

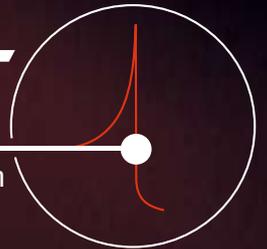


UniversitätsKlinikum Heidelberg



**HIT**

Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum





**Prof. Dr. med. Eike O. Martin**  
Leitender Ärztlicher Direktor  
des Universitätsklinikums Heidelberg



**Irmtraut Gürkan**  
Kaufmännische Direktorin  
des Universitätsklinikums Heidelberg



**Prof. Dr. med. Dr. rer.nat. Jürgen Debus**  
Ärztlicher Direktor der Abteilung  
Radioonkologie und Strahlentherapie  
am Universitätsklinikum Heidelberg



## Vorwort

Im Heidelberger Ionenstrahl Therapiezentrum HIT werden im Winter 2007 / 2008 die ersten Patienten behandelt. Dadurch wird eine Lücke bei der Behandlung von Patienten, die an bestimmten bislang unheilbaren Tumoren leiden, geschlossen.

Das Universitätsklinikum Heidelberg ist stolz darauf, der Betreiber einer weltweit einzigartigen Therapieanlage zu sein, die nicht nur vielen Menschen helfen, sondern auch gesicherte wissenschaftliche Grundlagen für neue Krebstherapien schaffen wird.

So innovativ wie die technische und wissenschaftliche Seite des Projekts ist auch seine Finanzierung. Das Klinikum betätigt sich hier auch als Investor und zeigt, dass auf solider wirtschaftlicher Grundlage auch Projekte mit großem Investitionsvolumen umgesetzt werden können.

Heidelberg im März 2007

## Das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum HIT

Eine riesige Hightech-Anlage, zum Teil unter der Erde, und so groß wie ein halbes Fußballfeld – das sind die Dimensionen von HIT. Die Abkürzung steht für Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum. Als europaweit erste Anlage ihrer Art wird das Zentrum im Winter 2007 / 2008 starten. Das Ziel: Mit Ionenstrahlen wollen Ärzte und Techniker Patienten mit bösartigen Tumoren helfen.

### Die Strahlen bestehen aus sehr kleinen Teilchen:

Zum Einsatz kommen Schwerionen wie Kohlenstoffkerne oder Protonen – das sind die Kerne von Wasserstoffatomen. Diese Strahlen unterscheiden sich deutlich von herkömmlichen Röntgen- oder Gammastrahlen: Sie entfalten ihre Wirkung in der Tiefe. Zudem lassen sie sich dank modernster Technik präzise steuern. Deshalb sind Ionenstrahlen besonders sinnvoll für Patienten, deren Tumor tief im Körperinneren liegt – zum Beispiel mitten im Kopf, im Brustkorb oder versteckt im Bauchraum. Pro Jahr sollen künftig rund 1.300 Patienten vom HIT profitieren.

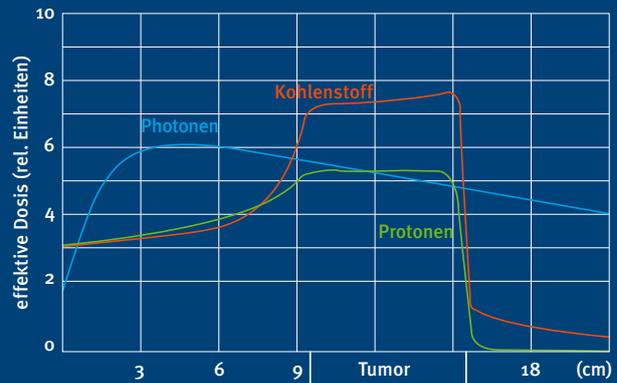
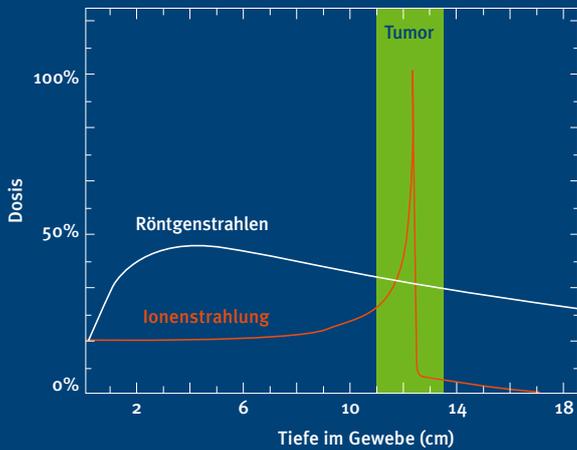


Das HIT Gebäude

Mehrere Forschungs-Einrichtungen waren an der Entwicklung von HIT beteiligt: Die Universitätsklinik für RadioOnkologie und Strahlentherapie Heidelberg, die Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt (GSI), das Deutsche Krebsforschungszentrum Heidelberg (DKFZ) und das Forschungszentrum Rossendorf (FZR) bei Dresden (siehe S.12). Diese vier Partner arbeiten seit 1993 eng zusammen. Erst durch ihre wissenschaftlichen, technischen und klinischen Vorarbeiten wurde das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum möglich.

