

HIT

HEIDELBERGER IONENSTRAHL-THERAPIEZENTRUM



Baden-Württemberg
FINANZMINISTERIUM

HIT

HEIDELBERGER IONENSTRAHL-THERAPIEZENTRUM

NOVEMBER 2009



INHALTSVERZEICHNIS

GRUSSWORTE	5
DAS HEIDELBERGER IONENSTRAHL- THERAPIEZENTRUM (HIT) EIN WICHTIGER SCHRITT AUF DEM WEG ZUM HEIDELBERGER KLINIKRING	16
ENTWURFSKONZEPT	24
DIE MEDIZINISCHE ANWENDUNG DER SCHWERIONENTHERAPIE	38
DIE BESCHLEUNIGERTECHNIK	42
TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG	46
PROJEKTDATEN	50
PROJEKT BETEILIGTE	51
IMPRESSUM	56



GÜNTHER H. OETTINGER

MINISTERPRÄSIDENT DES LANDES
BADEN-WÜRTTEMBERG



Baden-Württemberg hat in der Hochschulmedizin einen hervorragenden Ruf. Universitätskliniken an vier Standorten im Land gewährleisten eine flächendeckende ärztliche Versorgung und betreiben medizinische Forschung auf hohem Niveau. In einer von Wettbewerb sowie globalem Denken und Handeln geprägten Welt gilt es diese Standards zu erhalten. Nur durch tatkräftigen Einsatz und Mut zur Innovation können erreichte Spitzenpositionen dauerhaft gesichert werden.

Das Universitätsklinikum Heidelberg hat dies mit der Realisierung des Ionenstrahl-Therapiezentrum bewiesen. Das Projekt unterstreicht für den medizinischen Bereich den Exzellenzanspruch der Universität und eröffnet neue Behandlungsmöglichkeiten im Kampf gegen den Krebs. Die Einrichtung ist sowohl beispielhaft für das Zusammenspiel universitärer und außeruniversitärer Forschungseinrichtungen, als auch für den Transfer von Grundlagenerkenntnissen in die praktische Anwendung.

Als fachübergreifendes wissenschaftliches Pilotprojekt wurde es vor über funfzehn Jahren am Standort des Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt begonnen. Ausgehend von hervorragenden Test- und Forschungsergebnissen, konnte das europaweit einmalige Projekt ab 2003 in unmittelbarer Nachbarschaft zur Radiologischen Universitätsklinik realisiert

werden. Planung und Bau des Zentrums forderten von allen Projektbeteiligten eine gute und enge Zusammenarbeit.

Mit dem neuen Therapiezentrum und dem in unmittelbarer Nähe gelegenen, demnächst fertig gestellten Nationalen Zentrum für Tumorerkrankungen (NCT), einem Kooperationsprojekt mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum und der Deutschen Krebshilfe, kann der Standort Heidelberg seine hervorragende Position in der Tumormedizin weiter ausbauen. Beide Einrichtungen ermöglichen nicht nur Behandlungen für bisher unheilbare Tumore, sondern bieten auch internationalen Forschungsk Kooperationen ideale Voraussetzungen für die Weiterentwicklung der Strahlenmedizin.

Ich danke allen, die dieses herausragende Leuchtturmprojekt durch ihre Anstrengungen zum Erfolg geführt haben. Den Ärzten, Wissenschaftlern sowie allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Universitätsklinikums, die in diesem Gebäude zum Wohle der Patienten tätig sind, wünsche ich im Kampf gegen den Krebs eine erfolgreiche Arbeit.

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'G. Oettinger'. The signature is stylized and written in a cursive-like font.



Zugang Erdgeschoss

WILLI STÄCHELE

FINANZMINISTER DES LANDES
BADEN-WÜRTTEMBERG



Mit dem Neubau des Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) erhält das Universitätsklinikum eine hochmoderne Anlage für die Forschung und Krebsbehandlung im Bereich der Strahlentherapie. Es ist die Erste ihrer Art in Europa. Die Realisierung erfolgte mit einem Investitionsvolumen von 36 Millionen Euro für den Bau und weiteren 83,3 Millionen Euro für die Beschleunigertechnik und Erstausrüstung des Gebäudes.

Die Realisierung dieses Projekts ist vor allem dem Engagement des Universitätsklinikums Heidelberg zu verdanken. Die Finanzierung erfolgte zu gleichen Teilen durch den Bund und das Land, wobei das Klinikum den Landesanteil beigesteuert hat. Dies ist ein innovatives und zielgerichtetes Vorgehen, um den Patienten die Anwendung neuester Therapiemöglichkeiten rasch zugute kommen zu lassen. Dafür möchte ich mich an dieser Stelle bedanken.

Der Neubau markiert einen wichtigen Schritt im Kampf gegen den Krebs. Auf rund 5.000 m² Nutzfläche wird Therapie und Forschung auf höchstem Niveau ermöglicht.

Ziel der Ionenbestrahlung ist es, Tumore mit hoher Präzision punktgenau zu treffen und dabei umliegendes Gewebe zu schonen. Das Verfahren ermöglicht erstmals auch bislang unheilbare Erkrankungen erfolgreich zu behandeln. Damit schließt Heidelberg europaweit eine Versorgungslücke in der Krebstherapie und

wird weltweit Hoffnungsträger für viele an Krebs erkrankte Patienten.

Gemeinsam mit dem benachbarten und demnächst ebenfalls fertig gestellten Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) kann das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum die Bedingungen für eine erfolgreiche Diagnostik und Therapie qualitativ und quantitativ entscheidend verbessern und für die Patienten eine optimale Behandlung und Nachsorge gewährleisten. Die nun anstehende Inbetriebnahme des HIT markiert einen Erfolg, von dem nicht nur der Klinik- und Hochschulstandort profitiert. Das neue Therapiezentrum wird weit darüber hinaus wirken und Heidelberg noch stärker in das Zentrum der internationalen Krebsforschung und Krebsbehandlung rücken.

Ich danke allen, die sich für dieses einzigartige Projekt eingesetzt haben. Durch Ihre erfolgreiche Zusammenarbeit konnte ein Meilenstein für die Spitzenforschung und Krebsbehandlung erreicht werden. Möge dieses Haus vielen Patienten Heilung bringen und mit seiner guten Atmosphäre den Ärzten und Wissenschaftlern bei ihrer wichtigen Forschungsarbeit zum Erfolg verhelfen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Willi Stächele', written in a cursive style.



Gantry

**PROFESSOR DR.
PETER FRANKENBERG**

MINISTER FÜR WISSENSCHAFT,
FORSCHUNG UND KUNST DES
LANDES BADEN-WÜRTTEMBERG



Das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum ist ein weiterer Meilenstein auf dem Weg des Universitätsklinikums Heidelberg, das führende Zentrum für Krebstherapie in Deutschland zu werden. Es ist mir eine große Freude, dass dieses sowohl technisch als auch baulich beeindruckende Gebäude nunmehr in Betrieb genommen werden kann.

Jährlich erkranken in Deutschland etwa 395.000 Menschen an Krebs. Dies ist ein klarer Auftrag an Krankenversorgung, Forschung und Politik, die bestmöglichen Therapien zu entwickeln und zur Verfügung zu stellen, um Leben und Lebensqualität der betroffenen Patientinnen und Patienten zu erhalten. Mit der Heidelberger Anlage ist es gelungen, diesem Auftrag in besonders innovativer Art gerecht zu werden.

Das Land Baden-Württemberg und der Standort Heidelberg besitzen eine lange Tradition in der Bekämpfung von Krebserkrankungen: Hier wurde, einem Beschluss der Landesregierung Baden-Württemberg folgend, im Jahr 1964 das Deutsche Krebsforschungszentrum ins Leben gerufen, hier findet exzellente Forschung und ebenso hervorragende Krankenversorgung statt. Medizinische Fakultät und Universitätsklinikum nehmen national und international Spitzenplätze ein, das Nationale Centrum für Tumorerkrankungen bündelt die vorhandenen Kompetenzen in

der Onkologie und sichert eine gleichbleibend hohe Qualität in der Behandlung von Krebspatientinnen und -patienten.

Mit der hochpräzisen Ionenbestrahlung beginnt nun ein neues Kapitel in der Geschichte der Heidelberger Strahlentherapie. Das in dieser Form weltweit einmalige Hochtechnologieverfahren ermöglicht es, die Tumoren von Patientinnen und Patienten zu behandeln, die bisher als nicht therapierbar galten - und dies millimetergenau und nebenwirkungsfrei. Die Anlage, die von der Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg, dem Deutschen Krebsforschungszentrum und dem Universitätsklinikum Heidelberg geplant und realisiert wurde, stellt zudem ein äußerst positives Beispiel effizienter Kooperation zwischen universitärer und außeruniversitärer Forschung sowie Krankenversorgung dar. Ich hoffe und wünsche mir, dass es mit Hilfe des Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum gelingen wird, vielen schwerkranken Patientinnen und Patienten Hoffnung zu geben und Heilung zu bringen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Frankenberg'. The signature is stylized and written in a cursive-like font.



Eingangshalle 1. Untergeschoss

Für die Ruprecht-Karls-Universität und ihr Universitätsklinikum in Heidelberg ist die Eröffnung des Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum ein Moment der Freude und des Stolzes. Wir können stolz sein, denn die jahrzehntelange Zusammenarbeit mit der Darmstädter Gesellschaft für Schwerionenforschung, dem Deutschen Krebsforschungszentrum und dem Forschungszentrum Dresden Rossendorf hat gezeigt, dass die wissenschaftlich-technische Kompetenz vieler Strahlforscher mit der medizinischen Exzellenz in Heidelberg verbunden werden konnte. HIT ist Teil einer Gesamtkonzeption des Heidelberger Klinikrings, die einer Spezialisierung der einzelnen Kliniken entgegenwirkt und die Krankenversorgung dem jeweils aktuellen Stand von Forschung und Lehre optimal anpasst. Es ist auch ein Pilotprojekt, das an der Spitze einer Entwicklung steht, die von ersten Forschungsergebnissen, einen Übertrag in klinische Studien und auch Hoffnung für einen Patientenkreis erlauben, der bislang einer als unheilbar eingestuftem Diagnose entgegenschaut.

