

# AVANCE Systems

- Allgemeine Sicherheitshinweise  
Benutzerhandbuch  
Version 004



© Bruker Corporation

Dieses Manual ist urheberrechtlich geschützt. Eine Reproduktion dieses Manuals oder einer entsprechenden Übersetzung ist, sei es im Ganzen oder auch nur auszugsweise, ohne schriftliche Zustimmung/Autorisierung durch Bruker untersagt. Bruker behält sich zu jedem Zeitpunkt vor, dieses Manual ohne vorherige Bekanntmachung/Ankündigung beliebig zu ändern.

Dieses Handbuch wurde erstellt von

Frank Decker und Stanley J. Niles

© Oktober 23, 2014 Bruker Corporation

T/N: H31836D

DWG-Nr: 10000045950

Für zusätzliche technische Informationen zögern Sie bitte nicht Ihre nächste Bruker Niederlassung oder Bruker Deutschland direkt anzusprechen:

Bruker Corporation  
Am Silberstreifen  
76287 Rheinstetten  
Deutschland  
Phone: + 49 721 5161 0  
FAX: + 49 721 5171 01  
E-Mail: [nmr-support@bruker.de](mailto:nmr-support@bruker.de)  
Internet: [www.bruker.com](http://www.bruker.com)

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Über dieses Handbuch</b> .....	<b>5</b>
1.1	Grundsaterklärung .....	5
1.2	Symbole und Bezeichnungen .....	5
<b>2</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>7</b>
2.1	Verwendungszweck des AVANCE NMR-Spektrometers.....	7
2.2	Verwendungszweck dieses Handbuchs .....	8
2.3	Magnetische Sicherheit.....	8
2.3.1	Sicherheitsmaßnahmen in der Innenzone .....	8
2.3.2	Sicherheitsmaßnahmen in der Außenzone.....	9
2.4	Kryogen-Sicherheit .....	9
2.5	Elektrische Sicherheit .....	9
2.6	Chemische Sicherheit .....	10
2.7	CE-Zertifizierung .....	10
2.8	Betriebsumgebung.....	10
2.9	Zeichen und Schilder .....	11
2.10	Umrechnungsfaktoren SI-/US-Einheiten .....	12
<b>3</b>	<b>Gehäusesicherheit</b> .....	<b>13</b>
3.1	Allgemeine Sicherheitsanweisungen .....	13
3.2	Erdung und Potenzialausgleich bei AVANCE Systemen.....	13
3.3	Konsolensicherheit.....	15
3.3.1	Not-Aus .....	15
3.4	AQS/3+ .....	15
3.4.1	Not-Aus .....	16
3.4.2	Personensicherheit .....	16
3.4.3	Sicherheitsstopp .....	17
3.5	BSMS/2.....	18
3.5.1	Not-Aus .....	18
3.5.2	Personensicherheit .....	19
<b>4</b>	<b>Magnetische Sicherheit</b> .....	<b>21</b>
4.1	Magnetfeld .....	21
4.1.1	Abschirmung .....	22
4.1.2	Elektronische, elektrische und mechanische medizinische Implantate .....	22
4.1.3	Chirurgische Implantate und Prothesen.....	22
4.1.4	Betrieb von Geräten.....	23
4.1.5	Vor dem Hochfahren des Magneten .....	23
4.1.6	Nach dem Hochfahren des Magneten .....	23
4.1.7	Allgemeine Sicherheitsanweisungen .....	23
4.2	Bereiche mit beschränktem Zugang .....	24
4.3	Sicherer Umgang mit kryogenen Substanzen .....	24
4.3.1	Art der Substanzen .....	24
4.3.2	Allgemeine Sicherheitsregeln .....	25
4.3.3	Dewartransportgefäße für kryogene Flüssigkeiten .....	25

4.3.4	Gesundheitsgefahren.....	25
4.3.5	Erste Hilfe .....	26
4.3.6	Schutzkleidung.....	26
4.3.7	Weitere Sicherheitsregeln .....	26
4.3.8	Rauchen.....	27
4.4	Nachfüllen von flüssigem Stickstoff .....	27
4.4.1	Sauerstoffkondensation .....	27
4.4.2	Stickstoffsystem .....	27
4.4.3	Weitere allgemeine Regeln .....	28
4.5	Nachfüllen von flüssigem Helium.....	28
4.5.1	Heliumbehälter .....	28
4.5.2	Anweisungen zum Nachfüllen von flüssigem Helium .....	29
4.5.3	Schneller Transfer von Helium.....	29
4.6	Lüftung .....	29
4.6.1	Lüftung während des normalen Betriebs .....	29
4.6.2	Notlüftung während der Aufstellung des Magneten oder eines Quench.....	30
4.6.3	Notabzug.....	30
4.6.4	Sauerstoffüberwachung und Sauerstoffsensoren.....	31
<b>5</b>	<b>Sicherheitshinweise, Probenkopf .....</b>	<b>33</b>
5.1	Personensicherheit .....	33
5.1.1	Erste Hilfe .....	34
<b>6</b>	<b>Transmittersicherheit.....</b>	<b>35</b>
6.1	Transmittersicherheit .....	35
6.1.1	Sicherheitsschilder.....	35
<b>7</b>	<b>CryoProbe-Sicherheit.....</b>	<b>37</b>
7.1	Not-Aus .....	37
7.2	Personensicherheit .....	38
7.2.1	Erste Hilfe .....	38
7.3	Versorgung mit komprimiertem Heliumgas.....	39
7.4	Elektrische Sicherheit .....	39
7.5	Gerätesicherheit.....	39
<b>8</b>	<b>Sicherheit von CryoProbe Prodigy .....</b>	<b>41</b>
8.1	Personensicherheit .....	41
8.1.1	Erste Hilfe .....	42
<b>9</b>	<b>Kontaktinformationen .....</b>	<b>43</b>
	<b>Abbildungen.....</b>	<b>45</b>
	<b>Tabellen .....</b>	<b>47</b>
	<b>Index .....</b>	<b>49</b>

# 1 Über dieses Handbuch

Dieses Handbuch soll den sicheren und effizienten Umgang mit dem Gerät ermöglichen.

Als fester Bestandteil des Geräts ist das Handbuch in unmittelbarer Nähe des Geräts aufzubewahren, sodass das Personal jederzeit Zugriff darauf hat. Darüber hinaus müssen die Arbeitsschutzvorschriften, Bedienungsvorschriften, Instrumente und Verbrauchsmaterialien zur Verfügung stehen und beachtet werden.

**Vor Arbeitsbeginn muss jeder Beschäftigte das Handbuch sorgfältig durchgelesen und den Inhalt verstanden haben.** Ein sicherer Betrieb setzt voraus, dass alle genannten Sicherheits- und Bedienungsanweisungen sowie geltende Arbeitsschutzvorschriften eingehalten werden.

Die Abbildungen in diesem Handbuch sind allgemeiner Natur und dienen Informationszwecken, stellen also nicht zwangsläufig genau das Modell, das Bauteil oder die Software-/Firmware-Version von BRUKER dar, mit der Sie arbeiten. Optionen und Zubehör sind ebenfalls nicht zwangsläufig in jeder Abbildung dargestellt.

## 1.1 Grundsatzklärung

BRUKER nimmt Verbesserungen an Produkten vor, wenn neue Techniken und Bauteile zur Verfügung stehen. BRUKER behält sich das Recht vor, Spezifikationen jederzeit zu ändern.

Wir haben große Sorgfalt darauf verwendet, Fehler im Text oder in den Abbildungen dieser Veröffentlichung zu vermeiden. Schreiben Sie uns, wenn Sie Bemerkungen zu diesem Handbuch haben. So unterstützen Sie uns in unserem Bestreben, nützliche, zweckdienliche Unterlagen bereitzustellen. Wir empfehlen im Support tätigen Technikern, sich regelmäßig bei BRUKER über eventuelle Aktualisierungen zu informieren.

BRUKER bietet Kunden innovative, hochwertige Produkte und Dienstleistungen, die die Umwelt so wenig wie möglich belasten.

## 1.2 Symbole und Bezeichnungen

Sicherheitsanweisungen sind in diesem Handbuch mit folgenden Symbolen gekennzeichnet. Jeder Sicherheitsanweisung ist ein Signalwort als Ausdruck für das Ausmaß der Gefahr vorangestellt.

Zur Vermeidung von Unfällen, Verletzungen oder Sachschäden ist jede Sicherheitsanweisung zu beachten und Vorsicht walten zu lassen.



### **GEFAHR**

**GEFAHR weist auf eine Gefahrensituation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führt, wenn sie nicht vermieden wird.**

Beschreibung der Folgen bei Nichtbefolgung der Warnung.

1. Beschreibung des Sicherheitszustands.
- ▶ Beschreibung der Sicherheitsanweisung.

### **WARNUNG**



**WARNUNG** weist auf eine Gefahrensituation hin, die zum Tod oder schweren Verletzungen führen kann, wenn sie nicht vermieden wird.

Beschreibung der Folgen bei Nichtbefolgung der Warnung.

1. Beschreibung des Sicherheitszustands.
  - ▶ Beschreibung der Sicherheitsanweisung.

### **VORSICHT**



**VORSICHT** weist auf eine Gefahrensituation hin, die zu kleineren oder mittelschweren Verletzungen führen kann, wenn sie nicht vermieden wird.

Beschreibung der Folgen bei Nichtbefolgung der Warnung.

1. Beschreibung des Sicherheitszustands.
  - ▶ Beschreibung der Sicherheitsanweisung.

### **HINWEIS**

**HINWEIS** weist auf Sachschäden hin.

Beschreibung der Folgen bei Nichtbefolgung des Hinweises.

1. Beschreibung eines Sicherheitszustands.
  - ▶ Beschreibung einer Sicherheitsanweisung.

### **SICHERHEITSHINWEISE**

**SICHERHEITSHINWEISEN** (oder ein gleichwertiger Ausdruck) enthalten bestimmte sicherheitsbedingte Anweisungen oder Arbeitsabläufe.

Beschreibung der Folgen bei Nichtbefolgung der Sicherheitsanweisungen.

1. Beschreibung eines Sicherheitszustands.
  - ▶ Beschreibung einer Sicherheitsanweisung.



Mit diesem Symbol werden nützliche Tipps und Empfehlungen gekennzeichnet sowie Informationen, die einen effizienten, problemlosen Betrieb gewährleisten.

## 2 Einführung

### 2.1 Verwendungszweck des AVANCE NMR-Spektrometers

---

AVANCE Systeme von BRUKER dürfen nur für die Zwecke verwendet werden, die in den jeweiligen Handbüchern beschrieben und in diesem Abschnitt skizziert sind.

Die Verwendung des Geräts für jeden anderen Zweck erfolgt auf alleiniges Risiko des Benutzers und setzt alle Gewährleistungen des Herstellers außer Kraft. Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an den Konsolen dürfen nur von qualifiziertem Personal durchgeführt werden. Das Gerät darf nur von Personen bedient werden, die eine Schulung über den Betrieb für Spektrometer von BRUKER absolviert haben.

AVANCE Systeme von BRUKER sind ultrahochgenaue Spektrometer für die Analyse chemischer Strukturen und molekularer Eigenschaften. Kleine flüssige oder feste Proben werden in ein extrem starkes Magnetfeld gebracht. Dort werden sie mit kurzen Radiowellenimpulsen bestrahlt und die schwachen transienten Radiowellen, die von magnetisch aktiven Kernen (ausgewählter chemischer Elemente) in der Probe abgestrahlt werden, werden erfasst. Diese Technik wird als NMR-Spektroskopie (NMR) oder Kernspinresonanzspektroskopie bezeichnet.

AVANCE Spektrometer sind mit Magneten mit vertikaler Bohrung und Feldstärken zwischen 7T bis 20T sowie Bohrungsdurchmessern bei Raumtemperatur zwischen 54 mm und 155 mm erhältlich. Typische Probengrößen liegen im Bereich von wenigen Nanogramm bis weniger als 1 Gramm.

Mit diesem Verfahren lässt sich die Struktur von chemischen und biochemischen Verbindungen und Gemischen bestimmen und/oder bestätigen, einschließlich Angaben über Mobilität und Wechselwirkungen auf molekularer Ebene.

Das Verfahren wird auch dazu genutzt, Informationen über die Verteilung magnetisch aktiver Kerne innerhalb einer Probe (NMR-Bildgebung, NMR-Mikroskopie) zu erhalten.

NMR-Spektrometer finden typischerweise Anwendung in allen Bereichen der akademischen und industriellen Forschung, bei der Qualitätskontrolle in den Bereichen Werkstoffkunde, organische Chemie, anorganische Chemie und bei der Analyse biologischer Proben.

