

Eisenhüttenschlacke.

Wertvoller Rohstoff für ressourcenschonendes Wirtschaften.



04

ÖKONOMIE UND ÖKOLOGIE
HAND IN HAND

*Zukunftsweisend: Eisenhütten-
schlacken sind umweltverträglich,
schonen natürliche Ressourcen und
vermeiden Abfall*

06

BEGEHRTER BAUSTOFF UND
BEWÄHRTES DÜNGEMITTEL

*Sicher und zuverlässig:
Zahlreiche Branchen vertrauen
hochwertigen schlackenbasierten
Produkten*

08

HÖCHSTLEISTUNG AM BAU

*Uneingeschränktes Vertrauen:
Auch bei extremen Anforderungen
sind Zemente sowie Betone mit
Hüttensand und Hochofenstück-
schlacke erste Wahl*

10

SICHERE UND
LANGLEBIGE STRASSEN

*Der Alleskönner: Herausragende
Eigenschaften der Gesteins-
körnungen aus Schlacken sorgen
für sichere und nachhaltige
Verkehrswege bei allen Witterungs-
bedingungen*

12

LEISTUNGSSTARKE UND UMWELT-
FREUNDLICHE DÜNGEMITTEL

*Beste Wachstumsprognosen:
Aus Schlacke hergestellter
Konverterkalk überzeugt in
der Landwirtschaft durch seine
Wirksamkeit bei gleichzeitiger
Schonung der Natur*

14

VOM INDUSTRIELLEN NEBENPRO-
DUKT ZUM ROHSTOFF DER ZUKUNFT

*Hochofen und Hightech: Aus dem
metallischen Schmelzfluss von rund
1.500 Grad Celsius entstehen durch
moderne Verfahren homogene
Mineralstoffe für hochwertige
Industriegüter*

15

TRANSFORMATION UND
„NEUE“ SCHLACKEN

*Fit für die Zukunft: Forschungen
legen schon heute den Grund-
stein für den ressourcen- und
klimaschonenden Einsatz der
Nebenprodukte einer
dekarbonisierten Stahlindustrie.*

19

FEHS – INSTITUT FÜR
BAUSTOFF-FORSCHUNG E. V.

*Die Profis: Umfassende Expertisen,
jahrzehntelange Erfahrung
sowie intensive Kooperationen
mit Wissenschaft und Wirtschaft
verschaffen den Duisburgern einen
internationalen Ruf*

EISENHÜTTENSCHLACKEN: GUT FÜR DIE WIRTSCHAFT, GUT FÜR DIE UMWELT!

Wirtschaftliche Entwicklung, Wohlstand und Lebensqualität sind nicht ohne den Schutz der Umwelt denkbar. Allein die Folgen des Klimawandels machen sich in unserem Alltag deutlich bemerkbar und kosten schon heute Milliarden.

Aber auch der Verbrauch von Rohstoffen und Energie braucht unsere besondere Beachtung, denn (natürliche) Ressourcen sind nicht unbegrenzt verfügbar. Wir alle müssen sorgsam agieren, um uns und den folgenden Generationen eine lebenswerte Zukunft zu sichern. Es ist daher zu begrüßen, dass Nachhaltigkeit auch auf der politischen Agenda ganz weit oben steht: zum Beispiel im „Fahrplan Ressourceneffizienz“ in den „Roadmaps 2050“ zu Klima und Energie der Europäischen Union, im novellierten Kreislaufwirtschaftsgesetz oder im Green Deal bzw. dem Circular Economy Action Plan der EU.

