Neurodiagnostik

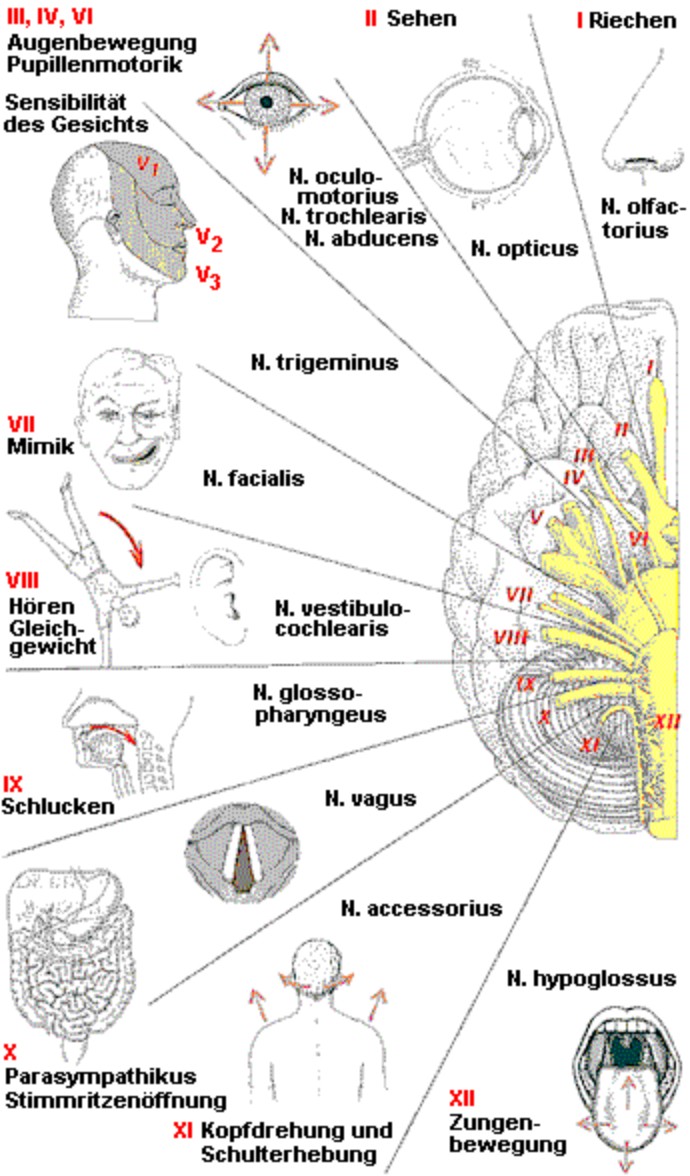
Klinische Untersuchungen, Elektrophysiologie, Radiologie

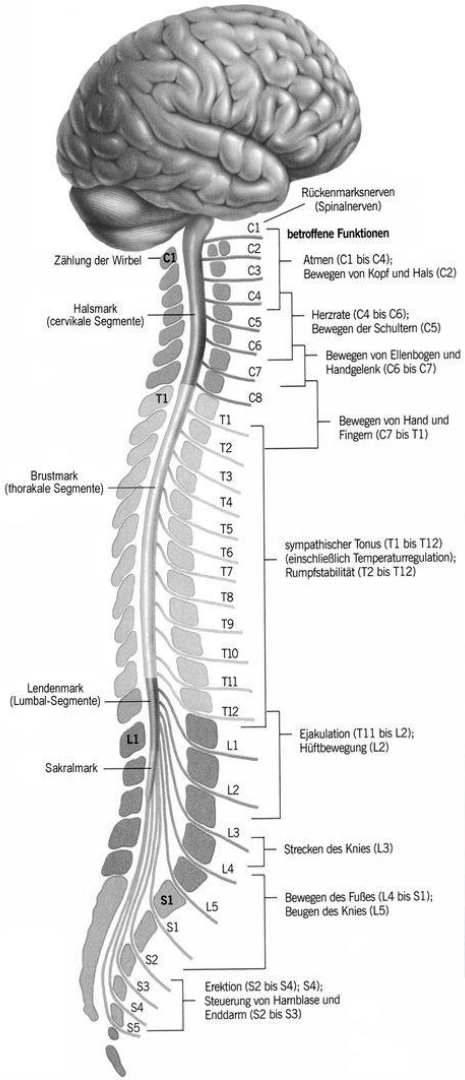
Uwe Spetzger
Neurochirurgische Klinik, Klinikum Karlsruhe

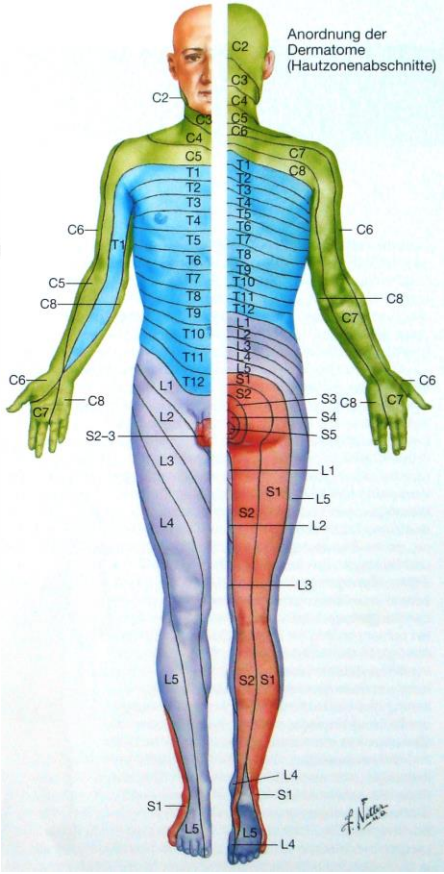
Klinische Untersuchung

- Anamnese *(„zielgerichtete Befragung“ des Patienten)*
- Wertung der Beschwerden *(Notfall?!)*
- Körperliche Untersuchung *(fachspezifisch)*
- Neurologischer Status
- Zusatzdiagnostik *(apparativ?)*

HN – Reflexe – Motorik – Sensibilität







Ort der Störung

- Zentrales Nervensystem (ZNS)

  (Großhirn, Kleinhirn, Hirnstamm, Hirnnerven, RM)

- Peripheres Nervensystem (PNS)

  (Plexus, Nervenwurzel, peripherer Nerv)

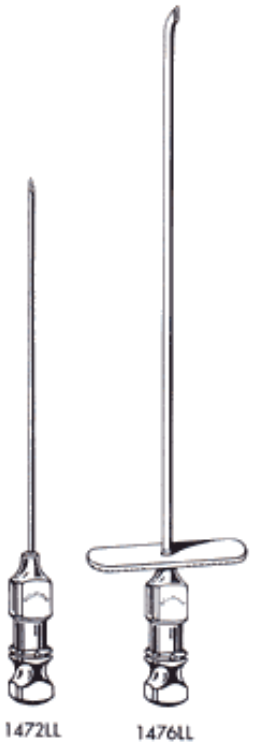
- Autonomes *(vegetatives)* Nervensystem

  (Sympathicus, Parasympathikus)

Zusatzdiagnostik

invasive vs. nicht invasive Diagnostik

- Liquordiagostik *(Lumbalpunktion)*
- Ultraschall *(B-mode, 3D scan, Doppler, Farbduplex)*
- Elektrophysiologie *(Nervenmessung)*
- Radiologische Diagnostik *(RX, CT, MRT, DSA, PET)*



Elektrophysiologie

Die Elektrophysiologie ist ein Teilbereich der Neurophysiologie, die sich mit der elektro-chemischen Signalübertragung im Nervensystem befasst.

Die klinische Elektrophysiologie aus dem Fachgebiet der Neurologie hat unterschiedliche Methoden entwickelt zur Messungen ganzer polysynaptischer zentraler Nervenbahnen sowie peripherer Nerven.