Die Ruperto Carola ist stolz, dass mit HIT die europaweit erste Anlage zur Bekämpfung von bösartigen Tumoren eröffnet wird, die tief im Körper liegen. Denn durch die Entwicklung der zukunftsweisenden Methode, bahnbrechender Forschungsergebnisse und deren Anwendung in der Krankenversorgung, können Schwerionen ihre Wirkung in der Tiefe des menschlichen Körpers entfalten und lassen sich dank modernster Technik präzise

**PROF. DR. RER. NAT. HABIL
BERNHARD EITEL**

REKTOR DER
UNIVERSITÄT HEIDELBERG



steuern. Hier liegt der Vorteil dieser Behandlungsmethode, von der künftig bis zu 1.300 Patienten jährlich profitieren werden. Erst durch fein abgestimmte wissenschaftliche, technische und klinische Vorarbeiten der Kooperationspartner wurde HIT möglich.

Daher möchte ich als Rektor der Universität Heidelberg allen Beteiligten herzlich für Ihre Arbeit danken! Es freut mich sehr, dass hier durch eine großartige Kooperation in Forschung und Krankenversorgung Außergewöhnliches entstanden ist. Danken möchte ich aber auch dem Universitätsbauamt für die Gestaltung des Gebäudes. Die besonderen Anforderungen, die dieses Therapiezentrum mit sich führt – bspw. schützen zwei Meter dicke Wände, Decken und Böden vor den energiereichen Strahlen – sind nicht nur funktionell ein schöner Baustein der Gesamtkonzeption des Heidelberger Klinikrings, sondern auch ästhetisch ein Zugewinn für den Universitätscampus im Neuenheimer Feld. Mögen sich hier in dem Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum sehr bald Erfolge in großer Zahl einstellen – zum Wohle der Patienten und für den Fortschritt in der Wissenschaft. Ganz nach unserem Motto: Zukunft. Seit 1386!

A handwritten signature in black ink, which reads "Bernhard Eitel". The signature is written in a cursive, flowing style.



**PROF. DR. MED. DR. H.C.
J. RÜDIGER SIEWERT**

VORSTANDSVORSITZENDER
DES UNIVERSITÄTSKLINIKUMS
HEIDELBERG



Was ist das Rationale hinter dem „Run“ auf die Partikeltherapie? Die Hoffnung, ohne belastendes Zugangstrauma, exakt auf den Ort des Geschehens fokussiert, das heißt nahezu ohne Nebenwirkungen, den hoffentlich noch lokalisierten Tumor therapieren zu können. Dies, obwohl klare Beweise, ob diese Hoffnung wirklich erfüllt werden kann, zum Beispiel durch prospektiv kontrollierte klinische Studien, noch nicht erbracht sind. Auch das therapeutische Prinzip Partikeltherapie hat sich noch nicht als zuverlässig funktionierend und in der Routine anwendbar erwiesen. Dennoch wollen alle möglichst früh dabei sein, um ein großes und wichtiges Marktsegment zu besetzen.

Der Campus Heidelberg hat in diesem Rennen besonders gute Chancen, mit der Partikeltherapie erfolgreich zu sein. Das „Know-how“ ist Dank einer langen Entwicklungs- und Vorbereitungsphase gemeinsam mit der GSI in Darmstadt vorhanden. Klinische Erfahrungen sind über Jahre gesammelt worden, mehr als 1.000 Patienten sind bereits erfolgreich bestrahlt worden. Ein erfahrenes Team steht bereit. Wenn überhaupt, kann die Partikeltherapie hier in Heidelberg zuerst und erfolgreich zum Einsatz kommen. Die Heidelberger Anlage wird dann zur Mutter aller Anlagen in Deutschland werden. Dies kann ohne Zögern vorhergesagt werden. Die Erfahrungen bei der Inbetriebnahme der Anlage haben sich als Entwicklungslabor für die Nation erwiesen.

Nun kann es endlich losgehen und alle Augen richten sich auf Heidelberg.

Noch ein weiteres Argument spricht dafür, dass die Partikeltherapie hier in Heidelberg auf fruchtbarem Boden steht und hier die besten Rahmenbedingungen für ihre Etablierung finden wird: Onkologie ist am Campus Heidelberg zuhause. Sowohl das DKFZ wie auch das Universitätsklinikum Heidelberg pflegen die Onkologie als wichtigsten Schwerpunkt. Zusammen haben sie das Nationale Centrum für Tumorthherapie (NCT) ins Leben gerufen, um Onkologie im Sinne eines Comprehensive Cancer Center (CCC) auf höchstem Niveau zu betreiben. Die Strahlentherapie mit der Partikeltherapie ist wichtiger und integrierter Bestandteil des NCT mit seinen vernetzten Strukturen. In einem solchen Umfeld kann nunmehr die interdisziplinäre Partikeltherapie betrieben und evaluiert werden.

„Glück auf“ also – lange genug hat es gedauert – aber der Erfolg wird den Vätern dieser Anlage jetzt endlich Recht geben. Unternehmerischer Mut und eine bewundernswerte Risikobereitschaft werden nun hoffentlich belohnt.

Dies alles zum Wohle unserer Patienten.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Siewert', written in a cursive style.



DR. ECKART WÜRZNER

OBERBÜRGERMEISTER
DER STADT HEIDELBERG



Der Klinikring im Universitätsgebiet Im Neuenheimer Feld schließt sich weiter. Mit der Fertigstellung und Übergabe des Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) und des dazu gehörenden Nationalen Centrums für Tumorerkrankungen (NCT) ist die Lücke zwischen Kopfklinik und Kinderklinik geschlossen und die Front des künftigen Gesamtklinikums entlang der Straße Im Neuenheimer Feld komplett.

Nicht sichtbar sind die tatsächlichen Ausmaße der zum Teil unterirdischen Hightech-Anlage HIT, die innerhalb von fünf Jahren mit einem Gesamtaufwand von fast 120 Millionen Euro errichtet worden ist, um künftig Menschen mit bösartigen Tumoren noch wirkungsvoller behandeln und helfen zu können. Welches Ausmaß wissenschaftlicher und technischer Innovation diesem Projekt zu Grunde liegt, wird darin deutlich, dass nur etwa ein Drittel der Herstellungskosten auf die bauliche Konstruktion, aber zwei Drittel auf die technische Erstausrüstung einschließlich des Großgeräts zur Schwerionenbeschleunigung entfallen.

Wir Heidelberger können stolz darauf sein, dass dieses einzigartige Ionenstrahl-Therapiezentrum in unserer Stadt betrieben wird und weltweit die Bedeutung Heidelbergs als Zentrum der medizinischen Forschung, der Biowissenschaften und -technologien

unterstreicht. Bei einem Besuch in den Vereinigten Staaten habe ich im September 2007 selbst erlebt, welche große Aufmerksamkeit und Bewunderung das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum zum Beispiel in San Francisco genießt.

Im Namen aller Heidelbergerinnen und Heidelberger gratuliere ich dem Universitätsklinikum Heidelberg, seiner Radio-Onkologie und dem Deutsche Krebsforschungszentrum sowie der Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt und dem Forschungszentrum Dresden-Rossendorf zur gemeinsamen erfolgreichen Entwicklung der Anlage. Dem Universitätsklinikum danke ich für seine Rolle als Investor, wodurch die Realisierung des Projekts ermöglicht wurde. Das Ionenstrahl-Therapiezentrum HIT sowie den damit arbeitenden Ärzten und Technikern wünsche ich ein stets punktgenaues Treffen der zu bekämpfenden Tumore. Und allen Tumorpatienten wünsche ich nach erfolgreicher Behandlung in dem neuen Therapiezentrum eine schnelle und gründliche Genesung.

A handwritten signature in black ink that reads "Eckart Würzner". The script is cursive and elegant, with the first letters of the first and last names being capitalized and prominent.

DAS HEIDELBERGER IONENSTRAHL-THERAPIEZENTRUM (HIT) EIN WEITERER SCHRITT AUF DEM WEG ZUM HEIDELBERGER KLINIKRING

MINISTERIALDIRIGENT THOMAS KNÖDLER
LEITER DER STAATLICHEN VERMÖGENS- UND HOCHBAUVERWALTUNG BADEN-WÜRTTEMBERG

Die Medizin gehörte bereits 1386 zu den Gründungsfakultäten der Universität Heidelberg. Sie hat mit ihren Leistungen in wissenschaftlicher Forschung und erstklassiger Patientenversorgung bis heute großen Anteil am exzellenten Ruf der ältesten Universität Deutschlands. Mit dem Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) werden die baulichen und medizintechnischen Voraussetzungen für weitere Spitzenleistungen geschaffen.

Über 400 Jahre fanden die medizinischen Einrichtungen der Universität in der historischen Altstadt Heidelbergs Platz. Mit der dynamischen Entwicklung von Naturwissenschaft, Technik und Medizin im 19. Jahrhundert begann ein neues Kapitel. Für die aufblühenden Einrichtungen der Medizin wurden in der westlichen Vorstadt Bergheim neue, damals modernste Klinikgebäude errichtet. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren auch in Bergheim die Grenzen des Wachstums erreicht und Erweiterungsüberlegungen zielten erstmals auf das Neuenheimer Feld jenseits des Neckars. Bedingt durch zwei Weltkriege und die turbulente Zwischenkriegszeit gelang zunächst nur der Umzug des Botanischen Gartens 1915 und der Chirurgischen Klinik 1939. Nach dem 2. Weltkrieg jedoch drängten die naturwissenschaftlichen Institute und die medizinischen Einrichtungen der expandierenden Universität in das neu erschlossene Gebiet. Aus Gärten und Streuobstwiesen entwickelte sich in den vergangenen 50 Jahren ein eindrucksvoller Campus von 140 Hektar Fläche.

Mit dem Entwurf der Kopfklinik, die sechs Fachdisziplinen unter einem Dach vereint, entstand 1987 die Idee des Heidelberger Klinikrings, eines baulich differenzierten aber funktional integrierten Gesamtklinikums. Dieses Konzept wird seither konsequent weiterentwickelt und ist seit zwei Jahrzehnten Leitschnur großer medizinischer Bauvorhaben. Für seine Realisierung hat das Land eine Fläche von über 20 Hektar im Zentrum des Campus erworben. Mit der Verlagerung der Medizinischen Klinik vom Standort Bergheim ins Neuenheimer Feld wurde 2004 der zweite große und bedeutende Bauabschnitt fertig gestellt. Die neue Krehl-Klinik schließt südlich an die Kopfklinik an. Seit Juni 2008 ist auch die Angelika-Lautenschläger-Klinik im Nordwesten des Planungsgebiets als Klinik für Kinder- und Jugendmedizin in Betrieb. Das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) und in Kürze das Nationale Tumorzentrum (NCT) schließen den Klinikring im Norden ab. Bereits im Bau ist südlich der Kinderklinik die neue Frauen- und Hautklinik. Nach deren Fertigstellung fehlt zur Vollendung des Klinikrings nur noch der Neubau der Chirurgischen Klinik.