Die vorliegende Broschüre zeigt Ihnen, welchen Beitrag Eisenhüttenschlacken, kurz „Schlacken“ genannt, zum ökonomischen und ökologischen Wirtschaften leisten. Denn die Verwendung von Schlacken, die bei der Stahlherstellung entstehen, garantiert nicht nur wettbewerbsfähige Produkte. Der Mineralstoff schont auch natürliche Vorkommen, schützt die Natur und fördert die Kreislaufwirtschaft. Wir vom FEhS – Institut für Baustoff-Forschung arbeiten seit Jahrzehnten daran, dass diese positive Bilanz für Wirtschaft und Umwelt immer besser wird. In intensiver Zusammenarbeit mit Unternehmen, Behörden und der Wissenschaft verfeinern wir die Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren, optimieren die Produkte, überprüfen die Praxistauglichkeit und arbeiten an neuen Anwendungsfeldern für Eisenhüttenschlacken, wie z. B. für Baumsubstrate und als Strahlmittel. Ferner forschen wir schon heute zu den neuen Schlacken von morgen in einer wasserstoffbasierten Stahlproduktion. Denn wir sind überzeugt: Schlacken sind ein Rohstoff der Zukunft!

Weitere interessante Informationen über Schlacken bekommen Sie auf den Internetseiten www.fehs.de und www.rohstoff-schlacke.de. Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

Mit freundlichen Grüßen



Thomas Reiche,
Geschäftsführer FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e. V.

2.900 m Σ

600 m \emptyset



Würde man alle seit 1945 in Deutschland verwendeten Schlacken – über eine Milliarde Tonnen – auf einen Haufen schütten, wäre dieser mit **600 Meter Durchmesser** und **2.900 Meter Höhe** so groß wie die Zugspitze.

ÖKONOMIE UND ÖKOLOGIE HAND IN HAND

Eisenhüttenschlacken sind ein wertvoller Rohstoff, der bei der Produktion von Roheisen und Stahl entsteht. Je nach Herstellungsverfahren spricht man von Hochofenschlacke oder Stahlwerksschlacke. In modernen Verarbeitungsprozessen entstehen daraus Hüttensand, Gesteinskörnungen und Düngemittel, die seit vielen Jahrzehnten nicht nur von der Baubranche und der Landwirtschaft geschätzt werden – sondern auch von der Umwelt!

RESSOURCEN SCHONEN, KREISLAUFWIRTSCHAFT FÖRDERN

Schlackenbasierte Produkte wie Zement, Beton, Asphalt und Konverterkalk sind vielseitig verwendbar, qualitativ wertvoll und vor allem: umweltverträglich. Das bestätigen zahlreiche Behörden und Ministerien in Deutschland und der EU, wie zum Beispiel die sogenannten Verwerter-Erlasse in Nordrhein-Westfalen, Einschätzungen des Umweltbundesamtes sowie Verordnungen des Bundesumweltministeriums. Dass Eisenhüttenschlacken ungefährlich sind und ohne Risiko eingesetzt werden können, belegen zahlreiche aktuelle Studien.

Wer wettbewerbsfähig sein will und gleichzeitig auf Umweltschutz setzt, muss die Ressourceneffizienz steigern. Die Verwendung von Eisenhüttenschlacken leistet hierzu einen wichtigen Beitrag. Ihr Einsatz reduziert die Emission des klimaschädlichen CO₂. Ferner kann der Abbau großer Mengen der Primärrohstoffe Naturstein und Sand vermieden werden, was zudem Landschaften schützt.

Eisenhüttenschlacken leisten darüber hinaus auch einen beachtlichen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft. Fast das gesamte Schlackenaufkommen wird zur Herstellung von hochwertigen Produkten

verwendet – nur 5 % landen auf der Deponie. Zudem kommen große Mengen Metallschrott bei der Herstellung von Rohstahl zum Einsatz, bei der Stahlwerksschlacken entstehen.



Durch den Einsatz von Hüttensand anstelle von Portlandzementklinker im Zement konnte in den letzten sieben Jahrzehnten die Emission von 221 Mio. t CO₂ vermieden werden.