Methoden der neurologischen Elektrophysiologie sind:

Elektroenzephalographie (EEG)

Messung evozierter Potenziale
somatosensorisch (SSEP), motorisch (*MEP), visuell (VEP), akustisch evoziert (AEP)*

Elektroneurographie (ENG) mit Messung der Nervenleitgeschwindigkeit (NLG)

Elektromyographie (EMG)

Elektroenzephalographie (EEG)

Das EEG dient zur Aufzeichnng der Hirnströme als Maßeinheit für die elektrische Aktivität des Gehirns (5 – 100 µV) bestimmen.

Beim EEG werden Elektroden, die in regelmäßiger Anordnung in einer Art Badekappe befestigt sind, auf dem Kopf platziert.

Die Spannungsunterschiede zwischen den einzelnen Elektroden (Hirnströme) stellen sich auf einem Monitor wellenförmig dar und können ausgewertet werden. Das EEG hat an Bedeutung verloren, als die modernen bildgebenden Verfahren wie CT oder MRT entwickelt wurden. Bei der Epilepsie liefert das EEG eindeutige Aussagen zur Krankheit bis hin zu bestimmten Anfallstypen.

Elektroenzephalographie (EEG)

Die beim EEG gemessenen Hirnströme werden je nach Frequenz in vier bzw. fünf Rhythmen eingeteilt. Durchschnittlich schnelle Frequenzen bedeuten, die Person ist wach und die Gehirnaktivität normal; je langsamer eine Frequenz ist, umso tiefer ist das Schlafstadium – oder es handelt sich um einen krankhaften Befund.

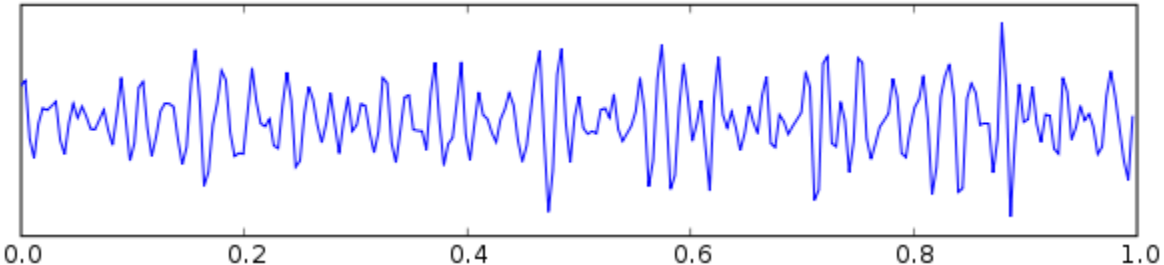
Bei einem wachen, entspannten Patienten zeigt das EEG gewöhnlich eine Alpha-Aktivität in den hinteren Hirnregionen. Alpha-Rhythmus (8-13 Hz).

Schneller ist der Beta-Rhythmus (14-30 Hertz) der häufig durch Medikamente oder fehlende Entspannung verursacht ist, kann aber auch eine Normvariante sein.

Als Gamma-Welle wird ein Signal im Frequenzbereich (über 30 Hz) bezeichnet. Bei starker Konzentration oder Lernprozessen als Zeichen eines max. Informationsfluß.

Die langsamen Theta-Wellen (4-7Hertz) sind bei Kindern und Jugendlichen normal.

Sehr langsame Delta- (0,5-3 Hz) und Subdelta-Wellen (unter 0,5 Hz) kennzeichnen den Tiefschlaf oder Trancezustände.



Nervenleitgeschwindigkeit (NLG)

Durch einen kurzen (0,1–2,0 ms) elektrischen Impulses (Rechteckspannung) wird ein Nerv an Arm oder Bein gereizt. Dadurch kommt es zur Depolarisation des Nervs, die in beide Richtungen über die Nervenfaser weitergeleitet wird. Die ausgelöste Spannungsänderung kann dann entlang des Nervs gemessen werden.

Die Nervenleitgeschwindigkeiten motorischer Nervenfasern lassen sich durch Stimulation des Nervs an zwei verschiedenen Orten und Messen der Reizantworten im Muskel einfach bestimmen. Es wird die Differenz der Leitungszeiten (Latenzen) in (ms) und die Differenz der Reizorte in (mm) bestimmt. Die Kenntnis von Abstand und Differenzzeit ermöglicht die Berechnung der Nervenleitgeschwindigkeit durch Bildung des Quotienten Abstand/Zeit. Gemessen wird die Zeit, die von der Nervenreizung bis zur Reaktion (Kontraktion) des dazugehörigen Muskels vergeht. Diese Zeit ist sehr kurz, nur wenige ms und muss elektronisch bestimmt werden. Die Muskelkontraktion wird mit Hilfe der Oberflächenelektroden von einem Computer registriert.

Die Amplitude der Reizantwort gibt einen groben Anhalt über die Anzahl der weiterleitenden Nervenfasern.

Es wird der Ort und die Schwere eines Nervenschadens ermittelt wie z. B. bei einer Polyneuropathie (Diabetes mellitus, Alkoholkrankheit, etc.) oder Nervenkompressions-syndromen (Karpaltunnelsyndrom, etc.)

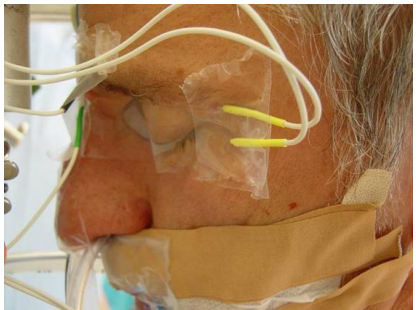
Elektromyographie (EMG)

Die Elektromyographie (EMG) misst die elektrische Aktivität von Muskeln, indem eine dünne Nadelelektrode in den betroffenen Muskel eingestochen wird. Mit Hilfe von konzentrischen Nadelelektroden lassen sich die Potenzialschwankungen einzelner motorischer Einheiten ableiten (Einzelfasermyographie).

Bei einer Muskelschwäche kann festgestellt werden, ob es sich dabei um eine Muskel-erkrankung handelt oder um eine Erkrankung des Nervs, der den betroffenen Muskel versorgt. Also die Differenzierung zwischen Myopathien und Neuropathien.

Bei Bandscheibenvorfällen mit Kompression einer Nervenwurzel lässt sich so in vielen Fällen der Ort der verursachenden Nervenwurzelreizung genau bestimmen.

Intraoperatives EMG als Monitoringverfahren zur kontinuierlichen Überwachung der Rückenmarksfunktion bei Wirbelsäulenoperationen oder zur Registrierung der Hirnnervenfunktionen (N. facialis, N, trigeminus, N. accessorius, etc.) bei Operationen am Hirnstamm.



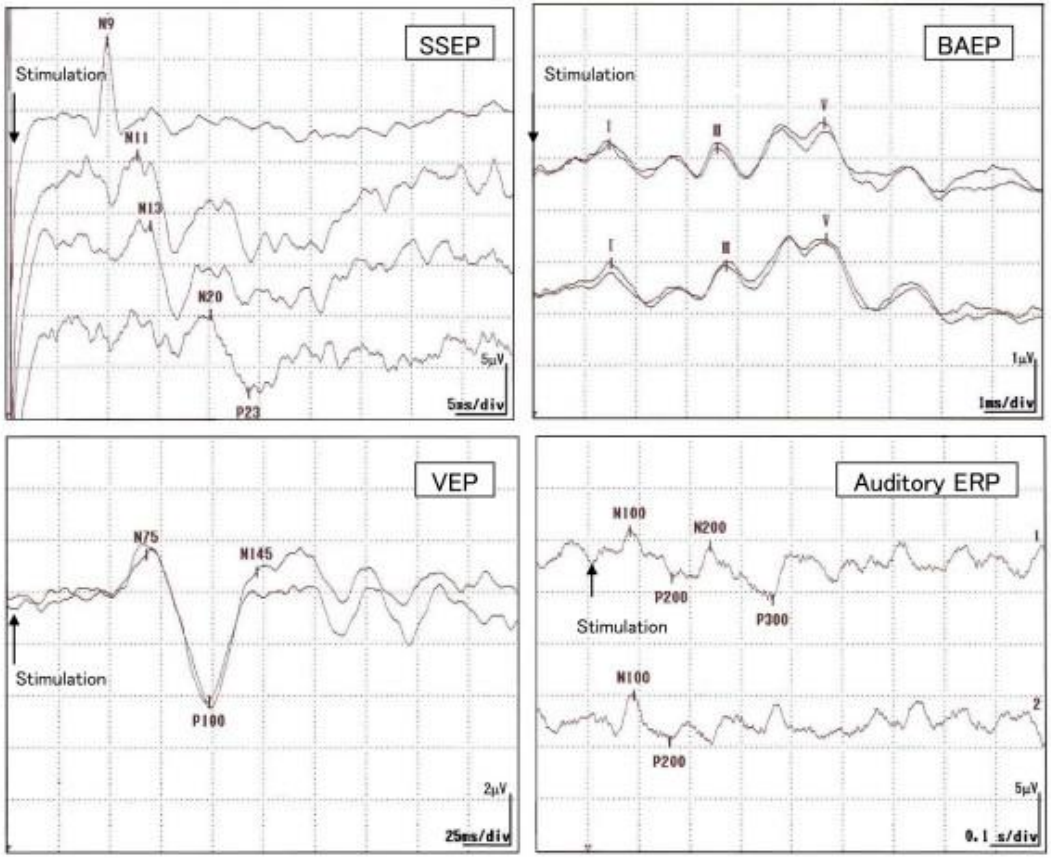
Evozierte Potentiale (SSEP, MEP, AEP, VEP)

