung und -verwertung*

- **Institution:** Technische Universität Gheorghe Asachi in Iași
- **Link:** [Masterstudiengang](#)
- **Beschreibung:** Der Schwerpunkt liegt auf fortgeschrittenen Abfallwirtschaftstechniken. Der Lehrplan umfasst Abfallvermeidung, die Planung von Behandlungsanlagen und die Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen. Die Absolventen sind in der Lage, integrierte Systeme für Industrieabfälle zu entwerfen, die direkt zur Optimierung der Verwertung von mineralischen Abfällen in Bergbauregionen eingesetzt werden können.

#### *B.Sc. in Umwelttechnik*

- **Institution:** Babeş-Bolyai-Universität (Cluj-Napoca)
- **Link:** [Bachelor-Studiengang](#)
- **Beschreibung:** Vermittelt umfassende Grundlagen in den Bereichen Umweltwissenschaften, Umweltschutz und Abfallwirtschaft. Die Studierenden führen praktische Projekte mit lokalen Behörden und Unternehmen durch. Von



hoher Relevanz für die Planung von Abfallsystemen im Bauwesen und Bergbau, wo Ingenieure Überwachungssysteme entwerfen und die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften sicherstellen müssen.

### 3.4. KROATIEN

Kroatien erzeugt jährlich zwischen 6 und 7 Millionen Tonnen Abfall, was etwa 1,3 bis 1,5 Tonnen pro Einwohner entspricht. Ein erheblicher Teil dieser Abfälle stammt aus Bau-, Abbruch-, Bergbau- und Steinbruchaktivitäten, insbesondere in Form von mineralischen Abfällen. Obwohl das Land in Bezug auf die getrennte Sammlung und das Recycling Fortschritte erzielt hat, bleibt die Deponierung die wichtigste Methode der kommunalen Abfallbehandlung, sodass die Anstrengungen verstärkt werden, um die europäischen Ziele für das Recycling und die Reduzierung der Deponierung zu erreichen.

Der Abfallwirtschaftsplan 2023–2028 der Republik Kroatien verstärkt Maßnahmen wie Abfallvermeidung, getrennte Sammlung und Recycling und fördert gleichzeitig die Schaffung regionaler Abfallwirtschaftszentren mit besonderem Schwerpunkt auf Bauabfällen und Mineralien. Diese Strategie ist besonders relevant für Kroatiens gut etablierten Sektor für nichtmetallische Mineralien, in dem historische Steinbrüche für Natursteine große Mengen an Abraum, Schlamm und mineralischen Abfällen produzieren, die als Sekundärrohstoffe zurückgewonnen werden könnten.

In diesem Zusammenhang bietet das kroatische Bildungssystem eine Kombination aus beruflicher Aus- und Weiterbildung (VET) in den Bereichen Umweltschutz und Steinbruch sowie Mikroqualifikationen für Erwachsene und eine Vielzahl von Hochschulstudiengängen in den Bereichen Umwelt- und Bauingenieurwesen an.

#### 3.4.1. Abfallwirtschaft in der beruflichen Bildung (VET)

Auf der Ebene der beruflichen Bildung (VET) bietet Kroatien sowohl Programme der Sekundarstufe II als auch Qualifikationen für Erwachsene an, deren Schwerpunkt eng mit dem Umweltschutz und der Ressourceneffizienz verbunden ist. Obwohl die meisten Lehrpläne einen übergreifenden Ansatz verfolgen, lassen sich die erworbenen Fähigkeiten, insbesondere in den Bereichen Umweltüberwachung und Abfalllogistik, leicht auf den Bau mit Natursteinen und die Gewinnung von Steinen übertragen.

##### *Umweltschutztechniker (Ekološki tehničar)*

- **Einrichtung:** Verschiedene Berufsbildungsschulen (z. B. Graditeljska, prirodoslovna i rudarska škola Varaždin)
- **Link:** [Profil-Details](#)
- **Beschreibung:** Eine vierjährige Sekundarstufe-II-Qualifikation (ISCED 3–4), die Techniker auf die Überwachung und den Schutz von Umweltmedien im



industriellen Kontext vorbereitet. Die Schüler lernen Umweltgesetzgebung, Folgenabschätzung und spezielle Module zur Abfallwirtschaft (Klassifizierung, Sammlung, Recycling). Diese Kompetenzen sind direkt auf die Überwachung von Staub- und Schlammströmen in Steinbrüchen anwendbar.

#### *Steinmetz / Steinmetztechniker (Klesar / Klesarski tehničar)*

- **Einrichtung:** Klesarska škola Pučišća (Steinmetzschule)
- **Link:** [Lehrplan als PDF](#)
- **Beschreibung:** Diese Fachschule auf der Insel Brač bietet Ausbildungsgänge in den Bereichen Steinbruch, Schneiden und Veredeln von Naturstein an. Abfallwirtschaft ist zwar kein eigenständiges Fach, aber der Lehrplan umfasst Inhalte zur rationellen Nutzung von Rohstoffen, zur Minimierung von Steinverlusten und zum sicheren Umgang mit Schlamm und Reststücken, die für eine nachhaltige Steinbruchbewirtschaftung von unmittelbarer Bedeutung sind.

#### *Mikroqualifikation Abfallwirtschaft (Gospodarenje otpadom)*

- **Einrichtung:** Anbieter von Erwachsenenbildung (Gutscheinprogramm)
- **Link:** [Programmdetails](#)
- **Beschreibung:** Diese Mikroqualifikation (ca. 75 Stunden) wird im Rahmen des nationalen Gutscheinprogramms für Erwachsenenbildung angeboten und umfasst kroatische und EU-Abfallgesetze, Klassifizierung und grundlegende Prinzipien der Kreislaufwirtschaft. Sie richtet sich an Arbeitnehmer, die mit Abfällen in der Bauwirtschaft, in kommunalen Dienstleistungen und in Steinverarbeitungsbetrieben umgehen.

#### *Zertifizierter Spezialist für Abfallwirtschaft und Umweltschutz*

- **Institution:** Seminari.hr / Verlag Dashöfer
- **Link:** [Kursdetails](#)
- **Beschreibung:** Ein fortgeschrittener Online-Kurs für Fachleute, die betriebliche und regulatorische Kenntnisse benötigen. Er umfasst integrierte Systemplanung, Gefahrstoffmanagement und die besten verfügbaren Recyclingtechniken. Das Profil entspricht den Anforderungen von Managern, die für große Mineralabfallströme in Steinbrüchen verantwortlich sind.

#### **3.4.2. Abfallwirtschaft in der Hochschulbildung**

Im Bereich der Hochschulbildung bieten kroatische Universitäten Bachelor- und Masterstudiengänge in Umweltingenieurwesen und Bauingenieurwesen an, die sich speziell mit mineralischen Abfällen, Bau- und Abbruchabfällen sowie Kreislaufwirtschaftskonzepten zur Rückgewinnung von Wertstoffen aus diesen Materialien befassen.



#### B.Sc. in Umwelttechnik

- **Einrichtung:** Universität Zagreb, Fakultät für Geotechnik (Varaždin)
- **Link:** [Programmdetails](#)
- **Beschreibung:** Vermittelt Kernkompetenzen in den Bereichen Umweltschutz, Abfallwirtschaft und Geotechnik. Module zu Abfallwirtschaft und Umweltüberwachung bereiten die Studierenden auf die Planung und Überwachung von Systemen im Bergbau und Bauwesen vor, einschließlich der Verwertung von mineralischen Abfällen.

#### M.Sc. in Umweltingenieurwesen (Schwerpunkt Umweltmanagement)

- **Institution:** Universität Zagreb, Fakultät für Geotechnik
- **Link:** [Details zum Studiengang](#)
- **Beschreibung:** Vertieft analytische und managementbezogene Kompetenzen für eine nachhaltige Ressourcennutzung. Fortgeschrittene Fächer behandeln Strategien der Kreislaufwirtschaft, Risikobewertung und regionale Infrastrukturplanung. Die Absolventen sind in der Lage, integrierte Lösungen für große Mengen mineralischer Abfälle aus dem Bauwesen und dem Steinbruchbetrieb zu entwickeln.

