

Nachhaltig Bauen mit Porenbeton

Einleitung

Die Berücksichtigung umweltbezogener Aspekte ist auch in der Bauwirtschaft nicht mehr wegzudenken. Eng verbunden mit dem Thema Ökologie ist der Begriff der Nachhaltigkeit. Dies unterstreicht der 2001 vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen herausgegebene Leitfaden Nachhaltiges Bauen [1]. Dieser Leitfaden ist eine Arbeitshilfe für die Planung, das Bauen, die Bauunterhaltung, den Betrieb und die Nutzung von Liegenschaften oder Gebäuden des Bundes. Der Anspruch an eine nachhaltige Wirtschaftsweise wird vielfach als eine Entwicklung der heutigen Zeit gesehen. Der Begriff der Nachhaltigkeit wurde ursprünglich in der Land- und Forstwirtschaft geprägt. Vor dem Hintergrund eines akuten Holz Mangels beschäftigte man sich bereits im 17. Jahrhundert mit einer nachhaltigen Forstwirtschaft [2]. Weltweite Beachtung fand der im Jahre 1987 von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung veröffentlichte Brundtland-Bericht [3]. Dort wird Nachhaltigkeit wie folgt definiert:

Nachhaltigkeit ist eine dauerhafte Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.

In der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro 1992 haben sich mehr als 170 Staaten auf das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung verständigt. Dieses Leitbild ist durch das Spannungsverhältnis der ökologischen, ökonomischen und sozialen Entwicklung charakterisiert, d.h. Wirtschaft, Umwelt und Soziales sind gleichermaßen zu berücksichtigen. Die Agenda 21, Teil der Schlussakte der Konferenz, behandelt somit nicht, wie fälschlicherweise oft angenommen, ausschließlich Aspekte des Umweltschutzes sondern legt den Anspruch auf eine ganzheitliche Betrachtungsweise [4]. Der Begriff der Nachhaltigkeit befindet sich fortwährend in der Diskussion. So existieren mehrere hundert Definitionen hierzu [5]. Konsens besteht darüber, dass die ökologische, die ökonomische und die soziale Dimension der Nachhaltigkeit gleichrangig zu betrachten sind.

Im Folgenden werden die im Zusammenhang mit einer Nachhaltigkeitsanalyse interessanten Aspekte des Bauens mit Porenbeton diskutiert und entsprechende Potentiale aufgezeigt. Wie bei einer Betrachtung auf Baustoffebene nur möglich, richtet sich dabei der Schwerpunkt

auf technische und ökologische Aspekte. Es ist anzumerken, dass eine nachhaltige Bauweise keinesfalls allein durch die Wahl eines Baustoffs charakterisiert wird, dieser jedoch einen nicht unerheblichen Beitrag in einem Gesamtkonzept leisten kann.

Ziele Nachhaltigen Bauens

Nachhaltigkeit lässt sich nicht messen, sondern ist vielmehr als Leitbild zu verstehen. Um trotzdem eine Bewertung im Rahmen einer Analyse durchführen zu können, werden so genannte Nachhaltigkeitsindikatoren verwendet. Mit diesen können sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen verknüpft werden. Von grundlegender Bedeutung ist die Einbeziehung des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. Bisher gibt es für Ziele der Nachhaltigkeit sowie deren Charakterisierung mittels Indikatoren keine verbindlichen Vorgaben. In [6] werden Ziele und Indikatoren Nachhaltigen Bauens projiziert auf die Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales dargestellt. Die hier aufgeführten Indikatoren wurden im Hinblick auf das Bauen mit Beton formuliert. Dabei stand der Baustoff Normalbeton bzw. Stahlbeton im Vordergrund.

Die *ökologische Dimension* orientiert sich hier im Wesentlichen an Energie- und Stoffflüssen. Die Ziele hierbei sind die Reduzierung des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Ressourcen, die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen, die Reduzierung anthropogener Eingriffe und die Reduzierung von Stoffeinträgen in die Umwelt. Indikatoren hierzu können beispielsweise der Verbrauch mineralischer und energetischer Rohstoffe (in kg bzw. MJ), Naturraum bzw. Flächeninanspruchnahme (in m²), Emissionen (in kg), Abfallmengen (in kg) oder Abfallart (qualitativ) sein.