Jeder Sinnesreiz löst in den sensorischen Arealen der Großhirnrinde elektrische Potentialänderungen aus. Diese evozierten Potentiale sind mit der üblichen Technik jedoch nur mit wesentlich kleineren Amplituden als das spontan ablaufende EEG-Signal (1–15 µV statt 50–100 µV) zu erfassen. Um die evozierte Aktivität messen und darstellen zu können, werden mehrere Realisierungen eines evozierten Potentials gemittelt.

SSEP - Somatosensorisch evozierte Potentiale zur Beurteilung der zentralen somatosensiblen Leitungsbahn und peripherer, sensibler Nerven.

Über eine Stimulationselektrode in der Nähe eines sensiblen Nerven werden wiederholte elektrische Reize gesetzt. Die Messelektroden werden an der Kopfhaut angebracht. Weitere Messelektroden können entlang dem peripheren Nerven und über den Reiz verarbeitenden Zentren des Rückenmarks und Gehirns angebracht werden und messen deren elektrische Reaktion sowie die Laufzeit des Signals.

VEP - Visuell evozierte Potentiale ermöglichen eine Beurteilung des Sehnerven und der Sehbahn.



Sonographie („Ultraschall“)

Ultraschall bezeichnet man Schall mit Frequenzen oberhalb des Hörfrequenzbereichs des Menschen und umfasst Frequenzen ab etwa 20 kHz bis 1 GHz.

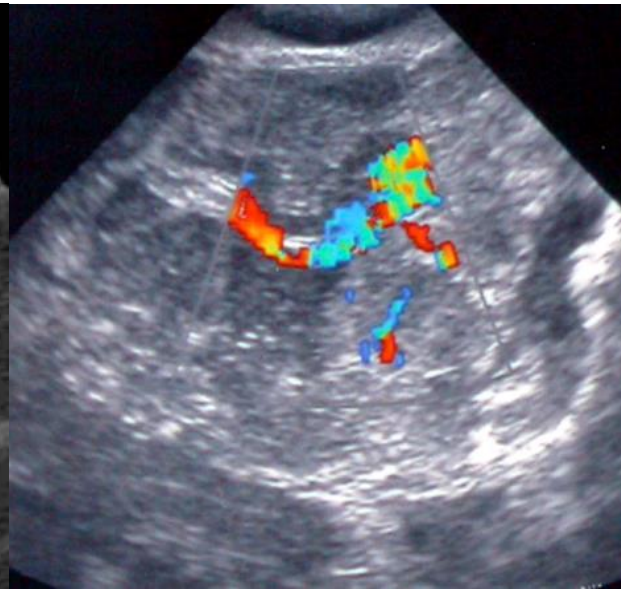
Sonographie (Echographie) bezeichnet die Anwendung von Ultraschall als bildgebendes Verfahren zur medizinischen Untersuchung von organischem Gewebe.

Ein Ultraschallgerät enthält eine Elektronik für die Schallerzeugung, Signalverarbeitung und -darstellung, außerdem Schnittstellen für einen Monitor und Drucker sowie für Speichermedien oder Videokameras sowie den mittels Kabel angeschlossen und auswechselbare Ultraschallsonde (Schallkopf).

Sonographie

Im sogenannten Schallkopf des Sonographiegeräts befinden sich Kristalle, die beim Anlegen einer elektrischen Wechselspannung im Rhythmus dieser Spannung schwingen (piezoelektrischen Effekt). Der Schallkopf sendet diese Schwingungen ins Gewbe. Treffen die Wellen dort auf die verschiedenen Organen und Gewebe, werden sie jeweils unterschiedlich zum Schallkopf zurück reflektiert.

Der Schallkopf ist nicht nur “Sender” sondern auch “Empfänger” von Schallwellen. Von Bedeutung für die Schallausbreitung in einem Material ist die Impedanz, also der Widerstand, der der Ausbreitung von Wellen entgegenwirkt. An Grenzflächen zweier Stoffe mit großem Impedanzunterschied wird der Schall stark reflektiert. Die Stärke der Reflexion wird vom Ultraschallgerät als Grauwert auf einem Monitor bildlich dargestellt.



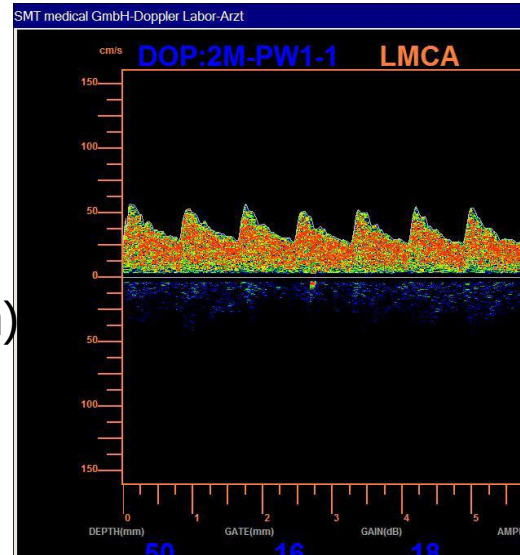
Doppler-Sonographie

Der Dopplereffekt tritt auf, wenn Sender und Empfänger einer Welle sich relativ zueinander bewegen. Zur Bestimmung der Blutflussgeschwindigkeit in den Blutgefäßen dient das von den Blutkörperchen (Erythrozyten) reflektierte Echo. Das reflektierte Signal ist um eine bestimmte Frequenz im Vergleich zur vom Schallkopf ausgesandten Frequenz verschoben: die *Dopplerfrequenz*.

Aus ihrem Vorzeichen lässt sich die Flussrichtung rekonstruieren. Bei gegebener Geschwindigkeit ist die Frequenzverschiebung umso größer, je größer die Sendefrequenz $\boldsymbol{f}$ ist.

Im Bereich von 2 bis 8 MHz und Flussgeschwindigkeiten von einigen mm/s bis zu 2 m/s ist $\boldsymbol{\Delta f}$ etwa 50 Hz bis 15 kHz, liegt also im hörbaren Bereich.