#### Kurs Abfallwirtschaft (Bauingenieurwesen)

- **Institution:** Josip Juraj Strossmayer Universität Osijek
- **Link:** [Kurs-PDF](#)
- **Beschreibung:** Führt angehende Bauingenieure in integrierte Abfallwirtschaftssysteme ein, mit besonderem Schwerpunkt auf der Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen. Damit erwerben Absolventen das notwendige Wissen, um recycelte Zuschlagstoffe und Steinnebenprodukte in Infrastrukturprojekte zu integrieren.

#### Kurs „Nachhaltige Abfallwirtschaft und Recycling“

- **Institution:** Universität Slavonski Brod
- **Link:** [Kursdetails](#)
- **Beschreibung:** Der Schwerpunkt liegt auf der nachhaltigen Bewirtschaftung fester Abfälle und Recyclingtechnologien im Rahmen des Studiengangs Ökoingenieurwesen. Die Studierenden analysieren Sortieranlagen und Kreislaufwirtschaftsmodelle und bereiten sich auf Aufgaben in Industrieunternehmen vor, die eine Steigerung der Materialrückgewinnung, einschließlich mineralischer Produkte, anstreben.

#### Studium der Stadtforstwirtschaft und des Umweltschutzes

- **Institution:** Universität Zagreb, Fakultät für Forstwirtschaft



- Link: [Programmdetails](#)
- **Beschreibung:** Integriert ökologische Wissenschaften mit städtischem Umweltmanagement. Absolventen tragen zur Planung grüner Infrastruktur bei, bei der mineralische und Bauabfälle mit umfassenderen Landschaftsmanagementzielen interagieren.

## 4. ANALYSE DER ERGEBNISSE

Dieses Kapitel enthält eine vergleichende Analyse der Ausbildungsprogramme und Lehrpläne im Bereich Abfallwirtschaft in der Natursteinindustrie in den teilnehmenden Ländern. Das Hauptziel besteht darin, zu beurteilen, inwieweit diese Ausbildungsprogramme mit den Zielen des Projekts, insbesondere der Förderung nachhaltiger Abfallwirtschaftspraktiken in diesem Sektor, in Einklang stehen.

Durch den Vergleich von Ausbildungsinhalten, erworbenen Fähigkeiten und angewandten Methoden sollen mit dieser Analyse bewährte Verfahren hervorgehoben werden, die die Nachhaltigkeit und Effizienz bei der Bewirtschaftung von Abfällen fördern, die bei der Gewinnung und Verarbeitung von Steinen anfallen. Darüber hinaus wird untersucht, wie verschiedene nationale Bildungssysteme auf die spezifischen ökologischen Herausforderungen dieser Branche reagieren.

Die Studie identifiziert auch erhebliche Lücken, d. h. Bereiche, in denen die aktuellen Programme nicht auf die tatsächlichen Bedürfnisse des Sektors eingehen oder bestimmte Umweltprobleme nicht angemessen behandeln. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für eine Reihe von Empfehlungen zur Verbesserung der beruflichen Bildung in der Zukunft.

Letztendlich ist es das Ziel, sicherzustellen, dass neue Generationen von Fachkräften darauf vorbereitet sind, aktiv zur Kreislaufwirtschaft, zum Umweltmanagement und zur nachhaltigen Entwicklung entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Naturwerksteinen beizutragen.

### 4.1. DEUTSCHLAND

Deutschland ist einer der etabliertesten Vorreiter Europas im Bereich der Abfallwirtschaft. Das Bildungsangebot ist tief in einem soliden Kreislaufwirtschaftsrahmen verankert, der durch Gesetze gestützt wird, die hochwertiges Recycling gegenüber einfacher Entsorgung priorisieren.



#### 4.1.1. Abfallwirtschaft in Industrie und Nachhaltigkeit

Das deutsche Bildungsökosystem im Bereich Abfallwirtschaft ist breit gefächert und eng mit dem Produktionssektor verbunden. Die duale Berufsausbildung umfasst Berufe wie den Fachmann *für Kreislauf- und Abfallwirtschaft*, der Praktika in Unternehmen mit einer technischen Ausbildung an Fachschulen kombiniert. Darüber hinaus gibt es Schulprogramme mit Schwerpunkt auf Umweltschutz.

Hinzu kommen hochspezialisierte Bachelor- und Masterstudiengänge wie Umweltverfahrenstechnik und Recyclingtechnik, in denen fortgeschrittene Kenntnisse in den Bereichen Abfallbehandlungstechnologien, Ressourceneffizienz und Lebenszyklusanalyse (LCA) vermittelt werden. Für die Zwecke dieses Projekts ist Deutschland ein klares Beispiel dafür, wie ein ausgereiftes Bildungssystem ambitionierte Kreislaufwirtschaftspolitiken unterstützen kann.

#### 4.1.2. Integration der Abfallwirtschaft in die Natursteinindustrie

Trotz der Stärke des Systems wird die Natursteinindustrie nicht als spezifischer Schwerpunkt behandelt, sondern fällt unter die breitere Kategorie Bau- und Mineralabfälle. Auszubildende und Studenten erwerben Kenntnisse über den Umgang mit Erde, Steinen und Schutt im Rahmen von Standardverfahren, die hauptsächlich mit der Herstellung von Zuschlagstoffen oder dem Recycling von Beton zusammenhängen.

Diese Fähigkeiten lassen sich leicht auf die Bewirtschaftung von Abdeckmaterial, Steinschnitzeln und Nebenprodukten aus Steinbrüchen übertragen. Allerdings behandeln die Lehrpläne selten branchenspezifische Aspekte wie den ästhetischen Wert von wiedergewonnenem Stein, den technischen Umgang mit Feinschlamm oder die Entwicklung hochwertiger Produkte aus Steinabfällen. Angesichts der starken Industrie- und Forschungsstruktur des Landes besteht ein großes Potenzial für die Entwicklung fortschrittlicher Wertschöpfungsketten, wenn die Ausbildungsprogramme Fallstudien mit Schwerpunkt auf Naturstein einbeziehen.

#### 4.1.3. Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Compliance

Das deutsche System legt großen Wert auf die rechtlichen und organisatorischen Aspekte der Abfallwirtschaft. Ein wesentliches Element ist die gesetzliche Verpflichtung vieler Einrichtungen, einen *Betriebsbeauftragten für Abfall* zu benennen. Diese Fachkraft ist für die Einhaltung der Vorschriften, die Dokumentation, interne Audits und die Beziehungen zu den Behörden verantwortlich.

Schulungs- und Auffrischungsprogramme für diese Funktion gewährleisten detaillierte Kenntnisse des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) und der geltenden technischen Vorschriften. Im Falle von Steinbrüchen und Steinverarbeitungsbetrieben ist diese Funktion ein wichtiger Pfeiler für die Einhaltung der Vorschriften, obwohl aus Projektsicht noch Raum für eine Weiterentwicklung dieser Rolle besteht: weg von der



bloßen Einhaltung von Vorschriften hin zur aktiven Förderung der Kreislaufwirtschaft und zur Erforschung neuer Möglichkeiten für industrielle Symbiose für Steinabfälle.

#### 4.1.4. Abschlussprojekte und Fallstudien

*Fachhochschulen* in Deutschland fördern aktiv projektbasiertes Lernen und Abschlussarbeiten, die in Zusammenarbeit mit der Industrie entwickelt werden. Viele Studierende der Umwelttechnik und des Recyclings beschäftigen sich bereits mit Themen im Zusammenhang mit mineralischen Nebenprodukten und der Konzeption von Aufbereitungsanlagen.

Die Einbindung des Natursteinsektors in diesen Kontext würde keine größeren Änderungen des Lehrplans erfordern, sondern vielmehr eine bessere Definition der Ansätze und Themen. Die Zusammenarbeit mit Industrieverbänden könnte zu Projekten führen, die die Rentabilität neuer Produkte aus Steinabfällen analysieren, Verarbeitungsketten optimieren oder digitale Tools, einschließlich Blockchain, zur Verfolgung zirkulärer Materialflüsse evaluieren.

#### 4.1.5. Gesamtfazit

Deutschland ist ein hochentwickelter Bildungsmaßstab, insbesondere im Bereich des Mineralabfallrecyclings. Die größte Herausforderung liegt nicht in einem Mangel an Kompetenzen, sondern in der fehlenden Verbindung zu den Besonderheiten des Natursteinsektors.

