



Quelle: Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum

VAKUUMTECHNIK GIBT KREBSPATIENTEN HOFFNUNG

Die Diagnose Krebs trifft weltweit jedes Jahr rund 14 Millionen Menschen und verändert ihr Leben auf einen Schlag. Schnelle, gezielte und effektive Behandlung ist dann entscheidend im Kampf gegen die Krankheit. Die Behandlungsmöglichkeiten werden dabei immer besser und steigern die Heilungschancen deutlich. Ganz besonders großes Augenmerk liegt hierbei auf der Ionenstrahl-Therapie. Mit dieser hochpräzisen und sehr wirksamen Bestrahlungsform können Krebstumore ganz gezielt behandelt und die belastenden Nebenwirkungen der konventionellen Strahlentherapie auf einem Minimum gehalten werden.

Voraussetzung für diese Therapieform sind hochreine Vakuumbedingungen, unter denen der Ionenstrahl erzeugt wird.

Mit dem Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum (MIT) wurde nun die europaweit dritte Ionenstrahl-Therapieanlage eröffnet. Wie schon die erste Anlage, die 2009 in Heidelberg in Betrieb genommen wurde, vertraut auch das Marburger Therapiezentrum bei der Ausstattung des Vakuumsystems auf die Lösungen von Pfeiffer Vacuum.

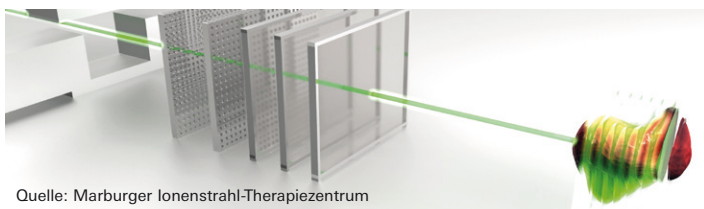


Quelle: Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum

Abb.1: Behandlungstisch mit computergesteuertem Roboter im MIT

Das Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum

Im Oktober 2015 wurde das Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum eröffnet. An drei horizontalen und einem 45°-Bestrahlungsplatz können hier jährlich bis zu 750 Patienten behandelt werden. Dank robotergesteuerter Behandlungstische, die in sechs Richtungen gedreht und verschoben werden können, ist eine optimale Auswahl der Einstrahlrichtung des Therapiestrahls möglich. Deckenmontierte Roboter in den Behandlungsräumen führen digitale Röntgensysteme, mit denen die Position der Patienten vor ihrer Bestrahlung ermittelt und vom Behandlungstisch aus automatisch feinjustiert werden kann. Das MIT folgt mit seinem System dem Vorbild der Schwesteranlage im Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum, die seit 2009 in Betrieb ist. Beide Anlagen arbeiten mit dem vom GSI Helmholtzzentrum in Darmstadt entwickelten Raster-Scan-Verfahren.



Quelle: Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum

Abb.2: Prinzip des Raster-Scan-Verfahrens, das im MIT angewendet wird.

Mit Ionenstrahl gegen Krebstumore

In der konventionellen Strahlentherapie, die seit vielen Jahren erfolgreich für die Behandlung von Tumoren im Einsatz ist, wird mit hochenergetischer Röntgen- beziehungsweise Gammastrahlung bestrahlt. Doch einige Tumorformen sind gegenüber dieser Strahlung ganz oder beinahe unempfindlich. Auch bei Tumoren, die tief im Körper oder neben strahlenempfindlichen Geweben liegen, stößt die konventionelle Strahlentherapie an ihre Grenzen: Mit ihr ist es technisch unmöglich, den Tumor mit einer ausreichend hohen Dosis zu bestrahlen, ohne das Nachbar- gewebe zu schädigen.

An dieser Stelle kommt die Ionenstrahltherapie ins Spiel: Ionen sind elektrisch geladene Atome. Bei MIT werden Protonen, die Atomkerne des Wasserstoffs, und Kohlenstoffionen verwendet. Diese werden mithilfe eines Teilchenbeschleunigers auf so hohe Energien gebracht, dass sie über drei Viertel der Lichtgeschwindigkeit erreichen. Auf den letzten Metern zum Patienten wird der Strahl zu einem nur wenige Millimeter breiten, scharf begrenzten Bündel mit nur minimaler seitlicher Streuung fokussiert. Durch ihre hohe Geschwindigkeit und große Masse haben die Ionen eine große Reichweite im Gewebe, sodass auch tief im Körper liegende Tumore mit einer ausreichend hohen Dosis zielgenau bestrahlt werden können. Das den Tumor umgebende gesunde Gewebe wird bei einer Ionenbestrahlung optimal geschont. Gleiches gilt für das im Eingangskanal des Therapiestrahls liegende Gewebe.