Die in [6] aufgeführten *ökonomischen Ziele* beziehen sich auf die Erstellung, den Betrieb und Unterhalt, die Werterhaltung und Dauerhaftigkeit sowie den Abbruch und die Entsorgung. Dementsprechend sind die zugehörigen Indikatoren, z.B. Erstellungskosten, Betriebs- und Unterhaltskosten, Abbruch und Entsorgungskosten oder auch Entsorgungserlöse. Fast alle hier notwendigen Indikatoren können monetär beschrieben werden.

Die *soziale Dimension* ist stark durch die subjektive Wahrnehmung des Einzelnen geprägt. Eine klare Übereinkunft fehlt bislang. In [6] werden deshalb nur Ziele und Indikatoren aufgeführt, die durch eine Baustoffwahl beeinflussbar sind. Als Ziele werden hier das Vermeiden von Gefahren für die menschliche Gesundheit, Wärme-, Feuchte-, Schall-, Brandschutz, die Behaglichkeit in Gebäuden, eine ansprechende Gestaltung der Bauwerke und die Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen im Bau- und Wohnungsbereich genannt. Als Indikatoren

werden z.B. Einzelbewertungen von Gefahrstoffen, Lärm, Schwingungen und Strahlen, wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften, schallschutztechnische Eigenschaften, brandschutztechnische Eigenschaften, Bauvolumen oder auch Arbeitsplätze genannt. Viele Indikatoren lassen sich quantitativ erfassen, einige jedoch nur qualitativ.

Im Rahmen von Nachhaltigkeitsanalysen wird geprüft, inwieweit diese Ziele umgesetzt werden, bzw. welche Variante den Zielen besser gerecht wird. Den Forderungen nach der Berücksichtigung aller Dimensionen, der Betrachtung des ganzen Lebenszyklus, der Objektivität, der Nachvollziehbarkeit steht oft ein nicht unerheblicher Aufwand gegenüber, der auch wirtschaftlich vertretbar sein muss. Ganzheitliche Ansätze existieren zwar, sind aber nur schwierig vollständig umsetzbar. Deshalb werden oft nur einzelne Dimensionen oder Ziele betrachtet. Für die ökologische Dimension allgemein anerkannt ist die Ökobilanz. Mit der Analyse der Lebenszykluskosten kann die ökonomische Dimension beschrieben werden.

Die Ausgangsstoffe zur Porenbetonherstellung

Quarzhaltiger Sand macht bezogen auf die Masse den größten Teil der Rohstoffe aus. Der Standort eines Porenbetonwerkes orientiert sich in der Regel an den Sandvorkommen, so dass der notwendige Transport auf ein Minimum beschränkt wird.

Als Bindemittel kommen Kalk und Zement (i.d.R. Portlandzement) zum Einsatz. Je nach Verfahren und Hersteller schwankt das Verhältnis von Kalk zu Zement. Ausgangsstoff für die Herstellung von Feinkalk (CaO) ist Kalkstein. Auch bei der Herstellung von Zement wird zu rund 98% Kalkstein als Ressource eingesetzt. Hinzu kommen eine geringe Menge Eisenerz, Sand und Ton. Bei der Herstellung von Porenbeton wird aus fertigungstechnischen Gründen sowie zur Steuerung bestimmter Eigenschaften Sulfatträger in Form von Gips oder Anhydrit zugegeben. Dabei kommt auch REA-Gips zum Einsatz. Ein weiterer wichtiger Ausgangsstoff ist Wasser.

Als Porenbildner essentiell für den Herstellungsprozess, aber mit rund 500 g pro Kubikmeter mengenmäßig der geringste Anteil, ist Aluminium. Aluminium kommt in Pulver- oder Pastenform zum Einsatz. Die Herstellung von Aluminium ist durch einen energieintensiven Prozess gekennzeichnet. Deshalb kommt der ausschließlichen Verwendung sekundären Aluminiums, z.B. in Form von Stanzabfällen, einer besonderen Bedeutung zu.

Zu den Porenbeton-Bausystemen gehören auch bewehrte Bauteile (z.B. Dachplatten, Deckenplatten, etc.). Im Rahmen einer Nachhaltigkeitsanalyse ist somit auch der Bewehrungs-

stahl zu erfassen. Betonstahl wird in Deutschland zu nahezu 100% im Elektrostahlverfahren hergestellt [6]. Im Unterschied zum Oxygenstahlverfahren wird der Stahl dabei nicht aus Roheisen, sondern aus Schrott erschmolzen. Der Rohstoffbedarf wird somit durch den Sekundärrohstoff Schrott gedeckt. Neben dem reduzierten Ressourcenbedarf wird beim Elektrostahlverfahren auch deutlich weniger Energie verbraucht.

