

# Bewegungsartefakte und Sequenzoptimierung im MRT

Dorina Petersen



Wer mit dem MRT arbeitet, muss sich auch mit den Problemen dieser Untersuchungsmethode beschäftigen. Dem herausragenden Vorteil des hohen Gewebekontrasts stehen Nachteile gegenüber: Artefakte. Ziel dieses Artikels ist, die häufigen Bewegungsartefakte und die Sequenzoptimierung zu deren Reduktion zu erläutern. Neben Tipps und Tricks der Lagerung werden hier viele praxisnahe Möglichkeiten erläutert.

## MRT-Artefakte

MRT-Artefakte haben viele verschiedene Ursachen:

- MRT-Hardware,
- Spulentechnik,
- Raumabschirmung (was die Homogenität des Magnetfelds beeinflusst),
- die Gewebeheterogenität vor allem im Bereich der Fett-Wasser-Verschiebung,
- Fremdkörper in und an dem/der Patient\*in,
- der/die Patient\*in und dessen/deren Zustand.

Die MRT-Artefakte erkennen und erklären ist wichtig, da man zwischen

- Anatomie,
- Pathologie und
- Artefakt

unterscheiden muss.

### Merke

**Erst das Wissen über die Artefakte und deren Entstehung führt zur Fähigkeit, diese zu reduzieren oder gar zu beseitigen.**

## Artefakte durch elektromagnetische Störquellen

Hauptkomponenten eines MRT sind

- Magnet,
- Gradientensystem,
- Hochfrequenzanlage und
- das Rechnersystem.

Der Scannerraum muss von äußeren elektromagnetischen Störquellen abgeschirmt werden. Dies wird normalerweise bereits bei der Planung des Gebäudes oder des Raums berücksichtigt. Dennoch kann es vorkommen, dass es plötzlich zu Bildstörungen kommt. Die Gründe hierfür können vielfältig sein, hierzu zählen u. a.

- kaputte oder falsche Glühbirnen,
- defekte Hardware,
- eingebrachte elektrische Störquellen oder
- Bauarbeiten in der direkten Umgebung des Scanners.

## Artefakte durch Magnetfeldinhomogenitäten

Das Hauptmagnetfeld ( $B_0$ ) wird durch eine supraleitende Spule induziert. Alles, was in den Scannerraum hineingebracht wird, verursacht Magnetfeldinhomogenitäten. Dazu gehört der Mensch selbst, aber auch Gegenstände wie

- Rollstühle,
- Perfusoren,
- Transporttragen

und viele mehr. Um dadurch entstehende Artefakte zu reduzieren, verwendet man Shim-Spulen, die sich im Inneren des Magneten befinden. Sie sollen die Homogenität des Magnetfelds aufrechterhalten.

## Artefakte durch Gradientenspulen

Die Gradientenspulen dienen der Ortskodierung. Sie sind für die räumliche Auflösung des MRT-Bilds verantwortlich. Mit einer Erhöhung der Gradientenamplitude und einer Reduzierung der Gradientenschaltzeit lässt sich die Scanzeit reduzieren. Möchte man jedoch eine bessere Auflösung im Bild erreichen, sollte man mit einer eher höheren Gradientenstärke arbeiten. Die Hochfrequenzanlage, die u. a. aus Sende- und Empfangsspulen besteht, erzeugt Hochfrequenzimpulse, welche für die Anregung der Protonen im Field of View (FoV) benötigt werden.

## Artefakte durch Patient\*innen

Eine MRT-Untersuchung dauert im Vergleich zur CT-Untersuchung lange. Die Patient\*innen sind nicht selten aufgeregt. Sie haben Angst vor der Untersuchung, vor der Diagnose oder den möglichen Konsequenzen einer Diagnose. Das birgt immer ein potenzielles Risiko für Bewegungsartefakte.

Ein weiteres Problem ist die Konstitution und das Gewicht des/der Patient\*in. Die Sequenzoptimierung und Artefaktreduktion beginnt also immer bei der Vorbereitung des/der Patient\*in: Die positive Energie und/oder Stimmung, die man den Patient\*innen schon beim Aufrufen des Namens entgegenbringt, hat einen Einfluss auf die gesamte Untersuchung. Ist die Energie eher negativ und die Stimmung schlecht, kann es schnell zu Missverständnissen kommen. Der/die Patient\*in fühlt sich als Störfaktor. Das Gespräch ist dann meist kurz. Nicht selten passiert es gerade in solchen Situationen, dass kleinere Metallteile oder Schmuck in den Taschen vergessen werden. Patient\*innen neigen dazu, ihren Frust in Schmerz und Unruhe zu äußern. Häufig sind Bewegungsartefakte die Folge.

Ist die Energie hoch und die Stimmung gut, steht der Erfolg der Untersuchung unter einem ganz anderen Stern. Die Patient\*innen sind motivierter, haben Vertrauen, akzeptieren eher unbequeme Positionen zwecks der Lagerung deutlich leichter. Man erfährt im „Plausch“ mitunter auch mehr Details zum Krankheitsbild, was einem wiederum bei der Wahl und Planung des Protokolls behilflich sein kann.

Der Faktor Mensch spielt eine enorme, häufig unterschätzte Rolle in der täglichen Routine. Die Gerätetechnologie wird immer schneller. Die Sequenzen erlauben mittlerweile kürzere Untersuchungszeiten. Die Zeit verkürzt sich, die Durchsatzzahlen steigen. Stress ist die Folge.

Jeder Mensch ist unterschiedlich. Normalerweise ist ein Standardprotokoll für verschiedene Körperregionen und Indikationen auf dem Scanner hinterlegt. Mit diesen Protokollen ist man in der Lage, die meisten Patient\*innen so zu untersuchen, dass man auswertbare Bilder in einer guten Qualität bekommt. Nur sind viele Patient\*innen nicht Standard.

### Merke

**Eine Sequenzoptimierung ist schwierig, kein Mensch ist wie ein anderer: Es gibt korpulente, kachektische, große und kleine Menschen und eine Menge dazwischen.**

## Signal-Rausch-Verhältnis

Als Qualitätsmerkmal für gute Bilder wird häufig das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) verwendet. Es ist abhängig von

- der Hardware,
- der Planung,
- der Lagerung und
- einer Vielzahl von Parametern und deren korrekter Einstellung.

Es gibt kein Handbuch oder eine Schritt-für-Schritt-Anleitung, wie man Sequenzen für alle Patient\*innen immer perfekt optimiert. Es ist wichtig zu verstehen, dass jeder Parameter eine Wirkung auf das Bild und die Untersuchung hat. Wer die Parameter nicht kennt, kann eine Untersuchung nicht anpassen und optimieren.