Mit der Planung und Realisierung des HIT haben sich alle Projektbeteiligten auf ein außergewöhnliches Wagnis eingelassen. Eine vergleichbare Anlage existiert bis heute in Europa nicht. Die Schwerionengantry, ein wesentlicher Teil des Konzeptes, ist sogar weltweit einzigartig.



Ausgangspunkt des heute Erreichten war ein Pilotprojekt zur Ionenstrahltherapie bei Tumorerkrankungen, das von der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt, der Radiologischen Universitätsklinik Heidelberg, dem Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) und dem Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) 1993 begonnen wurde. Seit 1997 wurden an einer Demonstrationszentrum der GSI in Darmstadt Patienten erfolgreich behandelt. Auf dieser Grundlage erstellte die GSI im September 2000 eine Machbarkeitsstudie für die Realisierung einer Bestrahlungsanlage für das Klinikum Heidelberg. Gemeinsam mit dem Universitätsbauamt Heidelberg wurden die Planungen weitergeführt und ein Vorhaben entwickelt, dem der Wissenschaftsrat im Mai 2003 zustimmte. Bereits ein Jahr später erfolgte die Grundsteinlegung und schon im Juni 2005 wurde Richtfest gefeiert. Parallel zu den noch laufenden Bauarbeiten begann im Oktober 2005 die Beschleunigermontage. Im September 2006 konnte das Gebäude an das Klinikum übergeben werden. Weitere zweieinhalb Jahre waren erforderlich um die Beschleunigeranlage zu installieren, abzustimmen und so mit den bildgebenden und assistierenden Verfahren zu vernetzen, dass die Betriebszulassung erteilt werden konnte.

Der gesamte Bau umfasst nahezu die Fläche eines Fußballfeldes und lässt schon im äußeren Erscheinungsbild die besondere Anlage erkennen. Im allgemein zugänglichen, medizinischen Teil

werden die Anforderungen einer Radio-Therapie-Abteilung in anspruchsvolle Architektur umgesetzt. Die von der Beschleunigeranlage bestimmten Funktionsbereiche sind aufgrund der Strahlenschutzproblematik zugangsbeschränkt und als Sicherheitsbereich ausgebildet. An der Schnittstelle beider Bereiche liegen zwei Horizontalbestrahlplätze und der um 360° drehbare, isozentrische Gantrybestrahlplatz.

Nach außen treten die wesentlichen Funktionsbereiche durch ihre unterschiedliche und eindeutig abgegrenzte Materialität in Erscheinung. Großflächige Verglasungen schaffen Transparenz und Offenheit im Kliniktrakt und in den Diensträumen der Mitarbeiter. Damit wird einem modernen Anliegen der Radiologen Rechnung getragen, deren Fachabteilungen oft in den dunklen Katakomben der Kliniken untergebracht sind. Die markante Kupferverkleidung des Bestrahlungsblocks korrespondiert gestalterisch mit den Magnetspulen der innen liegenden Beschleunigertechnik, während das vollständig abgeschlossene und nur der Funktion angepasste Raumvolumen der Strahlerzeugung und Strahlführung durch einen begrünten Hügel und durch Stützwände aus natursteingefüllten Gabionen in die Außenanlage integriert wird.

Das Ionenstrahl-Therapiezentrum erweitert das hervorragende Spektrum tumortherapeutischer Möglichkeiten auf dem Neuenheimer Feld in einzigartiger Weise. Bis zu 1.300 Patienten sollen

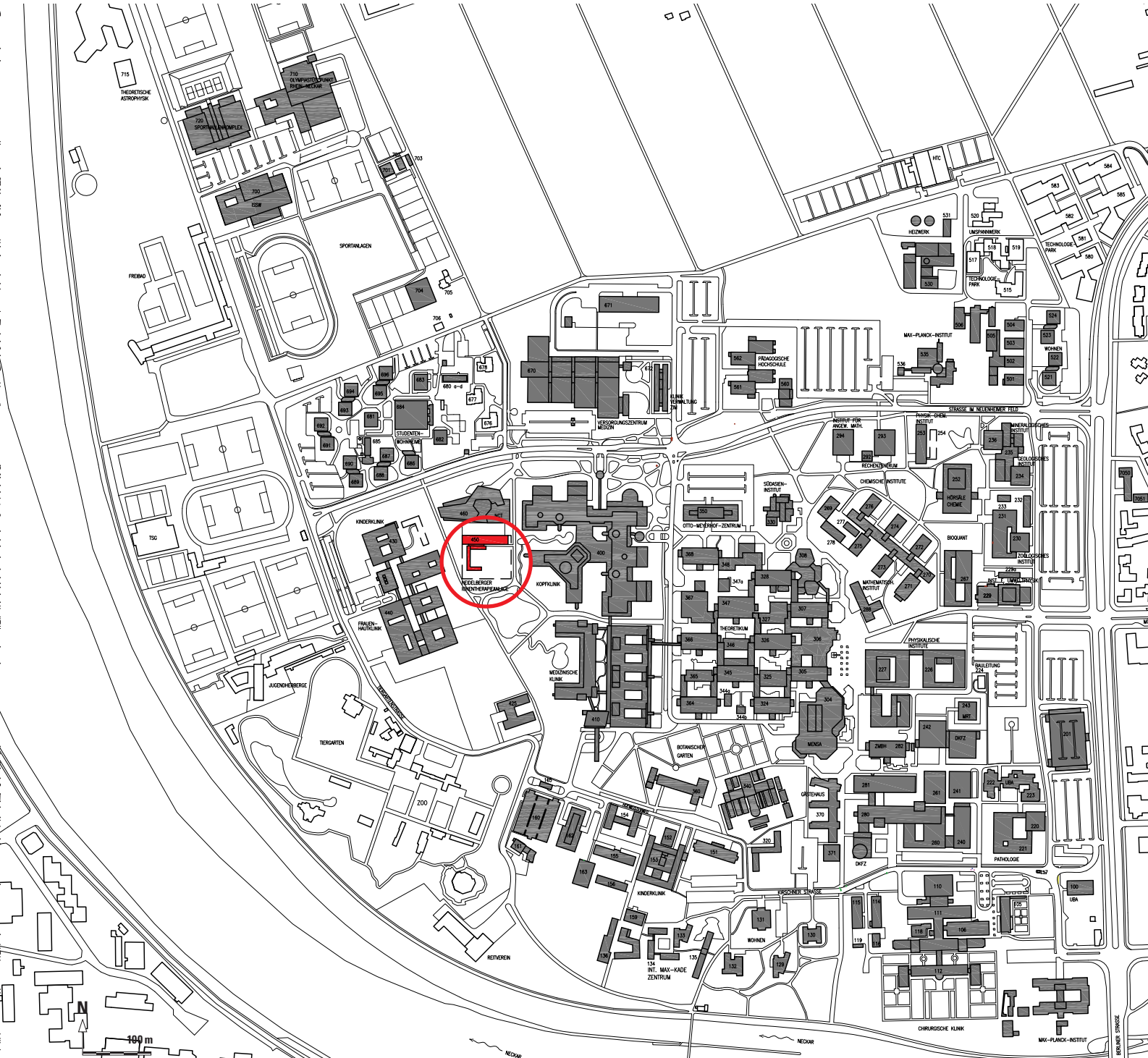




jährlich bestrahlt werden und dürfen auf verbesserte Heilungschancen hoffen. Neben Prostata- und inoperablen Hirntumoren, deren Behandlung zunächst im Mittelpunkt stehen wird, ist bereits heute absehbar, dass die Ionenstrahlen-Therapie auch für andere Tumorarten neue Behandlungsmöglichkeiten eröffnen wird. Für das Universitätsklinikum Heidelberg bietet sich erneut die Gelegenheit, an der Spitze der medizinischen Forschung zu arbeiten und den Patienten zu helfen.

Die Fertigstellung und Inbetriebnahme der Anlage gibt mir die Gelegenheit all denen zu danken, die sich mit großem Engagement für dieses Vorhaben eingesetzt haben. Fünfzehn Jahre komplexer und interdisziplinärer Planungs- und Realisierungszeit waren erforderlich, um von der Grundlagenforschung zum therapeutisch anwendbaren, medizinischen Großgerät zu gelangen. Die Staatliche Vermögens- und Hochbauverwaltung konnte durch Projektentwicklung und Projektleitung der Hochbauarbeiten und der umfangreichen technischen Gebäudeausrüstung zum Gelingen beitragen. Die Bauverwaltung wird auch in Zukunft nach Kräften daran arbeiten, die Vision des Heidelberger Klinikrings für das Universitätsklinikum zu vollenden.







Büroraum



Zugangshalle Kopfklinik – HIT



ENTWURFSKONZEPT

PROF. HANS NICKL U. PROF. CHRISTINE NICKL-WELLER
NICKL & PARTNER ARCHITEKTEN AG, MÜNCHEN



Ostansicht

Das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum steht im Zentrum des geplanten „Heidelberger Klinikrings“. Sie besteht, vereinfacht dargestellt, aus drei baulichen Elementen: Dem grünen Hügel, dem Kupferblock darunter und dem Glas-Riegel. Dies ist gleichbedeutend mit einer inhaltlichen Trennung: Im Glas-Riegel, der eingeschossig aus dem Gelände ragt, sich aber zweigeschossig nach unten zum Gartenhof zeigt, ist der medizinische Teil untergebracht. Mit dem Kupferblock ist der höchste Raum des Bestrahlungsteils erkennbar, der sich aus dem sonst mit dem grünen Hügel bedeckten Kern der Anlage abzeichnet.

Der Hauptzugang zum Ionenstrahl-Therapiezentrum erfolgt für die Patienten aus der Kopfklinik über einen Verbindungsgang in der unteren Ebene 99. Im Anschluss an diesen Verbindungsgang wird eine Magistrale zum demnächst fertig gestellten Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen und weiter zur neuen Kinderklinik fortgeführt. Am erdgeschossigen Zugangsbereich zur Anlage befindet sich die Wartezone für Patienten und Angehörige mit einer Blickbeziehung zum Gartenhof. Hier befindet sich die eigentliche Büroebene für die Mitarbeiter.