**Anlagen zur Bestrahlung mit Schwerionen oder Protonen gibt es bereits weltweit. Das HIT verfügt jedoch über einzigartige Merkmale, die seine Sonderstellung in Europa und der Welt ausmachen:**

- Es ist die erste kombinierte Protonen / Schwerionentherapieanlage an einer Klinik in Europa, an der Patienten behandelt und einzigartige klinische Studien durchgeführt werden können.
- Nur im HIT wird über das intensitätsgesteuerte Raster-scan-Verfahren bisher unerreichte Präzision in der dreidimensionalen Bestrahlung des Tumors erreicht.
- Als weitweit erste Anlage hat das HIT ein drehbares Strahlführungssystem (Gantry) für Schwerionen.
- Mit dem Universitätsklinikum Heidelberg und dem Forschungsschwerpunkt Onkologie, dem Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) und dem Deutschen Krebsforschungszentrum verfügt Heidelberg über ein einzigartiges klinisches und wissenschaftliches Umfeld.



## Strahlen sind nicht gleich Strahlen

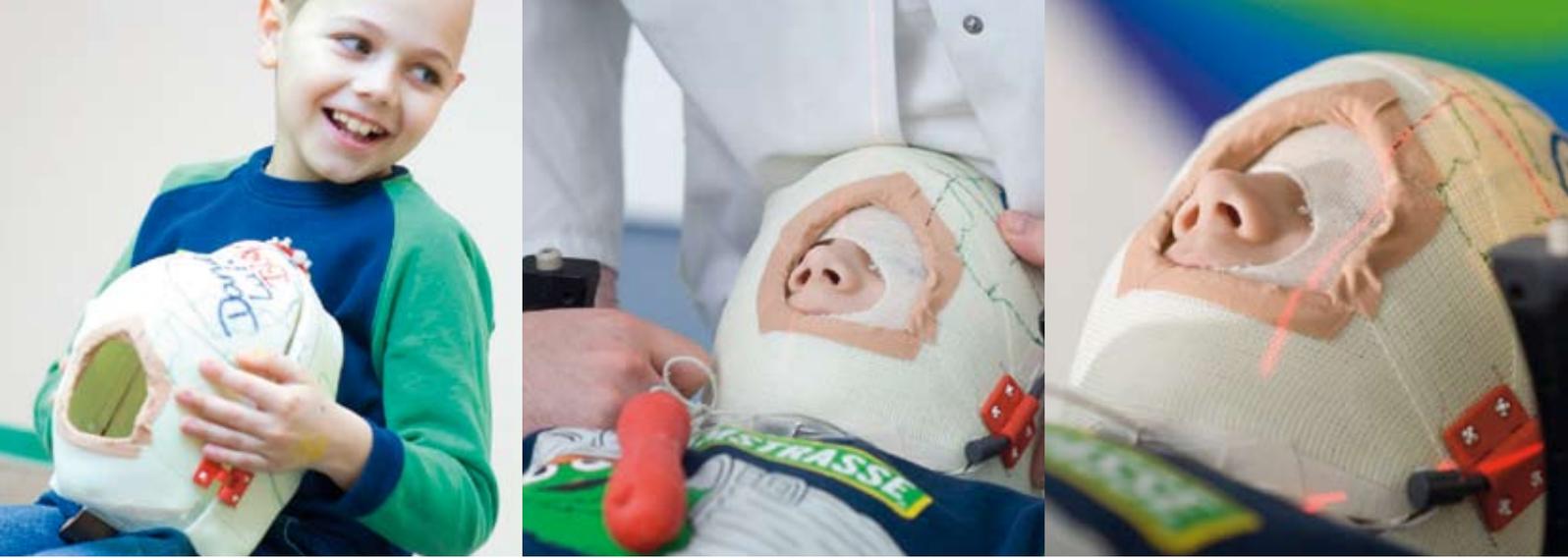
Mediziner setzen seit vielen Jahren erfolgreich Strahlen gegen bösartige Geschwülste ein. Sie arbeiten dabei vor allem mit Röntgen- oder Gammastrahlen, die aus kleinen Lichtteilchen, sogenannten Photonen, bestehen. Mit Lichtgeschwindigkeit und hoher Energie treffen die Photonen auf den Tumor. Dort schlagen sie Elektronen aus den Atomen in den Tumorzellen. Gleichzeitig zerstören sie chemische Verbindungen und zerteilen dadurch größere Moleküle. Die Strahlen beschädigen in den Krebszellen auch das Erbgut, die DNS (Desoxyribonukleinsäure). Dabei gehen die Baupläne für viele lebenswichtige Eiweiße verloren. Außerdem kann sich die Zelle dann nicht mehr teilen. Die Folge: Die Tumorzelle stirbt ab. **Nachteil:** Die Energieabgabe auf den Tumor kann nur begrenzt konzentriert werden.

### Gegen dieses Problem hilft heute moderne Technik:

Die Strahlen treffen aus unterschiedlichen Richtungen auf den Tumor. Sie überschneiden sich am berechneten Zielpunkt und bündeln so im Zentrum ihre stärkste Wirkung. Gleichzeitig schirmen bewegliche Blenden die Strahlen vor empfindlichem gesundem Gewebe ab. Ärzte nennen das eine intensitätsmodulierte Strahlentherapie (IMRT). So erreichen sie auch mit den herkömmlichen Strahlen eine genauere Therapie.

