

Der Baustoff Lehm – über jeden Zweifel erhaben?

Svenja Hildebrandt

Radioaktivität von Lehm – Wird Lehm seinem Ruf als natürlicher, gesunder Baustoff im Angesicht der möglichen Belastung durch radioaktive Zerfallsprodukte gerecht?

Lehm gilt seit Jahren als besonders umwelt- und bewohnerfreundliches Baumaterial. Viele Bauherr:innen greifen auf Lehm als Putz, Ziegel oder Stampflehm-element zurück, um das Raumklima und die Umweltverträglichkeit des Baues generell zu erhöhen.

Dabei fehlt häufig die Kenntnis darüber, dass Lehm als natürlicher Baustoff radioaktive Zerfallsprodukte mit freisetzt. Mehr noch, dass teilweise eine bedenklich hohe Menge freigesetzt werden kann. In diesem Artikel sollen Kenntnisse über die Radioaktivität von Lehm und die aktuelle Lage vermittelt werden. Zudem soll er der Einordnung des Problems dienen und das Bewusstsein für diese Thematik schärfen.

Lehm als Baumaterial

Lehm ist ein vielseitiger und nachhaltiger Baustoff, der aus Ton, Schluff und Sand besteht. Aufgrund seiner diffusionsoffenen Eigenschaften kann er die Raumluftfeuchtigkeit regulieren, was zu einem gesunden Raumklima beiträgt. Lehm ist energieeffizient, vor Ort verfügbar, wiederverwendbar und langlebig. Er schützt vor Schall, ist gesundheitlich unbedenklich und kein Sondermüll.

Lehm kann auf verschiedene Weisen verarbeitet werden:

- **Stampflehm:** Bei dieser Methode wird feuchter Lehm in Schichten verdichtet, um stabile Wände zu schaffen. Stampflehm hat eine hohe Dichte und Tragfähigkeit, was ihn ideal für den Bau massiver Wände macht.

- **Lehmdämmung:** Diese Form der Verarbeitung nutzt Lehm als Dämmmaterial, oft in Kombination mit anderen Naturfasern. Lehmdämmungen bieten eine hervorragende Wärme- und Schalldämmung.

- **Lehmbausteine:** Vorgefertigte Bausteine aus Lehm, die wie Ziegel verwendet werden. Sie sind einfach zu verarbeiten und bieten die gleichen ökologischen Vorteile wie roher Lehm.

- **Lehmbauplatten:** Diese Platten werden zur Trockenbauweise verwendet und bieten eine schnelle und einfache Möglichkeit, Lehm in Innenräumen zu verwenden. Sie sind besonders nützlich für Wand- und Deckenverkleidungen.

- **Lehmputz:** Ein Putz auf Lehm-basis, der auf Wände aufgetragen wird, um eine glatte Oberfläche zu schaffen. Lehmputz kann Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben, was zur Regulierung des Raumklimas beiträgt.

- **Lehmfarbe:** Eine natürliche Farbe, die aus Lehm hergestellt wird

und eine gesunde Alternative zu herkömmlichen Wandfarben darstellt. Sie ist diffusionsoffen und unterstützt das Raumklima [1].

Lehm ist ein nachhaltiger Rohstoff, der direkt aus der Erde gewonnen wird. Er entsteht durch natürliche Verwitterung und Erosion von Gesteinen. Der Abbau erfolgt hauptsächlich in Kiesgruben, wo Lehm und Sand durch mechanische Trennverfahren separiert werden. Die Zusammensetzung des Lehms variiert je nach Fundort, wodurch strenge Qualitätskontrollen notwendig sind, um eine gleichbleibende Materialqualität zu gewährleisten. Der Abbau und die Verarbeitung von Lehm sind nahezu CO₂-neutral, da nur wenig Energie benötigt wird. Zudem ist Lehm vollständig biologisch abbaubar und kann nach seiner Nutzung problemlos wieder in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden [2].

Lehm ist nahezu überall verfügbar, was seinen regionalen und ressourcenschonenden Abbau ermöglicht. In Mitteleuropa entstand Lehm aus eiszeitlichen Ablagerungen, wo Schluff und Sand angeweht wurden. Lehm kann dort abgebaut werden, wo Gesteine verwittern oder günstige Ansammlungen dieser Komponenten entstehen. Je nach Zusammensetzung kann Lehm direkt verwendet oder mit Sand, Kies oder Stroh angepasst werden. Idealerweise wird Lehm nahe der Abbaustelle verarbeitet, was Transportwege

und CO₂-Emissionen reduziert [3].

Strahlung im Zusammenhang mit Baustoffen und Gebäuden

Radon als Hauptdelinquent der Strahlenbelastung ausgehend von Gebäuden?

Wenn über Strahlenbelastung in Gebäuden gesprochen wird, ist meist Radon (Rn-222) gemeint. Es ist ein natürliches, geruchloses, geschmackloses und farbloses Edelgas, das durch den radioaktiven Zerfall von Uran-238 aus Radium entsteht. Es tritt weltweit in Böden und Gesteinen auf, insbesondere in Regionen mit hohem Uran- und Thoriumgehalt. In Deutschland sind dies vor allem das Erzgebirge, der Thüringer Wald, der Schwarzwald, der Bayerische Wald, das Fichtelgebirge und die Eifel. Radon-222, mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen, ist durch sein großflächiges Vorkommen einer der Hauptfaktoren für die natürlich in der Umwelt vorkommende Strahlenexposition der Bevölkerung.

Gemessen wird die Radioaktivität in Becquerel (Bq), welches die Zerfallsrate – also die Anzahl der Atome, die pro Sekunde zerfallen – angibt. 1 Bq bedeutet einen Zerfall pro Sekunde. Die Einheit für die Aktivitätskonzentration wird in Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³) angegeben und beschreibt die Anzahl der Zerfallsakte je Sekunde pro Kubikmeter. Mit der Einheit Sievert (Sv) wird die Energiedosis durch Strahlung dargestellt. Dieser Wert lässt Rückschlüsse auf die Wirkung der Strahlung

auf Biomasse, in diesem Fall den menschlichen Körper, zu.