Sobald man den medizinischen Teil des Gebäudes betritt, öffnet sich dem Besucher der Blick über die gesamte Ebene. Eine Geschosshöhe von über fünf Metern und transparente Einbauten schaffen eine freundliche und offene Atmosphäre. Der Patient tritt in Kontakt mit der Leitstelle, Liegendkranke verweilen in



einem anschließenden, geschützten Bereich, der den zuvor beschriebenen Wartebereich ergänzt. In der nördlichen Raumschance liegen Räume mit den öffentlichen Nutzungen: Bibliothek, Seminarraum, Personalaufenthalt und Besprechungsraum. Die beiden lichtdurchfluteten Haupttreppenhäuser markieren die Ausgänge zu den Aufenthaltsflächen im Gartenhof. Der Vorbereich zum Aufzug erhält über einen Lichthof Tageslicht aus dem darüberliegenden Geschoß. Zentrum des medizinischen Teils der Anlage sind die Gantry für eine dreidimensionale Therapie sowie zwei Linearbeschleuniger.

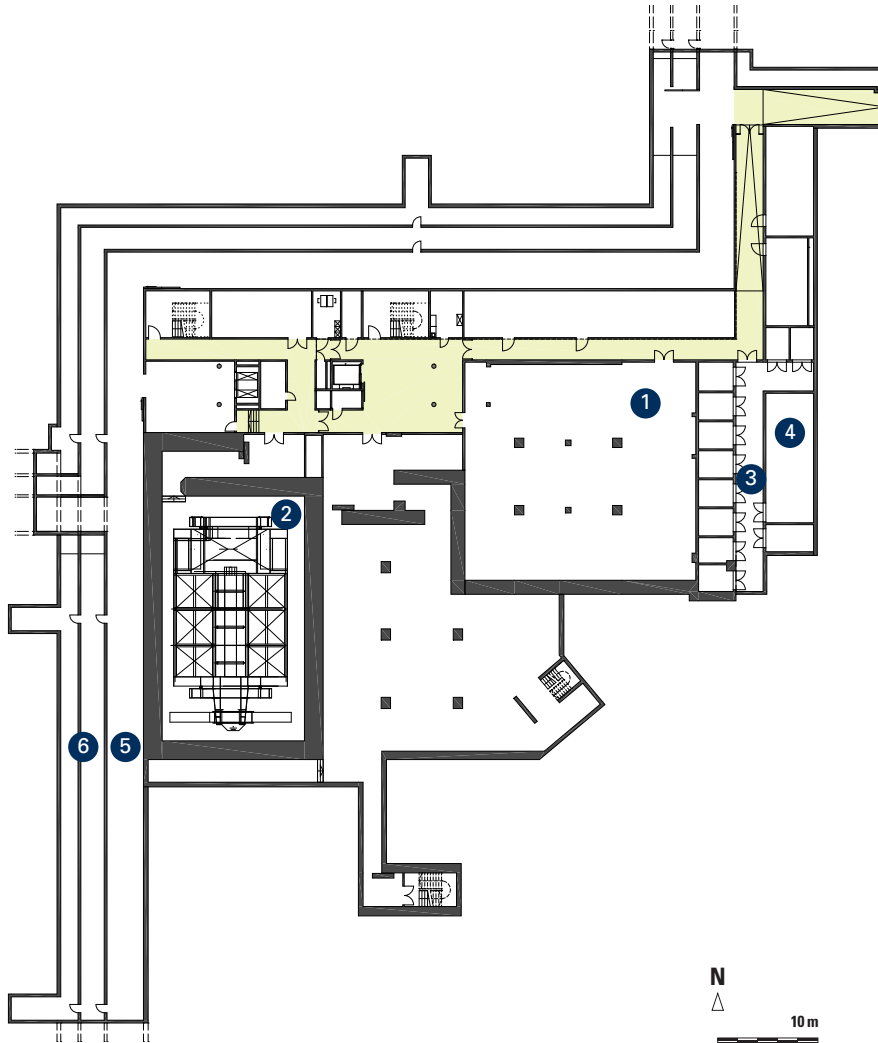
Von den Zugängen ausgehend, werden die Wände bis zu den Bestrahlungsplätzen mit hellen Holzpaneelen bekleidet, um eine behagliche Wirkung zu schaffen, die den Patienten nicht allzu sehr an die „Maschine Krankenhaus“ erinnert.

Außergewöhnlich sind die Strahlenschutzauflagen. So begrenzen 2,50 m dicke Wände und Decken aus Stahlbeton die Räume des Bestrahlungsteils. Die Zugänge sind im Grundriss in Form von Labyrinth ausgebildet, um zu verhindern, dass Strahlung nach außen dringt. Begleitend sind 50 cm dicke und geschosshohe Schiebetüren mit einer Polyethylen-Füllung eingebaut. Als ergänzende Maßnahme sind die Wände mit 50 cm dicken Stahlplatten verstärkt. Über dem Bestrahlungsteil wird das Gebäude mit einer bis zu sieben Meter hohen Geländeschicht überdeckt. An der Südseite ermöglicht eine

Wand aus Stahlbeton-Fertigteil-Elementen die Möglichkeit als Einbringöffnung zur späteren Revision der technischen Anlagen.

Einfachheit und Klarheit sind die architektonischen Ziele, auch für die Wirkung des Gebäudes nach außen. Die Fassaden spiegeln die inneren Vorgänge wieder. Der medizinische Teil besteht aus einer um alle Gebäudeseiten des „Riegels“ verlaufenden Verglasung. Eine „innere Fassade“ aus verschiebbaren Elementen mit transluzentem Gewebe sorgt für Sicht- und Blendenschutz sowie akustische und klimatische Optimierung. Der Bestrahlungsteil besitzt eine Fassade aus einer mit Klarlack vergüteten Kupfer-Verblechung. Die Beschichtung sichert den glänzenden Kupferton und verleiht der Gebäudehülle des hochtechnischen Bestrahlungsteils die Brillanz einer Technik-Skulptur. Die Gabionen-Mauern des „grünen Hügels“ unterstützen den Charakter als landschaftsarchitektonisches Element.



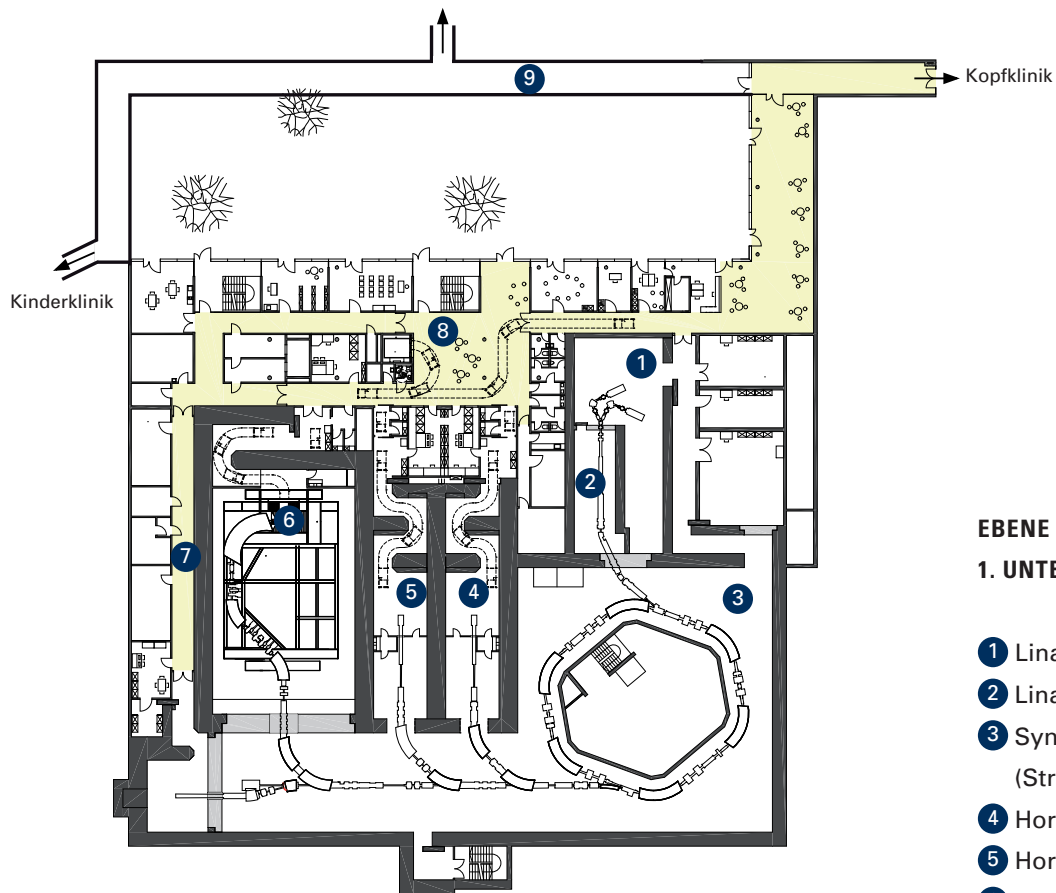


EBENE 98
2. UNTERGESCHOSS

- ① Netzgeräteraum
- ② Gantry
- ③ Trafostation
- ④ Kompensationsanlage
- ⑤ AWT-Gang
- ⑥ Technikgänge



Nationales Centrum für Tumorthherapie (NCT)