12,5 Mio.
Tonnen Schlacke



4 Mio.
Tonnen
Gesteins-
körnung



0,5 Mio.
anlagen-
interne
Kreislauf-
führung



0,5 Mio.
Tonnen Kalk/
Düngemittel



0,5 Mio.
Tonnen
Deponie

7 Mio.
Tonnen
Hüttensand



BEGEHRTER BAUSTOFF UND BEWÄHRTES DÜNGEMITTEL

Hochfenschlacke und Stahlwerksschlacke sind industriell hergestellte Mineralstoffe, die es in sich haben. Sie machen Bauwerke stabil, sorgen für sichere Straßen und lassen Pflanzen gedeihen. Denn Eisenhüttenschlacken verfügen über homogene, technologisch herausragende Eigenschaften. Dafür sorgen sehr hohe Temperaturen beim Entstehungsprozess, ähnlich wie bei magmatischen Gesteinen, und moderne Verfahren bei der Verarbeitung.

BEWÄHRTE QUALITÄT

Architekten, Ingenieure und Bauherren errichten seit über 100 Jahren mit schlackenhaltigen Baustoffen alles, was höchsten Anforderungen genügen muss: Brücken, Fernsehtürme, Talsperren, Fahrbahndecken, Sturmflutwehre, Bürokomplexe, Industrieanlagen oder Trinkwasserrohre. Aber nicht nur bei Neubauten, auch bei Instandsetzungen vertrauen die Experten den technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Vorzügen von Schlackenprodukten.

Kein nachhaltiger Erfolg ohne zuverlässigen Qualitätsnachweis: Werkseigene Produktionskontrollen (WPK) und Gütegemeinschaften, Behörden und amtlich anerkannte Prüfstellen, wissenschaftliche Untersuchungen und internationale Forschungen bestätigen die Eignung von Eisenhüttenschlacken als Rohstoff sowie die Praxistauglichkeit der daraus hergestellten Produkte. Davon zeugen auch die umfassenden internationalen Zulassungen für verschiedene Einsatzgebiete in diversen Branchen.

Wie hochwertig Baustoffe oder Baustoffgemische mit Eisenhüttenschlacken sind und wie vielfältig sie zum Einsatz kommen, belegen zahlreiche

realisierte Projekte unter anderem für die Chemische Industrie und die Schwerindustrie, die Energiewirtschaft, den Straßenbau oder bei kommunalen Ver- und Entsorgungseinrichtungen.

60

JAHRE

*Seit mehr als **60 Jahren** testen Wissenschaftler im Schwarzwald bei einem Dauerdüngungsversuch mit schlackenhaltigem Thomasphosphat den Ertrag, die Umweltverträglichkeit und die Artenvielfalt.*



387 Mio. t

Allein durch die Verwendung von Hüttensand in Zement konnten in den vergangenen sieben Jahrzehnten **387 Millionen Tonnen Naturstein** ersetzt werden – das würde über 3 Millionen der weltweit größten Schiffscontainer füllen.

HÖCHSTLEISTUNG AM BAU

Funktionalität, Qualität, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und nicht zuletzt Sicherheit: Wer hochwertig bauen will, muss sich auf die Eigenschaften der Baustoffe verlassen können. Schlackenbasierte Zemente und Betone haben sich tausendfach bewährt – das gilt nicht nur für alltägliche Baumaßnahmen, sondern vor allem auch bei Gebäuden und Anlagen, an die höchste Ansprüche gestellt werden.

Der Erfolg der Schlackenprodukte ist kein Zufall. Es gibt kaum Baustoffe, die seit Jahrzehnten so intensiv untersucht, umfassend geprüft und immer wieder optimiert werden. Für besondere Einsatzgebiete mit speziellen Anforderungen kommen sogar individuell hergestellte Betonrezepturen zur Anwendung. Die Erfahrung der Experten, die effektive Zusammenarbeit von Wirtschaft, Wissenschaft und Behörden sowie normierte Qualitätsanforderungen gewährleisten den hohen Standard der schlackenhaltigen Zemente und Betone.

Der Gesetzgeber schreibt nicht nur dezidierte technologische Eignungen von Baustoffen vor. Auch umweltrelevante Parameter müssen erfüllt werden, um Natur und Menschen dauerhaft vor gefährlichen Stoffen zu schützen. Daher genießen Schlackenprodukte bei Bauvorhaben europaweit das Vertrauen der Unternehmen. Beispiele sind Trinkwasseranlagen, Wasser- und Klärwerke, Flächen der Chemischen Industrie, Bauten mit höchster mechanischer Belastung sowie Silos.