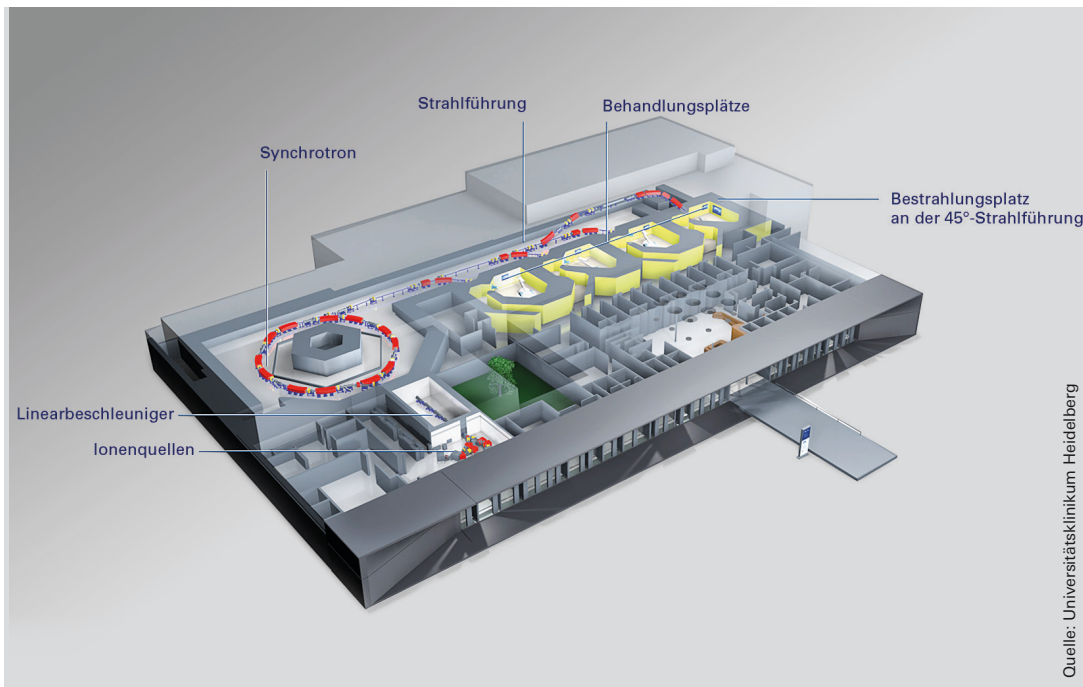


Abb. 3: Aufbau der Beschleuniger-Anlage des MIT

Quelle: Universitätsklinikum Heidelberg

Erst ganz am Ende ihres Weges, kurz bevor sie stehen bleiben, geben Ionen ihre Energie auf einen Schlag an das Gewebe ab. Danach kommt es zum steilen Dosisabfall, sodass hinter dem Tumor liegendes Gewebe kaum belastet wird. Der Therapiestahl im MIT lässt sich so steuern, dass diese maximale Strahlendosis genau auf den Tumor trifft.

Rasterscan-Verfahren für höchste Präzision

Die Bestrahlung im MIT erfolgt nach dem vom GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt entwickelten Rasterscan-Verfahren. Diese spezielle Bestrahlungsmethode ermöglicht eine weltweit niemals zuvor erreichte Präzision in der Bestrahlung: Auf Basis eines CT-Datensatzes wird das Tumervolumen – das Zielgebiet – definiert. Das Zielgebiet wird in Schichten aufgeteilt, die unterschiedlichen Eindringtiefen der Ionen entsprechen. Für die einzelnen Punkte innerhalb dieser Schichten wird die Anzahl der Ionen mithilfe eines Computerprogrammes berechnet, sodass die resultierende Dosis oder Energieverteilung den Vorstellungen des behandelnden Arztes entspricht – der Ionenstrahl wird „intensitätsmoduliert“. Die Scannermagnete werden so eingestellt und gesteuert, dass die gewünschte Ionenzahl pro Punkt richtig und sicher appliziert wird. Dies wird von fünf Messkammern direkt vor dem Patienten überwacht.

