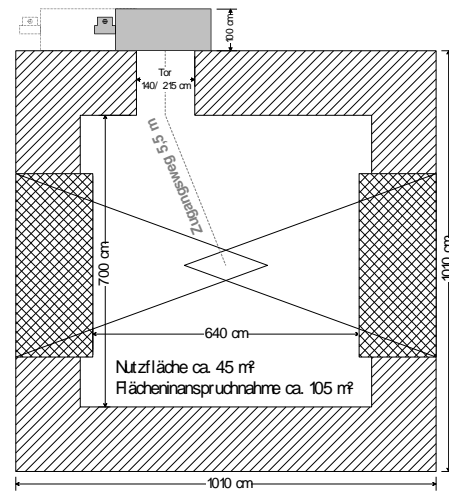
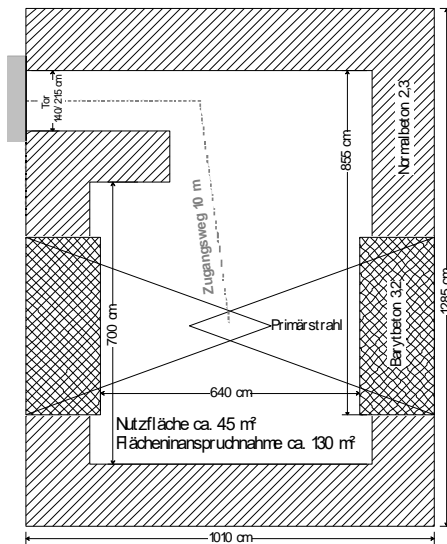


## Vergleich Linearbeschleunigerbunker für die Strahlentherapie: Mit Labyrinth und labyrinthlos



mit Labyrinth



labyrinthlos

① Konzeptvergleich

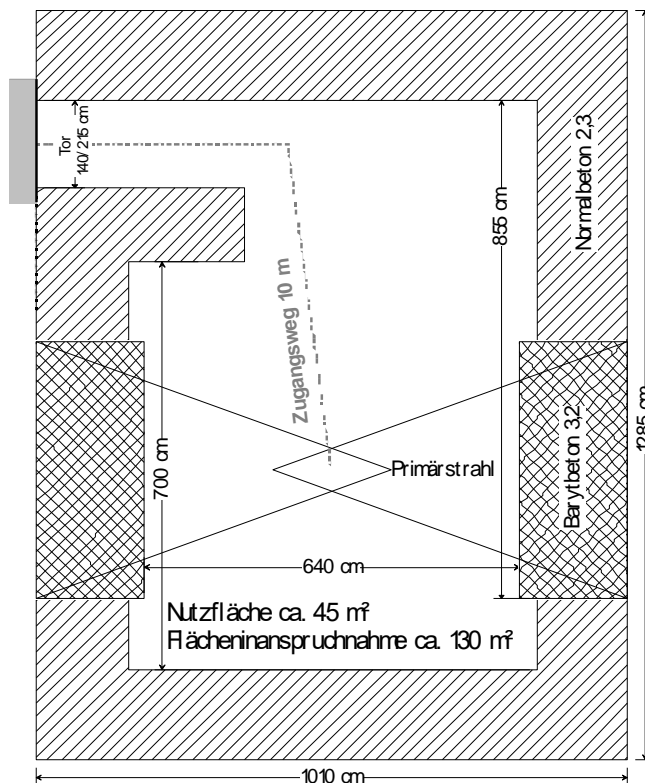
Therapieräume für die medizinische Strahlentherapie mit Linearbeschleunigern (LINAC, bis 25 MV Photonen, bis 20 MeV Elektronen) wurden bis 2003 nahezu ausschließlich mit Zugangslabyrinth ausgeführt.

Solche LINAC-Therapieräume wurden danach in drei Nutzungsbereiche aufgeteilt:

1. Behandlungsraum für Patienten, Fläche ca. 33 m<sup>2</sup>
2. Technikbereich, i.d.R. abgetrennt durch eine Trennwand hinter Patiententisch und Gantry, Nutzfläche ca. 12 m<sup>2</sup>
3. Labyrinth als reiner Zugangsbereich, Verkehrsfläche 19 m<sup>2</sup>

