

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Fakultät Life Sciences

Wo liegen die Gefahren der Magnetresonanztomographie für Einsatzkräfte?

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Engineering  
im Studiengang Hazard Control/Gefahrenabwehr an der HAW Hamburg

vorgelegt von

Georg Schmidt

mit der Matrikelnummer 2083574

Hamburg, am 13.12.2013

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Stefan Oppermann

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Frank Hörmann, MBA

---

---

## Danksagung

Der größte Dank geht an meine Familie, die mich ermutigt haben dieses Studium zu beginnen. Deren starker emotionaler Rückhalt war ein wichtiger Bestandteil für die Beendigung dieser Ausbildung. Ich bedanke mich für viele wertvolle Tipps und das sie ständig ein offenes Ohr für diverse „Klagen“ hatten.

Meinem Vater und meiner guten Freundin Verena Völk danke ich für eine laufende, konstruktive und präzise Durchsicht dieser Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei meinen Kommilitonen Lars Walther, Thomas Baumann und Marc Woge für die Mithilfe während der Feldstudie bedanken. Lars Walther und Thomas Baumann standen dabei außerdem, trotz einem Restrisiko für Verletzungen, als Versuchspersonen zu Verfügung. Da wir in dieser Feldstudie Neuland betreten haben war das Unfallrisiko nicht immer klar vorherzusagen. Deren selbstverständliche Unterstützung möchte ich besonders hervorheben.

Auch bedanke ich mich bei meinem Kommilitonen Jan Starik für viele bereichernde Diskussionen und Gespräche im Zuge des Studiums, meiner Abschlussarbeit und auch vielen andere Themen. Unsere Zusammenarbeit im Studium werde ich sehr vermissen.

Abschließend möchte ich mich bei Herrn Dirk Greunig für die Unterstützung seitens des Unfallkrankenhauses Hamburg bedanken sowie Herrn Prof. Dr. Stefan Oppermann und Herrn Prof. Dr. med. Frank Hörmann, MBA für die Betreuung seitens der HAW.

Die Bilder der Feldstudie wurden mit freundlicher Genehmigung von Lars Walther und Thomas Baumann zur Veröffentlichung frei gegeben.

Hamburg, Dezember 2013, Georg Schmidt

---

## Vorwort

Während meiner Berufszeit als Medizintechniker kam ich im Jahr 2005 zum ersten Mal in Kontakt mit einer Magnetresonanztomographie (MRT) und war von Anfang an begeistert und fasziniert von deren komplexen Aufbau und Funktionsweise. Ab dem Jahr 2009 konnte ich die Arbeit mit der MRT immer mehr vertiefen und auch zusätzliche Lehrgänge in Deutschland, USA und England absolvieren. Bis zum Jahr 2011 hatte ich bereits viel Arbeitserfahrung, hauptsächlich in den Ländern Österreich, Schweiz und Deutschland, gesammelt. Dabei ist mir immer wieder aufgefallen, dass sich Einsatzkräfte unterschiedlichster Organisationen sehr unbedacht an der MRT verhalten haben. In manchen Situationen (zum Beispiel bei einem ausgelösten Brandmelder an der Anlage) konnten wir die Einsatzkräfte erst im letzten Moment stoppen, bevor ein verheerender Unfall im Zusammenhang mit der MRT passiert wäre. Da ich neben meinem Berufsleben auch in einer Einsatzorganisation tätig war, habe ich bereits im Jahr 2008 begonnen Einsatzkräfte über die Gefahren an der MRT aufzuklären. In dieser Zeit ist mir auch zum ersten Mal aufgefallen, dass in der Ausbildung von Einsatzkräften eventuell eine Wissenslücke bestehen könnte.

Im Zuge dieser Arbeit habe ich mir den Wunsch erfüllt meine Erfahrungen aus Berufsleben und Einsatzorganisation mit den Erkenntnissen aus dem Studium für Gefahrenabwehr zu verbinden. Erst jetzt während des Studiums habe ich die Zeit gefunden, und auch das notwendige Wissen erhalten, diese Arbeit zu schreiben und zu veröffentlichen.

Hamburg, Dezember 2013, Georg Schmidt

---

---

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	8
Tabellenverzeichnis .....	9
Abbildungsverzeichnis .....	10
Einleitung.....	13
Methodik .....	16
Empirische Exploration Feuerwehr .....	16
Empirische Exploration Einsatzkräfte Deutschland.....	18
Empirische Exploration Österreichisches Rotes Kreuz (ÖRK) .....	19
Feldstudie.....	20
Grundlagen .....	31
Technischer Aufbau der MRT .....	33
Ausführungen der Grundfeldspule.....	35
Gefahren an der MRT .....	40
Ergebnisse.....	42
Empirische Exploration Feuerwehr .....	42
Empirische Exploration Einsatzkräfte Deutschland.....	46
Empirische Exploration Österreichisches Rotes Kreuz (ÖRK) .....	51
Feldstudie.....	56
Diskussion.....	61
Empirische Exploration Feuerwehr .....	61
Empirische Exploration Einsatzkräfte in Deutschland und ÖRK .....	62
Feldstudie.....	64
Lösungsansätze.....	65
Leitschema .....	69

---

Zusammenfassung .....	71
Literaturverzeichnis .....	73
Anhänge.....	75

## Abkürzungsverzeichnis

MRT	Magnetresonanztomographie
CT	Computertomographie
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ÖRK	Österreichisches Rotes Kreuz
KPA	Krankentransporte Behinderten- und Altenhilfe
SEG	Schnelleinsatzgruppe
RF	Rundfunk



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Messmittel der Feldstudie .....	21
Tabelle 2 – Getestete Kleidung der Feldstudie.....	23
Tabelle 3 – Getestete Einsatzhandschuhe, wasserführende Armaturen und Feuerwehrhaltegurt .....	26
Tabelle 4 – Getestete Einsatzstiefel und Einsatzhelme .....	28
Tabelle 5 – Larmfrequenz des Isotops Wasserstoff in Abhängigkeit unterschiedlicher Magnetfeldstärken (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 9) .....	32
Tabelle 6 – Ergebnisse der Feldstudie. Einsatzjacken und Einsatzhosen.....	56
Tabelle 7 - Ergebnisse der Feldstudie. Einsatzhandschuhe.....	57
Tabelle 8 - Ergebnisse der Feldstudie. Einsatzstiefel. ....	58
Tabelle 9 – Ergebnisse der Feldstudie. Wasserführende Armaturen. ....	59
Tabelle 10 - Ergebnisse der Feldstudie. Einsatzhelme und Feuerwehrhaltegurt.....	60

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Rating-Skala mit vier Antwortmöglichkeiten .....	16
Abbildung 2 – MRT des Unfallkrankenhauses Hamburg, Philips Achieva 1,5 Tesla .....	20
Abbildung 3 – Messmittel der Feldstudie von links nach rechts: Kraftmesser 50 N (1), 100 N (2) und Gliedermaßstab (3).....	21
Abbildung 4 – Sicherung per Seilsystem während der Messung eines Einsatzstiefels .....	22
Abbildung 5 – Testobjekte der Feldstudie von links nach rechts: Einsatzjacke Johanniter (A), Einsatzjacke Rettungsdienst Berufsfeuerwehr Kiel (B), Einsatzjacke Rotes Kreuz (C), Bereitschaftsjacke Rotes Kreuz (D), Einsatzjacke KPA (E), Einsatzjacke Feuerwehr (F), Einsatzjacke SEG (G), Einsatzhose Rettungsdienst Berufsfeuerwehr Kiel (H), Einsatzhose Feuerwehr (I).....	24
Abbildung 6 – Tragetests an der MRT. Untersuchung der Einsatzjacke Rettungsdienst der Berufsfeuerwehr Kiel und der Einsatzjacke des Roten Kreuzes (von links nach rechts).....	25
Abbildung 7 – Testobjekte der Feldstudie von links nach rechts: Einsatzhandschuhe (J), Übergangsstück und C- Kupplung (K), Hohlstrahlrohr (L), Feuerwehrhaltegurt (M).....	26
Abbildung 8 – Kraftmessung an einem Einsatzhandschuh .....	27
Abbildung 9 – Testobjekte der Feldstudie von links nach rechts: Einsatzstiefel (N), Feuerwehrhelm F120 mit Visier (O) und Feuerwehrhelm F210 (P).....	28
Abbildung 10 – Einblicke in Feldstudie. Das starke Magnetfeld lässt den Einsatzstiefel aufgrund seiner Stahlkappe aufrecht in der Luft stehen (a). Von dem Magnet angezogene Teile werden durch die Seilsicherung zurück gehalten (b und c). .....	29
Abbildung 11 – Einsatzkräfte mit kompletter Schutzausrüstung im MRT- Raum.....	30
Abbildung 12 – Darstellung der Bildgebung der MRT (In Anlehnung an Siemens Medical 2003, S. 9) .....	31
Abbildung 13 – Aufbau des Spulensystems einer MRT .....	33
Abbildung 14 – Räumliche Anordnung der Komponenten einer MRT-Anlage (In Anlehnung an Siemens Medical 2003, S. 26) .....	34
Abbildung 15 – Magnet eines 1,5 Tesla MRT-Systems (Magnetom Avanto) der Fa. Siemens .....	34
Abbildung 16 – Magnet eines 0,35 Tesla MRT-Systems (Magnetom C).....	35
Abbildung 17 – Magnet eines 0,2 Tesla MRT-Systems .....	36

---

Abbildung 18 – Steuereinrichtung eines 1,5 Tesla MRT-Systems der Fa. Siemens (Magnetom Avanto).....	38
Abbildung 19 - Magnet eines 1,5 Tesla MRT-Systems (Magnetom Avanto) der Fa. Siemens während Servicearbeiten.....	39
Abbildung 20 – 0,5 mT- Linie im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Hamburg .	40
Abbildung 21 – Darstellung der Feldlinien um einen MRT .....	41
Abbildung 22 – Umfrage Feuerwehr. Altersverteilung der Teilnehmer.....	42
Abbildung 23 – Umfrage Feuerwehr. Dienstgradverteilung der Teilnehmer. ....	42
Abbildung 24 – Umfrage Feuerwehr. Gefahreneinschätzung an der MRT.....	43
Abbildung 25 – Umfrage Feuerwehr. Sicherheitsgefühls an der MRT .....	43
Abbildung 26 – Umfrage Feuerwehr. Eignung des Einsatzmaterials.....	44
Abbildung 27 – Umfrage Feuerwehr. Einschätzung zur Vorbereitung der Einsatzleitung .....	44
Abbildung 28 – Umfrage Feuerwehr. Gefühls über die Sinnhaftigkeit der Einführung eines zusätzlichen Lehrgangs .....	45
Abbildung 29 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Berufsfelder.....	46
Abbildung 30 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Unfallererfahrung.....	46
Abbildung 31 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Gefahreneinschätzung.....	47
Abbildung 32 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Sicherheitsgefühl.....	47
Abbildung 33 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Erkennung der MRT.....	48
Abbildung 34 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Einsatzmittel.....	48
Abbildung 35 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Krafteinwirkung des magnetischen Felds.....	49
Abbildung 36 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Eintritt der Krafteinwirkung.....	49
Abbildung 37 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Deaktivierung der MRT.....	50
Abbildung 38 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Persönliche Vorbereitung.....	50
Abbildung 39 – Umfrage beim ÖRK. Ausbildung der Teilnehmer.....	51
Abbildung 40 – Umfrage ÖRK. Unfallererfahrung der Teilnehmer.....	51
Abbildung 41 – Umfrage ÖRK. Erkennung der MRT.....	52
Abbildung 42 – Umfrage ÖRK. Gefahreneinschätzung im Einsatzalltag.....	52
Abbildung 43 – Umfrage ÖRK. Sicherheitsgefühl an der MRT.....	53
Abbildung 44 – Umfrage ÖRK. Eignung des Einsatzmaterials.....	53
Abbildung 45 – Umfrage ÖRK. Krafteinwirkung des magnetischen Felds.....	54

---

Abbildung 46 – Umfrage ÖRK. Eintritt der Krafteinwirkung. ....	54
Abbildung 47 – Umfrage ÖRK. Deaktivierung des Magnetfelds.....	55
Abbildung 48 – Umfrage ÖRK. Persönliche Vorbereitung. ....	55
Abbildung 49 – Darstellung der Anziehungskraft am Einsatzhandschuh Modell Rosenbauer. Der Handschuh wird aufgrund des Magnetfelds in Richtung der Röhre der MRT gezogen und durch das Tragesystem zurückgehalten. ....	57
Abbildung 50 - Einsatzsimulation an der MRT. Anziehungskraft durch den Einsatzstiefel. ....	58
Abbildung 51 – Ergebnisse der Feldstudie. Maximale Position bevor der Einsatzhelm F120 mit Visier in die Röhre der MRT gezogen wird. ....	60
Abbildung 52 – Elemente der Rundfunkabschirmung einer MRT-Tür. ....	66
Abbildung 53 – MRT Eingangstür mit Gefahrentafel.....	66
Abbildung 54 – Quench Knopf (Siemens AG, Medical Solutions 2009).....	67
Abbildung 55 – Kennzeichnung MR taugliches Material .....	69
Abbildung 56 – Einsatzkarte MRT .....	70

## Einleitung

In den letzten Jahren konnte in den Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz ein stetiger Zuwachs von Magnetresonanztomographie (MRT)-Anlagen verzeichnet werden. Im Barmer GEK Arztreport (2011, S. 3) wurde in Deutschland, im Zeitraum 2004 bis 2009, eine Zunahme der MRT-Untersuchungen von 41 % registriert. Konkret bedeutet dies, dass in Deutschland im Jahr 2009 ungefähr 5,89 Millionen Personen eine Untersuchung mittels MRT erhalten haben (Schlenker et al. 2011, S. 2). In der Schweiz wurde in den letzten Jahren, im Vergleich zu Österreich und Deutschland, die höchste Zunahme an MRT-Untersuchungen verzeichnet. Zwischen 2005 und 2012 konnte eine Zunahme von 214 % verzeichnet werden (Nowotny 2012). Laut dem Schweizer Krankenkassenverband Santésuisse wurden 520.000 MRT-Untersuchungen im Jahr 2011 durchgeführt (Nowotny 2012).

Auch in den relevanten OECD-Studien der letzten Jahre ist der Anstieg von MRT-Geräten erkennbar. Aus den OECD Gesundheitsdaten (2010) geht hervor, dass sich die Länder Österreich, Schweiz und Deutschland unter den 18 Ländern mit der höchsten Dichte an MRT-Geräten befinden. Laut Freisleben-Teutscher (2009) konnten dabei in Österreich im Jahr 2009 bis zu 141 installierte MRT-Geräte gezählt werden.

Da durch den hohen Zuwachs an MRT-Geräten immer mehr Anlagen zu Verfügung stehen, werden diese auch immer häufiger zur Beantwortung von medizinischen Fragestellungen verwendet (Gasperl 2009). So ist es neben der cranialen Computertomographie eines der wichtigsten bildgebenden Mittel zur Sicherung der Diagnose bei neurologischen Fragestellungen, allen voran dem ischämischen Insult. Auch beim heutzutage sehr häufigen Diskusprolaps wird die MRT zur Diagnosestellung verwendet. Zusätzlich werden auch in der Forschung (ganz besonders in der Hirnforschung), durch die laufende Entwicklung und den Zuwachs an MRT Geräten, immer mehr Ergebnisse registriert.

Neben diesen Errungenschaften in der Anwendung, hat es jedoch den Anschein, dass Fragestellungen zur Sicherheit der MRT nicht in gleichem Maß weiterentwickelt wurden. Anhand einer ersten Pilotbefragung im Jahr 2008 konnte auf einen Wissensmangel der zuständigen Personen rückgeschlossen werden. Unter anderem war das Personal nicht in der Lage, die Stärke des Magnetfelds einer MRT einzuschätzen. Auch konnte eine Unklarheit

über die Deaktivierung des Magnetfelds festgestellt werden. Besonders diese zwei Themen spielen aber im Bereich der Gefahrenabwehr an der MRT eine wichtige Rolle. Ein Wissensmangel der Einsatzkräfte konnte auch bei einem Unfall an der MRT in einem Krankenhaus in Freiburg, Deutschland festgestellt werden (Lüssenheide 2005). Bei diesem Unfall wurde von den Einsatzkräften übersehen, dass supraleitende Magneten nicht durch Abschalten des Stroms deaktiviert werden können (Ärztlicher Leiter des Rettungsdienst Freiburg/Br. 2006).

Dieser Wissensmangel ist jedoch nicht überraschend. Offensichtlich ist an den Feuerweherschulen in Österreich und Deutschland eine Gefahrenausbildung an der MRT nicht vorgesehen. So wird zum Beispiel, im Ausbildungsprogramm, an der Landesfeuerweherschule in Niederösterreich keine Gefahrenausbildung an der MRT angeboten (NÖ Landesfeuerweherschule 2012). Auch im Seminarprogramm der Feuerwehrakademie-Hamburg (Feuerwehrakademie Hamburg 2013) oder im Ausbildungsprogramm der Feuerweherschule in Berlin (BFRA 2013) ist die Ausbildung an der MRT nicht vorgesehen.

Diese dürfte in den letzten Jahren auch nicht unbedingt notwendig gewesen sein, da die Zahl der MRT-Geräte weitaus geringer war. Außerdem ist das Gebiet der Hochfeld-MRT<sup>1</sup> nach wie vor sehr jung. So fand die erste Ganzkörper MRT, bei einer Feldstärke von drei Tesla, erst im Jahr 2000 statt (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 3). Ultrahochfeld-Tomographen (im Bereich von 20 Tesla) werden erst seit sechs Jahren eingesetzt (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 3).

Durch den nun erhöhten Einsatz von MRTs steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich ungeschulte Einsatzkräfte (wie zum Beispiel freiwillige Feuerwehrleute) mit diesen Anlagen auseinandersetzen müssen. Daher erscheint es sinnvoll, Einsatzkräfte auf diese Anlagen entsprechend zu sensibilisieren. Jedoch ist noch unklar, wo die Gefahren der MRT für Einsatzkräfte liegen und inwiefern diese auf Einsätze an der Anlage sensibilisiert werden können.

---

<sup>1</sup> Hochfeld-MRT: Magnetfeldstärken im Bereich von 1,5 Tesla bis 3,0 Tesla (Tesla ist die Maßeinheit für die Stärke von Magnetfeldern; nach dem Physiker Nikola Tesla, 1856 bis 1943)

Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, die Vorbereitung von Einsatzkräften auf Notfälle und Einsätze an der MRT zu evaluieren. Anhand von schriftlichen Befragungen, in Form von Fragebögen, soll der Wissensstand von Einsatzkräften untersucht werden.

Eventuelle, für die Gefahrenabwehr relevante, Wissenslücken sollen dabei aufgedeckt und daraus mögliche Gefahren abgeleitet werden. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte es, wenn möglich vermieden werden, den Magnet zu quenchen<sup>2</sup>. Zudem soll in einer Feldstudie die Wirkung von Einsatzkleidung und diversen Einsatzmitteln in starken Magnetfeldern abgeklärt werden. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse sollen Lösungsansätze für eventuelle Wissenslücken erarbeitet werden.

---

<sup>2</sup> Unter quenchen wird das Abschalten eines supraleitenden Magnets verstanden. Diese Abschaltung, welche durch Deaktivierung der Supraleitung erfolgt, wird durch Abdampfen des Kühlmittels (flüssiges Helium) erzielt.

## Methodik

### Empirische Exploration Feuerwehr

Eine Pilotumfrage aus dem Jahr 2008 lässt darauf schließen, dass freiwillige Feuerwehrkräfte in Österreich unzureichende Erfahrung im Bereich der MRT aufweisen. Da diese Datenerhebung bereits fünf Jahre zurück liegt, wurde im Rahmen dieser Arbeit eine erneute Untersuchung durchgeführt. Im Rahmen einer empirischen Exploration, wurden freiwillige Feuerwehrkräfte im Land Niederösterreich, zur MRT-Thematik befragt. In Form einer zahlenmäßigen Ausprägung, soll das Verhalten und die Einstellung der Einsatzkräfte zur MRT, dargestellt werden (Steckiewicz 2012).

Für die Datenerhebung wurde die Methode der quantitativen Befragung, anhand eines standardisierten Fragebogens, gewählt. Dafür wurde eine elektronische Befragung per Internet herangezogen. Die Teilnehmer erhielten einen Teilnahmelink per E-Mail und konnten, jeweils nur einmal, an der Umfrage teilnehmen. Der Fragebogen wurde an freiwillige Feuerwehrkräfte in Österreich versendet, welche auch Krankenhäuser mit MRT-Anlagen in deren Einsatzgebiet vorfinden. Um von dieser Stichprobe möglichst gut auf die Gesamtheit zu schließen, wurde darauf Wert gelegt, dass eine hohe Verteilung in Dienstgrad und Alter vorliegt. Mit Unterstützung eines Unternehmens für Web-Applikationen<sup>3</sup> wurde der Fragebogen erstellt.

Alle Fragen konnten über eine Rating Skala mit vier Antwortmöglichkeiten beantwortet werden. In Abbildung 1 ist ein Beispiel der Rating Skala dargestellt.