### Merke

**Eine Veränderung der Parameter hat immer eine Auswirkung auf das Signal-Rausch-Verhältnis, die räumliche Auflösung, die Scanzeit und das Kontrast-Rausch-Verhältnis.**

Grundsätzlich ist das Ergebnis der Untersuchung abhängig von der Beschaffenheit des Gewebes, das untersucht werden soll. Das heißt, ob genügend Wasserstoffatome, die wir hauptsächlich in der MRT-Bildgebung nutzen, vorhanden sind und angeregt werden können oder nicht. Die Anzahl der Protonen in einem Voxel bestimmen das Signal. Je mehr davon vorhanden sind, desto größer ist das Signal. Mehr Signal bedeutet: Es leuchtet heller im Bild.

### Merke

**Der Kontrast und die Signalintensität werden durch TR, TE, TI und Flip-Winkel bestimmt. Das Signal-Rausch-Verhältnis ist proportional zum Volumen der Voxel.**

## HINTERGRUNDWISSEN

### Räumliche Auflösung

Die räumliche Auflösung ist abhängig von

- der Wahl des Field of View (FoV),
- der Schichtdicke,
- der Anzahl der Anregungen,
- der Matrix,
- der Phasencodierung,
- der Spulwahl und
- des Signal-Rausch-Verhältnisses.

## Einfluss der Parameter

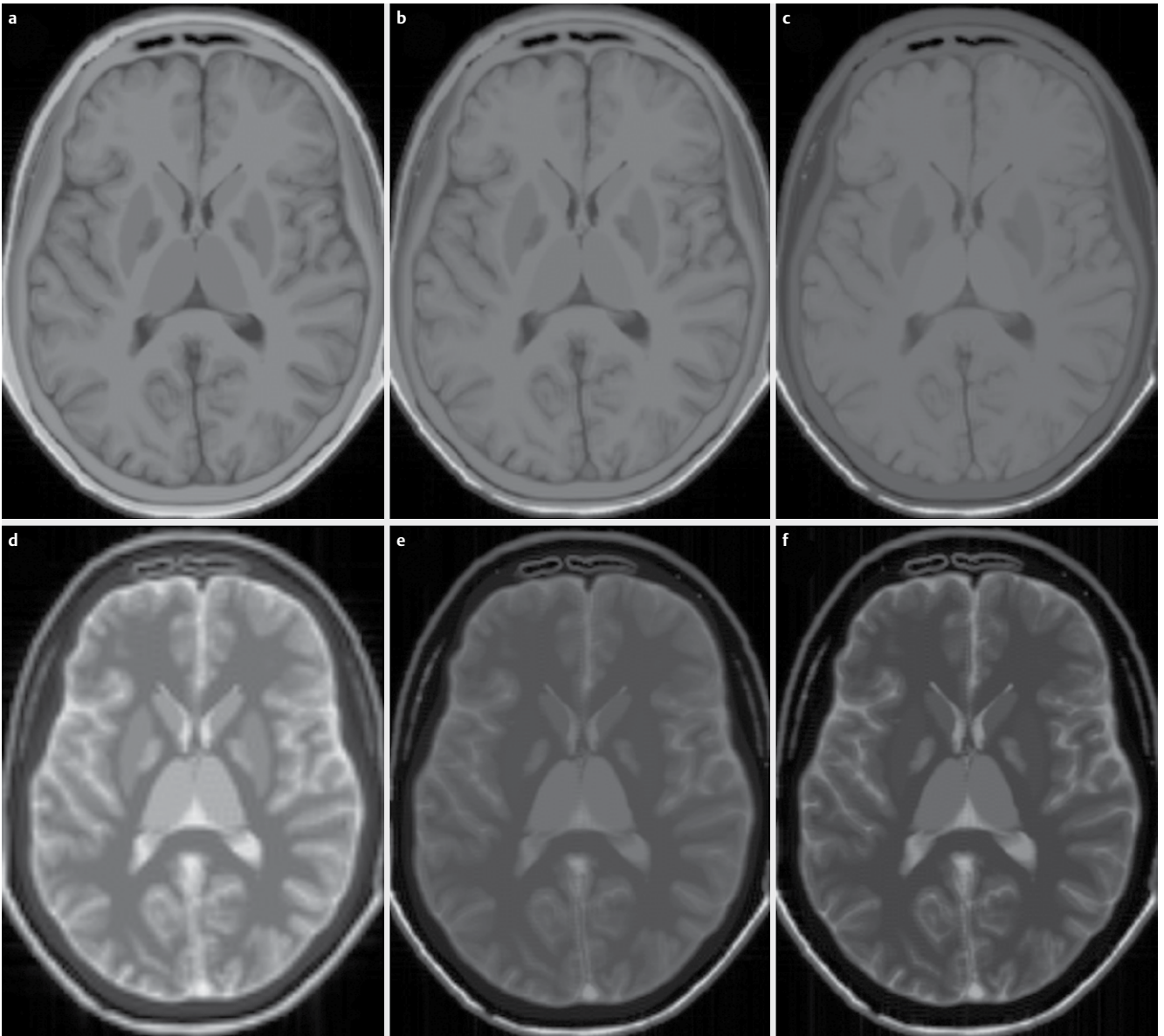
Die Parameter, die am häufigsten im Alltag verändert werden, um eine Untersuchung zu beschleunigen, sind die

- Repetitionszeit (Time to Repetition, TR) und
- Echozeit (Time to Echo, TE).

Reduziert man die TR, sinkt die Untersuchungszeit. Abhängig davon, welche Sequenz und Wichtung man gerade verwendet, hat dies jedoch auch einen mitunter starken Einfluss auf den Kontrast im Bild. Also ob man „hell und dunkel“ – „Licht und Schatten“ noch voneinander unterscheiden kann oder nicht. Würde man die TR als Baum bezeichnen, wäre die TE der Schatten. Je höher der Baum, desto größer der Schatten. Das ergibt den Kontrast zur Sonne.

## HINTERGRUNDWISSEN

Die Repetitionszeit (TR) ist die Zeit zwischen 2 aufeinanderfolgenden Anregungsimpulsen, die Echozeit (TE) ist die Zeit zwischen der Anregung und dem Signal.



► **Abb. 1** Kopfaufnahmen mit einer konstanten TR von 600 und einer variablen TE bei einer konstanten Matrix von  $224 \times 224$ . **a** TE 10, **b** TE 25, **c** TE 50, **d** TE 100, **e** TE 150, **f** TE 200.

Die folgenden Abbildungen sollen verdeutlichen, wie sich der Kontrast ändert, wenn man die Parameter TR und TE variabel verändert.