EBENE 99

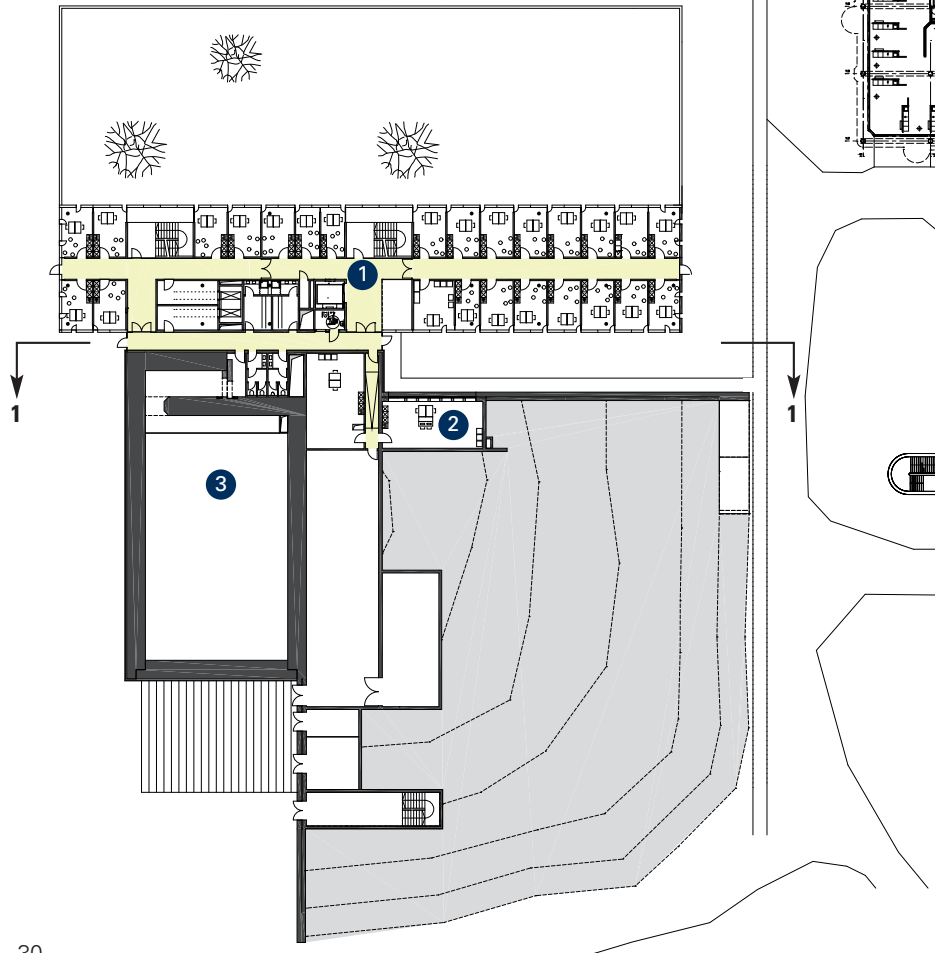
1. UNTERGESCHOSS

- ① Linac-Raum (Strahlerzeugung)
- ② Linac-Bunker
- ③ Synchrotron
(Strahlbeschleunigung)
- ④ Horizontal-Bestrahlplatz 1
- ⑤ Horizontal-Bestrahlplatz 2
- ⑥ Gantry-Bestrahlplatz
- ⑦ Laborspange
- ⑧ Bürospange
- ⑨ Patientengang





Nationales Centrum für Tumorthherapie (NCT)



**EBENE 00
ERDGESCHOSS**

- ① Bürospace Kliniktrakt
- ② Kontrollraum Bestrahlplätze und Gerätetechnik
- ③ Gantry



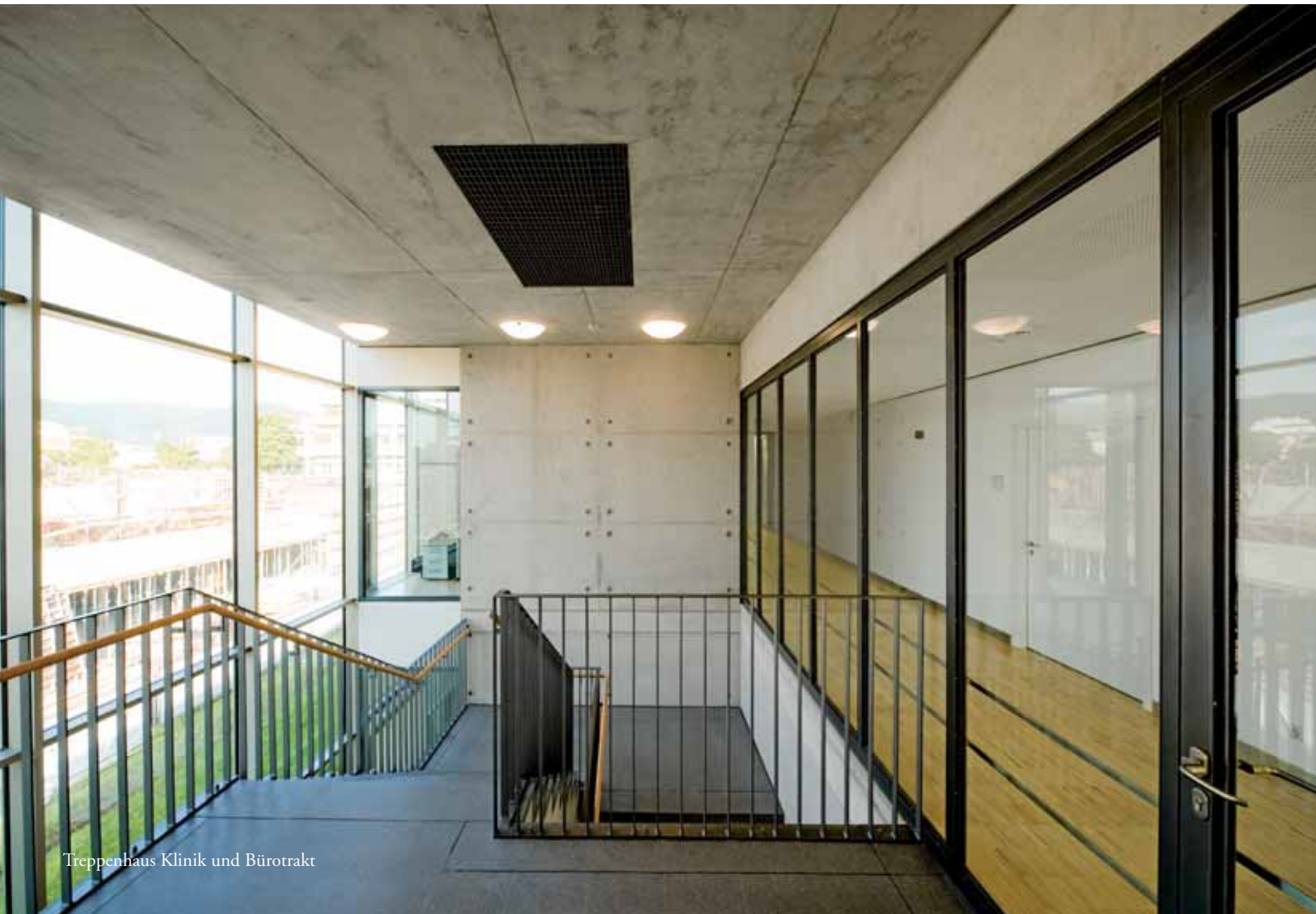






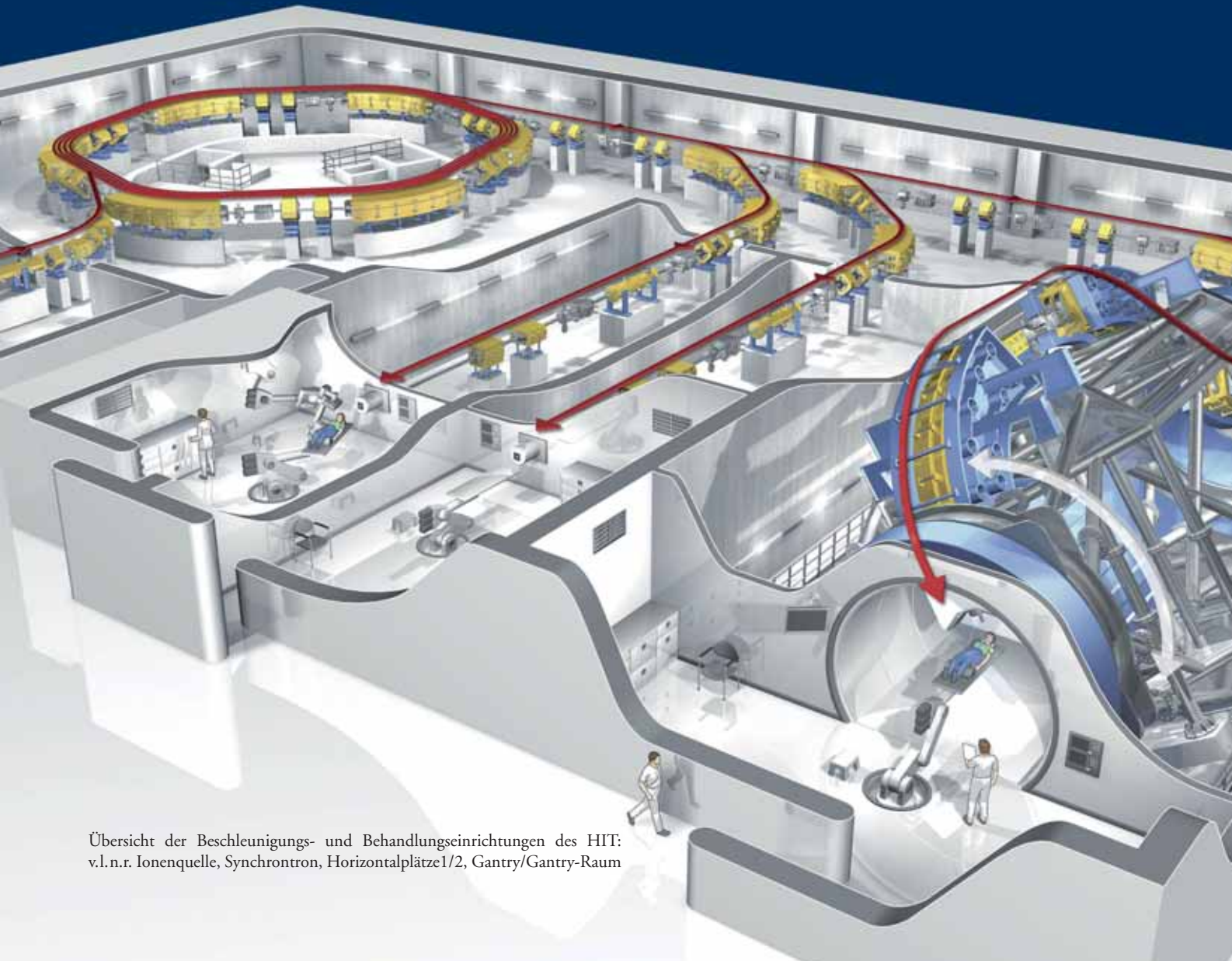


Patientengang HIT – Kopfklinik









Übersicht der Beschleunigungs- und Behandlungseinrichtungen des HIT:
v.l.n.r. Ionenquelle, Synchrontron, Horizontalplätze1/2, Gantry/Gantry-Raum

DIE MEDIZINISCHE ANWENDUNG DER SCHWERIONENTHERAPIE

PROF. DR. MED. DR. RER. NAT. JÜRGEN DEBUS
ÄRZTLICHER DIREKTOR DER ABTEILUNG RADIOONKOLOGIE UND STRAHLENTHERAPIE AM
UNIVERSITÄTSKLINIKUM HEIDELBERG

Die Partikelbestrahlung wurde zunächst aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften für die Behandlung im Körper des Patienten tief gelegener Tumore für die Radioonkologie interessant. Anders als bei der am Linearbeschleuniger etablierten Therapie kommen geladene Teilchen am Ende ihrer Wegstrecke komplett zum Halt und geben ihre Energie damit vollständig ab (sog. genannter Bragg-Peak). Protonen und Schwerionen zeigen daher eine durch ihre kinetische Energie definierte Reichweite im Gewebe. Durch die entsprechende Wahl dieser kinetischen Energie der Teilchen kann die Eindringtiefe frei gewählt und das den Tumor umgebende, gesunde Gewebe somit optimal geschont werden. Hinzu kommt die höhere biologische Wirksamkeit der Kohlenstoffionentherapie im Vergleich zur konventionellen Therapie mit Photonen, die insbesondere bei der Behandlung von strahlenresistenten Tumoren Vorteile bringt.