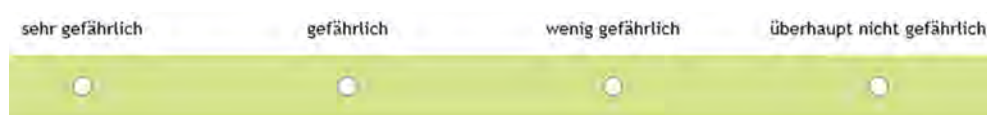


Abbildung 1 – Rating-Skala mit vier Antwortmöglichkeiten

<sup>3</sup> enuvo GmbH, Ottikerstrasse 24, 8006 Zürich. Internet-Unternehmen für Web-Applikationen. Web Tool für Onlinebefragungen: [www.umfrageonline.com](http://www.umfrageonline.com)



Durch die Wahl einer geraden Antwortskala wurde die Mittelkategorie ausgeschlossen, und die Teilnehmer mussten sich in eine bestimmte Richtung entscheiden (Mayer 2002).

Die statistische Datenauswertung und die Darstellung der Ergebnisse wurden anhand des Programms Excel<sup>4</sup> durchgeführt. Dafür wurden vorab die Ergebnisse der elektronischen Befragung in Excel implementiert. In diesem Dokument ist im Anhang eine Ausgabe des verwendeten Fragebogens angefügt (Fragebogen Feuerwehren in Österreich).

---

<sup>4</sup> Excel: Microsoft Excel ist ein Tabellenkalkulationsprogramm des Entwicklers Microsoft Corporation. Verwendete Version: Microsoft Excel 2010

## Empirische Exploration Einsatzkräfte Deutschland

Zusätzlich zu der Umfrage unter Feuerwehrkräften in Österreich wurde eine Datenerhebung unter Einsatzkräften in Deutschland durchgeführt. Es war wichtig, neben der Umfrage unter Feuerwehrkräften auch Daten aus anderen Bereichen des Einsatzdiensts zu erheben. Dafür wurden Personen aus den Gebieten Rettungsdienst, Krankentransport und Krankenforderdienst befragt. Unter dem Bereich Krankenforderdienst wurden Personen erfasst, welche keine Qualifikation im Sinne des Rettungsdiensts besitzen, jedoch durch deren Tätigkeit mit der MRT in Berührung kommen.

Für die Datenerhebung wurde ebenfalls die Methode der quantitativen Befragung, anhand eines standardisierten Fragebogens, gewählt. Dafür wurde eine elektronische Befragung per Internet herangezogen. Die Teilnehmer erhielten auch in diesem Fall einen Teilnahmelink per E-Mail und konnten, jeweils nur einmal, an der Umfrage teilnehmen. Zur Erstellung des Fragebogens wurde dasselbe Unternehmens für Web-Applikationen<sup>5</sup> herangezogen wie auch bei der Umfrage Feuerwehr.

Die statistische Datenauswertung und die Darstellung der Ergebnisse wurden anhand des Programms Excel<sup>6</sup> durchgeführt. Dafür wurden vorab die Ergebnisse der elektronischen Befragung in Excel implementiert. In diesem Dokument ist im Anhang eine Ausgabe des verwendeten Fragebogens angefügt (Fragebogen Rettungsdienst Deutschland).

---

<sup>5</sup> enuvo GmbH, Ottikerstrasse 24, 8006 Zürich. Internet-Unternehmen für Web-Applikationen. Web Tool für Onlinebefragungen: [www.umfrageonline.com](http://www.umfrageonline.com)

<sup>6</sup> Excel: Microsoft Excel ist ein Tabellenkalkulationsprogramm des Entwicklers Microsoft Corporation. Verwendete Version: Microsoft Excel 2010.

## Empirische Exploration Österreichisches Rotes Kreuz (ÖRK)

Neben der Datenerhebung unter deutschen Einsatzkräften wurde auch eine Umfrage in der Organisation des Österreichischen Roten Kreuz (ÖRK) durchgeführt. Anhand dieser Erhebung wurde auch die Einstellung von Rettungsdienstkräften außerhalb von Deutschland ermittelt.

Auch bei dieser Umfrage wurde die Methode der quantitativen Befragung anhand eines standardisierten Fragebogen gewählt. Die Einsatzkräfte wurden dafür an sieben verschiedenen Standorten persönlich aufgesucht und der Fragebogen schriftlich beantwortet.

Die Daten der schriftlich ausgefüllten Fragebogen wurden danach in das Programm Excel implementiert und auch dort weiter bearbeitet. Sowohl die statistische Datenauswertung als auch die Diagrammerstellung erfolgte mit Excel<sup>7</sup>. Eine Ausgabe des Fragebogens ist diesem Dokument als Anhang angefügt (Fragebogen Österreichisches Rotes Kreuz).

---

<sup>7</sup> Excel: Microsoft Excel ist ein Tabellenkalkulationsprogramm des Entwicklers Microsoft Corporation. Verwendete Version: Microsoft Excel 2010.

## Feldstudie

Um Unfällen vorzubeugen benutzen MRT- Beschäftigte geeignete Kleidung und unmagnetische Arbeitsmittel. Die Ausrüstung von Einsatzkräften sowie deren Kleidung wurde jedoch nicht mit dem Fokus auf den Einsatz an einer MRT gefertigt. In dieser Feldstudie soll deshalb das Verhalten von Einsatzkleidung und diversen Arbeitsmitteln von Einsatzkräften an der MRT untersucht werden. Dabei soll getestet werden in welchem Abstand die Testobjekte durch das Magnetfeld beeinflusst werden und welche Anziehungskräfte dabei entstehen.

Die Studie wurde am Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Hamburg (Bergedorfer Straße 10, 21033 Hamburg) durchgeführt. Als Versuchsobjekt wurde eine MRT Achieva mit 1,5 Tesla der Firma Philips verwendet. Diese MRT, welche in Abbildung 2 dargestellt ist, wird außerhalb der Versuchszeiten für den klinischen Betrieb verwendet und es wurden während des Versuchs keine Änderungen an der Anlage vorgenommen.



Abbildung 2 – MRT des Unfallkrankenhauses Hamburg, Philips Achieva 1,5 Tesla<sup>8</sup>

Die zu testenden Objekte wurden vorab mit einem Handmagneten auf magnetische Bestandteile geprüft um die Anziehungskraft durch die MRT einzuschätzen. Nur bei einer hohen Anziehungskraft des Handmagneten wurden besondere Sicherheitsmaßnahmen angewendet. Die Anziehungskraft der MRT wurde mit Kraftmessern aufgenommen und die Abstandsmessung erfolgte mit einem Gliedermaßstab.

---

<sup>8</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

Die Messmittel sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 – Messmittel der Feldstudie

Nummer	Bezeichnung	Typ	Messbereich
	<b>Kraftmessung</b>		
1	Kraftmesser 50 N	Leybold Didactic GmbH	0 - 50 N
2	Kraftmesser 100 N	Lehrmittelbau MAEY	0 - 100 N
	<b>Abstandmessung</b>		
3	Gliedermaßstab	Ausführung aus Holz	0 - 200 cm

Die Kraftmesser haben eine ferromagnetische Eigenschaft und mussten deshalb in einem bestimmten Abstand zur MRT gehalten werden. Der Gliedermaßstab konnte aufgrund seiner Ausführung aus Holz auch direkt an die MRT gebracht werden. Die verwendeten Messmittel sind in Abbildung 3 ersichtlich.



Abbildung 3 – Messmittel der Feldstudie von links nach rechts: Kraftmesser 50 N (1), 100 N (2) und Gliedermaßstab (3).<sup>9</sup>

Testobjekte, welche eine hohe Anziehungskraft entwickelten, mussten zusätzlich gesichert werden, da die Gefahr einer unkontrollierten Anziehung zu groß war. Dafür wurde eine Sicherung per Seilsystem verwendet. Das Testobjekt wurde dann an einem Ende des Seils fixiert und am anderen Ende an einen Sicherungspunkt befestigt. Als Sicherungspunkt wurde die Eingangstür zur MRT gewählt, da diese über eine ausreichende Stabilität verfügt. Der Kraftmesser konnte dann in den Verlauf des Seils eingehakt werden um die entstehende Anziehungskraft zu messen. Abbildung 4 zeigt das Seilsystem während der Untersuchung eines Einsatzstiefels.

<sup>9</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

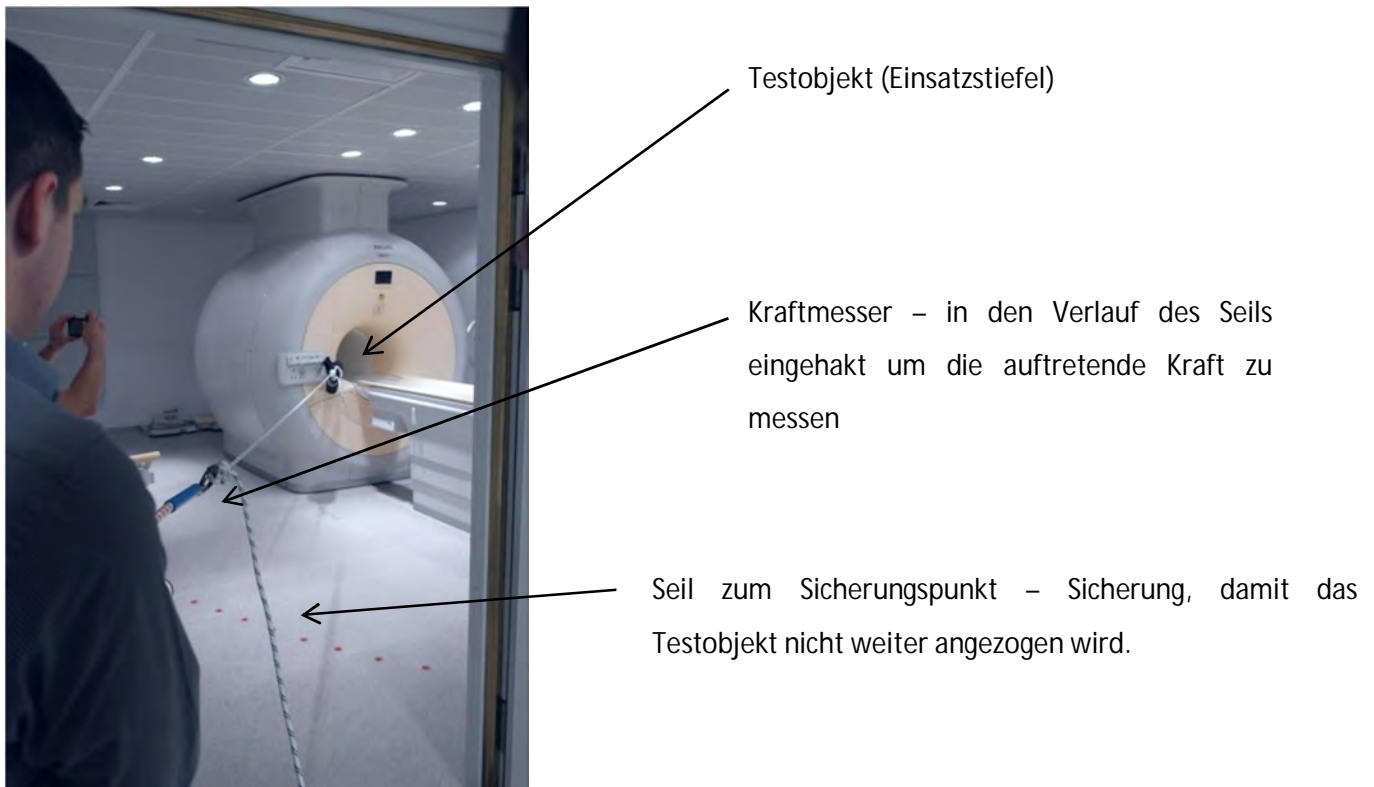


Abbildung 4 – Sicherung per Seilsystem während der Messung eines Einsatzstiefels<sup>10</sup>

Um den großen Arbeitsaufwand, im bereitgestellten Zeitfenster, an der Anlage zu bewältigen wurde der Versuch unter Mithilfe von drei weiteren Personen durchgeführt. Diverse Sicherheitsmaßnahmen und Tragetests wurden auf die anwesenden Personen verteilt.

<sup>10</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

## Einsatzjacken und Einsatzhosen

Im Zuge des Versuchs wurden sieben verschiedene Einsatzjacken und zwei verschiedene Einsatzhosen von unterschiedlichen Einsatzorganisationen getestet. In Tabelle 2 sind die unterschiedlichen Jacken und Hosen aufgelistet.

Tabelle 2 – Getestete Kleidung der Feldstudie

Bez.	Gegenstand	Typ
	<b>Einsatzjacken</b>	
A	Einsatzjacke Johanniter (Ehrenamt)	Crings Model Typ CR130, Größe M, EN471, EN343
B	Einsatzjacke Rettungsdienst (Berufsfeuerwehr Kiel)	Toray See it Safe, Niemöller & Abel, Größe 48, EN13795
C	Einsatzjacke Rotes Kreuz	GSG, Größe 50-52, EN 343 und EN 471
D	Bereitschaftsjacke Rotes Kreuz	Hortig, Größe M, EN471 und EN 343
E	Einsatzjacke KPA	Crings, Größe L
F	Einsatzjacke Feuerwehr (Feuerwehr Halstenbek)	Viking, Größe 56, CE 0493
G	Einsatzjacke SEG	Hortig, Größe L, EN343 und EN471
	<b>Einsatzhosen</b>	
H	Einsatzhose Rettungsdienst (Berufsfeuerwehr Kiel)	Größe 50
I	Einsatzhose Feuerwehr (Feuerwehr Halstenbek)	Viking Feuerschutzhose, Größe 56, CE0493, EN469:2005

Die Beeinflussungen durch das Magnetfeld wurden anhand von Tragetests an der MRT bewertet. Versuchspersonen haben sich dafür mit angezogener Einsatzkleidung der MRT genähert. Bei einer auftretenden Beeinflussung durch das Magnetfeld wurde das Kleidungsstück näher untersucht. Abbildung 5 zeigt die getesteten Einsatzjacken und Einsatzhosen.





Abbildung 5 – Testobjekte der Feldstudie von links nach rechts: Einsatzjacke Johanniter (A), Einsatzjacke Rettungsdienst Berufsfeuerwehr Kiel (B), Einsatzjacke Rotes Kreuz (C), Bereitschaftsjacke Rotes Kreuz (D), Einsatzjacke KPA (E), Einsatzjacke Feuerwehr (F), Einsatzjacke SEG (G), Einsatzhose Rettungsdienst Berufsfeuerwehr Kiel (H), Einsatzhose Feuerwehr (I).<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013



In Abbildung 6 sind zwei Beispiele eines Tragetests dokumentiert. Die Testpersonen haben sich dabei immer näher an die MRT bewegt, bis eine Beeinflussung durch das Magnetfeld registriert werden konnte.



Abbildung 6 – Tragetests an der MRT. Untersuchung der Einsatzjacke Rettungsdienst der Berufsfeuerwehr Kiel und der Einsatzjacke des Roten Kreuzes (von links nach rechts)<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

### Einsatzhandschuhe, Feuerwehrhaltegurt und wasserführende Armaturen

Im Zuge des Versuchs wurden drei verschiedene Arten von Einsatzhandschuhen, drei verschiedene wasserführende Armaturen und ein Feuerwehrhaltegurt getestet. In Tabelle 3 sind die Testobjekte aufgelistet und in Abbildung 7 dargestellt.

Tabelle 3 – Getestete Einsatzhandschuhe, wasserführende Armaturen und Feuerwehrhaltegurt

Bez.	Gegenstand	Typ
	<b>Handschuhe</b>	
J	Einsatzhandschuhe Rettungsdienst	Königer, Kategorie 3, CE0516 und EN659
J	Einsatzhandschuhe Feuerwehr	Rosenbauer, Safe Grip 2, EN6592003, mit Karabiner
J	Einsatzhandschuhe Feuerwehr	Hygloves, Size L, EN388, mit Tragering von Weber Hydraulic
	<b>Wasserführende Armaturen</b>	
K	Schlauchkupplung C	Kupplungsanschluss ohne Schlauch mit Dichtung und Sprengring
K	Übergangsstück B und C	Inklusive Dichtung und Sprengring
L	Hohlstrahlrohr	Typ Akron Brass 4820, Norm 1964, C-Festkupplung
	<b>Feuerwehrhaltegurt</b>	
M	Feuerwehrhaltegurt	Skylotec, Größe 3, DIN 14927 und EN358

Die Testobjekte konnten ohne besondere Sicherungsmaßnahmen untersucht werden, da der Handmagnet keine große Anziehung aufwies.



Abbildung 7 – Testobjekte der Feldstudie von links nach rechts: Einsatzhandschuhe (J), Übergangsstück und C- Kupplung (K), Hohlstrahlrohr (L), Feuerwehrhaltegurt (M).<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

Für die Aufnahme der Anziehungskraft wurde der Kraftmesser direkt an das zu testende Objekt befestigt werden und der Wert an der Skala abgelesen werden. Abbildung 8 dokumentiert die Kraftmessung an einem Einsatzhandschuh. Da die wirkende Anziehungskraft noch kontrollierbar ist kann das Testobjekt durch Muskelkraft vor der MRT gehalten werden.



Abbildung 8 – Kraftmessung an einem Einsatzhandschuh<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

## Einsatzstiefel und Einsatzhelme

Im Zuge des Versuchs wurden zwei verschiedene Einsatzhelme und drei verschiedene Einsatzstiefel getestet. Die getesteten Objekte sind in Tabelle 4 aufgelistet und in Abbildung 9 dargestellt.

Tabelle 4 – Getestete Einsatzstiefel und Einsatzhelme

Bez.	Gegenstand	Typ
	<b>Einsatzstiefel</b>	
N	Einsatzstiefel HAIX Feuerwehr	Fireflash, Größe 43, EN15090: 2006
N	Einsatzstiefel HAIX Rettungsdienst	Airpower X1, Größe 45, ISO 20345: 2004
N	Einsatzstiefel Rosenbauer	Tornado, Größe 45, EN15090
	<b>Einsatzhelme</b>	
O	Einsatzhelm Feuerwehr und Rettungsdienst	Schuberth, F120, CE0299 und EN 443:2008
P	Einsatzhelm Feuerwehr	Schuberth, Typ F210, CE0299 und EN443

Mehrere dieser Objekte mussten mit der zusätzlichen Seilsicherung gesichert werden, da die magnetische Anziehung sehr hoch war. Die Testobjekte sind in Abbildung 9 dokumentiert.



Abbildung 9 – Testobjekte der Feldstudie von links nach rechts: Einsatzstiefel (N), Feuerwehrlhelm F120 mit Visier (O) und Feuerwehrlhelm F210 (P).<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013



Abbildung 10 dokumentiert Vorgänge der Untersuchung von Einsatzstiefel und der Helme. Die hohe Anziehungskraft der Testobjekte ist in den Bildern erkennbar.

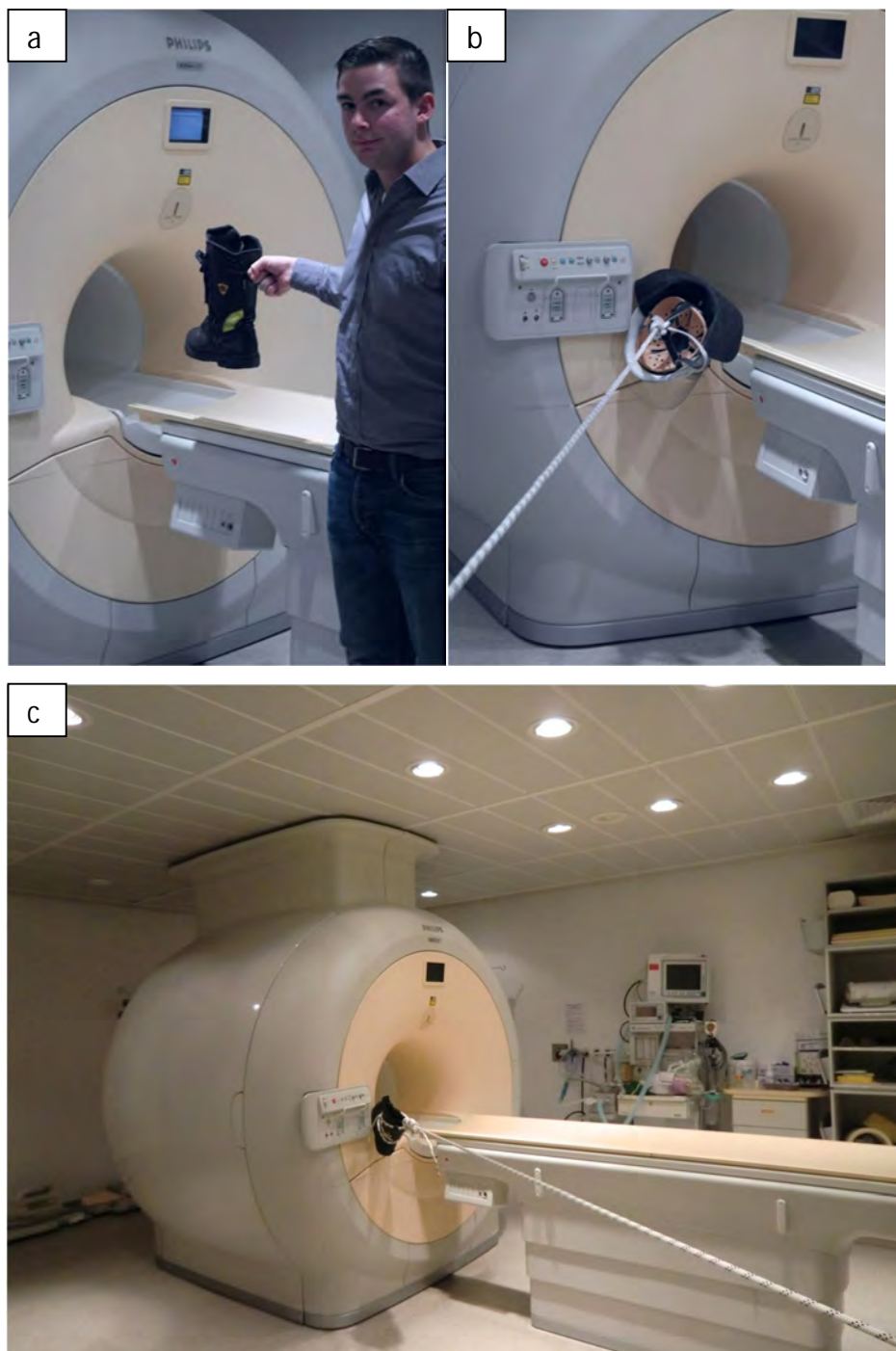


Abbildung 10 – Einblicke in Feldstudie. Das starke Magnetfeld lässt den Einsatzstiefel aufgrund seiner Stahlkappe aufrecht in der Luft stehen (a). Von dem Magnet angezogene Teile werden durch die Seilsicherung zurück gehalten (b und c).<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

## Einsatzsimulation

Zusätzlich zu den Einzelmessungen der Objekte, wurde eine Einsatzsimulation an der MRT durchgeführt. Dabei wurde der Untersuchungsraum von zwei Personen unter kompletter Schutzausrüstung betreten. Anhand dieses Versuchs wurde überprüft inwiefern, die Krafteinwirkungen auf ferromagnetische Bestandteile der Ausrüstung, die Einsatzkräfte in der Bewegung beeinflussen. In Abbildung 11 sind die Testpersonen während des Versuchs ersichtlich.