Für die Entwicklung des RockChain-Lehrplans liefert deutsches Fachwissen fortgeschrittene technische Inhalte zu Mineralabfallrecycling, Prozessoptimierung und Regulierungsmodellen. Im Gegenzug kann das Projekt eine notwendige sektorale Perspektive bieten und Naturstein als hochwertigen Anwendungsbereich für diese Fähigkeiten hervorheben. Diese gegenseitige Bereicherung, die die systemische Erfahrung Deutschlands mit einer gezielten Erforschung von Steinabfällen verbindet, wird zu einem europäischen Lehrplan beitragen, der technisch anspruchsvoll und auf die industrielle Realität abgestimmt ist.

## 4.2. SPANIEN

Eine Analyse der Bildungslandschaft in Spanien zeigt ein solides, aber etwas fragmentiertes Ökosystem. Es besteht aus interdisziplinären Berufsabschlüssen mit Schwerpunkt auf Siedlungs- und Industrieabfällen, spezialisierten Berufsausbildungen in der Rohstoffindustrie und einer breiten Palette von Masterstudiengängen in Umwelttechnik und Kreislaufwirtschaft.

#### 4.2.1. Abfallwirtschaft in Industrie und Nachhaltigkeit

Zusammen behandeln diese Programme wichtige technische Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Abfallhierarchie, Behandlungstechnologien, Vermeidung von



Umweltverschmutzung und Kreislaufwirtschaftsstrategien, die auf ressourcenintensive Sektoren anwendbar sind. Der Zusammenhang zwischen diesen allgemeinen Fähigkeiten und den spezifischen Nachhaltigkeitsherausforderungen in der Wertschöpfungskette von Natursteinen (wie z. B. die Entsorgung von Schneideschlamm, Schnittabfällen oder Abdeckmaterialien) bleibt jedoch in den Lehrplänen weitgehend implizit und wird nicht differenziert oder spezialisiert behandelt.

#### 4.2.2. Integration der Abfallwirtschaft in die Natursteinindustrie

Die direkte Integration in den Sektor ist am deutlichsten in spezialisierten Einrichtungen wie der Fines Marble School oder in spezifischen Zertifikaten wie IEXD0308 (Hilfsarbeiten in Natursteinverarbeitungsbetrieben) zu erkennen. In diesen Fällen findet die Ausbildung in realen Steinverarbeitungsumgebungen statt, wo die Abfallwirtschaft Teil der Lernergebnisse ist und mit Inhalten zur Effizienz im Materialverbrauch, zur Arbeitshygiene und zur Arbeitssicherheit integriert wird.

Im Gegensatz dazu wird Stein in der allgemeinen Berufsausbildung und in Universitätsprogrammen eher als Unterkategorie von Bau- und Abbruchabfällen (CDW) oder als inerter Industrieabfall behandelt. Daher erwerben die Studierenden zwar übertragbare Fähigkeiten, aber sie erhalten weder ein vollständiges Verständnis für den Lebenszyklus von Natursteinabfällen noch für deren Verwertungsmöglichkeiten über die einfache Zerkleinerung zu Zuschlagstoffen hinaus.

#### 4.2.3. Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Compliance

Sowohl in der beruflichen Ausbildung als auch in der Hochschulbildung in Spanien wird großer Wert auf Umweltgesetzgebung gelegt. Zertifikate wie SEAG0108 und Spezialkurse zu Bau- und Abbruchabfällen widmen einen Großteil ihrer Zeit dem Studium spanischer und europäischer Vorschriften, der erweiterten Herstellerverantwortung (EPR) und der Abfallwirtschaftsplanung. Ebenso legen Hochschulabschlüsse den Schwerpunkt auf Rahmenwerke für Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP).

Dieser regulatorische Ansatz bietet eine solide Grundlage für einen Sektor wie den Naturstein, der strengen Bergbau- und Umweltvorschriften unterliegt. Es fehlt jedoch an spezifischen Schulungen dazu, wie diese allgemeinen Verpflichtungen in konkrete Protokolle für die Entsorgung von Schneidschlamm oder Steinbruchmaterialien umgesetzt werden können. Darüber hinaus ist die Anwendung digitaler Tools, wie z. B. die Rückverfolgbarkeit durch Blockchain zur Verbesserung der Transparenz und Compliance, noch nicht Teil des aktuellen Lehrplans.

#### 4.2.4. Abschlussprojekte und Fallstudien

Die meisten Masterstudiengänge in Umwelttechnik oder Kreislaufwirtschaft umfassen ein Abschlussprojekt oder eine Abschlussarbeit, die oft in Zusammenarbeit mit Unternehmen entwickelt werden. Diese Projekte bieten eine große, noch weitgehend



ungenutzte Chance, die Ausbildung mit den Herausforderungen des Sektors zu verknüpfen.

Derzeit konzentrieren sich Fallstudien auf Siedlungsabfälle, Abwasser oder allgemeine Bau- und Abbruchabfälle. Die Ausrichtung dieser Projekte auf Themen wie Schlammbewertung, Ökodesign von Steinprodukten oder die Verwendung von Steinabfällen als Sekundärrohstoff könnte die Relevanz und Spezialisierung der Studiengänge erheblich steigern. Dadurch würde ein Absolventenprofil entstehen, das mit den spezifischen Abfallströmen des Steinabbau- und -verarbeitungssektors vertraut ist.

#### 4.2.5. Gesamtfazit

In Spanien sind viele der Elemente, die für die Erstellung eines fortschrittlichen Lehrplans für die Bewirtschaftung von Abfällen aus Natursteinen erforderlich sind, bereits vorhanden, allerdings derzeit noch verstreut:

- Interdisziplinäre Berufsausbildung im Bereich Abfallwirtschaft.
- Ein nationales Referenzzentrum, das sich auf Naturstein spezialisiert hat (Marmorschule).
- Hochrangige Universitätsprogramme in den Bereichen Ingenieurwesen und Kreislaufwirtschaft.

Die Verbindung zwischen diesen Elementen und den spezifischen Materialflüssen im Dekorsteinsektor ist jedoch noch schwach. Für das RockChain-Projekt stellt dies eine klare strategische Chance dar: die Entwicklung eines modularen Lehrplans, der als Brücke fungiert. Dieser Lehrplan sollte bestehende allgemeine Kompetenzen mit spezifischen branchenspezifischen Inhalten, digitaler Rückverfolgbarkeit (Blockchain) und innovativen Möglichkeiten der Wertschöpfung verbinden.

Anstatt bestehende Angebote zu duplizieren, sollte sich RockChain darauf konzentrieren, diese verstreuten Stärken miteinander zu verbinden und sie an die tatsächlichen Bedürfnisse des Dekorsteinsektors anzupassen.

### 4.3. RUMÄNIEN

#### 4.3.1. Abfallwirtschaft in Industrie und Nachhaltigkeit

Ausbildungsprogramme im Bereich Abfallwirtschaft in Rumänien haben einen ausgeprägt praktischen Ansatz und sind auf die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften ausgerichtet. Von der ANC akkreditierte Berufsausbildungskurse wie „Specialist în managementul deșeurilor“ und „Responsabil de mediu“ konzentrieren sich auf die Anwendung der geltenden Rechtsvorschriften, die Entwicklung von Abfallwirtschaftsplänen für Unternehmen und die logistische Organisation der Sammlung.



Auf Universitätsebene bieten Masterstudiengänge wie „Ingenieria valorificării deșeurilor“ eine strategischere Sichtweise und befassen sich mit Behandlungstechnologien und Indikatoren der Kreislaufwirtschaft. Zusammen bereiten diese Programme Fachleute auf den Betrieb integrierter Systeme in industriellen Umgebungen vor, einschließlich der Schwerindustrie, in der mineralische Abfälle eine bedeutende Rolle spielen.

#### 4.3.2. Integration der Abfallwirtschaft in die Natursteinindustrie

Derzeit ist keiner der analysierten Studiengänge speziell auf den Natursteinsektor ausgerichtet. Dieser Sektor wird indirekt im Rahmen allgemeiner Module zu Industrie- oder Bergbauabfällen behandelt. Obwohl die in Rumänien ausgebildeten Fachkräfte theoretisch über die erforderlichen Kompetenzen für die Entsorgung von Abfällen wie Schlamm oder Steinspänen verfügen, entsteht durch das Fehlen konkreter Beispiele eine Wissenslücke.