Radon (Rn-222) bildet Alphastrahler wie Polonium (Po-218, Po-214) sowie Betastrahler wie Blei (Pb-214) und Bismut (Bi-214). Diese Partikel binden sich an Staub und führen zu einer Strahlenexposition in der Lunge. Es ist also genau genommen nicht das Gas Radon selbst, von dem eine Gefahr ausgeht, sondern seine Zerfallsprodukte, welche über die Atemwege in den menschlichen Körper gelangen, sich dort anhäufen und zerfallen. Dies führt zu Zellveränderungen und in dieser Folge zu Lungenerkrankungen. In Deutschland liegt die durchschnittliche Radonkonzentration in Wohnungen bei 49 Bq/m³. Radon wird als krebs-erzeugend eingestuft, und ab 100 Bq/m³ ist ein erhöhtes Lungenkrebserisiko nachweisbar [5].

Radon birgt erhebliche Krebsrisiken, insbesondere bei üblichen Innenraumluftgehalten:

- Liegt der Medianwert von 40 Bq/m³ vor, führt dies bei lebenslanger Exposition (eines Nichtrauchers) zu einem erhöhten Krebsrisiko von 1:5000 (1 von 5000 Menschen erkrankt an durch Radon bedingtem Lungenkrebs).
- Bei 100 Bq/m³ steigt das Risiko auf einen Wert von 1:1700 und bei 300 Bq/m³ auf 1:300.
- Extrem hohe Risiken (>1:100) treten bei etwa 1700 Bq/m³ auf.

Im Vergleich hat Asbest eine Akzeptanzkonzentration von 10.000

Fasern/m³, was einem Krebs-erkrankungsrisiko von 2:1000 entspricht. Das Lungenkrebserisiko bei 100 Bq Radon/m³ ist also vergleichbar mit 10.000 Asbestfasern/m³. In Deutschland sterben jährlich etwa 1900 Menschen an radonbedingtem Lungenkrebs, wobei über 90% dieser Fälle bei Konzentrationen unter 200 Bq/m³ auftreten. Diese Zahl übertrifft die jährlichen Todesfälle durch Gebäudebrände (400) und liegt in einer ähnlichen Größenordnung wie die Verkehrstoten (3459 im Jahr 2015).

Eine europäische Studie von 2005, die über 7.000 Lungenkrebserkrankte und 14.000 Kontrollpersonen einschloss, bestätigte, dass Radon in Wohnungen eine kausale Ursache für Lungenkrebs bei Rauchern und Nichtrauchern ist [5].

Vorkommen von Radon in Gebäuden

Das Radonrisiko in Innenräumen wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Das auf natürlichem Wege aus der Erde aufsteigende Radon (Rn 222) entsteht durch den Zerfall von sich im Boden befindlichen Uran. Es steigt an die Erdoberfläche und dringt durch Risse, Spalten oder fehlerhafte Abdichtungen in Keller und bodennahe Geschosse. Hier im Innenraum kann es sich sammeln, ohne dass es den Umweltbedingungen ausgesetzt wäre.

Die Strahlung, die von ihm und seinen Zerfallsprodukten ausgeht, erreicht Werte, die für den Menschen ein erhebliches Ge-

sundheitsrisiko darstellen können. Die Radonkonzentration in der Bodenluft variiert regional je nach geologischen Bedingungen, was zu unterschiedlichen Belastungen führt. Die Bauweise und der bauliche Zustand des Gebäudes sind entscheidend. In Kellerräumen sind die Radonkonzentrationen meist am höchsten und nehmen in höheren Etagen ab.

Die Art der Belüftung und Druckdifferenzen im Gebäude spielen ebenfalls eine große Rolle. Eine hohe Luftwechselrate durch natürliche oder mechanische Lüftung kann die Radonkonzentration verringern. Auch der Luftaustausch zwischen Etagen, beispielsweise durch Treppenhäuser, Kamine oder undichte Wand- und Deckenanschlüsse, beeinflusst die Radonverteilung.

Zusätzlich kann Radon aus Baumaterialien freigesetzt werden. Materialien mit mineralischen Anteilen, wie keramische Rohstoffe (Ton), Fliesen, Granit, Platten, Ziegel, Kalksandstein, Gipsprodukte, Zement, Mörtel und Beton, können durch direkte Freisetzung (Exhalation) von Radon die Konzentrationen im Innenraum erhöhen [5].

Radioaktive Belastung durch den Baustoff Lehm

Wie bisher gezeigt, besteht in Innenräumen schon durch die ortsabhängige Bodenbelastung mit Radon, zumindest in den erdnahen Geschossen, teilweise ein signifikantes Strahlenrisiko. Im Erdreich vorhanden ist jedoch auch Thorium, aus welchem das

Isotop Thoron entsteht. Hier kann es zu Verwechslungen kommen, da auch Thoron als Radon-Isotop häufig als Radon bezeichnet wird. Es handelt sich hierbei jedoch um Radon 220, welches andere Zerfallseigenschaften und eine wesentlich kürzere Halbwertszeit von nur 55,6 Sekunden aufweist. Auch Thoron zerfällt in weiterer Folge in die Alphastrahler Polonium (Po-216), Polonium (Po212) und Bismut (Bi-212) sowie die Betastrahler Blei (Pb-212) und Thallium (Tl208), welche für den Menschen schädlich und krebs-erregend sind [6][7].

Da Thoron eine viel kürzere Halbwertszeit als Radon aufweist, zerfällt es auf dem Weg an die Erdoberfläche bereits nahezu vollständig. Es bleibt jedoch in Baustoffen vorhanden, die aus dem Erdreich gewonnen werden und kann über diese Baustoffe in Innenräumen abgegeben werden [7]. Das Auftreten und die gesundheitsgefährdende Wirkung von Radon 222 ist bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts bekannt und wird seither stetig weiter erforscht. Da man jedoch aufgrund der kurzen Halbwertszeit davon ausging, dass Thoron ohnehin keine Belastung in Innenräumen darstellen könne, weil es bereits vor Erdaustritt zerfallen sei, wurde eine genaue Betrachtung dieses Isotops im Zusammenhang mit Gebäuden und Baustoffen lange Zeit vernachlässigt [4][8].