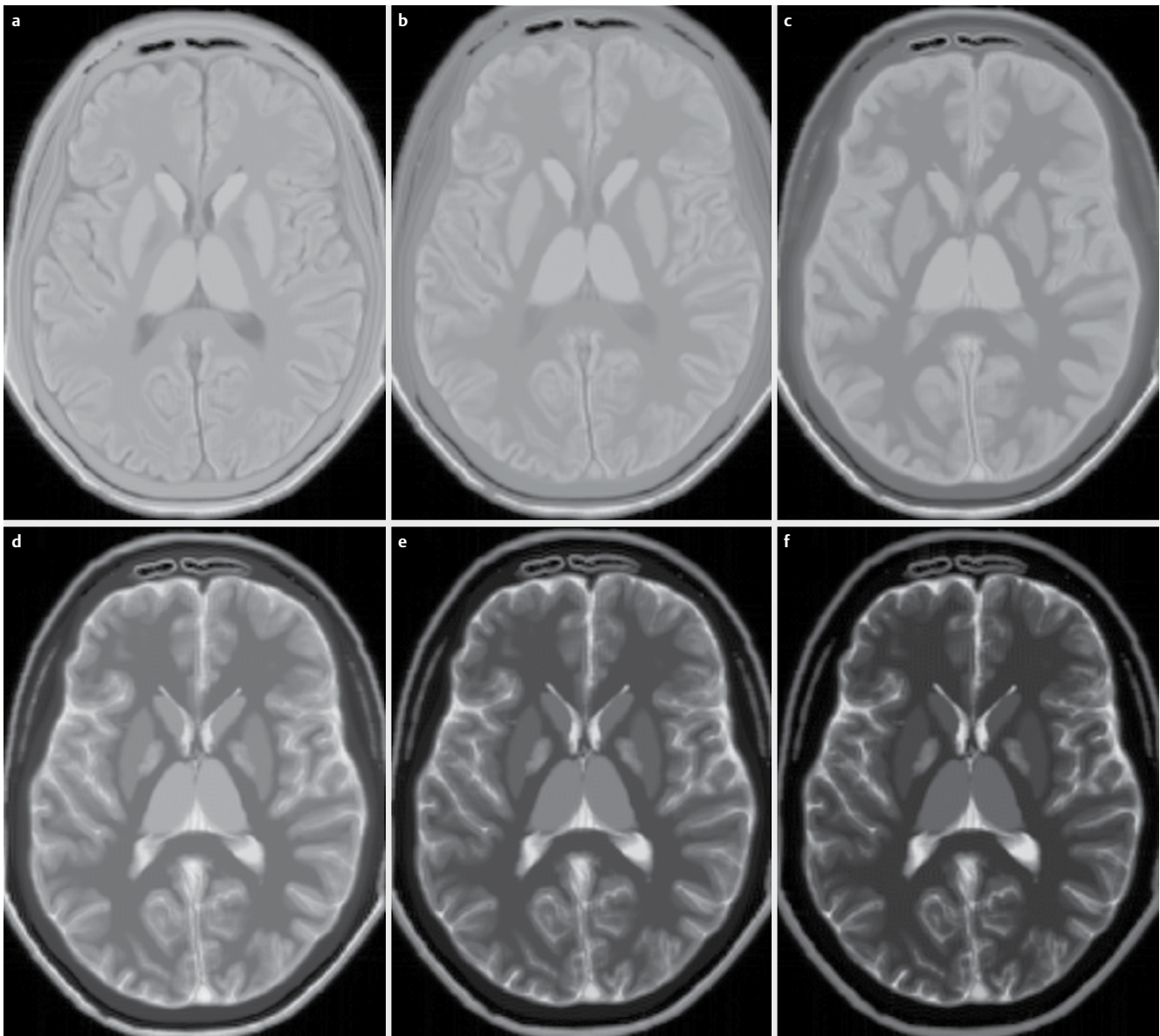
In der ► **Abb. 1** sind Kopfaufnahmen mit einer konstanten TR von 600 und einer variablen TE bei einer konstanten Matrix von  $224 \times 224$  gezeigt.

Mit zunehmender TE verwischt der Kontrast zwischen grauer und weißer Hirnsubstanz. Das in einer T1-gewichteten Aufnahme bekannte und gewollte dunkle Signal des Liquors und der grauen Hirnsubstanz, wie in ► **Abb. 1a** am besten zu erkennen, geht bei einer hohen TE ab 100 (► **Abb. 1d**) komplett

verloren. Schon ab einer TE zwischen 50 und 100 gleicht das Erscheinungsbild der Sequenz einer protonengewichteten Sequenz. Mit anderen Worten: Der Schatten wird immer kleiner und das Licht nimmt zu.

In der ► **Abb. 2** sind Kopfaufnahmen mit einer konstanten TR von 2800 und einer variablen TE bei einer Matrix von  $224 \times 224$  dargestellt.

Durch die nun deutlich höhere TR ist auch mehr Energie vorhanden, welche den Protonen zugeführt wird. Mit anderen Worten, der Baum ist nun sehr viel größer. Da die Protonen nun mehr Energie haben, benötigen wir auch