Abbildung 11 – Einsatzkräfte mit kompletter Schutzausrüstung im MRT- Raum<sup>17</sup>

Die Testpersonen haben sich im Verlauf dieses Tests an verschiedensten Orten innerhalb des Magnet- Raums bewegt. Dabei wurde besonders der Bereich um die Patientenliege untersucht.

<sup>17</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

## Grundlagen

In Abbildung 12 sind die wesentlichen Vorgänge, der Bildgebung in der MRT, dargestellt. Nachfolgend werden die physikalischen Grundlagen genauer erläutert.

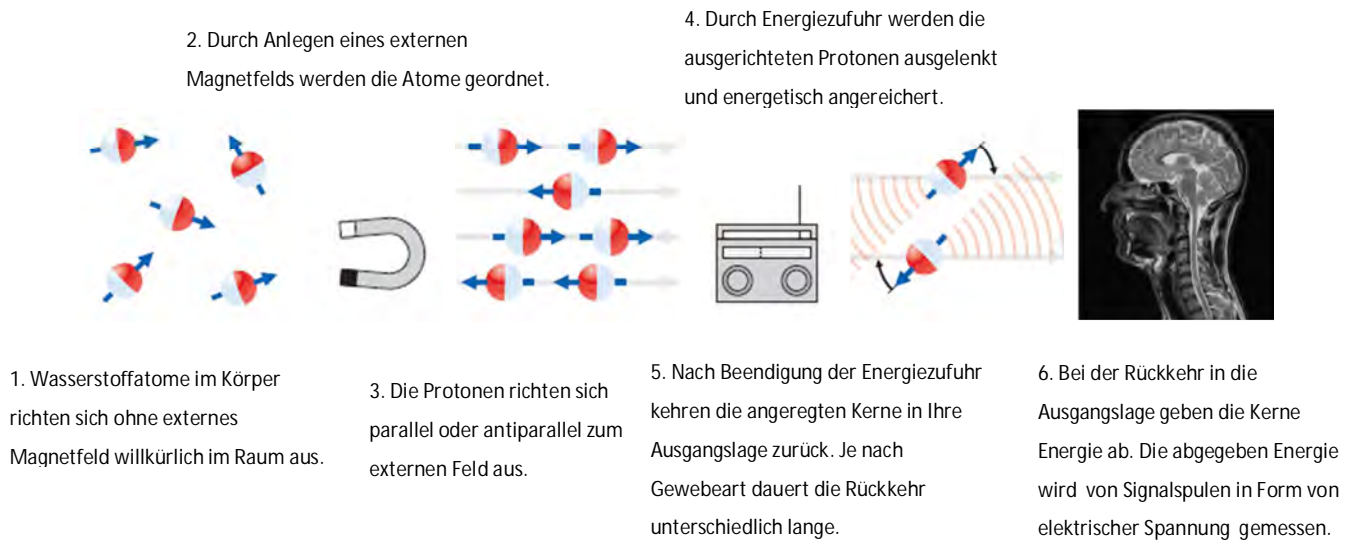


Abbildung 12 – Darstellung der Bildgebung der MRT (In Anlehnung an Siemens Medical 2003, S. 9)

Die Magnetresonanztomographie nutzt das magnetische Moment, welches durch den Spin (Eigendrehimpuls) von Elementarteilchen erzeugt wird. Das Element Wasserstoff besitzt die stärksten magnetischen Eigenschaften, und ist aufgrund seiner Häufigkeit (zu zwei Dritteln) im menschlichen Körper relevant für die MRT-Bildgebung. Die Protonen des Wasserstoffs richten sich im Normalfall willkürlich im Raum/Körper aus. Durch Anlegen eines externen Magnetfelds werden diese entlang der Magnetfeldachse des externen Feldes ausgerichtet. Die Ausrichtung kann mit dem Feld (parallel) oder entgegengesetzt zum Feld (antiparallel) erfolgen. Der für die Bildgebung relevante Ausgangswert ist bestimmt durch die Nettomagnetisierung, welche sich aus der Summe zwischen parallel und antiparallelen Protonen ergibt (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 10). Durch eine Energiezufuhr in Form von elektromagnetischen Wellen wird die Nettomagnetisierung ausgelenkt, und es kann die Transversalmagnetisierung (eine Magnetisierung quer zum externen Magnetfeld) gemessen werden.

Die Energiezufuhr erfolgt durch einen Hochfrequenz (HF)-Impuls, welcher für die Auslenkung, auf die typische Frequenz des Protons (Larmorfrequenz) abgestimmt ist. In

Tabelle 5 ist die Variation der Larmorfrequenz, zu unterschiedlichen externen Magnetfeldstärken, aufgeführt.

Tabelle 5 – Larmorfrequenz des Isotops Wasserstoff in Abhängigkeit unterschiedlicher Magnetfeldstärken (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 9)

Magnetfeldstärke in Tesla	Larmorfrequenz des Isotops Wasserstoff in MHz
0,5	21,29
1	42,58
1,5	63,9
3	127,7
9	383,2

Sobald der HF-Impuls beendet ist, kehren die Protonen, durch Abgabe von Energie, in Ihre Ausgangslage zurück. Diese Energie wird in Form von elektrischer Spannung durch Signalspulen gemessen. Das Signal ist umso stärker, je mehr Protonen ausgelenkt werden (deshalb wird die Bildqualität mit höheren Magnetfeldstärken immer besser).

Die Rückkehrzeit in die Ausgangslage wird als Relaxationszeit bezeichnet. Diese ist Abhängig vom vorliegenden Gewebe, und es ergeben sich unterschiedliche Zeiten je nach Gewebeart. Zum Beispiel ist Wasser im Gegensatz zu Fett mit langen Relaxationszeiten gekennzeichnet. Diese Tatsache kann bei der Bildgebung von pathologischen Gewebe genutzt werden, da dieses durch einen erhöhten Wassergehalt gekennzeichnet ist (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 14).

Mit Hilfe von räumlich veränderbaren Magnetfeldern können die Signale dem Ursprung zugeordnet werden. Eigens entworfene Computer-Rekonstruktionsprogramme erzeugen anhand der gemessenen Signale die typischen MRT-Bilder. Die Bildgebung der MRT, soll jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit sein.



## Technischer Aufbau der MRT

Das System der MRT setzt sich aus verschiedenen Anlagebestandteilen zusammen. Das zentrale Element bildet das Magnetsystem, welches aus verschiedenen Spulen besteht (auch als „Magnet“ bezeichnet). Der Magnet von einem 7 Tesla Gerät besitzt dabei ein Gewicht von über 30 Tonnen (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 33). In Abbildung 13 ist der Aufbau der verschiedenen Spulen dargestellt.

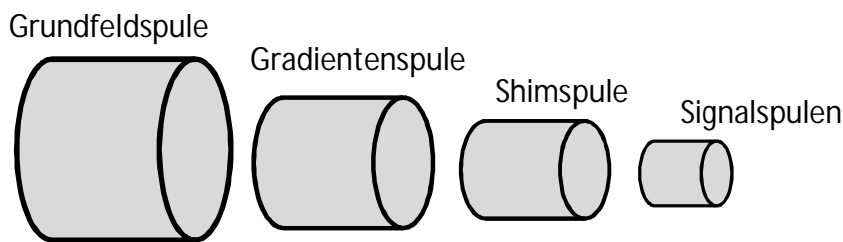


Abbildung 13 – Aufbau des Spulensystems einer MRT

Die größte Spule, und für die Gefahrenabwehr bedeutendste Spule, ist die Grundfeldspule. Diese erzeugt das statische Magnetfeld zur Ausrichtung der Protonen. Durch die Gradientenspule werden die räumlich veränderbaren Magnetfelder realisiert. Die Shimspule unterstützt die Homogenisierung des Magnetfelds. Anhand der Signalspulen wird das bildgebende MRT-Signal gemessen. Diese Spulen sind meist flexibel ausgeführt und werden direkt, am zu untersuchenden Körperteil, platziert. Manche Signalspulen können auch zur Anregung der Protonen genutzt werden. Andernfalls wird die Aussendung der HF-Strahlung durch die Grundfeldspule realisiert.

Ein weiterer Bestandteil, welcher eng mit dem Magnetsystem verbunden ist, bildet das Kühlsystem. Dabei entsteht die größte abzuführende Wärme durch das Magnetsystem. Weitere Kühlleistungen entfallen auf diverse elektronische Bauteile, welche zum Beispiel für die Bildgebung verantwortlich sind. Das Hochfrequenzsystem, das Rechnersystem, das Patientensystem und die Hochfrequenzabschirmung bilden die restlichen MRT-Komponenten (Siemens Medical 2003, S.21). In Abbildung 14 ist die räumliche Zuordnung von MRT-Komponenten dargestellt.

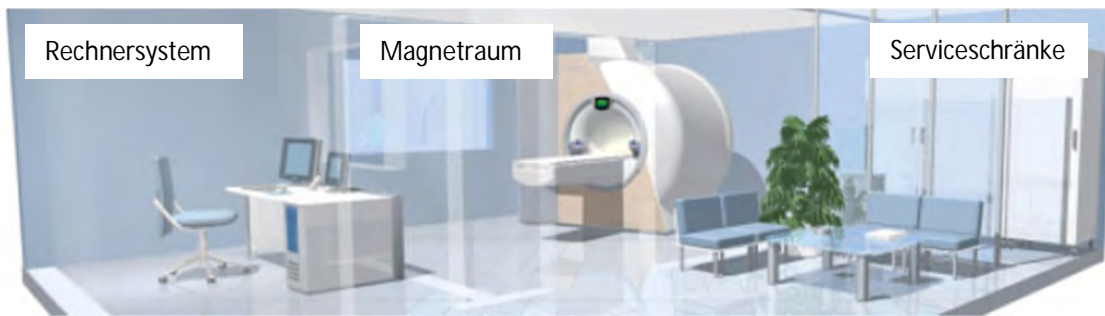


Abbildung 14 – Räumliche Anordnung der Komponenten einer MRT-Anlage (In Anlehnung an Siemens Medical 2003, S. 26)

Die Hochfrequenzabschirmung umgibt den Magnetraum und ermöglicht eine störungsfreie Messung des MRT-Signals. Das Kühlsystem und das Hochfrequenzsystem befinden sich zum größten Teil innerhalb von Serviceschranken, welche über einen eigenen Raum zugänglich sind. Auch das Rechnersystem befindet sich in einem eigenen Raum und ermöglicht die Steuerung der Anlage.

In Abbildung 15 ist der Magnet einer 1,5 Tesla Anlage (Magnetom Avanto) dargestellt. In dieser Abbildung lässt sich das Patientensystem, welches anhand der Liege realisiert wird, erkennen.



Patientensystem

Abbildung 15 – Magnet eines 1,5 Tesla MRT-Systems (Magnetom Avanto) der Fa. Siemens<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg an der MR-Diagnostik AG Thun, Schweiz, 2011

## Ausführungen der Grundfeldspule

Die Grundfeldspule kann je nach Bauweise unterschiedlich realisiert werden. Man unterscheidet zwischen Permanentmagneten, Widerstandsmagneten und supraleitenden Magneten (Siemens Medical 2003, S.22). In der heutigen klinischen Diagnostik (Stand 2013) werden, aufgrund der positiven Eigenschaften, fast ausschließlich nur mehr supraleitende Magneten in Röhrenform eingesetzt. Diese erzeugen Magnetfelder mit hohen Feldstärken und guten homogenen Eigenschaften. Diese Eigenschaften sind notwendig, um eine hohe Bildqualität zu erhalten. Nachfolgend werden die unterschiedlichen Bauformen der Grundfeldspule angeführt.

### Permanentmagnet

Das Magnetfeld des Permanentmagnets ist ständig aktiv und kann nicht deaktiviert werden. Der Magnet besteht aus ferromagnetische Material, welches eine makroskopische



Magnetisierung besitzt (Peters et al. 1990, S. 10). Beim Permanentmagnet muss keine Energie aufgewendet werden um das Magnetfeld aufrecht zu erhalten. Somit besteht der größte Vorteil im geringen Energieverbrauch, da auch keine Kühlung für den Betrieb notwendig ist. Permanentmagneten besitzen jedoch ein sehr hohes Gewicht (bis zu 100 Tonnen) und erreichen nur geringe Feldstärken (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 37).

Abbildung 16 – Magnet eines 0,35 Tesla MRT-Systems (Magnetom C) der Fa. Siemens (Siemens Medical 2004, S. 43)

Mit der geringen Feldstärke geht eine schlechte Bildqualität einher. Aufgrund dieser negativen Eigenschaften, ist der Einsatz in der klinischen Diagnostik gering. In Abbildung 16 ist ein MRT-System, welches einen Permanentmagneten verwendet, dargestellt. Dieses System arbeitet mit einer Feldstärke von 0,35 Tesla und hat ein Gewicht von 16 Tonnen (Siemens Medical 2004, S. 22 und S. 42).

## Widerstandsmagnet

Das physikalische Prinzip des Widerstandsmagneten beruht auf dem Prinzip einer stromdurchflossenen Spule. Das Magnetfeld entsteht dadurch, dass elektrischer Strom durch eine Spule geschickt wird. Dieser Magnettyp benötigt ein Kühlsystem, da ein großer



Teil der elektrischen Energie in Wärme umgewandelt wird (Peters et al. 1990, S. 10).

Wie der Permanentmagnet besitzt der Widerstandsmagnet aufgrund seiner geringen Feldstärke eine schlechte Homogenität des Feldes, welches in einer schlechteren Bildqualität resultiert. Auf Grund diverser negativer Eigenschaften, wie hohem Energieverbrauch und hoher Kühlaufwand, wird dieses System nicht sehr oft in der klinischen Diagnostik verwendet.

Abbildung 17 – Magnet eines 0,2 Tesla MRT-Systems (Magnetom Open Viva) der Fa. Siemens<sup>19</sup>

In Abbildung 17 ist ein MRT- System, basierend auf der Funktion eines Widerstandsmagnets, abgebildet. Dabei handelt es sich um einen Magnetom Open Viva der Fa. Siemens. Dieses System arbeitet mit einer Feldstärke von 0,2 Tesla und hat ein Gewicht von 11,6 Tonnen (Siemens Medical 1997).

<sup>19</sup>Quelle: [http://www.romay.ch/formteile\\_show\\_prod.php?warea=22&wgo=107&wval=239](http://www.romay.ch/formteile_show_prod.php?warea=22&wgo=107&wval=239). Letzter Zugriff am 22.07.2013

## Supraleitender Magnet

Supraleitende MRT sind Elektromagneten, welche durch Nutzung von Supraleitung hohe Leistungen erzielen können. Nur in dieser Bauform können hohe Feldstärken (bis zu 20 Tesla) realisiert werden. In der derzeitigen bildgebenden Diagnostik (Stand 2013) werden am häufigsten Magneten mit 1,5- und 3,0 Tesla eingesetzt. Der supraleitende Magnet bietet außerdem die größte Homogenität des Magnetfelds und somit auch die beste Bildqualität.

Supraleitung beschreibt das Phänomen, dass bestimmte Materialien durch ausreichende Kühlung ihren elektrischen Widerstand verlieren. Bei einem supraleitenden Magneten wird eine stromdurchflossene Spule mit einer Niob-Titan Legierung eingesetzt. Die Kühlung der Spule, und somit die Supraleitung, wird durch flüssiges Helium (-269 °C) realisiert. Bei dieser Temperatur verliert die Niob-Titan Legierung ihren elektrischen Widerstand, und der Strom in der Spule kann nahezu verlustfrei fließen.

Supraleitende Magneten besitzen Helium-Füllmengen von 1.000-2.000 Liter (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 34). Zum Beispiel besitzt der 1,5 Tesla-MRT Magnetom Avanto eine Füllmenge von 1.600 Liter (Siemens Medical 2008). Neu entwickelte Kühlsysteme ermöglichen dabei eine Abdampfrate von nahezu 0 Litern/Jahr, was das Nachfüllen von Helium nicht mehr so oft erforderlich macht (Siemens Medical 2008).

Beim supraleitenden Magneten muss die Spule nur einmal geladen werden um das Magnetfeld aufzubauen, danach ist keine weitere Stromzufuhr notwendig (Schwarz Müller-Erber et al. 2013, S. 34). Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass der Magnet auch nicht durch Abschalten des Stroms deaktiviert werden kann. Das Magnetfeld des supraleitenden Magneten kann nur durch Unterbrechung der Supraleitung deaktiviert werden.

Die Aufhebung der Supraleitung wird als „Quench“ bezeichnet. Dieser kann langsam und kontrolliert erfolgen, oder auch innerhalb weniger Sekunden. Jeder supraleitende Magnet besitzt dafür mehrere Not-Aus Vorrichtung (Magnet Stopp). In Abbildung 18 ist die Steuereinrichtung (Alarm Box) eines 1,5 Tesla-MRT der Fa. Siemens dargestellt. Der Magnet Stopp-Knopf befindet sich in der Mitte (roter Knopf) und ist durch das Symbol eines durchgestrichenen Magnets gekennzeichnet.



Abbildung 18 – Steuereinrichtung eines 1,5 Tesla MRT-Systems der Fa. Siemens (Magnetom Avanto)<sup>20</sup>

Beim Quench wird die Supraleitung durch eine Temperaturerhöhung an der Spule unterbrochen. Der Temperaturanstieg wird durch ein minimales Aufheizen der Spule erreicht. Diese Temperaturerhöhung bewirkt, dass die Supraleitung an diesem Punkt unterbrochen wird. Da nun ein Teil der Spule nicht mehr supraleitend ist, wirkt dem Stromfluss in diesem Bereich ein elektrischer Widerstand entgegen.

Die dadurch entstehende Wärme unterdrückt die Supraleitung auch im umliegenden Bereich. Infolge dessen bricht das Magnetfeld zusammen und ein großer Teil des Heliums wird durch die Erwärmung abgeblasen.

Aus wirtschaftlichen Gründen sollte der Magnet nur in außergewöhnlichen Notsituationen gequench werden. Nach dem Quench verbleiben ungefähr 12 % des flüssigen Heliums im Magnet. Diese Menge reicht nicht aus, um den Magnet dauerhaft zu kühlen. Somit muss innerhalb weniger Stunden eine komplette Helium-Füllung durchgeführt werden, um eine Erwärmung auf Raumtemperatur zu vermeiden. Danach muss der Magnet auch erneut geladen und kalibriert werden. Die Servicearbeiten nach einem Quench müssen von Fachfirmen durchgeführt werden und bedeuten einen hohen finanziellen Aufwand. Meist fällt der finanzielle Schaden aber höher aus, da die MRT während den Servicearbeiten nicht für den Patientenbetrieb genutzt werden kann.

In Abbildung 19 ist der Magnet eines supraleitenden Systems, während Servicearbeiten, ersichtlich. Es handelt sich dabei um den Magneten eines 1,5 Tesla Geräts (Magnetom Avanto) der Fa. Siemens. Außerdem wurde in der Grafik das Quenchrohr beschriftet,

<sup>20</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg im Krankenhaus Tulln, Österreich, 2008

welches aufgrund der Servicearbeiten ersichtlich ist. Über dieses Rohr würde während einem Quench das Helium abgeblasen werden.



Quenchrohr

Abbildung 19 - Magnet eines 1,5 Tesla MRT-Systems (Magnetom Avanto) der Fa. Siemens während Servicearbeiten<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg an der MR-Diagnostik AG Thun, Schweiz, 2011



## Gefahren an der MRT

Die MRT kann, bedingt durch Ihren komplexen Aufbau, mit unterschiedlichen Effekten auf den menschlichen Organismus wirken. So können zum Beispiel der eingestrahlte HF-Impuls zu einer Erwärmung des Gewebes, oder zeitlich veränderte Magnetfelder zu einer Nervenstimulation führen. Viele dieser Gefährdungen sind jedoch nur für Personen während einer Untersuchung relevant. Nachfolgend wird das Sicherheitsverhalten betrachtet, welches auch für Einsatzkräfte in der Gefahrenabwehr bedeutend ist. Die höchste Gefährdung wird vom statischen Magnetfeld verursacht. Diese ist für Patienten, Krankenhauspersonal und Einsatzkräfte gleichermaßen von Bedeutung. Nachfolgend werden die wichtigsten, bereits bekannten, Verhaltensweisen angeführt.

