

Anforderungen der Zementindustrie an alternative mineralische Rohstoffe

Martin Oerter

1. Einsatz alternativer Brenn- und Rohstoffe
in der deutschen Zementindustrie.....514
2. Allgemeine Anforderungen an geeignete alternative Einsatzstoffe.....516
3. Ökologische und ökonomische Randbedingungen517
4. Perspektiven für einen weiteren Einsatz alternativer Materialien
in der deutschen Zementindustrie.....518

Der Einsatz alternativer Roh- und Brennstoffe ist für die deutschen Zementhersteller von zunehmender Bedeutung. Im Jahr 2013 konnte mehr als sechzig Prozent des erforderlichen Brennstoffenergiebedarfes durch geeignete alternative Brennstoffe substituiert werden. Dabei ist hervorzuheben, dass der Ascheanteil dieser Brennstoffe vollständig als integraler Bestandteil in das Produkt umgewandelt wird. Auch der Einsatz alternativer Rohstoffe ist im Bereich der deutschen Zementindustrie in den vergangenen Jahren weiter angestiegen. Diese Stoffe substituieren unmittelbar primäre Ressourcen. Außerdem tragen alternative Rohstoffe maßgeblich zur Minderung der prozessspezifischen CO₂-Emissionen bei. Insgesamt trägt der Einsatz alternativer Roh- und Brennstoffe in der Zementherstellung im hohen Maße den Erfordernissen einer modernen Kreislaufwirtschaft Rechnung.

Das Brennen von Zementklinker ist ein besonders energie- und rohstoffintensiver Produktionsprozess. Mit dem möglichst weitgehenden Ersatz natürlicher Roh- und Brennstoffe durch geeignete alternative Materialien reduzieren die Zementwerke die benötigten Abbaufächen im Steinbruch und minimieren die Verbrennung fossiler Energieträger wie Öl und Kohle. Der Klinkerbrennprozess bietet hervorragende Möglichkeiten für eine umweltverträgliche Verwertung alternativer Brennstoffe. Dabei werden die eingesetzten Brennstoffe nicht nur energetisch verwertet. Zusätzlich werden Reststoffe wie Aschen direkt in das Produkt Zementklinker eingebunden. Auch können natürliche Rohmaterialien durch geeignete alternative Rohstoffe substituiert werden. An dieser Stelle sind aktuell maßgeblich die granulierten Hochofenschlacke (Hüttensand) sowie Flugaschen aus Kraftwerksfeuerungen zu benennen. Der Einsatz dieser Materialien schont nicht nur natürliche Ressourcen, sondern trägt unmittelbar zur Minderung der prozessspezifischen CO₂-Emissionen bei.

1. Einsatz alternativer Brenn- und Rohstoffe in der deutschen Zementindustrie

Im Jahr 2013 wurden gut 62 % des gesamten Brennstoffenergiebedarfs der deutschen Zementindustrie durch den Einsatz geeigneter Abfälle substituiert. Dadurch konnten bundesweit mehr als 1.900.000 Tonnen Steinkohleeinheiten an Primärenergie eingespart werden. Als Regelbrennstoffe werden nach wie vor im wesentlichen Braunkohle und Steinkohle sowie in geringerem Umfang auch Petrolkoks eingesetzt.

Den größten Anteil der verwendeten Ersatzbrennstoffe machen seit einigen Jahren aufbereitete Industrie- und Gewerbeabfälle aus. Seit der Umsetzung des Deponierungsverbotes für unbehandelte Abfälle zum 1. Juni 2005 ist auch ein vermehrtes Aufkommen an Fraktionen aus aufbereiteten Siedlungsabfällen zu beobachten (Bild 1).