Umweltschutz heißt auch: Ressourcen und Klima schonen. Neben dem Abbau großer Mengen Naturstein und Sand konnten von 1949 bis 2021 allein in Deutschland auch 221 Mio. Tonnen CO₂

durch den Einsatz von Hüttensand als Zementbestandteil vermieden werden – das ist mehr, als die zehn emissionsstärksten Kohlekraftwerke Deutschlands pro Jahr ausstoßen!

34

*Während im Laufe des 20. Jahrhunderts weltweit zwölfmal mehr fossile Brennstoffe verbraucht wurden, nahm der Abbau von Primärrohstoffen und Bodenschätzen im gleichen Zeitraum sogar um das **Vierunddreißigfache** zu!*

622
Mio. t

NATURSTEINE

Durch den Einsatz von
schlackenbasierten Baustoffen im
Verkehrswegebau
konnten in den letzten sieben
Jahrzehnten mehr als 620 Mio. t
Natursteine ersetzt werden!

SICHERE UND LANGLEBIGE STRASSEN

Straßen sollen lange halten, dem LKW-Verkehr trotzen, ein sicheres Fahren bei Regen gewährleisten und möglichst wenig Fahrgeräusche erzeugen. Straßenbaustoffe wie Asphalte, die Stahlwerksschlacken enthalten, erfüllen diese Anforderungen. Denn Gesteinskörnungen aus Schlacken verwittern kaum, halten dem Frost stand, bleiben sehr lange stabil, verfügen über eine enorme Tragfähigkeit, haben eine lange Lebensdauer und sind unempfindlich gegen Hitze, was Spurrinnenbildung im Sommer minimiert.

Das Resultat: weniger Baustellen (und damit auch weniger Staus), weniger Schadstoffe und weniger Unfälle. Darüber hinaus genügen Baustoffe aus Schlacken auch den strengen Umweltauforderungen im Verkehrswegebau, etwa beim Gewässerschutz.



*Laut ADAC wurden 2022 in Deutschland **474.000 Staus** mit einer Gesamtlänge von 733.000 Kilometern verzeichnet, die den Verkehrsteilnehmern insgesamt **333.000 Stunden** raubten. Eine der Hauptursachen: die anhaltend rege Bautätigkeit.*

Ein weiterer Vorteil von Schlackenprodukten: Sie lassen sich ganzjährig bei jeder Witterung problemlos verarbeiten. Das spart Zeit und Geld, Baustellen können früher aufgelöst werden.

Auch beim Bau von Wasserstraßen und Schleusen vertraut die Branche Betonen mit Schlacke. 50.000 m³ davon kamen zum Beispiel beim Bau der Kaiserschleuse in Bremerhaven, dem „Panamakanal des Nordens“, zum Einsatz.

Die hervorragenden technologischen Eigenschaften der Baustoffe werden durch die Vorgaben der Gütegemeinschaft Eisenhüttenschlacken e. V. gewährleistet, deren Anforderungen sogar über die gesetzlichen Regelungen hinausgehen.

Eisenhüttenschlacken sind zudem nicht wassergefährdend im Sinne der Verordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) des Bundesumweltministeriums.



**0,5
Mio. t**

Aus einer **halben Million Tonne Schlacke** werden jährlich Düngekalke für die Landwirtschaft hergestellt.

LEISTUNGSSTARKE UND UMWELTFREUNDLICHE DÜNGEMITTEL

Schlacken sorgen nicht nur für stabile Gebäude und unverwüstliche Straßen, sie lassen auch zarte Pflanzen gedeihen und halten Böden gesund. Denn durch Vermahlen oder Absieben von Schlacke entsteht Konverterkalk, der seit Jahrzehnten in der Landwirtschaft als Düngemittel geschätzt wird.