Bei der Ionenstrahlung benutzen Ärzte nicht die Lichtteilchen, sondern positiv geladene Ionen. Das sind Kerne von Atomen, bei denen alle Elektronen aus der Atomhülle abgestreift wurden. Meist werden Wasserstoffkerne, die Protonen, eingesetzt oder andere, schwerere Atomkerne, wie zum Beispiel Kohlenstoff. Forscher nennen diese Sorte deshalb auch Schwerionen. In großen Anlagen beschleunigen Techniker die Atomkerne auf knapp drei Viertel der Lichtgeschwindigkeit und schicken sie dann zielgenau in Richtung Tumor. Je schneller die Ionen sind, desto tiefer dringen sie ins Gewebe ein; je schwerer die Ionen sind, desto weniger werden diese abgelenkt.

Ionenstrahlen sind für die Medizin so interessant, weil sie eine spezielle physikalische Eigenschaft haben: Wenn die Kerne auf den Körper treffen, durchdringen sie die ersten Schichten nahezu ungebremst und verlieren kaum Energie. Dann werden sie langsamer und bleiben schließlich stecken. Erst hier geben sie den größten Teil ihrer zerstörerischen Energie in das dort liegende Tumorgewebe ab. Forscher nennen diesen Bereich Bragg-Peak (siehe Bild oben links), benannt nach seinem Entdecker William Henry Bragg. Weil sich dieser Punkt gut berechnen lässt, eignen sich Ionenstrahlen besonders für Tumoren, die in der Tiefe liegen. Ionen, die schwerer als Protonen oder Helium sind, zeichnen sich zusätzlich zu ihrer hohen Präzision durch eine stark erhöhte biologische Wirksamkeit aus, denn am Ende ihrer Reichweite, also im Tumor, werden bevorzugt irreparable Schäden erzeugt (siehe Bild oben rechts). Auch Geschwülste mit einer unregelmäßigen Form kann der Ionenstrahl millimetergenau abtasten. Dazu haben Wissenschaftler der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt eine spezielle Methode entwickelt: Das Rasterscan-Verfahren (siehe Seite 8 / 9).



## Welche Patienten profitieren vom HIT?

Ionenstrahlen treffen einen Tumor zielgenau mit präzise dosierter Energieabgabe. Sollten deshalb künftig alle Patienten mit einem strahlungsempfindlichen Tumor in Ionenstrahlentzen behandelt werden? „Ionenstrahlen werden wahrscheinlich den fünf bis zehn Prozent der Patienten helfen können, deren Tumor kompliziert in der Tiefe des Körpers liegt oder auf herkömmliche Strahlentherapie schlechter anspricht“, sagt Professor Dr. Jürgen Debus, Direktor der Abteilung Radioonkologie und Strahlentherapie des Universitätsklinikums Heidelberg.

Im Universitätsklinikum Heidelberg wird die breite Anwendung der Ionentherapie über klinische Studien auch im Vergleich zur konventionellen Strahlentherapie sorgfältig vorbereitet. Denn die präzise Wirkung der Ionentherapie ist bislang erst für wenige Tumorarten gut belegt. Dazu gehören bösartige Weichteiltumoren (Chordome) an der Wirbelsäule oder Knorpelkrebs (Chondrosarkome) mitten im Kopf, an der sogenannten Schädelbasis. Auch seltene Tumoren der Speicheldrüsen (adenoidzystische Karzinome) lassen sich gut mit den Schwerionenstrahlen behandeln. Für andere Krebsarten ist zu erwarten, dass die Ionenstrahlen bessere Therapieergebnisse bringen – zum Beispiel bei einer bestimmten Art des Lungenkrebses und bei fortgeschrittenem Prostatakrebs.

Besonders günstig ist der Einsatz von Ionenstrahlen bei bestimmten kindlichen Krebsarten. Gerade bei Kindern ist es wichtig, Langzeitnebenwirkungen einer Therapie zu vermeiden. Mit Ionenstrahlen ist es möglich, das gesunde Gewebe möglichst zu schonen; somit können unter anderem Wachstums- und Entwicklungsdefizite sowie das Entstehen von Zweittumoren vermieden werden.

Mittlerweile haben die meisten Krankenkassen zugesagt, die Kosten für die Behandlung von Patienten im HIT zu übernehmen. Ein Bestrahlungszyklus kostet rund 19.500 Euro und ist damit rund dreimal so teuer wie eine herkömmliche Bestrahlung, aber liegt in der gleichen Größenordnung wie aufwändige medikative oder operative Behandlungen.



Hit Behandlungsraum  
mit rotierendem Röntgensystem

## Wie läuft eine Ionenbestrahlung ab?

Bevor Patienten im HIT bestrahlt werden können, muss deren Tumortyp bestimmt sein und dieser exakt vermessen sein. Dies erfolgt mit modernen bildgebenden Verfahren wie der Computer-Tomographie (CT) und der Magnetresonanztomographie (MRT). Im HIT stellen Physiker den Ionenstrahl genau auf diese Koordinaten ein. Um die hohe physikalische Präzision des Strahls beizubehalten, erhält jeder Patient noch eine individuell gefertigte Lagerungshilfe. Soll ein Tumor im Kopf bestrahlt werden, erhält der Patient noch eine individuell angefertigte Kunststoffmaske (siehe Bilder Seite 6). Ähnliche Schienen gibt es auch für andere Körperteile, wenn zum Beispiel ein Tumor an der Wirbelsäule behandelt werden soll.