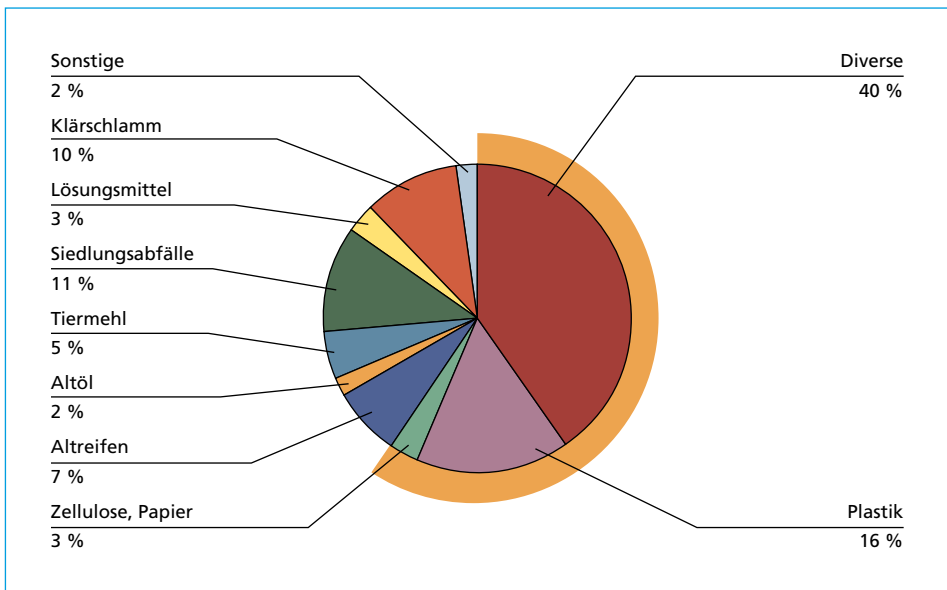


Bild 1: Anteile alternativer Brennstoffe in deutschen Zementwerken 2013; insgesamt etwa drei Millionen Tonnen bzw. 56,6 Millionen Gigajoule

Insgesamt wurden im Jahr 2013 in der deutschen Zementindustrie gut drei Millionen Tonnen an entsprechend geeigneten alternativen Materialien als Ersatzbrennstoffe eingesetzt. Neben Altreifen, Tiermehlen und Altöl waren dies insbesondere die aufbereiteten Fraktionen aus Industrie- und Gewerbeabfällen. Diese Stoffgruppe machte mit etwa 1,7 Millionen Tonnen insgesamt den größten Anteil aus.

Mit einer Brennstoffsubstitutionsrate von etwa 62 % im Jahr 2013 nimmt die deutsche Zementindustrie innerhalb Europas und weltweit eine Spitzenstellung ein. Allerdings spielen alternative Brennstoffe generell auch in der europäischen Zementindustrie eine immer größere Rolle. Im Jahr 2012 benötigte die europäische Zementindustrie

zur Herstellung von 160 Millionen Tonnen Zement eine Brennstoffenergie, die etwa 16 Millionen Tonnen an Steinkohle entsprach. Hiervon konnten rund ein Drittel durch geeignete alternative Brennstoffe ersetzt werden.

Neben den gesetzlichen Randbedingungen in den einzelnen Mitgliedsstaaten ist insbesondere auch die ausreichende Verfügbarkeit geeigneter Ersatzbrennstoffe ein Aspekt, der die weitere Entwicklung des Ersatzbrennstoffeinsatzes national und europäisch beeinflussen wird.

Die Aschen der Ersatzbrennstoffe werden unmittelbar Bestandteil der Produkte. Auf diese Weise trägt der Einsatz alternativer Brennstoffe auch zu einer Schonung beziehungsweise Einsparung natürlicher Rohstoffe bei. Eine wesentliche Bedeutung hat in diesem Zusammenhang in den vergangenen Jahren auch der zusätzliche Einsatz alternativer Rohstoffe in der Zementindustrie gewonnen. Zur Herstellung von 31,3 Millionen Tonnen Zement wurden im Jahr 2013 in Deutschland etwa 48,2 Millionen Tonnen an Rohstoffen verbraucht. Immerhin 7,3 Millionen Tonnen konnten dabei über alternative Rohstoffe dem Herstellungsprozess zugeführt werden. Der mit Abstand wichtigste alternative Rohstoff ist Hüttensand. Allein die im Jahr 2013 in der deutschen Zementindustrie verwertete Menge an Hüttensand betrug etwa 6,3 Millionen Tonnen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Rohstoffeinsatz der Zementindustrie