Von einem Dünger erwartet die Landwirtschaft einen guten Ertrag und den langfristigen Erhalt von artenreichen wie unbelasteten Böden – und der Verbraucher einwandfreie Produkte. Forderungen, die Düngemittel mit Konverterkalk mehr als erfüllen. Neben der notwendigen Abpufferung der Versauerung im Boden enthalten sie zahlreiche für die Pflanzen wichtige Nährstoffe wie Silizium, Magnesium, Calcium und Mangan, können auf allen Böden sowie für alle Kulturen verwendet werden. Ferner schonen und erhalten sie die Natur.

Wie schon bei den Baustoffen müssen auch Düngemittel aus Schlacken gesetzliche Vorgaben einhalten. Neben der Qualität der Produkte steht bei den Kontrollen der Umweltschutz im Vordergrund. Dazu können die Experten auch auf die Erfahrung von Feldversuchen im Schwarzwald zurückgreifen, die seit 1954 bis heute mit schlackenhaltigem Dünger durchgeführt werden. Ergebnisse der Versuche wurden und werden weiterhin im Rahmen eines EU-Forschungsprojekts erarbeitet.

Dass schlackenhaltige Düngemittel aus ökologischer und gesundheitlicher Hinsicht ungefährlich sind, zeigt auch eine Studie von 2017 über den

Chromgehalt in Stahlwerksschlacken. Sie attestiert eine für Mensch und Natur völlig unbedenkliche Verwendung, da das schädliche Chrom (VI) nicht nachgewiesen werden konnte.

60.000

„Upload für die Landwirtschaft“:

Auf 60.000 t wird das Rückgewinnungspotenzial von Phosphaten in Aschen aus Verbrennungsprozessen geschätzt. In einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt konnte der Mineralstoff in einem speziellen Verfahren mit Konverterschlacke zu einem effizienten Dünger verarbeitet werden.

VOM INDUSTRIELLEN NEBENPRODUKT ZUM ROHSTOFF DER ZUKUNFT

Bei der Produktion von Roheisen und Stahl entstehen Schlacken. Sie bilden sich ähnlich wie die Lava durch Abkühlung eines zwischen 1.500 und 1.600 Grad Celsius heißen Schmelzflusses. Ihre Zusammensetzung – vor allem Calcium-, Silicium- und Magnesiumoxid – ähnelt den magmatischen Gesteinen. Aber anders als bei Vulkanen werden das Kühlen und Aushärten nicht dem Zufall überlassen.

Heute steuern unterschiedliche Verfahren diese Prozesse. Je nach Dauer und Art der Abkühlung werden die Korngröße, die physikalischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung der Schlacke beeinflusst. Hüttensand zum Beispiel entsteht in kurzer Zeit durch die Granulation von flüssiger Hochofenschlacke mit Wasser und Luft, während zur Bildung von Hochofenstückschlacke die flüssige Schlacke in Beete gegossen wird und langsam erkaltet.

Und auch für die weitere Verarbeitung der Schlacken sind das Know-how von Experten und moderne Anlagen erforderlich. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: homogene Gesteine mit konstanten Eigenschaften, exakt abgestimmt auf die speziellen Anwendungsbereiche in der Bau- und Landwirtschaft. Alle Produkte entsprechen den jeweiligen nationalen und europäischen Normen und erfüllen sämtliche umweltrelevanten Anforderungen.

Das Resultat: Schlacken sind ein begehrter Rohstoff, der zur ökonomischen und ökologischen Entwicklung beiträgt.



95 % der Eisenhüttenschlacken werden nach aufwendigen Herstellungsverfahren zu umweltfreundlichen Qualitätsprodukten wie zum Beispiel Zement, Beton, Asphalt und Dünger verarbeitet.

DIE TRANSFORMATION DER STAHLINDUSTRIE UND „NEUE SCHLACKEN“

Die Transformation der Stahlindustrie bedeutet eine Dekarbonisierung/Defossilisierung bei der Stahlerzeugung. Die Folgen: ein massiver Um- bzw. Neubau der integrierten Stahlwerke und daraus resultierend völlig veränderte Schlacken.