Dies sollte sich jedoch spätestens mit einem 2012 im Spiegel erschienen Artikel ändern und das Thema auch in den Blickpunkt der Öffentlichkeit bringen.

Der Stein des Anstoßes?!

Nach dem Auftreten von erhöhten Thoronmessungen in Lehmhäusern in China und Indien [8], wurde man auch hierzulande auf das Thema aufmerksam [13].

Noch vor der Veröffentlichung einer Studie des Helmholtz-Zentrum München [8] 2014, dass sich mit dem unerwarteten Auftreten erhöhter Thoron-Konzentrationen in Lehmbauten in Franken beschäftigte, erschien auf Grundlage eines Interviews mit dem Forscher:innenteam um Stefanie Gierl im Jahr 2012 ein Spiegel-

Artikel [9]. Dieser wies auf die möglichen Gefahren eben auch einer Thoron-Belastung durch den „hippen“ und natürlichen Baustoff Lehm hin. Immerhin existieren in Deutschland (Stand 2014) ca. 2 Millionen Häuser, in

denen ungebrannte Lehmprodukte verwendet wurden. Zwar enthält Lehm nicht mehr Uran oder Thorium als andere Baustoffe, allerdings hat ungebrannter Lehm durch seine Feinkörnigkeit eine größere Oberfläche als beispielsweise gebrannte Lehmziegel. Beim Brennen der Ziegel verkleinert sich die Oberfläche, indem die feinen Körner verschmelzen. Diese Oberflächenverkleinerung führt dazu, dass zumindest bei gebrannten Lehmziegeln keine Ausdünstung von Gasen erfolgt [13], wohl aber bei den offenporigen ungebrannten Lehmprodukten. Aufgrund der extrem langen Halbwertszeit von 14 Milliarden Jahren des Ausgangsprodukts von Thoron, dem im Lehm ent-

haltenen Thorium, kommt es nicht darauf an, wann das Haus errichtet wurde. Sowohl alte als auch neue Lehmgebäude können also prinzipiell betroffen sein [8][9].

Aus den einsehbaren Stellungnahmen verschiedener Akteure der Lehmbranche lässt sich nachvollziehen, dass der Artikel bei nicht wenigen Verbraucher:innen und Bauherr:innen zu Irritationen geführt haben muss. Die Studie wurde unter anderem als „wissenschaftlich unseriös“ betitelt [10] (Dipl. Ing. Olaf Paproth, Sachverständiger (VfB) für Bauschäden, Mitglied Architektenkammer NRW, ehemaliger Lehrbeauftragter der RWTH Aachen), wobei sich der Verfasser in seiner Aussage einer Stellungnahme des technischen Leiters der Firma Claytec e. K. (Dipl.-Ing. Ulrich Röhren, führende Lehmprodukte-Marke) anschloss. Dieser hob hervor, dass alle Claytec-Lehmgebäudeprodukte seit 10 Jahren einer ständigen Prüfung in Bezug auf Radionuklide unterlägen und keine auffälligen Werte gemessen worden seien [10]. Interessant ist folgende Argumentation aus der Stellungnahme:

„Die gezeigte Vorgehensweise bei der Ermittlung der Thoron-Werte ist aus zwei Gründen problematisch: Der Abstand von 3 cm zur Fläche ist für keine Nutzung repräsentativ, Thoron zerfällt im Raum sehr schnell (56 Sekunden).

Weder das Messverfahren noch die Geräte sind ausgereift, allein die Abweichung um das 6-fache zeigt dies. Die gesundheitliche Wirkung des schnell zerfallenden

Thorons ist nach Meinung der Mehrheit der Fachleute im Vergleich zum besser messbaren Radon untergeordnet.“[10]

An diesen Aussagen kann man erkennen, dass auch bei Fachleuten der Gedanke einer Thoronbelastung in Innenräumen abwegig erschien.

Andernorts wird als Reaktion auf den Artikel gemessener reagiert. Der Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. stellt zwar heraus, dass in der Studie keine Extremwerte von Thoron ermittelt wurden und eine Warnung vor dem Baustoff Lehm daher zum Zeitpunkt des Erscheinens des Artikels „sehr fraglich“ [14] sei. Jedoch wird auch die Aussage getroffen, dass es wissenschaftlich interessant und im Zusammenhang mit der Euratom-Neufassung möglicherweise geboten sei, nicht nur die Radonbelastung in Gebäuden weiter zu untersuchen, sondern sich auch mit der Konzentration von Thoron zu beschäftigen [14].

Christoph Ziegert, Vorstandsmitglied im Dachverband Lehm e. V., äußerte sich in der Wohnung und Gesundheit 2014 sachlich und stellte heraus, dass die deutsche Lehmbranche hohe Standards an die Qualitätssicherung ihrer Produkte anlege. Aufgrund dessen hält er Lehmstoffe weiterhin für unbedenklich, da die empfohlenen Grenzwerte eingehalten würden [15].

Etwa zeitgleich wurde die EU-Richtlinie 2013/59/Euratom veröffentlicht, die bis Frühjahr 2018

in nationales Recht umzusetzen war. Die Umsetzung erfolgte in Deutschland im Juni 2017 durch die Erneuerung des Strahlenschutzgesetzes, und im Dezember 2017 durch Erlass der neuen Strahlenschutzverordnung. Aufgrund möglicher Aufnahmen von Richtwerten nicht nur bezüglich Radon 222, sondern ebenfalls zu Thoron in die neu zu schaffenden gesetzlichen Vorgaben, führte das Helmholtz-Zentrum München ein Forschungsvorhaben zur Untersuchung von Messmethoden für Thoron durch, welches wichtige Erkenntnisse zu Messverfahren für Thoron-Werte lieferte [24].

Liegt eine gesundheitsgefährdende Thoronbelastung durch Lehm vor?

Zunächst sollen hier die Studie von Gierl et al. (2014) [8] und die Ergebnisse der Materialprüfungen und Fallstudien anlässlich des 1. Radonfachtages des VDB in München (2015) [12] vorgestellt werden. Die Ergebnisse sollen danach unter Zuhilfenahme weiterer Fachpublikationen eingeordnet werden.