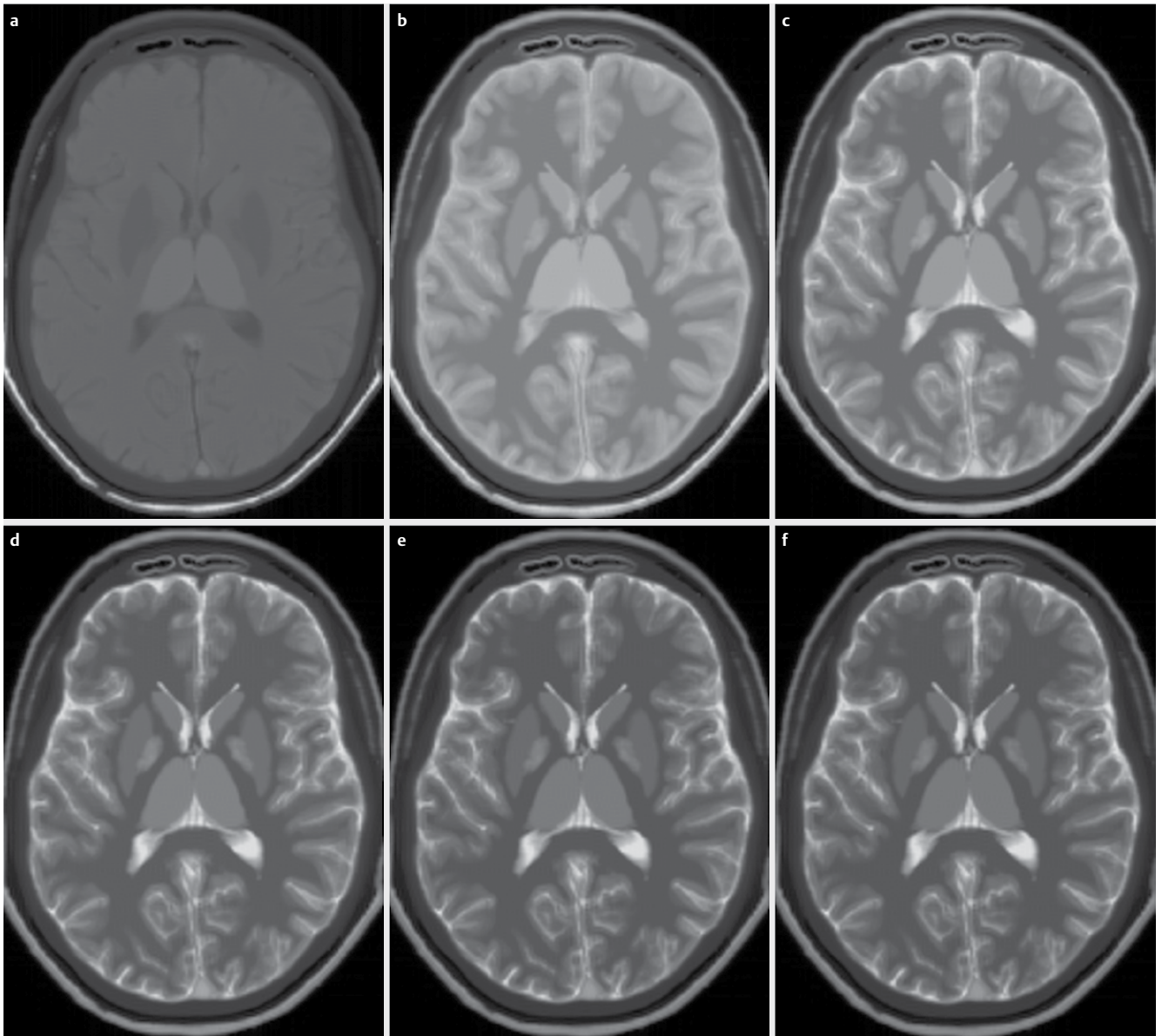


► **Abb. 2** Kopfaufnahmen mit einer konstanten TR von 2800 und einer variablen TE bei einer Matrix von  $224 \times 224$ . **a** TE 10, **b** TE 25, **c** TE 50, **d** TE 100, **e** TE 150, **f** TE 200.

eine deutlich höhere TE, um den Kontrast zwischen grauer und weißer Hirnsubstanz wiederherzustellen: „Der Schatten muss länger werden“. Man erkennt deutlich, dass der Kontrast mit niedriger TE am ehesten einer protonengewichteten Sequenz ähnelt und mit höherer TE dem Erscheinungsbild einer T2-gewichteten Sequenz immer ähnlicher wird.

In der ► **Abb. 3** sind Kopfaufnahmen mit einer konstanten TE von 80 und einer variablen TR bei einer Matrix von  $224 \times 224$  gezeigt.

An diesem Beispiel kann man sehr gut erkennen, dass der Kontrast zwischen weißer und grauer Hirnsubstanz mit steigender TR immer deutlicher wird. Die steigende TR führt den Protonen mehr Energie zu, die wiederum auch mehr Signal erzeugen. Mit anderen Worten: Die Größe des Baums passt zur Länge des Schattens. Es ist auch gut zu erkennen, dass ab einer TR von etwa 1800–2300 (► **Abb. 3a und b**) das Liquorsignal „umkippt“ und die Wichtung in Richtung PD kippt, bis sie schließlich einer T2-gewichteten Sequenz ähnelt.



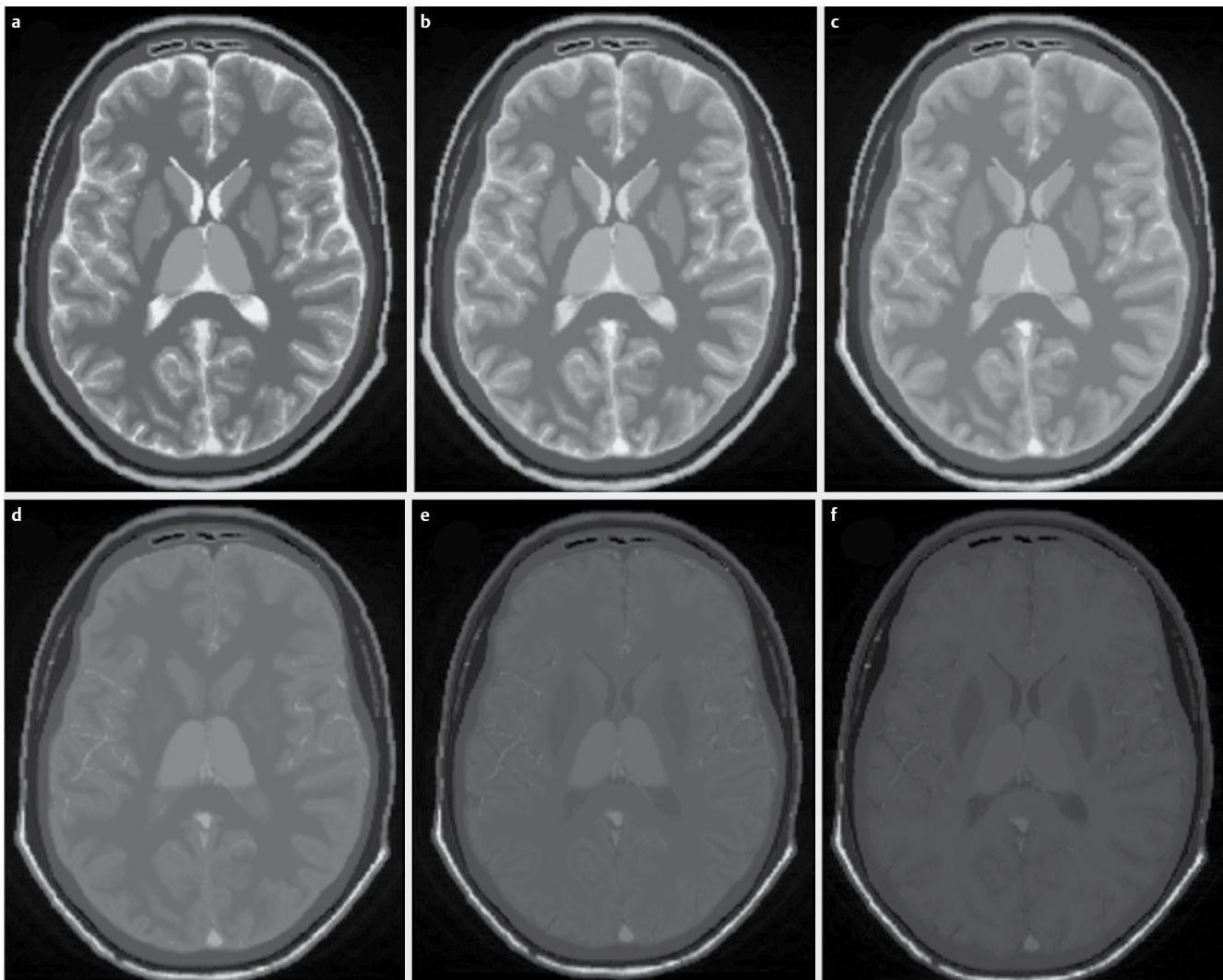
► **Abb. 3** Kopfaufnahmen mit einer konstanten TE von 80 und einer variablen TR bei einer Matrix von 224 × 224. **a** TR 1000, **b** 2500, **c** 5000, **d** 10 000, **e** 15 000, **f** 20 000.