Eine Direktreduktionsanlage ersetzt den CO₂-intensiven Hochofen und erzeugt zunächst in einem schlackenfreien Prozess Eisenschwamm (DRI – Direct Reduced Iron). DRI wird in nachgeschalteten elektrischen Aggregaten eingeschmolzen. Hierbei entstehen neue Nebenpro-

dukte: zum einen im Schmelz-Reduktionsofen die ERS-Schlacke (ERS – Elektrorroheisenschlacke), auch als SAF-Schlacke (SAF – Submerged Arc Furnace) bezeichnet; zum anderen im Elektrolichtbogenofen durch Zugabe von Schrott zu DRI die EAF-Schlacke (EAF – Electric Arc Furnace).

Die Anwendungsmöglichkeiten der „neuen Schlacken“ als Baustoff, im Verkehrswegebau, als Düngemittel oder in neuen Einsatzgebieten werden derzeit erforscht. Zudem untersuchen die Fachleute, ob und wie diese Schlacken für eine optimale Nutzung konditioniert werden müssen.

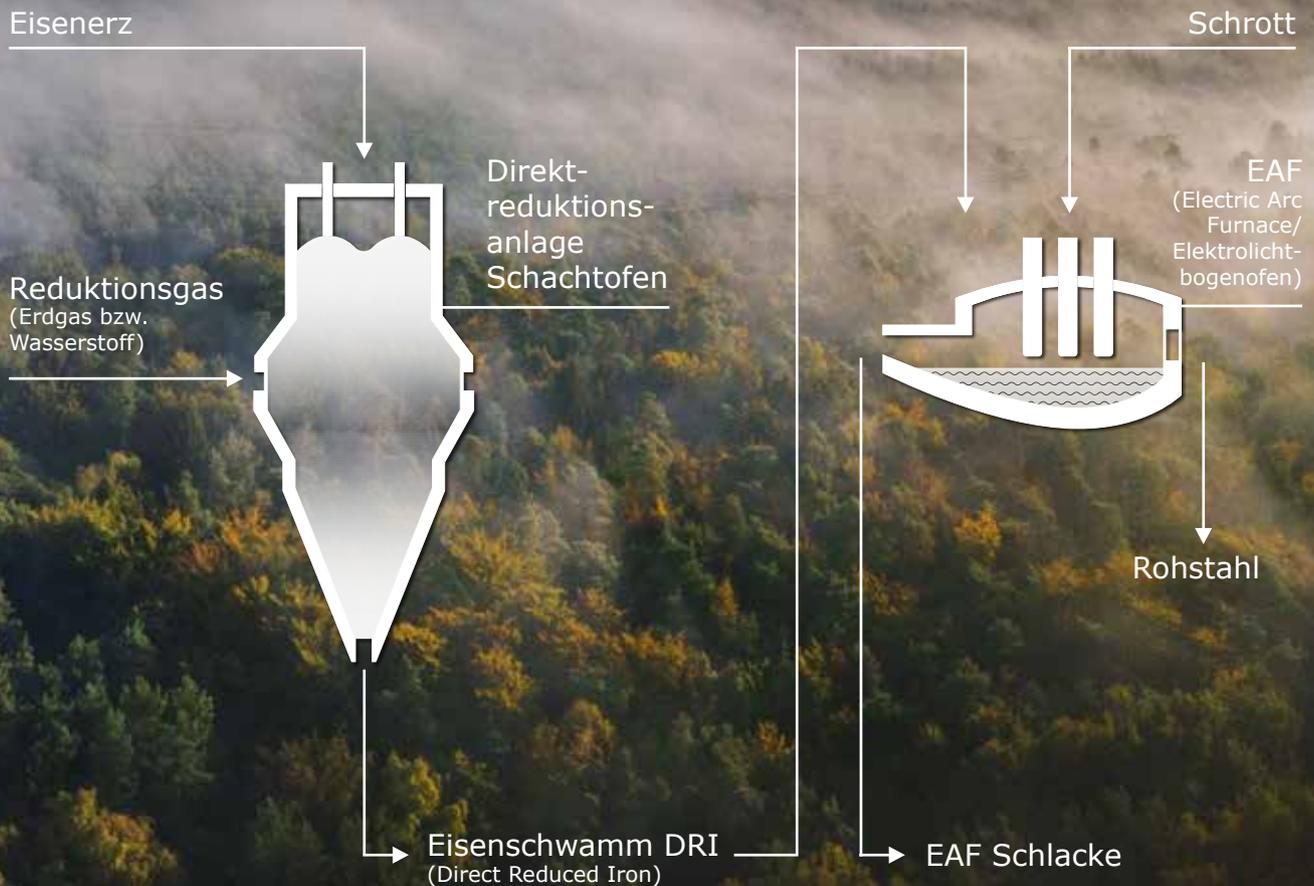
Das FEhS-Institut arbeitet schon seit 2013 in verschiedenen Forschungsprojekten zu diesen Themen. Aktuell untersuchen die von den Duisburgern koordinierten Verbundvorhaben „SAVE CO₂“ (ERS-Schlacke) und „DRI-EOS“ (EAF Schlacke), wie in Zukunft anstelle des heutigen Hüttensands ein alternativer CO₂-sparender Klinkerersatz für die Zementindustrie hergestellt werden kann.