Farb-Doppler: Rot: Fluss auf die Schallsonde zu
Blau: Fluss von der Schallsonde weg
pW-Doppler: gepulster Doppler (Gefäßuntersuchungen)
cW-Doppler: continuous wave Doppler (Herzklappenmessungen)
Laser-Doppler: berührungslose Messung der Geschwindigkeitsverteilung von Fluiden beruht auf dem optischen Doppler-Effekt an streuenden Partikeln in der Strömung



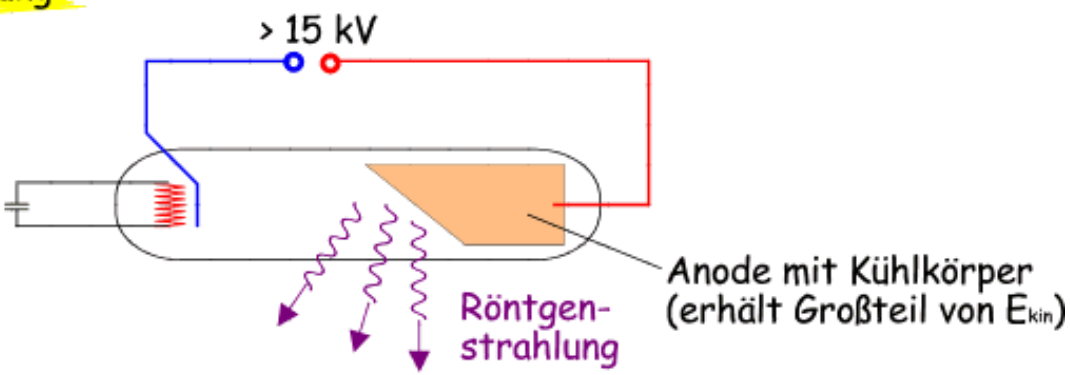
Röntgen

Röntgendiagnostik ist das Durchstrahlens eines Körpers mittels kurzwelliger, unsichtbarer Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 10 milliardstel Metern (10 Nanometern) und 0,01 Nanometern.

Das durchstrahlte Gewebe schwächt die Strahlung ab und diese wird dargestellt mittels eines fluoreszierenden Schirms oder eines Bildverstärkers (Durchleuchtung).

Die Bilder werden entweder auf geeignetem Filmmaterial (Radiographie), Phosphorplatten oder mittels elektronischer Sensoren (digitale Radiographie) sichtbar.

Erzeugung



Eigenschaften unsichtbar; kann Substanzen zum Leuchten bringen; geradlinige Ausbreitung; Durchdringung von Materie je nach Dichte und Kernladungszahl Z; Nachweis auf Photoschicht; Keine Ablenkung durch E- und B-Felder.

Bezeichnung	Wellenlänge	Frequenz	Technischer Einsatz
Niederfrequenz	> 10 km	< 30 kHz	U-Boot Kommunikation, Funk
Langwelle	< 10 km	> 30 kHz	Langwellenrundfunk
Mittelwelle	< 650 m	> 650 kHz	Mittelwellenrundfunk
Kurzwelle	< 180 m	> 1,7 MHz	Kurzwellenrundfunk
Ultrakurzwelle	< 10 m	> 30 MHz	Rundfunk, Fernsehen, Radar, MRT
Infrarotstrahlen	780 nm bis 1,0 mm	> 300 GHz	Infrarotspektrometer, Infrarotastron.
sichtbares Licht	380 nm bis 780 nm	> 384 THz	Beleuchtung, Fotometrie
Rot	640 nm bis 780 nm	384 bis 468 THz	
Orange	600 nm bis 640 nm	468 bis 500 THz	
Gelb	570 nm bis 600 nm	500 bis 526 THz	
Grün	490 nm bis 570 nm	526 bis 612 THz	
Blau	430 nm bis 490 nm	612 bis 697 THz	
Violett	380 nm bis 430 nm	697 bis 789 THz	
UV-Strahlen	1 nm bis 380 nm	> 789 THz	Desinfektion, UV-Licht, Spektroskopie
Röntgenstrahlen	10 pm bis 1 nm	> 300 PHz	medizinische Diagnostik
Gammastrahlen	< 10 pm	> 3 EHz	

Wilhelm Conrad Röntgen (Geschichte)

Wilhelm Conrad Röntgen wurde am 27. März 1845 in Lennep (Remscheid) geboren.

Von 1861 bis 1863 besuchte Röntgen die Technische Schule in Utrecht. Aus disziplinarischen Gründen, weil er irrtümlich für den Urheber einer Karikatur seines Klassenlehrers gehalten wurde, verwies man ihn ohne Abitur von der Schule.

Dennoch begann Röntgen am 23. November 1864 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule ETH-Zürich zu studieren. Dies war möglich, da am dortigen Polytechnikum eine Aufnahmeprüfung ausschlaggebend war, und nicht der Nachweis eines Abschlusses. Dort erhielt er am 6. August 1868 sein Diplom als Maschinenbau-ingenieur. Nach dem Aufbaustudium in Physik promovierte Röntgen 1869 an der Universität Zürich in Physik mit „Studien über Gase“.

Er entdeckte am 8. November 1895 im Physikalischen Institut der Universität Würzburg die nach ihm benannten Röntgenstrahlen und erhielt dafür 1901 als erster einen Nobelpreis für Physik.

Seine Entdeckung revolutionierte u. a. die medizinische Diagnostik und führte zu weiteren wichtigen Erkenntnissen des 20. Jahrhunderts, z. B. der Entdeckung und Erforschung der Radioaktivität.

Röntgenuntersuchungen

Die unterschiedlich dichten Gewebe des Körpers absorbieren die Röntgenstrahlen unterschiedlich stark, so dass man eine Abbildung des Körperinneren erreicht. Die häufigste Indikation ist der Verdacht auf einen Knochenbruch. Hier zeigt das Röntgenbild eine Unterbrechung der Kontinuität des Knochens.

Für unterschiedliche Bereiche des Körpers werden unterschiedliche „Strahlen-qualitäten“ benötigt, um unterschiedlich dichte Gewebe (Fett, Muskel, Knochen) zu durchdringen. In der Röntgendiagnostik spricht man von weicher und harter Strahlung.

Entscheidend ist die Spannung in Kilovolt (kV), die der Röntgenröhre zugeführt wird. Je nach abzubildenden Körperbereich wird die Röhrenspannung zwischen etwa 25-35 kV (Mammographie) und etwa 38-120 kV (übrige Körperregionen) gewählt.

Je weicher die Strahlung (niedrige kV-Werte), desto größerer ist der Anteil der Strahlung die vom Gewebe absorbiert wird und desto höher ist die Strahlenbelastung. Durch weiche Strahlung werden auch feinste Gewebeunterschiede auf dem Röntgenfilm sichtbar gemacht.

Harte Strahlung (>100 kV) durchdringt Gewebe und Materialien (Gips und sogar Bleischürzen) wesentlich leichter. Kontrastunterschiede werden aber stark abgemildert (z. B. Lungenaufnahmen mit 120 kV).

KM-Untersuchungen (Hohlorgane: Magen, Darm, Blase, etc.), Bsp. Myelographie

Natürliche Strahlenbelastung

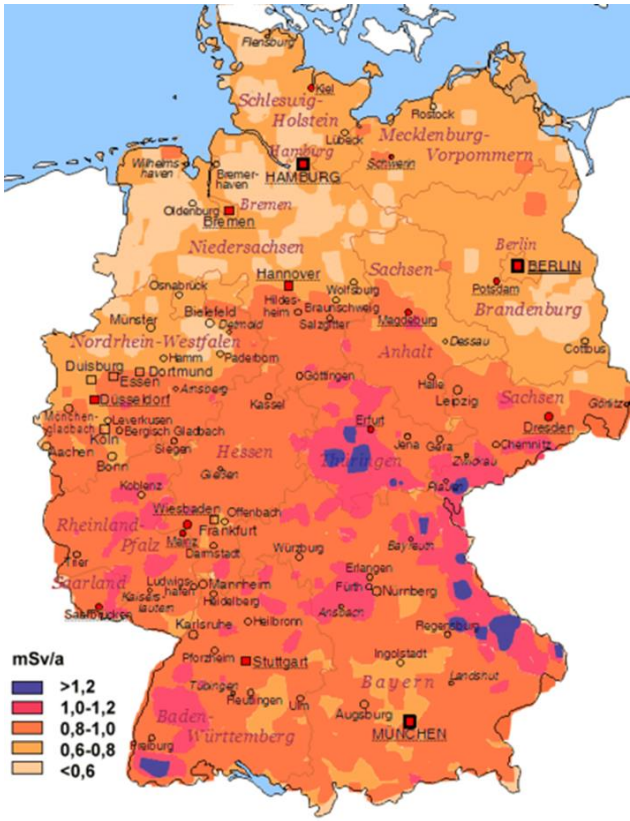
Die aus natürlichen Strahlenquellen herrührende Strahlenbelastung, der die Menschen ausgesetzt sind. *Maßeinheit: Millisievert (mSv).*

Die mittlere effektive Dosis in der deutschen Bevölkerung pro Jahr, die durch natürliche Strahlung bedingt ist, beträgt etwa 2,1 mSv, mit Ausnahme von einzelnen Regionen der Erde, wo die Strahlenexposition wegen hoher Vorkommen an radioaktiven Substanzen im Boden besonders groß ist.