Für die Serie der AVANCE Spektrometer steht ein großes Angebot an Zubehör zur Verfügung, wie:

- Variable Temperaturregelungen
- Druckluftsteuerungen für die schnelle Probenrotation
- Variable Magnetfeldgradienten
- Durchfluss- und HPLC-Geräte mit Zubehör
- Automatische Probenwechsler
- Automatische Probenvorbereitung
- Spezielle Tieftemperatur-Probenköpfe (CryoProbes mit Zubehör)

AVANCE Spektrometer sind nicht primär entwickelt für:

- Untersuchungen ferromagnetischer Werkstoffe.

AVANCE Spektrometer sind aufgrund rechtlicher Anforderungen nicht für Diagnosezwecke in der Medizin, wie der In-vitro-Diagnose, zugelassen.

## 2.2 Verwendungszweck dieses Handbuchs

---

In diesem Handbuch sind die Sicherheitshinweise für das AVANCE System zusammengefasst. Es ist nicht als Ersatz für das Handbuch eines bestimmten Geräts gedacht, sondern als eine Möglichkeit, einschlägige Sicherheitsinformationen schnell und einfach nachzuschlagen. Deswegen sollte ein Exemplar immer am Schreibtisch des Bedieners vorhanden sein. Es ist dafür zu sorgen, dass jeder Beschäftigte, der das System bedient, sich der Bedeutung dieses Handbuchs bewusst ist. Außerdem ist jeder Bediener anzuhalten, das Handbuch zu lesen, um sich mit den Sicherheitsrisiken bei der Verwendung des AVANCE Systems vertraut zu machen.

## 2.3 Magnetische Sicherheit

---

Unter dem Gesichtspunkt Sicherheit besteht der Hauptunterschied zwischen NMR-Spektrometern und anderen Laborgeräten in dem relativ starken Magnetfeld supraleitender Magnete der NMR-Spektrometer. Bei der Auslegung eines NMR-Labors oder der Ausbildung von Personal für die Arbeit im Labor oder im Umfeld des Labors ist kein anderer Aspekt von größerer Bedeutung. Solange die korrekten Verfahrensweisen eingehalten werden, ist das Arbeiten in der Umgebung von supraleitenden Magneten absolut sicher und ohne bekannte schädliche medizinische Nebenwirkungen. Nachlässigkeiten können jedoch schwere Unfälle zur Folge haben. Im Umfeld des Magneten arbeitende Personen müssen sich der potenziellen Gefahren unbedingt vollumfänglich bewusst sein.

**Von besonderer Bedeutung ist es, Personen mit Herzschrittmacher oder metallischen Implantaten zu jeder Zeit vom Magneten fernzuhalten.**

Ein Magnet ist in allen Richtungen von einem Magnetfeld umgeben. Dieses Feld (auch als Streufeld bezeichnet) ist unsichtbar, weshalb an geeigneten Stellen unbedingt entsprechende Warnhinweise anzubringen sind. Aus ferromagnetischen Materialien (z. B. Eisen, ferromagnetische Stähle usw.) bestehende Objekte werden vom Magneten angezogen. Gerät ein ferromagnetisches Objekt zu nah an den Magneten, kann es plötzlich und mit beachtlicher Kraft in Richtung des Magneten gezogen werden. Dies kann nicht nur den Magneten beschädigen, sondern auch in der Bahn des Objekts befindlichen Personen verletzen!

Da die Stärke des Streufelds mit zunehmender Entfernung vom Magneten deutlich nachlässt, sollten bei Sicherheitsanweisungen zwei Bereiche unterschieden werden, die Innenzone und die Außenzone. Bei der Organisation eines Labors, aber auch bei der Festlegung einer guten Arbeitspraxis ist das Konzept einer Innen- und einer Außenzone sehr hilfreich.

Das Ausmaß der beiden Zonen hängt von der Größe und Abschirmung des Magneten ab. Je nach Bauart des Magneten können die Ausmaße der relevanten Streufelder stark variieren und damit das notwendige Ausmaß der beiden Zonen. Einzelheiten zu Streufeldern in verschiedenen Magneten finden sich in dem Leitfaden für die Standortplanung „Site Planning Guides“ oder in der Magnethandbuch auf der BASH DVD.

### 2.3.1 Sicherheitsmaßnahmen in der Innenzone

---

Die Innenzone erstreckt sich vom Zentrum des Magneten bis zur Linie 1 mT (10 Gauß). Innerhalb dieses Bereichs können Gegenstände plötzlich vom Magneten angezogen werden. Die Anziehungskraft des Magneten kann sich innerhalb eines sehr kurzen Abstands von vernachlässigbar bis unkontrollierbar verändern. In dieser Zone dürfen auf keinen Fall ferromagnetische Gegenstände vorhanden sein.

Eine für die Arbeit mit dem Magneten notwendige Leiter darf nur aus einem nicht magnetischen Werkstoff, wie Aluminium, hergestellt sein. Dewargefäße, die zum Nachfüllen von Helium und Stickstoff verwendet werden, müssen ebenfalls aus einem nicht magnetischen Werkstoff hergestellt sein.

Der Fußboden in der Nähe des Magneten muss frei von kleinen Stahlgegenständen wie Schraubendrehern, Schrauben usw. sein. Diese können, wenn sie in die Magnetöffnung gezogen werden, insbesondere wenn sich kein Probenkopf im Magneten befindet schwere Schäden verursachen.

Mechanische Uhren können, wenn sie in der Innenzone getragen werden, beschädigt werden. Digitaluhren sind nicht gefährdet. Die nachstehend beschriebenen Sicherheitsmaßnahmen in der Außenzone gelten selbstverständlich auch für die Innenzone.

### 2.3.2 Sicherheitsmaßnahmen in der Außenzone

---

Die Außenzone erstreckt sich von der Linie 1 mT (10 Gauß) bis zur Linie 0,3 mT (3 Gauß). Das Streufeld eines Magneten durchdringt Wände, Fußböden und Decken, sodass sich die Außenzone auch auf benachbarte Räume erstrecken kann. Das Streufeld kann Daten auf Magnetbändern oder Disketten löschen. Kreditkarten, Sicherheitsausweise und andere Gegenstände mit Magnetstreifen können beschädigt werden. CDs und DVDs werden nicht beschädigt, obwohl die Laufwerke möglicherweise magnetische Teile enthalten. Druckgasflaschen aus Stahl sind in angemessenem Abstand zur Außenzone (und vorzugsweise außerhalb des Magnetfelds) aufzubewahren und sind immer ordnungsgemäß an einer Wand zu befestigen. Die Farbanzeige eines Monitors kann Verzerrungen zeigen, wenn dieser zu nah am Magneten aufgestellt ist, eine dauerhafte Schädigung ist jedoch unwahrscheinlich. Außerhalb der Außenzone sind spezielle Sicherheitsmaßnahmen aufgrund des Streufelds nicht erforderlich.

## 2.4 Kryogen-Sicherheit

---

Der Magnet enthält große Mengen an flüssigem Helium und flüssigem Stickstoff. Diese als „Kryogene“ bezeichneten Flüssigkeiten dienen dazu, den Magnetkern auf einer sehr tiefen Temperatur zu halten.

Aufgrund der sehr tiefen Temperaturen, denen eine Person beim Umgang mit Kryogenen ausgesetzt sein kann, ist die Verwendung von Handschuhen, langärmeliger Schutzkleidung und einer Schutzbrille unverzichtbar. Direkter Kontakt mit diesen Flüssigkeiten kann Erfrierungen zur Folge haben. Der Systemverantwortliche muss dafür Sorge tragen, dass verdampfende Gase frei aus dem Magneten entweichen können, d. h. die Magnetöffnungen dürfen nicht blockiert sein. Dies ist regelmäßig zu kontrollieren. Versuchen Sie keinesfalls, ohne Schulung in der korrekten Vorgehensweise den Magneten mit Helium oder Stickstoff aufzufüllen.

Helium und Stickstoff sind nichttoxische Gase. Da es jedoch jederzeit zu einem Quench (spontaner Verlust der Supraleitfähigkeit des NMR-Magneten einhergehend mit vollständiger Verdampfung des flüssigen Heliums und möglicherweise Stickstoffs) kommen kann, bei dem sich der Raum schlagartig mit tiefkalten Gasen füllt, muss stets für angemessene Belüftung gesorgt werden.

## 2.5 Elektrische Sicherheit

---

Die Spektrometer-Hardware ist nicht gefährlicher oder ungefährlicher als jede andere typische elektronische oder pneumatische Hardware und muss entsprechend behandelt werden. Nehmen Sie keinesfalls Schutzabdeckungen oder Erdungsvorrichtungen von den verschiedenen Einheiten ab. Diese wurden zu Ihrem Schutz angebracht und dürfen nur durch qualifiziertes Servicepersonal geöffnet werden. Die Hauptabdeckung an der Rückseite der Konsole ist so konzipiert, dass sie durch Lösen von zwei Schnellverschlusschrauben abgenommen werden kann. Jedoch gilt auch hier, dass dies nur durch geschultes Personal erfolgen darf. Bitte beachten Sie, dass die Kühllüfter an der rückwärtigen Abdeckung auch nach Abnehmen der Abdeckung weiterlaufen.

Vor Wartungs- und Reparaturarbeiten und dem Transport muss das AVANCE System und/oder seine Bauteile abgeschaltet und vom Netz getrennt sowie aus dem Schrank ausgebaut werden. Genaue Informationen über die einzelnen Bauteile sind dem jeweiligen Handbuch zu entnehmen.

## 2.6 Chemische Sicherheit

---

Der Anwender muss sich der etwaigen in den zu analysierenden Proben begründeten Gefahren vollumfänglich bewusst sein.

## 2.7 CE-Zertifizierung

---

Sämtliche Haupt-Hardwarekomponenten der AVANCE-mit-SGU-Konsolen sowie Peripherie-Komponenten wie Magnet, HPPR, Shimming-Systeme, Probenköpfe und BSMS-Tastatur genügen der CE-Konformitätserklärung. Dies gilt für die Intensität möglicherweise ausgestrahlter elektromagnetischer Streustrahlung ebenso wie für konventionelle elektrische Gefahren. Beachten Sie bitte, dass die Türen der Konsole geschlossen und die hintere Abdeckung angebracht sein müssen, um das Austreten elektromagnetischer Strahlung zu minimieren.

## 2.8 Betriebsumgebung

---

<b>Zulässige Umgebungstemperatur:</b>	5 bis 40 °C
<b>Zulässige Höhe ü. d. Meeresspiegel:</b>	Bis zu 2000 m
<b>Relative Luftfeuchtigkeit:</b>	Maximal 80 % bis 31 °C und linear abnehmend auf 50 % bei 40 °C
<b>Zulässige Lagertemperatur:</b>	5 bis 40 °C
<b>Schutzart:</b>	IP 20

*Tabelle 2.1: Betriebsumgebung des AVANCE Systems*

Die Leistungsaufnahme der verschiedenen AVANCE Systeme ist von deren Konfiguration abhängig. Weitere Informationen über Leistungsaufnahme sind dem entsprechenden Handbuch für die Standortplanung zu entnehmen.