Im Jahr 2021 konnten in Deutschland 98 % der insgesamt 12,5 Mio. t erzeugten Eisenhüttenschlacken in Baustoffen, im Verkehrsbau und in der Landwirtschaft genutzt werden.

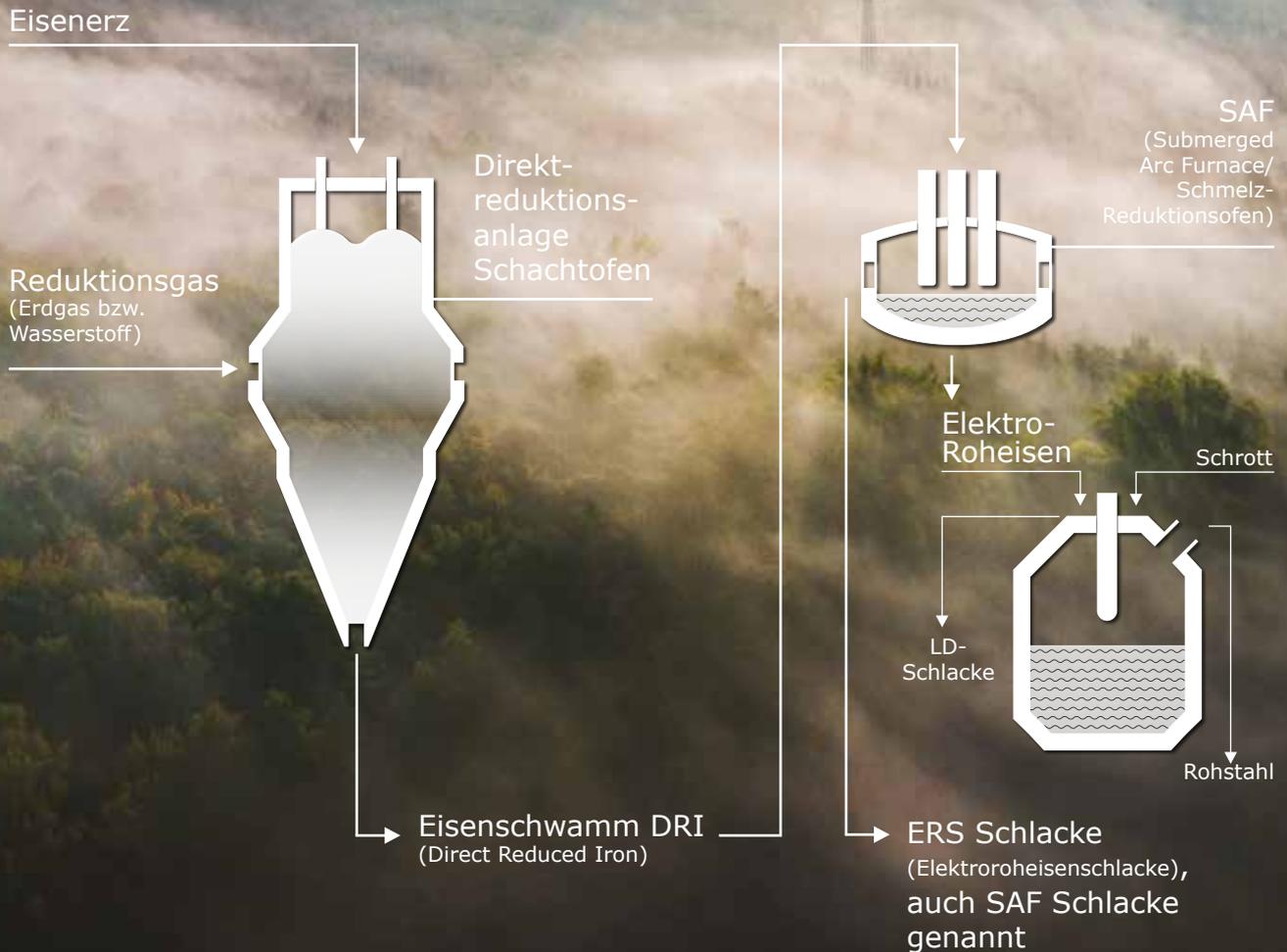
ROHSTAHLERZEUGUNG IN EINER DER

1-stufiges Verfahren



KARBONISIERTEN STAHLINDUSTRIE

2-stufiges Verfahren



The background is a photograph of an industrial facility, likely a steel mill, featuring large concrete pillars and a complex network of metal pipes and walkways. A large, semi-transparent white circle is centered over the image, containing text. The text is in blue and black, with some words in bold. The overall scene is brightly lit under a clear blue sky.

7 Mio. t

HÜTTENSAND

Ein ressourcenschonender
und klimafreundlicher Baustoff:
Jährlich kommen in Deutschland
über 7 Mio. t Hüttensand
zum Einsatz.

FEHS – INSTITUT FÜR BAUSTOFF-FORSCHUNG E. V.

Das FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e.V. in Duisburg ist seit Jahrzehnten ein im In- und Ausland anerkannter Ansprechpartner rund um Eisenhüttenschlacken. Die Schlacken-Profis arbeiten eng mit einem weit verzweigten Netzwerk aus Unternehmen und Industrieverbänden, Behörden und Ministerien, Gütegemeinschaften und Universitäten zusammen.