Das Magnetfeld des 1,5 Tesla MRT ist ungefähr 30.000-mal stärker als das Erdmagnetfeld (Peters et al. 1990, S.12) Je nach Magnettyp breitet sich das Feld unterschiedlich, in alle Richtungen, um den Magneten aus. Aufgrund der hohen Feldstärke, werden ferromagnetische-, diamagnetische- und paramagnetische Stoffe beeinflusst (Peters et al. 1990, S. 12). Mit zunehmendem Abstand zum Magneten verliert das Feld an Stärke. Der Bereich, an welchem das Feld nur mehr 0,5 mT (Millitesla) beträgt, wird mit einer Markierung gekennzeichnet.



Abbildung 20 – 0,5 mT- Linie im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Hamburg<sup>22</sup>

Viele Kliniken nutzen dafür auch eine weiße, eine gelbe, oder eine schwarz-gelbe Markierung. Die Feldstärke von 0,5 mT gilt als weitgehend ungefährlich und liegt bei vielen

<sup>22</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013



Magnettypen ungefähr ein bis zwei Meter vom Zentrum entfernt. Bis zu diesem Punkt wäre es theoretisch möglich mit ferromagnetischen Objekten<sup>23</sup> zu arbeiten, da die Anziehungskraft hier noch nicht auftritt. Ab der 0,5 mT-Grenze nimmt die Anziehungskraft jedoch schlagartig zu, und die Anziehung kann nicht mehr verhindert werden. In Abbildung 21 wird die Ausbreitung des Magnetfelds um einen MRT dargestellt.

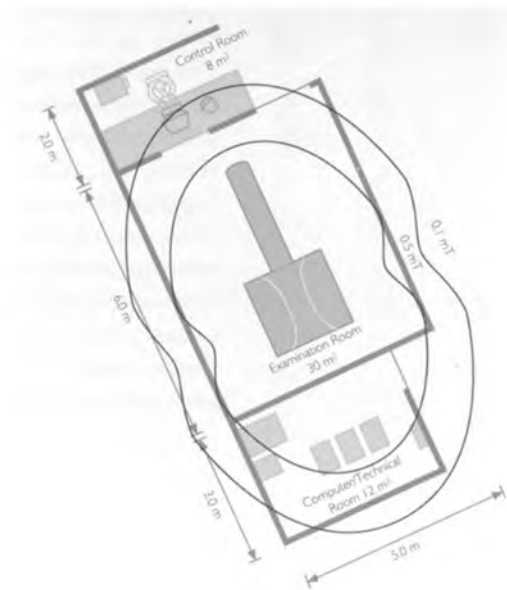


Abbildung 21 – Darstellung der Feldlinien um einen MRT<sup>24</sup>

Aufgrund der Anziehungskraft die das Magnetfeld auf ferromagnetische Objekte und Metalle ausübt, sind diese Materialien MRT-inkompatibel. Um Unfällen vorzubeugen, trägt das Krankenhauspersonal geeignete Kleidung und Patienten entfernen vor Untersuchungen ihre Kleidung. Des Weiteren ist es für Personen, welche ferromagnetische Bauteile (wie Herzschrittmacher, Implantate, künstlichen Herzklappen,...) an sich tragen, nicht möglich sich der MRT zu nähern. Aufgrund der Krafteinwirkung des externen Felds könnten diese Bauteile in Ihrer Funktion beeinträchtigt, oder deplatziert, werden. Alltägliche Objekte, wie zum Beispiel Brillen und Uhren, bedürfen ebenso großer Aufmerksamkeit. Diese Objekte werden bei Eintritt in das Magnetfeld durch die Anziehung beschleunigt und können zu einem potentiellen Projektil werden.

<sup>23</sup> Ferromagnetische Materialien verursachen entweder selbst ein statisches Magnetfeld oder besitzen die Eigenschaft, von einem äußeren Magnetfeld angezogen zu werden.

<sup>24</sup> Quelle: <https://buffportal.mdc-berlin.de/Sicherheitsbelehrung>. Letzter Zugriff am 22.07.2013

## Ergebnisse

### Empirische Exploration Feuerwehr

Die Umfrage erstreckte sich über einen Zeitraum von 21 Tagen. Insgesamt wurden 15 Personen zu der MRT-Thematik befragt (n=15). Diese waren durchwegs unterschiedlichen Alters, und zu 100 % männlich. Die Altersverteilung wird in Abbildung 22 dargestellt.

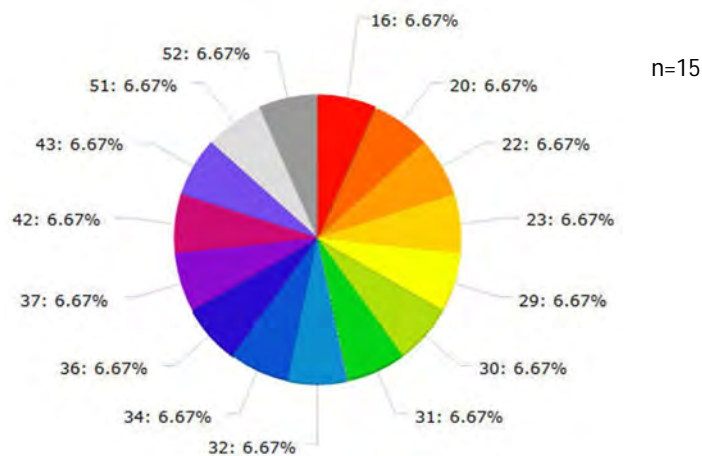


Abbildung 22 – Umfrage Feuerwehr. Altersverteilung der Teilnehmer.

Innerhalb dieser 15 Personen konnten neun verschiedene Dienstgrade verzeichnet werden. Der Dienstgrad Feuerwehrmann ist dabei mit 26,67 % am häufigsten vertreten. Die Dienstgrade Oberfeuerwehrmann, Verwalter und Oberbrandinspektor folgen mit jeweils 13,33 %. Die restlichen Dienstgrade entfallen mit einer Häufigkeit von jeweils 6,67 %. Die Verteilung der Dienstgrade ist in Abbildung 23 ersichtlich.

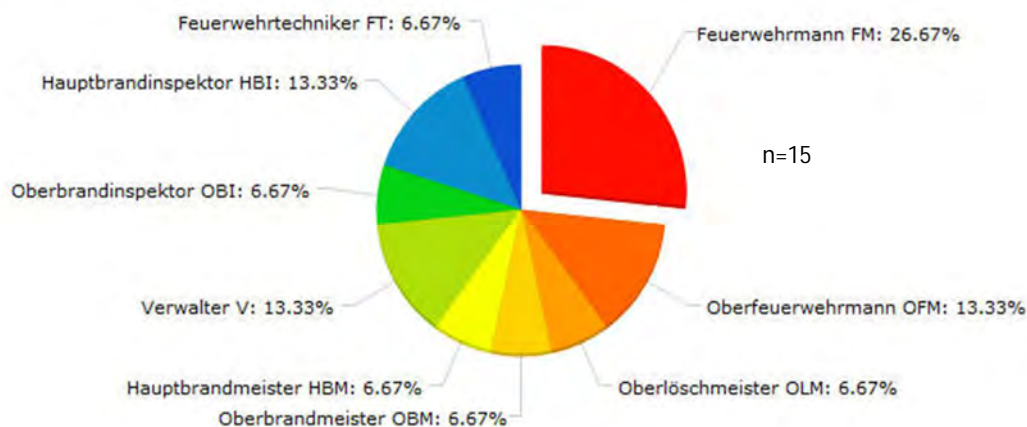


Abbildung 23 – Umfrage Feuerwehr. Dienstgradverteilung der Teilnehmer.

### Generelle Gefahreneinschätzung an der MRT

Die allgemeine Gefahreneinschätzung an der MRT wurde zu 53,33 % als „wenig gefährlich“ eingestuft. Jeweils 20 % der Teilnehmer stufen die Gefahr als „gefährlich“ und „überhaupt nicht gefährlich“ ein. Für 6,67 % der teilnehmenden Personen gilt die MRT als „sehr gefährlich“. Die generelle Gefahreneinschätzung an der MRT ist grafisch in Abbildung 24 ersichtlich.

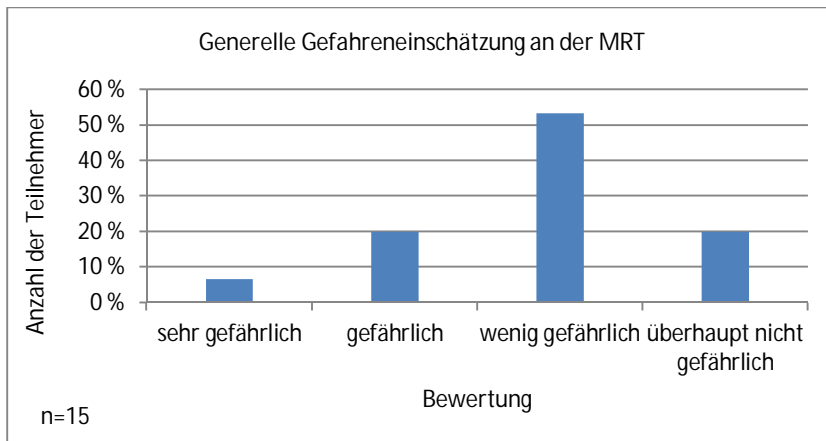


Abbildung 24 – Umfrage Feuerwehr. Gefahreneinschätzung an der MRT

### Eigenes Sicherheitsgefühl an der MRT

Jeweils 46,67 % der Teilnehmer fühlen sich „sicher“ oder „unsicher“ an der MRT. 6,67 % der teilnehmenden Personen haben ein „sehr sicheres“ Gefühl. Keiner der Teilnehmer hat angegeben, sich „sehr unsicher“ an der MRT zu fühlen. Das Sicherheitsgefühl der Teilnehmer an der MRT ist grafisch in Abbildung 25 ersichtlich.

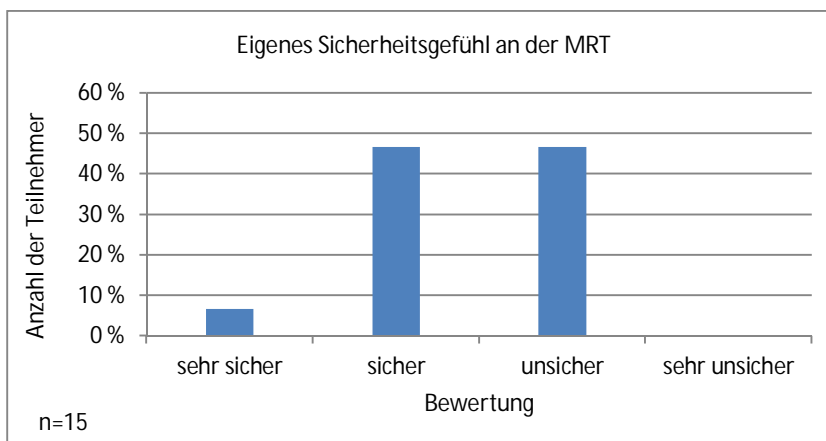


Abbildung 25 – Umfrage Feuerwehr. Sicherheitsgefühls an der MRT

### Gefühl über die Eignung des Einsatzmaterials

Das Gefühl über die Eignung des Einsatzmaterials wurde von 46,67 % der Teilnehmer als „zum Teil geeignet“ eingeschätzt. Jeweils 13,33 % der Teilnehmer halten deren Material für „sehr geeignet“ oder „ungeeignet“. 26,67 % der Personen erachten das Material für „geeignet“. Die Einschätzung zur Eignung des Einsatzmaterials, ist grafisch in Abbildung 26 ersichtlich.

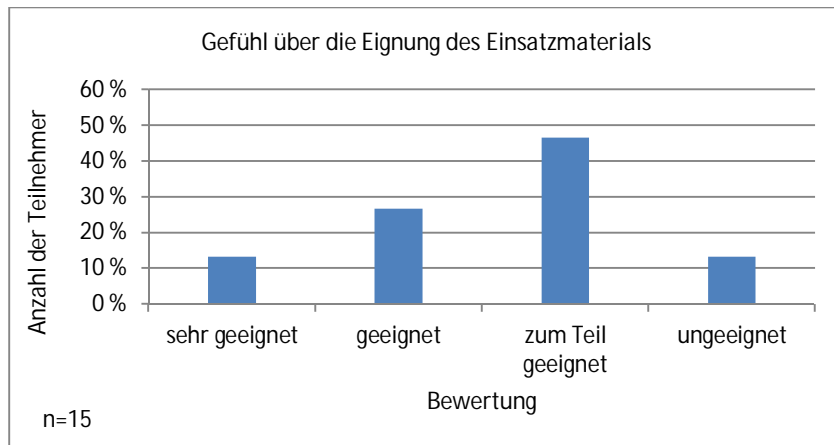


Abbildung 26 – Umfrage Feuerwehr. Eignung des Einsatzmaterials

### Einschätzung über die Vorbereitung der Einsatzleitung

Von 60 % der Befragten, wird die Vorbereitung der Einsatzleitung als „zum Teil vorbereitet“ eingeschätzt. 33,33 % der Personen haben das Gefühl, dass deren Einsatzleitung „unvorbereitet“ ist. Von 6,67 % der Teilnehmer wird die Einsatzleitung als „gut vorbereitet“ eingeschätzt. Die Einschätzung über die Vorbereitung der Einsatzleitung ist grafisch in Abbildung 27 ersichtlich.

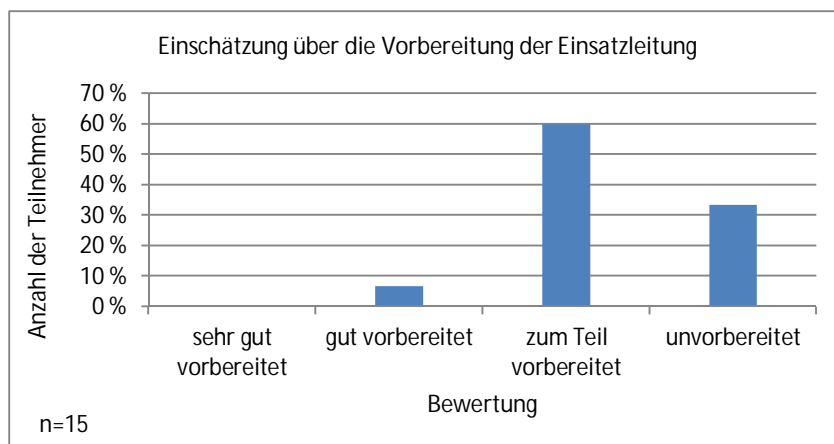


Abbildung 27 – Umfrage Feuerwehr. Einschätzung zur Vorbereitung der Einsatzleitung

### Gefühl über die Sinnhaftigkeit der Einführung eines zusätzlichen Lehrgangs

Von 46,67 % der Teilnehmer wird die Einführung eines zusätzlichen Lehrgangs als „sinnvoll“ erachtet. Jeweils 26,67 % der Teilnehmer empfinden die Einführung als „sehr sinnvoll“ oder „zum Teil sinnvoll“. Das Gefühl über die Sinnhaftigkeit der Einführung eines zusätzlichen Lehrgangs ist grafisch in Abbildung 28 dargestellt.

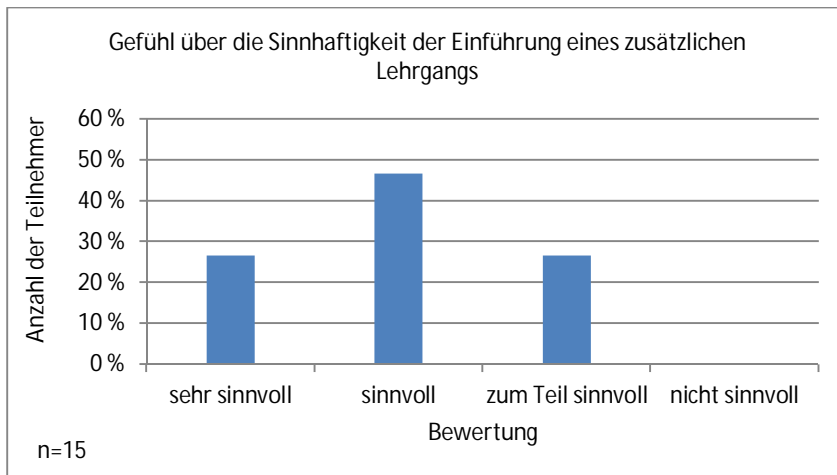


Abbildung 28 – Umfrage Feuerwehr. Gefühls über die Sinnhaftigkeit der Einführung eines zusätzlichen Lehrgangs

## Empirische Exploration Einsatzkräfte Deutschland

Im Zuge dieser Umfrage konnten 314 Personen befragt werden (n=314). Dabei konnte eine hohe Altersverteilung zwischen 17 und 55 Jahren erzielt werden. Die höchste Altersdichte befindet sich dabei zwischen 24 und 32 Jahren. Der größte Teil der Befragten kam aus dem Bereich des Rettungsdienstes (85,58 %). Der Bereich des Krankentransports war mit 7,37 % vertreten und der Bereich des Krankenfahrtdienstes mit 7,05 %. Die Aufteilung der Berufsfelder ist grafisch in Abbildung 29 ersichtlich.

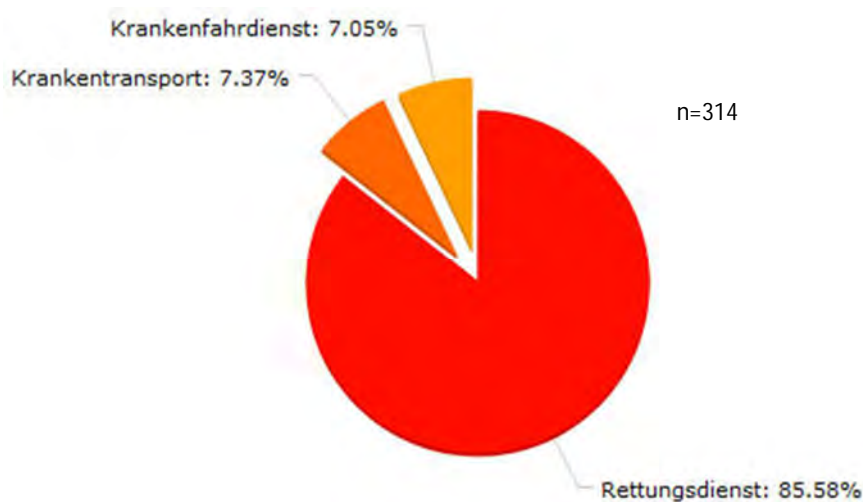


Abbildung 29 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Berufsfelder.

Einige der Teilnehmer hatten bereits einen Unfall an der MRT erlebt (9,24 %) und konnten diese Befragung somit mit Unfallererfahrung beantworten. Die Unfallererfahrung ist grafisch in Abbildung 30 dargestellt.

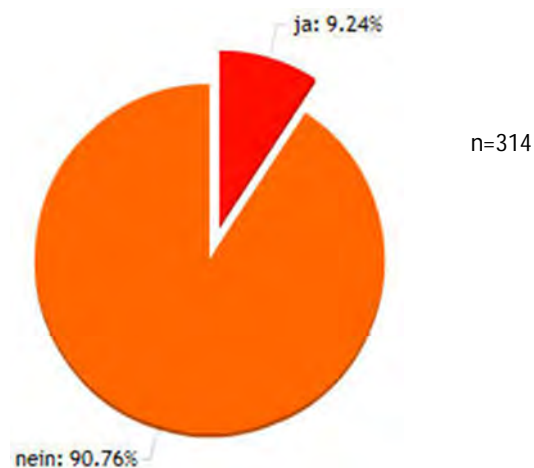


Abbildung 30 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Unfallererfahrung.

## Gefahreneinschätzung

Die Frage zur allgemeinen Gefahreneinschätzung wurde zum überwiegenden Teil als „wenig gefährlich“ eingestuft (68,79 %). Ein kleiner Teil der Teilnehmer stuft die Gefahr als „sehr gefährlich“ (4,78 %) oder als „überhaupt nicht gefährlich“ (6,05 %) ein. 20,38 % der Befragten stufen die Gefahr als „gefährlich“ ein. Die generelle Gefahreneinschätzung ist in Abbildung 31 grafisch dargestellt.

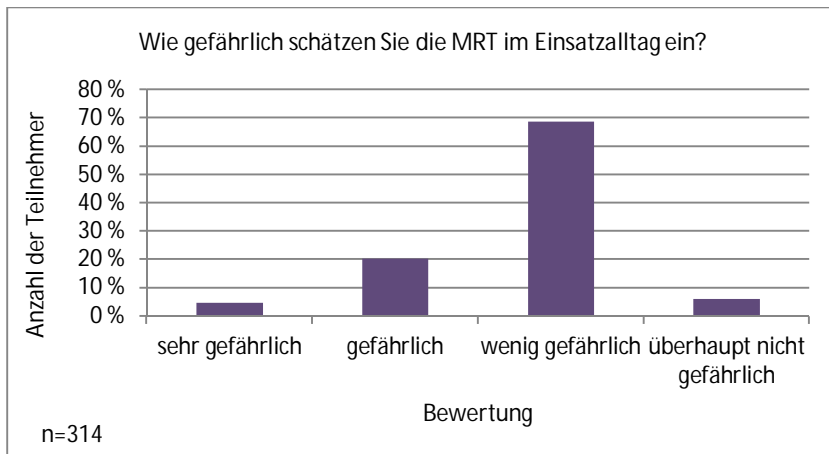


Abbildung 31 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Gefahreneinschätzung.