## 2.9 Zeichen und Schilder

Zeichen und Schilder betreffen immer die unmittelbare Umgebung. An einem AVANCE System oder in dessen Nähe können folgende Zeichen und Schilder auftreten:

	<p>Verbotsschilder: Kein Zutritt für Personen mit Herzschrittmachern oder implantierten Defibrillatoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personen, die Herzschrittmacher oder implantierte Defibrillatoren tragen, sind in dem gekennzeichneten Bereich gefährdet und dürfen diesen deswegen nicht betreten.</li> </ul>
	<p>Verbotsschilder: Kein Zutritt für Personen mit Implantaten aus Metall</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personen mit Implantaten aus Metall sind in dem gekennzeichneten Bereich gefährdet und dürfen diesen deswegen nicht betreten.</li> </ul>
	<p>Verbotsschilder: Mitführen von Metallteilen oder Uhren verboten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uhren und elektronische Geräte können in dem gekennzeichneten Bereich beschädigt werden.</li> </ul>
	<p>Verbotsschilder: Mitführen von magnetischen oder elektronischen Datenträgern verboten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kreditkarten, elektronische und magnetische Datenträger können in dem gekennzeichneten Bereich beschädigt werden.</li> </ul>
	<p>Verbotsschilder: Berühren verboten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der gekennzeichnete Bereich darf nicht berührt werden.</li> </ul>
	<p>Warnzeichen: Warnung vor einer Gefahrenstelle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Nichtbeachten der Warnung kann zu Verletzungen führen.</li> </ul>
	<p>Hinweise: Hinweis für bewährte Bedienungspraktiken.</p>
	<p>Warnzeichen: Warnung vor magnetischem Feld</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Magnetspeicher.</li> <li>• Kein Schmuck.</li> <li>• Keine Metallgegenstände.</li> </ul>

	<p>Warnzeichen: Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Berühren einer elektrischen Leitung, auch bei beschädigter Isolierung, kann Verletzungen und Tod verursachen.</li> </ul>
 oder 	<p>Elektrostatisch empfindliches Gerät</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorsichtsmaßnahmen für den Umgang beachten.</li> </ul>
	<p>Schutzleiteranschluss</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennzeichnung eines Anschlusses, der mit dem externen Schutzleiter oder dem Schutz vor Elektroschocks im Falle eines Defekts verbunden ist.</li> </ul>

Tabelle 2.2: Zeichen und Schilder

## 2.10 Umrechnungsfaktoren SI-/US-Einheiten

In diesem Handbuch werden die folgenden Umrechnungsfaktoren verwendet:

Maß	SI-Einheit	US-Einheit	Umrechnungsfaktor (gerundet auf das nächste Hundertstel)
Längenmaß	Meter (m)	Feet (ft.)	1 m = 3,28 ft.
	Zentimeter (cm)	Inch (in.)	1 m = 39,37 in.
			1 cm = 0,394 in.
Flächenmaß	Quadratmeter (m <sup>2</sup> )	Square foot (ft. <sup>2</sup> )	1 m <sup>2</sup> = 10,76 ft. <sup>2</sup>
Volumen	Kubikmeter (m <sup>3</sup> )	Cubic foot (ft. <sup>3</sup> )	1 m <sup>3</sup> = 35,32 ft. <sup>3</sup>
	Liter (l)	Quart (qt.)	1 l = 1,06 qt. (Flüssigkeit)
Gewicht	Kilogramm (kg)	Pounds (lbs.)	1 kg = 2,21 lbs.
Druck	bar	Pounds/Square inch (psi)	1 bar = 14,51 psi
		Atmosphäre (ATM)	1 bar = 0,99 ATM (Standard)
Temperatur	°C	°F	F = C × 1,8 + 32
	°F	°C	C = (F - 32) / 1,8
Magnetische Flussdichte	Tesla (T)	Gauß (G)	1 T = 104 G

Tabelle 2.3: Umrechnungsfaktoren SI-/US-Einheiten

# 3 Gehäusesicherheit

## 3.1 Allgemeine Sicherheitsanweisungen

---

Benutzer von AVANCE Systemen müssen Geräte regelmäßig auf Schäden und Abnutzungserscheinungen prüfen und im Falle von Anomalien umgehend die Wartungsabteilung informieren.

Bei Zweifeln über den ordnungsgemäßen Zustand eines Bauteils darf das Gerät nicht verwendet werden. Die Wartungsabteilung ist umgehend zu informieren.

Sollte wider Erwarten einer der nachstehend genannten Fälle auftreten, muss das Gerät sofort abgeschaltet und vom Netz getrennt werden. Außerdem ist umgehend die Wartungsabteilung zu informieren, die weitere Anweisungen erteilt.

- Netzkabel, Netzstecker oder Netzteil weist Risse auf, ist spröde oder beschädigt.
- Anzeichen von Überhitzung.
- Hinweise oder Verdacht auf in das Gehäuse eingedrungene Flüssigkeit.
- Netzkabel oder Netzteil mit Flüssigkeitskontakt.
- Heruntergefallene oder auf andere Weise beschädigte Einheiten/Bauteile.

## 3.2 Erdung und Potenzialausgleich bei AVANCE Systemen

---

Zur Gewährleistung eines sicheren Betriebs des Spektrometers unter allen Bedingungen müssen AVANCE Systeme an den Potenzialausgleich vor Ort angeschlossen werden.

Um den vollständigen Potenzialausgleich des Gesamtsystems zu erreichen, wird jede Einheit mit Erdungskabeln geliefert, die wie folgt an Konsole, HPPR und Magneten angeschlossen werden:

- Von der zentralen Erdung an der unteren Rückseite des Gehäuses wird ein Kabel zur Erdung des Gebäudes gezogen.
- Bei der Verwendung eines externen Vorverstärkers (HPPR/2) wird ein Kabel von der zentralen Erdung des Spektrometers zur Erdung der Bodenplatte des externen Vorverstärkers gezogen (zweite Abbildung unten).
- Die Erdung des Magneten wird über ein Kabel mit der Erdung des Spektrometers (erste Abbildung unten) oder bei Verwendung eines externen Vorverstärkers mit dessen Erdung verbunden.

Die Erdungskabel müssen ordnungsgemäß verlegt und an den jeweiligen Erdungsanschlüssen befestigt sein, ehe ein AVANCE System eingeschaltet oder mit dem Netz verbunden werden darf. Ein solches Kabel darf nur nach Abschalten des gesamten Systems getrennt werden.

Der Kunde muss vom Servicetechniker auf diesen Sicherheitshinweis im Handbuch hingewiesen werden. Die Bestätigung dieses Hinweises ist Teil des Abnahmeprotokolls.



Abbildung 3.1: AVANCE Spektrometer mit internem Vorverstärker



Abbildung 3.2: AVANCE Spektrometer mit externem Vorverstärker (HPPR/2)

### 3.3 Konsolensicherheit

**WARNUNG:** Zur Minimierung des Risikos von Elektroschocks muss eine AVANCE Konsole wie vorstehend beschrieben geerdet sein.

Der Schaltschrank ist mit einem dreiadrigen Netzkabel ausgestattet. Es dürfen nur solche Netzkabel verwendet werden, die von BRUKER genehmigt sind oder die die IEC-Sicherheitsnormen erfüllen.

#### 3.3.1 Not-Aus

Der Netzschalter der AVANCE Konsole dient auch als NOT-AUS. Durch Betätigen des Netzschalters wird die Konsole abgeschaltet.

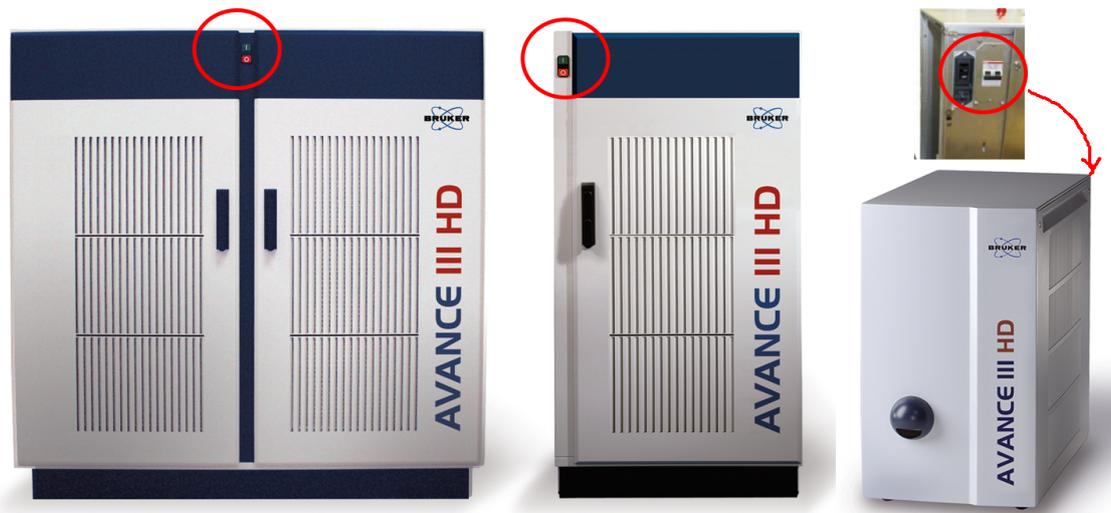


Abbildung 3.3: Position des Not-Aus-Schalters in der Produktreihe AVANCE III HD

### 3.4 AQS/3+

Das neue AQS/3+ Gehäuse ist eine Weiterentwicklung des bewährten AQS/3 Gehäuses, das jetzt mit der neuen IPSO AQS Einheit ausgestattet werden kann. Die erweiterte IPSO 19-Zoll-Einheit ist eine eigenständige Einheit, die nicht in das AQS/3+ Gehäuse passt.

Für alle Phasen während Betrieb und Wartung des AQS Systems gelten folgende allgemeine Sicherheitsanweisungen. Die Nichteinhaltung dieser Anweisungen oder bestimmter Warnungen in diesem Handbuch gilt als Verstoß gegen die Sicherheitsstandards für Entwurf, Herstellung und Verwendungszweck des AQS Systems.

BRUKER übernimmt keine Haftung bei Missachtung dieser Anweisungen und ist somit nicht für Verletzungen oder Schäden haftbar, die sich aus einer nicht genehmigten Änderung eines AQS Systems ergeben.

## 3.4.1 Not-Aus

Der Netzschalter am AQS/3+ Gehäuse dient auch als NOT-AUS. Durch Betätigen dieses Schalters wird das System abgeschaltet.

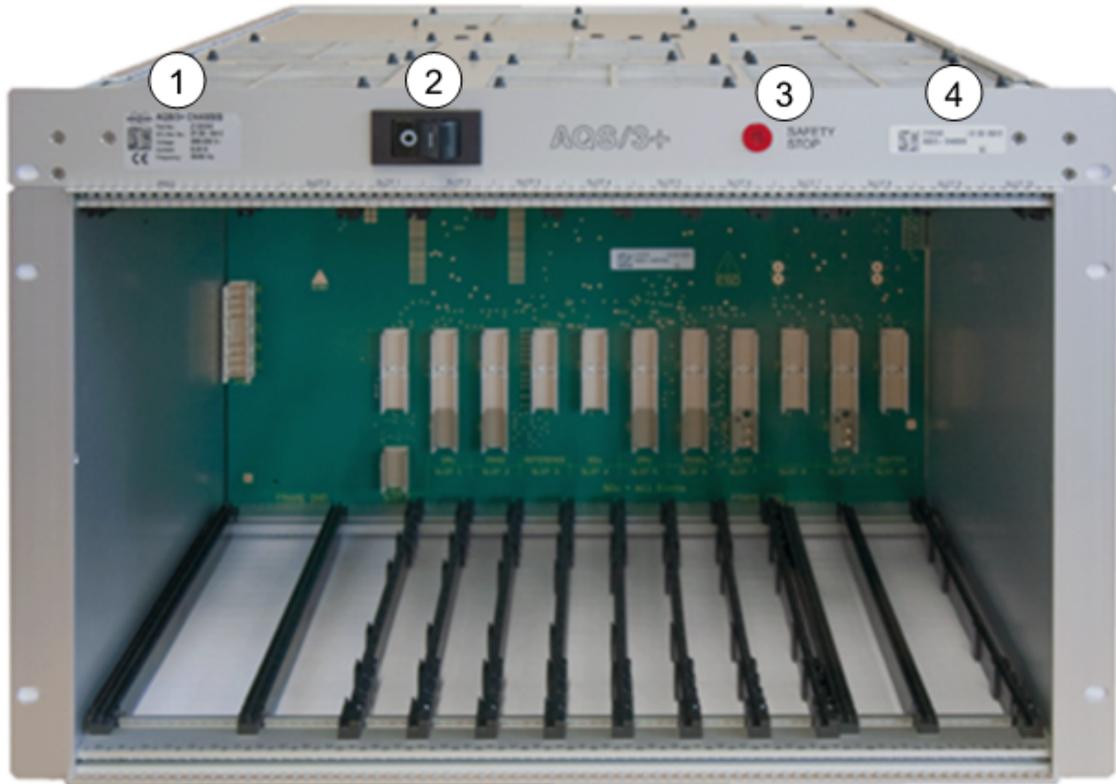


Abbildung 3.4: AQS/3+ Gehäuse

1	AQS/3+ Typenschild	3	Anzeige, Sicherheitsstopp
2	Netzschalter	4	Schild mit Teilenummer, ECL und Seriennummer

## 3.4.2 Personensicherheit

### Erdungsanschluss

**WARNUNG:** Zur Minimierung des Risikos von Elektroschocks muss ein AQS Gehäuse wie vorstehend beschrieben geerdet sein.

Der Schaltschrank ist mit einem dreiadrigen Netzkabel ausgestattet. Es dürfen nur solche Netzkabel verwendet werden, die von BRUKER genehmigt sind oder die die IEC-Sicherheitsnormen erfüllen.