In der ► **Abb. 4** sind Kopfaufnahmen einer T2-gewichteten Sequenz mit einer konstanten TE 100 und einer variablen TR bei einer Matrix 224 × 224 gezeigt.

An diesem Beispiel kann man sehr gut erkennen, wie der Kontrast immer schlechter wird, je weniger Energie die Protonen erhalten. Die hohe TE verursacht ein immer dunkler werdendes Bild. „Der Schatten nimmt zu“. Schon ab einer TR von knapp 3000 (► **Abb. 4b und c**) nimmt das Liquorsignal stark ab und die Unterscheidung zwischen grauer und weißer Hirnsubstanz ist erschwert.

#### HINTERGRUNDWISSEN

Die Reduktion der Repetitionszeit (TR) ist ein gängiges Hilfsmittel, um Zeit zu sparen. Damit kann man aber schnell den Kontrast und somit auch die Darstellung verschiedener Gewebe im Bild stark verändern. Eine solche einfache Veränderung kann somit anatomische, aber auch pathologische Strukturen im Bild einfach verschwinden lassen. Auch wenn es eine gute Methode ist, die Untersuchungszeit zu verkürzen und somit bewegungsinduzierte Artefakte zu reduzieren.



► **Abb. 4** Kopfaufnahmen einer T2-gewichteten Sequenz mit einer konstanten TE 100 und einer variablen TR bei einer Matrix  $224 \times 224$ . **a** TR 5000, **b** 3000, **c** 2000, **d** 1000, **e** 500, **f** 170, 1.

## Bewegungsartefakt

Schauen wir uns das Bewegungsartefakt genauer an. Es äußert sich durch Geisterbilder und wiederkehrende Strukturen, die das Bild überlagern und zu einer Unschärfe führen. Es tritt in der Regel in Phasencodierrichtung auf. In der ► **Abb. 5** erkennt man deutlich die Bewegungsartefakte in Phasencodierrichtung a.-p., die durch Atmung und Schmerz verursacht wurden, an den immer wieder im Bild auftauchenden hellen, leicht gekrümmten Linien.

### Merke

Das Bewegungsartefakt gehört zu den häufigsten Artefakten in der MRT-Diagnostik.

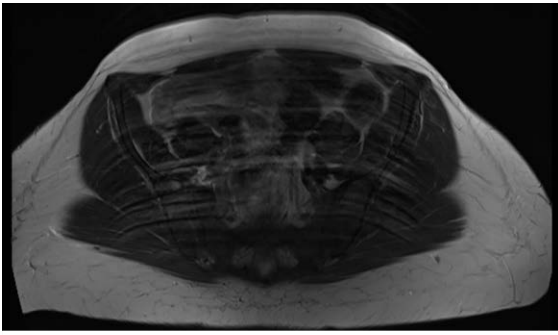
Die Grundursachen dieses Artefakts sind willkürliche und unwillkürliche Bewegungen des/der Patient\*in. Zu den unwillkürlichen Bewegungen zählen

- Blutfluss,
- Atmung,
- Zittern,
- Zucken,
- Peristaltik,
- Pulsation,
- Herzschlag.

Mögliche Ansätze, die diese Artefakte bis zu einem bestimmten Grad reduzieren, gibt es viele. Klar ist jedoch, dass es noch keine Wunderwaffe für die vollständige Beseitigung zu geben scheint.

## Vorbeugung von Bewegungsartefakten

Bereits vor der Untersuchung kann man mit der Prävention beginnen. Die Aufklärung des/der Patient\*in und gute Instruktionen sind ein guter Anfang. Je besser der/die Patient\*in über



► **Abb. 5** Bewegungsartefakte bei einer Abdomenbildgebung, sichtbar an den hellen Streifen im Bild.

die Notwendigkeit einer für ihn/sie aufwendigen und unbequemen Lagerung und Untersuchung informiert ist, desto höher ist die Motivation, diesen Hinweisen zu folgen, um die Artefakte zu vermeiden. Die Verwendung von Atemanhalte-techniken gilt als effektive Methode, vor allem in der Herz- und Abdomenbildgebung. Das Problem hierbei ist die nicht konstante Atemtieflage und die für den/die Patient\*in teilweise sehr schnell aufeinanderfolgenden Atemkommandos. Dies erzeugt Stress und Unruhe.

## Atemtechnik

### PRAXIS

#### Tipp 1: Atmung

Bei der Abdomenbildgebung sollte vor Beginn der Untersuchung bereits festgelegt werden, ob die Untersuchung in Inspiration oder Expiration durchgeführt wird.

Eine Abweichung der Atemhysterese vor und nach dem Localizer oder während der Untersuchung führt zwangsläufig zu Bildstörungen. Das heißt, die Untersuchung muss entweder in Ex- oder Inspiration durchgeführt werden. Artefakte entstehen in beiden Atemtieflagen. Durch Übungen vor Beginn der Untersuchung kann man herausfinden, wie lange der/die Patient\*in die Luft in- oder Expiration anhalten kann und somit das Protokoll bereits optimieren.

Das Angebot der Kommunikation kann hier ebenfalls behilflich sein. Wenn man dem/der Patient\*in sagt, wie viele Atemkommandos noch folgen werden oder wie viele Sekunden der/die Patient\*in die Luft beim nächsten Atemkommando anhalten muss, steigert das das Durchhaltevermögen.



► **Abb. 6** Antistressball in der Hand eines/einer Patient\*in.

## Antistressball

### PRAXIS

#### Tipp 2: Antistressball

Verwenden Sie einen Antistressball.

Durch das Anreichen eines Antistressballs können Unruhe und Angst bei dem/der Patient\*in abgebaut werden. Auch kann ein solcher Ball helfen, die Atemanhaltetechnik während den atemgetriggerten Untersuchungen optimaler zu gestalten. Die ► **Abb. 6** zeigt einen solchen Ball in der Hand eines/einer Patient\*in. Er muss genügend Widerstand besitzen und sollte sich nicht allzu schnell beim Öffnen der Hand in seinen vollen Umfang entfalten.