Betrachtet man die zur Herstellung von Porenbeton eingesetzten stofflichen Ressourcen, so ist von einer langfristig ausreichenden Verfügbarkeit auszugehen. Hinzu kommt eine effiziente Nutzung der eingesetzten Ressourcen: aus einem Kubikmeter festen Rohstoffen können bis zu 5 Kubikmeter Porenbeton hergestellt werden.

Baustoffherstellung

Die wichtigsten, zur Herstellung von Porenbeton notwendigen, Prozess-Schritte sind in **Bild 1** dargestellt. Ein Vergleich mit anderen Wandbaustoffen zeigt, dass zur Herstellung von Porenbeton vergleichsweise wenig Energie eingesetzt wird (**Bild 2**).

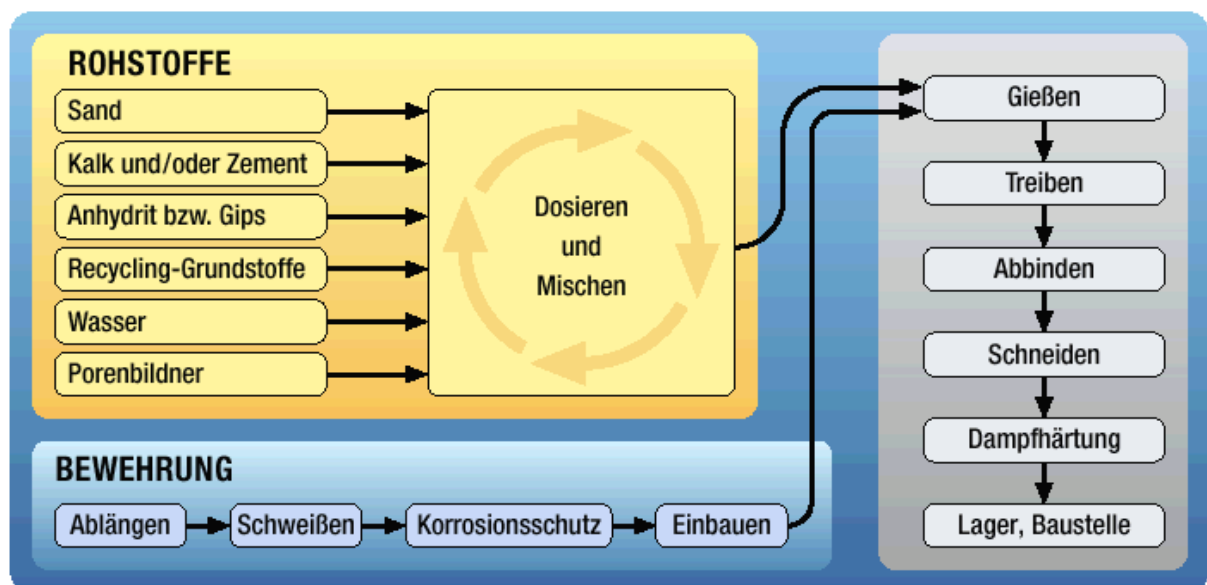


Bild 1 Herstellung von Porenbeton

Der reine Vergleich von Herstellungsaufwendungen im Werk ist dabei wenig zielführend. Erst die Integration so genannter Vorstufen (Transporte, Energiebereitstellung, Aufbereitung der Ressourcen ermöglicht erste vergleichende Aussagen. Nach [7] ist im Durchschnitt 54% der zur Herstellung von Porenbeton notwendigen Energie den Inhaltsstoffen zuzuordnen. Nur rund 20% entfällt auf den Einsatz von Brennstoffen in der Produktion selbst. Dies betrifft in erster Linie die Dampfhärtung im Autoklaven. Als Energieträger wird hier zunehmend aus-

schließlich Erdgas verwendet. Die verbleibenden 26% werden für Transporte, Strom, etc eingesetzt. Mitglieder im Bundesverband Porenbeton haben in den letzten Jahren kontinuierlich an einer Reduzierung des Energieverbrauchs gearbeitet und erfolgreich umgesetzt. Dabei greifen sowohl Maßnahmen in der Fertigungs- und Prozesstechnik als auch im Bereich der Rezepturoptimierung. Eine Reduzierung des Energieverbrauchs steht stellvertretend für andere mittel- und unmittelbar damit verbundenen Umwelteinwirkungen (z.B. CO₂-Emissionen).