### Nur technisch qualifiziertes Personal

**WARNUNG:** Installation und Wartung dürfen nur durch qualifiziertes Personal von BRUKER durchgeführt werden. Vor Wartungsarbeiten immer Netzkabel ziehen. Unter bestimmten Umständen können auch nach Trennen des Netzkabels gefährliche Spannungen vorhanden sein. Zur Vermeidung von Verletzungen vor dem Berühren immer erst Netzkabel trennen und Schaltkreise entladen.

**HINWEIS:** Das Bedienungspersonal darf Gehäuseabdeckungen nur wie in diesem Handbuch beschrieben entfernen. AQS Einheiten NIEMALS mit eingeschaltetem Netzschalter austauschen. Benutzerschnittstelle, Systemmitteilungen und Handbücher verlangen gute Englischkenntnisse.

## Elektrische Sicherheit

Die Schutzart des AQS Systems entspricht IEC IP20, d. h., alle elektrischen Teile sind vor Berührung geschützt.

**WARNUNG:** Es dürfen nur von BRUKER gelieferte Steckverbinder verwendet werden. Andere Steckverbinder sind nicht zulässig.

## Anheben des AQS Gehäuses

**WARNUNG:** Das Einsetzen und Entfernen des AQS Gehäuses aus dem Schaltschrank verlangt mindestens zwei Personen, da ein voll ausgerüstetes AQS System mehr als 50 kg wiegen kann.

**HINWEIS:** Um das Gewicht zu reduzieren, können zuvor einige oder alle AQS Einheiten aus dem Gehäuse entfernt werden.

## Reinigung

**WARNUNG:** Vor Reinigungsarbeiten Gerät immer ausschalten und Netzkabel ziehen. Gerät erst dann einschalten, wenn alle Oberflächen vollständig trocken sind.

Außenseite des AQS Gehäuses und der Einheiten mit einem weichen, fusselfreien und mit Wasser angefeuchteten Tuch reinigen. Die Verwendung von Reinigungsmitteln oder Lösungsmitteln ist nicht zulässig.

### 3.4.3 Sicherheitsstopp

---

Steigt die Temperatur im Hauptgestell über den Höchstwert für einen sicheren Betrieb, wird die Stromversorgung zum Gehäuse automatisch (und ohne Warnung) abgeschaltet, um eine dauerhafte Schädigung der AQS Einheiten zu verhindern. Dieser Sicherheitsstopp wird durch eine rote Lampe an der Frontplatte angezeigt, so lange Netzstrom am Netzeingang anliegt.

Das Spektrometer darf erst dann wieder eingeschaltet werden, wenn die Ursache für den Sicherheitsstopp gefunden und behoben ist.

Der Sicherheitsstopp kann durch Versagen eines Ventilator oder der Stromversorgung innerhalb des Hauptgestells hervorgerufen werden. Weitere mögliche Gründe sind eine unzureichende Versorgung des Hauptgestells mit Kühlluft oder das Überschreiten der Umgebungstemperatur im oder am Spektrometergehäuse.

Falls sich die Ursache des Versagens nicht ermitteln lässt, ist der Kundendienst von BRUKER zu kontaktieren. Das Gehäuse wird durch manuelles Ein- und Ausschalten des Netzschalters wieder in den normalen Betriebszustand versetzt. Eine Unterbrechung der Netzstromversorgung hat dieselbe Wirkung.

## 3.5 BSMS/2

Das verbesserte BSMS/2 System enthält einen Satz hochintegrierter Platinen (ELCB und SCB20), die eine optimale Leistung, hohe Auflösung und bessere Stabilität ermöglichen. Das BSMS/2 Hauptgestell ist als Untereinheit für den Schaltschrank des NMR-Spektrometers entwickelt. Die Umgebungsbedingungen sind im Leitfaden für die Standortplanung des Spektrometersystems angegeben.

Für alle Phasen während Betrieb und Wartung des BSMS/2 Systems gelten folgende allgemeine Sicherheitsanweisungen. Die Nichteinhaltung dieser Anweisungen oder bestimmter Warnungen in diesem Handbuch gilt als Verstoß gegen die Sicherheitsstandards für Entwurf, Herstellung und Verwendungszweck des BSMS/2 Systems.

BRUKER übernimmt keine Haftung bei Missachtung diese Anweisungen und ist somit nicht für Verletzungen oder Schäden haftbar, die sich aus einer nicht genehmigten Änderung eines BSMS/2 Systems ergeben.

### 3.5.1 Not-Aus

Der Netzschalter am BSMS/2 Gehäuse dient auch als NOT-AUS. Durch Betätigen dieses Schalters werden die Systeme abgeschaltet.

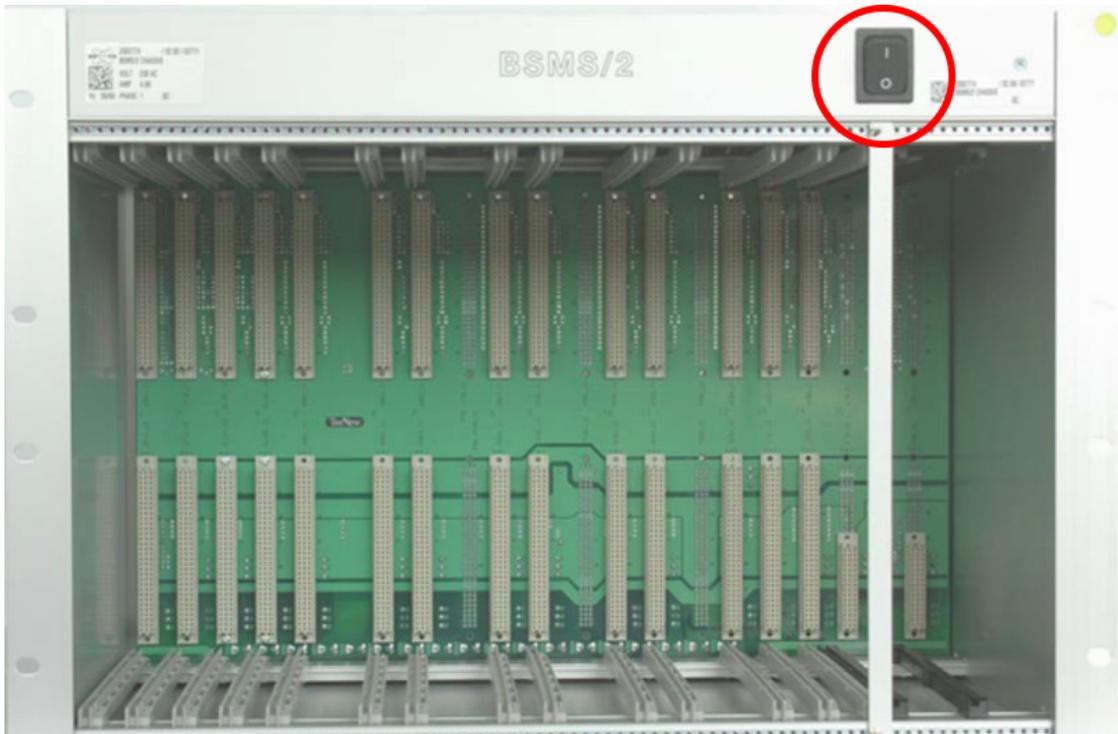


Abbildung 3.5: Position des Not-Aus-Schalters am BSMS/2 Gehäuse

## 3.5.2 Personensicherheit

---

### Erdungsanschluss

**WARNUNG:** Zur Minimierung des Risikos von Elektroschocks muss ein BSMS/2 Gehäuse wie vorstehend beschrieben geerdet sein.

Der Schaltschrank ist mit einem dreiadrigen Netzkabel ausgestattet. Es dürfen nur solche Netzkabel verwendet werden, die von BRUKER genehmigt sind oder die die IEC-Sicherheitsnormen erfüllen.

### Nur technisch qualifiziertes Personal

**WARNUNG:** Installation und Wartung dürfen nur durch qualifiziertes Personal von BRUKER durchgeführt werden. Vor Wartungsarbeiten immer Netzkabel ziehen. Unter bestimmten Umständen können auch nach Trennen des Netzkabels gefährliche Spannungen vorhanden sein. Zur Vermeidung von Verletzungen vor dem Berühren immer erst Netzkabel trennen und Schaltkreise entladen.

**HINWEIS:** Das Bedienungspersonal darf Gehäuseabdeckungen nur wie in diesem Handbuch beschrieben entfernen. BSMS/2 Einheiten NIEMALS mit eingeschaltetem Netzschalter austauschen. Benutzerschnittstelle, Systemmitteilungen und Handbücher verlangen gute Englischkenntnisse.

### Elektrische Sicherheit

Die Schutzart des BSMS/2 Systems entspricht IEC IP20, d. h., alle elektrischen Teile sind vor Berührung geschützt.

**WARNUNG:** Es dürfen nur von BRUKER gelieferte Steckverbinder verwendet werden. Andere Steckverbinder sind nicht zulässig.

### Anheben des BSMS/2 Gehäuses

**WARNUNG:** Das Einsetzen und Entfernen des BSMS/2 Gehäuses aus dem Schaltschrank verlangt mindestens zwei Personen, da ein voll ausgerüstetes BSMS/2 System mehr als 50 kg wiegen kann.

**HINWEIS:** Um das Gewicht zu reduzieren, können zuvor einige oder alle BSMS/2 Einheiten aus dem Gehäuse entfernt werden.

### Reinigung

**WARNUNG:** Vor Reinigungsarbeiten Gerät immer ausschalten und Netzkabel ziehen. Gerät erst dann einschalten, wenn alle Oberflächen vollständig trocken sind.

Außenseite des BSMS/2 Gehäuses und der Einheiten mit einem weichen, fusselfreien und mit Wasser angefeuchteten Tuch reinigen. Die Verwendung von Reinigungsmitteln oder Lösungsmitteln ist nicht zulässig.



## 4 Magnetische Sicherheit

Die Bedienung eines UltraShield™ supraleitenden NMR-Magnetsystems ist einfach und sicher, sofern die korrekten Arbeitsabläufe und bestimmte Sicherheitsanweisungen eingehalten werden.

Jede Person, die mit einem UltraShield™ supraleitenden NMR-Magnetsystem in Kontakt kommt, muss diese Anweisungen gelesen und verstanden haben. Sie sind nicht ausschließlich für leitende Angestellte und Spezialisten gedacht.

Alle Personen, die mit dem Gerät in Berührung kommen, müssen erfolgreich hinsichtlich dieser Anforderungen geschult werden.

Da das Magnetfeld eines NMR-Magnetsystems dreidimensional ist, ist zu beachten, dass sowohl die Stockwerke über und unter dem Magneten als auch mehrere Räume im selben Stockwerk betroffen sein können.

**Warnung: Zur Minimierung des Risikos von Elektroschocks müssen der Magnet und seine Konsole mit dem Erdungsanschluss des Gehäuses verbunden sein.**

### Warnbereiche

Aufstellung und Betrieb eines UltraShield™ supraleitenden NMR-Magnetsystems ist mit einer Reihe von Gefahren verbunden, die die Beschäftigten kennen müssen. Folgende Regeln **müssen** beachtet werden:

- Der Bereich, in dem ein NMR-Magnetsystem aufgestellt und betrieben werden soll, wird unter Berücksichtigung aller Sicherheitsaspekte sorgfältig ausgewählt. Der Aufstellungsprozess wird unter Berücksichtigung derselben Aspekte sorgfältig geplant.
- Die Arbeit in Räumlichkeiten und an Anlagen erfolgt auf sichere Weise und in Übereinstimmung mit den ordnungsgemäßen Arbeitsabläufen.
- Beschäftigte werden angemessen geschult.
- Eindeutige Warnschilder, die instand gehalten werden müssen, zeigen wirksam an, dass ein Gefahrenbereich betreten wird.
- Es werden alle Prozeduren zur Aufrechterhaltung von Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit aufrechterhalten.

Hier sind Aspekte betreffend den Betrieb und die Aufstellung angeführt, die von besonderer Bedeutung sind. Die hier gemachten Empfehlungen können jedoch nicht alle Situationen abdecken. Sollten während des Betriebs des Systems Zweifel auftreten, wird dringend empfohlen, sich an den Hersteller zu wenden. Kunden von BRUKER geben die Angaben in diesem Handbuch zu Sicherheitsabläufen und Gefahren in Verbindung mit NMR-Magnetsystemen an ihre eigenen Kunden und an die Benutzer der Geräte weiter.