Ohne eine spezifische branchenspezifische Ausbildung sind sich die Absolventen wahrscheinlich der relevanten technischen Aspekte, wie z. B. des besonderen rheologischen Verhaltens von Steinschlamm oder der ästhetischen Einschränkungen von Recyclingprodukten, nicht bewusst. Die Integration von Fallstudien, die sich auf lokale Erfahrungen beziehen, würde die Anwendbarkeit der Ausbildung auf den Sektor erheblich verbessern.

#### 4.3.3. Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Compliance

Die berufliche Ausbildung in Rumänien legt großen Wert auf nationale und europäische Umweltgesetze, wie beispielsweise das Gesetz 211/2011. Die Studierenden müssen detaillierte Kenntnisse über Genehmigungen, Meldepflichten und geltende Vorschriften nachweisen. Für Bergbauunternehmen bietet dies eine solide Grundlage für die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften.

Aus Sicht des Natursteinsektors besteht jedoch die Möglichkeit, über die grundlegende Einhaltung der Vorschriften hinauszugehen. Die Lehrpläne könnten Inhalte zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) für die Sanierung von Bergbaustandorten und die langfristige Überwachung von Abraumhalden enthalten, Aspekte, die in allgemeineren Kursen oft übersehen werden.

#### 4.3.4. Abschlussprojekte und Fallstudien

Masterstudiengänge umfassen häufig angewandte Forschungsprojekte, oft in Zusammenarbeit mit lokalen Verwaltungen. Derzeit konzentrieren sich diese Projekte hauptsächlich auf kommunale oder gefährliche Abfälle. Eine Umorientierung eines Teils dieser akademischen Bemühungen auf die Herausforderungen des Sektors (z. B. Optimierung der Schlammbehandlung in Marmorschneidwerkstätten) würde eine



---

wertvolle Wissensbasis schaffen, die mit den Zielen des RockChain-Projekts im Einklang steht.

#### 4.3.5. Gesamtfazit

Rumänien verfügt über ein dichtes und kohärentes Bildungssystem im Bereich der Abfallwirtschaft mit starken technischen und rechtlichen Komponenten. Die Natursteinindustrie ist jedoch noch nicht als Ausbildungskontext sichtbar. Für ein Projekt wie RockChain bietet das Land eine solide Kompetenzbasis, jedoch mit einem klaren Bedarf an sektoraler Kontextualisierung.

Die Einbindung digitaler Tools und die Nutzung realer Demonstrationsstandorte könnten Steinabfälle, die derzeit als unsichtbare industrielle Belastung wahrgenommen werden, in einen attraktiven Bereich für technisches Lernen und angewandte Innovation verwandeln.

### 4.4. KROATIEN

#### 4.4.1. Abfallwirtschaft in der Industrie und Nachhaltigkeit

Kroatien bietet ein kohärentes Ausbildungsökosystem, das berufliche Bildungsprogramme der Sekundarstufe II, Mikroqualifikationen für Erwachsene und Hochschulabschlüsse im Bereich Umwelttechnik kombiniert. Diese Programme befassen sich mit Schlüsselthemen wie Überwachung, Abfallsortierung und Regionalplanung.

Da die nationale Politik der Reduzierung der Entsorgung von Mineralabfällen Priorität einräumt, ist das Bildungsangebot gut auf die Nachhaltigkeitsziele abgestimmt. Dadurch konnten immer mehr Techniker ausgebildet werden, die Abfall nicht nur als Entsorgungsproblem, sondern als Teil umfassenderer Kreislaufstrategien verstehen.

#### 4.4.2. Integration der Abfallwirtschaft in die Natursteinindustrie

Kroatien sticht unter den Partnerländern hervor, da es über eine auf Steinmetzkunst spezialisierte Schule verfügt, die Klesarska škola Pučišća, die sich in einer Region mit einer starken Tradition im Bereich Natursteine befindet. Die berufliche Erstausbildung vermittelt fundierte Kenntnisse über die Eigenschaften und die Verarbeitung von Stein. Inhalte zum Thema Abfallwirtschaft sind jedoch nicht in spezifischen Modulen, sondern durchgängig integriert, beispielsweise im Bereich der rationellen Materialverwendung.

Auf der anderen Seite vermitteln Hochschulstudiengänge im Bereich Umwelttechnik fortgeschrittene Kenntnisse im Bauabfallmanagement. Die Verbindung zwischen der handwerklichen Ausbildung im Steinmetzhandwerk und dem eher technischen Ansatz der Umwelttechnik ist noch weitgehend unerschlossen. Der Sektor würde von gemeinsamen Projekten zur Verwertung von Steinabfällen und zur Sanierung von Steinbrüchen erheblich profitieren.



#### 4.4.3. Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Compliance

Ausbildungsprogramme wie *Gospodarenje otpadom* widmen der kroatischen und europäischen Gesetzgebung große Aufmerksamkeit und bereiten Fachleute auf die Arbeit in Recyclingzentren und den Umgang mit Kontrollbehörden vor. Dieser rechtliche Ansatz stärkt die Einhaltung der Vorschriften in Steinbrüchen. Allerdings werden in der aktuellen Ausbildung selten neue Themen wie datengestützte Überwachung, Materialpässe oder die Verwendung von Blockchain zur Verfolgung von Steinnebenprodukten entlang der gesamten Wertschöpfungskette behandelt.

#### 4.4.4. Abschlussprojekte und Fallstudien

Universitätsprogramme beinhalten oft praktische Projekte. Mit geringfügigen Anpassungen könnten diese Regionen einbeziehen, in denen Natursteine produziert werden, wie Brač oder Istrien, als lebende Labore. Die Studierenden könnten Abfall- und Schlammströme analysieren, um in Zusammenarbeit mit den lokalen Gemeinden Kreislaufsysteme zu entwerfen. In der beruflichen Ausbildung würde die Einführung kleiner Projekte zur Abfallminimierung in Schulwerkstätten dazu beitragen, die Kreislaufwirtschaft durch tägliche Praxis zu verinnerlichen.

#### 4.4.5. Gesamtfazit

Kroatien bringt einen einzigartigen Mehrwert in das Projekt ein: eine Kombination aus spezialisierter Berufsausbildung im Steinmetzhandwerk und einer soliden Hochschulausbildung im Bereich Umwelttechnik. Die größte Schwäche ist nicht ein Mangel an Inhalten, sondern das Fehlen expliziter Verbindungen zwischen der handwerklichen Ausbildung und der systemischen Abfallwirtschaft.

Die strategische Chance für RockChain liegt in der Schaffung von Ausbildungsbrücken, bei denen Steinmetz- und Umweltingenieurstudenten in gemeinsamen Lerneinheiten zusammenarbeiten. Diese kooperative Methodik würde die Stärken beider Bereiche nutzen, um konkrete Beispiele für sektorale Innovationen zu schaffen, die mit den Zielen der europäischen Kreislaufwirtschaft im Einklang stehen.

### 5. BEWÄHRTE VERFAHREN

Eine vergleichende Analyse von Ausbildungsprogrammen im Bereich Abfallwirtschaft in Deutschland, Spanien, Rumänien und Kroatien zeigt mehrere gemeinsame Elemente, die die effektivsten Vorschläge in der beruflichen Bildung (VT), der Hochschulbildung und der Weiterbildung charakterisieren. Gleichzeitig werden anhaltende Lücken in Bezug auf die Natursteinindustrie festgestellt, insbesondere hinsichtlich der Integration der Kreislaufwirtschaft und der digitalen Rückverfolgbarkeit von Abfallströmen.



## 5.1. Gemeinsame Merkmale effektiver Lehrpläne für die Abfallwirtschaft

Die Analyse identifiziert fünf grundlegende Säulen, die den aktuellen Qualitätsstandard in der Abfallwirtschaftsausbildung in den Partnerländern definieren

### 5.1.1. Klarer und gut integrierter Rechtsrahmen

In allen vier Ländern verbinden die stärksten Programme die Abfallwirtschaft mit einem strengen Rechtsrahmen. Die Studierenden werden darin geschult, die Abfallhierarchie, die erweiterte Herstellerverantwortung (EPR) und die Verfahren zur Erteilung von Umweltgenehmigungen zu verstehen und anzuwenden.

- **Rumänien** und **Deutschland**: Akkreditierte Profile (z. B. Abfallwirtschaftsspezialisten oder Umweltmanager) machen die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und die Dokumentation zu Schlüsselementen des Lernens.
- **Spanien** und **Kroatien**: Berufsausbildungen und Hochschulprogramme integrieren systematisch nationale Rechtsvorschriften und europäische Richtlinien, wie z. B. die Abfallrahmenrichtlinie, in technische Module.