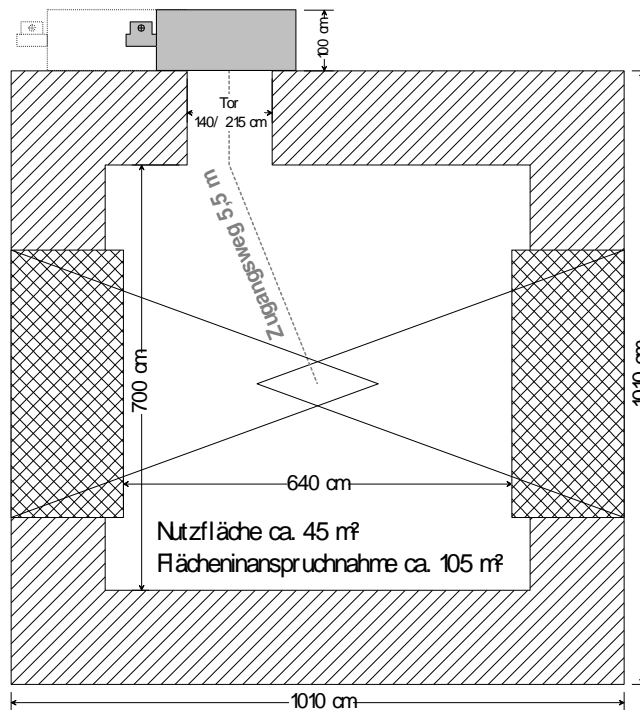
Dieses Konzept ergab sich aus der Forderung, die Tertiärstrahlung, die durch das Labyrinth auf das Tor trifft, zu minimieren, um die Abschirmung des Tores möglichst niedrig dimensionieren zu können. Die resultierenden Abschirmwerte liegen bei 20 mm - 40 mm Blei in Kombination mit 150 mm - 300 mm Paraffin.

Das folgende Bild zeigt exemplarisch die Verhältnisse für einen Therapieraum mit Labyrinth:



Seit Ende der 90er Jahre wurde gemeinsam mit Architekten und Strahlentherapeuten ein neues Konzept für LINAC-Therapieräume ohne Labyrinth entwickelt.

Das folgende Bild zeigt exemplarisch die Verhältnisse für einen labyrinthlosen Therapieraum:



Die konzeptionellen Kennwerte stellen sich im Vergleich wie folgt dar:

	mit Labyrinth	Labyrinthlos	Faktor
Nutzfläche (Behandlung + Technikbereich)	45 m <sup>2</sup>	45 m <sup>2</sup>	1,0
Flächeninanspruchnahme gesamt	130 m <sup>2</sup>	105 m <sup>2</sup>	0,8
Umbauter Raum	675 m <sup>3</sup>	545 m <sup>3</sup>	0,8

Bei identischer Nutzfläche für Behandlung und Technikbereich wird die Flächeninanspruchnahme sowie der umbaute Raum um ca. 20 % reduziert.

So lassen sich zunächst die Investitionskosten minimieren, zudem wird der Bau von LINAC-Therapieräumen auch dort möglich, wo aufgrund begrenzter Flächenverfügbarkeit ein Therapie-raum mit Labyrinth nicht zu realisieren wäre.

Für den Betrieb bzw. Workflow ergeben sich aus der labyrinthlosen Ausführung grosse Vorteile. Die Zugangswege für Personal und Patienten werden reduziert auf etwa die Hälfte

der Weglänge. Der Bettenzugang wird optimiert und vereinfacht durch den geradlinigen Zugangsweg. Die Zugangszeiten zum Patient reduzieren sich so entscheidend. Zudem werden die laufenden Kosten (Mieten, Betriebskosten) durch die Optimierung der Gesamtfläche und des umbauten Raum deutlich reduziert.

## ② Layout

LINAC-Therapieräume werden nach dem Stand der Technik in Ortbetonbauweise mit Strahlenschutz-Barytbeton (Festbetondichte 3,2 t/m<sup>3</sup>) im Nutz- (Primär-) Strahlgürtel und Strahlenschutz-Normalbeton (Festbetondichte 2,3 t/m<sup>3</sup>) im Streu- (Sekundär-) Strahlgürtel errichtet. Steht nur wenig Fläche zur Verfügung, wird der Sekundärstrahlgürtel ebenfalls in Barytbeton hergestellt. Aufgrund der Investitionskosten-Kalkulation über den zu errichtenden umbauten Raum (Primärstrahl Barytbeton/ Sekundärstrahl Normalbeton 500 m<sup>3</sup>, Primär- und Sekundärstrahl Normalbeton 720 m<sup>3</sup>, Faktor 1:1,44, Ca.-Werte) wird demgegenüber durch die erhöhten Ausbau- und Infrastrukturkosten keine Einsparung durch ausschließliche Verwendung von Normalbeton erzielt.

Zudem benötigt man zur Realisierung eine um ca. 20 % größere Grundfläche mit entsprechend längeren Verkehrswegen und höheren Betriebskosten.

Das Layout von LINAC-Therapieräumen darf sich ausschließlich an den Erfordernissen der Nutzer und an den technischen Anforderungen aus der LINAC-Installation und dem Therapiebetrieb orientieren. Restriktionen aus bautechnischer Sicht, wie z.B. Orientierung des Nutzstrahlgürtels oder Flächenrestriktionen aufgrund von standardisierten Bauverfahren dürfen nicht akzeptiert werden.

Die Strahlenschutzanforderungen lassen sich so problemlos einhalten, dies zeigen die Erfahrungen der seit 2003 etwa 120 realisierten Neubauprojekten. Die Ausführung in Ortbeton- bzw. modifizierter Schalen-/Ortbetonbauweise ist individuell planbar und frei von Schutzrechten bzw. Lizenzgebühren.