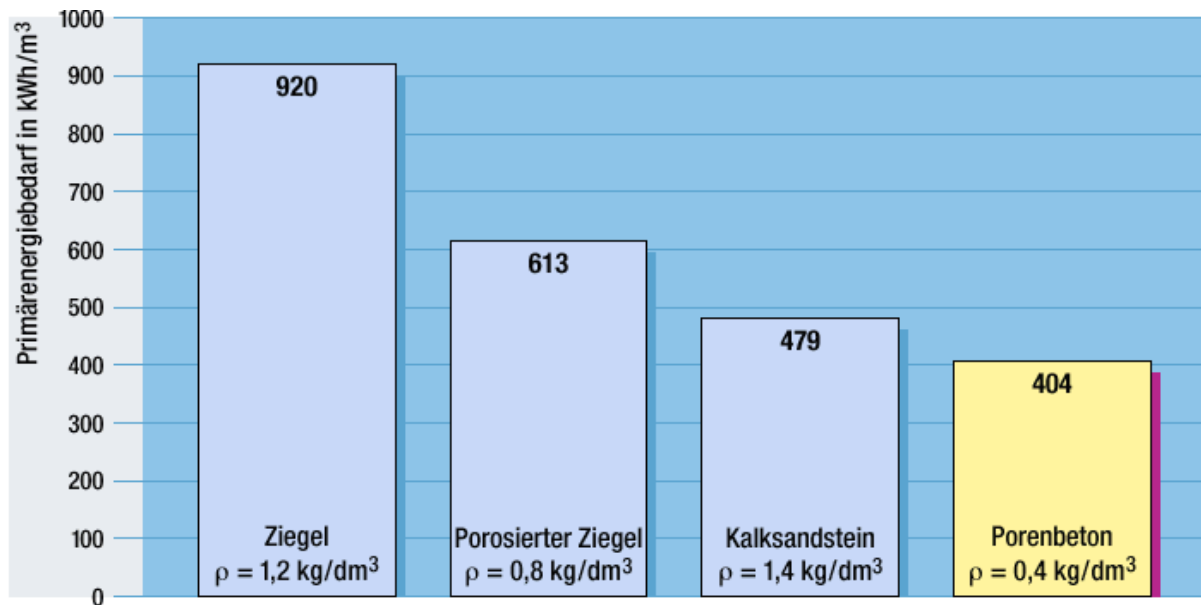


Bild 2 Kumulierter Primärenergieverbrauch bei der Baustoffherstellung für wichtige Wandbaustoffe

Die Formgebung von Porenbetonprodukten erfolgt in der Regel im nicht erhärteten Zustand. Die hier anfallenden Porenbeton-Abfälle werden als Rückgutschlamm sofort wieder in den Prozess rückgeführt. Auch erhärteter Porenbeton kann in gemahlener Form wieder in der Produktion eingesetzt werden. Es fallen somit keine Porenbeton-Abfälle bei der Produktion an. Dasselbe gilt für Wasser und Dampf in der Produktion. Auch hier führt die Mehrfachnutzung und Kreislaufführung zu einer abwasserfreien Produktion. Alle übrigen Abfälle sind in die üblichen Verwertungs- und Entsorgungswege eingebunden.

Weitere Informationen zu umweltbezogenen Themen in Bezug auf den Herstellungsprozess sind Broschüren der jeweiligen Hersteller zu entnehmen.

Verarbeitung auf der Baustelle

Produkte aus Porenbeton werden mit äußerst geringen Maßtoleranzen gefertigt. Deshalb ist es möglich, Plansteine im Dünnbettmörtelverfahren mit einer 1 bis 3 mm dicken Fuge zu vermauern. Daraus resultieren ein geringerer Mörtelverbrauch, ein reduzierter Feuchteintrag, eine höhere Druckfestigkeit des Mauerwerks, eine Verringerung der Wärmebrückenwirkung der Fuge und eine verhältnismäßig einfache Verarbeitung. Dünnbettmörtel sind Werk-Trockenmörtel mit Sand als Zuschlag sowie ausschließlich Zement als Bindemittel. Zur Steuerung bestimmter Eigenschaften sind Zusatzstoffe und Zusatzmittel zulässig. Zur Steuerung des Wasserrückhaltevermögens wird beispielsweise Zellulose eingesetzt. Die im Bundesverband Porenbeton zusammengeschlossenen Hersteller gewährleisten die Verwendung chromatarmer Zemente und somit chromatarmer Dünnbettmörtel. Das zementbedingte Hautekzem, auch unter dem Begriff "Maurerkrätze" bekannt, gilt als eine der häufigsten Berufskrankheiten am Bau. Porenbeton selbst enthält kein Chromat.