**Auswirkung:** Die Absolventen werden darin geschult, Systeme zu entwerfen, die den Vorschriften in industriellen Umgebungen entsprechen – eine wesentliche Kompetenz in stark regulierten Sektoren wie dem Bergbau und der Steinverarbeitung.

### 5.1.2. Praktischer Ansatz für tatsächliche Abfallströme

Effektive Programme vermeiden es, Abfall als abstraktes Konzept zu behandeln, und konzentrieren sich stattdessen auf bestimmte Kategorien wie Industrieabfälle, Bau- und Abbruchabfälle (CDW) und Bergbauabfälle.

- **Deutschland** und **Spanien**: Schwerpunkt auf mineralischen Abfällen, Recycling von Zuschlagstoffen und Bauschuttmanagement.
- **Rumänien**: Masterstudiengänge im Bereich Ingenieurwesen befassen sich mit komplexen Abfallströmen wie Industrieschlamm und gefährlichen Abfällen.
- **Kroatien**: Verbindet Bauingenieurwesen mit der Planung regionaler Abfallwirtschaftszentren.

**Auswirkung:** Die erworbenen Fähigkeiten (wie Abfallklassifizierung, -trennung und -logistik) lassen sich direkt auf die für die Natursteinindustrie typischen schweren und sperrigen Abfälle (steriles Material, Abfälle, Schlämme) übertragen.

### 5.1.3. Projektbasiertes und arbeitsbasiertes Lernen

Eine wiederkehrende Stärke ist die Kombination von Theorie und Praxis.



- **Hochschulbildung:** In allen Ländern umfassen die Studiengänge Abschlussarbeiten oder Abschlussprojekte, die in Zusammenarbeit mit Unternehmen oder öffentlichen Einrichtungen entwickelt werden.
- **Berufsausbildung:** Duale Systeme (wie in Deutschland) oder Ausbildung am Arbeitsplatz (Spanien, Kroatien) ermöglichen das Lernen in realen Umgebungen. In Rumänien umfassen die von der ANC akkreditierten Kurse angewandte Aufgaben wie Abfallwirtschaftspläne für Unternehmen.

**Auswirkungen:** Dieser Ansatz bietet einen direkten Weg zu RockChain. Bestehende Rahmenbedingungen können leicht angepasst werden, um praktische Fälle mit Schwerpunkt auf Natursteinen einzubeziehen.

#### Übergreifende Integration von Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz

Die Lehrpläne verlagern sich von einer auf die Abfallentsorgung ausgerichteten Vision hin zu einer Vision, die Abfall als nutzbare Ressource betrachtet.

- **Ingenieurwesen:** Materialflussanalyse und Lebenszyklusbewertung (LCA) werden gefördert.
- **Berufsausbildung:** Viele Kurse enthalten Inhalte zur Ressourceneffizienz und zur Verwendung von Sekundärrohstoffen.

**Auswirkungen:** Obwohl Natursteine selten ausdrücklich erwähnt werden, sind die konzeptionellen Instrumente für die Behandlung von Abfall als Ressource bereits vorhanden. Dies ebnet den Weg für die Einführung von Kreislaufsystemen mit Schwerpunkt auf Steinnebenprodukten (wie recycelten Zuschlagstoffen oder Restaurierungsmaterialien).

#### 5.1.4. Modularität und Ausrichtung auf lebenslanges Lernen

Ein gemeinsames strukturelles Merkmal ist die Vielfalt der Bildungsformate, die die Weiterbildung erleichtert.

- **Spezifische Zertifizierungen:** Spanien, Rumänien und Kroatien bieten Zertifikate für Umweltspezialisten und -manager an.
- **Obligatorische Weiterbildung:** In Deutschland wird die Erstausbildung durch obligatorische Auffrischungskurse für Abfallmanager in Unternehmen ergänzt.

**Auswirkungen:** Diese Flexibilität unterstützt das lebenslange Lernen und ermöglicht es erfahrenen Technikern, ihre Fähigkeiten zu aktualisieren, ohne den Arbeitsmarkt zu verlassen. Dies bestätigt den Ansatz von RockChain: die Konzeption flexibler Ausbildungseinheiten, die sich leicht sowohl in die berufliche Ausbildung als auch in die Hochschulbildung integrieren lassen.



## 5.2. Lücken und Lehren für ein Projekt mit Schwerpunkt auf Natursteinen und Kreislaufwirtschaft

Trotz der positiven Aspekte, die in den nationalen Bildungsprogrammen festgestellt wurden, zeigt die Analyse drei kritische Lücken auf, die die Existenz des RockChain-Projekts direkt rechtfertigen:

### 5.2.1. Fehlender sektorspezifischer Fokus auf Natursteine

Die meisten Bildungsprogramme verfolgen einen branchenneutralen Ansatz und klassifizieren Abfälle in grobe Kategorien wie „*Bau- und Abbruchabfälle*“ oder „*Industrieabfälle*“. Selbst in Ländern mit einer starken Tradition im Bereich Naturstein, wie Spanien oder Kroatien, werden in den Inhalten selten die spezifischen technischen Herausforderungen der Branche behandelt. Insbesondere allgemeine Kurse behandeln in der Regel nicht folgende Themen:

- Die spezifischen physikalischen und ökologischen Eigenschaften des beim Steinschneiden anfallenden Schlamm (z. B. Filterkuchen).
- Die Bewirtschaftung von Abfällen aus Steinbrüchen als langfristige Belastung für Umwelt und Landschaft.
- Die Entwicklung von recycelten oder hybriden Produkten aus Steinabfällen, wie z. B. Kunststeinen.

Obwohl es spezialisierte Schulen gibt, werden Umweltaspekte in der Regel nur implizit behandelt, ohne dass sie als strukturierter Ausbildungsbereich mit Innovationsindikatoren konsolidiert sind.

### 5.2.2. Fragmentierung zwischen technischen, ökologischen und digitalen Kompetenzen

Eine wiederkehrende Schwäche ist die fehlende Verbindung zwischen den wichtigsten Disziplinen, was zu einem „Silo-Effekt“ führt. Derzeit werden drei wesentliche Kompetenzbereiche getrennt voneinander unterrichtet:

- Technische Fähigkeiten: Schneiden, Verarbeiten und Betrieb von Steinbrüchen (berufliche Ausbildung).
- Umwelt: Abfallhierarchie und Verwertungswege (Ingenieurwesen).
- Digital: Rückverfolgbarkeit und Datenüberwachung (IT).

Steinbruchprogramme sind selten mit Umwelttechnik verknüpft, und praktisch keines der erfassten Programme integriert digitale Rückverfolgbarkeitsinstrumente wie Blockchain in die Abfallwirtschaftslehre. Dies schränkt die Fähigkeit der Absolventen ein, integrierte Lösungen zu entwickeln, bei denen sich technische Effizienz und ökologische Transparenz gegenseitig verstärken.



### 5.2.3. Zu geringe Nutzung von Projekten für den Steinsektor

Obwohl projektbasiertes Lernen eine weit verbreitete Methode ist, gibt es nur wenige Fälle, die sich auf Natursteine konzentrieren. Abschlussprojekte drehen sich in der Regel um Siedlungsabfälle oder Abwasser.

Dies ist eine verpasste Chance: Der Steinsektor bietet komplexe und multidimensionale Probleme, die Landschaft, Materialien und Kreislaufwirtschaft umfassen und sich ideal für interdisziplinäre studentische Arbeiten eignen.

## 5.3. Zusammenfassung der Empfehlungen für RockChain

Auf der Grundlage der identifizierten Best Practices und Lücken wird die folgende Roadmap für die Entwicklung des RockChain-Lehrplans vorgeschlagen:

### 5.3.1. Vorhandene Stärken nutzen

Es ist nicht notwendig, bei Null anzufangen. Die in den Partnerländern bereits vorhandenen rechtlichen, technologischen und kreislaufwirtschaftlichen Grundlagen sollten wiederverwendet und ausdrücklich mit den für den Natursteinsektor spezifischen Abfallströmen (Schlamm, Abfälle, Abraum und Steinabfälle aus Abbrucharbeiten) verknüpft werden.