Studie von Gierl, Meisenberg, Feistenauer, Tschiersch (2014) [8]

In der Studie wurden Thoron und seine Zerfallsprodukte in traditionellen und modernen Häusern in Franken gemessen, die ungebrannten Lehm als Baumaterial verwenden. Der Fokus lag auf der direkten Langzeitmessung der Thoron-Zerfallsprodukte, da diese die Hauptverursacher der Strahlendosis sind und im Innenraum

homogen verteilt sind. Ergebnisse aus 17 Häusern zeigten die Gas- und Folgeproduktkonzentrationen, und die Dosis für die Bewohner wurde berechnet.

Die Messungen wurden im Spätwinter und Frühjahr 2013 über einen Zeitraum von 8 Wochen in 17 bayerischen Häusern mit ungebranntem Lehm als Baumaterial durchgeführt, die zufällig ausgewählt wurden. Untersucht wurden sowohl Fachwerkhäuser als auch moderne Häuser mit Lehmputz oder Lehmplatten. Im Haus Nr. 7 wurden Messungen unter zwei Bedingungen durchgeführt: einmal bei undichter Bauweise (Luftwechsel 4,0 h⁻¹, Zustand 7a) und nach Abdichtung der Wände (Zustand 7b).

Gemessen wurden sowohl die Konzentration von Radon- und Thorongas an sich, als auch die Zerfallsprodukte beider Stoffe, hier vornehmlich Blei 212 und Bismuth 212. Die Messungen wurden in unterschiedlichen Abständen zu Lehmwänden durchgeführt. Radon-Thoron- und Radon-Geräte wurden für Gas- und Nachfolgemessungen in 20 cm Abstand zur Lehmwand aufgestellt. Für ausschließliche Gasmessungen wurden Radon-Thoron-Geräte in 10 bzw. 50 cm Abstand platziert. In drei Häusern wurden zusätzlich Distanzprofilmessungen mit mehreren Geräten durchgeführt.

Eigenes Fazit der Studie

In neun Häusern wurden Thoron-Folgeprodukte gemessen, in 17 Häusern Radon- und Tho-

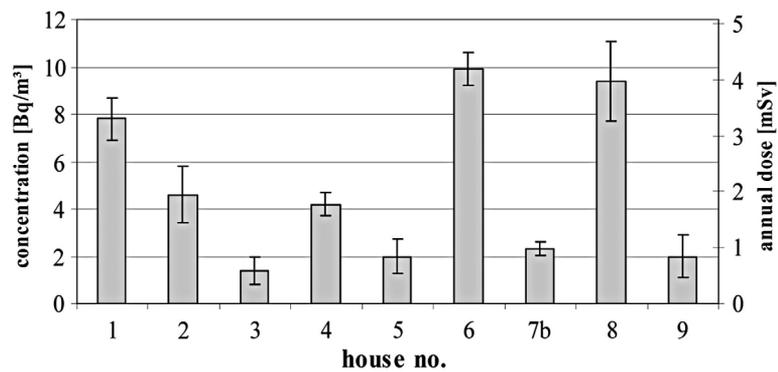


Abb. 1 (oben) zeigt die Konzentration von Thoron-Folgeprodukten und den jährlichen Beitrag zur Inhalationsdosis in den Häusern 1-9. Die jährliche Dosis wurde unter Annahme einer Expositionszeit im Innenraum von 10 St./Tag berechnet. Die Konzentrationen liegen zwischen 2 und 10 Bq/m³, die jährliche Dosis zwischen 0,6 und 4 mSv/Jahr: (Quelle: Abbildung 1 entstammt der veröffentlichten Studie von Gierl et al. [8])

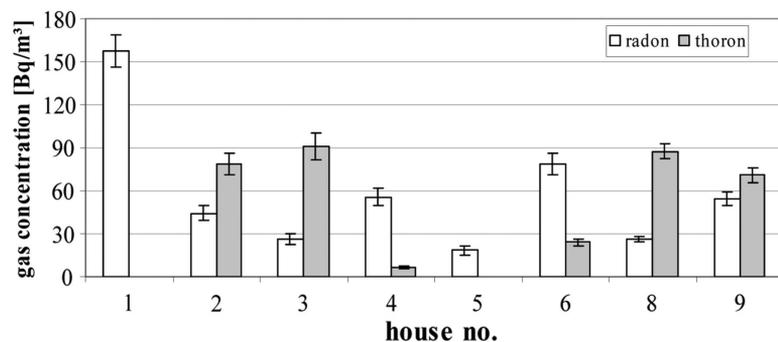
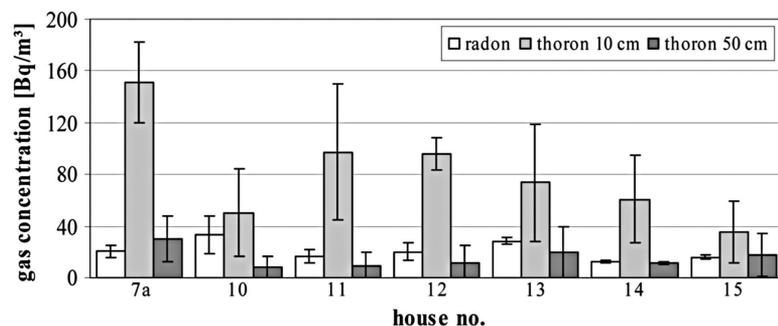


Abb. 2 und 3 (obere Abb. und untere Abb.) zeigen die Ergebnisse der Messung von Radon- und Thorongasen in unterschiedlichen Abständen zur Wand. Die Konzentration von Thorongas bei einer Messung im Abstand von 10 cm zur Wand war gegenüber der Messung mit 20 cm Abstand zur Wand erwartungsgemäß erhöht. Generell wurden Konzentrationen von Thorongasen in einem Bereich zwischen unterhalb der Nachweisgrenze und 90 Bq/m³, Konzentrationen von Radongasen zwischen 20 und 160 Bq/m³ gemessen. (Quelle: Abbildungen 2 und 3 entstammen der veröffentlichten Studie von Gierl et al. [8])



rongaskonzentrationen und in drei Häusern Profilmessungen. Die Ergebnisse zeigten erhöhte Thoron-Gaskonzentrationen und -Folgeprodukte, was zu einer erhöhten Inhalationsdosis führte, die in diesen Fällen tatsächlich ein Strahlenschutzproblem durch Thoron darstellt.