Dann wird der Patient in der für ihn gefertigten Lagerungshilfe fixiert. Im HIT werden erstmalig Hightech-Tische an einem Roboterarm zur hochpräzisen Patientenlagerung eingesetzt. Damit bringen medizinisch-technische Assistenten den Patienten mit Präzisionen unter einem Millimeter in die richtige Position. Mit der anschließenden Röntgenaufnahme stellen die Ärzte sicher, dass der Patient richtig gelagert ist und dass der Strahl den Tumor exakt treffen wird. Dazu vergleichen die Mediziner anhand der Knochenstrukturen die Röntgenaufnahmen mit den zuvor gemachten CT- und MRT-Bildern.

Dann beginnt die Bestrahlung. Der Ionenstrahl trifft mit hoher Geschwindigkeit auf den Patienten. Der spürt nichts davon. Eine Bestrahlung dauert zwischen einer und fünf Minuten. Sensoren kontrollieren 10.000-mal pro Sekunde, ob der Strahl genau sein Ziel trifft. Hierbei tastet der Therapiestahl mit Millimetrauflösung den Tumor hochpräzise ab. Dieses Rasterverfahren haben Wissenschaftler der Gesellschaft für Schwerionenforschung entwickelt (siehe Seite 8 / 9).

Die gesamte Prozedur – Maske anlegen, Positionieren, Bestrahlen – dauert rund 20 Minuten. Wie bei der herkömmlichen Strahlentherapie reicht eine Bestrahlung nicht aus, um den Tumor schonend zu zerstören. Deshalb kommen die Patienten mehrere Tage hintereinander jeden Tag zur Bestrahlung. Ein durchschnittlicher Zyklus besteht aus 15 Tagen.

Mehrere Wochen nach dem Zyklus kontrollieren die Ärzte mit CT oder MRT, ob der Tumor kleiner geworden oder sogar ganz verschwunden ist.

Ionen sind geladene Teilchen. Sie lassen sich deshalb mit Magnetfeldern ablenken. Diese Eigenschaft ermöglicht es, den Ionenstrahl für die Krebstherapie extrem präzise zu steuern. Mit Hilfe eines Computertomografen werden die Maße des Tumors genau ermittelt und anschließend im Rechner in digitale Scheiben von jeweils einem Millimeter Stärke „geschnitten“. Die Software belegt jede Scheibe mit einem Netz von Bildpunkten und berechnet für jeden die nötige Teilchenzahl, mit der er beschossen werden soll. Der Ionenstrahl folgt diesem Raster und bestrahlt Schnitt für Schnitt jeden Bildpunkt entsprechend. Wie weit der Strahl ins Gewebe gelangt, hängt von der Energie ab: Je schneller – und damit energiereicher – der Ionenstrahl ist, desto tiefer dringt er ein. Weil das Rasterscan-Verfahren sehr exakt arbeitet, können auch unregelmäßige Tumoren gut bestrahlt werden. Liegen empfindliche Organe direkt am Krebsgeschwür, spart das Gerät diese Gewebe aus oder bestrahlt sie nur mit einer sehr geringen Dosis.

## Hochmoderne komplexe Technik

### Fragen und Antworten zur Heidelberger Anlage.

#### Wie groß ist das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum?

So groß wie ein halbes Fußballfeld und drei Etagen hoch. Zwei Etagen davon sind unter der Erde, nur das dritte Stockwerk ragt aus dem Boden.

#### Was ist darin untergebracht?

Zwei Gebäude in einem. Ein langer Glasbau wird die Diensträume für Ärzte, Assistenten, Pflegekräfte sowie Physiker, Ingenieure und Techniker aufnehmen. Daran schließt ein zweiter Gebäudeteil an, der wie ein Kupferblock aussieht – darin befinden sich die Beschleuniger und Bestrahlungsräume. Zusätzlich schützen noch zwei Meter dicke Wände, Decken und Böden vor den energiereichen Strahlen. An beide Gebäudeteile grenzt ein Erdhügel.

#### Wie hoch sind die Gesamtkosten?

Die Gesamtkosten betragen ca. 100 Millionen Euro. Die Kosten teilen sich das Universitätsklinikum und der Bund.

#### Was sind Protonen?

Das sind die positiv geladenen Kerne von Wasserstoffatomen. Sie haben keine Elektronen mehr.

#### Und was sind eigentlich Schwerionen?

Schwerionen sind die Kerne von Atomen, bei denen alle Elektronen abgestreift wurden. Im HIT können verschiedene Ionen, die schwerer als Protonen sind, eingesetzt werden. Zum Beispiel Helium-, Kohlenstoff- oder Sauerstoffkerne. Insbesondere Kohlenstoff und Sauerstoff verfügen über eine gegenüber Protonen und Helium erhöhte biologische Wirksamkeit im Tumor.

#### Wirken Schwerionen anders als Protonen?

Schwerionen, vor allem Kohlenstoffkerne, wirken im Tumor dreimal so stark wie Protonen oder Helium. Sie lassen sich auch tief im Gewebe noch millimetergenau steuern und sind deshalb in der Krebstherapie bestimmter Tumore Protonen überlegen.