Kosmische Strahlung 0,3 mSv / Jahr (Meereshöhe) entsteht in der äußeren Atmosphäre, wenn Atomkerne des Wasserstoffs und anderer Elemente mit hoher Geschwindigkeit auf Luftmoleküle treffen

Terrestrischen Strahlung 0,4 mSv / Jahr (Thorium) natürliche Strahlung durch Radionuklide welche in den Böden und Gesteinen der Erdkruste vorkommen

Innere Strahlung 1,4 mSv / Jahr (Radon) entsteht durch den Zerfall radioaktiver natürlicher Stoffe, Aufnahme durch Trinkwasser, Nahrung und Atemluft



Natürliche Strahlenbelastung

Aus dem Weltall gelangt kosmische Strahlung auf die Erde. Aufgrund der schützenden Lufthülle ist die Stärke von der Höhenlage abhängig. Im Durchschnitt führt die kosmische Strahlung am Boden zu einer effektiven Dosis von etwa 0,3 mSv pro Jahr.

In großer Höhe (Flugzeug, Berggipfel) reduziert sich die Schutzwirkung der Lufthülle, in Abhängigkeit von der Höhe und der geographischen Breite. Bei einem Flug von Frankfurt nach Tokio kommt es zu einer Strahlenbelastung von etwa 0,1 mSv.

Insgesamt beträgt die effektive Dosis des Menschen durch natürliche Quellen etwa 2,1 mSv pro Jahr, etwa die Hälfte davon wird durch das Radon verursacht. Der Wert schwankt jedoch regional und liegt in Deutschland zwischen 1 und 5 mSv pro Jahr. In anderen Regionen der Welt kann er bei 100 mSv pro Jahr liegen.

Die Berufslebensdosis für strahlenexponierte Personen soll 400mSv
für Astronauten 1000-4000mSv nicht überschreiten.

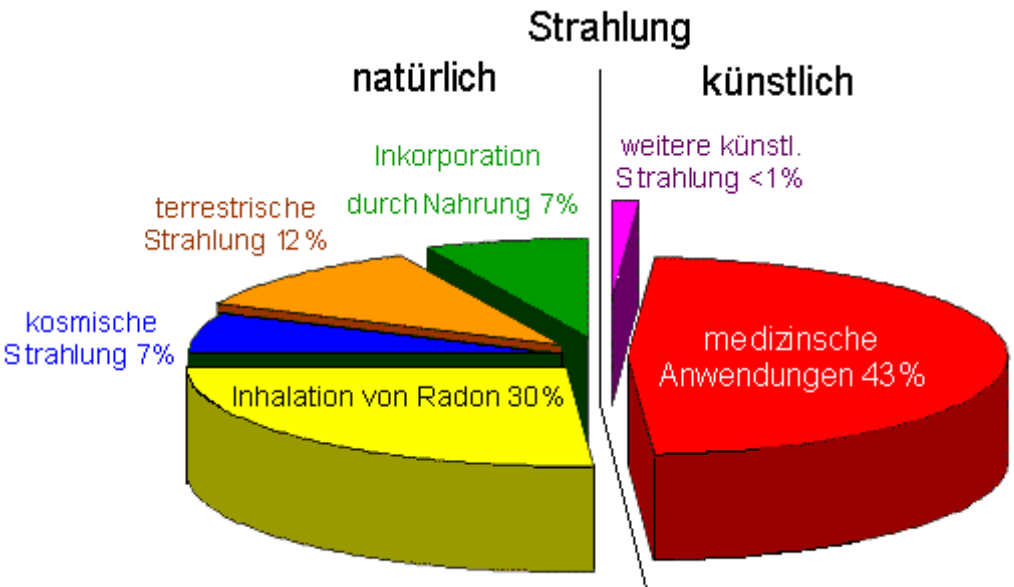
Strahlenexposition in der ISS (350 km Höhe)
ca. 100-200 mSv (bei ruhiger Sonne)

Künstliche Strahlenbelastung

Insgesamt beträgt die effektive Dosis durch medizinische Anwendungen im Durchschnitt etwa 2,0 mSv pro Jahr.

Eine Computertomographie des Bauchraumes (CT-Abdomen) führt zu einmaligen Expositionsdosen von 10 - 25 mSv.

Eine weitere Strahlenquelle sind Zigaretten. Das Rauchen von täglich 20 Zigaretten führt laut einer Studie zu einer mittleren jährlichen Strahlenbelastung von 0,29 mSv durch Polonium und radioaktives Blei. Andere Quellen sprechen von einer gesamten Strahlenbelastung in Höhe von 0,007 mSv pro Zigarette in der Partikelphase, davon wird ca. 50% im Filter zurückgehalten. Entspricht ca. 1,8 mSv / Jahr!



Strahlenquelle	Dosis mSv/a
Medizin	2,0
Tschernobyl	0,01
Kernwaffentests	0,005
Flugreisen	0,005
Berufliche Tätigkeiten	0,002
Fossile Brennstoffe	0,002
Kernkraftwerke	0,001
Industrieprodukte	0,001

Künstliche Strahlenbelastung

Strahlenbelastung und Gesundheitsschäden durch militärische Radaranlagen!

Die größere Schadwirkung geht nicht von der eigentlichen Radar-Mikrowellenstrahlung aus, sondern von der nebenbei in der Elektronik der Geräte erzeugten Röntgen-strahlung (Ionisierende Strahlung).

Zahlreiche Radargeräte waren früher so konstruiert, dass Wartungsarbeiten an der Radareinheit nur bei geöffnetem Gerät im laufenden Betrieb möglich waren.

Dazu gehörte unter anderem das NASARR-Bordradar des Kampfflugzeugs F-104 Starfighter. Die Techniker waren den Röntgenstrahlung erzeugenden Teilen direkt und häufig ohne jeden Schutz über Stunden ausgesetzt, was sich über Jahre zu einer extrem hohen Gesamtbelastung addierte.

In Einzelfällen, speziell bei dem Radargerät SGR-103 und SGR-105 der Marine, lag die Strahlenbelastung bei bis zu ca. 400 mSv/h. Diese Strahlung war so hoch, dass der zulässige *Jahresgrenzwert* für eine beruflich exponierte Person (gemäß Röntgenverordnung) bereits nach kurzer Zeit überschritten sein konnte.

Eduard David (Pathophysiologe) untersuchte 99 Krankenakten von Radartechnikern die an Flugabwehrraketensystem Hawks und Nike, an "Starfightern" und "Tornado"-Kampfflugzeugen arbeiteten. 69 Mechaniker litten an Krebs, 22 starben daran - mit durchschnittlich 40 Jahren.