Porenbeton-Plansteine und Planbauplatten werden von Hand verarbeitet. Aus Gründen des Arbeitsschutzes ist das Steingewicht auf maximal 25 kg beschränkt. Ergonomisch sinnvolle Griffhilfen erleichtern das Arbeiten zusätzlich. Größere Produkte, wie Planelemente, Dachplatten und Deckenplatten werden mit entsprechenden Hebwerkzeugen versetzt. Die Lasten werden somit vom Mensch auf die Maschine verlagert.

Die Staubentwicklung bei der Verarbeitung von Porenbetonprodukten ist als gering einzustufen. Der Grund hierfür liegt in der leichten Bearbeitung von Porenbeton, die die Verwendung von langsam laufenden Geräten (z.B. Bandsäge) ermöglicht.

Porenbeton-Abfälle in Form von beschädigten Steinen oder eventuell vorhandenen Schnittresten, können entweder direkt in der Produktion verwendet oder in Form von Sonderprodukten wieder in den Stoffkreislauf rückgeführt werden. Dasselbe gilt für die als Verpackung eingesetzte PE-Folie.

Nutzungsphase

Hersteller, die im Bundesverband Porenbeton zusammengeschlossen sind, bieten nicht nur einzelne Produkte für einzelne Bauteile an, sondern ein komplettes Bausystem für das gesamte Gebäude mit einem umfassenden Service- und Dienstleistungsangebot. Bauen im System kann einen wesentlichen Beitrag zum schadensfreien Bauen leisten. Analysiert man traditionelle Bauweisen, so erkennt man, dass im Allgemeinen viele verschiedene Baustoffe

miteinander kombiniert werden, weshalb bei solchermaßen zusammengefügt Konstruktionen wegen der unterschiedlichen technischen und funktionalen Anschlussbedingungen hohe Kosten sowie energetische und konstruktive Schwachstellen entstehen können. Komplizierte Anschlüsse müssen geplant und umgesetzt werden, entsprechend viele Baustoffe müssen vorgehalten werden. Bei fachgerechter Ausführung kann man von einer nahezu unbegrenzten Nutzungsdauer von Bauteilen aus Porenbeton ausgehen. Dies gilt im vollen Maße für die Qualität und die Funktionsfähigkeit der Bauteile. Instandsetzungsmaßnahmen am Baustoff Porenbeton selbst sind in der Regel nicht notwendig.

Gebäude aus Porenbeton sind gekennzeichnet durch eine hohe Wohnqualität. Aufgrund der verhältnismäßig hohen Oberflächentemperaturen der Außenwände auf der Innenseite ergibt sich ein angenehmes Wohnklima. Luftdichte Konstruktionen sorgen nicht nur für einen höheren thermischen Komfort, sondern leisten auch einen Beitrag zum Energiesparen, zur Verbesserung des Schallschutzes, zur Vermeidung von Bauschäden und zur Verbesserung der Raumluftqualität. Weiterhin lassen sich mit Bauteilen aus Porenbeton nahezu wärmebrückenfreie Konstruktionen erzielen. Dies liegt zum einen an der hervorragenden Wärmedämmung von Porenbeton, zum anderen an der Tatsache, dass die wärmetechnischen Eigenschaften von Porenbeton in vertikaler und horizontaler Richtung gleich gut sind [8]. Wärmebrücken sind Bereiche mit erhöhten Wärmeverlusten. Zusätzlich sind im Bereich von Wärmebrücken deutlich niedrigere Temperaturen der Bauteil-Innenoberfläche zu verzeichnen. Die Gefahr einer Tauwasseranreicherung mit den entsprechenden Folgeerscheinungen steigt. Die optimale Ausführung von Wärmebrückendetails leistet nicht nur einen Beitrag zum Energiesparen und zur Vermeidung von Bauschäden, sondern trägt auch zu einem hygienisch einwandfreien gesunden Wohnklima bei.