Es wird angemerkt, dass Thorongasmessungen allein nicht ausreichend für eine abschließende Bestimmung der Strahlenbelastung sei, da kein bestimmter Abstand von der Wand eine durchschnittliche Konzentration liefere. Für eine gründliche Bewertung sollten Folgekonzentrationen gemessen werden. Insgesamt weisen die Ergebnisse auf die Notwendigkeit hin, Thoron in zukünftigen Unter-

suchungen stärker zu berücksichtigen.

Materialprüfungen und Fallstudien, 1. Radonfachtag des VDB in München (2015) [12]

Versuchsaufbau

Die Untersuchung von Dr. Thomas Haumann umfasst zwei Hauptteile: Materialprüfungen und Objektprüfungen. Materialprüfungen wurden an 19 verschiedenen Baustoffproben durchgeführt, darunter 14 Lehmprodukte und 5 Vergleichsmaterialien (Zement, Granit). Die Thoron-Exhalation wurde mit Alphaspektroskopie gemessen. Objektprüfungen wurden in 6 bestehenden Gebäuden durchgeführt, um die Luftkonzentrationen

von Thoron-Zerfallsnuklidern unter Praxisbedingungen zu überprüfen.

Die getesteten Materialien umfassen:

- Lehmprodukte: 3 Lehmstreifarben, 6 Lehmputze, 1 Lehmplatte, 3 Lehmsteine, 1 Stampflehm.
- Vergleichsmaterialien: 2 Zementputze, 1 Bimsstein, 2 Granitsteine.

Ergebnisse der Materialprüfungen Radon-Exhalation:

- Die Lehmproben zeigten keine relevanten Auffälligkeiten hinsichtlich der Radon-Exhalation. Alle getesteten Lehmproben hat-



Abb. 4: Renovierung im Altbau mit Lehm (Quelle: M. Blei)

ten niedrige Exhalationsraten, die als unauffällig bewertet wurden.

- Die Granitsteine hatten deutlich höhere Radon-Exhalationsraten, insbesondere der rote Granitstein aus dem Fichtelgebirge.

Thoron-Exhalation:

- Bei dünnen Lehmschichten (bis 2 mm) wurden keine relevanten Auffälligkeiten festgestellt.

- Bei dickeren Lehmschichten (über 10 mm) wurden höhere Thoron-Exhalationsraten gemessen. Einige Lehmputze und Lehmsteine zeigten deutlich erhöhte Werte.

- Granitsteine wiesen die höchsten Thoron-Exhalationswerte auf, wobei der rote Granitstein aus dem Fichtelgebirge am stärksten auffiel.

Baustoffradioaktivität:

- Lehmprodukte zeigten unauffällige und vergleichsweise niedrige spezifische Aktivitäten von Thorium-232 (Th232).

- Die Bewertungszahlen (Indexwerte I) der Lehmprodukte lagen deutlich unter dem Richtwert von 1 gemäß EU RP-112.

Ergebnisse der Objektprüfungen Thoron-Zerfallsprodukte in der Raumluft:

- Die Luftmessungen in den Objekten zeigten messbare Konzentrationen von Thoron-Zerfallsnuklid (Pb212), abhängig von der Schichtdicke des Lehms, der

Raumbeladung und der Luftwechselrate.

- Bei dickeren Lehmschichten kann der Vorsorgerichtwert von 1 mSv/a durch Thoron-Zerfallsprodukte erreicht werden. Extremwerte wie bei Radon aus dem geologischen Untergrund sind jedoch nicht zu erwarten.

Fazit

- Lehmprodukte: Zeigen ein messbares Exhalationsverhalten in Bezug auf Thoron, abhängig von der Schichtdicke. Bei Radon und Eigenstrahlung (Gamma) zeigten Lehmprodukte keine relevanten Auffälligkeiten.

- Granitsteine: Wiesen die höchsten Werte bei der Thoron-Exhalation auf.

- Gesundheitsgefährdung: Bei dicken Lehmschichten (>10 mm) können Thoron-Exhalationswerte den Vorsorgerichtwert von 1 mSv/a erreichen, unter ungünstigen Raumbedingungen auch überschreiten.

Diese Ergebnisse unterstreichen nicht nur die Bedeutung der Materialwahl und Schichtdicke bei der Nutzung von Lehmprodukten, sondern bekräftigen die von Gierl et al. veröffentlichten Ergebnisse.

Einordnung der Ergebnisse in Bezug zur Ausgangsfrage einer möglichen unterschätzten Strahlenbelastung durch Thoron-Exhalation aus Lehmprodukten

Einordnung unter Berücksichtigung der Reaktionen

Beide Studien belegen eine erhöhte Konzentration von Thoron oder Thoron-Zerfallsprodukten in Lehmstoffen. In der Studie von Haumann ist sogar abzulesen, dass von verschiedenen dicken Lehmschichten verschiedene Risiken zu erwarten sind.

Erinnert man sich noch einmal an die eingangs erwähnten Argumente der Firma Claytec (S. 3), erscheinen diese fast wie ein Versuch, die Augen vor der Wahrheit zu verschließen.

Die kurze Halbwertszeit von Thoron als Argument für eine geringere Gefährdung anzugeben verfehlt nicht, da beide Studien belegen, dass eine erhöhte Gefahr gerade auch von den Zerfallsprodukten von Thoron ausgeht, welche unabhängig vom Zerfall des Thoron eine viel längere Halbwertszeit haben. Zwar mag es stimmen, dass eine Messung im Abstand von 3 cm zur Wand für keine Nutzung repräsentativ ist. Allerdings spielt der Abstand zur Wand für die Menge und das Vorkommen der eigentlich gesundheitsgefährdenden Zerfallsprodukte im Raum keine Rolle. Und auch die Aussage, Thoron sei nach Ansicht der Mehrheit der Fachleute dem besser messbaren Radon in seiner Berücksichtigung untergeordnet verfehlt offensichtlich nicht.