Strahlenexposition

	Äquivalenzdosis
Schwellendosis für akute Strahlenschäden	**250 mSv**
Strahlentherapie (Tumore)	**30–70 mSv**
Computertomorgaphie (Brustkorb)	**20 mSv**
Flugzeugreise (8 h, 12000 m)	**0,2 mSv**
Röntgen (Schädel)	**0,1 mSv**

Für volljährige Personen (mit Ausnahme von schwangeren Frauen), die beruflich strahlenexponiert sind, gelten nach den o.g. Rechtsnormen folgende Grenzwerte (effektive Dosis):

20 mSv pro Jahr
50 mSv pro Jahr (Einzelfall)

wenigfliegender, nichtrauchender, kaumröntgender, aufmeereshöhewohnender, gesunder, männlicher, Nichtastronaut

Computertomographie (CT, CAT)

Computertomographie (grich. tome „Schnitt“ und graphein „schreiben“)

CT ist die rechnerbasierte Auswertung einer Vielzahl aus verschiedenen Richtungen aufgenommener Röntgenaufnahmen *(„Schichtröntgen“).*

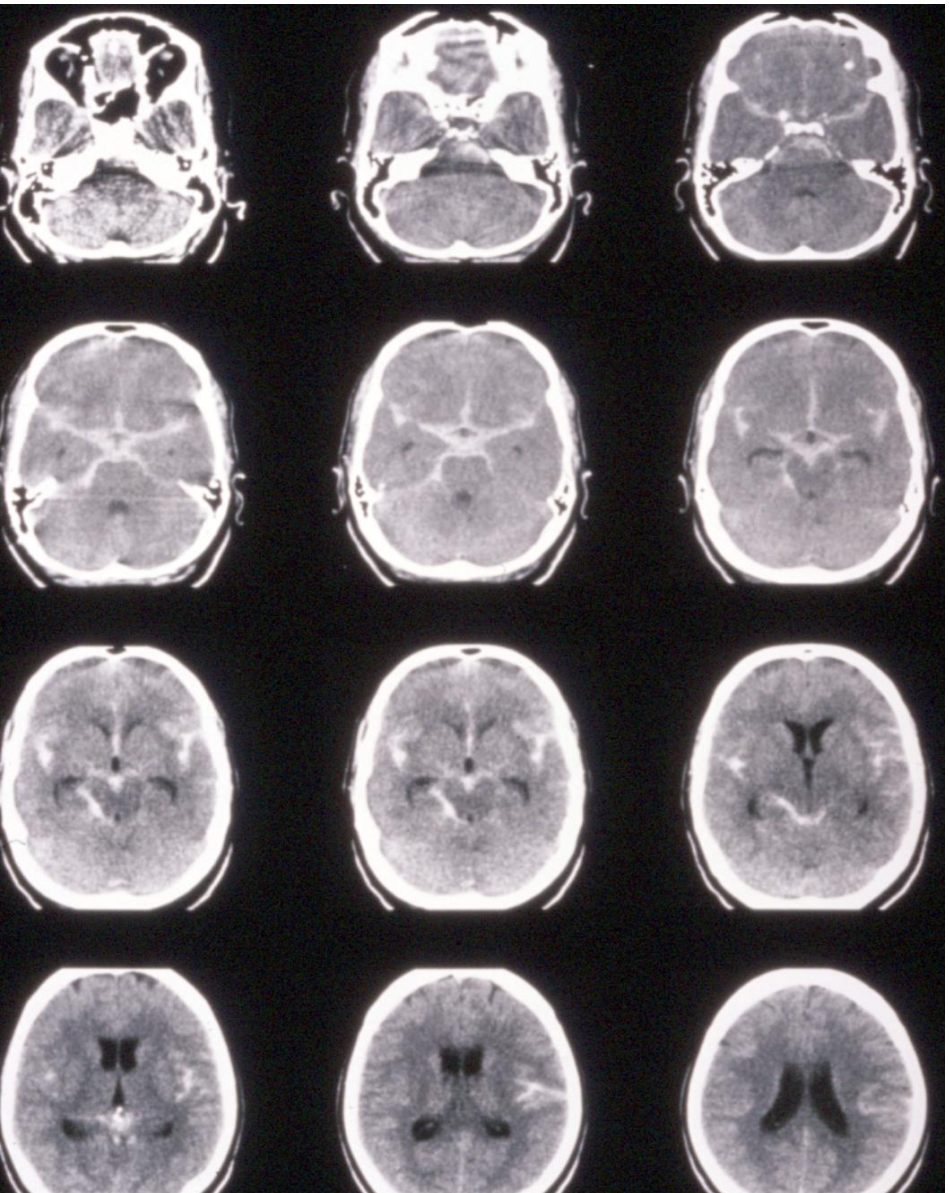
Alle heutigen Geräte arbeiten im Spiralverfahren, bei dem der Patient mit konstanter Geschwindigkeit entlang seiner Längsachse durch die Strahlenebene bewegt wird, während die Strahlenquellendetektoreinheit mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotiert.

Beim herkömmlichen Röntgenverfahren wird das abzubildende Objekt von einer Röntgenquelle durchleuchtet und durch die Projektion des Volumens auf eine Fläche, zweidimensional abgebildet.

Die Computertomographie umgeht dieses Problem, indem viele Röntgenbilder des Objekts aus den unterschiedlichsten Richtungen erstellt und nachträglich aus diesen Abbildungen. In der Regel setzen sich diese 3D-Rekonstruktionen aus Einzelschnitten zusammen, die quer durch das Objekt verlaufen. Auf diese Weise kann für jedes Volumenelement des Objektes (Voxel entspricht einem dreidimensionalen Pixel) der Absorptionsgrad ermittelt werden

Voxel (Kombination der Wörter *volumetric* und *pixel*) bezeichnet einen Datenpunkt („Bild“punkt) einer dreidimensionalen Rastergrafik.

Computertomographie (bei SAB)



- 3D CT-Angiographie

Angiographie (DSA)

Darstellung von Blutgefäßen die mit KM gefüllt werden, mittels Röntgenstrahlen. Das Röntgenbild zeigt dann den kontrastmittelgefüllten Gefäßinnenraum (Angiogramm).

Es können arterielle, venöse (Phlebographie) Blutgefäße, sowie auch Lymphgefäße (Lymphographie) dargestellt werden.

Eine Angiographie wird durchgeführt, um die exakte Gefäßarchitektur darzustellen und um Gefäßengstellen oder Blutungen aufzuspüren.

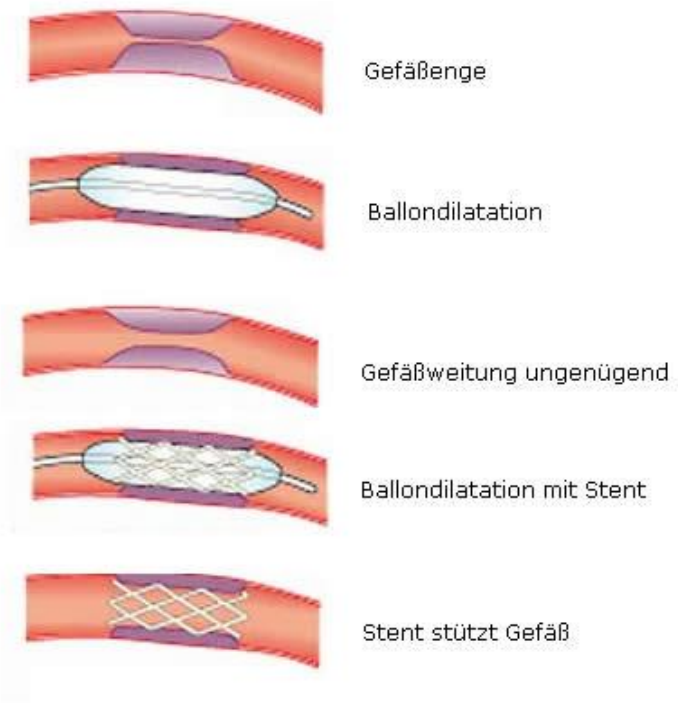
Zunächst wird eine Injektionsnadel (Schleuse) in das Gefäßsystem eingebracht und dann ein Katheter in das Gefäßsystem vorgeschoben. Vor Gabe des Kontrastmittels kann ein normales Bild (Leeraufnahme) von der untersuchten Körperregion angefertigt werden. Wird dann das Kontrastmittel über den Katheter in das Gefäß gespritzt, werden davon in schneller Abfolge Aufnahmen angefertigt. Sollten diese Bilder in digitaler Form gespeichert werden, kann man von den Angiographiebildern die Leeraufnahme subtrahieren. Störende Bildelemente, die auf den Bildern vorhanden sind (z. B. Knochen), werden dadurch ausgeblendet, was die Auswertung der Aufnahmen erleichtert = Digitale Subtraktionsangiografie (DSA).