### 4.1 Magnetfeld

---

Von supraleitenden NMR-Magneten gehen aufgrund der Kräfte der starken Magnetfelder dieser Magneten zahlreiche Gefahren aus. Um sicherzustellen, dass von den Wirkungen eines Magnetfelds keine Gefahren auf magnetische Materialien oder auf chirurgische Implantate ausgehen, müssen Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden. Zu solchen Wirkungen gehören insbesondere die Folgenden:

Auf Gegenstände in der Nähe des NMR-Magnetsystems können große Anziehungskräfte ausgeübt werden. Diese Kräfte können so groß werden, dass die Gegenstände unkontrollierbar zum NMR-Magnetsystem bewegt werden. Kleine Gegenstände können dabei zu Projektilen werden.

Große Gegenstände, wie beispielsweise Gasflaschen oder Netzgeräte, können Körperteile oder Körper zwischen dem Gegenstand und dem Magneten einklemmen.

Je kürzer der Abstand zwischen einem ferromagnetischen Gegenstand und dem Magneten, desto größer die Anziehungskraft. Außerdem nimmt die Anziehungskraft mit der Masse des Gegenstands zu.

## 4.1.1 Abschirmung

---

Die meisten neueren NMR-Magnetsysteme verfügen über eine aktive Abschirmung. Bei der Aufstellung oder Bedienung eines derart abgeschirmten Magneten sind folgende Tatsachen zu beachten:

- Die aktive Abschirmung der supraleitenden Spule reduziert magnetische Streufelder und damit deren Wirkung.
- Allerdings ist der Magnetfeldgradient sehr viel stärker als bei nicht abgeschirmten Magneten, sodass der Abstand zwischen den Streufeldlinien (beispielsweise der Abstand zwischen 0,5 mT (5 Gauß) und 5 mT (50 Gauß) sehr viel geringer ist. Deswegen ist sorgfältig darauf zu achten, dass sich keine ferromagnetischen Gegenstände in der Nähe des Magneten befinden.
- Trotz der aktiven Abschirmung ist das magnetische Streufeld direkt über und unter dem Magneten sehr hoch, dasselbe gilt für die Anziehungskräfte für ferromagnetische Gegenstände.

## 4.1.2 Elektronische, elektrische und mechanische medizinische Implantate

---

Für die Auswirkungen auf elektronische, elektrische und mechanische medizinische Implantate und Produkte gelten die folgenden Tatsachen:

- Der Betrieb von elektronischen, elektrischen und mechanischen medizinische Implantaten, wie Herzschrittmachern, Biostimulatoren und Neurostimulatoren, kann durch die Gegenwart eines statischen oder dynamischen Magnetfelds beeinträchtigt und sogar unterbrochen werden.
- Herzschrittmacher reagieren unterschiedlich auf Feldstärken von mehr als 0,5 mT (5 Gauß).

## 4.1.3 Chirurgische Implantate und Prothesen

---

Für die Auswirkungen auf chirurgische Implantate und Prothesen gelten die folgenden Tatsachen:

- Andere chirurgische Implantate, wie Aneurysmen-Clips, chirurgische Clips oder Prothesen, können ebenfalls ferromagnetische Werkstoffe enthalten, die in der Nähe eines NMR-Magnetsystems ebenfalls starken Anziehungskräften ausgesetzt sind. Dies kann zu Verletzungen bis hin zum Tod führen.
- Außerdem können in der Nähe von sich schnell verändernden Feldern, beispielsweise gepulsten Gradientenfeldern, Wirbelströme im Implantat induziert werden, was zu einer Erwärmung und möglicherweise zu einer lebensbedrohlichen Situation führen kann.

## 4.1.4 Betrieb von Geräten

---

Der Betrieb eines Geräts kann in Gegenwart starker Magnetfelder direkt beeinträchtigt werden.

- Gegenstände wie Uhren, Kassettenrekorder und Kameras können in Magnetfeldern von mehr als 1 mT (10 Gauß) magnetisiert und irreparabel beschädigt werden.
- Daten, die magnetisch auf Kreditkarten und Magnetbändern codiert sind, können irreparabel beschädigt werden.
- In Magnetfeldern von mehr als 5 mT (50 Gauß) können elektrische Transformatoren magnetisch gesättigt werden. Dabei können die Sicherheitsmerkmale beeinträchtigt werden.

## 4.1.5 Vor dem Hochfahren des Magneten

---

Vor Hochfahren des Magnetsystems ist Folgendes zu beachten:

- Sicherstellen, dass alle nicht befestigten ferromagnetischen Gegenstände aus dem Bereich des 0,5 mT (5 Gauß) -Magnetfeld des NMR-Magnetsystems entfernt sind.
- Warnzeichen für magnetisches Feld an allen Zugängen zum Magnetraum anbringen.
- Warnzeichen mit dem Hinweis auf ein mögliches Magnetfeld und die möglichen Gefahren in all den Bereichen anbringen, in denen das Magnetfeld mehr als 0,5 mT (5 Gauß) beträgt.

## 4.1.6 Nach dem Hochfahren des Magneten

---

Nach dem Hochfahren des Magnetsystems ist Folgendes zu beachten:

- Keine ferromagnetischen Gegenstände in den Magnetraum mitbringen.
- Für die Aufbewahrung und den Transfer von komprimierten Gasen oder kryogenen Flüssigkeiten ausschließlich nicht magnetische Flaschen oder Dewargefäße verwenden.
- Für den Transport der Flaschen oder Dewargefäße nur nicht magnetische Geräte verwenden.



Es ist zu beachten, dass der Magnet, nachdem er auf Feld hochgefahren wurde, nicht einfach wieder ausgeschaltet werden kann so dass das starke Magnetfeld verschwindet. Eine Stromabschaltung hat keinerlei Effekt auf den Magneten und das starke Magnetfeld bleibt bestehen.

---

## 4.1.7 Allgemeine Sicherheitsanweisungen

---

Zur Verhinderung der vorstehend beschriebenen Situationen sind die folgenden Sicherheitsanweisungen als Leitlinien zu verwenden. Diese sind als Mindestanforderung zu betrachten.

- Der Standort jedes Magneten sollte separat überprüft werden, um die dort erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zur Verhinderung von Gefahren festzulegen.
- Da das Magnetfeld eines NMR-Magnetsystems dreidimensional ist, ist zu beachten, dass sowohl die Stockwerke über und unter dem Magneten als auch mehrere Räume im selben Stockwerk betroffen sein können.

## 4.2 Bereiche mit beschränktem Zugang

Für Geräte, die ein Streufeld von mehr als 0,5 mT (5 Gauß) außerhalb der dauerhaft angebrachten Abdeckung und/oder elektromagnetische Störungen erzeugen, die die Werte von IEC 60601-1-2 überschreiten, ist ein Bereich mit beschränktem Zugang festzulegen und um das Gerät einzurichten, sodass außerhalb des Bereichs folgende Bedingungen gelten:

- Die Stärke des magnetischen Streufelds ist nicht höher als 0,5 mT (5 Gauß).
- Die elektromagnetischen Störungen sind in Übereinstimmung mit IEC 60601-1-2:2001.

Die Streufelddiagramme der verschiedenen Magneten gehen aus dem jeweiligen Magnet Handbuch hervor. Hier ist auch die Position der 0,5-mT (5 Gauß) Linie dargestellt.

Der Bereich mit beschränktem Zugang ist beispielsweise durch Markierungen auf dem Fußboden, durch Sperren und/oder andere Mittel zu kennzeichnen, um den zuständigen Beschäftigten angemessene Möglichkeiten zu geben, Unbefugten den Zutritt zu verwehren.

Ein Bereich mit beschränktem Zugang ist an allen Zugängen mit angemessenen Warnzeichen zu kennzeichnen. Hierzu gehört auch ein Hinweis auf Magnetfelder und deren Anziehungskraft oder die auf ferromagnetische Werkstoffe einwirkenden Kräfte.

Die folgende Abbildung zeigt die empfohlene Gestaltung des Warnzeichens:



## 4.3 Sicherer Umgang mit kryogenen Substanzen

Ein supraleitender Magnet benötigt zwei kryogene Flüssigkeiten, flüssiges Helium und flüssigen Stickstoff. Der Umgang mit kryogenen Flüssigkeiten ist einfach und sicher, sofern bestimmte Sicherheitsanweisungen eingehalten werden.

Die Empfehlungen in diesem Abschnitt sind keinesfalls erschöpfend. Wenn Zweifel auftreten, wird empfohlen, sich an den Händler zu wenden.

### 4.3.1 Art der Substanzen

Bei den in diesen Empfehlungen genannten Substanzen handelt es sich um Stickstoff, Helium und Luft. Die Sicherheitsdatenblätter für diese kryogenen Substanzen erhalten Sie von dem entsprechenden Lieferanten.

#### Helium

Helium ist ein natürlich vorkommendes, inertes Gas, das sich bei etwa 4 K verflüssigt. Es ist farblos, geruchslos, nicht entflammbar und nicht giftig. Zum Erhalt der Supraleitfähigkeit muss sich der Magnet in einem Bad aus flüssigem Helium befinden.

## Stickstoff

Stickstoff ist ein natürlich vorkommendes Gas, das sich bei etwa 77 K verflüssigt. Es ist farblos, geruchslos, nicht entflammbar und nicht giftig. Es wird zum Kühlen der Abschirmung verwendet, die den Behälter mit flüssigem Helium umgibt.

## Dewartransportgefäße für kryogene Flüssigkeiten

Während des normalen Betriebs verdampfen kryogene Flüssigkeiten und müssen regelmäßig aufgefüllt werden. Kryogene Flüssigkeiten werden in Dewartransportgefäßen geliefert. Dewartransportgefäße dürfen auf keinen Fall magnetisch sein.

## Physikalische Eigenschaften

Der sichere Umgang mit kryogenen Flüssigkeiten verlangt Wissen über die physikalischen Eigenschaften dieser Flüssigkeiten, Vernunft und ein ausreichendes Verständnis der Sachlage, um die Reaktion der Flüssigkeiten unter bestimmten physikalischen Bedingungen vorherzusagen.

### 4.3.2 Allgemeine Sicherheitsregeln

---

Beim Umgang mit kryogenen Substanzen sind insbesondere die folgenden allgemeinen Sicherheitsregeln zu beachten:

- Kryogene Flüssigkeiten halten die Temperatur auf ihrem jeweiligen Siedepunkt und verdampfen allmählich, selbst in isolierten Aufbewahrungsbehältern (Dewargefäß).
- Kryogene Flüssigkeiten müssen in gut gelüfteten Bereichen gehandhabt und aufbewahrt werden.
- Werden kryogene Flüssigkeiten in einem Aufzug transportiert, dürfen keine anderen Personen in der Kabine anwesend sein. Es besteht Erstickungsgefahr.
- Die enorme Volumenvergrößerung aufgrund der Verdampfung der Flüssigkeit und der anschließenden Erwärmung beträgt bei Helium etwa 740:1, bei Stickstoff 680:1.

### 4.3.3 Dewartransportgefäße für kryogene Flüssigkeiten

---

Beim Umgang mit Dewargefäßen für den Transport von kryogenen Flüssigkeiten sind insbesondere die folgenden Regeln zu beachten:

- Ein Dewartransportgefäß für kryogene Flüssigkeiten darf nicht vollständig geschlossen werden, da dies zu einem Überdruck im Inneren des Behälters führen würde. Dies wiederum stellt eine Explosionsgefahr dar und kann zu hohen Produktverlusten führen.
- Ein Dewartransportgefäß muss aus nicht magnetischen Werkstoffen hergestellt sein.

### 4.3.4 Gesundheitsgefahren

---

Im Falle von Gesundheitsgefahren sind insbesondere die folgenden Regeln zu beachten:

- Im Fall einer größeren Verschüttung ist der betroffene Bereich umgehend zu evakuieren.
- Es ist für eine ausreichende Belüftung zu sorgen, um eine Sauerstoffverarmung zu verhindern. Helium kann Luft im oberen Teil des Raumes verdrängen, kalter Stickstoff im unteren Bereich. Weitere Informationen sind dem Abschnitt „Lüftung“ zu entnehmen.
- Der direkte Kontakt mit kryogenen Substanzen in flüssiger oder gasförmiger Form ist zu vermeiden, da sie verbrennungsartige Verletzungen (Erfrierungen) auf der Haut verursachen.

- Unzureichend geschützte Körperteile dürfen nicht mit nicht isolierten Abzugsrohren oder -gefäßen in Berührung kommen, da die Haut sofort an diesen kleben bleiben würde. Dies kann beim Versuch, den Körperteil zu entfernen, zu Fleischwunden führen.