Dr. Thomas Haumann, Mitunterzeichner der Stellungnahme des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen (2012) [14], lässt den

Worten in seiner Stellungnahme, es müssten – wie geplant – weitere Untersuchungen durchgeführt werden, Taten folgen und veröffentlicht 2015 seine Studie, die belegt, dass es sich nicht um einen Einzelfall bei den durch Gierl et al. gemessenen Werten handelt.

Einordnung in Bezug auf Aussagen behördlicher Stellen unter Betrachtung des Referenzwertes für Radon

Interessant ist auch die Betrachtung der Aussagen zu Thoron auf den aktuellen (Stand 2024) Internetseiten der zuständigen behördlichen Stellen.

Das BfS zieht sich auf den Standpunkt zurück, das Thoron im Vergleich zu Radon ebenfalls gesundheitsgefährdend sei, dass aber bisher nicht genug Forschungsergebnisse vorlägen, um genaue Aussagen treffen zu können. Zudem seien für Thoron auch keine Grenzwerte gesetzlich festgeschrieben und die Messung von Thoron sei extrem anspruchsvoll.[7] Nach derzeitigem Kenntnisstand würden in Deutschland keine Materialien zum Einsatz kommen, die zu einer erhöhten Thoron-Exposition führen könnten.[16]

Um diese Aussage besser einordnen zu können sollte jedoch auf die Umsetzung der Euratom-Richtlinie durch das neue Strahlenschutzgesetz mit seinem Referenzwert von 300 Bq/m³ geachtet werden:

Das Strahlenschutzgesetz vom 12. Mai 2017 bildet die aktuelle recht-

liche Grundlage für den Strahlenschutz. Das Gesetz basiert auf einer EU-Richtlinie und integriert bestehende Vorgaben aus anderen Strahlenschutzgesetzen.

Ein zentraler Punkt des Gesetzes ist der Referenzwert für Radon-222-Aktivitätskonzentration in Aufenthaltsräumen, der bei 300 Bq/m³ liegt. Dieser Wert ist bereits bedenklich hoch, da die WHO und andere Experten einen niedrigeren Grenzwert von 100 Bq/m³ empfehlen. Epidemiologische Studien zeigen, dass ab 100 Bq/m³ eine signifikante Gesundheitsgefahr besteht. Schätzungen zufolge überschreiten etwa 1,6 Millionen Wohngebäude in Deutschland den Wert von 100 Bq/m³.

Die aktuellen Regelungen bleiben hinter den Forderungen des Gesetzentwurfs für ein Radon-schutzgesetz von 2004 zurück, der einen Zielwert von 100 Bq/m³ für Radonbelastungen in Aufenthaltsräumen vorsah. Dieser niedrigere Wert sollte durch Maßnahmen zur Radonsanierung erreicht werden, um die Gesundheit der Bewohner besser zu schützen.

Die aktuelle Regelung mit einem Referenzwert von 300 Bq/m³ wurde als Kompromiss festgelegt, um eine ausreichende Flexibilität in der praktischen Umsetzung des Radonschutzes zu gewährleisten.

Die Bundesregierung argumentiert, dass strengere Grenzwerte, wie sie von der WHO empfohlen werden, aus KostenNutzen-Sicht nicht gerechtfertigt wären und nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten umgesetzt werden könnten.

Zudem wird betont, dass verbleibende Radonexpositionen oberhalb des Referenzwertes unter gewissen Umständen hingenommen werden müssen, da weiterführende Maßnahmen wirtschaftlich nicht vertretbar seien.[4]

Bemerkenswert ist, dass es hier lediglich um die Betrachtung von Radonwerten geht und eine Beschäftigung mit den Gefahren, die von Thoron ausgehen nicht einmal erfolgt. Zudem verliert die Aussage, dass die verwendeten Baumaterialien in Deutschland aus Sicht des Strahlenschutzes im Hinblick auf eine erhöhte Thoron-Exposition unbedenklich seien, erheblich an Wert, wenn bereits der Referenzwert für Radon von der Fachwelt als zu hoch eingestuft wird. Auch die Aussage, dass keine Materialien eingesetzt werden, die zu einer erhöhten Thoron-Exposition führen würden lässt außer Acht, dass eine Gefahr offensichtlich auch von Lehmbauten ausgeht, die bereits ein gewisses Alter haben. Sicherlich unterliegen die Äußerungen des Ministeriums, die als Warnung formuliert werden, aufgrund ihrer Wirkung innerhalb der Bevölkerung besonderen Anforderungen. Dass jedoch 10-20 Jahre nach Aufkommen des Themas und Veröffentlichung weiterer Ergebnisse keine weitergehenden Informationen zur Gefährdung durch Thoron vorgehalten werden ist erstaunlich.

Einordnung unter Betrachtung weiterer Studien

Seit dem Aufkommen des Bewusstseins für Thoron als neben Radon weiterem gesundheitsge-

fäherndem Faktor bei Bauma-
terialien wurde sich einigen Orts-
mit der Thematik beschäftigt:

Eine aktuell im Juli 2024 ver-
öffentlichte Studie von Waida
et al. [17] über die gleichzeitige
Messung der Radon-/Thoron-Dosis
in Innenräumen und der Gamma-Dosis
im Freien vor Ort und Abschätzung
der jährlichen effektiven Dosis
in einem Zinnabbaugebiet des Jos-Plateaus
in Nigeria stellt heraus, dass Thoron
in dieser Gegend zwischen 50 und 95 %
zur gesamten jährlichen effektiven
Dosis beitrug. Geschlussfolgert
wurde daraus, dass es ein Fehler
wäre, Thoron als Einflussgröße
auf die jährliche effektive Dosis
zu vernachlässigen. Die Thoron-
Werte waren sogar in jeder Woh-
nung höher als die Radon-Werte,
ohne dass beide Werte einen Bezug
zueinander aufgewiesen hätten,
was nahe legt, dass beide Werte
jeweils unabhängig voneinander
gemessen werden sollten.