#### Wie werden die Teilchen beschleunigt?

Dazu ist eine große und komplizierte Anlage notwendig (siehe Illustration auf der folgenden Doppelseite). Die Ionen werden zunächst auf einer fünf Meter langen Geraden in Hochfrequenzstrukturen beschleunigt. Dann münden sie in einen Kreisverkehr, dem sogenannten Synchrotron. Dort erreichen die Teilchen bis zu drei Viertel der Lichtgeschwindigkeit.

#### Wie tief können die Teilchen ins Gewebe eindringen?

Die HIT Beschleuniger sind so ausgelegt, dass der Strahl bis zu 30 Zentimeter in den Körper eindringen kann. Die Eindringtiefe hängt von der Geschwindigkeit der Ionen ab: Je schneller sie sind, desto tiefer dringen sie ein.

#### Wieviel Energie verbraucht die Anlage?

Drei Megawatt – das ist so viel, wie eine Kleinstadt mit ca. 10.000 Einwohnern verbraucht.

#### Wieviele Personen werden im HIT arbeiten?

Mehr als 70 Ärzte, Pflegekräfte, medizinisch-technische radiologische Assistenten sowie Physiker, Ingenieure und Techniker. Sie arbeiten sehr eng zusammen. Die Beschleunigeranlage wird im Schichtbetrieb an 7 Tagen rund um die Uhr betreut. Die Behandlung erfolgt im Zwei-Schicht-Betrieb von Montags bis Samstags.



### Wie viele Behandlungsräume gibt es?

Drei. Zwei davon sind sogenannte Horizontalplätze: In diesen Räumen mündet der Strahl aus einer Vakuumröhre in der Wand. Der Patient wird auf der beweglichen Behandlungsliege mit Hightech-Roboterarmen so ausgerichtet, dass der Strahl den Tumor exakt trifft. Im dritten Behandlungsraum lässt sich der Strahl aus unterschiedlichen Richtungen auf den Patienten ausrichten. Das ist möglich durch die weltweit erste Schwerionengantry, eine bewegliche Strahlführung.

### Wie funktioniert die Schwerionengantry?

Der Gigant ist drei Stockwerke hoch und wiegt 600 Tonnen. Damit können Mediziner bei bestimmten Tumorlokalisationen den Ionenstrahl im optimalen Behandlungswinkel auf den Patienten lenken. Die Gantry arbeitet sehr präzise: Der Strahl weicht höchstens einen halben Millimeter vom Ziel ab. Dazu ist das Strahltransportsystem auf einem komplizierten Gestänge aufgehängt, wie es auch bei Radioastronomieteleskopen verwendet wird. Der Raum der Gantry muss so klimatisiert sein, dass möglichst keine Temperaturschwankungen auftreten, die das Gestänge verformen und dann den Strahl abweichen lassen könnten.



### 1. Ionenquellen

Ionen sind positiv geladene Atome. Um sie zu erzeugen müssen Atome negativ geladene Elektronen verlieren. Kohlendioxid strömt hierbei in die Ionenkammer. Magnetfelder und Mikrowellen beschleunigen freie Elektronen, die im Gas enthalten sind. Wenn die Elektronen durch die Kammer fliegen, stoßen sie mit Kohlenstoff-Molekülen zusammen. Dabei brechen Moleküle auf und vier der sechs Elektronen, die jedes Kohlenstoffatom enthält, werden herausgeschlagen. Elektrische Felder holen die so entstandenen Kohlenstoffionen aus der Kammer; spezielle Magnete transportieren sie in einem gleichmäßigen Strom im Vakuum weiter.

### 2. Linearbeschleuniger

Die fünf Meter lange Röhre besteht aus zwei Teilen: Der Vordere macht aus dem gleichmäßigen Strom einen pulsierenden mit 217 Millionen Mikropulsen pro Sekunde. Dabei bündelt er den Strahl und beschleunigt die Ionen. Anschließend bringen im hinteren Bereich elektromagnetische Felder die Ionen noch mehr in Schwung – auf mehr als ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Am Ende des Beschleunigers verliert das Kohlenstoffatom an einer dünnen Kohlenstofffolie die restlichen zwei Elektronen, übrig bleibt der sechsfach positiv geladene Kern.

### 3. Synchrotron

Die Ionen fädeln in einen Kreisverkehr ein. Große Magnete lenken den Strahl an sechs Ecken um jeweils 60 Grad um, bis der Ring geschlossen ist. Jetzt werden die Ionen auf bis zu 73 Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt – in einer Sekunde sausen sie dann 3,4 Millionen Mal durch den Ring. Parallel zur steigenden Energie müssen die Techniker die Magnetkraft verstärken – daher der Name Synchrotron.

### 4. Hochenergie-Strahltransport

Vakuurröhren und Magneten führen den Strahl weiter. Kurz vor den Behandlungsräumen wird er durch zwei Scanner geführt – das sind Magnete, die den Strahl horizontal und vertikal verschieben können. Mit ihnen lässt sich der Ionenbeschuss beim Rasterverfahren exakt steuern.

### 5. Horizontalbestrahlplätze

In diesen Behandlungsräumen schießt der Ionenstrahl seitlich aus einem Fenster heraus. Damit die Bestrahlung punktgenau treffen kann, wird der Patient liegend auf einem robotergesteuerten Behandlungstisch fixiert. Masken oder Schalen aus Kunststoff halten Kopf, Körper oder Extremitäten fest. Die Bestrahlung dauert bis zu fünf Minuten.