## Sicherheitsgefühl

Der überwiegende Teil der Befragten (46,82 %) würde sich bei einem Einsatz an der MRT „sicher“ fühlen. 37,90 % der Teilnehmer würden dabei ein „unsicheres“ Gefühl aufweisen. Ein kleiner Teil der Einsatzkräfte würde sich entweder „sehr sicher“ (5,73 %) oder „sehr unsicher“ (9,55 %) fühlen. Das Sicherheitsgefühl ist grafisch in Abbildung 32 dargestellt.

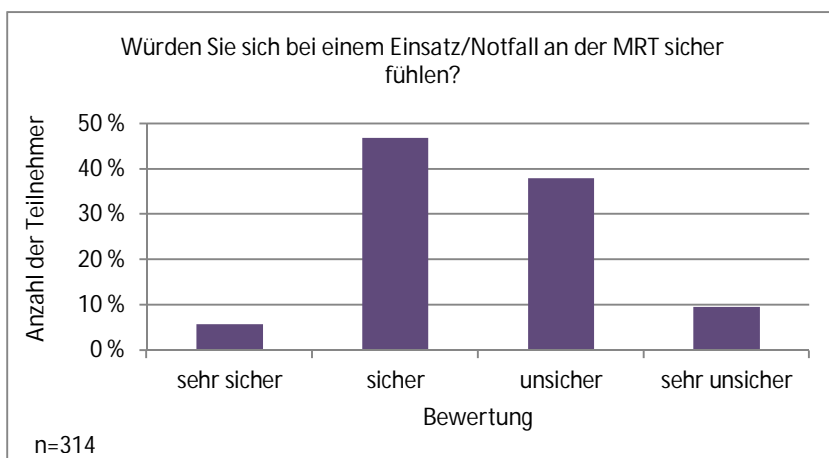


Abbildung 32 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Sicherheitsgefühl.

## Erkennung der MRT

Ein Großteil der befragten Einsatzkräfte würde sich entweder „unsicher“ (28,03 %) oder „sehr unsicher“ (48,41 %) fühlen, eine MRT anhand der Bauform zu erkennen. 17,52 % der Teilnehmer würden dabei ein „sicheres“ Gefühl aufweisen und 6,05 % der Befragten ein „sehr sicheres“ Gefühl. Die Ergebnisse sind grafisch in Abbildung 33 dargestellt.

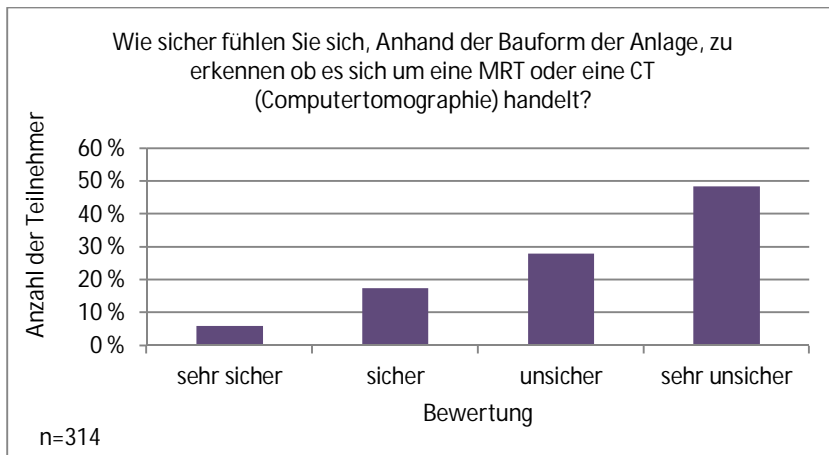


Abbildung 33 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Erkennung der MRT.

## Einsatzmittel

Bei der Frage zur Eignung der Einsatzmittel haben sich 67,52 % der Einsatzkräfte für „zum Teil geeignet“ entschieden. 16,24 % der Teilnehmer halten deren Einsatzmittel für „geeignet“ und 15,29 % der Befragten für „ungeeignet“. Nur 0,96 % der Teilnehmer haben sich für die Antwort „sehr geeignet“ entschieden. Die Ergebnisse sind grafisch in Abbildung 34 dargestellt.

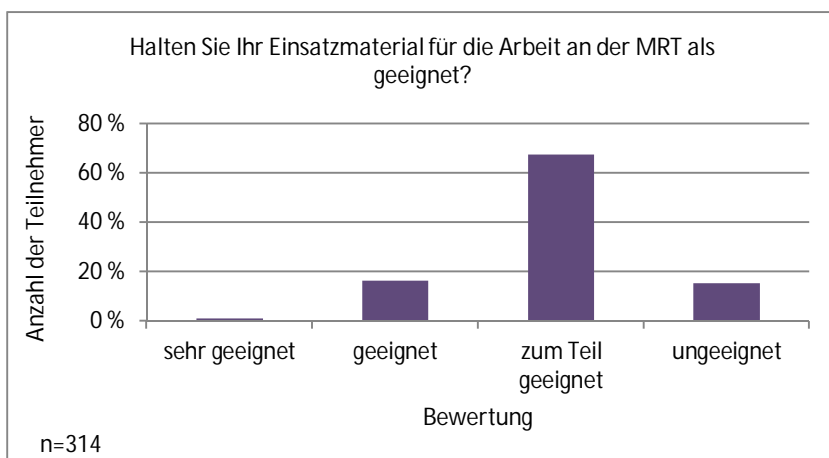


Abbildung 34 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Einsatzmittel.



### Krafteinwirkung des magnetischen Felds

Die Krafteinwirkung durch das Magnetfeld wurde überwiegend als „stark“ (57,64 %) oder als „sehr stark“ (34,71 %) eingestuft. 7,64 % der Befragten schätzen die Krafteinwirkung als „leicht“. Keiner der Teilnehmer vermutet eine „sehr leichte“ Krafteinwirkung. Diese Einschätzung ist grafisch in Abbildung 35 dargestellt.

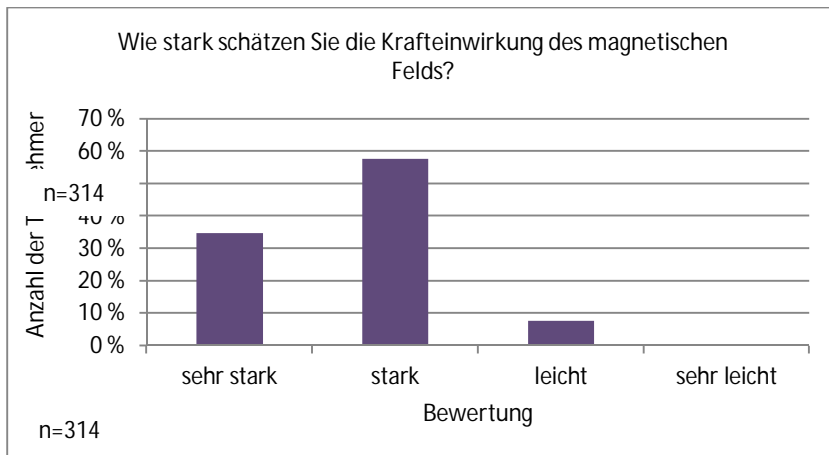


Abbildung 35 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Krafteinwirkung des magnetischen Felds.

### Eintritt der Krafteinwirkung

Von 22,29 % der Teilnehmer wird eine Beeinflussung im Abstand von mehr als zwei Metern vermutet und von 51,27 % der Befragten im Abstand von zwei Metern. 20,70 % der Einsatzkräfte vermuten eine Krafteinwirkung im Abstand von einem Meter und 5,73 % in einem Abstand von weniger als einem Meter. Die Ergebnisse sind grafisch in Abbildung 36 dargestellt.

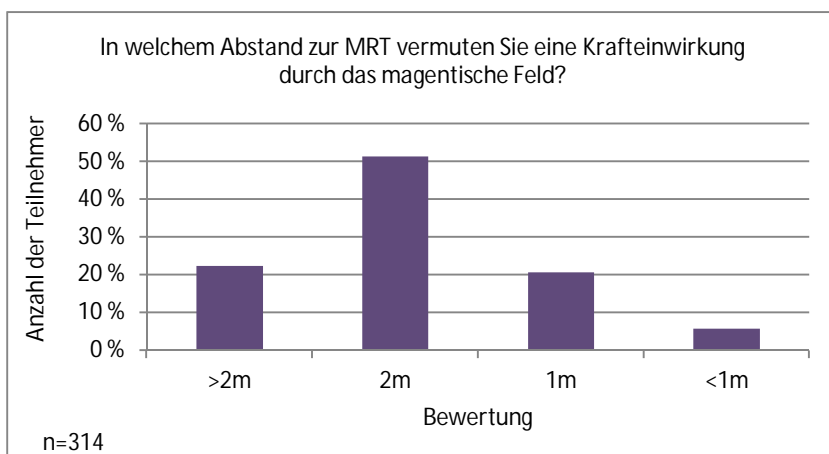


Abbildung 36 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Eintritt der Krafteinwirkung.

### Deaktivierung der MRT

Die Frage zur Deaktivierung der MRT wurde zu 68,15 % mit „Nein“ beantwortet. 17,52 % der Teilnehmer haben die Frage mit „ich bin mit nicht ganz sicher“ und 9,55 % der Befragten mit „ziemlich sicher“ beantwortet. Von 4,78 % wurde die Frage mit „zu 100 %“ beantwortet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 37 dargestellt.

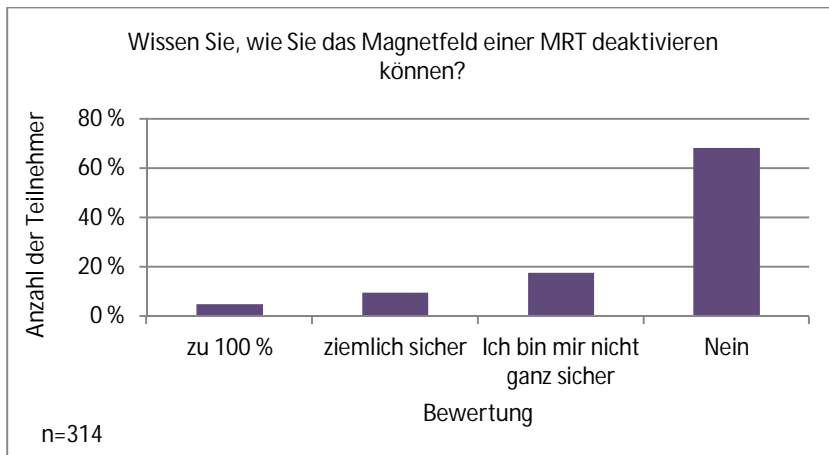


Abbildung 37 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Deaktivierung der MRT.

### Persönliche Vorbereitung auf Komplikationen

Die Frage zur persönlichen Vorbereitung wurde von 68,15 % der Einsatzkräfte mit „unvorbereitet“ beantwortet. 27,07 % der Teilnehmer schätzt deren Vorbereitung als „zum Teil vorbereitet“. 3,82 % der Befragten hält sich für „gut vorbereitet“ und 0,96 % als „sehr gut vorbereitet“. Die Ergebnisse sind in Abbildung 38 dargestellt.

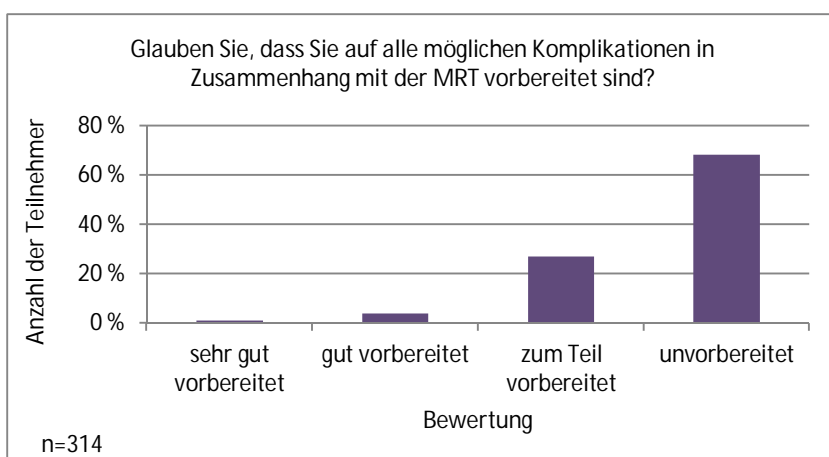


Abbildung 38 – Umfrage Rettungsdienst Deutschland. Persönliche Vorbereitung.

## Empirische Exploration Österreichisches Rotes Kreuz (ÖRK)

Im Zuge dieser Umfrage konnten 53 Personen befragt werden (n=53). Dabei konnte eine hohe Altersverteilung zwischen 23 und 45 Jahren erzielt werden. Von den befragten Einsatzkräften hatten 37 Personen (30,19 %) die Ausbildung eines Rettungssanitäters und 16 Personen (69,81 %) die Ausbildung des Notfallsanitäters. Die Verteilung der Ausbildung ist grafisch in Abbildung 39 dargestellt.

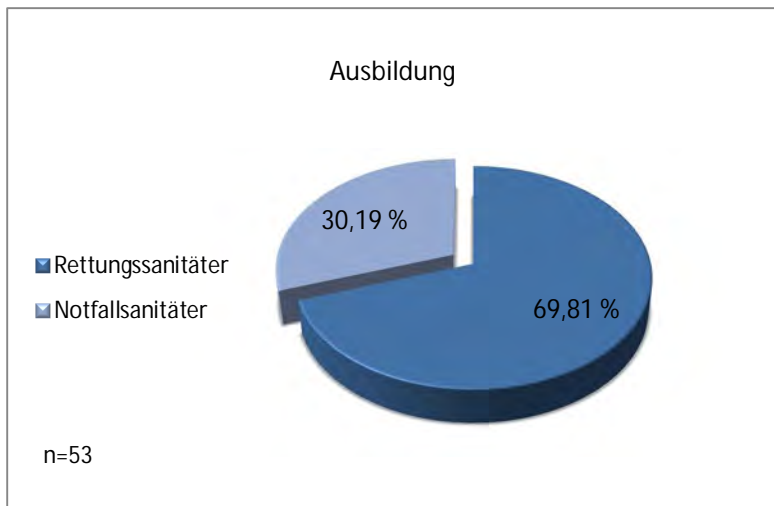


Abbildung 39 – Umfrage beim ÖRK. Ausbildung der Teilnehmer.

Auch beim ÖRK waren Einsatzkräfte vertreten, welche bereits einen Unfall an einer MRT erlebt hatten. Insgesamt hatten 5,66 % der Teilnehmer bereits Unfallerfahrungen an der MRT. Die Unfallerfahrung ist grafisch in Abbildung 40 dargestellt.

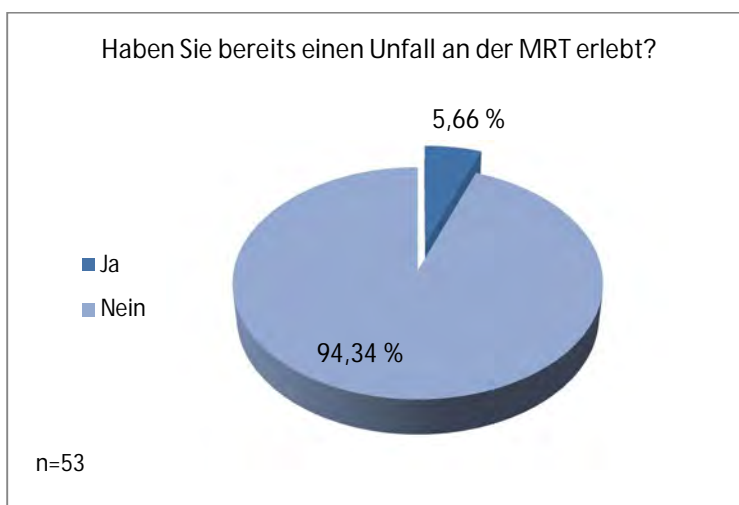


Abbildung 40 – Umfrage ÖRK. Unfallerfahrung der Teilnehmer.

## Erkennung der MRT

Keiner der befragten Personen fühlte sich „sehr sicher“ den Unterschied einer Computertomographie (CT) und einer Magnetresonanztomographie (MRT) zu erkennen. 18,87 % der Teilnehmer fühlten sich „sicher“ den Unterschied zu bemerken. Der größte Teil der Befragten fühlte sich „unsicher“ (41,51 %) oder „sehr unsicher“ (39,62 %) den Unterschied zu erkennen. Die Einschätzung zur Erkennung ist grafisch in Abbildung 41 dargestellt.

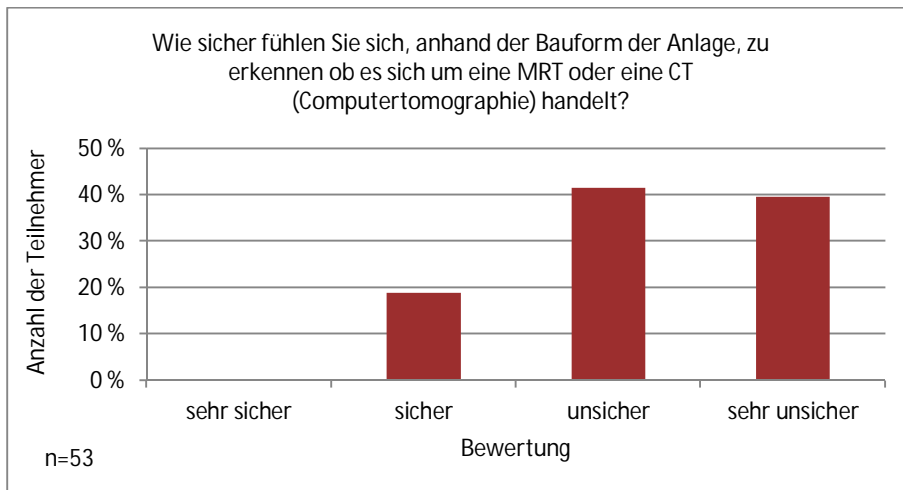


Abbildung 41 – Umfrage ÖRK. Erkennung der MRT.

## Gefahrenereinschätzung

Die Gefahrenereinschätzung an der MRT wurde zu 3,77 % als „sehr gefährlich“ eingestuft. Jeweils 11,32 % der Teilnehmer stufen die Gefahr als „gefährlich“ oder als „überhaupt nicht gefährlich“ ein. Der überwiegende Teil der Befragten (73,58 %) entschied sich für „wenig gefährlich“. Die Gefahrenereinschätzung an der MRT ist grafisch in Abbildung 42 ersichtlich.

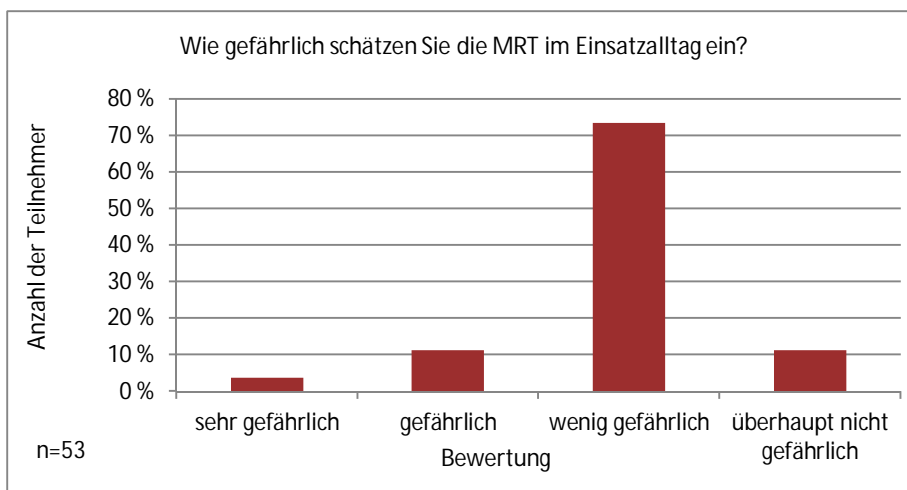


Abbildung 42 – Umfrage ÖRK. Gefahrenereinschätzung im Einsatzalltag.

## Sicherheitsgefühl

Jeweils 22,64 % der Teilnehmer würden sich bei einem Einsatz an der MRT „sicher“ oder „sehr unsicher“ fühlen. Keiner der Befragten würde ein „sehr sicheres“ Gefühl aufweisen und 54,72 % der Teilnehmer gaben an sich „unsicher“ zu fühlen. Das Sicherheitsgefühl ist grafisch in Abbildung 43 dargestellt.

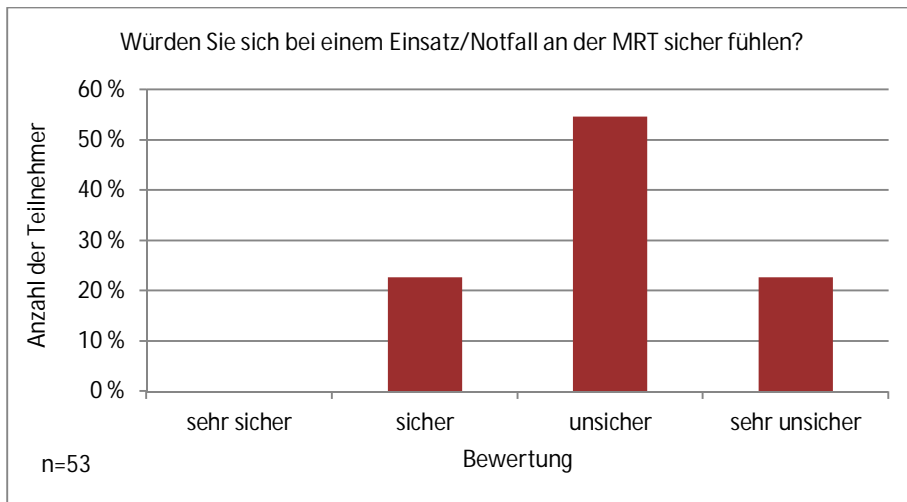


Abbildung 43 – Umfrage ÖRK. Sicherheitsgefühl an der MRT.