Vakuum für die Erzeugung des Ionenstrahls unverzichtbar

Für die Erzeugung und Beschleunigung der im MIT verwendeten Kohlenstoffionen spielt Vakuum eine entscheidende Rolle. Nur in einem quasi molekülfreien Raum wie im Ultrahochvakuum (UHV) lassen sich die Ionenstrahlen in der notwendigen Qualität erzeugen und transportieren: Kommt ein Ion auf seinem Weg mit Gasteilchen der Atmosphäre in Kontakt, verliert es Energie und wird abgelenkt. Aus diesem Grund muss der Ionenstrahl im Vakuum geführt und gebündelt werden, denn nur unter Vakuumbedingungen kann der Strahl auf eine sehr hohe Geschwindigkeit beschleunigt und verlustfrei zum Patienten geführt werden.

Die Ionen werden an der Marburger Beschleunigeranlage in einer Ionenquelle unter Hochvakuum-Bedingungen erzeugt. In einer Plasmakammer wird Gas mithilfe einer Mikrowelle zu einem Plasma aufgeheizt. Die entstehenden Ionen werden anschließend im Linearbeschleuniger auf ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Im Synchrotron halten zwölf 30°-Magneten die Ionenstrahlen auf einer Kreisbahn. Während etwa einer Million Umläufe – dies entspricht anderthalb Erdumrundungen – wird die Geschwindigkeit der Ionen auf bis zu 75% der Lichtgeschwindigkeit erhöht. Aufgrund der großen Strecke, die die Ionen stoßfrei umlaufen müssen, werden hier UHV-Bedingungen benötigt. Vom Synchrotron aus wird der Therapiestahl in Vakuumröhren weiter zu den Behandlungsräumen geleitet.

Der gesamte Weg des Ionenstrahls durch die Anlage verläuft im Vakuum. Somit ist Vakuumtechnik von der Ionenquelle am Beginn der Anlage bis zum Austrittsfenster vor dem Patientenplatz im Einsatz.



Quelle: Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum

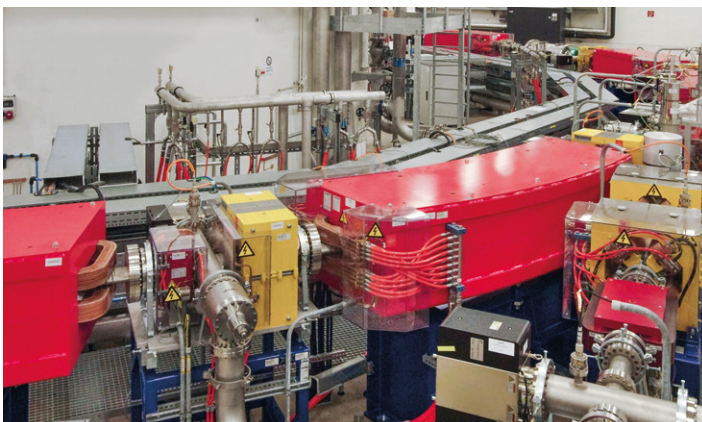
Abb. 4: Strahlführungssystem zum 45°-Behandlungsplatz am MIT, ausgestattet mit Lösungen von Pfeiffer Vacuum.

Pfeiffer Vacuum Lösungen ermöglichen Funktion der Anlage

Die Herausforderungen, denen die Vakuumlösungen in dieser Anwendung begegnen, sind groß: Schon kleinste Gasmengen in der Beschleunigeranlage können die Funktion und Qualität des Ionenstrahls und damit auch der Behandlung beeinträchtigen. Aus diesem Grund müssen die zur Vakuumerzeugung eingesetzten Pumpen zuverlässig, leistungsstark und sauber arbeiten. Da die Anlage 24 Stunden am Tag für therapeutische und

Forschungszwecke im Einsatz ist, läuft auch das Vakuumsystem den ganzen Tag. Die Vakuumlösungen sind also 365 Tage im Jahr und 24 Stunden am Tag im Einsatz. Daher sind außerdem Modularität und eine lange Standzeit wichtige Anforderungen an das Vakuumequipment.

In Anbetracht dieser umfangreichen Anforderungen fiel die Wahl auf die zuverlässigen und hochqualitativen Produkte von Pfeiffer Vacuum.



Quelle: Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum



Quelle: Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum

Abb. 5 und 6: Synchrotron der Beschleunigeranlage am MIT, ausgestattet mit Lösungen von Pfeiffer Vacuum.

Lösungen von Pfeiffer Vacuum

Am Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum sind neben Turbo- und Membranpumpen auch Massenspektrometer und Messgeräte sowie zahlreiches Zubehör von Pfeiffer Vacuum im Einsatz. Das gesamte Vakuumequipment ist exakt auf die spezifischen Herausforderungen der Ionenstrahl-Anlage abgestimmt. Darüber hinaus wird das MIT-Personal auch beim Service an den Vakuumlösungen von den Pfeiffer Vacuum Experten unterstützt. So kann die einwandfreie und zuverlässige Funktion der hochqualitativen Produkte auch bei der intensiven Nutzung am MIT garantiert werden.