Nach grundlegenden Entwicklungen zur Bestrahlungstechnik bzw. zur biologischen Bestrahlungsplanung an der GSI Darmstadt (1991-1995) begannen 1993 erste Planungen eines Pilotprojektes zur klinischen Ionenstrahltherapie unter Kooperation von vier Partnerinstituten, der Abteilung Strahlentherapie des Universitätsklinikums Heidelberg, des Deutschen Krebsforschungszentrums Heidelberg (DKFZ), der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) Darmstadt und dem Forschungszentrum Rossendorf. In einem klinischen Pilotprojekt konnten

an der GSI Darmstadt 1997 erstmals in Europa Patienten mit Kohlenstoffionen in aktiver Strahlapplikation behandelt werden. Seither (1997 – 2008) erhielten insgesamt 427 Patienten diese Therapie mit exzellenten Ergebnissen in jährlich drei Strahlzeiten. Die Ergebnisse der Behandlung bei Patienten mit Chordomen und Chondrosarkomen der Schädelbasis sowie Adenoidzystischen Carcinomen bilden die Basis für spätere Entwicklungen zur Ionenstrahltherapie am HIT. Bei diesen Tumorarten konnte eine höhere lokale Kontrolle nach Schwerionenbehandlung nachgewiesen werden, so dass die Schwerionentherapie in der Bundesrepublik als Standardtherapieform für diese Erkrankungen etabliert werden konnte. Um diese Therapie einer größeren Anzahl Patienten zu ermöglichen und systematische Forschung incl. vergleichender Studien durchzuführen, ist ein dauerhafter Zugang und daher eine dezidierte Einrichtung zur Partikeltherapie notwendig. Das Projekt zur Realisierung der Heidelberger Ionenstrahltherapie (HIT) erlangte im Mai 2003 die Genehmigung des Wissenschaftsrates. Im Oktober 2003 konnten bereits erste Unternehmen mit dem Bau der Anlage beauftragt werden. Darauf folgten die Grundsteinlegung im Mai 2004 und das Richtfest des Gebäudes im Juni 2005. Dieses verfügt nun über zwei Etagen, in denen sowohl die Beschleunigeranlagen und Warte-/Behandlungsräume (Ebene 00) als auch die Büros und Kontrollräume (Ebene 01) untergebracht sind.





Parallel zum Bau begann im Oktober 2005 bereits die Beschleunigermontage. Bereits im September 2006 konnte das Gebäude an das Uniklinikum Heidelberg übergeben werden. Auf einer Nutzfläche von insgesamt 5.027 m² befindet sich nun eine Anlage mit modernster Beschleuniger- und Bestrahlungstechnik. Die Patientenbehandlung wird zunächst an den beiden Horizontalplätzen mit fixer Strahlapplikation beginnen und in einer zweiten Phase auch den Gantry-Raum für die Behandlung von Patienten in Betrieb nehmen. Ein Kernstück der Ausrüstung an den jeweiligen Behandlungsplätzen ist die roboterbasierte Patientenpositionierung sowie die ebenfalls roboterbasierte Röntgeneinheit.

Die Bestrahlung des Patienten mittels dieses hochpräzisen Roboters liefert weitere Freiheitsgrade zur Positionierung durch zusätzlich mögliche Kippung des Tisches in zwei Achsen. Die roboter-gestützte Röntgeneinheit ermöglicht Röntgenaufnahmen zur Positionsverifikation in fast jeder Tischposition. Im zweiten Schritt können mit dieser Ausrüstung außerdem CT-Aufnahmen zur Lagekontrolle des Patienten vor der Bestrahlung akquiriert werden.

Um die Anforderungen des Strahlenschutzes zu gewährleisten, wurden im Gebäude insgesamt 4.300 LKW-Ladungen Beton verbaut. Zusätzlich mussten mehr als 40 km Kabel verlegt und das IT-Netzwerk mit über 1.000 Anschlüssen installiert werden.

Derzeit weltweit einmalig ist die Konstruktion der Gantry, mit deren Hilfe die Bestrahlung mit Protonen oder Schwerionen in 360° um den Patienten und damit für jeden beliebigen Einstrahlwinkel möglich ist. Hierfür ist eine Konstruktion mit einer Länge von 25 m und einem Durchmesser von 13 m notwendig. Das Gewicht der Gantry beträgt insgesamt 670 t, 600 t davon sind mobil. Das Gewicht der Magnete zum Umlenken des Partikelstrahls allein beläuft sich auf etwa 134 t. Trotzdem wird nur eine Ungenauigkeit von bis zu einem halben Millimeter akzeptiert.

Die Montage der Gantry-Tragestruktur begann im Januar 2007. Nach Einbringen aller Komponenten konnte im April 2007 die Gantry-Südwand verschlossen werden. Kurz darauf war es zum ersten Mal möglich, Protonen oder Kohlenstoffionen an den Horizontalplätzen zu applizieren (Mai 2007). Im Januar 2008 gelang dies zum ersten Mal an der Gantry.

Mittlerweile ist die von Siemens neu entwickelte Software zur klinischen Bestrahlungsplanung einsatzfähig. Aktuell werden die Systeme zur Strahlapplikation an beiden Horizontalplätzen sowie die Integration der Software der einzelnen Komponenten im Dreischicht-Betrieb sieben Tage pro Woche intensiv getestet. Im März 2009 konnte außerdem bereits teilweise mit dem Experimentalbetrieb begonnen werden, so dass die Aufnahme des klinischen Betriebs im November 2009 erwartet wird.

DIE BESCHLEUNIGERTECHNIK

DR. HARTMUT EICKHOFF

GSI HELMHOLTZZENTRUM FÜR SCHWERIONENFORSCHUNG GMBH, DARMSTADT

Die Schwerionenbeschleunigeranlage am Heidelberger Therapiezentrum HIT ist derzeit das größte medizinische Großgerät in Europa. Wie ist es zu dem Bau dieser Anlage gekommen?

Vor gut 10 Jahren startete bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt (heute: GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung) die Krebsbehandlung mit schweren Ionen. Das GSI Helmholtzzentrum betreibt eine weltweit einmalige Beschleunigeranlage für Ionenstrahlen. Diese ermöglicht es den Forschern immer wieder neue Entdeckungen in der Grundlagenforschung zu machen. Dazu gehören auch systematische strahlbiologische Untersuchungen mit Ionenstrahlen.

Ein Ergebnis dieser Forschungen war die Erkenntnis, dass gezielt eingesetzte Ionenstrahlen Tumorzellen zerstören und dabei umliegendes gesundes Gewebe schonen. Als besonders wirksam stellte sich die Bestrahlung mit Kohlenstoff-Ionen heraus. Im Mai 1993 fiel der Beschluss zu einem Pilotprojekt und dem Bau einer experimentellen Therapieeinheit auf dem Gelände des GSI Helmholtzzentrums. Hier konnten seit 1997 mehr als 400 Patienten behandelt werden. Die Erfolge aus diesem Pilotprojekt waren der Anlass zum Bau einer dedizierten Anlage in einem klinischen Umfeld. In der Regel sind Beschleunigeranlagen in Forschungszentren untergebracht und wesentlich größer als es für eine klinische Tumorbestrahlung notwendig ist. Um die neue Strahlentherapie einer großen Patientenzahl zugänglich zu ma-

chen, wurde das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum errichtet. Neben der Gesamtkoordination für das Gebäude, das dem Universitätsbauamt Heidelberg oblag, war das GSI Helmholtzzentrum für die Projektentwicklung und Projektleitung der Beschleunigeranlage verantwortlich.

Das primäre Ziel der Auslegung war, neben der kompakten Bauweise, eine hohe Betriebssicherheit der Einzelkomponenten zu erreichen. Die Beschleunigeranlage ist in einem Gebäude von 60 auf 80 Metern Grundfläche untergebracht und besteht im Wesentlichen aus den Abschnitten Ionenquellen, Linearbeschleuniger, Ringbeschleuniger, Hochenergiestrahlführung und Gantry. Als Anforderung für den Teilchenbeschleuniger wurden die Erzeugung beschleunigter Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Helium- und Sauerstoff-Ionen definiert. Zu deren Produktion sind zwei voneinander unabhängige, baugleiche Ionenquellen eingesetzt. Elektromagnetische Felder entreißen den Ausgangsatomen hier einen Teil ihrer negativ geladenen Elektronen, die übrig gebliebenen positiv geladenen Atomteilchen (Ionen) werden in den circa fünf Meter langen Linearbeschleuniger (Linac) eingespeist. Im Linac werden die Ionen auf bis zu 30.000 Kilometer pro Sekunde beschleunigt und in den anschließenden Ringbeschleuniger (Synchrotron) eingeschossen. Das Synchrotron hat einen Durchmesser von etwa 20 Metern. Die Ionen werden in diesem Kreisbeschleuniger auf eine Geschwindigkeit von 220.000 Kilo-



meter pro Sekunde beschleunigt. Sechs Magnete halten die Ionen dabei auf der Bahn. Jeder von ihnen wiegt 25 Tonnen und lenkt den Strahl jeweils um 60° ab.