## Eignung des Einsatzmaterials an der MRT

Das vorhandene Einsatzmaterial wurde von 22,64 % der Teilnehmer als „geeignet“ und von 52,83 % als „zum Teil geeignet“ eingeschätzt. Keiner der Befragten hält sein Material für „sehr geeignet“. 24,53 % der Teilnehmer schätzen deren Material als „ungeeignet“ ein. Die Eignung des Einsatzmaterials ist grafisch in Abbildung 44 dargestellt.

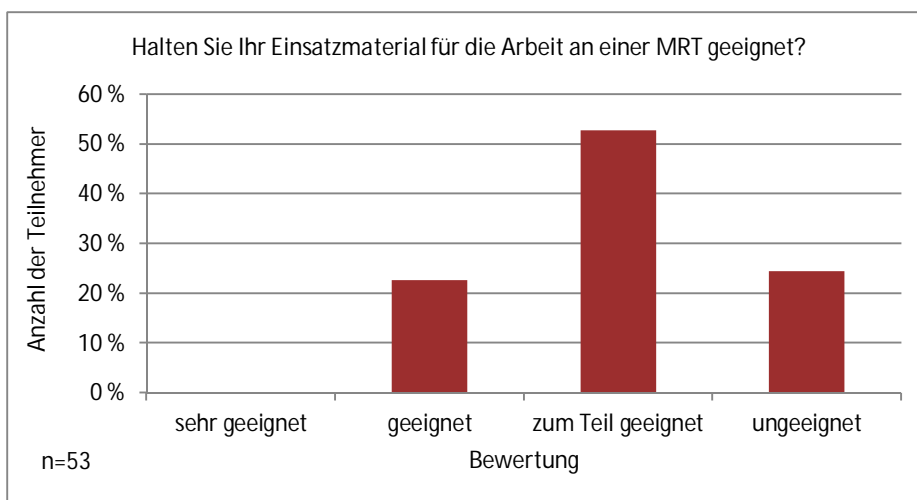


Abbildung 44 – Umfrage ÖRK. Eignung des Einsatzmaterials.

### Krafteinwirkung des magnetischen Felds

Die Krafteinwirkung durch das magnetische Feld wurde von 28,30 % der Teilnehmer als „sehr stark“ und von 52,83 % der Befragten als „stark“ eingestuft. 18,87 % der Teilnehmer halten die Krafteinwirkung für „leicht“. Keiner der Teilnehmer schätzt die Krafteinwirkung als „sehr leicht“. Die Einschätzung ist grafisch in Abbildung 45 dargestellt.

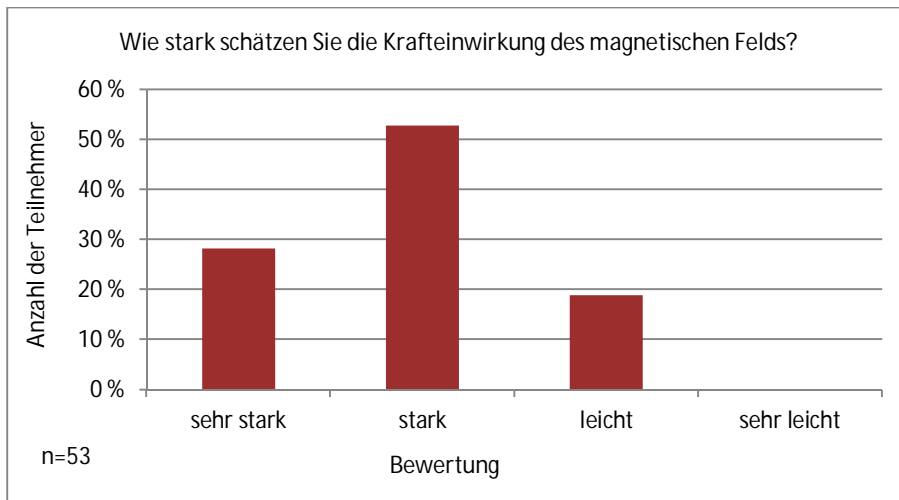


Abbildung 45 – Umfrage ÖRK. Krafteinwirkung des magnetischen Felds.

### Eintritt der Krafteinwirkung

15,09 % der Befragten vermuten eine Krafteinwirkung in mehr als zwei Metern. Eine Krafteinwirkung ab zwei Metern wird von 37,74 % der Teilnehmer erwartet. 35,85 % der Befragten vermuten die Krafteinwirkung ab einem Meter und 11,32 % der Teilnehmer in weniger als einem Meter. Die Auswertung ist grafisch in Abbildung 46 dargestellt.

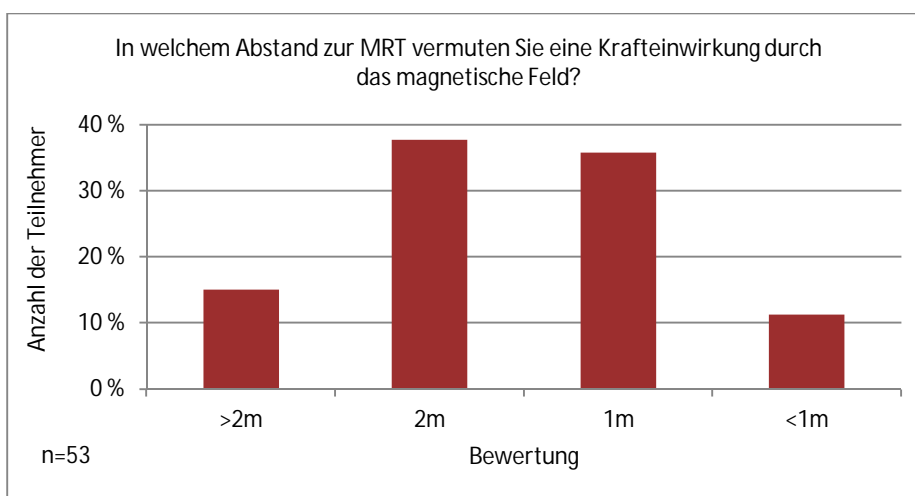


Abbildung 46 – Umfrage ÖRK. Eintritt der Krafteinwirkung.

### Deaktivierung des Magnetfelds

Die Frage zur Deaktivierung wurde zu 56,60 % mit „Nein“ beantwortet. 35,58 % der Teilnehmer waren sich „nicht ganz sicher“ wie eine MRT zu deaktivieren ist. 7,55 % der Teilnehmer gaben an zu wissen wie eine Deaktivierung erfolgt. Die Auswertung ist grafisch in Abbildung 47 dargestellt.

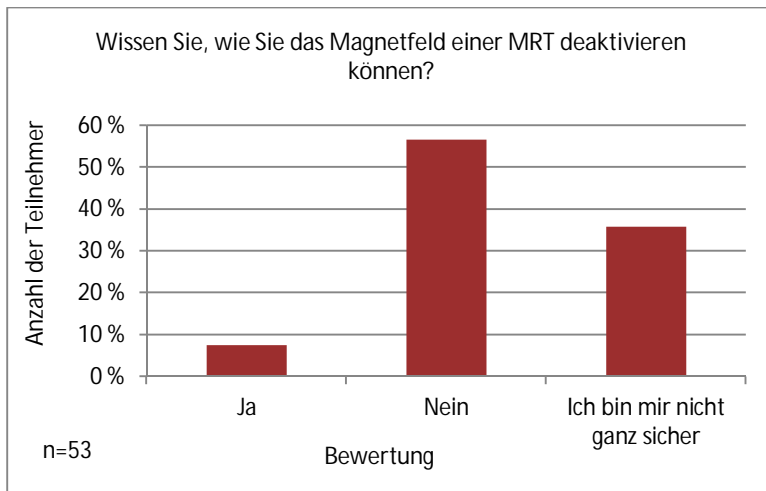


Abbildung 47 – Umfrage ÖRK. Deaktivierung des Magnetfelds.

### Persönliche Vorbereitung

Keiner der Teilnehmer gab an sich „sehr gut vorbereitet“ zu fühlen. Von 26,42 % der Befragten erfolgte die Einschätzung „gut vorbereitet“ und von 28,30 % „zum Teil vorbereitet“. 45,28 % der Befragten schätzen sich als „unvorbereitet“ ein. Die Auswertung ist grafisch in Abbildung 48 dargestellt.

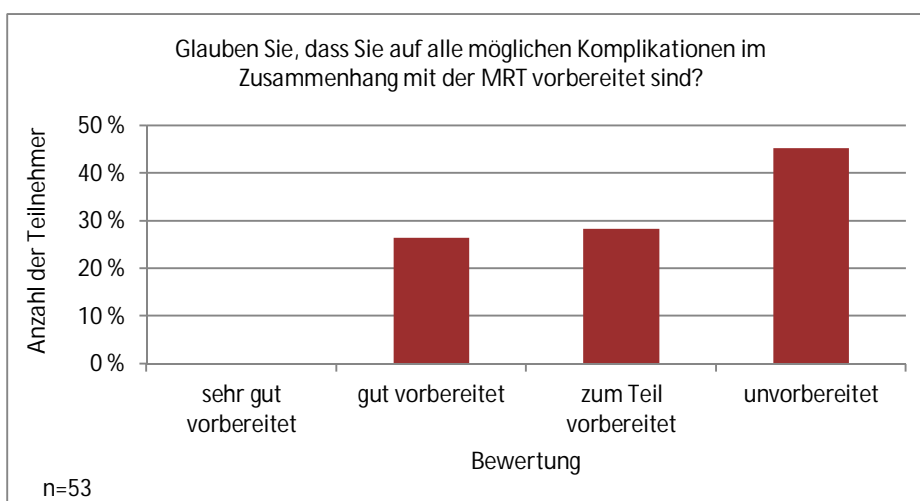


Abbildung 48 – Umfrage ÖRK. Persönliche Vorbereitung.

## Feldstudie

Eine Gesamtübersicht der Ergebnisse ist diesem Dokument im Anhang angefügt.

Bei der Untersuchung der Einsatzjacken und Einsatzhosen konnte keine oder nur eine geringe Beeinflussung durch das Magnetfeld festgestellt werden. Bei einer geringen Beeinflussung waren aber nicht das Material der Kleidung, sondern Knöpfe oder Verschlüsse, ausschlaggebend für die Krafteinwirkung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6 – Ergebnisse der Feldstudie. Einsatzjacken und Einsatzhosen

Gegenstand	Typ	gemessene Kraft in Newton [N]	im Abstand von
<b>Einsatzjacken</b>			
Einsatzjacke Johanniter Ehrenamt	Crings Model Typ CR130, Größe M, EN471, EN343	0 N	
Einsatzjacke Rettungsdienst - Berufsfeuerwehr Kiel	Toray See it Safe, Niemöller und Abel, Größe 48, EN13795	0 N	
Einsatzjacke Rotes Kreuz	GSG, Größe 50-52, EN 343 und EN 471	0 N	
Bereitschaftsjacke Rotes Kreuz	Hortig, Größe M, EN471 und EN 343	0 N	
Einsatzjacke KPA	Crings, Größe L	0 N	
Einsatzjacke Feuerwehr - Feuerwehr Halstenbek	Viking, Größe 56, CE 0493	0 N	
Einsatzjacke SEG	Hortig, Größe L, EN343 und EN471	< 1 N	30 cm
<b>Einsatzhosen</b>			
Einsatzhose Rettungsdienst - Berufsfeuerwehr Kiel	Größe 50	< 1 N	10 cm
Einsatzhose Feuerwehr - Feuerwehr Halstenbek	Viking Feuerschutzhose, Größe 56, CE0493, EN469:2005	0 N	

So konnte bei der Einsatzjacke SEG eine Anziehung, aufgrund der Knöpfe, im Abstand von 30 cm festgestellt werden. Auch bei der Einsatzhose der Berufsfeuerwehr Kiel konnte im Abstand von 10 cm eine Anziehung festgestellt werden, welche ebenfalls auf die Knöpfe zurückzuführen ist. In beiden Fällen war die aufgenommene Kraft sehr gering und führte bei den Tragetests zu keiner Beeinflussung der Einsatzkraft. Alle anderen getesteten Objekte wurden durch das Magnetfeld nicht beeinflusst.

An allen getesteten Handschuhen konnte eine Beeinflussung durch das Magnetfeld festgestellt werden. Die gemessenen Werte sind in Tabelle 7 ersichtlich.



Tabelle 7 - Ergebnisse der Feldstudie. Einsatzhandschuhe

Gegenstand	Typ	gemessene Kraft in Newton [N]	im Abstand von
<b>Handschuhe</b>			
Einsatzhandschuhe Rettungsdienst	Köninger, Kategorie 3, CE0516 und EN659	5 N	10 cm
Einsatzhandschuhe Feuerwehr	Rosenbauer, Safe Grip 2, EN6592003, mit Karabiner	17 N	20 cm
Einsatzhandschuhe Feuerwehr	Hygloves, Size L, EN388, mit Tragering von Weber Hydraulic	3 N	10 cm

Die Messwerte zeigen, dass jeder getestete Handschuh durch das Magnetfeld beeinflussbar ist und ohne entsprechende Rückhaltung in die Röhre der MRT gezogen werden würde. Die erhöhte Anziehungskraft am Einsatzhandschuh Modell Rosenbauer ist auf den Befestigungskarabiner zurückzuführen und in Abbildung 49 dargestellt. Diverse Befestigungssysteme können die Anziehungskraft also wesentlich erhöhen.



Abbildung 49 – Darstellung der Anziehungskraft am Einsatzhandschuh Modell Rosenbauer. Der Handschuh wird aufgrund des Magnetfelds in Richtung der Röhre der MRT gezogen und durch das Tragesystem zurückgehalten.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

Bei der Untersuchung der Einsatzstiefel konnte die höchste Anziehungskraft gemessen werden. Die Messwerte sind in Tabelle 8 ersichtlich.

Tabelle 8 - Ergebnisse der Feldstudie. Einsatzstiefel.

Gegenstand	Typ	gemessene Kraft in Newton [N]	im Abstand von
Einsatzstiefel			
Einsatzstiefel HAIX Feuerwehr	Fireflash, Größe 43, EN15090: 2006	90 N	40 cm
Einsatzstiefel HAIX Rettungsdienst	Airpower X1, Größe 45, ISO 20345: 2004	90 N	40 cm
Einsatzstiefel Rosenbauer	Tornado, Größe 45, EN15090	90 N	40 cm



Die Anziehungskraft der Stiefel ist auf die verwendeten Stahlkappen in den Schuhen zurückzuführen. Eine Anziehungskraft von 90 N bedeutet eine wesentliche Beeinflussung für die Einsatzkraft. Bei einer Annäherung von weniger als 40 cm wird die Krafteinwirkung auf den Stiefel so hoch, dass sich dieser auch an die MRT anhaftet. Der Einsatzstiefel kann dann nur mehr unter hohem Kraftaufwand vom Gehäuse der MRT entfernt werden. Dieser Vorgang wurde während der Einsatzsimulation in verschiedensten Positionen getestet. Abbildung 50 zeigt den „Befreiungsvorgang“ im Liegen.

Abbildung 50 - Einsatzsimulation an der MRT. Anziehungskraft durch den Einsatzstiefel.<sup>26</sup>

Die Versuche haben gezeigt, dass der Schuh in jeder Position aus eigener Kraft von der MRT entfernt werden konnte. Jedoch hat die schlagartige Anziehung bei einer Entfernung unter 40 cm jedes Mal zu einer wesentlichen Ablenkung und Überraschung der Einsatzkraft geführt. Die höchste Anziehungskraft konnte an den Ausgängen der Röhre gemessen

<sup>26</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

werden. Diese reicht jedoch nicht aus um den Stiefel vom Fuß der Einsatzkraft zu ziehen. Ohne Rückhaltung würde dieser jedoch in die Röhre der MRT gezogen werden.

Die Untersuchung der wasserführenden Armaturen hat gezeigt, dass dieses Material für den Einsatz an der MRT verwendet werden kann. Aufgrund deren Ausführung aus Aluminium und Messing ist keine ferromagnetische Wirkung feststellbar. Auch der Feuerwehrhaltegurt blieb durch das Magnetfeld unbeeinflusst. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9 – Ergebnisse der Feldstudie. Wasserführende Armaturen.

Gegenstand	Typ	gemessene Kraft in Newton [N]	im Abstand von
<b>Wasserführende Armaturen</b>			
Schlauchkupplung C	Kupplungsanschluss ohne Schlauch mit Dichtung und Sprengring	< 1 N	10 cm
Übergangsstück B und C	Inklusive Dichtung und Sprengring	< 1 N	10 cm
Hohlstrahlrohr	Typ Akron Brass 4820, Norm 1964, C-Festkupplung	0 N	
<b>Feuerwehrhaltegurt</b>			
Feuerwehrhaltegurt	Skylotec, Größe 3, DIN 14927 und EN358	0 N	

Die geringe Anziehungskraft der Schlauchkupplung und des Übergangsstücks, von weniger als 1 N, sind auf den Sprengring innerhalb dieser Bauteile zurückzuführen. Während der Einsatzsimulation hat diese Anziehung jedoch zu keiner Beeinträchtigung geführt. Das Hohlstrahlrohr wurde aufgrund seiner Ausführung aus Messing nicht vom Magnetfeld angezogen, jedoch konnte eine Einschränkung in seiner Bewegung festgestellt werden. Diese Einschränkung wird aufgrund entstehender Wirbelströme verursacht. Je nach Lage des Bauteils kann dieses nur unter hohem Kraftaufwand in verschiedene Richtungen bewegt werden (je nachdem in welche Richtung die Wirbelströme wirken). Die Funktion des Bauteils wird dadurch jedoch nicht eingeschränkt.

Bei der Untersuchung der Einsatzhelme konnte eine Beeinflussung durch das Magnetfeld ermittelt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10 - Ergebnisse der Feldstudie. Einsatzhelme und Feuerwehrhaltegurt.

Gegenstand	Typ	gemessene Kraft in Newton [N]	im Abstand von
<b>Einsatzhelme</b>			
Einsatzhelm Feuerwehr und Rettungsdienst	Schuberth, F120, CE0299 und EN 443:2008	30N	30 cm
Einsatzhelm Feuerwehr	Schuberth, Typ F210, CE0299 und EN443	0 N	

Die Anziehungskraft des Einsatzhelms F120 ist auf das verwendete Visier zurückzuführen (Darstellung in Abbildung 9). Ohne das zusätzliche Visier würde auch dieser Einsatzhelm, wie das Modell F210, nicht durch das Magnetfeld beeinflusst werden. Während der Einsatzsimulation hatte die Anziehung des Visiers zu einer erhöhten Einschränkung der Beweglichkeit geführt. In Abbildung 51 ist die maximale Annäherung einer Einsatzkraft an die Röhre der MRT dargestellt. In dieser Position wirkt bereits eine hohe Anziehungskraft auf den Einsatzhelm, und dieser wird nur mehr durch den Haltegurt zurückgehalten. Zusätzlich ist in diesem Bild die Anziehung des Tragekarabiners des Einsatzhandschuhs ersichtlich.



Abbildung 51 – Ergebnisse der Feldstudie. Maximale Position bevor der Einsatzhelm F120 mit Visier in die Röhre der MRT gezogen wird.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg am Unfallkrankenhaus Hamburg, Deutschland, 2013

## Diskussion

### Empirische Exploration Feuerwehr

Die Ergebnisse zur generellen Gefahreinschätzung zeigen, dass mehr als die Hälfte der Befragten (53,33 %) die MRT als „wenig gefährlich“ einschätzen. Dieses Ergebnis ist einerseits überraschend, da die MRT durch Ihren komplexen Aufbau eine Vielzahl an Gefahren bietet. Auf der anderen Seite kann der Rückschluss gezogen werden, dass die Teilnehmer nicht sehr oft mit einer MRT in Berührung kommen. Die Tatsache, dass 20 % der Befragten die MRT als „überhaupt nicht gefährlich“ einstufen, ist alarmierend und lässt auf einen hohen Wissensmangel schließen.

Bei der Frage nach dem eigenen Sicherheitsgefühl geben 46,67 % der Befragten an, sich „sicher“ an der MRT zu fühlen. In Hinblick auf die erste Frage ist es verständlich, dass fast die Hälfte der Befragten ein sicheres Gefühl aufweisen, da diese Personen die MRT vermutlich auch als „wenig gefährlich“ einstufen. Gleichzeitig gibt dieselbe Anzahl an Personen an, sich „unsicher“ an der MRT zu fühlen, was ebenfalls auf eine mangelnde Ausbildung hinweisen könnte.