Gruppe	Rohstoff	2008	2009	2010	2011	2012	2013
		1.000 t					
Ca	Kalkstein / Mergel / Kreide	42.065	34.580	37.517	40.398	39.070	37.187
	Sonstige ¹⁾	82	64	62	51	59	74
Si	Sand	1.252	978	1.187	1.245	1.148	1.114
	Gießereisand	151	101	148	159	159	158
Si-Al	Ton	1.149	802	436	502	1.278	1.093
	Betonit / Kaolinit	35	47	41	39	38	43
Fe	Eisenerz	111	106	132	135	152	143
	Sonstige Einsatzstoffe aus der Eisen- und Stahlindustrie ²⁾	149	110	92	106	79	104
Si-Al-Ca	Hüttensand	6.430	4.480	5.365	5.844	5.927	6.303
	Flugasche	455	311	316	321	222	313
	Ölschiefer	227	230	263	168	142	138
	Trass	29	25	29	38	23	32
	Sonstige ³⁾	3	50	39	21	17	32
S	Natürlicher Gips	635	587	620	768	722	703
	Natürlicher Anhydrit	528	418	439	505	476	506
	Gips aus der Abgasentschwefelung	345	310	313	350	339	333
Al	Einsatzstoffe aus der Metallindustrie ⁴⁾	51	47	55	75	65	47

Daten beziehen sich auf den Einsatz in den deutschen Klinkerwerken

1) Kalkschlämme aus der Trink- und Abwasseraufbereitung, Kalkhydrat, Porenbetongranulat, Kalziumfluorid

2) Kiesabbrand, verunreinigtes Erz, Eisenoxid/Flugasche-Gemisch, Stahlwerksstäube, Walzzunder

3) Papierreststoffe, Aschen aus Verbrennungsprozessen, mineralische Reststoffe (z.B. ölverunreinigte Böden)

4) Aufbereitungsrückstände von Salzschlacken, Aluminiumhydroxid

Neben der unmittelbaren Schonung natürlicher Rohstoffe ist dieser Einsatz von Hüttensand auch ein hervorragendes Beispiel für das Schließen von Kreisläufen beziehungsweise für den hochwertigen Nutzen von Reststoffen aus anderen Industriebereichen.

Hüttensand ist granuliert Hochfenschlacke, die während der Eisenherstellung anfällt. Durch die Verwertung dieser Schlacke im Zementherstellungsprozess kann der Einsatz anderer hochwertiger primärer Materialien vermieden und deutlich reduziert werden. Allerdings zeigt sich hier auch eine wesentliche Bedingung für das Schließen von Kreisläufen: Sollte sich die Verlagerung industrieller Aktivitäten wie der Eisenherstellung in andere Länder fortsetzen, könnten alternative Rohstoffe zukünftig nicht in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen. Der Bedarf an natürlichen Rohstoffen wie Kalkstein könnte hierdurch wieder zunehmen.

Neben der zuvor angesprochenen Schonung natürlicher Ressourcen spielt der Einsatz alternativer Rohmaterialien bei der Absenkung der spezifischen CO₂-Emissionen eine wesentliche Rolle. So kann eine Tonne Hüttensand praktisch eine Tonne Zementklinker ersetzen, bei dessen Herstellung etwa 0,8 Tonnen Kohlenstoffdioxid freigesetzt werden. Allerdings müssen Zemente mit hohen Hüttensandgehalten feiner und damit länger aufgemahlen werden, um eine gleichbleibend hohe Produktqualität gemäß den gültigen Normen zu gewährleisten. Dies kann zu einem steigenden Stromverbrauch führen.