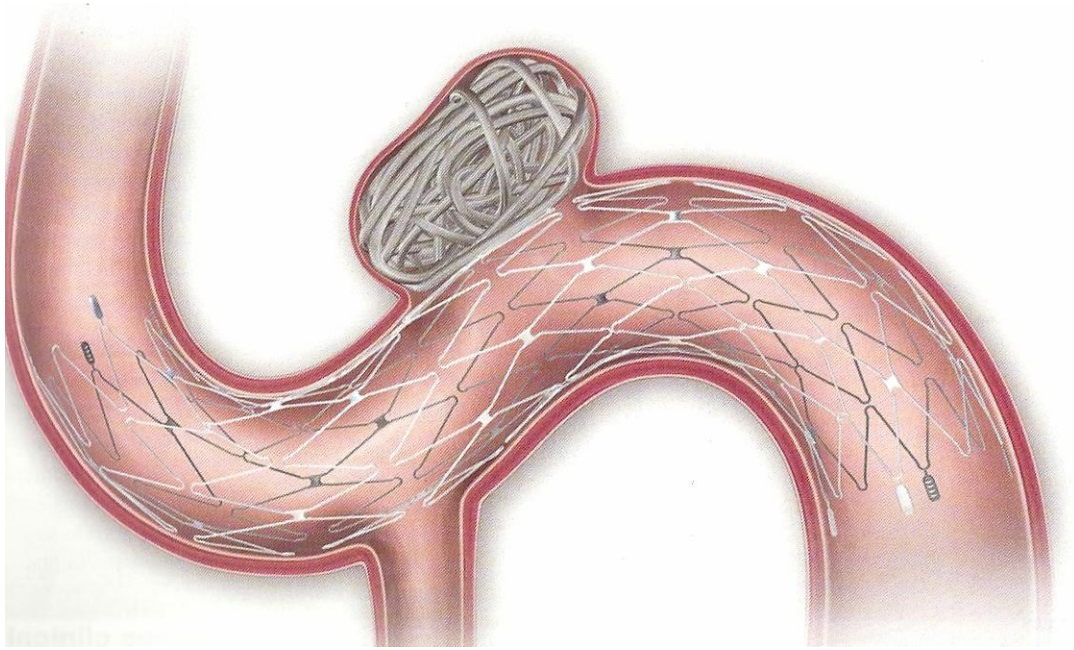
Die Angiographie zeigt die Kontrastierung der untersuchten Gefäße mit dem Blutfluss und bietet damit die Kombination aus morphologischer Information über das Füllungsbild und funktioneller Information über An- und Abflussverhalten des Kontrastes als Ausdruck der Hämodynamik.

Angiographie (DSA)

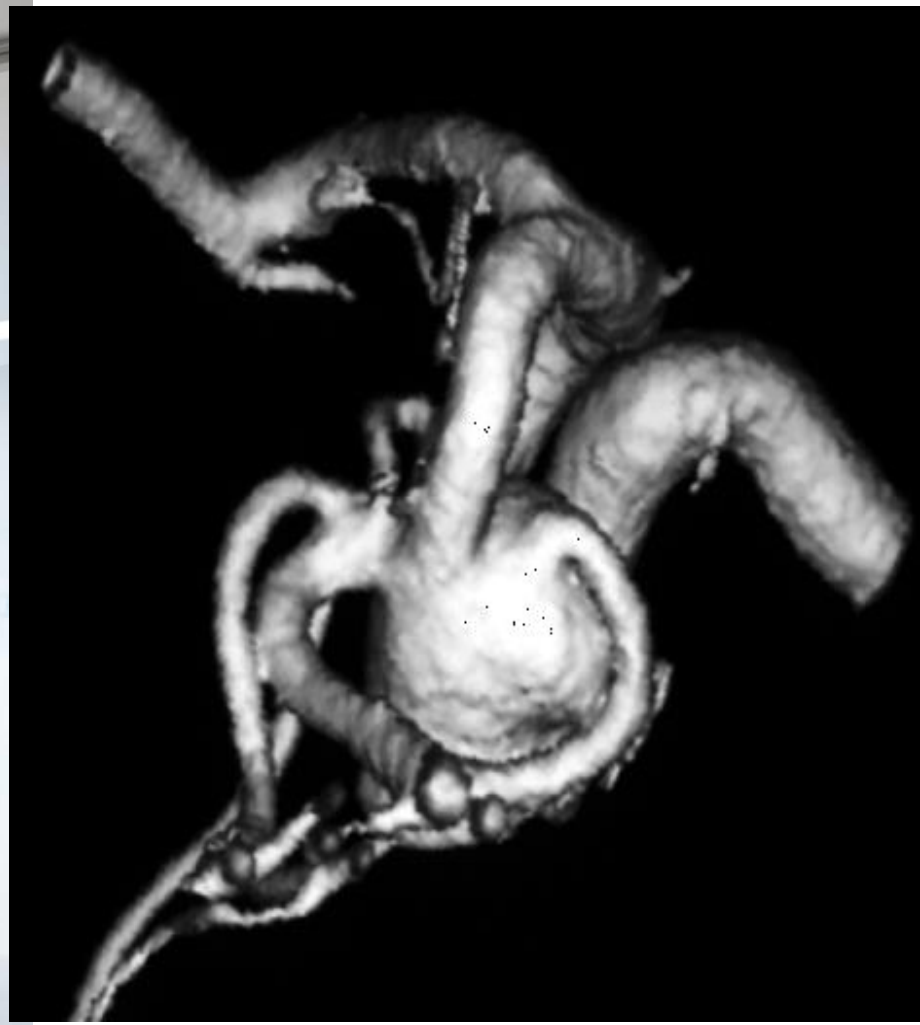
Während die reine Diagnose zunehmend auch mittels Computertomographie, Kernspintomographie oder Ultraschall erfolgen kann, erlaubt die Angiographie auch die direkte Behandlung der erkannten Probleme (Interventionelle Radiologie).

Mit winzigen Ballons können Gefäßverengungen aufgeweitet (Ballondilatation), kleine Drahtkörbchen (Stents) können zur Abstützung der Gefäßwände eingebracht und Blutungen bzw. Gefäßmißbildungen z. B. mittels kleinen Platinspiralen (Coils) von innen verschlossen werden.