Bei der Frage nach der Eignung des Einsatzmaterials wurde von fast der Hälfte der Personen (46,67 %) angegeben, dass sie deren Material als „zum Teil geeignet“ erachten. Dies lässt darauf schließen, dass eine Vielzahl der Teilnehmer vorsichtig und überlegt mit dem Einsatz von Hilfsmitteln vorgehen würde. Jedoch schätzt ein großer Anteil der Befragten (40 %) den Einsatz von Einsatzmaterial als „sehr geeignet“ oder „geeignet“ ein. Aufgrund des statischen Magnetfelds an der MRT ist dies jedoch nicht realisierbar und sehr gefährlich. Diese Antworten deuten erneut auf einen gravierenden Wissensmangel hin. Auch bei dem von Lüssenheide (2005) dokumentierten MRT-Unfall war die falsche Verwendung von Einsatzmaterial die Ursache.

Die Vorbereitung der Einsatzleitung wurde von 60 % der Befragten als „zum Teil vorbereitet“ eingestuft. Da Einsätze in der Gefahrenabwehr ursprünglich der dynamischen Logik entsprechen, ist es natürlich schwierig vorab eine absolute Vorbereitung zu gewährleisten. Das Ergebnis dieser Frage lässt vermuten, dass Einsätze an der MRT mit genügend Respekt vor der Anlage abgearbeitet werden. Trotzdem vermuten 33,33 % der Teilnehmer, dass deren Einsatzleitung für einen Einsatz an der MRT unvorbereitet ist. Dieses Ergebnis führt zu

der Annahme, dass einige Feuerwehrkräfte nicht über die Fachkenntnisse für die Leitung von Einsätzen an der MRT verfügen.

Die Einführung eines zusätzlichen Lehrgangs wurde zum größten Teil als sinnvoll erachtet.

### Empirische Exploration Einsatzkräfte in Deutschland und ÖRK

Der überwiegende Teil der Einsatzkräfte schätzt die MRT im Einsatzalltag als wenig gefährlich ein. Nur ein sehr geringer Teil vermutet, dass überhaupt keine Gefährdung von der MRT ausgeht. Dieses Ergebnis lässt auf eine gute Sensibilisierung auf mögliche Komplikationen mit diesen Anlagen rückschließen. Außerdem kann vermutet werden, dass die Einsatzkräfte mit diesen Systemen noch nicht oft in Kontakt gekommen sind.

Bei der Frage zum eigenen Sicherheitsgefühl gehen die Meinungen stark auseinander und es konnte in beiden Umfragen kein eindeutiges Ergebnis erzielt werden. Daraus kann der Rückschluss gezogen werden, dass unter den Einsatzkräften kein Konsens bezüglich des Wissensstands besteht. Es hat den Anschein, dass es Einsatzkräfte mit und ohne Arbeitserfahrung an der MRT gibt. Aufgrund der unterschiedlichen Antworten dürften mögliche Erfahrungen aber eher aus privaten Erlebnissen resultieren. Auch die Frage zur persönlichen Vorbereitung lässt auf einen nicht ausreichenden Wissensstand zu Einsätzen an der MRT rückschließen. Von den Einsatzkräften in Deutschland wurde diese Frage zu mehr als 95 % mit „zum Teil vorbereitet“ oder „unvorbereitet“ beantwortet. Auch die Teilnehmer des ÖRK erzielten mit mehr als 73 % ein ähnlich hohes Ergebnis.

Die Frage zur Erkennung der MRT zeigt eine Tendenz in Richtung unsicheres Verhalten. In beiden Umfragen gaben die Teilnehmer überwiegend an sich unsicher oder sehr unsicher zu fühlen eine MRT anhand der Bauform zu erkennen (81 % der Teilnehmer bei der Umfrage ÖRK und 76 % der Befragten bei der Umfrage in Deutschland). Dieses Ergebnis ist deshalb so aussagekräftig für die Gefahrenabwehr, da relevantes Sicherheitsverhalten nur angewendet wird, wenn das System auch eindeutig identifiziert wurde. Aufgrund der ähnlichen Bauform von CT und MRT ist die Unterscheidung nicht immer einfach und vermutlich auch der Grund für dieses Ergebnis. Außerdem befinden sich beide Anlagen meist auf derselben Krankenhausabteilung und dazu oft in benachbarten Räumen. Eine mögliche Erkennungsstrategie könnte die Einsatzkräfte bei dieser Problematik unterstützen.

Die Frage zur Eignung des Einsatzmaterials wurde von nur drei Personen mit „sehr geeignet“ beantwortet. Dies lässt darauf schließen, dass der überwiegende Teil der Teilnehmer die Gefährdung von ferromagnetischen Einsatzmittel erkennt.

Auch die Frage zur Stärke des Magnetfelds kann im Sinne der Gefahrenabwehr als positiv beurteilt werden. Der überwiegende Teil der Befragten schätzen das Magnetfeld als stark oder sehr stark ein, was eine hervorragende Beurteilung bedeutet. Die Sensibilisierung auf die ausgehende Gefahr des Magnetfelds dürfte also vorhanden sein.

Die Frage zum Eintritt der Krafteinwirkung hat kein eindeutiges Ergebnis gebracht und ist im Nachhinein auch schwierig zu interpretieren. Da die Krafteinwirkung stark von der Zusammensetzung und Größe des Objekts abhängt ist es nicht möglich diese Frage zu generalisieren. Als Bezugsgröße wurde jedoch die 0,5 mT Linie (siehe Abbildung 20) gewählt, welche sich ungefähr in ein bis zwei Metern Abstand des Magnets befindet. Dieser Abstand wurde auch von den meisten Teilnehmern bestimmt, was ebenfalls auf eine gute Vorbereitung der Einsatzkräfte schließen lässt.

Die Frage zur Deaktivierung der MRT lässt auf eine Wissenslücke unter den Einsatzkräften schließen. Der überwiegende Teil der Teilnehmer (mehr als 80 % in Deutschland und mehr als 90 % beim ÖRK) sind sich dabei nicht sicher oder wissen gar nicht wie eine Anlage zu deaktivieren ist. Gerade die Deaktivierung der MRT führt immer wieder zu Verwirrung unter Einsatzkräften, Anwendern und Betreibern. Die Tatsache, dass eine supraleitende MRT nicht durch Abschalten des Stroms deaktiviert werden kann hat sich im Alltag noch nicht gefestigt. Dies hat vermutlich den Grund, da neben der Verwendung von supraleitenden Magneten auch immer wieder Elektromagneten zu finden sind. Dieser Magnettyp kann unter Abschalten des Stromes auch deaktiviert werden, nicht aber der supraleitende Magnet.

Einsatzkräfte im Rettungsdienst konnten im Vergleich zu den Feuerwehrkräften die Gefährdung besser einschätzen, was vermutlich auf deren medizinische Ausbildung zurückzuführen ist.



## Feldstudie

Die Ergebnisse der Feldstudie haben gezeigt, dass keine der getesteten Jacken und Hosen eine hohe ferromagnetische Anziehung besitzen. Dies lässt vermuten, dass viele Einsatzjacken und Einsatzhosen für die Arbeit an der MRT geeignet sind.

Auch die getesteten wasserführenden Armaturen wurden nicht durch das Magnetfeld angezogen. Aufgrund deren Ausführung aus anderen Metallen, wie zum Beispiel Messing oder Aluminium, können diese Einsatzmittel aber durch entstehende Wirbelströme beeinflusst werden. Diese Beeinflussung stellt keine Gefährdung dar, kann die Einsatzkraft aber in der Arbeit einschränken, da das Bauteil dann nur noch unter hohem Kraftaufwand bewegt werden kann.

Alle getesteten Einsatzhandschuhe wiesen eine Anziehung durch das Magnetfeld auf, welche aber nicht ausreichte, um die Einsatzkraft in der Arbeit zu beeinflussen. Ohne Fixierung würden die Handschuhe jedoch bereits in die Röhre gezogen werden. Diverse Tragesysteme der Handschuhe, wie zum Beispiel ein Karabiner, hatten die Anziehungskraft wesentlich erhöht und müssen für den Einsatz an der MRT kritisch betrachtet werden.

Die getesteten Einsatzhelme wiesen ohne zusätzliches Visier keine Anziehung auf. Das optionale Visier führt jedoch zu einer Beeinflussung durch das Magnetfeld und kann die Einsatzkraft wesentlich in der Arbeit einschränken. Für eine Tätigkeit direkt an der Röhre der MRT ist dieses Einsatzmittel nicht geeignet.

An den getesteten Einsatzstiefeln konnte in der Feldstudie die höchste Anziehungskraft gemessen werden. Aufgrund deren Ausführung als Sicherheitsschuhe mit Stahlkappen unterliegen diese einer schlagartigen Anziehung. Diese Anziehung kann die Einsatzkraft wesentlich beeinflussen und die Tests haben gezeigt, dass der Schuh nur unter großem Kraftaufwand wieder von der MRT zu entfernen ist. Die Anziehungskraft reicht jedoch nicht aus, um den Stiefel vom Fuß der Einsatzkraft zu ziehen.

Im Zuge der Feldstudie konnte im verfügbaren Zeitfenster nur der gängige Teil der Ausrüstung getestet werden. Das Accessoire von Einsatzkräften umfasst jedoch weit mehr Gerät, welches in einer weiteren Studie untersucht werden könnte. Da die verwendete Testanlage normalerweise für den klinischen Betrieb genutzt wird, konnten die Versuche auch nur unter hohem Sicherheitsaufwand durchgeführt werden. Es ist schwierig das



komplette Spektrum der Einsatzmittel in kurzer Zeit abzudecken, da die Beherrschung der Anziehungskraft hohe Sicherheitsvorkehrungen erfordert.

In dieser Studie wurden nur direkte und sofort erkennbare Gefahren betrachtet. Pathologische Auswirkungen der MRT auf den menschlichen Körper, welche zum Beispiel durch die Langzeiteinwirkung hoher Magnetfelder auf den menschlichen Körper entstehen könnten, wurden hierbei nicht berücksichtigt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass Langzeitauswirkungen zumindest im Rahmen von Einsätzen nicht relevant sein werden.

### Lösungsansätze

Die Umfragen haben gezeigt, dass die größten Wissenslücken im Bereich der Erkennung und der Deaktivierung der MRT bestehen. Aufgrund der ähnlichen Bauweise von CT und MRT ist diese Unterscheidung auch nicht immer einfach. Ältere Modelle können durch unterschiedliche Tiefen der Röhre unterschieden werden. CT besitzen kurze Röhren bis zu einem Meter und MRT lange Röhren bis zu drei Metern. Diese Erkennungsstrategie ist jedoch bei modernen Anlagen nicht mehr anwendbar, da die Röhren von vielen CT-Typen nun eine ähnliche Länge wie MRT-Anlagen aufweisen (aufgrund der zunehmenden Dual-Source Bauweise<sup>28</sup>). Auch befinden sich diese Anlagen in den Krankenhäusern meist in ein und derselben Abteilungen in Krankenhäusern, was deren Zuteilung erschwert.

Es besteht jedoch die Möglichkeit, die Anlage aufgrund der Ausführung des Raumes zu erkennen. Ein MRT-Raum besitzt in fast allen Fällen nur eine Tür. Da der Untersuchungsraum als faradayscher Käfig<sup>29</sup> ausgeführt ist, sind Öffnungen darin nur sehr schwer umzusetzen und es wird deshalb nur eine Türöffnung in der Bauplanung vorgesehen. Die Tür des MRT-Untersuchungsraums ist bezogen auf die Bauart merklich schwerer und verfügt über eine Rundfunk-abschirmung. Abbildung 52 zeigt die Bauelemente der Abschirmung. Diese Abschirmungselemente, gefertigt aus Beryllium-Kupfer, werden an den Kanten des Türblatts angebracht und ermöglichen bei Verbindung mit der Zarge eine Rundfunk-abschirmung.

---

<sup>28</sup> Dual-Source CT: Eine CT-Anlage, welche zwei Röntgenröhren und zwei Detektoren gleichzeitig verwendet. Aufgrund des erhöhten Platzbedarfs durch die Komponenten fällt die Bauform größer aus.

<sup>29</sup> Eine geschlossene Hülle aus Blech, welche als elektrische Abschirmung wirkt. Diese Abschirmung ist in der MRT-Bildgebung notwendig, um Artefakte zu vermeiden.

Die einzelnen Elemente sind dabei nicht breiter als ein Zentimeter.



Abbildung 52 – Elemente der Rundfunkabschirmung einer MRT-Tür.<sup>30</sup>

Zusätzlich muss an einer MRT-Eingangstür immer eine Gefahrentafel angebracht sein, welche mindestens das Gefahrenzeichen für das statische Magnetfeld aufweisen muss. Meist sind darauf noch weitere Piktogramme ersichtlich, wie zum Beispiel das Verbotssymbol für Personen mit Herzschrittmacher oder das Gebotssymbol für die Benutzung von Gehörschutz.



Abbildung 53 – MRT Eingangstür mit Gefahrentafel.<sup>31</sup>

<sup>30</sup>[http://img.alibaba.com/photo/493539533/Finger\\_stock\\_for\\_MRI\\_shielding\\_doors\\_198mm\\_length.jpg](http://img.alibaba.com/photo/493539533/Finger_stock_for_MRI_shielding_doors_198mm_length.jpg)  
Letzter Zugriff am 06.11.2015

<sup>31</sup> Aufgenommen von Schmidt Georg im Krankenhaus Tulln, Österreich, 2008

Im Gegensatz zum MRT-Raum haben CT-Räume oft mehrere Eingangsbereiche. Diese sind manchmal auch als Schiebetüren ausgeführt. Viele CT-Anlagen verfügen über eine Sicherheitseinrichtung, welche die Auslösung von Röntgenstrahlung erst dann ermöglicht, wenn alle Türen geschlossen sind. Dadurch ist die Ausführung mit mehreren Türen unproblematisch. Die Eingangstüren der CT verfügen über keine Gefahrentafeln und auch keine Rundfunk-abschirmung.

Damit Einsatzkräfte in Zukunft sicher vorgehen können, wird auch eine Unterweisung zur Deaktivierung der MRT notwendig sein. Gerade dieses Thema führt immer wieder zu Verwirrung unter Einsatzkräften und Röntgenpersonal. Anders als zum Beispiel bei der Computertomographie, wo die Röntgenstrahlung jederzeit an- und ausgeschaltet werden kann, ist die Gefährdung durch eine MRT-Anlage immer präsent. Die einzige Möglichkeit, das Magnetfeld einer MRT zu deaktivieren, besteht darin, den Magnet zu quenchen. Durch eine geringe Erwärmung am Fuße des Magnets wird die Supraleitung unterbrochen und das Magnetfeld bricht zusammen. Dafür stehen dem Anwender mehrere Quench-Knöpfe zur Verfügung. In jedem MRT-Raum befindet sich dafür mindestens eine Vorrichtung (ausgeführt als Notfallknopf). Ein weiterer Knopf muss außerhalb des Untersuchungsraums angebracht sein. Diese Notknöpfe sind mit dem Symbol eines durchgestrichenen Magneten versehen (siehe Abbildung 54).



Abbildung 54 – Quench Knopf (Siemens AG, Medical Solutions 2009)

Aufgrund der wirtschaftlichen Auswirkung, welche mit der Deaktivierung der Supraleitung einhergeht, sollte der Magnet jedoch nur in äußersten Notfällen gequencht werden. Nach einem Quench der Anlage muss der Magnet neu kalibriert und das abgedampfte Helium ersetzt werden. Während dieser Servicearbeiten kann der Magnet dann auch nicht benutzt werden.

Durch Schulung in den Bereichen Erkennung und Deaktivierung der MRT könnte das Sicherheitsgefühl von Einsatzkräften wesentlich verbessert werden. Besonders im Feuerwehrdienst sollte darauf Wert gelegt werden, Gefährdung durch ferromagnetische Ausrüstung zu betonen. Die Umfrage im Feuerwehrdienst lässt vermuten, dass diese Gefahr unterschätzt wird.

Um die hohe Anziehungskraft von Einsatzstiefeln zu vermeiden, könnten an der MRT Sicherheitsschuhe mit Schutzkappen aus Kunststoff verwendet werden. Ansonsten besteht auch die Möglichkeit, Einsatzkräfte durch Schulung auf die schlagartige Anziehung von Einsatzstiefeln mit Stahlkappen aufmerksam zu machen.

Sowohl im Feuerwehr- als auch im Rettungsdienst besteht die Möglichkeit, kleine ferromagnetische Teile in den MRT-Raum zu tragen. Die Wahrscheinlichkeit, kleine ferromagnetische Teile in den Taschen zu vergessen, ist sehr groß. Diese können durch die hohe Anziehungskraft des Magnetfelds als Projektile wirken. Um diese Gefahr zu minimieren, besteht die Möglichkeit vor Betreten des Raumes einen Kontrollgriff durchführen. Diese Technik wird auch von Fachpersonal laufend durchgeführt. Dabei werden beide Hände von Brust bis Hosentaschen nach unten bewegt, um mögliche ferromagnetische Teile dabei zu ertasten. Diese Bewegung soll vor jedem Betreten des Raumes erneut durchgeführt werden.

Abschließend besteht auch die Möglichkeit, in MRT-taugliches Einsatzmaterial zu investieren. Am Markt sind bereits Feuerlöscher verfügbar, welche für den Einsatz in Magnetfeldern gefertigt wurden. Diese Feuerlöscher haben keine ferromagnetische Wirkung und können deshalb ohne Einschränkung am Magnet verwendet werden.

Das Problem mit der Verwendung von Atemschutzflaschen aus Stahl kann durch die Anwendung von Composite-Flaschen<sup>32</sup> entschärft werden. Diese sind nicht nur leichter als Stahlflaschen, sondern verfügen auch über keine ferromagnetische Wirkung. Dadurch werden Atemschutzsätze an der MRT ermöglicht. Diese Einsatzmittel könnten dann mit einer gängigen Kennzeichnung versehen werden, um die Verwendbarkeit an der MRT hervorzuheben.

---

<sup>32</sup> Composite ist ein Verbundwerkstoff. Atemschutzflaschen aus Composite sind dabei aus Fasern (Carbone, Aramide, Glas) und einem Matrix-material (Epoxy, Polyester, Vinylester) aufgebaut.

Dafür hat sich weltweit die Bezeichnung mit einem grünen Aufkleber mit der Aufschrift „MR“ durchgesetzt (siehe Abbildung 55).



Abbildung 55 – Kennzeichnung MR taugliches Material

### Leitschema

Basierend auf den Lösungsansätzen, wurde ein Leitschema erstellt, welches bei Einsätzen an der MRT genutzt werden kann. In der Form einer Einsatzkarte kann dieses Schema von zuständigem Personal im Einsatz mitgeführt werden. Bei der Erstellung wurde darauf Wert gelegt, dass sich auch Personen ohne MRT-Fachwissen daran orientieren können.

Die Einsatzkarte erinnert an die drei wesentlichen Problematiken der MRT:

- Erkennung
- Gefahr durch ferromagnetische Objekte
- Deaktivierung

Zur Visualisierung wurde zu jedem Thema ein aktuelles Symbol hinzugefügt. Die Einsatzkarte ist in Abbildung 56 dargestellt. Ein weiteres Exemplar ist dem Anhang angefügt.

## Leitschema Einsatz Magnetresonanztomographie (MRT)

### 1. Erkennen der MRT

Hinweise:

- Gefahren Tafel an der Tür
- Gefahrenzeichen Magnetfeld
- Abschirmungselemente an der Tür



Gefahrenzeichen  
Magnetfeld

### 2. Gefährdung durch Magnetfeld

- Trage ich magnetische Teile an mir?
- Kontrolle der eigenen Taschen
- Kontrollgriff über den Körper
- Kontrolle der Einsatzkleidung



MR-SAFE

### 3. Gefährdung durch Einsatzgerät

- Sind die Einsatzmittel magnetisch?

### 4. Deaktivierung des Magnetfelds

- Deaktivierung durch Quench-Knopf
- Strom aus bedeutet nicht Magnet aus
- Prüfen ob die Deaktivierung unbedingt erforderlich ist



Quench-Knopf

Einsatzkarte MRT

Stand: Dezember, 2013

Abbildung 56 – Einsatzkarte MRT

## Zusammenfassung

Aufgrund des stetigen Anstiegs an MRT Anlagen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass Einsatzkräfte nun vermehrt mit diesen in Kontakt treten. Es erscheint deshalb sinnvoll, das zuständige Personal auf die Gefahren einer MRT zu sensibilisieren. Jedoch ist noch nicht vollständig geklärt, wo die Gefahren der MRT für Einsatzkräfte liegen und in welcher Art und Weise diese auf Notfälle an der MRT vorbereitet werden müssen.

Zu diesem Zwecke wurde in der vorliegenden Arbeit, anhand von schriftlichen Befragungen, der aktuelle Wissensstand von Einsatzkräften zur MRT recherchiert. Es wurden Daten aus den Bereichen Feuerwehr und Rettungsdienst erhoben und ausgewertet. Die Befragungen im Rettungsdienst wurden in Deutschland und in Österreich durchgeführt, wobei länderunabhängig ähnliche Resultate erzielt wurden.

Die Ergebnisse der Umfragen lassen darauf schließen, dass Einsatzkräfte im Rettungsdienst bereits eine Sensibilisierung auf die ausgehende Gefahr durch das Magnetfeld besitzen. Dies zeigt sich durch die positive Bewertung, im Sinne der Gefahrenabwehr, zu den Fragen der Stärke des Magnetfelds sowie zur Eignung des Einsatzmaterials. Jedoch bestehen Probleme in der optischen Erkennung der MRT und in der Deaktivierung der Anlage. Diese Wissenslücken scheinen eine negative Selbsteinschätzung hinsichtlich der eigenen Vorbereitung zur Folge haben, welche von den meisten Teilnehmern als „unvorbereitet“ eingeschätzt wird.