In unseren Breiten verbringt der Mensch rund 80% seines Lebens in Gebäuden. Dies unterstreicht die Bedeutung einer qualitativ hochwertigen Raumluft. Belastungen der Raumluft können unter anderem durch Baumaterialien, Einrichtungsgegenstände, Geräte und schließlich durch den Nutzer selbst entstehen. Hohe Schadstoffkonzentrationen in der Luft können sich schädigend auf die Gesundheit auswirken. Regelmäßiges Lüften trägt zur Verbesserung der Raumluftqualität bei. Eine Verwendung von Baustoffen, die die Raumluft wenig bzw. nicht belasten, ist selbstverständlich. Porenbeton gibt im eingebauten Zustand weder staub- noch faserförmige oder gasförmige Schadstoffe an die Raumluft ab und gewährleistet somit eine gute Raumluftqualität. Bei kurzzeitiger Erhöhung der Raumluftfeuchte wirkt Porenbeton in Verbindung mit dem Putz feuchteregulierend. Dies wirkt sich positiv auf Raumklima und Behaglichkeit aus.

Sicher ist ein Brand nicht als eine planmäßige Nutzung anzusehen. Trotzdem ist dieser Fall in der Planung und Ausführung zu berücksichtigen. Die Wirkungen von Rauch und Gasen, die im Brandfall entstehen, sind die Hauptursachen für Personenschäden bei Bränden. Porenbeton brennt nicht und setzt im Brandfall keine schädlichen Gase frei.

Ein Parameter zur ökologischen Bewertung von Baustoffen ist der Primärenergiebedarf zu deren Herstellung. Will man unterschiedliche Baustoffe auf dieser Basis miteinander vergleichen, so kann dies nur auf der Grundlage einer vergleichbaren Bezugseinheit, der so genannten funktionellen Einheit, erfolgen [7]. Über die funktionelle Einheit werden Funktion und Leistungsfähigkeit eines Produktes definiert: z.B. 1 Quadratmeter Außenwand mit einem definierten Wärmedurchgangskoeffizienten und einer bestimmten Druckfestigkeit. Hinzu kommt, dass der Primärenergiebedarf zur Herstellung von Baustoffen oft nur eine begrenzte Aussagekraft besitzt. Viel wichtiger ist, welchen Einfluss hat die Qualität des Baustoffes auf das Gesamtsystem Gebäude und dessen Nutzungsphase. Für heutzutage übliche Wohn- und Bürogebäude, d.h. Gebäude mit einer Temperatur größer 19°C nach Energieeinsparverordnung, spielt die Nutzungsphase aus energetischer Sicht die dominierende Rolle. Je nach Nutzungsdauer beläuft sich der Anteil der Herstellung am Gesamtprimärenergiebedarf auf rund 10% [10]. Dies bedeutet, dass unterschiedliche energetische Aufwendungen zur Herstellung eines Baustoffs erst an zweiter Stelle stehen. Viel wichtiger ist der Beitrag des Baustoffs zur Qualität des Systems Gebäude. Unabhängig vom an sich schon niedrigen Primärenergieaufwand zur Herstellung liegen hier die Potentiale des Baustoffs Porenbeton. Mit zunehmender Nutzungsdauer zeigen sich die Auswirkungen der hervorragenden Dämmwirkung von Porenbeton-Produkten. Erfahrungen in der Praxis haben gezeigt, dass Niedrigenergiehäuser (durch die EnEV jetzt quasi Standard) aus Porenbeton auch ohne zusätzliche Wärmedämmung im Bereich der Außenwände gebaut werden können [11]. Ebenso wurden 3-Literhäuser, Ultra-Niedrigenergiehäuser bis hin zu Passivhäusern in Massivbauweise aus Porenbeton ausgeführt.

Bild 3 Illustriert den Zusammenhang zwischen Systemqualität und Nutzungsaufwendungen illustrieren. Dargestellt sind die Aufwendungen zur Herstellung von 1 m² Außenwand aus Porenbeton-Mauerwerk mit einer Wandstärke von 30 cm (ohne Putz und Mörtel) sowie der Energiebedarf (Niedertemperatur-Gasheizgerät) zur Deckung der Transmissionswärmeverluste über eine Nutzungsdauer von 60 Jahren. Dabei werden unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten betrachtet. Die zur Berechnung notwendigen Daten wurden [7] entnommen.