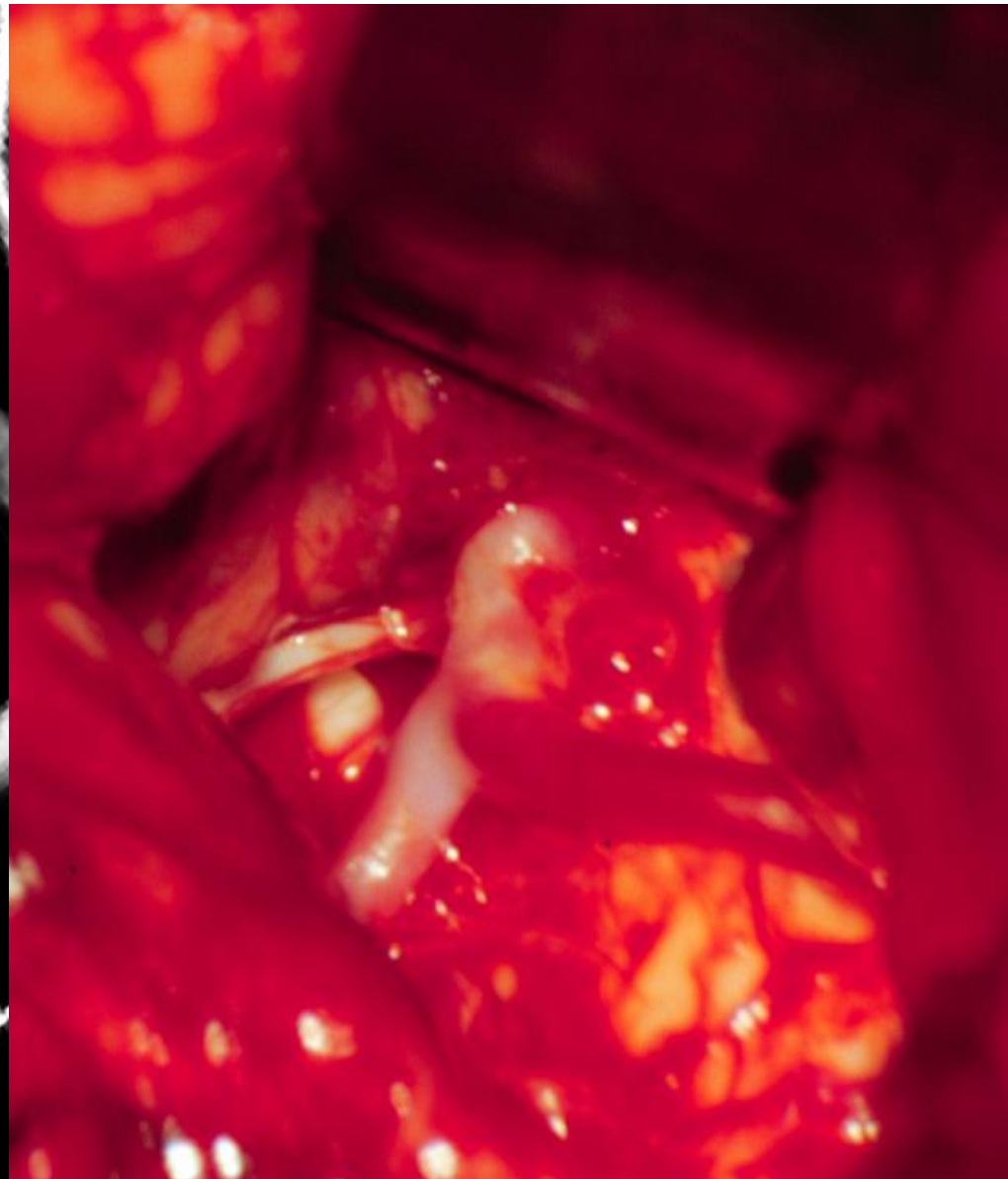


3D-Rotationsangiographie



3D-Rotationsangiographie

3D-Rotationsangiographie



Magnetresonanztomographie (MRT)

Die MRT basiert auf sehr starken Magnetfeldern sowie elektromagnetischen Wechselfeldern im Radiofrequenzbereich, mit denen bestimmte Atomkerne (meistens die Wasserstoffkerne/Protonen) im Körper resonant angeregt werden, die dann im Empfängerstromkreis elektrische Signale induzieren.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium neben der Bauform ist die Art der Magnetfeld-erzeugung, die bei niedrigen Feldstärken bis 0,5 Tesla durch Permanentmagneten oder konventionelle Elektromagneten erfolgen kann, während bei höheren Feldstärken (1,5 – 3 T) supraleitende Magnete eingesetzt werden.

Eine wesentliche Grundlage für den Bildkontrast sind unterschiedliche Relaxations-zeiten verschiedener Gewebearten. Daneben trägt auch der unterschiedliche Gehalt an Wasserstoff-Atomen in verschiedenen Geweben zum Bildkontrast bei.

Nach Abschalten des hochfrequenten Wechselfeldes nimmt diese transversale Magnetisierung ab, die Spins richten sich wieder parallel zum statischen Magnetfeld aus. Für diese sogenannte Relaxation benötigen sie eine charakteristische Abklingzeit. Die Abklingzeit ist von der chemischen Verbindung und der molekularen Umgebung abhängig, in der sich der angeregte Wasserstoffkern befindet. Daher unterscheiden sich die verschiedenen Gewebearten charakteristisch in ihrem Signal, was zu verschiedenen Signalstärken (Helligkeiten) im resultierenden Bild führt.

MRT (Probleme)

Metall am oder im Körper kann Nebenwirkungen und Bildstörungen verursachen. Manche Metallfremdkörper (Eisensplitter im Auge oder Gehirn) können durch Verlagerung oder Erwärmung während der Untersuchung sogar gefährlich sein, so dass eine Kernspin-Untersuchung bei solchen Patienten kontraindiziert ist. Moderne Metallimplantate wie Titan ist paramagnetisch und ist somit kein Problem.

Die Auflösung ist bei klinischen Standardsystemen durch technische Gegebenheiten auf etwa einen Millimeter begrenzt.

Durch die starken magnetischen Kräfte kommt es während der Aufnahme zu lauten Geräuschen und durch den geringen Durchmesser der Röhre (60 – 70 cm) haben viele Patienten Angstgefühle bei der Untersuchung.

Artefakte

Auslöschungs- und Verzerrungsartefakte (durch lokale Magnetfeldinhomogenitäten), sog. Suszeptibilitätsartefakte, Bewegungs- und Flussartefakte, Rückfaltungsartefakte (Objekt außerhalb des Sichtfelds (FOV), jedoch noch innerhalb der Empfangsspule), Chemical-Shift-Artefakte (durch unterschiedliche Präzessionsfrequenzen der Fett- und Wasserprotonen), Funkstörungen, metallische Gegenstände.

MRT (Gehirn - Untersuchungsmodalitäten)

anatomische Bildgebung

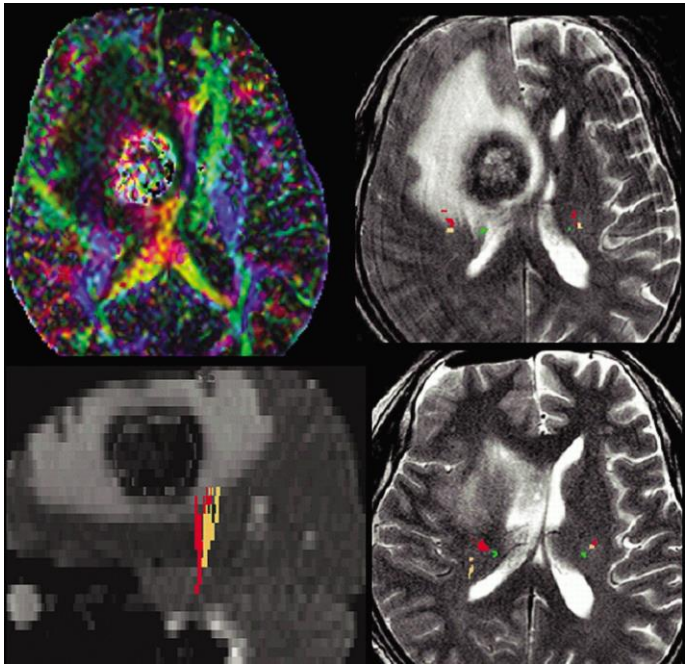
Diffusionsbildgebung

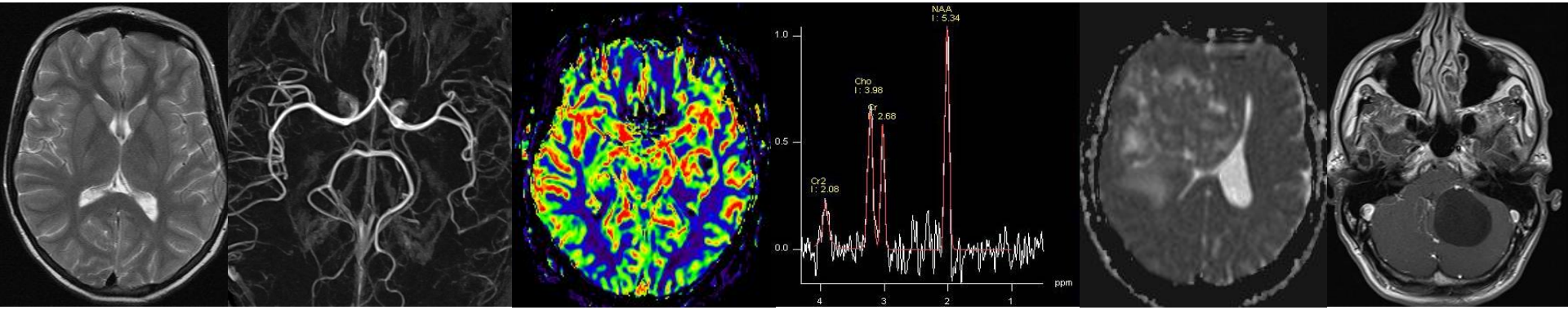
Perfusionsbildgebung

Spektroskopie

funktionelle MRT

zelluläre Bildgebung





Diskussion & Fragen

Gehirn und Zentrales Nervensystem
Struktur, Informationstransfer, Reizverarbeitung, Neurophysiologie und Therapie

Uwe Spetzger
Neurochirurgische Klinik, Klinikum Karlsruhe