Die Umfrage im Bereich der Feuerwehr lässt vermuten, dass Feuerwehrkräfte in Österreich über kein oder nur ein sehr geringes Wissen über MRT verfügen. Dieser Rückschluss zeigt sich durch die gefährliche Einschätzung über die Nutzung des Einsatzmaterials oder die zu geringe Gefährdungsbeurteilung, in welcher die Gefahr unterschätzt wird. Die Einführung eines zusätzlichen Lehrgangs würde als positiv beurteilt werden, welches vermutlich auf eine geringe Vorbereitung der Einsatzleitung sowie ein teilweises unsicheres Sicherheitsgefühl an der MRT zurückzuführen ist.

In einer Feldstudie wurden gängige Einsatzmittel und Einsatzkleidungen auf deren Wirkung an der MRT untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass Einsatzhelme und Einsatzstiefel nur bedingt einsetzbar sind. Aufgrund der hohen magnetischer Anziehung würden Einsatzkräfte wesentlich in der Arbeit beeinflusst werden. Der überwiegende Teil

der Einsatzmittel sowie alle getesteten Jacken und Hosen sind jedoch für die Arbeit an der MRT geeignet.

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse aus Umfragen und der Feldstudie wurden erste Lösungsansätze entworfen, um Einsatzkräfte für Einsätze an der MRT vorzubereiten. Durch Schulung diverser Problemstellungen könnte die Vorbereitung auf Notfälle verbessert werden. Die Umfragen haben gezeigt, dass besonders die Grundsätze zur Erkennung und Deaktivierung der MRT in die Ausbildung aufgenommen werden sollten. Um diese Systeme in Zukunft besser zu erkennen, wurde eine Erkennungsstrategie anhand des Untersuchungsraums ausgearbeitet. Die Deaktivierung der MRT kann durch Erläuterung des Quench-Vorgangs und durch die Verwendung von Quench-Knöpfen geschult werden. Einsatzkräfte sollten auch besonders darauf hingewiesen werden, dass eine MRT nicht durch Abschalten des Stroms deaktiviert werden kann. Zudem sollte in Schulungen, vor allem im Feuerwehrwesen, besonders auf die Gefahr von ferromagnetischen Teilen hingewiesen werden.

Einsatzmittel, welche aufgrund deren Ausführung eine zu hohe ferromagnetische Anziehung besitzen, können eventuell durch MR-taugliches Gerät ersetzt werden. So könnten zum Beispiel Einsatzstiefel mit einer Sicherheitskappe aus Kunststoff oder nichtmagnetische Feuerlöscher verwendet werden. Außerdem kann durch die Verwendung von Composite-Flaschen ein Atemschutzeinsatz an der MRT ermöglicht werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der umfassenden Ausbildung der Einsatzkräfte ein weiterer Aspekt hinzugefügt werden sollte. Die Ergebnisse der Umfragen sollen deren Qualifikation auf keinen Fall schmälern und beziehen sich ausschließlich auf Einsätze an der MRT. Durch Integration sorgfältig ausgesuchter Schulungsthemen wären Einsatzkräfte in der Lage, auf die zunehmende Verfügbarkeit von MRT-Anlagen entsprechend reagieren zu können. Durch dieses erweiterte und vertiefte Wissen würde vermutlich deren Sicherheitsgefühl steigen, wodurch die Zahl zukünftiger Unfälle möglicherweise sinken könnte.



## Literaturverzeichnis

Ärztlicher Leiter des Rettungsdienst Freiburg/Br.: Eisenhaltiges Material im MRT: Schwerer Unfall beim Brandeinsatz der Feuerwehr. Radiologische Praxis Löbau, 2006. Online verfügbar unter <http://www.radiologie-sachsen.de/www/galerie/sicherheit.html>.

BFRA: Aus- und Fortbildungsprogramm: Freiwillige Feuerwehren und externe Teilnehmer. Berliner Feuerwehr und Rettungsdienst Akademie, 2013. S 1-70.

Feuerwehrakademie Hamburg: Seminarprogramm 2013. Seminarmanagement und Marketing, 2013. S 1-56.

Freisleben-Teutscher, Christian: Land der Großgeräte. Schaffler Verlag - Das Österreichische Gesundheitswesen, 2009. S 31.

Gasperl, Michael: Magnetresonanz-Tomographie: Die praktische Anwendung der MRT in Medizin und Forschung. Naturwissenschaftliche Universität Salzburg, 2009. S 2.

Lüssenheide, Björn: Magnetische Ausrüstungsteile - Ein Problem in MRT. Atemschutzunfaelle.de, 2005. S 1. Online verfügbar unter <http://www.atemschutzunfaelle.de/probleme/mrt.html>.

Mayer, Horst: Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung und Auswertung. München: R. Oldenbourg, 2002. S 82-83.

NÖ Landes-Feuerweherschule: Modulinfomappe: Ausbildungsjahr 2013. Tulln, Niederösterreich. Das Land Niederösterreich, 2012. S 1-84.

Nowotny, Sarah: Teure Check-ups in den Röhren: Untersuchungen nehmen zu. Neue Zürcher Zeitung, 2012.

OECD: Medizintechnik (Verfügbarkeit und Nutzen): Gesundheit auf einen Blick 2009. OECD- Publishing, 2010. S 93.

Peters, P.; Matthiaß, H.; Reiser, M.: Magnetresonanztomographie in der Orthopädie. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1990. S 1-13.

Schlenker, Rolf-Ulrich; Schwartz, Friedrich Wilhelm; Grobe, Thomas; Behrens, Kai: Barmer GEK Arztreport 2011. Berlin. Barmer GEK, 2011. S 2-3.

Schwarz Müller-Erber, Gabriele; Silberstein, Eva; Eder, Sabine: Angewandte Magnetresonanztomographie: Grundlagen und Anwendungen. Wien: Facultas, 2013. S 1-66.

Siemens AG, Medical Solutions: Magnetom TRIO a TIM System: Operator Manual-MR System. Erlangen. Siemens AG, Medical Solutions, 2009. S 52.

Siemens Medical: Planning Guide: Magnetom Open. Erlangen. Siemens AG, Medical Solutions, 1997. S 22.

Siemens Medical: 25 Jahre Innovation: Magnetresonanztomographie bei Siemens. Erlangen. Siemens AG, Medical Solutions, 2003. S 21-22.

Siemens Medical: Magnetom C: Technical Data. Erlangen. Siemens AG, Medical Solutions, 2004. S 22-43.

Siemens Medical: Magnetom Avanto: Magnet System - Technical Data. Erlangen. Siemens AG, Medical Solutions, 2008. S 31.

Steckiewicz, Matthias: Vereinbarkeit von Arbeits- und Lebenswelt Selbstständiger und Nichtselbstständiger Arbeitnehmer. Weiterbildungsanlässe in work-life-balance Programmen. Hamburg. Universität Hamburg, 2012. S 66.

## Anhänge

- Fragebogen Feuerwehren in Österreich
- Fragebogen Rettungsdienst Deutschland
- Fragebogen Österreichisches Rotes Kreuz
- Ergebnistabelle Feldstudie
- Leitschema Einsatz Magnetresonanztomographie (MRT)

---

## **Fragebogen Feuerwehren in Österreich. Gefahreinschätzung an der Magnetresonanztomographie (MRT) in Krankenhäusern**

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist ein medizinisches Gerät, um Schnittbilder des menschlichen Körpers, anhand von Magnetfeldern, zu erstellen. Eingesetzt wird es vorwiegend in Krankenhäusern und privaten radiologischen Praxen. In den letzten Jahren hat der Bestand dieser Geräte schlagartig zugenommen.

Sie werden zu diesem Thema befragt, da sich in Ihrem Einsatzgebiet ein Krankenhaus mit mindestens einer MRT- Anlage befindet. Aufgrund der zunehmenden Dichte von diesen Anlagen nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass auch freiwillige Feuerwehrleute in Kontakt mit diesen Anlagen treten.

Ich bitte Sie, die nachfolgenden Fragen nach besten Wissen und Gewissen, ohne Absprache mit Dienstkollegen zu beantworten. Anhand dieser Fragen, möchte ich eine allgemeine Einstellung von freiwilligen Feuerwehrleuten, zu MRT-Anlagen erhalten. Das Ergebnis dieser Umfrage wird in meiner wissenschaftlichen Arbeit publiziert. Ihre Daten und Antworten, werden selbstverständlich vertraulich und anonym behandelt.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme

Georg Schmidt

Medizintechniker bei Siemens AG  
Feuerwehrlaufbahn von 2003 bis 2011 (zuletzt: Stadtfeuerwehr Tulln)  
Wissenschaftliche Arbeit an der HAW Hamburg für Gefahrenabwehr und Katastrophenarbeit

## Angaben zur Person

1. **Geschlecht \***

Männlich

2. **Alter \***

16

3. **Dienstgrad \***

Feuerwehrmann FM

## Generelle Gefahreneinschätzung der MRT

### MRT im Krankenhaus



4. **Wie gefährlich schätzen Sie die MRT im Einsatzalltag ein? \***

sehr gefährlich

gefährlich

wenig gefährlich

überhaupt nicht gefährlich

Generelle  
Gefahreneinschätzung  
der MRT

## Eigenes Sicherheitsgefühl an der MRT

5. **Würden Sie sich bei einem Einsatz an der MRT sicher fühlen? \***

sehr sicher

sicher

unsicher

sehr unsicher

Eigenes  
Sicherheitsgefühl an  
der MRT

## Gefühl über die Eignung des Einsatzmaterials

6. **Halten Sie Ihr Einsatzmaterial für die Arbeit an der MRT für geeignet? \***

sehr geeignet

geeignet

zum Teil geeignet

ungeeignet

Gefühl über die Eignung  
des Einsatzmaterials

## Einschätzung über die Vorbereitung der Einsatzleitung

7. **Glauben Sie, dass Ihre Einsatzleitung auf alle möglichen Komplikationen im Zusammenhang mit der MRT vorbereitet ist? \***

sehr gut vorbereitet

gut vorbereitet

zum Teil vorbereitet

unvorbereitet

Einschätzung über die  
Vorbereitung der  
Einsatzleitung

## Sinnhaftigkeit eines zusätzlichen Lehrgangs für Einsätze in Krankenhäusern

8. **Wie sinnvoll schätzen Sie die Einführung eines speziellen Lehrgangs für Einsätze in Krankenhäusern? \***

sehr sinnvoll

sinnvoll

zum Teil sinnvoll

nicht sinnvoll

Sinnhaftigkeit eines  
zusätzlichen Lehrgangs  
für Einsätze in  
Krankenhäusern

Die Umfrage ist beendet. Vielen Dank für die Teilnahme.

Das Fenster kann nun geschlossen werden.

---

## **Fragebogen Rettungsdienst Deutschland. Gefahreinschätzung an der Magnetresonanztomographie (MRT)**

Die MRT ist ein medizinisches Gerät, um Schnittbilder des menschlichen Körpers zu erstellen. Eingesetzt wird es vorwiegend in Krankenhäusern und privaten radiologischen Praxen. Die Schnittbilder werden anhand von Magnetfeldern erzeugt. In den letzten Jahren hat der Bestand dieser Geräte schlagartig zugenommen.

Ich bitte Sie die nachfolgenden Fragen nach besten Gewissen und ohne Absprache mit Dienstkollegen zu beantworten. Anhand dieser Fragen, möchte ich eine allgemeine Einstellung von Einsatzkräften, zu MRT-Anlagen erhalten. Insgesamt sind dafür 10 Fragen zu beantworten. Zeitaufwand: maximal sieben Minuten.

Das Ergebnis dieser Umfrage wird in einer wissenschaftlichen Arbeit publiziert. Ihre Daten und Antworten werden dabei vertraulich und anonym behandelt.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme

## Persönliche Angaben

Berufsfeld \*

Bitte wählen...

Alter \*

Bitte wählen...

## Beispiel einer MRT während einer Untersuchung



## Unfallerfahrung

Haben Sie bereits einen Unfall an einer MRT erlebt? \*

- ja
- nein

## Gefahreneinschätzung und Sicherheitsgefühl

Wie gefährlich schätzen Sie die MRT im Einsatzalltag ein? \*

sehr gefährlich

gefährlich

wenig gefährlich

überhaupt nicht gefährlich

Allgemeine  
Gefahreneinschätzung

Würden Sie sich bei einem Einsatz/Notfall an der MRT sicher fühlen? \*

sehr sicher

sicher

unsicher

sehr unsicher

Eigenes Sicherheitsgefühl an  
der MRT

## Erkennung der MRT

Wie sicher fühlen Sie sich, Anhand der Bauform der Anlage, zu erkennen ob es sich um eine MRT oder eine CT (Computertomographie) handelt? \*

sehr sicher

sicher

unsicher

sehr unsicher

Erkennen einer MRT



## Einsatzmittel

Halten Sie Ihr Einsatzmaterial für die Arbeit an der MRT als geeignet? \*

sehr geeignet

geeignet

zum Teil geeignet

ungeeignet

Eignung des Einsatzmaterials

## Arbeiten an der MRT

Wie stark schätzen Sie die Krafteinwirkung des magnetischen Felds? \*

sehr stark

stark

leicht

sehr leicht

Krafteinwirkung durch das magnetische Feld

In welchem Abstand zur MRT vermuten Sie eine Krafteinwirkung durch das magnetische Feld? \*

> 2m

2m

1m

< 1m

Beeinflussung durch das magnetische Feld

Wissen Sie, wie Sie das Magnetfeld einer MRT deaktivieren können? \*

zu 100%

ziemlich sicher

Ich bin mir nicht ganz sicher

Nein

Deaktivierung einer MRT

## Persönliche Vorbereitung auf Zwischenfälle

Glauben Sie, dass Sie auf alle möglichen Komplikationen in Zusammenhang mit der MRT vorbereitet sind? \*

sehr gut vorbereitet

gut vorbereitet

zum Teil vorbereitet

unvorbereitet

Einschätzung der persönlichen Vorbereitung

Die Umfrage ist beendet. Vielen Dank für die Teilnahme.

Das Fenster kann nun geschlossen werden.

## Fragebogen Österreichisches Rotes Kreuz

### Umfrage zu Einsätzen an der Magnetresonanztomographie (MRT)

Die MRT ist ein medizinisches Gerät, um Schnittbilder des menschlichen Körpers zu erstellen. Eingesetzt wird es vorwiegend in Krankenhäusern und privaten radiologischen Praxen. Die Schnittbilder werden anhand von Magnetfeldern erzeugt. In den letzten Jahren hat der Bestand dieser Geräte schlagartig zugenommen.

Ich bitte Sie die nachfolgenden Fragen nach besten Gewissen und ohne Absprache mit Dienstkollegen zu beantworten. Anhand dieser Fragen, möchte ich eine allgemeine Einstellung von Einsatzkräften, zu MRT-Anlagen erhalten. Insgesamt sind dafür 10 Fragen zu beantworten. Zeitaufwand: maximal sieben Minuten. Das Ergebnis dieser Umfrage wird in einer wissenschaftlichen Arbeit publiziert. Ihre Daten und Antworten werden dabei vertraulich und anonym behandelt.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme

Ansprechpartner:

Georg Schmidt

[georg.schmidt@haw-hamburg.de](mailto:georg.schmidt@haw-hamburg.de)

0049 (0) – 176 305 103 47

1. Persönliche Daten

Ausbildung: Notfallsanitäter / Rettungssanitäter

Alter:

2. Haben Sie bereits einen Unfall an einer MRT erlebt?

Ja  Nein

3. Wie sicher fühlen Sie sich, anhand der Bauform der Anlage, zu erkennen ob es sich um eine MRT oder eine CT (Computertomographie) handelt?

Sehr sicher  sicher  unsicher  sehr unsicher

4. Wie gefährlich schätzen Sie die MRT im Einsatzalltag ein?

Sehr gefährlich  gefährlich  wenig gefährlich  überhaupt nicht gefährlich

5. Würden Sie sich bei einem Einsatz/Notfall an der MRT sicher fühlen?

Sehr sicher  sicher  unsicher  sehr unsicher

6. Halten Sie Ihr Einsatzmaterial für die Arbeit an einer MRT geeignet?

Sehr geeignet  geeignet  zum Teil geeignet  ungeeignet

7. Wie stark schätzen Sie die Krafteinwirkung des magnetischen Felds?

Sehr stark  stark  leicht  sehr leicht

8. In welchem Abstand zur MRT vermuten Sie eine Krafteinwirkung durch das magnetische Feld?

>2m  2m  1m  <1m

9. Wissen Sie, wie Sie das Magnetfeld einer MRT deaktivieren können?

Ja  Nein  Ich bin mir nicht ganz sicher

10. Glauben Sie, dass Sie auf alle möglichen Komplikationen im Zusammenhang mit der MRT vorbereitet sind?

Sehr gut vorbereitet  gut vorbereitet  zum Teil vorbereitet  unvorbereitet

---

Die Umfrage ist beendet. Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

## Ergebnistabelle Feldstudie

Gegenstand	Typ	Auswirkung des Magnetfelds	gemessene Kraft in Newton [N]	Bemerkung
<b>Einsatzjacken</b>				
Einsatzjacke Johanniter Ehrenamt	Crings Model Typ CR130, Größe M, EN471, EN343	keine Beeinflussung	0 N	
Einsatzjacke Rettungsdienst - Berufsfeuerwehr Kiel	Toray See it Safe, Niemöller und Abel, Größe 48, EN13795	keine Beeinflussung	0 N	
Einsatzjacke Rotes Kreuz	GSG, Größe 50-52, EN 343 und EN 471	keine Beeinflussung	0 N	
Bereitschaftsjacke Rotes Kreuz	Hortig, Größe M, EN471 und EN 343	keine Beeinflussung	0 N	
Einsatzjacke KPA	Crings, Größe L	keine Beeinflussung	0 N	
Einsatzjacke Feuerwehr - Feuerwehr Halstenbek	Viking, Größe 56, CE 0493	keine Beeinflussung	0 N	
Einsatzjacke SEG	Hortig, Größe L, EN343 und EN471	Anziehung im Abstand von 30 cm	< 1 N	Anziehung aufgrund der Knöpfe
<b>Einsatzhosen</b>				
Einsatzhose Rettungsdienst - Berufsfeuerwehr Kiel	Größe 50	Anziehung im Abstand von 10 cm	< 1 N	Anziehung aufgrund der Knöpfe
Einsatzhose Feuerwehr - Feuerwehr Halstenbek	Viking Feuerschutzhose, Größe 56, CE0493, EN469:2005	keine Beeinflussung	0 N	
<b>Handschuhe</b>				
Einsatzhandschuhe Rettungsdienst	Köninger, Kategorie 3, CE0516 und EN659	Anziehung im Abstand von 10cm	5 N	
Einsatzhandschuhe Feuerwehr	Rosenbauer, Safe Grip 2, EN6592003, mit Karabiner	Anziehung im Abstand von 20cm	17 N	
Einsatzhandschuhe Feuerwehr	Hygloves, Size L, EN388, mit Tragering von Weber Hydraulic	Anziehung im Abstand von 10cm	3 N	
<b>Einsatzstiefel</b>				
Einsatzstiefel HAIX Feuerwehr	Fireflash, Größe 43, EN15090: 2006	Anziehung im Abstand von 40 cm	90 N	Stahlkappen im Schuh
Einsatzstiefel HAIX Rettungsdienst	Airpower X1, Größe 45, ISO 20345: 2004	Anziehung im Abstand von 40 cm	90 N	Stahlkappen im Schuh
Einsatzstiefel Rosenbauer	Tornado, Größe 45, EN15090	Anziehung im Abstand von 40 cm	90 N	Stahlkappen im Schuh
<b>Wasserführende Armaturen</b>				
Schlauchkupplung C	Kupplungsanschluss ohne Schlauch mit Dichtung und Sprengring	Anziehung im Abstand von 10 cm	< 1 N	Sprengring wirkt magnetisch
Übergangsstück B und C	Inklusive Dichtung und Sprengring	Anziehung im Abstand von 10 cm	< 1 N	Sprengring wirkt magnetisch
Hohlstrahlrohr	Typ Akron Brass 4820, Norm 1964, C-Festkupplung	Beeinflussung durch Wirbelströme	0 N	in Bewegung eingeschränkt
<b>Einsatzhelme</b>				
Einsatzhelm Feuerwehr und Rettungsdienst	Schuberth, F120, CE0299 und EN 443:2008	Anziehung im Abstand von 30cm	30N	Anziehung aufgrund des Visiers
Einsatzhelm Feuerwehr	Schuberth, Typ F210, CE0299 und EN443	keine Beeinflussung	0 N	
<b>Feuerwehrhaltegurt</b>				
Feuerwehrhaltegurt	Skylotec, Größe3, DIN 14927 und EN358	keine Beeinflussung	0 N	

## Leitschema Einsatz Magnetresonanztomographie (MRT)

### 1. Erkennen der MRT

Hinweise:

- Gefahren Tafel an der Tür
- Gefahrenzeichen Magnetfeld
- Abschirmungselemente an der Tür



Gefahrenzeichen  
Magnetfeld

### 2. Gefährdung durch Magnetfeld

- Trage ich magnetische Teile an mir?
- Kontrolle der eigenen Taschen
- Kontrollgriff über den Körper
- Kontrolle der Einsatzkleidung



MR-SAFE

### 3. Gefährdung durch Einsatzgerät

- Sind die Einsatzmittel magnetisch?

### 4. Deaktivierung des Magnetfelds

- Deaktivierung durch Quench-Knopf
- Strom aus bedeutet nicht Magnet aus
- Prüfen ob die Deaktivierung unbedingt erforderlich ist



Quench-Knopf