Der/die Patient\*in soll den Ball so lange fest zusammendrücken, solange er/sie die Luft anhalten kann. Wenn die Luft knapp wird, soll die Hand langsam geöffnet werden. Ist der Ball vollständig entfaltet, soll weitergeatmet werden. Mit diesem Trick lenkt man die Aufmerksamkeit des/der Patientin auf den Ball. Dies kann dazu führen, dass andere Probleme wie

- Schmerz,
  - Luftnot und/oder
  - Unruhe
- in den Hintergrund rücken.

Auch kann er helfen, Schmerzen oder Angst zu minimieren. Wenn z. B. die rechte Schulter des/der Patient\*in untersucht wird und der Ball wird in seine/ihre linke Hand gegeben, kann man Instruktionen geben wie, „die Hand langsam schließen und öffnen und nach diesem Rhythmus atmen“. Das entspannt und reduziert Nervosität und Schmerz.

## Lagerung

Eine bequeme Lagerung sollte stets angestrebt werden, insofern es die Indikation und Situation zulassen. Druckstellen, seien sie noch so klein, können im Laufe einer Untersuchung für den/die Patient\*in zu einem richtigen Problem werden.

## Komprimierung

Eine Komprimierung des/der Patient\*in, z. B. bei abdominellen Untersuchungen, mittels MRT-fähigen Stretchgurten kann zu einer Reduzierung der Bewegungsartefakte durch die Atmung führen. Die ► **Abb. 7** zeigt einen Patienten mit angelegter Leibbandage bei einer abdominellen MRT-Untersuchung.

Wichtig ist: Der/die Patient\*in sollte nicht eingequetscht werden. Im MRT ist es ohnehin schon eng. Der Gurt sollte also nicht so fest sein, dass es schmerzhaft oder sehr unangenehm wird. Durch das Anlegen eines solchen Gurtes atmet der/die Patient\*in mehr in die Lunge als in den Bauch. Des Weiteren hat es Vorteile bei der Wahl des geeigneten FoV, um Einfaltungen zu vermeiden.

## Lagerung der Arme

### PRAXIS

#### Tipp 3: Lagerung

Lagern Sie die Arme des/der Patient\*in bei abdominellen Untersuchungen über dem Kopf.

Verwenden Sie für die Lagerung der Arme über dem Kopf Lagerungskissen, die die Arme bequem unterpolstern. Geeignet hierfür sind auch ausgediente CT-Schalen aus Hartplastik, wie sie bei der Thorax-Abdomen-Diagnostik zum Einsatz kommen. Alternativen sind Lagerungskissen, welche in OP-Sälen zum Einsatz kommen oder ein herkömmliches Stillkissen. Achten sie jedoch darauf, dass bei den Stillkissen keine Reißverschlüsse aus Metall verarbeitet sind. Die



► **Abb. 7** Patient mit angelegter Leibbandage.

► **Abb. 8** zeigt das Lagerungskissen der Firma Pearl Technology, welches aus MRT-fähigem Material besteht und eine optimale Unterpolsterung der Arme gewährleistet.

Durch die Position der Arme streckt sich der Körper. Das FoV kann dadurch besser den Hautgrenzen angepasst werden. Man hat deutlich weniger Bildstörungen wie Rauschen und Einfaltungen. Der/die Patient\*in kann mit den Armen über dem Kopf nicht so tief einatmen, wie mit nach unten gelagerten Armen. Im Alltag ist die Lagerung der Arme, je nach Umfang des/der Patient\*in, nicht immer einfach. Häufig befinden sich die Arme nicht neben dem Körper, sondern sie werden aufgrund der Enge teilweise mit in der Spule befestigt oder auf dem Körper platziert. Das führt zu starken Einfaltungen und einem vermehrten Rauschen im Bild. Da die Arme hier häufig auch direkt an der Tunnelwand liegen, können an dieser Stelle auch Verbrennungen entstehen. Das Risiko minimiert man zusätzlich, wenn man die Arme über dem Kopf lagert.

## Kleinkinder und Säuglinge: Fütterung und Pucken

Hat man Kleinkinder und/oder Säuglinge auf dem Untersuchungstisch, hat sich eine Fütterung, die zeitlich mit dem Beginn der Untersuchung abgestimmt ist, als gute Methode bewährt. Auch das Pucken ist eine Alternative. Kinder, die eng in ein dünnes Tuch gewickelt werden, neigen eher dazu, einzuschlafen. Mittlerweile gibt es hierfür spezielle Lagerungshilfsmittel, die eine Fixierung vor allem bei Säuglingen optimieren.



► **Abb. 8** Lagerungskissen der Firma Pearl Technology zur Positionierung der Arme über dem Kopf.

## Gehörschutz

Der Gehörschutz dient zusätzlich der Entspannung. Den Patient\*innen, besonders solchen, die sich nicht äußern können, sollte stets ein doppelter Gehörschutz, d. h. Oropax und Kopfhörer, angeboten werden.

## Sedierung

Je nach Untersuchungsprotokoll, Zustand des/der Patient\*in und Situation können Medikamente, die eine moderate Sedierung oder eine Unterdrückung der Peristaltik zur Folge haben, Bewegungs- oder Darmmotilitätsartefakte reduzieren.

## Schlafmaske

Bei Kopfuntersuchungen, insbesondere bei Orbitafragestellungen, ist es sinnvoll, die Augen abzudecken oder alternativ eine Schlafmaske anzubieten. Sollte der/die Patient\*in dies nicht wollen, muss er über die Notwendigkeit bzw. über die möglicherweise entstehenden Artefakte und der Einschränkung des Untersuchungsergebnisses hingewiesen werden.

## Technische Möglichkeiten zur Artefaktreduzierung

Es gibt auch Möglichkeiten, das Artefakt zusätzlich technisch zu reduzieren. Dazu zählen u. a.

- Oberflächenspulen,
- Sättigungsbänder und Vorsättigungsimpulse,
- Fettunterdrückungstechniken wie SPAIR, STIR, TIRM usw.,
- schnelle Bildgebung zur Reduzierung der Bildaufnahmezeit,
- ultraschnelle Single-Shot-Sequenzen wie HASTE, TrueFISP oder EPI,
- parallele Bildgebung wie GRAPPA und SENSE,
- spezielle Sequenztypen wie BLADE, Propeller, Multi Vane, Jet usw.,
- Tausch von Phasen- und Frequenzcodierung.

Die oben aufgeführten technischen Möglichkeiten sind im Folgenden beschrieben.

### Oberflächenspulen

Dicht am Isozentrum des zu untersuchenden Organs platziert, können sie dazu führen, dass Artefakte aus der Tiefe nicht so zur Geltung kommen. Als Beispiel dient hier die Lendenwirbelsäulenbildung. Die Bewegung der Bauchwand, die sich weiter weg von der Spine-Spule befindet, kommt in der Aufnahme deutlich weniger zur Geltung.