### 5.3.2. Sichtbarkeit des Sektors in Projekten und Lernszenarien

Projektbasiertes Lernen in spezifische Herausforderungen für den Sektor umwandeln, indem reale oder simulierte Daten aus Steinbrüchen und Verarbeitungsanlagen als Grundlage für Aufgaben, Fallstudien oder Serious Games verwendet werden.

### 5.3.3. Überwindung der Fragmentierung zwischen technischen, ökologischen und digitalen Kompetenzen

Entwerfen Sie Lernergebnisse, die gleichzeitig Folgendes integrieren:

- Prozesswissen (Steinabbau und -verarbeitung).
- Umweltmanagement (Abfallhierarchie, Verwertungswege).
- Digitale Rückverfolgbarkeit (Datenerfassung, grundlegende Blockchain-Konzepte).

### 5.3.4. Verwenden Sie modulare Formate, die mit der beruflichen Ausbildung, der Universität und der Weiterbildung kompatibel sind

Strukturieren Sie RockChain als eine Reihe kurzer, aufeinander aufbauender Module, die sich leicht in Berufsbildungszyklen, Hochschulprogramme und Erwachsenenbildung integrieren lassen und einen Mehrwert bieten, ohne dass bestehende Lehrpläne reformiert werden müssen.



### 5.3.5. Positionierung von Natursteinen als europäischer Pilotfall

Nutzung der komplementären Stärken Deutschlands, Spaniens, Rumäniens und Kroatiens, um den Steinsektor als Innovationsmodell zu präsentieren, in dem die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, fortschrittliche Abfallwirtschaftstechnologien und digitale Rückverfolgbarkeit im Rahmen von Erasmus+ getestet werden können.

## 6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Eine vergleichende Untersuchung der Ausbildungsprogramme im Bereich Abfallwirtschaft in Deutschland, Spanien, Rumänien und Kroatien zeigt eine sich wandelnde Bildungslandschaft, die jedoch im Bereich der Natursteine noch erhebliche strukturelle Lücken aufweist.

Einerseits ist die Abfallwirtschaft eine etablierte Disziplin: Es gibt duale Ausbildungsprofile in den Bereichen Recycling und Umwelt, akkreditierte Spezialisierungen und eine breite Palette von Bachelor- und Masterstudiengängen im Ingenieurwesen. Andererseits bleibt dieses Angebot weitgehend horizontal: Es ist nach allgemeinen Kategorien wie Siedlungs- oder Bauabfällen gegliedert und enthält nur wenige spezifische Verweise auf die Materialflüsse und betrieblichen Realitäten von Naturwerksteinen.

Eine der relevantesten Erkenntnisse ist die Diskrepanz zwischen der technischen Solidität der Abfallwirtschaftssysteme und dem Fehlen spezifischer Inhalte in den Ausbildungsplänen. Die Partnerländer verfügen über ein gutes Verständnis für Schlüsselkonzepte wie die Abfallhierarchie, die Einhaltung von Vorschriften und die Kreislaufwirtschaft. Diese Kompetenzen erreichen jedoch selten die Berufsprofile, die dem Sektor am nächsten stehen: Steinbruchbetreiber, Mitarbeiter von Verarbeitungsbetrieben oder Manager in KMU.

Das Problem ist nicht ein Mangel an Ausbildung, sondern vielmehr deren mangelnde Ausrichtung: Die bestehenden Programme sind zu allgemein oder zu akademisch, um spezifische Herausforderungen wie die Entsorgung von Schneidschlamm, Abraum aus Steinbrüchen oder Verarbeitungsrückständen anzugehen.

Aus methodischer Sicht zeigen alle analysierten Länder eine klare Präferenz für die Kombination von Theorie und Praxis. Duale Berufsbildungssysteme ermöglichen das Lernen in realen Arbeitskontexten, und ein Universitätsstudium erfordert die Durchführung angewandter Projekte.

Dieser Ansatz ist ideal für einen Sektor wie den Naturstein, in dem Abfälle sichtbar, reichlich vorhanden und komplex sind. Aktivitäten wie die Planung der Schlammbehandlung oder die Entwicklung von Strategien zur Wiederherstellung von



Steinbrüchen sind ideale Ausbildungsszenarien für projektbasiertes Arbeiten und Lernen auf der Grundlage von Spielen oder Simulationen.

In allen Ländern legt die Ausbildung einen starken Schwerpunkt auf Gesetzgebung und Dokumentation. Fachleute lernen, Vorschriften zu interpretieren, Aufzeichnungen zu führen und mit Behörden zu interagieren. Diese regulatorische Grundlage eröffnet eine strategische Chance: Die gleichen Prinzipien, die der Einhaltung von Vorschriften zugrunde liegen, können auf den Einsatz digitaler Rückverfolgbarkeitssysteme ausgeweitet werden.

So kann sich die derzeitige Ausbildung, die sich auf die „Einhaltung von Dokumentationsvorschriften“ konzentriert, in Richtung digitaler Transparenz weiterentwickeln und Instrumente wie Blockchain zur Verfolgung von Steinabfällen und recycelten Materialien einbeziehen.

Ein anhaltendes Hindernis besteht darin, dass viele fortgeschrittene Programme im Bereich Abfallwirtschaft auf Hochschul- oder Ingenieursprofile ausgerichtet sind. Es gibt nur wenige strukturierte Angebote für technische oder e Profile im mittleren Management, obwohl diese täglich Entscheidungen über die Abfallwirtschaft in Steinbrüchen oder Anlagen treffen.

Um das Kreislaufpotenzial des Sektors zu aktivieren, ist es unerlässlich, die Ausbildungsprogramme in Bezug auf Sprache, Dauer und Zugangsvoraussetzungen so anzupassen, dass sie für diese operativen Profile wirklich zugänglich sind.

Diese Analyse legt nahe, dass die beste Strategie für RockChain nicht darin besteht, bereits Bestehendes zu kopieren, sondern vielmehr darin, aktuelle Programme zu ergänzen und neu auszurichten. Die Herausforderung besteht darin, die Stärken jedes Landes in spezifische Lektionen für den Natursteinsektor zu übersetzen:

- Das Bewusstsein für Steinabfälle als Problem schärfen.
- Direkte Verknüpfung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft mit der Wertschöpfungskette „vom Steinbruch zum Markt“.
- Integration der digitalen Rückverfolgbarkeit in einer für die Betreiber nützlichen und verständlichen Weise.

Auf diese Weise kann RockChain eine echte Ausbildungslücke in den derzeitigen Systemen schließen und sich gleichzeitig an den Trends und politischen Prioritäten orientieren, die in dieser vergleichenden Untersuchung ermittelt wurden.

## 7. REFERENZEN

- Afonso, P., Bessa, T., Bernardo, E. & Novais, R. (2023). Ein neuartiger Ansatz für die Wiederverwendung von Abfällen aus der Natursteinindustrie in



Verbundwerkstoffen. *Nachhaltigkeit*, 16(1), 64.  
<https://doi.org/10.3390/su16010064>

- Careddu, N., & Siotto, G. (2019). Dimension stones in the circular economy world. *Resources Policy*, 63, 101412.  
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101412>
- Lozano-Lunar, A., Pérez-Tapia, G., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez, J. R., & Merino-Lechuga, A. M. (2025). Verwendung von Abfällen aus dem Abbau von Naturstein als Sekundärrohstoff für die nachhaltige Herstellung von selbstverdichtendem Mörtel. *Journal of Building Engineering*, 111, 113305.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113305>
- Marras, G., Carcangiu, G., Meloni, P. und Careddu, N. (2022). Kreislaufwirtschaft in der Marmorindustrie: Von Steinabfällen zu nachhaltigen Farben auf Wasserbasis. *Construction and Building Materials*, 341, 127807.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127807>
- Moreira, A. M. M., Ribeiro, M. J., Ferreira, A., & Novais, R. (2022). Abfälle aus der Verarbeitung von Natursteinen als Sekundärrohstoff in nachhaltigen Bau produkten: Eine Übersicht. *Nachhaltigkeit*, 14(23), 16071.  
<https://doi.org/10.3390/su142316071>
- Peñaranda Barba, M. A., Alarcón Martínez, V., Gómez Lucas, I., & Navarro Pedreño, J. (2021). Minderung der Umweltauswirkungen in Steinbrüchen für Naturstein und Kalksteinaggregate in ariden und semiariden Gebieten. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(4), 565–586.  
<https://doi.org/10.22034/gjesm.2021.04.06>
- Simão, L., Souza, M. T., Ribeiro, M. J., Montedo, O. R. K., Hotza, D., Novais, R. M. und Raupp-Pereira, F. (2021). Bewertung des Recyclingpotenzials von Abfällen aus Steinverarbeitungsanlagen auf der Grundlage physikalisch-chemischer Eigenschaften und Marktchancen. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128678.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128678>
- Vagnon, F., Ghezzi, A., & Pellicelli, M. (2020). Neue Entwicklungen für die nachhaltige Nutzung von Natursteinen: Eine systematische Übersicht. *Sustainability*, 12(22), 9374. <https://doi.org/10.3390/su12229374>
- Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und International Solid Waste Association (ISWA). (2015). *Global Waste Management Outlook*. UNEP.  
<https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook>



