

BEZEICHNUNG

Arbeiten mit einem 400 MHz UltraShield NMR

GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT



- Auf Betriebsmittel in der Nähe des NMR-Magnetsystems können große Anziehungskräfte ausgeübt werden. Die Kraft kann so groß werden, dass die Geräte unkontrolliert in Richtung des NMR-Magnetsystems bewegt werden.
- Große Geräte (z. B. Gasflaschen, Netzteile) können dazu führen, dass Körper oder Gliedmaßen zwischen dem Gerät und dem Magnetsystem eingeklemmt werden. Je näher am NMR-Magnetsystem, desto größer ist die Kraft. Je größer die Gerätemasse, desto größer die Kraft.
- Durch die sehr effektive Abschirmung der supraleitenden Spule werden die Auswirkungen des magnetischen Streufeldes minimiert. Dennoch ist zu beachten, dass direkt über und direkt unter dem Magneten das Streufeld sehr hoch ist und die Anziehungskräfte auf magnetische Gegenstände sehr stark sind!
- Kryogene Flüssigkeiten, auch wenn sie in isolierten Lagerbehältern (Dewar-Behältern) aufbewahrt werden, bleiben auf einer konstanten Temperatur um ihren jeweiligen Siedepunkt und verdampfen allmählich. Die sehr große Volumenzunahme, die mit dem Verdampfen der Flüssigkeit zu Gas und dem anschließenden Erwärmungsprozess einhergeht, beträgt bei Helium und Stickstoff etwa 700:1.
- Ein Sauerstoffmangel unterschiedlichen Ausmaßes kann auftreten, wenn der Magnetraum nicht richtig belüftet wird.
- Bei verschlossenen Behältern für kryogene Substanzen (Dewars, Kryostaten, ...) besteht Explosionsgefahr.
- Kryogene Stoffe in flüssiger oder dampfförmiger Form (oder als Tieftemperaturgase) erzeugen verbrennungsähnliche Wirkungen auf der Haut (Kälteverbrennungen). Freiliegende oder unzureichend geschützte Körperteile, die mit nicht isolierten Entlüftungsrohren oder -behältern in Berührung kommen, verkleben sofort und das Fleisch wird beim Entfernen des betroffenen Körperteils zerrissen.
- Kondensierender Sauerstoff kann die Sauerstoffkonzentration lokal erhöhen und es kann zu einer Selbstentzündung kommen
- Materialien, die bei starker Kühlung spröde werden können im Kontakt mit kryogenen Substanzen beschädigt werden und Verletzungen verursachen.
- Erhöhte Gefahr eines Quenches
- Erhöhte Verdampfungsraten der kryogenen Flüssigkeiten Durch Öffnungen in der Decke des Labors O27/0213 zu Nachbarlaboren kann die oben beschriebene Heliumschicht in die abgehängte Decke der Nachbarlabore eintreten.
- Überlaufende Behälter können zum Verspritzen von kryogenen Flüssigkeiten führen
- Es ist möglich, dass während des Ladevorgangs einige Trainings-Quenches auftreten, um die Spannungsänderungen im Magneten auszugleichen. Diese Quenches sind in der Regel unbedenklich, müssen aber als vorübergehend hohe thermische und mechanische Belastung für den Magneten angesehen werden und sollten möglichst vermieden werden.
- Ausführliches Studieren der vollständigen Betriebsanleitung des NMR ist zwingend nötig.

SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN



- Die elektrischen Geräte sind regelmäßig nach Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU von qualifiziertem Personal zu testen.
- Der Betrieb von medizinisch-elektronischen Implantaten, wie z. B. Herzschrittmachern, kann entweder durch statische oder wechselnde Magnetfelder beeinträchtigt werden. Herzschrittmacher könne auf nicht vorhergesehene Weise reagieren, wenn sie Feldern über 5 Gauss ausgesetzt sind. Der Gefahrenbereich ist somit durch die 5 Gauss-Linie eingegrenzt.
- Andere medizinische Implantate, wie z. B. Aneurysmen-Clips, chirurgische Clips oder Prothesen, können ferromagnetische Materialien enthalten und daher in der Nähe des NMR-Magnetsystems starken Anziehungskräften ausgesetzt sein. Dies könnte zu Verletzungen oder zum Tod führen. Zusätzlich können in der Nähe von schnell wechselnden Feldern (z. B. gepulste Gradientenfeldern) im Implantat Wirbelströme induziert werden was zu einer Wärmeentwicklung führt.
- Somit ist die 5 Gauss-Linie des NMR Magneten klar zu markieren und ein versehentliches Eintreten in diesen Gefahrenbereich ist durch Absperrungen zu verhindern.
- Da das Feld des NMR-Magnetsystems dreidimensional ist, müssen sowohl die Etagen über und unter dem Magneten als auch der umgebende Raum auf gleicher Höhe berücksichtigt werden.
- Die 5 Gauss-Linie des UltraShield 400 NMR Magneten liegt bei 1.5 m vom Mittelpunkt in vertikaler Richtung und 1 m in horizontaler Richtung
- Der Magnet in Labor O27/0213 steht auf Ebene 0, somit befinden sich keine Räume unter dem Magneten. Nach oben hat der Raum eine abgehängte Deckenhöhe von 3 m und darüber nochmals 1.6 m Freiraum. Somit ist auch nach oben ein Streufeld von deutlich kleiner als 5 Gauss außerhalb des Labors garantiert.
- Im Gefahrenbereich dürfen keine ferromagnetischen Gegenstände oder Werkzeuge benutzt werden.
- Störungsanfällige Geräte und Geräte bei denen ein Ausfall Auswirkungen auf die Sicherheit hat oder die durch magnetische Felder beschädigt werden, sind aus dem Gefahrenbereich fern zu halten.
- Bei Besteigen des Magneten besteht die Gefahr des Umkippens. Ein Besteigen oder Beklettern des NMR-Magneten ist verboten.
- Der Zugang zum Gefahrenbereich ist auf geschultes Personal zu beschränken, indem das NMR-Labor verschlossen gehalten wird.
- Zur Aufbewahrung und zum Transport von kryogenen Substanzen dürfen ausschließlich Niederdruck-Dewars verwendet werden. Mit Drücken von > 2 bar beaufschlagte Dewars sind für die Benutzung mit dem NMR untersagt.
- Behälter für kryogene Flüssigkeiten dürfen nicht vollständig verschlossen werden, da dies zu einem starken Druckaufbau führen würde. Dies stellt eine Explosionsgefahr dar!
- Helium kann in den oberen Bereichen eines Raumes die Luft verdrängen und kalter Stickstoff kann in den unteren Bereichen die Luft verdrängen.
- Große Mengen an Gasen verdampfen bei einem Quench und wenn größere Mengen Flüssigkeiten verschüttet werden. Um einen Quench zu vermeiden ist auf stetiges ausreichendes Vorhandensein der kühlenden Flüssigkeiten (Stickstoff und Helium) zu achten. Helium wird elektronisch überwacht und mindestens wöchentlich kontrolliert, Stickstoff ist täglich zu kontrollieren. Bei Befüllung ist auf hohe Sorgsamkeit zu achten um versehentliches Verschütten zu vermeiden.
- Die kryogene Substanzen dürfen nur in Laboren mit Technischer Lüftung und einer Mindestluftumwälzung von $25 \text{ m}^3/\text{h}$ pro m^2 genutzt werden.
- Das maximale Gasvolumen im expandierten Zustand bei 1 bar darf einen Wert von $1/3$ des Raumvolumens nicht überschreiten.

SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN

- Sollte ein starker Austritt von Gasen (z.B. bei einem Quench) festgestellt werden, muss das Labor sofort verlassen werden und der zuständige Sicherheitsbeauftragte ist zu kontaktieren. Das Labor darf erst wieder betreten werden, wenn ein sicherer Zustand festgestellt wird und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wird. Die Nutzer der Nachbarlabore sind auch zu warnen und deren Labore sind auch zu räumen, bis eine Freigabe erfolgt.
- Aufstellen von Gaswarnsensoren zur Überprüfung des Sauerstoffgehalts mit akustischem und optischem Alarm. Positionierung über dem NMR sowie an den Arbeitsplätzen. Bei Auslösen einer der Sensoren ist das Labor von allen Anwesenden zu verlassen bis ein sicherer Zustand wieder hergerichtet ist und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wird. Selbige Sensoren sind auch in den Nachbarlaboren zu installieren und die Nutzer der Nachbarlabore sind über die Sicherheitsmaßnahmen im Falle eines Quenches zu belehren.
- Der Kontakt der kryogenen Flüssigkeiten mit Luft ist zu minimieren.
- Da flüssiger Stickstoff und Helium kälter ist als flüssiger Sauerstoff, kondensiert der Sauerstoff in der Luft aus. Wenn dies über einen längeren Zeitraum geschieht, kann die Sauerstoffkonzentration in Behältern so hoch werden, dass die Handhabung genauso gefährlich wird wie die von flüssigem Sauerstoff. Dies gilt insbesondere für Weithals-Dewars aufgrund der großen Oberfläche.
- Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten im Gefahrenbereich der kryogenen Flüssigkeiten (am Boden markierte 5-Gauss-Linie) und vor allem beim Befüllvorgang.
- Während Stickstoff und Helium keine Verbrennung unterstützen, kann ihre extreme Kälte dazu führen, dass Sauerstoff aus der Luft an kalten Oberflächen kondensiert und die Sauerstoffkonzentration lokal erhöht. Besondere Brandgefahr besteht, wenn die kalten Oberflächen mit Ölen oder Fetten bedeckt sind, die brennbar sind. Die Gefahrenbereiche bestehen um die direkte Austrittsstelle der kryogenen Flüssigkeit, im vorliegenden Fall durch die 5-Gauss-Linie markiert.
Es kann zu einer Selbstentzündung kommen!
- Flächen die mit kryogenen Flüssigkeiten in Kontakt kommen sind vorher zu reinigen, insbesondere von brennbaren Ablagerungen.
- Zur Befüllung mit Stickstoff sind entweder Schläuche aus einem Material zu verwenden, das bei -196 °C nicht versprödet (Gummi-, Teflonschläuche) oder es sind isolierte Rohrleitungen zu verwenden.
- Zur Befüllung mit Helium sind ausschließlich isolierte Rohrleitung (Transferline) zu verwenden.
- Auch die O-Ringe am Magnetsystem sind empfindlich gegen tiefe Temperaturen. Achten Sie deshalb beim Fülldienst darauf, dass kein flüssiges Helium oder flüssiger Stickstoff auf die O-Ringe spritzt.
- Das Funktionieren der Lüftung ist vor Antritt der Arbeiten zu überprüfen und die Arbeiten sind bei fehlerhafter Lüftung unverzüglich einzustellen. Indikatoren für eine fehlerhafte Lüftung sind:
 - Angekündigte Abschaltung der Lüftung
 - Stromausfall / Stromabschaltung
 - Pfeifgeräusche der Lüftung
 - Indikatoren vor der Lüftung bewegen sich nicht
 - Schnelle Temperaturänderungen im Labor oder Temperaturen über 30°C
 - Kopfschmerzen oder Konzentrationsschwierigkeiten im Labor
- Bei einer Funktionstörung der Lüftung ist der Befüllprozess sofort abzubrechen und der zuständige Sicherheitsbeauftragte ist zu kontaktieren. Das Befüllen darf erst fortgesetzt werden, wenn ein sicherer Zustand festgestellt wird und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wird.

SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN



- Das Stickstoffgefäß sollte täglich auf Abdampfen und Stickstoffstand überprüft werden. Diese Werte sollten aufgezeichnet werden. Wenn das Abdampfen auf Null fällt, sollten die Hälse sofort auf das Vorhandensein von Eis überprüft und evtl. Verstopfungen entfernt werden um einen Druckaufbau zu vermeiden.
- Das Heliumgefäß sollte wöchentlich auf Abdampfen und Heliumstand überprüft werden. Verwenden Sie einen Heliumdurchflussmesser oder einen Heliumgaszähler. Die gemessenen Werte sollten aufgezeichnet werden. Wenn die Menge des siedenden Heliums über einen Zeitraum von mehr als 24 Stunden auf Null fällt, sollten die Halsrohre auf das Vorhandensein von Eis überprüft und evtl. Verstopfungen entfernt werden um einen Druckaufbau zu vermeiden.
- Überlaufventile an den Behältern sind mit einem Schlauch zu versehen oder die Öffnung ist so anzuordnen, dass keine Nutzer von austretenden Flüssigkeiten getroffen werden.
- Beaufschlagen Sie das Stickstoff-Dewar niemals mit einem Überdruck von mehr als 350 mbar (5 psi) und achten Sie immer darauf, dass alle Auslassventile am NMR-Magneten vollständig geöffnet sind.
- Bei einem schnellen Transfer von flüssigem Helium kommt es zur Unterkühlung des flüssigen Stickstoffs. Dies kann dessen statischen Siedepunkt auf Null reduzieren und einen Unterdruck im Stickstoffbehälter erzeugen. Dadurch könnten Luft und/oder Feuchtigkeit in die Gefäßhülse gesaugt werden, wo sie sich verfestigen würden. Das Stickstoff-Sicherheitsstromsystem darf nicht entfernt werden oder der Stickstofftank muss während der Befüllung mit Helium verschlossen werden.
- Lassen Sie die Heliumventile nicht länger als 5 Sekunden zur Atmosphäre geöffnet, es sei denn, es ist ein großer Gasstrom vorhanden.

Persönliche Schutzmaßnahmen

- Augenschutz: Gestellbrille mit Seitenschutz.
- Handschutz: trockene Leder- oder P.V.C.-Handschuhe sowie Kälteschutzhandschuh. Die Handschuhe müssen locker sitzen, damit sie im Falle eines Flüssigkeitsaustritts leicht entfernt werden können.
- Kleidung: Es ist geschlossene Kleidung zu tragen, die ein Eindringen der kryogenen Flüssigkeiten verhindert.

VERHALTEN IM GEFAHRFALL UND BEI STÖRUNGEN



- Gefahrenbereich räumen und absperren, Vorgesetzten und Sicherheitsbeauftragten informieren. Die Kontaktmöglichkeiten zu den vorgenannten Personen können dem Alarmplan entnommen werden.
- Sollte ein starker Austritt von Gasen (z.B. bei einem Quench) festgestellt werden, muss das Labor sofort verlassen werden und der zuständige Sicherheitsbeauftragte ist zu kontaktieren. Das Labor darf erst wieder betreten werden, wenn ein sicherer Zustand festgestellt wird und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wird.
- Bei einer Funktionstörung der Lüftung ist der Befüllprozess sofort abzubrechen und der zuständige Sicherheitsbeauftragte ist zu kontaktieren. Das Befüllen darf erst fortgesetzt werden, wenn ein sicherer Zustand festgestellt wird und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wird.
- Unfalltelefon: 22222

VERHALTEN BEI UNFÄLLEN - ERSTE HILFE - NOTRUF 112



- Bei jeder Erste-Hilfe-Maßnahme: Selbstschutz beachten, Vorgesetzten und Sicherheitsbeauftragten informieren, in der Regel umgehend Arzt hinzuziehen.
- Wenn eine der kryogenen Flüssigkeiten in Kontakt mit Augen oder Haut kommt, fluten Sie den betroffenen Bereich sofort mit großen Mengen an kaltem oder lauwarmem Wasser und legen Sie anschließend kalte Kompressen an. Verwenden Sie niemals heißes Wasser oder trockene Hitze. Es sollte sofort ärztlicher Rat eingeholt werden.
- Bei Erstickungssymptomen sofort künstlich beatmen.
- Ersthelfer: siehe Alarmplan

Vorlage: BA-00094 Rev 00 – Erstellungsdatum: 07.04.2014 – Ersteller: Universität Ulm, Abt. V-5, Arbeitssicherheit