### Sättigungsbänder und Vorsättigungsimpulse

Bewegte Strukturen im Bild können durch Sättigungsbänder und Vorsättigungsimpulse unterdrückt werden. Zum Beispiel bei der Time-of-Flight (ToF)-Angiografie. Das Sät-

tigungsband oberhalb des Schichtblocks reduziert das Signal der Venen (► **Abb. 9**).

### Fettunterdrückungstechniken wie SPAIR, STIR, TIRM usw

Diese Techniken können sehr hohe Signale und Artefakte, die vom Fett ausgehen, effektiv reduzieren.

### Schnelle Bildgebung zur Reduzierung der Bildaufnahmezeit

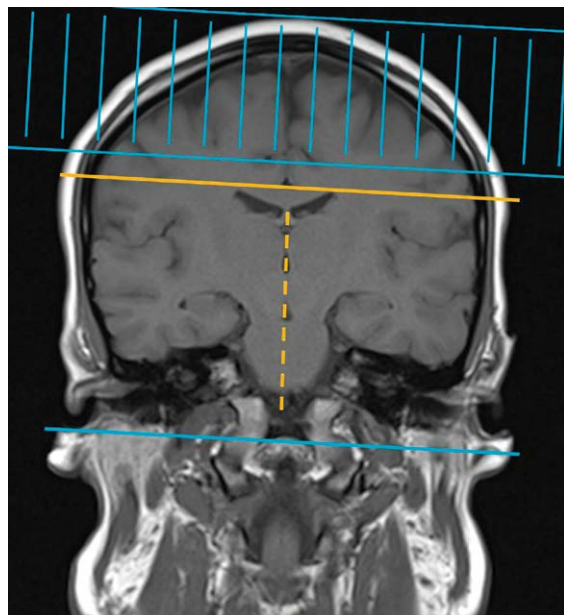
Es gibt eine breite Verfügbarkeit von schnellen Bildgebungstechniken. Kürzere Scan- und Untersuchungszeiten steigern die Motivation des/der Patient\*in, still liegen zu bleiben oder den Anweisungen eher zu folgen.

### Ultraschnelle Single-Shot-Sequenzen wie HASTE, TrueFISP oder EPI

Diese Sequenzen können Bilder in einem Atemhaltezyklus erstellen. Der Nachteil ist, dass dies häufig mit Verlust der räumlichen Auflösung einhergeht. EPI-Sequenzen sind außerdem anfällig für geometrische Verzerrungen und können gar neue Artefakte erzeugen.

### Parallele Bildgebung wie GRAPPA und SENSE

Die parallele Bildgebung kann die Bildaufnahme ebenfalls beschleunigen. Der Vorteil dieser Techniken ist, dass sie mit verschiedenen Pulssequenzen kombinierbar sind. Ihr Nachteil ist, dass diese Art der Beschleunigung wiederum andere Artefakte erzeugt, insbesondere wenn der SENSE-Faktor zu hoch



► **Abb. 9** TOF-Planungsbild mit eingezeichnetem Sättigungsband (blau). Quelle: Petersen D. MRT-Einstelltechnik und Protokolle. Stuttgart: Thieme 2022.

eingestellt ist. Dies ist häufig in der abdominellen Bildgebung durch starkes Rauschen und wenig Detailerkennbarkeit in der Bildmitte auf Höhe der Leber und des Herzens zu erkennen.

### Spezielle Sequenztypen wie BLADE, Propeller, Multi Vane, Jet usw

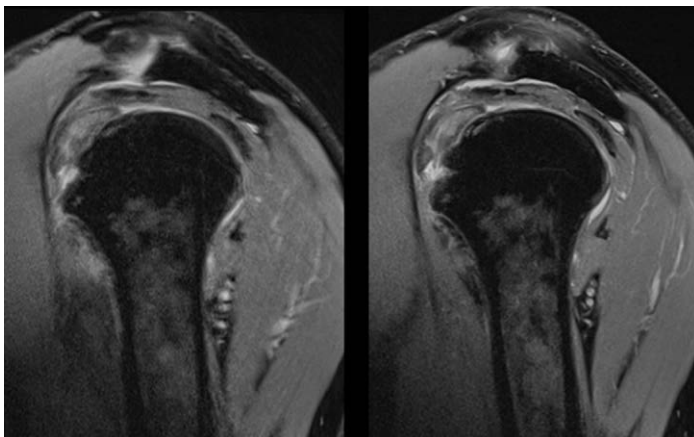
Diese speziellen Sequenztypen sind mittlerweile auf allen Scannern verfügbar, sind bei Bewegung sehr gut anwendbar und dienen der Bewegungskorrektur.

### Tausch von Phasen- und Frequenzcodierung

Der Tausch von Phasen- und Frequenzcodierung ist eine übliche Anwendung, um Bewegungsartefakte zu reduzieren. Das Problem ist, dass der Tausch im Grunde „nur“ die Richtung des Artefakts verändert und nicht das Artefakt selbst. Diese Anwendung kann Bewegung im FoV in eine Richtung verringern, andere Bewegungen aber vermehrt ins Bild projizieren. Die ► **Abb. 10** zeigt eine solche Änderung der Phasencodierung. Auf dem linken Bild ist sie in Head-Feet (HF)-Richtung. Der/die Patient\*in atmet aufgrund von Nervosität etwas schneller und zieht dabei die Schulter immer ein wenig hoch. Das führt zu den typischen Artefakten und der Unschärfe im Bereich des Akromioklavikulargelenks (AC-Gelenk).

Die Aufnahme in ► **Abb. 10** wurde direkt im Anschluss mit einer veränderten Phasencodierrichtung a.-p. wiederholt. Nun sind die Artefakte verschwunden und die Bildschärfe ist deutlich besser. Das funktioniert aber nicht bei jedem/jeder Patient\*in. Durch die Änderung kann man z. B. Gefäße, die in der einen Richtung nicht ins Bild projiziert werden, nun sichtbar machen.

Des Weiteren sollte die Phasencodierrichtung optimalerweise immer in die kürzeste Ache des FoV gelegt werden, um Einfaltungen zu vermeiden. Hat der/die Patient\*in z. B. einen sehr dicken Bauch, aber eine schlanke Taille, ist es sinnvoll, die Phasencodierung bei axialen Bildern in RL zu



► **Abb. 10** Schulterbilder mit Änderung der Phasencodierrichtung: links: vorher, rechts: nachher.

ändern. Das kann dazu führen, dass die Aorta einen Pulsationsartefakt erzeugt, aber es reduziert das Risiko von Einfaltungs- und Bewegungsartefakten, weil das FoV nicht den kompletten Bauchumfang abdecken kann.

### ZUSATZINFO

Es gibt zahlreiche wissenschaftliche Artikel zu dem Thema Artefakte und ihre Reduzierung.