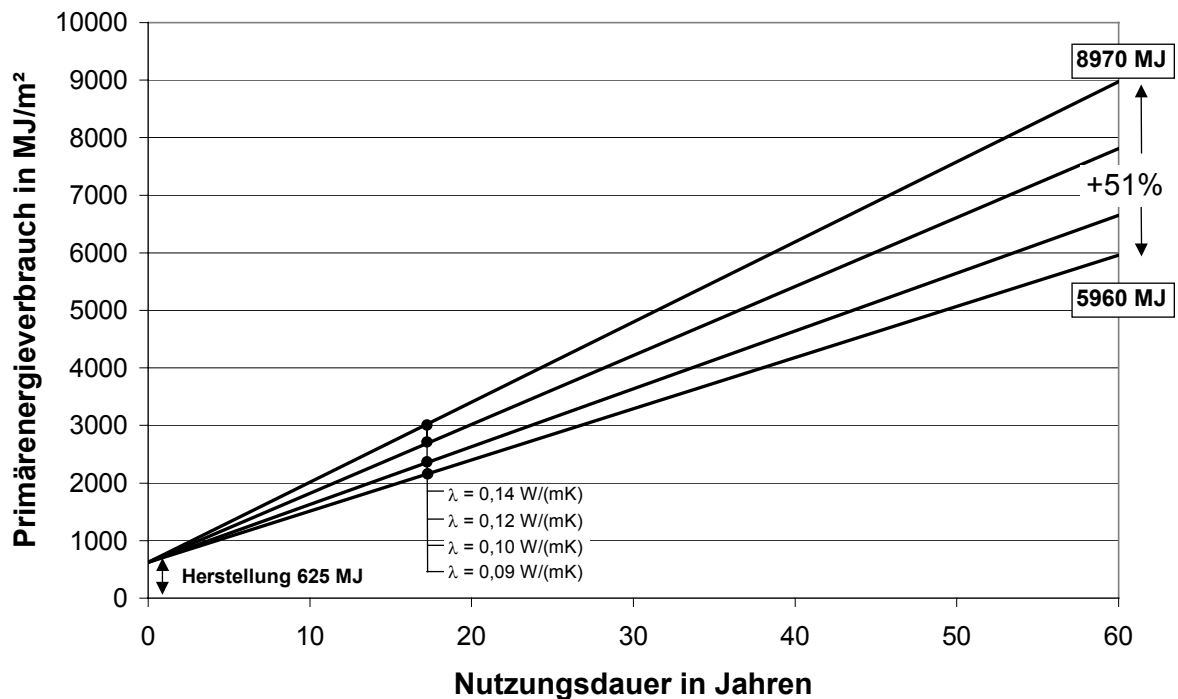


Bild 3 Primärenergiebedarf für 1m² Außenwand: Herstellung und 60 Jahre Nutzung (geringe Unterschiede bei den Herstellungsaufwendungen sind nicht dargestellt)

Entsorgung / Recycling

Die Bauindustrie gilt als Industriezweig mit den größten Stoffströmen. Dies wird auch bei den jährlich anfallenden Mengen an Baureststoffen und Abbruchmassen deutlich. Je nach zugrunde gelegter Statistik belaufen sich diese auf rund zwei Drittel des Gesamtabfallaufkommens in Deutschland. So ist es nicht verwunderlich, dass bei einer Nachhaltigkeitsanalyse dem Thema Recycling eine besondere Bedeutung zukommt. Vor dem Hintergrund der insbesondere im Wohnungsbau sehr langen Nutzungsphasen, ist eine Betrachtung und Bewertung von Recyclingmaßen nur in Form von Szenarien möglich, mit deren Hilfe entsprechende Potentiale aufgezeigt werden können. In der Regel werden, um Baustoffe wieder verwenden oder verwerten zu können, entsprechende Anforderungen an die Sortenreinheit gestellt. Diese setzt eine gewisse Trennbarkeit der eingesetzten Materialien voraus. Hieraus ergeben sich zwei grundlegende Anforderungen:

- Prinzipielle Recyclingfähigkeit
- Trennbarkeit der eingesetzten Materialien

Porenbeton kann nach einer Nutzung grundsätzlich wieder in den Stoffkreislauf rückgeführt werden. Sortenreiner Porenbeton kann bis zu 15 Masseprozent bezogen auf die Porenbetontrockenrezeptur in der Produktion eingesetzt werden. Der Grenzwert orientiert sich an einer sicheren Gewährleistung der hohen Qualität der Porenbetonprodukte. Mit der Wiederverwertung von Porenbetonabfällen in der Produktion wird der Stoffkreislauf geschlossen, weswegen man in diesem Fall vom Closed-Loop-Recycling spricht. Darüber hinaus kann Porenbeton zu Rezyklat verarbeitet und in Form von Sonderprodukten eingesetzt werden (Bild 4).