## 4.3.5 Erste Hilfe

---

Im Falle von Erste-Hilfe-Leistungen sind insbesondere die folgenden Regeln zu beachten:

- Augen oder Haut sind nach einem versehentlichen Kontakt mit kryogenen Flüssigkeiten umgehend mit großen Mengen kaltem oder lauwarmem Wasser zu spülen, anschließend wird eine kalte Kompresse aufgelegt.
- Heißes Wasser oder trockene Wärme darf nicht verwendet werden.
- Umgehend den Arzt aufsuchen!

## 4.3.6 Schutzkleidung

---

Für Schutzkleidung gelten insbesondere die folgenden Regeln:

- Es ist Schutzkleidung zu tragen, um Erfrierungen zu vermeiden. Beim Umgang oder bei der Arbeit mit kryogenen Flüssigkeiten sind Lederhandschuhe oder spezielle Kryo-Handschuhe zu tragen.
- Die Handschuhe dürfen nicht zu eng anliegen, damit sie im Falle einer Verschüttung schnell ausgezogen werden können.
- Zum Schutz der Augen ist eine Schutzbrille zu tragen.
- Metallgegenstände, wie Schmuck, dürfen an Körperteilen, die mit der Flüssigkeit in Berührung kommen können, nicht getragen werden.

## 4.3.7 Weitere Sicherheitsregeln

---

Beim Umgang mit kryogenen Substanzen sind außerdem insbesondere die folgenden Regeln zu beachten:

- Beim Umgang mit Flüssigkeiten muss immer besonders vorsichtig gearbeitet werden. Beim Befüllen eines warmen Behälters sind Kochen und Spritzer nicht zu vermeiden.
- Beim Eintauchen eines Gegenstands mit Umgebungstemperatur in eine kryogene Flüssigkeit treten heftige Spritzer auf und es kommt zu einem plötzlichen Verdampfen. Deswegen muss dieser Vorgang sehr langsam durchgeführt werden.
- Beim Eintauchen von offenen Rohren in die Flüssigkeit darf das offene Ende niemals direkt auf eine Person zeigen.
- Für den Transfer von flüssigem Stickstoff dürfen nur Metall- oder Teflonrohre verwendet werden, die über Metall- oder Teflonschläuche verbunden sind. Nur Gummi- oder Teflonrohr verwenden.
- Die Verwendung von Tygon® oder Kunststoffrohren ist nicht zulässig, da diese beim Abkühlen aufgrund des Flüssigkeitsstroms splintern und brechen und so Verletzungen verursachen können.

## 4.3.8 Rauchen

---

Raucher müssen die folgenden Grundregeln beachten:

- Das Rauchen in Räumen, in denen mit kryogenen Flüssigkeiten gearbeitet wird, ist untersagt.
- Räumen, in denen mit kryogenen Flüssigkeiten gearbeitet wird, sind als Nichtraucherzonen zu kennzeichnen und entsprechend zu beschildern.
- Stickstoff und Helium fördern zwar keine Verbrennung, aufgrund der extremen Kälte kann jedoch Sauerstoff an den Oberflächen von Dewargefäßen kondensieren, was zu einem lokalen Anstieg der Sauerstoffkonzentration führen kann.
- Dies stellt eine Brandgefahr dar, wenn die kalten Oberflächen mit Öl oder Fett bedeckt sind, die bekanntlich brennbar sind. Hier kann es zu einer Selbstentzündung kommen.

## 4.4 Nachfüllen von flüssigem Stickstoff

---

Bitte lesen Sie diesen Abschnitt sorgfältig durch und weisen Sie jede Person, die am Magnetsystem arbeitet, darauf hin.

- Die Bedienung eines abgeschirmten supraleitenden NMR-Magnetsystems ist einfach und sicher, sofern die korrekten Arbeitsabläufe und bestimmte Sicherheitsanweisungen eingehalten werden.
- Die hier gemachten Empfehlungen können jedoch nicht alle Situationen abdecken. Sollten während des Betriebs des Systems Zweifel auftreten, wird dringend empfohlen, sich an den Hersteller zu wenden.

### 4.4.1 Sauerstoffkondensation

---

Der Kontakt mit Luft ist auf ein Minimum zu beschränken. Bei Kontakt mit Luft sind die folgenden Tatsachen zu beachten und die nachstehenden Sicherheitsanweisungen einzuhalten:

- Da flüssiger Stickstoff eine tiefere Temperatur hat als flüssiger Sauerstoff, kommt es zu einer Kondensation von Luftsauerstoff.
- Tritt eine solche Kondensation über einen längeren Zeitraum auf, kann die Sauerstoffkonzentration im flüssigen Stickstoff einen so hohen Wert annehmen, dass der Umgang mit der Flüssigkeit genauso gefährlich ist wie der mit flüssigem Sauerstoff. Aufgrund der großen Oberfläche gilt dies insbesondere für Dewargefäße mit weitem Hals.
- Der Kontakt mit Luft ist auf ein Minimum zu beschränken.

### 4.4.2 Stickstoffsystem

---

Am Stickstoffbehälter befindet sich ein Überdruckventil, das dafür sorgt, dass zumindest das hintere Halsrohr nicht durch eintretende Luft oder Feuchtigkeit blockiert wird.

Das Ventil muss immer montiert sein, auch beim Befüllen des Behälters.

## 4.4.3 Weitere allgemeine Regeln

---

Außerdem sind insbesondere die folgenden allgemeinen Regeln zu beachten:

- Beim Befüllen des Stickstoffbehälters ist darauf zu achten, dass flüssiger Stickstoff nicht auf Verschlussflansche spritzt, die Raumtemperatur haben.
- Zum Befüllen wird ein Gummi- oder Teflonschlauch in das Halsrohr für Stickstoff gesteckt.
- Sobald der Behälter voll ist, ist der Transfer sofort zu beenden. Im gegenteiligen Fall kann es zu Erfrierungserscheinungen an den O-Ringen und zu einem anschließenden Verlust von Unterdruck am Magnetkyrostaten kommen.

## 4.5 Nachfüllen von flüssigem Helium

---

Bitte lesen Sie diesen Abschnitt sorgfältig durch und weisen Sie jede Person, die am Magnetsystem arbeitet, darauf hin.

Die Bedienung eines abgeschirmten supraleitenden NMR-Magnetsystems ist einfach und sicher, sofern die korrekten Arbeitsabläufe und bestimmte Sicherheitsanweisungen eingehalten werden.

Die hier gemachten Empfehlungen können jedoch nicht alle Situationen abdecken. Sollten während des Betriebs des Systems Zweifel auftreten, wird dringend empfohlen, sich an den Hersteller zu wenden.

Außerdem sind insbesondere die folgenden allgemeinen Regeln zu beachten:

- Flüssiges Helium ist die kälteste aller kryogenen Flüssigkeiten.
- Flüssiges Helium kondensiert oder verfestigt jedes andere Gas, auch Luft, mit dem es in Berührung kommt.
- Flüssiges Helium darf nur in speziellen Dewargefäßen aufbewahrt und transportiert werden.
- Im Helium-Hals des Dewargefäßes ist dauerhaft ein Ein-Wege-Ventil angebracht, um das Eindringen von Luft und das Verstopfen mit Eis zu verhindern.
- Für den Transfer von flüssigem Helium dürfen nur vakuumisolierte Rohrleitungen verwendet werden. Bei defekter Isolierung kann es zu einer Kondensation von Sauerstoff kommen.

### 4.5.1 Heliumbehälter

---

Supraleitende NMR-Magneten haben einen Innenbehälter mit flüssigem Helium.

- Der Füllstand des Heliumbehälters ist wöchentlich zu überprüfen.
- Für diesen Zweck ist eine Heliumdurchflussmesser oder ein Heliumgaszähler zu verwenden.
- Im Lieferumfang ist ein Ein-Wege-Ventil enthalten, das am Heliumverteiler montiert wird und dafür sorgt, dass das hintere Halsrohr nicht durch eintretende Luft oder Feuchtigkeit blockiert wird. Das Ventil muss immer montiert sein, außer beim Transfer von Helium.

## 4.5.2 Anweisungen zum Nachfüllen von flüssigem Helium

---

Beim Nachfüllen von NMR-Magneten mit flüssigem Helium sind die folgenden Anweisungen zu beachten:

- Der Heliumbehälter wird während der vorgeschriebenen Wartezeit befüllt und auf jeden Fall, ehe der Füllstand unter den im Handbuch angegebenen Mindestwert gesunken ist.
- Wichtiger Hinweis: Der Transfer von flüssigem Helium ist einfach und sicher, wenn folgende Regeln beachtet werden:
- Die Transferleitung für Helium wird ordnungsgemäß behandelt.
- Die Transferleitung für Helium ist nicht beschädigt.
- Der Transferdruck übersteigt nicht 2 psi (0,14 bar).
- Eine warme Transferleitung darf niemals in den Kryostaten eingesetzt werden, da das warme Heliumgas ein Quench des Magneten verursachen kann.
- Die Transferleitung muss immer auf die Temperatur von Helium abgekühlt sein, ehe sie in das rechte Halsrohr für Helium eingesetzt wird. Vor dem Einsetzen in das rechte Halsrohr muss etwas flüssiges Helium an der Transferleitung austreten.

## 4.5.3 Schneller Transfer von Helium

---

Während des Transfers von flüssigem Helium darf das Sicherheitssystem für Stickstoff nicht entfernt werden.

Während des schnellen Transfers von flüssigem Helium wird flüssiger Stickstoff auf extrem niedrige Temperaturen abgekühlt. Dies kann folgende Konsequenzen haben:

- Absinken der statischen Verdampfung auf Null und Erzeugen eines negativen Drucks im Stickstoffbehälter.
- Transfer von Luft oder Feuchtigkeit, die in die Hälse des Behälters eingesaugt werden kann und dort verfestigt und den Hals verstopft.

## 4.6 Lüftung

---

Bei der Lüftung sind insbesondere die folgenden allgemeinen Sicherheitsregeln zu beachten:

- Kryogene Flüssigkeiten halten selbst in den isolierten Dewaraufbewahrungsgefäßen die Temperatur auf ihrem jeweiligen Siedepunkt und verdampfen allmählich. Deswegen müssen diese Behälter regelmäßig gelüftet werden, um einen gefährlichen Überdruck zu vermeiden.
- Kryogene Flüssigkeiten müssen in gut gelüfteten Bereichen gehandhabt und aufbewahrt werden.
- Die enorme Volumenvergrößerung aufgrund der Verdampfung der Flüssigkeit und der anschließenden Erwärmung beträgt bei Helium etwa 740:1, bei Stickstoff 680:1.

### 4.6.1 Lüftung während des normalen Betriebs

---

Supraleitende Magnete werden mittels flüssigem Stickstoff und Helium gekühlt. Während des Normalbetriebs des Magnetsystems kommt es zu einem normalen Verdampfen dieser kryogenen Flüssigkeiten:

- Normales Verdampfen von Flüssigkeiten im Magneten auf der Grundlage der Verdampfungsspezifikationen
- Verdampfen von kryogenen Flüssigkeiten während des regelmäßigen Nachfüllens von flüssigem Stickstoff und flüssigem Helium

Die Gase sind nicht giftig und vollständig harmlos, solange der Raum ordnungsgemäß belüftet ist, um ein Erstickten zu vermeiden. Beim Lüften während des normalen Betriebs sind insbesondere die folgenden Regeln zu beachten:

- Das NMR-Magnetsystem darf nicht in einem luftdicht abgeschlossenen Raum stehen. Der Aufstellungsort des Magneten ist so zu wählen, dass Tür und Lüftung von jeder Stelle des Raumes aus leicht erreichbar ist.
- Die Gestaltung des Raums, der Freiraum zur Decke und die Höhe des Magneten müssen so gewählt sein, dass der Transfer von flüssigem Stickstoff und Helium so einfach wie möglich ist, um das Unfallrisiko erheblich zu senken.

## 4.6.2 Notlüftung während der Aufstellung des Magneten oder eines Quench

---

Zur Verhinderung einer Sauerstoffverarmung bei einem Quench oder während der Aufstellung des Magneten ist ein getrenntes Notlüftungssystem bereitzustellen.

Während eines Quench bildet sich innerhalb sehr kurzer Zeit eine große Menge Heliumgas (je nach Magnettyp zwischen 1.500 und 21.000 ft.<sup>3</sup>).

Während der Aufstellung und dem Abkühlen des supraleitenden Magneten sowie unter bestimmten Bedingungen können sich auch große Mengen Stickstoff- oder Heliumgas bilden.