Smetsers u. a. [18] stellen 2018
heraus, dass 30 % des Lungen-
krebsrisikos in den Niederlanden
pro Jahr auf Thoron-Folgepro-
dukte in Innenräumen zurückzu-
führen seien. Der Einfluss von
Thoron-Folgeprodukten sei daher
eindeutig höher als bisher an-
genommen. Zudem fanden sich
vielfach Werte der Thoron-Exha-
lationsrate aus Wänden und De-
cken, die den Medianwert um ein
10faches überstiegen, gleichzeitig
wurden in den gleichen Räumen
nur gelegentlich erhöhte Thoron-
Folgeproduktkonzentrationen
gemessen. Die Studie kommt zu
dem Schluss, dass die ermittelten
Werte nicht spezifisch für die Nie-

derlande sein können und daher
die Vermutung nahe liegt, dass
Thoron auch an anderen Orten mit
niedrigen Radonwerten einen grö-
ßeren Beitrag zur Bevölkerungs-
dosis leisten könnte.

2017 ermittelten Meisenberg et
al. [22] in zwei weiteren Häusern
mit Lehmarchitektur in Bayern
Thoronkonzentrationen von meh-
reren 100 Bq/m³ in der Nähe der
Lehmwände. Dies bestätige noch
einmal die Bedeutung des Bau-
stoffes Lehm als Belastungsquelle
für Strahlenexposition und die
signifikanten Beiträge auch von
Thoron zur Strahlendosis.

Eine follow-up-Studie von Bajwa
u. a. [19], welche sich 2015 unter
Zuhilfenahme neuer Messmetho-
den mit den in einer vorherigen
Studie hohen Radon-Konzentra-
tionen in Innenräumen in einer
Ortschaft in Indien, Distrikt Hamirpur,
beschäftigt, kam zu neuen
Ergebnissen. Die gemessenen
Radon-Konzentrationen aus den
vorhergehenden Studien waren
aufgrund von Messinterferenzen
mit Thoron bei der ausgewählten
Methode verfälscht worden. Auch
hier wird deutlich, dass Thoron
eine erhebliche Rolle auch bei der
Bestimmung von Radonkonzentra-
tionen in Innenräumen spielen
kann und keinesfalls vernachläs-
sigt werden sollte.

Szabo-Kraus et. al. [23] fanden
bei Messungen in ungarischen
Lehm-Häusern Thoron-Werte von
über 300 Bq/m³ und dies bei ca.
30 % der untersuchten Häuser.
Zudem konnten sie zeigen, dass
die Belastung durch Thoron und
seine Zerfallsprodukte abhängig

von äußeren Umwelteinflüssen
wie Luftfeuchtigkeit und Tempe-
ratur ist.

De Witt et al. (2021) führten den
ersten Ringversuch zur Thoron-
Exhalationsrate aus Baumateriali-
en durch und stellten fest, dass die
Ergebnisse in verschiedenen La-
boren unterschiedlich ausfallen.

Sie regen die Entwicklung eines
harmonisierten Messstandards zur
Thoron-Exhalationsrate dringend
an und machen Vorschläge zu
dessen Umsetzung.[21]

Schlussendlich gibt es eine aktuell
laufende Studie des Curt-En-
gelhorn-Zentrum Archäometrie
Mannheim unter Leitung von
Prof. Dr. Ernst Pernicka, welches
sich der Erforschung der Steue-
rungsgrößen von Strahlenbe-
lastung in massiven Lehmbauten
widmet. Ziel ist mehr über die
Strahlenbelastung in Massivlehm-
bauten und ihr Verhältnis zu äuße-
ren Umwelteinflüssen zu erfahren,
andererseits möchte das Projekt
nach Abschluss einen Leitfaden
herausgeben, mit dessen Hilfe die
Radon- und Thoronentgasung aus
Lehmen minimiert werden kann
[20].

Zwei der vorgenannten Studien
bestätigen die Vermutung, dass
der Baustoff Lehm viel eher zu
einer Strahlenbelastung führen
kann, als bisher angenommen.
Eine Studie widmet sich diesem
Thema aktuell ausführlich unter
der Prämisse, einen Leitfaden
zur Behebung einer Strahlen-
exposition durch Lehmabbaustoffe
für Verbraucher zu erstellen. Das
impliziert, dass sich das wissen-

schaftliche Bild in den letzten Jahren dahingehend gewandelt hat, dass eine erhöhte Sensibilität und Akzeptanz für die Gefahren im Zusammenhang mit Lehm und Thoron besteht. Auch die weiteren Studien, die sich zwar nicht explizit mit dem Baustoff Lehm beschäftigen, zeigen deutlich, dass es sich für Bauherr:innen, Bewohner:innen und Planer:innen gesundheitlich lohnen kann, ja vielleicht sogar als geboten erscheint, neben einer möglichen Radon-Problematik auch die Gefährdung durch Thoron als Faktor für die Jahresdosis zu berücksichtigen.

Zusammenfassung/Fazit

Unzweifelhaft hat der Spiegel-Artikel von 2012 über die möglichen Gefahren des „hippen“ Baustoffs Lehm zur Popularität der Studie von Gierl u. a. beigetragen und das Thema der Radioaktivität von Baustoffen und Wohnungen einem breiteren Publikum zugebracht, als wäre lediglich eine Publikation der Ergebnisse in einem Fachmedium erfolgt.

Nach Auswertung der bisher erfolgten Forschung zur Thematik lassen sich die als Reaktion auf den Spiegel-Artikel getätigten Aussagen, Lehm sei generell weiterhin völlig unbedenklich, zumindest nicht mehr halten. Sicherlich stimmt, dass Lehmprodukte in Deutschland einer strengen Prüfung und Qualitätssicherung unterliegen. Es geht jedoch nicht nur um neue Baustoffe, sondern eine Gefährdung geht auch von alten Lehmbauten aus, in denen ungebrannter Lehm verarbeitet

wurde. Alle relevanten Studien weisen darauf hin, dass eine mögliche Gefährdung jedoch nur von ungebrannten Lehmprodukten ausgeht. Diese müssen daher von der eingangs gestellten Frage ausgenommen werden.

Da das Ministerium bisher eher auf Schutz der Bevölkerung durch „Hilfe zur Selbsthilfe“ bzw. Information und Selbstschutz setzt, ist nicht unbedingt zu erwarten, dass das Thema Gefährdung durch Thoron anders behandelt werden wird. Es ist daher für Bewohner:innen in Gebieten/Häusern mit einer ohnehin schon erhöhten Radon-Problematik auch die mögliche Gefährdung durch Thoron und seine Zerfallsprodukte zu prüfen, wenn sie in einem Haus mit ungebrannten Lehmprodukten oder anderen aus der Erde genommenen Produkten wohnen (s. die hohen Strahlungswerte bei Granitstein [12]).