Bild 4 Porenbeton Granulat für Sonderprodukte

Von Interesse sind dabei die gute Wärmedämmung und die Saugfähigkeit des Rezyklats. Bei Bauprodukten aus Porenbeton reduzieren die geschlossenen Poren das kapillare Saugen und sorgen so für eine verhältnismäßig geringe Wasseraufnahme in der Größenordnung bindemittelgebundener Wandbaustoffe. Anders beim Rezyklat: Bei den hier typischerweise verwendeten Korngrößen liegen eine Vielzahl von Poren offen, wodurch eine hohe Saugfähigkeit gewährleistet wird. Porenbeton-Rezyklat wird unter anderem als Tierstreu, Ölbinder oder Dämm-Schüttung eingesetzt. Bei dieser Form der Verwertung wird Porenbeton in einem anderen Produktlebenszyklus eingesetzt, weswegen man in diesem Fall von Open-Loop-Recycling spricht. Durch die Rückführung in die Produktion und dem Einsatz als Sonderprodukt sollen die Abfallmengen zur Deponierung gering gehalten werden. Stehen große Transportwege, die Vermischung mit anderen Baustellenabfällen oder Mindermengen einer Verwertung entgegen, so können Porenbeton-Abfälle auf Deponien der Klasse 1 nach TA

Siedlungsabfall deponiert werden. Weiterhin haben Ergebnisse von Untersuchungen gezeigt, dass für praxisrelevante Körnungen eine Verwertung entsprechend der Kriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) möglich ist. Die hier getroffenen Aussagen gelten auch für bewehrte Bauteile. Die Trennung von Porenbeton und Bewehrung ist ohne weiteres möglich. D.h. beide Materialien können unabhängig voneinander in ihre charakteristischen Stoffkreisläufe eingebunden werden.

Trotz verschärfter Anforderungen durch die Energieeinsparverordnung können im Außenwandbereich monolithische Konstruktionen aus Porenbeton-Mauerwerk ohne zusätzliche Dämmung realisiert werden. Auf diese Weise sind schwer trennbare Verbundkonstruktionen zu vermeiden.

Literatur

- [1] BMVBW (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. 2001
- [2] Kümmel, J.: Ökobilanzierung von Baustoffen am Beispiel des Recyclings von Konstruktionsleichtbeton. Dissertation, Universität Stuttgart, 2000
- [3] Brundtland, G.H.: Our common future. World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, 1987
- [4] BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hrsg.): Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro – Dokumente – Konvention für eine zukunftsfähige Entwicklung. Bonn, 1992
- [5] Werner, P.: Nachhaltigkeit und Nachhaltige Entwicklung. Deutsches Architektenblatt. 2002
- [6] Reinhardt, H.-W.; Brameshuber, W.; Graubner, C.-A.; Grübl, P.; Hauer, B.; Hüske, K.; Kümmel, J.; Litzner, H.-U. Lünser, H.; Russwurm, D.: Sachstandsbericht – Nachhaltig Bauen mit Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 521, Beuth Verlag, Berlin 2001
- [7] Eyerer, P.; Reinhardt, H.-W.: Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden - Wege zu einer Ganzheitlichen Bilanzierung. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 2000
- [8] Bestel, H.; Bickes, C.; Hennig, M.; Kümmel, J.: Wärmebrückenkatalog – Wohnbau. Bericht 20, Bundesverband Porenbeton (Hrsg.), Wiesbaden 2002
- [9] Kümmel, J.: Ökobilanzen im Bauwesen – die Bedeutung der funktionellen Einheit. Festschrift zum 60. Geburtstag von H.-W. Reinhardt. Libri BOD, Hamburg, 1999

- [10] Kümmel, J.; Reinhardt, H.-W; Kreißig, J.; Eyerer, P.: Wirkungsanalyse und Auswertung in der Steine-Erden-Industrie, 2000.
- [11] Bundesverband Porenbeton (Hrsg.): Die neue Energieeinsparverordnung – Erläuterungen und Beispiele. (Bericht 19), Wiesbaden, 2002
- [12] Weber, H. Hullmann, H.: Porenbeton Handbuch. 5. Auflage, Bauverlag Wiesbaden, 2002