Die gelegentlich diskutierte Ausführung eines Bunkers mit einer verkürzten Labyrinthwand („Mini-Maze“) behält die konzeptionellen Nachteile der Ausführung mit Labyrinthwand (Erhöhte Flächeninanspruchnahme, lange Zugangswege) bei. Das Strahlenschutztor für diese Ausführung ist mit einem Gewicht von 6 -9 to etwa dreifach so schwer wie ein übliches Tor für einen LINAC-Therapieraum mit Labyrinth.

Die Ausführung solcher Bunker ist daher technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll.

### ③ Bauweise

Die Ausführung von LINAC-Therapieräumen in Ortbetonbauweise ist im Hinblick auf den Strahlenschutz, die Bautechnik und die statischen Aspekte normgerecht und homogen über die gesamte Wandstärke.

Langjährige Erfahrungen zeigen, dass eine Errichtung in der modifizierten Schalen-/ Ortbetonbauweise Vorteile hinsichtlich der Investitionskosten und Errichtungszeit bieten kann. Hierfür werden zunächst die äußeren Wandbegrenzungen bzw. die untere Deckenbegrenzung ausgeführt und anschließend der Kern in Strahlenschutzbeton (Barytbeton oder Normalbeton) gegossen.

Die monolithische Ausführung, also sowohl die Ortbetonbauweise als auch die modifizierte Schalen-/Ortbetonbauweise, gewährleisten die Einhaltung der konstruktiven Anforderung an einen solchen Behandlungsraum (Im Regelfall unteres Geschoß eines Gesamt-Bauvorhabens und damit statisch bestimmendes Bauteil). Gleichzeitig ist die Berechnung des baulichen Strahlenschutzes auf Basis der geltenden Normen durchführbar (siehe hierzu auch DIN 6847-2 Tabelle A.3 Berechnungsdaten zur Bemessung der Strahlenschutzabschirmungen).

Demgegenüber werden diese Anforderungen durch eine gelegentlich diskutierte Mischbauweise mit Einsatz von Betonelementen und Füllung offener Zwischenräume mit einer losen Schüttung von Schlacken-/Reststoffmischungen nicht erfüllt.

Die statische Tragfähigkeit dieser Wände ist aufgrund der Langzeitsetzungen der losen inneren Schüttung nur für die filigranen Sandwichelemente berechenbar.

Eine normgerechte Abschirmungsberechnung ist nicht möglich, da eine homogene und dauerhaft reproduzierbare Zusammensetzung der Mischung aufgrund der Entstehungscharakteristik der Einzelstoffe (u.a. Abfallstoffe zur Verwertung / Schlacken) nicht gewährleistet ist und Mischungen im Gegensatz zu homogenen Ausgangsstoffen nicht Bestandteil der Norm sind.

Durch die Langzeitsetzungen der losen Mischung sind darüber hinaus langfristig Strahlendurchgänge im Übergangsbereich Wand/Decke zu erwarten. Insbesondere bei Verwendung von Gipsfüllungen in Verbindung mit Elektroofenschlacken (EOS) ist darüber hinaus durch Feuchtigkeitseintrag aus dem abbindenden Beton der Sandwichschalen und / oder Niederschlag während des Einbaus mit einer Rissbildung (Quelleffekte) und mit Schwermetallaustrag aus den Schlacken zu rechnen.

*- Luftfeuchtigkeit / Lüftung*

Die Luftfeuchtigkeit in LINAC-Therapieräumen, die in monolithischer Bauweise hergestellt werden, liegt 7 Tage nach der letzten Betonage bei ca. 50 – 60 % und damit im optimalen Bereich für den nachfolgenden Ausbau, insbesondere für die GK-Montage.

LINAC-Therapieräume müssen aus Strahlenschutzgründen mit einer Belüftungsanlage ausgestattet sein, die einen mindestens 8-fachen Luftwechsel (pro Stunde) gewährleistet. Zudem setzen die Beschleuniger während des Betriebes eine hohe Abwärmeleistung frei.

Resultierend daraus ist im Therapiebetrieb die Zuluft zu befeuchten, um eine konstante, für den Betrieb optimale Luftfeuchtigkeit (ca. 45 %) zu gewährleisten.

*- Errichtungsdauer*

LINAC-Therapieräume werden in Ortbetonbauweise innerhalb von 4 - 6 Wochen ab Beginn der Rohbauarbeiten ausbaufertig hergestellt.

Die modifizierte Schalen-/Ortbetonbauweise kann die Ausführungszeit weiter minimieren. Für das Asklepios-KKH in Hamburg-Barmbek hat PONTAX den Rohbau einer 3-fach LINAC-Therapieraum-anlage einschliesslich Torinstallation innerhalb von 5 Wochen ausgeführt. Ein singulärer Therapieraum ist ab tragfähiger Bodenplatte nach 3 Wochen ausbaufertig.



LINAC – Therapieraum labyrinthlos mit Lichthof