Magnetische Linsen sorgen entlang der Strahlstrecke dafür, dass der Strahl nicht auseinander läuft. Eine Hochenergietransportstrecke lenkt den Strahl nach der Beschleunigung zu den Behandlungsplätzen. Zwei der Behandlungsräume sind „Horizontal“-Bestrahlungsplätze mit statischen Strahlführungssystemen. Hier werden Tumore beschossen, die sich vergleichsweise einfach erreichen lassen. Der dritte Behandlungsplatz ist hinter einer drehbaren Strahlführung, der „Gantry“ angeordnet.

Diese weltweit erste Gantry für Kohlenstoffionen erlaubt eine Rotation des Therapiestrahlens von 360° um den Patienten, um einen jeweils optimalen Bestrahlungswinkel zu erhalten. Die Positionsabweichung der Strahlführungskomponenten bei einer Drehung beträgt dabei nur einen halben Millimeter. Das Gesamtgewicht der Konstruktion der Gantry liegt bei circa 670 Tonnen, wovon 600 Tonnen drehbar sind.

Die gesamte Beschleunigeranlage mit den Zusatzsystemen ist im ersten und zweiten Untergeschoss des Gebäudes angeordnet. Die elektrische Anschlussleistung für den Betrieb der Anlage beträgt ca. drei Megawatt. Die Anforderungen an den Strahlenschutz wurden durch vielfältige bauliche Schutzeinrichtungen realisiert. So haben beispielsweise die Räume, in denen die Beschleuniger-

anlage untergebracht ist, Wände und Decken aus bis zu zwei Meter dickem Stahlbeton.

Die Beschleunigeranlage weist eine Vielzahl von einstellbaren Parametern auf. Für jede Ionensorte können 255 Energiestufen gewählt werden. Die Energien reichen dabei bis circa fünf Milliarden „Elektronenvolt“, wodurch einstellbare Strahleindringtiefen in Gewebe von 20 bis 300 Millimeter realisiert werden können. Weiterhin stehen zehn Intensitätsstufen und vier Strahlbreiten zur Verfügung, um die Bestrahlungszeit zu optimieren. Insgesamt ergibt dies für die vier unterschiedlichen Teilchensorten, die beschleunigt werden können, über 100.000 Einstellparameter, die während der Inbetriebnahme getestet wurden.

Im Oktober 2005 begann für GSI die Montage der Beschleunigerkomponenten. Nach Vormontage und magnetischer Vermessung in Darmstadt wurden die größeren Magnete mittels Luftkissentransport in das fertig gestellte Gebäude gebracht und anschließend justiert. Im Dezember 2006 konnte am Ende des Linearbeschleuniger-Abschnitts der beschleunigte Strahl nachgewiesen werden. Nach intensiven Inbetriebnahmemaßnahmen konnte die GSI-Mannschaft den Strahl in Therapiequalität an den beiden horizontalen Behandlungsplätzen zur Verfügung stellen und die Beschleunigerabschnitte bis zur Hochenergiestrahlführung der Betreibergesellschaft HIT im April 2008 formell übergeben.





S10012

SYN4
←

TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

JMP INGENIEURGESELLSCHAFT MBH, STUTTGART
UNIVERSITÄTSBAUAMT HEIDELBERG

Patienten und Besucher des Gebäudes werden, wenn sie die freundliche Atmosphäre der Behandlungsräume mit den hellen holzbelegten Wänden wahrnehmen, nicht ahnen, was für eine gewaltige Maschine sich hinter den Wänden im Gebäudeinneren verbirgt. Oberste Prämisse bei der Aufgabenstellung war, den Patienten die Technik nur insoweit wahrnehmen zu lassen, wie sie zur Funktionsunterstützung und zur Herstellung des nötigen Raumkomforts dienlich ist. Keinesfalls sollten Patienten dem Angst einflößenden Eindruck der Maschine ausgesetzt werden.

Bei der Aufgabenlösung konnte nicht auf marktübliche Standards zurückgegriffen werden. Da weltweit keine vergleichbare Anlage dieser Art existiert, erwiesen sich Planung und Errichtung als äußerst schwieriges Projekt mit vielen Unbekannten.

Die Vielzahl der Schnittstellen zwischen Maschine, Gebäude, allgemeiner Technik, Sondertechnik und Strahlenschutz wurden durch ein integriertes Herangehen aller Planungsbeteiligten – GSI, Universitätsklinikum, Architekten, Sonderfachleute und Universitätsbauamt – gelöst. Ein wichtiger Gesichtspunkt war hierbei der permanente Wissensaustausch zwischen Bau- und Maschinenplanung.

Zur Verdeutlichung der technischen Vorgänge werden in der isometrischen Zeichnung auf Seite 38 sowohl der prinzipielle Aufbau der Maschine und der Strahlweg von der Strahlenquelle bis zum Bestrahlplatz als auch die drei Behandlungsplätze mit der

Roboterpositionierung des Patienten schematisch dargestellt. Das Ionenstrahl-Therapiezentrum hat folgende Hauptkomponenten: Strahlenquelle, Linearbeschleuniger, Synchrotron, Hochenergiestrahlführung und Bestrahlplätze. Dabei werden an die technische Ausrüstung dieser Anlage besondere Anforderungen im Bereich der Magnetkühlsysteme, der Detektorgasversorgung und der Stromversorgung gestellt.

In den Strahlenquellen wird der Ionenstrahl erzeugt, im Synchrotron auf 45% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt, dann als Hochenergiestrahlführung durch Vakuumröhren und Magnete weitertransportiert und schließlich mit Hilfe von Ablenkungsmagneten zu den Bestrahlplätzen geführt. Um die Genauigkeit der Strahlführung sicherzustellen, muss von Seiten der technischen Ausrüstung die Einhaltung der physikalischen Grundbedingungen (Temperatur) gewährleistet sein. Dies ist mit Voraussetzung dafür, dass letztendlich die Bestrahlung zum Behandlungserfolg führen kann.

Eine wichtige Kontrollfunktion bei der Strahlintensität nimmt dabei die Versorgung mit sogenanntem Detektorgas ein, ein Gasgemisch aus Edelgas Argon (80%) und Kohlendioxid (20%). Das Gefüge der Gase ändert sich während des Strahlvorgangs abhängig von dessen Intensität. Wird an den Detektoren eine Stromänderung gemessen, greift damit automatisch die Strahlkontrolle ein. Um die Bestrahlung durchführen zu können, muss der Patient



vollständig ruhiggestellt werden, um sicherzustellen, dass bei jedem Bestrahlungsvorgang das erkrankte Gewebe exakt im Strahlengang positioniert ist. Der so vorbereitete Patient wird auf einer Rollbahre in den jeweiligen Bestrahlungsraum gefahren und dort auf den Bestrahlstisch gelegt und fixiert. Ein Patientenroboter positioniert den Tisch exakt anhand der persönlichen Daten des Patienten. Nach Ablauf der nur wenige Minuten dauernden Bestrahlung wird der Patient wieder aus dem Bestrahlungsraum ausgefahren. Der Gesamtvorgang dauert ca. 15 - 20 Minuten, wobei zwei Scans mit je 1 - 5 Minuten Bestrahlungsdauer durchgeführt werden. Der Patient ist während der Behandlung in der Regel bei vollem Bewusstsein. Der Bestrahlungsvorgang kann bei Komplikationen jederzeit abgebrochen werden.

Neben der rein maschinenbezogenen Lösung der Aufgabe, musste ein erträglicher Raumkomfort für Patienten und das medizinische Personal, das unter Umständen ganztägig im Dunkelbereich arbeitet, sichergestellt werden. Hierzu zählen ebenfalls die Maschinenkontrollräume, in denen außer dem medizinischen Personal auch Strahlenphysiker und Ingenieure während der Bestrahlung den Prozessablauf führen. Es war zu bedenken, dass die ohnehin psychisch belasteten Patienten völlig bewegungsunfähig sind und ihre Kommunikation mit der Umgebung wegen einer vollkommen geschlossenen Schädelsmaske praktisch auf Null reduziert ist. Die Behandlungsräume sind daher mit ei-

ner Quellaftung ausgestattet, um trotz der hohen inneren Wärmelasten für den Patienten ein angenehmes Raumklima zu gewährleisten.

Mittels „gebauter Strahlenfallen“ wird sichergestellt, dass jeweils die nach den strahlenschutztechnischen Berechnungen erforderlichen Wandstärken im Strahlengang liegen. Strahlenfallen waren dort nötig, wo Lüftungsleitungen, Kabel und Medienversorgungsleitungen zwischen Räumen durchgeführt werden mussten. An die raumlufttechnischen Anlagen für die aktiven Bereiche wurden keine zusätzlichen Anforderungen gestellt, da die Aktivierung der Fortluft weit unter den gesetzlichen Grenzwerten liegt. Sie sind so ausgelegt, dass der maschinenbedingte vorgegebene 8-fache und für die Strahlführung 1,5-fache Luftwechsel, der zur Abführung der ionisierten Luft erforderlich ist, gewährleistet wird.

Die Ionenstrahltherapie erfordert dabei einen extrem hohen elektrischen Leistungsbedarf, woraus ein jährlicher Stromverbrauch für den Beschleuniger resultiert, der vergleichbar ist mit dem einer Kleinstadt mit 10.000 Einwohnern. Der Großteil dieser Energie wird beim Bestrahlungsvorgang in Form von Wärme an den einzelnen Strahlführungskomponenten frei.

Zur Wärmeableitung benötigt die Beschleunigeranlage ein aufwändiges Maschinenkühlsystem, das über Wärmetauscher an die Fernkälteversorgung der Universität Heidelberg angeschlossen



ist. Die Schnittstellen zwischen dem zentralen Kühlsystem und der Anlage bilden jeweils Unterverteiler an den einzelnen Maschinenkomponenten. An die Unterverteiler sind auch die aufgrund der hohen Strombelastung wassergekühlten Kabel angeschlossen. Das gesamte Kühlsystem ist in Edelstahl ausgeführt und damit antimagnetisch. Die Befüllung erfolgte mit VE-Wasser. Der Leitwert von $< 1,0 \mu\text{s/cm}$ unterliegt einer regelmäßigen Kontrolle.

Die Stromversorgung für das Gebäude erfolgt aus dem 20 kV Mittelspannungsnetz. Wegen des sich ständig ändernden elektrischen Leistungsbedarfs des Beschleunigers war der Einbau einer Kompensationsanlage erforderlich, der die Auswirkungen der Lastschwankungen auf das Campusnetz minimiert.