Die Pfeiffer Vacuum Lösungen am MIT im Überblick:

Membranpumpen

Am MIT sind Membranpumpen als Vorpumpen für die Turbopumpen im Einsatz. Die Membranpumpen von Pfeiffer Vacuum eignen sich dank ihrer Kompaktheit hervorragend zur Integration in die Anlage. Sie bieten zahlreiche Vorteile:

- Absolut trockenes, ölfreies Vakuum
- Lange Lebensdauer der Membran
- Vibrations- und geräuscharm
- Hohe Betriebssicherheit
- Wartungsfreundlich, da leichter Wechsel von Membran und Ventilen
- Weltweit einsetzbar dank spannungsumschaltbaren Motoren oder DC-Antrieben

Turbopumpen

Die Turbopumpen von Pfeiffer Vacuum erzeugen am MIT die benötigten Ultrahochvakuumbedingungen. Mit ihrer hohen Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit bei gleichzeitig großer Wirtschaftlichkeit und Effizienz sind sie die optimale Antwort auf die Anforderungen der Ionenstrahl-Anlage. Sie überzeugen mit ihren Kundennutzen:

- Hohe Zuverlässigkeit dank bewährter Lagersysteme
- Flexibilität dank verschiedener Designs, Technikkomponenten und Saugvermögensklassen
- Ausgereiftes Pumpendesign für hohe Kompression und Leistungsfähigkeit
- Niedriger Energieverbrauch
- Lange Wartungsintervalle

Massenspektrometer

Mit dem Massenspektrometer PrismaPlus von Pfeiffer Vacuum wird am MIT die Restgasanalyse im Vakuumsystem durchgeführt. Die Kombination aus hoher Empfindlichkeit, Stabilität und intelligenter Bedienbarkeit machen das PrismaPlus zur optimalen Lösung. Die Vorteile auf einen Blick:

- Modularer Aufbau für optimale Anpassungsfähigkeit
- Kompakte Abmessungen und hohe Performance
- Einfache Systemintegration durch vielfältige Schnittstellen
- Netzwerkfähig durch Ethernet
- Hohe Messgeschwindigkeit, Stabilität und großes Auflösungsvermögen

Messgeräte

Mit den Messgeräten der Pfeiffer Vacuum ActiveLine und DigiLine sind am MIT hochgenaue Vakuummessröhren im Einsatz, die sowohl mit analogem als auch digitalem Signaloutput arbeiten. Sie sind ideal für die Anforderungen der Ionenstrahl-Anlage geeignet und bieten zahlreiche Vorteile:

- Minimales magnetisches Streufeld
- Einfache Integration
- Langlebig und wartungsfreundlich

Service von Pfeiffer Vacuum

Die Wartung des eingesetzten Vakuumequipments wird von den Serviceexperten von Pfeiffer Vacuum unterstützt. Das breite Serviceportfolio bietet dabei ein Rundum-Sorglos-Paket für den Kunden, aus dem er die jeweils passenden Module auswählen kann:

- Schneller, kompetenter Service weltweit
- Anwenderschulung und Produkttraining
- Pfeiffer Vacuum Originalersatzteile und -werkzeuge
- Umfangreicher Vor-Ort-Service durch unsere Servicetechniker
 - Inbetriebnahme von Komponenten und Systemen
 - Überholung, Wartung inkl. Lagerwechsel oder Reparatur
 - Lecksuche & Gasanalyse
- Wartung und Reparaturen in unseren Servicestellen
- Austauschprodukte
- An Kundenbedürfnisse angepasste Serviceverträge



VAKUÜMLÖSUNGEN AUS EINER HAND

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuümlösungen, für technologische Perfektion, kompetente Beratung und zuverlässigen Service.

KOMPLETTES PRODUKTSORTIMENT

Vom einzelnen Bauteil bis hin zum komplexen System:

Wir verfügen als einziger Anbieter von Vakuumtechnik über ein komplettes Produktsortiment.

KOMPETENZ IN THEORIE UND PRAXIS

Nutzen Sie unser Know-how und unsere Schulungsangebote!

Wir unterstützen Sie bei der Anlagenplanung und bieten erstklassigen Vor-Ort-Service weltweit.

Sie suchen eine perfekte
Vakuümlösung?
Sprechen Sie uns an:

Pfeiffer Vacuum GmbH
Headquarters/Germany
T +49 6441 802-0
info@pfeiffer-vacuum.de

www.pfeiffer-vacuum.com