## Deutschland – Ausbildungsangebot, Abfallwirtschaft und politischer Kontext

- Berufliche Schule Butzbach. (2024). *Nachhaltige Umweltschutztechnik – Staatlich geprüfte:r Umweltschutztechnische: Assistent:in* [Programmbeschreibung]. Berufliche Schule Butzbach. <https://berufsschule-butzbach.de/hoehere-berufsfachschule/umweltschutztechnik/>
- Bundesagentur für Arbeit. (2024). *Recycling, Umwelt und Nachhaltigkeit (B.Eng.), Hochschule Magdeburg-Stendal* [Studienprofil]. Bundesagentur für Arbeit. <https://web.arbeitsagentur.de/studienwahl>
- Bundesinstitut für Berufsbildung. (2021). *Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft / Umwelttechnologe:in für Kreislauf- und Abfallwirtschaft* [Berufsbild]. BIBB. <https://www.bibb.de/en/berufeinfo.php/profile/abl01>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). (2020). *Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)* [Kreislaufwirtschaftsgesetz, konsolidierte Fassung]. BMUV. <https://www.bmuv.de/gesetz/kreislaufwirtschaftsgesetz-krgw>
- Cedefop. (2021). *Berufsbildung in Europa – Deutschland* (Cedefop ReferNet VET in Europe reports). Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2801/936711>
- Europäische Umweltagentur. (2025a). *Kommunale Abfallwirtschaft – Länderprofil Deutschland 2025*. Europäische Umweltagentur. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/de-municipal-waste-factsheet.pdf>
- FEANI. (2024). *Umweltverfahrenstechnik und Recycling – Technische Universität Clausthal* [Studiengangsliste]. Europäische Datenbank für Ingenierausbildung. <https://www.feani.org/education-database/environmental-process-engineering-and-recycling>
- Hochschule Magdeburg-Stendal. (2025). *Recycling, Umwelt und Nachhaltigkeit (B.Eng.)* [Bachelor-Studiengang]. Hochschule Magdeburg-Stendal. <https://studieren.h2.de/studiengaenge/bachelor/recycling-umwelt-und-nachhaltigkeit>
- Hochschule Nordhausen. (2023). *Umwelt- und Recyclingtechnik (B.Eng.)* [Bachelor-Studiengang]. Hochschule Nordhausen. <https://www.hs-nordhausen.de/studium/bachelor/umwelt-und-recyclingtechnik>
- Hochschule Nordhausen. (2025). *Umwelt- und Recyclingtechnik (M.Eng.)* [Masterstudiengang]. Hochschule Nordhausen. <https://www.hs-nordhausen.de/studium/master/environmental-and-recycling-technology>



- Industrie- und Handelskammer Lahn-Dill. (2022). *Betriebsbeauftragte für Abfall – Fortbildungen* [Fortbildungen für Abfallbeauftragte]. IHK Lahn-Dill. <https://www.lahn-dill.ihk.de>
- Kreislaufwirtschaft Bau. (2024). *Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2022*. Initiative Kreislaufwirtschaft Bau. <https://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-14.pdf>
- Kultusministerkonferenz. (2013). *Rahmenlehrplan für den Bildungsgang Umweltschutztechnische Assistentin / Umweltschutztechnischer Assistent* [Rahmenlehrplan]. KMK. <https://www.kmk.org/dokumentation/rechtsvorschriften/berufliche-schulen.html>
- Technische Universität Clausthal. (2024). *Umweltverfahrenstechnik und Recycling (M.Sc.)* [Masterstudiengang]. Technische Universität Clausthal. <https://www.tu-clausthal.de/studieninteressierte/studienangebot/master/environmental-process-engineering-and-recycling>
- Technische Universität Dresden. (2025). *Abfallwirtschaft und Altlasten (M.Sc.)* [Master in Abfallwirtschaft und Altlastensanierung]. Technische Universität Dresden.
- TÜV SÜD Akademie. (2023). *Betriebsbeauftragter für Abfall – Grundlehrgang* [Grundlehrgang für betriebliche Abfallbeauftragte]. TÜV SÜD Akademie. <https://www.tuvsud.com/de-de/store/akademie/seminare-umwelt/abfall/betriebsbeauftragter-abfall-grundlehrgang>
- Umweltbundesamt. (2025). *Bauabfälle – Statistisch erfasste Mengen mineralischer Bauabfälle 2022* [Offizielle Statistik zu mineralischen Bauabfällen]. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de>
- Wegmann, V. (2023). *Abfallwirtschaft in Europa* [Bericht]. Europäische Gewerkschaft für den öffentlichen Dienst. [https://www.epsu.org/sites/default/files/article/files/Waste%20Management%20in%20Europe\\_EN.pdf](https://www.epsu.org/sites/default/files/article/files/Waste%20Management%20in%20Europe_EN.pdf)

### Kroatien – Ausbildungsangebot, Abfallwirtschaft und politischer Kontext

- Regierung der Republik Kroatien, Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung. (2023). *Abfallwirtschaftsplan der Republik Kroatien für den Zeitraum 2023–2028*. <https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA%20ZA%20GOSPODARENJE%>



[20OTPDOM//Plan%20gospodarenja%20otpadom%20Republike%20Hrvatske%20za%20razdoblje%202023.-2028..pdf](#)

- Republik Kroatien. (2021). *Zakon o gospodarenju otpadom* [Gesetz über die Abfallbewirtschaftung, Amtsblatt 84/2021, 143/2023]. Narodne novine. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_07\\_84\\_1550.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1550.html)
- Europäische Umweltagentur (EEA). (2024). *Kroatien – Länderinformationsblatt zur Abfallvermeidung 2024*. Europäische Umweltagentur. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/country-profiles-on-waste-prevention-2025/hr-waste-prevention-factsheet-final.pdf>
- Europäische Umweltagentur (EEA). (2025). *Kroatien – Länderprofil zur kommunalen Abfallwirtschaft 2025*. Europäische Umweltagentur. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/hr-municipal-waste-factsheet.pdf>
- Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung. (2020). *Bericht über den Zustand der Umwelt in der Republik Kroatien 2020* [Kapitel über Abfall und Kreislaufwirtschaft]. [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA%20ZA%20ZA%C5%A0ITU%20OKOLI%C5%A0A/Izvje%C5%A1e%C4%87e%20o%20stanju%20okoli%C5%A1a//izjesce\\_o\\_stanju\\_okolisa\\_za\\_2020.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA%20ZA%20ZA%C5%A0ITU%20OKOLI%C5%A0A/Izvje%C5%A1e%C4%87e%20o%20stanju%20okoli%C5%A1a//izjesce_o_stanju_okolisa_za_2020.pdf)
- Ministerium für Umwelt und Energie und Weltbank. (2019). *Beiträge zum nationalen Abfallwirtschaftsplan und Umsetzung der EU-Abfallrichtlinien* [Technisches Hintergrunddokument]. Weltbank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/418811580369661687/croatia-inputs-to-the-national-waste-management-plan-and-implementation-of-eu-waste-directives>
- AWaRe / AWASTER-Projektkonsortium. (2022). *AWASTER – Ressourcen aus Abfall: Kreislauflösungen für Bau- und Abbruchabfälle in Italien und Kroatien* [Interreg-Projekt Italien–Kroatien]. <https://www.italy-croatia.eu/web/awaster>
- Klesarska škola Pučišća. (2024). *Kurikulum Klesarske škole Pučišća 2024/2025* [Lehrplan der Schule]. <https://www.klesarskaskola.hr/kurikulum>
- Klesarska škola Pučišća. (2024). *Uporaba novih tehnologija u gospodarenju otpadom iz kamene industrije* [Lehrplanhinweis zu Blockchain, IoT und Big Data in der Abfallwirtschaft der Steinindustrie]. <https://www.klesarskaskola.hr>