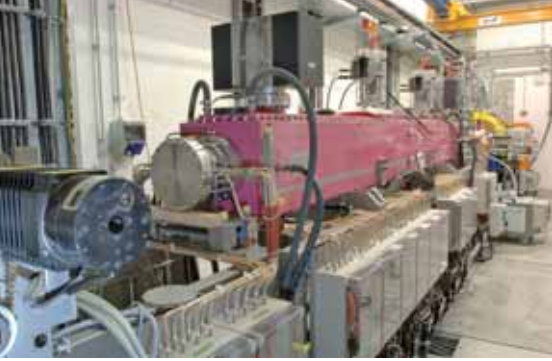
Stromversorgung Beschleuniger:

Leitungsnetz	3 Trafo à	2.000 kVA
Messnetz	1 Trafo à	630 kVA
Gantry	1 Trafo à	2.000 kVA
Synchrotron	2 Trafo à	1.600 kVA
Kompensation	1 Trafo à	2.500 kVA
Beschleuniger gesamt		8.730 kVA

Wärmelasten Beschleuniger:

	an Luft	an Wasser
Linac	40 kW	415 kW
Synchrotron	75 kW	330 kW
Hochenergiestrahlführung	40 kW	225 kW
Horizontalplätze je	10 kW	30 kW
Gantry	12 kW	430 kW
Netzgeräte	120 kW	510 kW
Kabel		230 kW





PROJEKTDATEN ZEITLICHER ABLAUF

BAUHERR

Land Baden-Württemberg, vertreten durch
Vermögen und Bau Baden-Württemberg
Universitätsbauamt Heidelberg

GRUNDLAGENERMITTLUNG/VORPLANUNG UND PROJEKTSTEUERUNG/PROJEKTL EITUNG

Vermögen und Bau Baden-Württemberg
Universitätsbauamt Heidelberg

PROJEKTENTWICKLUNG UND PROJEKTLTG. MED. GROSSGERÄT

GSI Helmholtzzentrum für
Schwerionenforschung GmbH
Darmstadt

NUTZER

Universitätsklinikum Heidelberg
Radiologische Klinik Abteilung Strahlentherapie
HIT Betriebsgesellschaft mbH

PROJEKTDATEN

Nutzfläche	5.027 m ²
Umbauter Raum	60.830 m ³
Technische Anforderungen:	
Kältebedarf	3,5 MW
Kühlwassertemperatur	27°/37°C
Elektrischer Leistungsbedarf	8.730 kVA
Gesamtkosten	119.300.000 €
Gesamtbaukosten	36.000.000 €
Großgerät + Erstausrüstung	83.300.000 €

ZEITLICHER ABLAUF

Baubeginn	10.11.2003
Grundsteinlegung	12.05.2004
Richtfest	20.06.2005
Beginn Beschleunigermontage	05.10.2005
Übergabe Gebäude	01.09.2006
Übergabe Beschleuniger	30.04.2008
Feierliche Übergabe	02.11.2009

HEIDELBERGER IONENSTRAHL-THERAPIEZENTRUM

PLANUNGSBETEILIGTE UND FREIBERUFLICH TÄTIGE

Architektur

Nickl & Partner Architekten AG
Freie Architekten
München

Bauleitung und SiGeKo

Ernst² Architekten GbR
Freie Architekten
Stuttgart

Freiraumplanung

Holger Lulay
Landschaftsarchitekt BDLA
Edingen-Neckarhausen

Tragwerksplanung

Leonhardt, Andrä + Partner
Beratende Ingenieure VBI, GmbH
Stuttgart

Prüfstatik

Ingenieurgruppe Bauen
Prüfingieur für Baustatik-VPI
Mannheim

Technische Gebäudeausrüstung

JMP Ingenieurgesellschaft mbH
Stuttgart
Müller & Bleher Filderstadt GmbH &Co. KG
Filderstadt

Laborplanung

Dr. Heinekamp
Labor- und Institutsplanung GmbH
Karlsfeld

Baugrunduntersuchung

Institut Geyer, Hettler, Joswig
Karlsruhe

Vermessung

Intermetric GmbH
Ditzingen

Tiefbauplanung

Prof. Dr.-Ing. H. Bechert + Partner

Bruchsal

Bauphysik

Wolfgang Sorge

Ingenieurbüro für Bauphysik GmbH

Nürnberg

Medizintechnik

Universitätsklinikum Heidelberg,

Hauptabteilung 4.2

Betriebsorganisation

Universitätsklinikum Heidelberg

Planungsgruppe Medizin

AUSFÜHRENDE FIRMEN BAUWERK

Ausführungsplanung, Hoch- und Tiefbau, Gebäudetechnik und Außenanlagen als Generalunternehmer

Arge SIT (Strabag AG / M+W Zander)

Darmstadt

Medizintechnik

Siemens AG Medical Solutions

Erlangen

Krananlagen

Mechanik Taucha Fördertechnik GmbH

Jeselitz

Kabelpaket 3

Imtech Deutschland GmbH & Co. KG

Mannheim



AUSFÜHRENDE FIRMEN
MEDIZINISCHES GROSSGERÄT

Ionenquellen

Canberra- Eurisys GmbH
Rüsselsheim

IH-Linac-Magnete

Danfysik A/S
Jylinge, Dänemark

Beschleuniger - Kontrollsystem

Eckelmann AG
Wiesbaden

HF- Synchrotron

Hitachi Europe GmbH
Düsseldorf

Strom-/Spannungsversorgungen

Jäger Elektrotechnik GmbH
Eppstein

Justierung und Vermessung

Metronom Automation GmbH
Mainz

Ionengantry

MT Mechatronic GmbH
Mainz

Vakuumsystem

Pink GmbH
Wertheim

Magnete

Sigmaphi S.A. au capital
Vannes ,Frankreich

Synchrotron Magnete

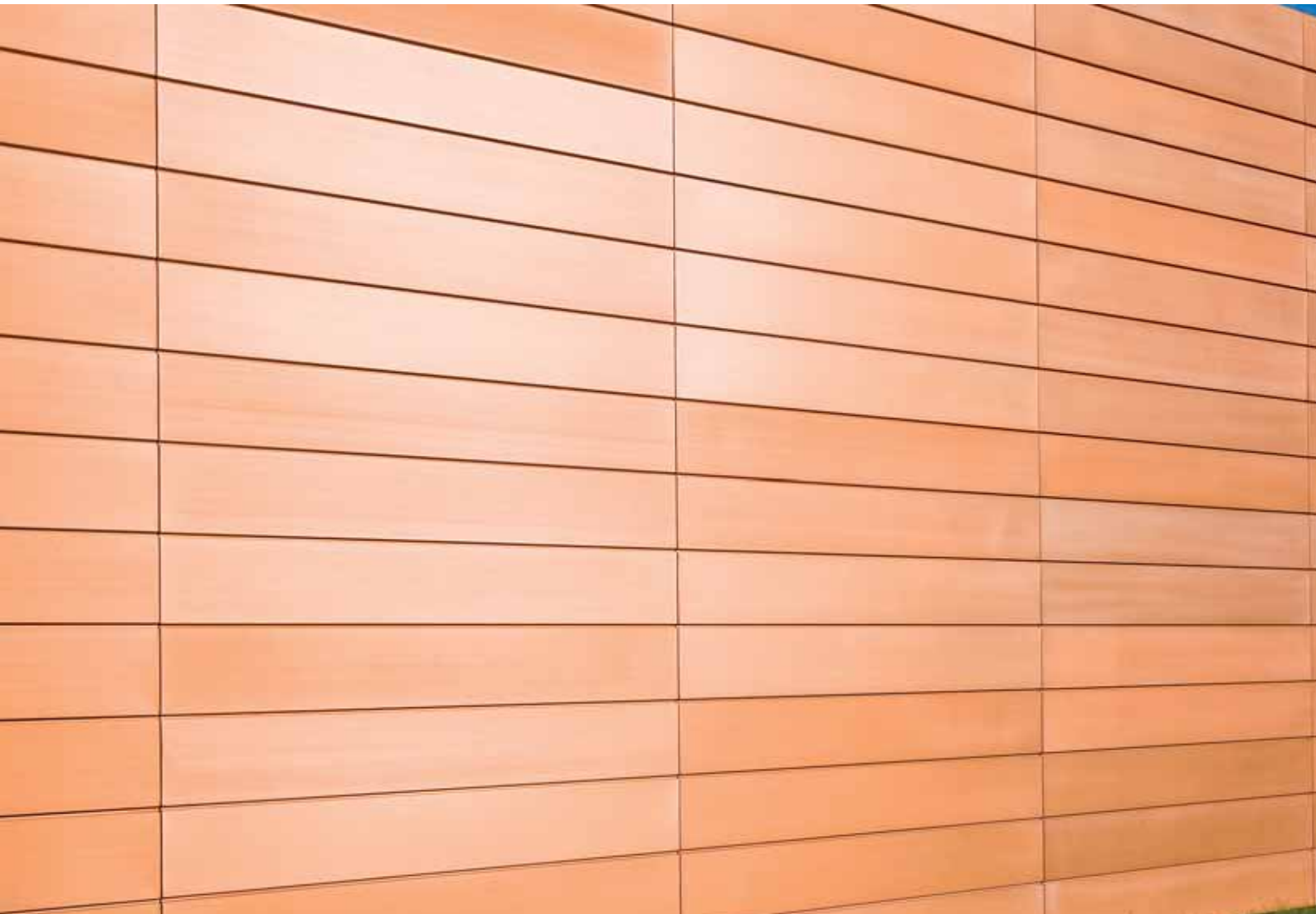
TESLA Engineering Limited
Storrington ,Großbritannien

HF- Linac

Thomson Broadcast & Multimedia AG
Turgi, Schweiz

Strahlendiagnose, Beschleunigermontage, Sonderbauten

GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH
Darmstadt





Ansicht Kupferblock Westseite

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Finanzministerium Baden-Württemberg

REDAKTION, KONZEPTION UND LAYOUT

Vermögen und Bau Baden-Württemberg
Universitätsbauamt Heidelberg

FOTOGRAFIEN

Johannes Vogt, Büro für Architekturfotographie
Mannheim

Stefan Müller-Naumann, Fotodesigner

München, Seiten 6, 23, 27, 32-33

Medienzentrum Universitätsklinikum Heidelberg
Seiten 38, 40

SATZ, DRUCK, GESAMTHERSTELLUNG

Baier Digitaldruck, Heidelberg

© 2009