### 6. Digitales Röntgen

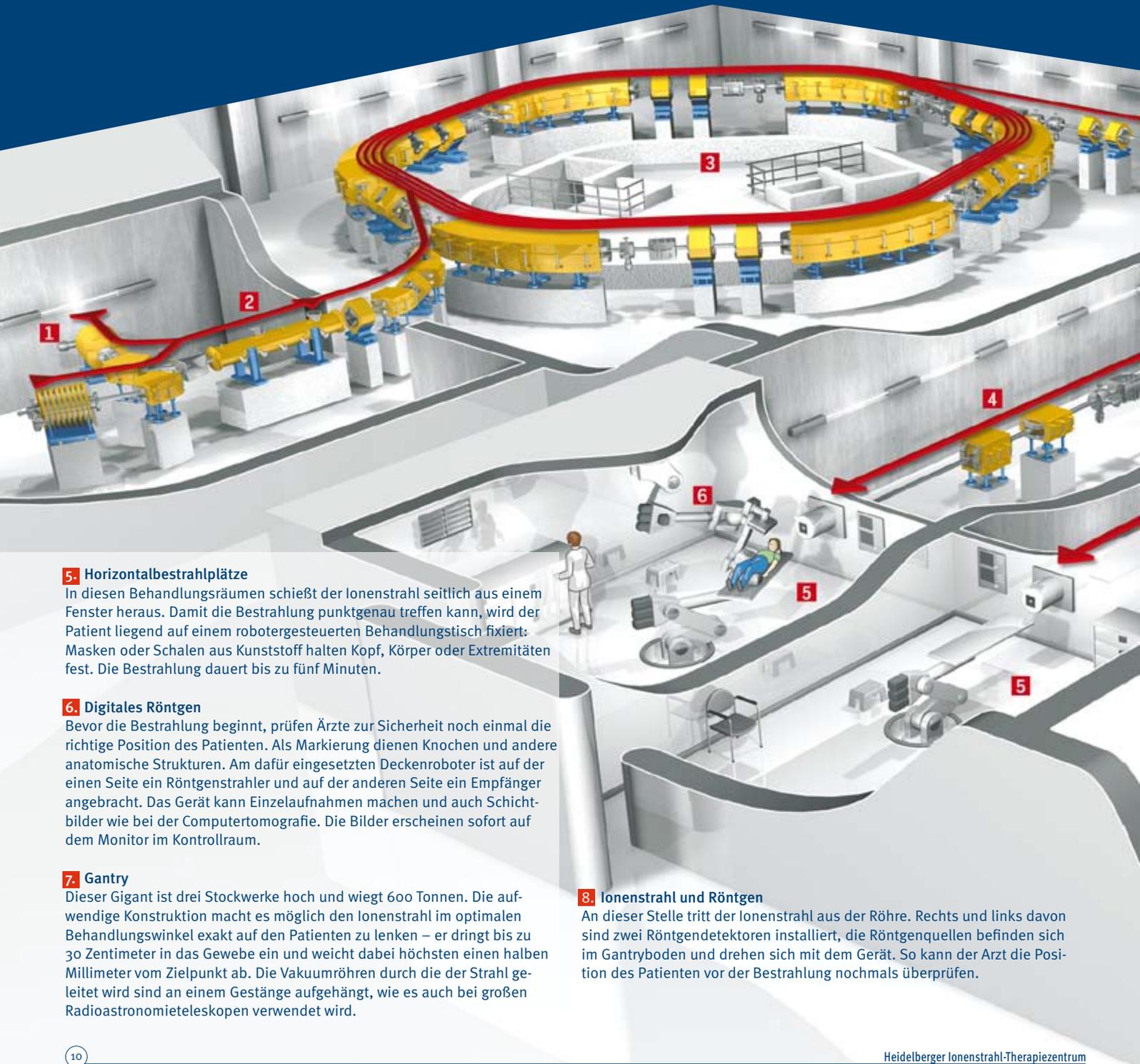
Bevor die Bestrahlung beginnt, prüfen Ärzte zur Sicherheit noch einmal die richtige Position des Patienten. Als Markierung dienen Knochen und andere anatomische Strukturen. Am dafür eingesetzten Deckenroboter ist auf der einen Seite ein Röntgenstrahler und auf der anderen Seite ein Empfänger angebracht. Das Gerät kann Einzelaufnahmen machen und auch Schichtbilder wie bei der Computertomografie. Die Bilder erscheinen sofort auf dem Monitor im Kontrollraum.

### 7. Gantry

Dieser Gigant ist drei Stockwerke hoch und wiegt 600 Tonnen. Die aufwendige Konstruktion macht es möglich den Ionenstrahl im optimalen Behandlungswinkel exakt auf den Patienten zu lenken – er dringt bis zu 30 Zentimeter in das Gewebe ein und weicht dabei höchsten einen halben Millimeter vom Zielpunkt ab. Die Vakuurröhren durch die der Strahl geleitet wird sind an einem Gestänge aufgehängt, wie es auch bei großen Radioastronomieteleskopen verwendet wird.

### 8. Ionenstrahl und Röntgen

An dieser Stelle tritt der Ionenstrahl aus der Röhre. Rechts und links davon sind zwei Röntgendetektoren installiert, die Röntgenquellen befinden sich im Gantryboden und drehen sich mit dem Gerät. So kann der Arzt die Position des Patienten vor der Bestrahlung nochmals überprüfen.