## Spanien – Ausbildungsangebot, Abfallwirtschaft und politischer Kontext

- España. (2008). *Königliches Dekret 105/2008 vom 1. Februar zur Regelung der Erzeugung und Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen. Boletín Oficial del Estado, 38, 7724–7736.* <https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/02/01/105/con>
- Spanien. (2022). *Gesetz 7/2022 vom 8. April über Abfälle und kontaminierte Böden für eine Kreislaufwirtschaft. Boletín Oficial del Estado, 85, 1–132.* <https://www.boe.es/eli/es/ley/2022/04/08/7/con>
- Ministerium für ökologischen Wandel und demografische Herausforderungen (MITECO). (2020). *España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular.* [https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-espanola-economia-circular/espanacircular2030\\_tcm30-506003.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-espanola-economia-circular/espanacircular2030_tcm30-506003.pdf)
- Ministerium für ökologischen Wandel und demografische Herausforderungen (MITECO). (2015). *Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016–2022.* [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/pemar2016-2022\\_tcm30-703894.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/pemar2016-2022_tcm30-703894.pdf)
- Europäische Umweltagentur (EEA). (2025). *Spanien – Länderprofil zur kommunalen Abfallwirtschaft 2025.* Europäische Umweltagentur. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/es-municipal-waste-factsheet.pdf>
- Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE). (2009). *Certificado de profesionalidad SEAG0108 Gestión de residuos urbanos e industriales* [Königliches Dekret 1377/2009 vom 28. August]. *Boletín Oficial del Estado, 228, 78491–78530.* <https://www.boe.es/eli/es/rd/2009/08/28/1377/con>
- Ministerium für Bildung. (2011). *Königliches Dekret 384/2011 vom 18. März, mit dem der Titel „Technischer Fachwirt für Umweltbildung und -kontrolle“ eingeführt und dessen Mindestlehrinhalte festgelegt werden.* *Boletín Oficial del Estado, 89, 35272–35323.* <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/03/18/384/con>
- Ministerium für Bildung und Berufsausbildung und MITECO. (2021). *Technischer Fachwirt für Umweltbildung und -kontrolle – Beschreibung des Titels und des Berufsprofils* [Berufsausbildung auf Hochschulniveau]. <https://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano/catalogo/general/99/998615/ficha.html>
- Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE). (2020). *Berufsfamilie Sicherheit und Umwelt – Ausbildungsfachrichtungen und Zertifikate im Zusammenhang mit der Abfallwirtschaft (SEAG0211, SEAG0212, SEAG024PO, SEAG027PO usw.).*



<https://www.sepe.es/HomeSepe/Personas/formacion/certificados-profesionalidad/que-es/certificados-seguridad-y-medio-ambiente.html>

- Autonome Gemeinschaft Galicien. (2019). *Programme SEAG024PO, SEAG026PO, SEAG027PO, SEAG028PO – Entsorgung von Siedlungs-, Industrie- und Sonderabfällen* [Ausbildungskatalog TR302A]. <https://ficheiros-web.xunta.gal/transparencia/2019/11/21/14/19/10/tr302a.pdf>

### Rumänien – Ausbildungsangebot, Abfallwirtschaft und politischer Kontext

- ANC. (o. J.). *CURS – Specialist in managementul deșeurilor – COR 213310* [Akkreditierte Spezialisierung]. Autoritatea Națională pentru Calificări (ANC). <https://cursanc.ro>
- Avangarde Academy. (o. J.). *Curs online – Specialist management deșeuri* [Online-Spezialisierungskurs]. Avangarde Academy. <https://avangardeacademy.ro>
- Babeș-Bolyai-Universität. (o. J.-a). *Ingineria valorificării deșeurilor (IVD)* [Masterstudiengang Abfallverwertungstechnik]. Fakultät für Umweltwissenschaften und -technik. <https://enviro.ubbcluj.ro>
- Babeș-Bolyai-Universität. (o. J.-b). *Dezvoltarea sustenabilă și managementul mediului / Nachhaltige Entwicklung und Umweltmanagement* [Masterstudiengang]. Fakultät für Umweltwissenschaften und Umwelttechnik. <https://enviro.ubbcluj.ro>
- Bălănică Dragomir, C. M., & Coadă, M. T. (2025). Evaluierung der Nachhaltigkeit der kommunalen Abfallwirtschaft in Rumänien. *Die Annalen der Universität „Dunărea de Jos“ in Galați. Faszikel IX, Metallurgie und Materialwissenschaften*, 48(1), 43–46. <https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/mms/article/view/6980>
- Camera de Comerț, Industrie și Agricultură Timiș. (o. J.). *Program formare profesională autorizat – Responsabil de mediu (COR 325710)* [Ausbildung zum Umweltbeauftragten]. CCIAT. <https://www.cciat.ro>
- ECOSIMPLU SRL. (o. J.). *Umweltbeauftragter – COR 325710; Spezialist für Abfallwirtschaft – COR 213310* [Ausbildungskurse]. ECOSIMPLU SRL. <https://ecosimplu.ro>
- EEA. (2013). *Kommunale Abfallwirtschaft in Rumänien* [Länderinformationsblatt]. Europäische Umweltagentur. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/managing-municipal-solid-waste/romania-municipal-waste-management>



- EEA. (2025a). *Rumänien – Informationsblatt zu Siedlungsabfällen 2025.* Europäische Umweltagentur. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025/ro-municipal-waste-factsheet.pdf>
- EEA. (2025b). *Rumänien – Factsheet zur Abfallvermeidung 2025.* Europäische Umweltagentur. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/country-profiles-on-waste-prevention-2025/ro-waste-prevention-factsheet-final.pdf>
- EuroAcademia. (o. J.). *Curs responsabil de mediu (cod COR 325710)* [Kurs für Umweltbeauftragte]. Fundația EuroAcademia. <https://euroacademia.ro>
- Technische Universität Gheorghe Asachi in Iași. (o. J.). *Master Managementul, tratarea și valorificarea deșeurilor* [Master in Abfallwirtschaft, -behandlung und -verwertung]. Fakultät für Chemieingenieurwesen und Umweltschutz „Cristofor Simionescu“. <https://www.ch.tuiasi.ro>
- Glia Center. (o. J.). *Curs responsabil cu gestiunea deșeurilor* [Kurs für Abfallwirtschaftsbeauftragte]. Glia Center. <https://gliacenter.ro>
- Meda Consulting. (o. J.-a). *Curs specialist în managementul deșeurilor (cod COR 213310)* [Kurs für Abfallwirtschaftsspezialisten]. Meda Consulting. <https://medaconsulting.ro>
- Meda Consulting. (o. J.-b). *Curs responsabil de mediu (cod COR 325710)* [Kurs für Umweltbeauftragte]. Meda Consulting. <https://medaconsulting.ro>
- Năstase, C., Chasovschi, C. & State, M. (2019). Kommunale Abfallwirtschaft in Rumänien im Kontext der EU: Eine Perspektive der Interessengruppen. *Technologische und wirtschaftliche Entwicklung der Wirtschaft*, 25(5), 850–876. <https://doi.org/10.3846/tede.2019.10295>
- UpTraining. (o. J.). *Curs specialist în managementul deșeurilor (COR 213310)* [Fachkurs Abfallwirtschaft]. UpTraining. <https://uptraining.ro>

### Quellenangaben zu den Abbildungen

- **Abbildung 1**

Rockpanel. *Wie recycelbare Rockpanel-Produkte zu einer Kreislaufwirtschaft beitragen.*  
<https://www.rockpanel.com/uk/product-benefits/sustainability/how-recyclable-rockpanel-products-contribute-to-a-circular-economy/>



- **Abbildung 2**

Triple-Bottom-Line-Diagramm (Zusammenhang zwischen den Elementen des Triple-Bottom-Line-Konzepts).

[https://www.researchgate.net/figure/The-interconnection-of-the-elements-of-the-Triple-Bottom-Line-concept\\_fig1\\_329185478](https://www.researchgate.net/figure/The-interconnection-of-the-elements-of-the-Triple-Bottom-Line-concept_fig1_329185478)