Die Entwicklung neuartiger Sequenzen, die eine noch schnellere Bildgebung ermöglichen, ist rasant. Die Anwendungen werden einfacher. Es wird immer technischer und man muss immer weniger an den Sequenzen selbst ändern. Ein Grund mehr, sich auf den/die Patient\*in zu fokussieren. Der Mensch, der auf dem Tisch liegt, hat ein schlagendes Herz. Er hat Probleme, Schmerzen und Einschränkungen. Aber auch der Mensch, der am MRT sitzt, darf nicht vernachlässigt werden. Immer schnelle Untersuchungen führen den Menschen ans Limit. Die Kommunikation und ein gutes Gespräch, ist das Erste, was darunter leidet; dabei können sie einem mitunter vielmehr sagen als ein Dutzend MRT-Untersuchungen.

### KERNAUSSAGEN

- Das Bewegungsartefakt ist das häufigste Artefakt in der MRT-Bildgebung. ■ an Autorin: von Red ergänzt ■
- Bewegungsartefakte treten häufig in Phasencodierrichtung auf. Ein Tausch der Phasen- und Frequenzcodierrichtung kann Abhilfe schaffen, sollte aber mit Bedacht angewendet werden. Der Tausch ändert im Grunde nur die Richtung des Artefakts, beseitigt diesen aber nicht.
- Kommunikation ist enorm wichtig. Die Patient\*innen haben Angst, Schmerzen und sind nervös. Sie zu beruhigen hilft häufig mehr als ein sedierendes Medikament. Je besser der/die Patient\*in aufgeklärt ist, desto besser macht er/sie mit.
- Parameterveränderungen müssen stets mit Bedacht angewendet werden. Eine einfache Reduzierung der TR und TE kann zum Verschwinden von anatomischen und pathologischen Strukturen führen. Wenn man Parameter verändert, sollte man wissen, welche Wirkung diese auf das Bild haben.
- Eine individuelle Sequenzoptimierung führt zum Erfolg. Eine Mischung aus den technischen Möglichkeiten wie Propellersequenzen, Fettsättigung und ultraschnelle Bildgebungen und den physiologischen Optimierungsmethoden können zu einem nahezu perfekten Ergebnis führen.

## Interessenkonflikt

---

Die Autorin gibt an, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

## Autorinnen/Autoren

---



### Dorina Petersen

Jahrgang 1984. MTR seit 2005; Qualifikationen: MRT-Sicherheitsexpertin, MRT-Spezialistin, CT-Spezialistin. Seit 2015 nebenberuflich aktiv als Dozentin und Referentin in der Schnittbild-diagnostik mit dem Schwerpunkt CT. 2020 Fachbuchautorin für MRT-Einstelltechnik und Protokolle. Seit 2020 Referentin und Dozentin mit Schwerpunkt MRT. Seit 2022 freiberufliche MTR. Nebenberuflich Remote-MTR, Dozentin und Referentin.

## Korrespondenzadresse

---

### Dorina Petersen

■ An Autorin: bitte noch einfügen ■  
Dorina.Petersen@t-online.de

## Literatur

---

- [1] Petersen D.. MRT-Einstelltechnik und Protokolle. Stuttgart: Thieme; 2022
- [2] ■ An Autorin: ggf. weitere Quellen ergänzen ■

## Bibliografie

---

Radiopraxis 2023; 16: 1–12

DOI 10.1055/a-1951-4695

ISSN 1866-1033

© 2023. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany

## CME-Fragen bei CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Unter <https://cme.thieme.de/■■■> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests und zum Artikel. Sie finden dort auch den genauen Einsendeschluss. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung.

Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://eref.thieme.de/CXFTHr9> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests.

VNR ■■■



### Frage 1

Welcher ist das häufigste Artefakt in der MRT-Bildgebung?

- A Gibbs-Artefakt
- B Ghosting-Artefakt**
- C Zipper-Artefakt
- D Aliasing-Artefakt
- E Suszeptibilitätsartefakt

### Frage 2

Was gehört nicht zu den typischen Ursachen für Artefakte?

- A Patient\*in
- B Hardware
- C Abschirmung
- D Kontrastmittel**
- E Parameter

### Frage 3

Was beeinflusst die Magnetfeldhomogenität am wenigsten?

- A Mensch
- B Rollstühle
- C Tragen
- D Beatmungsgeräte
- E Spulen**

### Frage 4

Was hat keinen Einfluss auf das Ergebnis der Untersuchung?

- A die Feldstärke
- B die Spulwahl
- C die Stimmung der Mitarbeiter
- D die Temperatur des Kontrastmittels**
- E die Wahl der Glühbirnen

### Frage 5

Was hat weniger Einfluss auf den Kontrast im MRT-Bild?

- A FoV**
- B TR
- C TI
- D TE
- E Flip-Winkel

### Frage 6

Was hat weniger Einfluss auf die räumliche Auflösung im MRT-Bild?

- A Matrix
- B FoV
- C NEX
- D Flip-Winkel**
- E Schichtdicke

### Frage 7

Was ist kein Alltagshilfsmittel zur Bekämpfung des Bewegungsartefakts?

- A Antistressbälle
- B sedierende Medikamente
- C beruhigende Worte
- D Fixierung
- E Ignoranz**

### Frage 8

Was gehört nicht zu den technischen Lösungen, einen Bewegungsartefakt zu reduzieren?

- A Propellersequenzen
- B Sättigungsbänder
- C ultraschnelle Sequenzen
- D Leibbandagen**
- E Oberflächenspulen

### Frage 9

Was passiert, wenn man die TR reduziert?

- A Die Untersuchung dauert länger.
- B Der Kontrast geht verloren.
- C Die Energie wird höher.
- D Das Gerät wird lauter.
- E Die Untersuchungszeit sinkt.**

### Frage 10

In welche Richtung treten typischerweise die Bewegungsartefakte auf?

- A a.-p.
- B in Phasencodierichtung**
- C FH (Foot Head)
- D RL (rechts-links)
- E in Frequenzcodierichtung



## ABSTRACT

Anyone who works with magnetic resonance tomographs knows their advantages as well as their disadvantages. Artifacts are part of the daily work. One of the most common artifacts is the motion artifact. Getting rid of it is very difficult and to date there is no method that 100% effective. There are many approaches, both technical and physiological. There are a lot of articles dealing with physics. A simple change in the parameters can lead to a massive change in the image. Anatomical and pathological structures can be completely lost. It is essential to know the individual parameters in the MRI and their effect on the image otherwise it is not possible to adapt and optimize an examination to the individual patient. The human factor is and remains the most common reason for this. Several methods will be discussed in this article, also the reassuring way to prepare and position the patient and communication before and during the examination. Good education can make all the difference. In addition to tips and tricks for positioning, many practical options are explained.

### Schlüsselwörter

Bewegungsartefakt, Sequenzoptimierung, Kommunikation, Lagerung, MRT

### Key word

Motion artifact, sequence optimization, communication, storage, magnetic resonance imaging