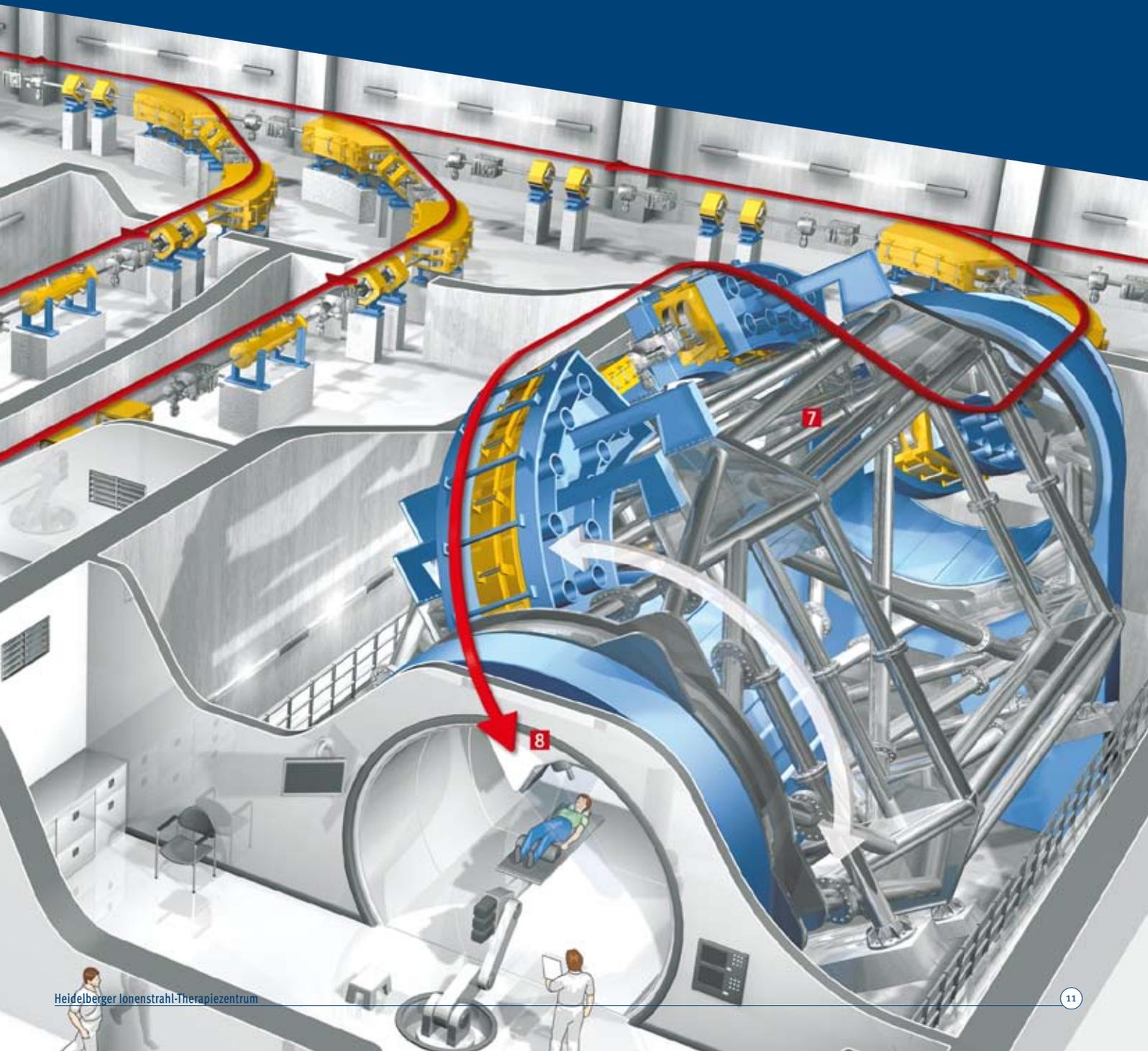
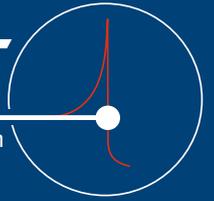




UniversitätsKlinikum Heidelberg

# HIT

Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum





Gantry Raum  
Vor Einbau der Gantry

## Die Pilot-Projektpartner

Die Projektpartner haben im Rahmen des Pilotvorhabens neue zukunftsweisende Methoden entwickelt, die Schlüsseltechnologien für die vorgeschlagene klinische Therapieanlage und künftige Vorhaben darstellen. Diese Vorarbeiten sowie die Expertise der beteiligten Institute auf verschiedenen Gebieten der Teilchentherapie waren ideale Voraussetzungen für eine erfolgreiche Realisierung für das HIT unter Einbeziehung industrieller Partner.

Die medizinische Fakultät der Universität Heidelberg ist mit dem Forschungsschwerpunkt Onkologie und der Radiologischen Universitätsklinik ein wichtiger Pilotprojektpartner. Die Abteilung Radioonkologie ist mit etwa 3.000 neuen Patienten pro Jahr eine der größten Strahlenkliniken Deutschlands. Neben der Patientenversorgung verfolgt sie ein breit angelegtes Forschungsprogramm auf dem Gebiet der Radioonkologie. Unter ihrer Leitung werden auch die klinischen Studien im Rahmen des Pilotprojektes zur Therapie mit Ionenstrahlen durchgeführt.