2. Allgemeine Anforderungen an geeignete alternative Einsatzstoffe

Die in den Drehofenanlagen der Zementindustrie zu verwertenden alternativen Materialien werden in jedem Fall sorgfältig ausgewählt und überwacht. Insbesondere bei den Brennstoffen sind zunächst verfahrenstechnische Parameter (zum Beispiel Stückigkeit, Feuchte, Ausbrandverhalten, usw.) von Bedeutung. Die beim Klinkerbrennen eingesetzten alternativen Brennstoffe müssen so aufbereitet und gegebenenfalls konditioniert werden, dass ihr Einsatz störungsfrei und im Einklang mit den durch die Verfahrenstechnik vorgegebenen Randbedingungen erfolgen kann. Hierfür werden die Brennstoffe auf ihren Heizwert, die enthaltenen Spurenelemente, den Schwefel-, Chlor-, Asche- und Wassergehalt, ihren Heizwert und flüchtige organische Verbindungen untersucht.

Wesentliches Auswahlkriterium ist die Forderung nach einer umweltverträglichen und schadlosen Verwertung der alternativen Brennstoffe. Der Ersatz von Primärressourcen darf zu keiner nachteiligen Veränderung der Emissionssituation eines Zementwerkes führen. Weiterhin darf auch die Produktqualität nicht negativ beeinträchtigt werden. Die sorgfältige Auswahl und - soweit erforderlich - qualifizierte Aufbereitung der einzusetzenden Ersatzbrennstoffe liefern gemeinsam mit den damit verbundenen Qualitätssicherungssystemen auch einen wesentlichen Beitrag dafür, dass die strikten Emissionsgrenzwerte eingehalten werden. Ein wichtiges Auswahlkriterium alternativer Brennstoffe ist, dass diese die Emissionssituation eines Zementwerkes nicht verändern und die Produktqualität des Zements nicht negativ beeinträchtigen.

Im Zusammenhang mit der qualifizierten Aufbereitung und Überwachung von alternativen Brennstoffen sind insbesondere die Aktivitäten der Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e.V. (BGS e.V.) hervorzuheben. Diese vereint unter ihrem Dach Aufbereiter, Abnehmer von Ersatzbrennstoffen und Behörden. Unabhängig davon, dass die aufbereiteten Materialien bis zu ihrer abschließenden Verwendung in Industrieprozessen dem Abfallregime unterliegen, werden diese Stoffe während des Aufbereitungsprozesses kontinuierlich überwacht. Auf diese Weise lassen sich strenge Qualitätsstandards sicher einhalten und jederzeit nachweisen.

Auch die zur Verwertung vorgesehenen alternativen Rohmaterialien werden sorgfältig ausgewählt und überwacht. Hierbei spielt das gewünschte Substitutionspotenzial eine wesentliche Rolle. So ersetzt der alternative Rohstoff Hüttsand die Elemente Silizium, Aluminium und Kalzium. Sonstige Einsatzstoffe aus der Eisen- und Stahlindustrie wie beispielsweise Kiesabbrand oder Stahlwerksstäube eignen sich als Eisenträger während zum Beispiel Gießereialtsande die Komponente Silizium substituieren. Neben dem Substitutionspotenzial ist die Frage der möglichen Auswirkungen auf die Produktqualität ein besonderes Kriterium, welches im Vorfeld stets zu klären ist. Dies ist auch der Grund, warum sämtliche alternativen Einsatzstoffe für die Klinker- und Zementproduktion einer kontinuierlichen Qualitätsanalyse unterzogen werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass diese alternativen Stoffe weder im laufenden Produktionsverfahren zu schädlichen Umweltauswirkungen führen noch die Qualität der Produkte negativ beeinflussen können.