Diese Gase sind zwar inert, in großen Mengen können sie jedoch eine Gefahr darstellen, wenn sie den Sauerstoff im Raum verdrängen.

## 4.6.3 Notabzug

---

Es stehen verschiedene Notabzugstypen zur Verfügung, die zur Vermeidung einer Sauerstoffverarmung während eines Quench und während der Aufstellung des Magnetsystems eingesetzt werden können. Zu diesen gehören insbesondere die Folgenden:

### Aktiver Abzug

Diese Lösung verwendet einen Ventilator mit Motor, Abzugsrohren und einem Abluftkanal, der nicht mit dem Magneten verbunden ist. Der Abzug wird sowohl automatisch über einen O<sub>2</sub>-Sensor oder manuell an einem Schalter im Raum eingeschaltet. Letztere Möglichkeit ist bei der Aufstellung des Magneten und den regelmäßigen Befüllungsarbeiten notwendig, um einen Anstieg der kryogenen Substanzen im Raum durch einen Luftaustausch zu verhindern, der effektiver ist als der der normalen Klimaanlage.

### Passiver Abzug

Diese Lösung basiert auf Abzugsöffnungen in der Decke, die durch einen Überdruck von Heliumgas während eines Quench geöffnet werden.

### Quench-Rohr

Diese Lösung verwendet ein direkt mit dem Magneten verbundenes Rohr, das ins Freie führt. Dabei ist Folgendes zu beachten:

- Im Falle eines Quench sollte Helium idealerweise vom Magneten direkt ins Freie abgeführt werden.
- Der Abluftkanal ins Freie sollte groß genug sein, um den Aufbau eines Überdrucks aufgrund des Strömungswiderstands im Kanal zu verhindern.
- Der Ausgang des Abluftkanals ist so anzuordnen, dass nur Servicepersonal uneingeschränkter Zugriff darauf hat. Darüber hinaus ist die Öffnung vor dem Eindringen von Regen, Schnee und Verunreinigungen zu schützen.

- Weiterhin ist sicherzustellen, dass aus dem Abluftkanal austretendes Gas nicht in eine Klimaanlage oder ein anderes Lüftungssystem eingesaugt werden kann. Der Ausgang des Abluftkanals ist so anzuordnen, dass die obigen Bedingungen unter allen Witterungsbedingungen erfüllt sind.
- Zugängliche Abzugsrohre sind zu isolieren, um Erfrierungen bei Körperkontakt während eines Quenchs zu vermeiden.

## Abzug vom Magnetschacht

Lüftung und Notabzug sind dann besonders wichtig, wenn ein Magnet in einem Schacht angeordnet ist. Im Schacht herrschen beengte Platzverhältnisse, sodass das Risiko einer Sauerstoffverarmung ohne angemessene Belüftung besonders groß ist.

- Stickstoff ist schwerer als Luft und füllt den Schacht während des Vorkühlens des Magneten und der regelmäßigen Befüllung mit Stickstoff von unten.
- Deswegen muss im unteren Teil des Schachts ein Abzugssystem angeordnet werden, das Stickstoffgas wirksam abzieht und eine Sauerstoffverarmung verhindert.

## 4.6.4 Sauerstoffüberwachung und Sauerstoffsensoren

---

Im Magnetraum muss die Sauerstoffkonzentration überwacht werden. Das verlangt die folgenden Überwachungsgeräte und Sensoren:

- Oberhalb des Magneten: Ein Sauerstoffsensor oberhalb des Magneten zum Erfassen von niedrigen Sauerstoffkonzentrationen aufgrund von in erster Linie Heliumgas.
- In Bodennähe: Ein Sauerstoffsensor 30 cm oberhalb des Fußbodens des Magnetraums.
- Im Schacht: Ein zusätzlicher Sauerstoffsensor 30 cm oberhalb des Schachtbodens, falls sich der Magnet in einem Schacht befindet.



# 5 Sicherheitshinweise, Probenkopf

Probenköpfe von BRUKER haben die Aufgabe, die Probe zu positionieren, die Anregungssignale in die Probe abzustrahlen und die ausgesandte Antwort zu empfangen. Senden und Empfangen erfolgen mittels speziell dafür ausgelegter HF-Spulen.

Der Probenkopf wird an der Unterseite des Magneten eingeführt und sitzt innerhalb der Raumtemperatur-Shimspulen. Koaxialkabel übertragen die Anregungssignale von den Konsolenverstärkern zum Probenkopf und das NMR-Signal von der Probe zurück zum Empfänger. Die Kabel werden durch einen Vorverstärkeraufbau (HPPR) geleitet, der sich unmittelbar an der Basis des Magneten befindet. Die Vorverstärker sind für die Anhebung der üblicherweise sehr schwachen NMR-Signale unverzichtbar.

## 5.1 Personensicherheit

---

Alle Personen, die an oder in der Nähe von einem NMR-System arbeiten, müssen über Sicherheitsaspekte und Notfallmaßnahmen informiert werden.

Im Zweifelsfall: Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen, insbesondere beim Umgang mit Proben.

### Inhärente Sicherheit

Ein NMR-System mit allen seinen Bauteilen ist inhärent sicher. Die vorhandenen Überdruckventile, Sensoren und Fehlerbehebungsmaßnahmen für Hardware und Software dienen zum Schutz von Bedienungspersonal, Geräten und Umgebung.

### Nur technisch qualifiziertes Personal

Das NMR-System darf nur von Personen bedient und gewartet werden, die über das notwendige technische Grundwissen in den Bereichen Elektrizität, Druckgassysteme und kryogene Substanzen verfügen. Benutzerschnittstelle, Systemmitteilungen und Handbücher verlangen gute Englischkenntnisse.

### Keine vom Benutzer zu wartenden Teile

In einem Probenkopf bzw. einem Kryo-Probenkopf (CryoProbe) befinden sich keine Teile, die von Benutzern gewartet werden müssen. Diese Geräte dürfen nicht geöffnet werden.

### Magnetisches Streufeld

Bei Arbeiten innerhalb des 0,5-mT-Streufelds (5 Gauß) des Magneten dürfen magnetische Teile und Werkzeuge nicht oder nur mit äußerster Vorsicht verwendet werden.

VORSICHT: Mechanische Uhren und Karten mit Magnetstreifen (z. B. Kreditkarten) müssen außerhalb des 0,5-mT-Bereichs (5 Gauß) des Magneten abgelegt werden.

### Allgemeine Sicherheitshinweise

- Ein NMR-Labor darf nicht öffentlich zugänglich sein. Es ist sicherzustellen, dass nur befugte und qualifizierte Personen Zugang haben.
- Starke Magnetfelder sind mit Gefahren verbunden. Der Gefahrenbereich ist so genau wie möglich mithilfe von Sperrn, Markierungen auf dem Fußboden und Warnzeichen zu kennzeichnen. Genaue Informationen über den Gefahrenbereich (0,5-mT / 5 Gauß Linie) sind dem Magnet Sicherheitshandbuch zu entnehmen.

- Beim Befüllen ist das Rauchen streng verboten.

### 5.1.1 Erste Hilfe

---

Augen oder Haut sind nach einem versehentlichen Kontakt mit kaltem Helium- oder Stickstoffgas umgehend mit kaltem oder lauwarmem Wasser zu spülen.

## 6 Transmittersicherheit

Die Anregung der NMR-Probe erfordert oftmals Signale mit relativ großer Amplitude, was den Einsatz von Transmittern, auch Verstärker genannt, erforderlich macht. Es gibt sowohl interne (in den AQS Schaltschrank integrierte) wie auch externe Transmitter (separate, eigenständige Einheiten). Unmittelbar von den Verstärkerausgängen zum HPPR führende Kabel übertragen das HF-Signal zur Probe.

Ein den Verstärker verlassendes HF-Signal kann im Bereich von mehreren 100 V liegen. Deswegen ist eine Messung mit einem Oszilloskop ohne geeignete Abschwächung nicht empfehlenswert.

### 6.1 Transmittersicherheit

---

Verstärker von BRUKER wurden in Übereinstimmung mit der Norm DIN EN 61010-1, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte, hergestellt.

#### 6.1.1 Sicherheitsschilder

---

Auf jedem Verstärker befindet sich ein Schild, das Bedienungs- und Wartungspersonal auf die Bedingungen aufmerksam macht, die Verletzungen oder Beschädigungen der Geräte aufgrund einer falschen Verwendung verursachen können. Benutzer müssen die Schilder lesen und ihren Inhalt verstehen.

Bedienungspersonal darf HF-Kabel erst dann entfernen, wenn geprüft wurde, dass kein Experiment in Gang ist. Ein Experiment kann beendet werden indem in die TopSpin Befehlszeile **stop** eingegeben wird oder auf das **STOP** Symbol in der TopSpin Menüleiste geklickt wird. Im Zweifelsfall den HF-Transmitter abschalten.

Vor dem Öffnen der Einheit ist das Netzkabel zu ziehen, um Elektroschocks zu verhindern.



# 7 CryoProbe-Sicherheit

CryoProbes™ von BRUKER bieten eine erhebliche Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses, da sie die Betriebstemperatur von NMR-Spulenbaugruppe und Vorverstärker senken. Sie werden ähnlich wie herkömmliche Probenköpfe für spektroskopische Messungen verwendet. Während die Temperatur der Probe auf einen benutzerdefinierten Wert im Bereich der Raumtemperatur stabilisiert wird, wird die NMR-Spulenbaugruppe, die sich wenige Millimeter von der Probe entfernt befindet, mit kryogenem Heliumgas gekühlt. Ein automatisches, geschlossenes Kühlsystem steuert alle Funktionen und gewährleistet hervorragende Stabilität bei sowohl kurzen als auch langen Experimenten.

Das CryoProbe System besteht aus folgenden Untereinheiten:

- 
- 
- Kryo-kompatibler HPPR
- He-Stahlflasche

Unter dem Begriff *CryoPlatform* sind die Teile zusammengefasst, die für die Bedienung eines CryoProbe erforderlich sind, d. h. die CryoCooling Einheit, der He-Kompressor, die Befestigung am Magneten usw. Die Plattform ist mit allen CryoProbes von BRUKER kompatibel, pro Spektrometer ist nur eine Plattform erforderlich.

Weitere Informationen über die Sicherheit von CryoProbe und weitere nützliche Angaben sind dem Benutzerhandbuch des CryoProbe Systems (P/N Z31551) auf der BASH DVD oder von BRUKER erhältlich zu entnehmen.

Da das CryoProbe System zusammen mit einem Magnetsystem verwendet wird, ist auch das Kapitel [Magnetische Sicherheit \[ 21 \]](#) dieses Handbuchs zu beachten.

## 7.1 Not-Aus

Der Netzdreheschalter an der Vorderseite der CryoCooling Einheit dient auch als NOT-AUS. Er schaltet die Systeme für kryogenes Kühlen, Vakuum, Sensoren und Heliumgaskompression ab. Alle Ventile werden auf die Standardposition zurückgestellt. Die CryoPreamps im CryoProbe bleiben von einem NOT-AUS unberührt, da sie von dem HPPR gesteuert werden. Bleibt das System AUS, erwärmt es sich langsam aufgrund der normalen Wärmeleitung.



**HINWEIS:** Da bei einem NOT-AUS auch die Überwachungselektronik abgeschaltet wird, sollte dies nur als letzter Ausweg gewählt werden.

## 7.2 Personensicherheit

---

Alle Personen, die an oder in der Nähe von einem NMR-System arbeiten, müssen über Sicherheitsaspekte und Notfallmaßnahmen informiert werden.

Im Zweifelsfall: Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen, insbesondere beim Umgang mit Proben.

### **Inhärente Sicherheit**

Ein NMR-System mit allen seinen Bauteilen ist inhärent sicher. Die vorhandenen Überdruckventile, Sensoren und Fehlerbehebungsmaßnahmen für Hardware und Software dienen zum Schutz von Bedienungspersonal, Geräten und Umgebung.

### **Nur technisch qualifiziertes Personal**

Das NMR-System darf nur von Personen bedient und gewartet werden, die über das notwendige technische Grundwissen in den Bereichen Elektrizität, Druckgassysteme und kryogene Substanzen verfügen. Benutzerschnittstelle, Systemmitteilungen und Handbücher verlangen gute Englischkenntnisse.

### **Keine vom Benutzer zu wartenden Teile**

In einem Probenkopf bzw. einem Kryo-Probekopf (CryoProbe) befinden sich keine Teile, die von Benutzern gewartet werden müssen. Diese Geräte dürfen nicht geöffnet werden.