Das Deutsche Krebsforschungszentrum in Heidelberg mit dem Schwerpunkt Radiologische Diagnostik und Therapie ist der Ort international anerkannter Forschungen und Entwicklungen auf dem Gebiet moderner Techniken der Strahlentherapie. Zusammen mit der Radiologischen Universitätsklinik werden dort in der Klinischen Kooperationseinheit Strahlentherapeutische Onkologie neue Behandlungsverfahren entwickelt und klinisch erprobt.

Die Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt gehört zu den international führenden Zentren der Schwerionenforschung. An ihrer Beschleunigeranlage forschen mehr als 1.000 Wissenschaftler aus über 30 Ländern. Bereits seit ihrer Gründung betreibt die GSI auch strahlenbiologische Forschung, insbesondere zur radiobiologischen Wirkung von Ionen. Darüber hinaus existiert eine große Expertise auf den Gebieten Beschleunigertechnik und Entwicklung hochpräziser Bestrahlungsverfahren. Mit dem Schwerionensynchrotron SIS verfügt die GSI zur Zeit über die einzige Beschleunigeranlage in Europa, an der Patienten mit tief liegenden Tumoren mit Ionen bestrahlt werden können.

Das Forschungszentrum Rossendorf bei Dresden betreibt Grundlagen- und angewandte Forschung auf den Gebieten Materialforschung, Biomedizin- Chemie, Umwelt, Kern-, Hadronen- und Strahlungsphysik. Im Hinblick auf die Anwendung der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) im biomedizinischen Bereich besitzt das Institut eine große Expertise, die auch für die Klinikanlage genutzt werden soll.



Universitätsklinikum Heidelberg



RadioOnkologie  
Universitätsklinikum Heidelberg



DEUTSCHES  
KREBSFORSCHUNGSZENTRUM  
IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT



Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt



Forschungszentrum  
Dresden Rossendorf

## Meilensteine des Projektes

1991	Forscher in Darmstadt entwickeln das Rasterscan-Verfahren.
1992 - 1995	Techniker in Darmstadt entwickeln eine spezielle Software, für eine biologisch-basierte Bestrahlungsplanung.
1993	Vier Partner beginnen mit den Planungen für ein Pilotprojekt zur Ionenstrahltherapie: Die Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt, die Radiologische Universitätsklinik Heidelberg, das Deutsche Krebsforschungszentrum und das Forschungszentrum Rossendorf bei Dresden.
1997	Erstmals in Europa werden Patienten in Darmstadt mit Ionenstrahlen (Kohlenstoff) behandelt.
September 2000	GSI legt die Machbarkeitsstudie für die Heidelberger Schwerionentherapieanlage vor.
Mai 2003	Genehmigung des Projektes durch den Wissenschaftsrat. Beauftragung der Firmen für die Lieferung der Beschleunigerkomponenten.
Oktober 2003	Beauftragung der Arge SIT (Strabag, M+W Zander) als Generalunternehmer Bau.
12. Mai 2004	Der Grundstein für das HIT wird gelegt.
20. Juni 2005	Richtfest für das HIT Gebäude
5. Oktober 2005	Beginn der Beschleunigermontage parallel zum Bau.
1. September 2006	Übernahme des Gebäudes durch das Universitätsklinikum.
Januar 2007	Die Gantry-Tragestruktur wird montiert.
Nov. / Dez. 2006	Strahl nach dem Linearbeschleuniger
Februar 2007	Erreichen der Maximalbeschleunigung im Synchrotron. Montageabschluss der Medizintechnik in den Horizontalbestrahlplätzen.
März 2007	Der erste Strahl kommt bei den Horizontalplätzen an.
Winter 2007 / 2008	Erstmals sollen Patienten in der neuen Anlage behandelt werden.

## Impressum

Stabsstelle Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des  
Universitätsklinikums Heidelberg und der  
Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg  
Im Neuenheimer Feld 672  
69120 Heidelberg  
contact@med.uni-heidelberg.de  
www.klinikum.uni-heidelberg.de

### Gestaltung und Satz

#### Fotografie und Bildbearbeitung

Medienzentrum  
Stabsstelle des Universitätsklinikums  
und der Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg  
www.medienzentrum.klinikum.uni-heidelberg.de

### Bei Patientenfragen

Universitätsklinikum Heidelberg  
RadioOnkologie und Strahlentherapie  
Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Jürgen Debus  
strahlenpatient\_info@med.uni-heidelberg.de  
Tel.: +49 6221 568201  
www.klinikum.uni-heidelberg.de/  
Radioonkologie-und-Strahlentherapie.227.o.html

### Bildnachweis

Universitätsklinikum Heidelberg, Medienzentrum  
Seite 8 und 9, Raster-Scan-Verfahren:  
Quelle und © Stern  
Seite 10 und 11, Gesamtanlage:  
Quelle und © Stern

## Wesentliche beteiligte Firmen

**Gesellschaft für Schwerionenforschung**  
Beschleunigeranlagen

**MT Mechatronics GmbH**  
Schwerionen Gantry

**Siemens AG Medical Solutions**  
Medizintechnik

**Arge SIT (Strabag AG, M+W Zander)**  
Generalunternehmer Bau