Im Mittelpunkt der Tätigkeiten der Ingenieure und Wissenschaftler stehen zum einen die Forschung und die Prüfung. Die modernen Labore des FEhS-Instituts für Zement, Beton, Chemie, Mineralogie, Schlackenmetallurgie (inklusive mobilem Labor), Verkehrsbau und Düngemittel verfügen über zahlreiche Zulassungen, über 70 sind von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) bestätigt und mit weiteren zahlreichen Zulassungen versehen. Das Arbeiten auf höchstem Niveau stellen überdies dezidierte Qualitätssicherungskonzepte und das Mitwirken bei internationalen Projekten sicher.

Das interdisziplinäre Team verfügt zudem über eine hohe Beratungskompetenz zu allen technischen und ökologischen Aspekten bei der Nutzung von Schlackenprodukten.

Ein herausragendes Beispiel hierfür ist das KompetenzForum Bau des FEhS-Instituts. Auf dieses Wissen vertrauen Bauunternehmen, Bauherren, Baustoffhersteller, Planer und Anlagenbetreiber weltweit – zum Beispiel bei Neubauten und Instandsetzungen, der Planung und Überwachung von Bauvorhaben oder Fragen zum Umweltschutz.



FEHS – Institut für Baustoff-
Forschung e. V.
Bliersheimer Straße 62
47229 Duisburg

Telefon: 02065 9945-0
Telefax: 02065 9945-10
E-Mail: fehs@fehs.de
www.fehs.de



INSTITUT FÜR
BAUSTOFF
FORSCHUNG

FEHS