

Struktureinheit/Arbeitsbereich:
ZQB / Bau M26 / Raum 1106

Tätigkeit: Arbeiten mit einem 600 MHz NMR-Spektrometer
Stand 18.06.2021

BEZEICHNUNG

NMR-Gerät Oxford Instruments - 600 MHz

GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT



- Auf Betriebsmittel in der unmittelbaren 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 magnetisch wirksame Gerätemasse (proportional zum Magnetfeldgradienten), desto größer die Kraft.
- Durch die effektive Abschirmung der supraleitenden Spule, werden die Auswirkungen des magnetischen Streufeldes minimiert. Die horizontale 5 Gauss-Linie befindet sich nur rund 1m (96 cm) vom Magnetmantel entfernt.
- Dennoch ist zu beachten, dass direkt über und direkt unter dem Magneten das Streufeld und damit der Magnetfeldgradient 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 anschließendem 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 für kryogene Substanzen (Dewars, Kryostaten, ...) Behältern ohne Überdruckventil 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 Körpergewebe wird beim Entfernen des betroffenen Körperteils verletzt.
- Kondensierender Sauerstoff kann die Sauerstoffkonzentration lokal erhöhen und es kann in Kontakt mit vielen Substanzen (Öle, Fette, Lösungsmittel, ...) - auch solchen die sich unter normalen Bedingungen nicht entzünden lassen - zu einer Selbstentzündung kommen.
- Materialien, die bei starker Kühlung spröde werden, können in Kontakt mit kryogenen Substanzen beschädigt werden und Verletzungen verursachen.
- Es besteht eine erhöhte Gefahr eines Quenches.
- Überlaufende Behälter können zu 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 können 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 Gradientenfelder) im Implantat Wirbelströme induziert werden was zu einer Wärmeentwicklung führt.
- Die 5 Gauss-Linie des NMR Magneten ist mit einer Trassierband-Markierung gekennzeichnet.
- 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-Linien des Oxford Instruments 600 MHz Magneten liegen bei 175 cm vom Mittelpunkt in vertikaler Richtung und 250 cm in horizontaler Richtung.
- Der Magnet in Raum 1106 steht im Kellergeschoss, somit befinden sich keine Räume unter dem Magneten. Nach oben ist die Deckenhöhe über 4 m. 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 der Befüllung ist auf hohe Sorgsamkeit zu achten, um versehentliches Verschütten zu vermeiden.
- Kryogene Substanzen dürfen nur in Labore mit technischer Lüftung und einer Mindestluftumwälzung von 25 m³/h pro m² genutzt werden.
- Das maximale Gasvolumen im expandierten Zustand bei 1 bar darf einen Wert von 1/3 des Raumvolumens nicht überschreiten.
- 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, und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wird. Die Nutzer der Nachbarlabore sind auch zu warnen und deren Labor sind ebenfalls zu räumen, bis eine Freigabe erfolgt.

SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN (Fortsetzung)

- Das Labor ist mit drei festinstallierten Gaswarnsensoren zur Überprüfung des Sauerstoffgehaltes mit akustischem und optischem Alarm ausgestattet. Zwei Sensoren sind über den NMR-Geräten angebracht, um die Sauerstoffabnahme durch verdampfendes Helium zu erfassen. Ein Sensor ist in Bodennähe angebracht, um die Sauerstoffabnahme durch verdampfenden Stickstoff zu erfassen. Bei Auslösen einer der Sensoren ist das Labor von allen Anwesenden zu verlassen, bis ein sicherer Zustand wiederhergestellt ist und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wird.
- Der Kontakt mit kryogenen Flüssigkeiten mit Luft ist zu minimieren.
- Da flüssiger Stickstoff und Helium kälter sind als flüssiger Sauerstoff, kondensiert der Sauerstoff der Luft aus. Wenn dies über einen längeren Zeitraum geschieht, kann die Sauerstoffkonzentration in den 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.
- Im Gefahrenbereich der kryogenen Flüssigkeiten, sind: Feuer, Flammen offene Zündquellen und das Rauchen verboten. Dies gilt insbesondere beim Füllvorgang des Magneten.
- 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 ist. Besondere Brandgefahr besteht, wenn die kalten Oberflächen mit Ölen oder Fette bedeckt sind. Es kann zu einer Selbstentzündung kommen!
- Flächen, die mit kryogenen Flüssigkeiten in Kontakt kommen, sind vorher insbesondere von brennbaren Ablagerungen zu reinigen.
- Zur Befüllung mit Stickstoff sind entweder Schläuche aus einem Material zu verwenden, dass bei -196°C nicht versprödet (Gummi-, Teflonschläuche) oder es sind isolierte Leitungen zu verwenden.
- Zur Befüllung mit Helium sind ausschließlich isolierte Rohrleitungen (Transferline) zu verwenden.
- Auch die O-Ringe am Magnetsystem sind empfindlich gegen tiefe Temperaturen. Achten sie deshalb beim Füllen darauf, dass kein flüssiges Helium oder flüssiger Stickstoff auf die O-Ringe gelangt.
- 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 zeigt keine Strömung an
 - Schnelle Temperaturänderungen im Labor oder Temperaturen über 30°C
 - Kopfschmerzen oder Konzentrationsschwierigkeiten im Labor
- Bei einer Funktionsstörung der Lüftung ist der Befüllprozess sofort abzubrechen und der zuständige Sicherheitsbeauftragte zu kontaktieren. Das Befüllen darf erst fortgesetzt werden, wenn ein sicherer Zustand festgestellt und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wird.
- Das Stickstoffgefäß sollte täglich auf Abdampfen und Stickstoffstand überprüft werden. Diese Werte sollten aufgezeichnet werden. Wenn das Abdampfen auf Null fällt, sollten die Türme sofort auf das Vorhandensein von Eis überprüft und evtl. Verstopfungen entfernt werden, um einen Druckaufbau zu vermeiden.

SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN (Fortsetzung)



- Bei signifikant steigendem Verbrauch an kryogener Flüssigkeit, besteht der Verdacht, dass die thermische Isolation des Kryostaten reduziert ist. In diesem Fall sollte der Druck in dem Vakuumgefäß überprüft werden.



- Überlaufventile an den Behältern sind mit einem Schlauch zu versehen oder die Öffnung ist so anzuordnen, dass kein Nutzer von austretenden Flüssigkeiten getroffen werden kann.



- Beaufschlagen Sie den 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.



- 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: geeignete Kälteschutzhandschuhe. Die Handschuhe müssen locker sitzen, damit sie im Falle eines Flüssigkeitsaustritts leicht zu entfernen sind.
- Kleidung: Es ist geschlossene Kleidung und ein Labormantel zu tragen, die ein Eindringen der kryogenen Flüssigkeiten verhindern. Der Labormantel verhindert im Falle einer Kontamination, dass die Kleidung am Körper festfriert.

VERHALTEN BEI STÖRUNGEN – LEITWACHE: 22222



- 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 geräumt und der zuständige Sicherheitsbeauftragte kontaktiert werden. Das Labor darf erst wieder betreten werden, wenn ein sicherer Zustand festgestellt und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wurde.
- Bei einer Funktionsstörung der Lüftung ist der Befüllprozess sofort abubrechen und der zuständige Sicherheitsbeauftragte zu kontaktieren. Das Befüllen darf erst fortgesetzt werden, wenn ein sicherer Zustand festgestellt und das Labor vom zuständigen Sicherheitsbeauftragten freigegeben wurde.
- Notruf Leitwache: 22222
- Brand: 112

VERHALTEN BEI UNFÄLLEN – ERSTE HILFE – NOTRUF: 112



- Bei jeder Erste-Hilfe-Maßnahme: Selbstschutz beachten, Vorgesetzten und Sicherheitsbeauftragten informieren. In der Regel umgehen medizinisches Fachpersonal hinzuziehen.
- Bei Kontakt von kryogenen Flüssigkeiten mit Augen oder Haut: spülen Sie den betroffenen Bereich sofort mit großen Mengen kaltem oder lauwarmen 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
- Unfälle mit Verletzten: 112

SACHGERECHTE ENTSORGUNG

- Fragen zur sachgerechten Entsorgung richten Sie bitte an den Verantwortlichen im Dez. V-5, Telefon +49 (0)731 50-22137/38396, Telefax +49 (0)731 50-22102 Uni-Ost, M25/227

FOLGEN DER NICHTBEACHTUNG

Gesundheitliche Folgen

- Leichte bis tödliche Verletzung durch Ohnmacht

Sachschäden

- Durch Brände bei Selbstendzündung von Sauerstoff können hohe materielle Schäden verursacht werden

Rechtliche Folgen

- Betriebsanweisungen sind verbindlich und stellen eine schriftliche Arbeitsschutzanweisung an die Beschäftigten dar.
- Die Nichtbeachtung kann juristische Folgen haben.
- Das Nichtbeachten dieser Anweisung ist ein Verstoß gegen gegebene Weisungen und wird entsprechend geahndet.

Ulm, 21/06/2021.