Eine generelle Warnung vor dem Baustoff Lehm muss vor allem unter der Berücksichtigung, dass eine Gefährdung bisher nur bei ungebrannten Lehmprodukten, und daher lediglich bei einem Teil aller Lehmprodukte vorliegen kann, wohl nicht ausgesprochen werden. Daher ist Lehm mit seinen vielen ökologischen Vorzügen weiterhin als Alternative zu regulären Baustoffen zu empfehlen.

Allerdings sollte das Bewusstsein für eine mögliche Gefährdung weiterhin geschärft werden und auch von Planer:innen im Bauprozess mitgedacht werden. Angesichts der eingangs beschriebenen Gefahr, die bei Radon bereits ab

100 Bq/m³ vorliegt und für Thoron noch nicht weiter erforscht ist, wäre eine generelle Verharmlosung der Gefährdung im Hinblick der gezeigten Ergebnisse fahrlässig.

Literatur

[1] <https://www.naturanum.de/themen/lehm-als-baustoff/>

[2] <https://claytec.de/lehm-der-nachhaltige-rohstoff-der-uns-zu-fuessenliegt/>

[3] <https://www.oekoplus.com/ratgeber/lehm-als-baustoff-1/>

[4] Fiedler, K. (2018). *Medizinische Bedeutung der Radonproblematik in Innenräumen. Wohnmedizin, Band 57 (Nr. 2)*, 63-73.

[5] Pitschke, M. (2017). *Radon in Gebäuden, b.v.s. Sachverständige Standpunkt, Band 2, 4*

[6] <https://www.radonshop.com/lexikon/radon-thoron>

[7] https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/baustoffe/lehm/lehm_node.html#:~:text=Radon%2D222%20und%20Radon%2D220,dem%20Zerfall%20von%20Thorium%20hin.

[8] Gierl, S., Meisenberg, O., Feistenauer, P., Tschiersch, J. (2014). *Thoron and thoron progeny measurements in German clay houses, Radiation Protection Dosimetry, Band 160, Ausgabe 1-3, Juli 2014, Seiten 160–163*

[9] <https://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/lehm-oeko-ma->

terial-erhoeht-radioaktivitaet-in-haeusern-a828031.html

[10] <https://olaf-paproth.net/radioaktive-belastungen-im-lehmbau/> (Stand Internetseite 07/2024, Stand Stellungnahme 2013)

[11] <https://www.bmu.de/gesetz/richtlinie-2013-59-euratom>

[12] Haumann, Thomas. (2015). Thoron in Lehmhäusern - Materialprüfungen und Fallstudien, 1. Radonfachtag des VDB in München. https://www.researchgate.net/publication/379873284_Thoron_in_Lehmhausern_-_Materialpruefungen_und_Fallstudien_1_Radonfachtag_des_VDB_in_Muenchen_2015

[13] <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/baustoffe/lehm/lehm.html>

[14] Haumann, T., Thumulla, J. (2012). Stellungnahme zum Thema Thoron in Lehmhäusern. <https://baubiologie.net/publikationen/downloads/>

[15] Ziegert, C. (2014). Natürliche Radioaktivität von Lehm-Baustoffen, Wohnung + Gesundheit, Ausgabe 3, <https://forum.dachverband-lehm.de/diskussion/135/beitrag-natuerliche-radioaktivitaet-von-lehm-baustoffen-in-zeitschriftwohnung-gesundheit/>

[16] https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/baustoffe/radionuklide/radionuklide_node.html

[17] Waida, J., Oyeleke, O., Ademola, J. (2024). Simultaneous indoor radon/thoron and in situ

outdoor gamma dose measurements and estimation of annual effective dose in a tin mining area of Jos Plateau, Nigeria, Radiation Protection Dosimetry, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncae152>

[18] Smetsers, Blaauboer, RO, Dekkers, F., Slaper, H. (2018). RADON AND THORON PROGENY IN DUTCH DWELLINGS, Radiation Protection Dosimetry, Band 181, Ausgabe 1, Seiten 11–14

[19] Bajwa, BS., Singh, Singh, Saini, Singh, Sahoo, Sapra (2015). A follow-up study on indoor ²²²Rn, ²²⁰Rn their decay product concentrations in a mineralised zone of Himachal Pradesh, India, Radiation Protection Dosimetry, Band 168, Ausgabe 4, Seiten 553–560

[20] <https://www.golehm.de/unse-reprojekte/aktuell>

[21] G. de With, T. Kovács, A. Csordás, J. Tschiersch, J. Yang, S.W. Sadler, O. Meisenberg (2021). Intercomparison on the measurement of the thoron exhalation rate from building materials, Journal of Environmental Radioactivity, Band 228

[22] O. Meisenberg, R. Mishra, M. Joshi, S. Gierl, R. Rout, L. Guo, T. Agarwal, S. Kanse, J. Irlinger, B. K. Sapra, J. Tschiersch (2017). Radon and thoron inhalation doses in dwellings with earthen architecture: Comparison of measurement methods, Science of The Total Environment, Volume 579, Pages 1855-1862

[23] Z. Szabó-Krausz, G. Jordan, C. Szabo, A. Horváth, O. Holm, G.

Kocsy, I. Csige, P. Szabo, Z. Homoki (2014). Radon and thoron levels, their spatial and seasonal variations in adobe dwellings - a case study at the great Hungarian plain. Isotopes in environmental and health studies. Bn. 50/2

[24] Irlinger, J., Tschiersch, J. (chrome-extension://efaidnb-mnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3614_S_20026_messmethoden_radon_220_bf.pdf

Sofern nicht anders angegeben haben alle Internetquellen den Stand 07/2024.

Autorin Svenja Hildebrandt

studierte Rechtswissenschaftlerin

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe - Detmolder Schule für Architektur und Innenarchitektur (Kontakt: svenja.hildebrandt@stud.th-owl.de)