3. Ökologische und ökonomische Randbedingungen

Neben den ökologischen Vorteilen durch die Schonung natürlicher Ressourcen leistet der Einsatz geeigneter alternativer Materialien auch aus ökonomischer Sicht einen wesentlichen Beitrag zur Standortsicherung der in Deutschland betriebenen Zementwerke. Die spezifischen Kosten für alternative Materialien (Roh- und Brennstoffe) sind in den meisten Fällen geringer als die vergleichbaren Kosten für primäres Material. In diesem Zusammenhang ist jedoch zu berücksichtigen, dass insbesondere der Ersatzbrennstoffeinsatz mit technischen Veränderungen an den Anlagen und damit mit zusätzlichen Investitionen verbunden ist. Dies kann den Neubau und das Vorhalten von überdachten Lagerflächen ebenso wie die Installation von zusätzlichen speziellen Förderaggregaten betreffen. Auch die Drehofenbrenner haben in den vergangenen Jahren durch die Vielzahl der eingesetzten Brennstoffe erhebliche Veränderungen erfahren, was gleichfalls zu einem erhöhten Investitionsbedarf und Modernisierung der Anlagen geführt hat.

Weiterhin ist anzumerken, dass durch die mit dem Einsatz von Ersatzbrennstoffen verbundenen höheren immissionsschutzrechtlichen Anforderungen zusätzliche Investitionen erforderlich waren. Dies gilt beispielsweise für die Vorgaben bezüglich der Stickoxidreduktion. Hier ist die deutsche Zementindustrie weltweit führend, was das effiziente Absenken der entsprechenden Emissionen angeht. Dies war nur dadurch zu

erreichen, dass die Anlagen in hohem Maße nach dem Stand der Technik nachgerüstet wurden. Auch bei den Staubfiltern ist aufgrund der immer strenger werdenden Emissionsbegrenzungen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Ersatzbrennstoffen in den vergangenen Jahren eine starke Tendenz zur Ertüchtigung der Aggregate zu beobachten.

4. Perspektiven für einen weiteren Einsatz alternativer Materialien in der deutschen Zementindustrie

Die deutsche Zementindustrie verfügt über eine langjährige Erfahrung mit dem Einsatz geeigneter alternativer Roh- und Brennstoffe.

Unter der Voraussetzung, dass weiterhin in ausreichendem Maße hochkalorische Materialien, die den Anforderungen der Zementindustrie entsprechen, zur Verfügung stehen, kann davon ausgegangen werden, dass speziell bezogen auf den Einsatz alternativer Brennstoffe eine weitere Erhöhung angestrebt wird. In welchem Maße diese Steigerung tatsächlich zu erreichen sein wird, wird maßgeblich davon abhängen, ob und wenn ja in welchem Umfang entsprechend geeignete Materialien weiterhin am Markt zur Verfügung stehen werden.

Die Verfügbarkeit geeigneter alternativer Materialien ist letztlich auch entscheidend für die weitere Entwicklung des Einsatzes an alternativen Rohstoffen im Zementherstellungsprozess. Wie bei den Brennstoffen lässt sich die Eignung des jeweiligen Materials sowohl an umweltbedingten Kriterien als auch an deren möglichen Auswirkungen auf die Produktqualität (Umwelt, physikalische Eigenschaften, Dauerhaftigkeit, usw.) fest machen. Selbst Stoffe, die gegebenenfalls aus rein physikalischer und mineralogischer Sicht als grundsätzlich geeignet erscheinen können, müssen in jedem Fall auch die strengen umweltrelevanten Vorgaben, die sich sowohl aus dem Immissionsschutzrecht als auch aus den allgemeinen Anforderungen an die Produktqualität ergeben, sicher einhalten. Die Diskussion über klare, nachvollziehbare Kriterien wird sicherlich in näherer Zukunft vermehrt zu führen sein.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): **Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 2**
– Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen –
ISBN 978-3-944310-21-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2015
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.
Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Janin Burbott,
Claudia Naumann-Deppe, Anne Kuhlo

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.