### **Magnetisches Streufeld**

Bei Arbeiten innerhalb des 0,5-mT-Streufelds (5 Gauß) des Magneten dürfen magnetische Teile und Werkzeuge nicht oder nur mit äußerster Vorsicht verwendet werden.

VORSICHT: Mechanische Uhren und Karten mit Magnetstreifen (z. B. Kreditkarten) müssen außerhalb des 0,5-mT-Bereichs (5 Gauß) des Magneten abgelegt werden.

### **Allgemeine Sicherheitshinweise**

- Ein NMR-Labor darf nicht öffentlich zugänglich sein. Es ist sicherzustellen, dass nur befugte und qualifizierte Personen Zugang haben.
- Starke Magnetfelder sind mit Gefahren verbunden. Der Gefahrenbereich ist so genau wie möglich mithilfe von Sperren, Markierungen auf dem Fußboden und Warnzeichen zu kennzeichnen. Genaue Informationen über den Gefahrenbereich (0,5-mT / 5 Gauß Linie) sind dem Magnet Sicherheitshandbuch zu entnehmen.
- Beim Befüllen ist das Rauchen streng verboten.

### 7.2.1 Erste Hilfe

---

Augen oder Haut sind nach einem versehentlichen Kontakt mit kaltem Helium- oder Stickstoffgas umgehend mit kaltem oder lauwarmem Wasser zu spülen.

## 7.3 Versorgung mit komprimiertem Heliumgas

---

Die CryoPlatform verwendet Heliumgas (He) mit einem Druck von etwa 25 bar, das auf kryogene Temperaturen von etwa 20 K abgekühlt ist. Alle unter Druck stehenden Teile befinden sich in geeigneten Gehäusen, die komprimierte austretende Gasströme oder herausgeschleuderte Teilchen im Falle eines Defekts zurückhalten. Die Berührung von kaltem He verursacht auf nackter Haut schwere Erfrierungen.

**WARNUNG:** He-Stahlflaschen vorsichtig bewegen, anschließen und bedienen. Alle Sicherheitsanweisungen für Hochdruck-Gasbehälter und magnetische Gegenstände beachten.

**WARNUNG:** He-Stahlflaschen und ihr Transportweg dürfen sich nicht im 0,5-mT (5 Gauß) Bereich des Magneten befinden.

**WARNUNG:** He-Stahlflaschen sorgfältig an einer Wand befestigen. Alle geltenden Sicherheitsvorschriften für die Installation von Druckgassystemen beachten.

Der He-Druckschlauch zwischen He-Stahlflasche und CryoCooling Einheit umfasst einen Stahldraht, dessen Enden an jeweils einer Einheit befestigt sein müssen. Wenn das Queren eines Gangbereichs nicht vermieden werden kann, muss der He-Schlauch abgedeckt oder im Boden verlegt werden. Außerdem muss der He-Schlauch jeden Meter an einer Wand oder dem Boden befestigt werden.

**WARNUNG:** Wird der He-Schlauch nicht befestigt, kann er im Falle eines Abrisses wie eine Peitsche wirken.

**WARNUNG:** Beim Austritt von großen Mengen Heliumgas innerhalb kurzer Zeit aus der He-Stahlflasche besteht Erstickungsgefahr, insbesondere in kleinen Räumen. Abhilfe bietet eine gute Lüftung und/oder Frischluftzufuhr.

### Geräusch beim Abbau von Überdruck

Der Aufbau von Überdruck im System wird über die Softwaresteuerung und mechanische Sicherheitsventile verhindert. Im Falle eines Überdrucks öffnen sich die Ventile mit einem lauten Knall. Die Schalldämmung des Gehäuses senkte den Geräuschpegel auf ein sicheres Niveau, weswegen das Gehäuse während des Betriebs immer geschlossen sein muss.

**WARNUNG:** Bei Servicearbeiten an einer offenen CryoCooling Einheit während des normalen Betriebs ist Gehörschutz zu tragen.

## 7.4 Elektrische Sicherheit

---

Die Schutzart der CryoCooling Einheit entspricht IEC IP20: Alle elektrischen Teile sind vor Berührung geschützt.

**WARNUNG:** Es dürfen nur von BRUKER gelieferte Steckverbinder verwendet werden. Andere Steckverbinder sind nicht zulässig.

## 7.5 Gerätesicherheit

---

**VORSICHT:**

- CryoProbe nicht biegen.  
CryoProbe nicht am Abschirmrohr festhalten, sondern nur am Probenkopf-Körper.
- CryoProbe nicht öffnen.

Im Inneren befinden sich keine vom Benutzer zu wartenden Teile. CryoProbe kann nur mit Spezialwerkzeug wieder zusammgebaut und abgedichtet werden. Selbst das Lösen einiger Schrauben kann die Werkseinstellungen verändern und CryoProbe unbrauchbar machen.

- CryoCoupler niemals mit großer Kraft einsetzen.
- Betrieb der Sicherheitsventile auf der Ober- und Vorderseite des CryoProbe Körpers nicht behindern.
- CryoCoupler niemals mit großer Kraft einsetzen.
- Niemals ein auf Kryogenen Temperaturen abgekühltes Gerät bewegen.
- Niemals ein Leck an einem kalten Teil abdichten, da dies Beschädigungen an gefrorenen O-Ringen, Ventilen usw. verursachen kann.
- Zu hohe HF-Signale können den CryoProbe oder den HPPR zerstören. Immer die Grenzwerte auf dem jeweiligen Bogen LIMITATIONS – WARNINGS (GRENZWERTE – WARNUNGEN) einhalten.

## 8 Sicherheit von CryoProbe Prodigy

Das Prodigy System ist ein Zubehör für das NMR-Spektrometer und besteht aus einem CryoProbe Prodigy, einer vakuumisolierten Transferleitung für flüssigen Stickstoff, einem Dewargefäß für flüssigen Stickstoff (LN2-Dewargefäß) mit einem fest installierten Dewaradapter und einer Prodigy Einheit zur Steuerung von CryoProbe Prodigy.

CryoProbe Prodigy ist ein NMR-Probenkopf mit integriertem Kryo-Vorverstärker. Die NMR-Spulenbaugruppe und der Kryo-Vorverstärker werden durch Verdampfen von flüssigem Stickstoff (LN2) gekühlt. Dieses Kühlverfahren zeichnet sich durch einen hocheffizienten Betrieb der NMR-Spulenbaugruppe und ein deutlich geringeres thermisches Rauschen aus. Dadurch wird das Signal-Rausch-Verhältnis im Vergleich zu NMR-Messungen bei Raumtemperatur insgesamt gesehen deutlich verbessert.

Der Transfer von LN2 vom LN2-Dewargefäß zum Probenkopf erfolgt über die LN2-Transferleitung. CryoProbe ist ein offenes System, was bedeutet, dass gasförmiger Stickstoff über einen Abzug am Probenkopf in die Atmosphäre freigesetzt wird. LN2-Tröpfchen am Abzug werden durch eine Spezialheizung erwärmt und verdampft. Die kältesten Teile im Inneren des Probenkopfes sind thermisch mittels Vakuum isoliert, das durch eine Vorvakuum- und einer Turbopumpe aufgebaut wird.

Weitere Informationen über die Sicherheit von Prodigy und weitere nützliche Angaben sind dem Benutzerhandbuch des CryoProbe Prodigy Systems (P/N Z31986) auf der BASH DVD oder von BRUKER erhältlich zu entnehmen.

Da das CryoProbe Prodigy System zusammen mit einem Magnetsystem verwendet wird, ist auch das Kapitel [Magnetische Sicherheit \[ 21 \]](#) dieses Handbuchs zu beachten.

### 8.1 Personensicherheit

---

Alle Personen, die an oder in der Nähe von einem NMR-System arbeiten, müssen über Sicherheitsaspekte und Notfallmaßnahmen informiert werden.

Im Zweifelsfall: Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen, insbesondere beim Umgang mit Proben.

#### Inhärente Sicherheit

Ein NMR-System mit allen seinen Bauteilen ist inhärent sicher. Die vorhandenen Überdruckventile, Sensoren und Fehlerbehebungsmaßnahmen für Hardware und Software dienen zum Schutz von Bedienungspersonal, Geräten und Umgebung.

#### Nur technisch qualifiziertes Personal

Das NMR-System darf nur von Personen bedient und gewartet werden, die über das notwendige technische Grundwissen in den Bereichen Elektrizität, Druckgassysteme und kryogene Substanzen verfügen. Benutzerschnittstelle, Systemmitteilungen und Handbücher verlangen gute Englischkenntnisse.

#### Keine vom Benutzer zu wartenden Teile

In einem Probenkopf bzw. einem Kryo-Probenkopf (CryoProbe) befinden sich keine Teile, die von Benutzern gewartet werden müssen. Diese Geräte dürfen nicht geöffnet werden.

## Magnetisches Streufeld

Bei Arbeiten innerhalb des 0,5-mT-Streufelds (5 Gauß) des Magneten dürfen magnetische Teile und Werkzeuge nicht oder nur mit äußerster Vorsicht verwendet werden.

VORSICHT: Mechanische Uhren und Karten mit Magnetstreifen (z. B. Kreditkarten) müssen außerhalb des 0,5-mT-Bereichs (5 Gauß) des Magneten abgelegt werden.

## Allgemeine Sicherheitshinweise

- Ein NMR-Labor darf nicht öffentlich zugänglich sein. Es ist sicherzustellen, dass nur befugte und qualifizierte Personen Zugang haben.
- Starke Magnetfelder sind mit Gefahren verbunden. Der Gefahrenbereich ist so genau wie möglich mithilfe von Sperren, Markierungen auf dem Fußboden und Warnzeichen zu kennzeichnen. Genaue Informationen über den Gefahrenbereich (0,5-mT / 5 Gauß Linie) sind dem Magnet Sicherheitshandbuch zu entnehmen.
- Beim Befüllen ist das Rauchen streng verboten.

### 8.1.1 Erste Hilfe

---

Augen oder Haut sind nach einem versehentlichen Kontakt mit kaltem Helium- oder Stickstoffgas umgehend mit kaltem oder lauwarmem Wasser zu spülen.

## 9 Kontaktinformationen

### Hersteller:

Bruker BioSpin NMR  
Silberstreifen  
D-76287 Rheinstetten  
Deutschland  
Tel.: +49 721-5161-6155  
<http://www.bruker.com>  
WEEE DE43181702

### NMR-Hotlines

Wenden Sie sich an unsere NMR-Service-Center.

Bruker BioSpin NMR unterhält dedizierte Hotlines und Service-Center, so dass unsere Spezialisten so schnell wie möglich auf alle Ihre Service-Anfragen, Fragen zu Anwendungen, Software- und Hardware-Bedarf usw. eingehen können.

Auf der folgenden Webseite finden Sie eine Liste unserer Ihnen zur Verfügung stehenden NMR-Service-Center und -Hotlines:

<http://www.bruker.com/service/information-communication/helpdesk.html>



# Abbildungen

Abbildung 3.1: AVANCE Spektrometer mit internem Vorverstärker .....	14
Abbildung 3.2: AVANCE Spektrometer mit externem Vorverstärker (HPPR/2).....	14
Abbildung 3.3: Position des Not-Aus-Schalters in der Produktreihe AVANCE III HD.....	15
Abbildung 3.4: AQS/3+ Gehäuse .....	16
Abbildung 3.5: Position des Not-Aus-Schalters am BSMS/2 Gehäuse .....	18



# Tabellen

Tabelle 2.1: Betriebsumgebung des AVANCE Systems .....	10
Tabelle 2.2: Zeichen und Schilder .....	11
Tabelle 2.3: Umrechnungsfaktoren SI-/US-Einheiten.....	12



# Index

## A

AQS Systems .....	15
AQS/3 .....	15

## C

Chemische Sicherheit .....	10
CryoCooling Einheit.....	37
CryoPlatform .....	37
CryoProbe Prodigy .....	41
CryoProbes .....	37

## E

Elektrische Sicherheit.....	9
-----------------------------	---

## H

He-Kompressor .....	37
Herzschrittmacher .....	8

## I

IPSO 19-Zoll-Einheit.....	15
IPSO AQS Einheit .....	15

## K

Kryogen-Sicherheit.....	9
-------------------------	---

## M

Magnete-Quench.....	9
metallischen Implantaten.....	8

## P

Prodigy Einheit .....	41
-----------------------	----

## S

Standortplanung Handbuch.....	8
Streifeld .....	8







**Bruker Corporation**

[info@bruker.com](mailto:info@bruker.com)  
[www.bruker.com](http://www.bruker.com)

Order No: H31836D