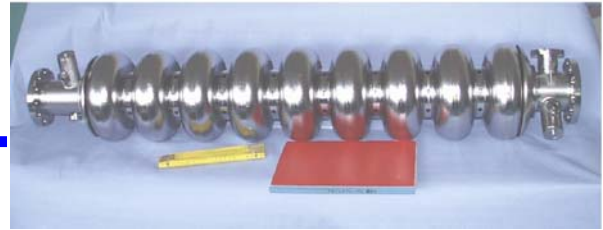




SRF



Design Report SQUID Scanner

W. Singer, *DESY, Hamburg*

Design Report SQUID Scanner

The reachable field strength in superconducting resonators is limited by surface defects or inclusions of unwanted elements. Since the manufacturing of Nb resonators is very expensive, it is reasonable to check the Nb sheets prior fabrication of resonators.

In construction is a system for non-destructive inspection of niobium sheets, based on eddy current principle (Fa. WSK). To receive the necessary detection sensitivity a SQUID sensor for measuring the local eddy current density is used.

Fig. 1 shows the principle of eddy current testing of niobium sheet. A circular coil, usually with a diameter of a few mm generates eddy currents in the niobium sheet. Inhomogeneities of materials having a conductivity different from that of niobium lead to a distortion of the eddy current flow, and thus to a change in the eddy current field, which will be detected by scanning the sheet with a SQUID. In order to minimize the excitation field at the location of the SQUID, usually a gradiometric excitation coil is used, having the shape of a double D. However, since we expect the material inclusions to be only very small, a relatively small double-D coil must be used to maximize the eddy current density at the location of the inclusion. Making small double-D coils with many turns and high symmetry is not easy. Instead, can be use an electrical compensation scheme in which the field of the circular excitation coil is compensated electronically at the location of the SQUID by feeding part of the excitation current through the modulation coil used for flux locking the SQUID. By carefully adjusting the amplitude and phase of the compensation current, the excitation field at the SQUID can be compensated by a factor of 1000.

The sensitivity will be proven on specially prepared niobium test sheets with tantalum inclusions of 50 - 100 μ m size.

The concept of the measurement system is shown in Fig. 2. It will be based on a xyz table with ca. 300mm x 300m travel area. The Nb sheets are fixed by a vacuum sample holder in order to keep them as flat as possible. The SQUID sensor is electronically controlled by a flux modulation and control loop, in order to keep the magnetic flux through the SQUID constant. Compensation current is controlled by the flux measurement. The amount of compensation current necessary to keep the SQUID's flux constant is then taken as measurement value from the control loop. This signal is then processed by a lock in amplifier to eliminate noise with a spectral density apart from the excitation frequency. Different filters are implemented into the lock in amplifier to improve the Signal/Noise ratio. The system works in a non-shielded environment. With a sheet size of about 300x300mm² and a line width of 1mm a scan of one sheet will take about 10- 15min.

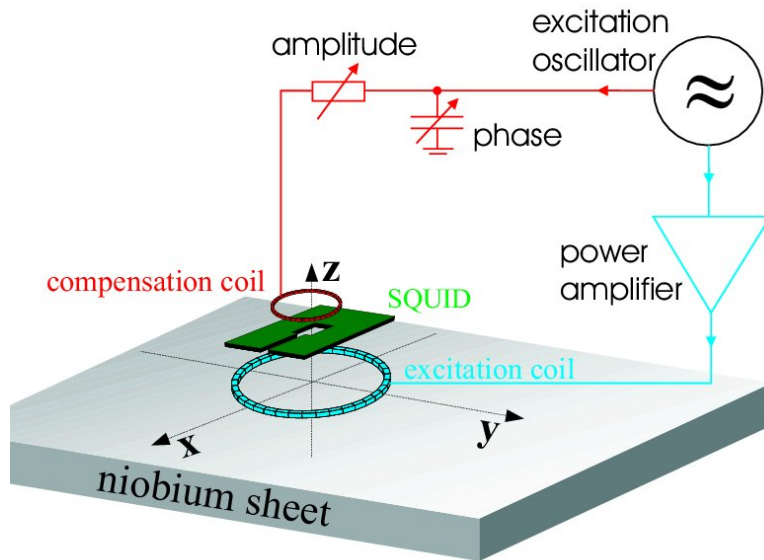


Fig. 1: Principle of the SQUID system for eddy current testing of niobium sheets

An excitation coil produces eddy currents in the sample, whose magnetic field is detected by the SQUID. A compensation coil close to the SQUID cancels the excitation field at the SQUID.

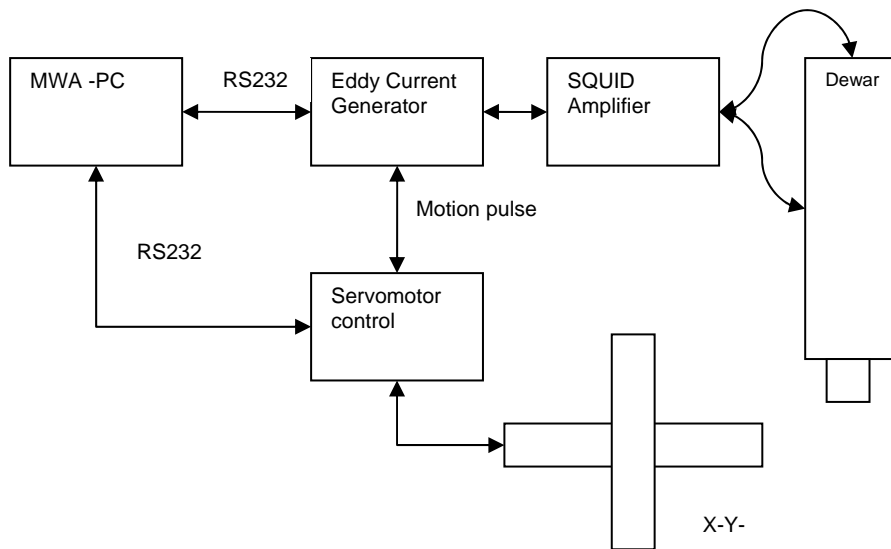


Fig. 2 Concept of a SQUID scanning system

More detailed documentation is attached.

Servomotorsteuerung

Die Servomotorsteuerung basiert auf einer Basisplatine für die Phytex-Microcontrollerplatine PhyCore XC167, die neben einem Infineon-Microcontroller vom Typ XC167 auch RAM, ROM, EEPROM (für das Speichern von Parametern über den Ausschaltzeitpunkt hinaus), eine Echtzeituhr und einen 10MBit-Netzwerkcontroller enthält.

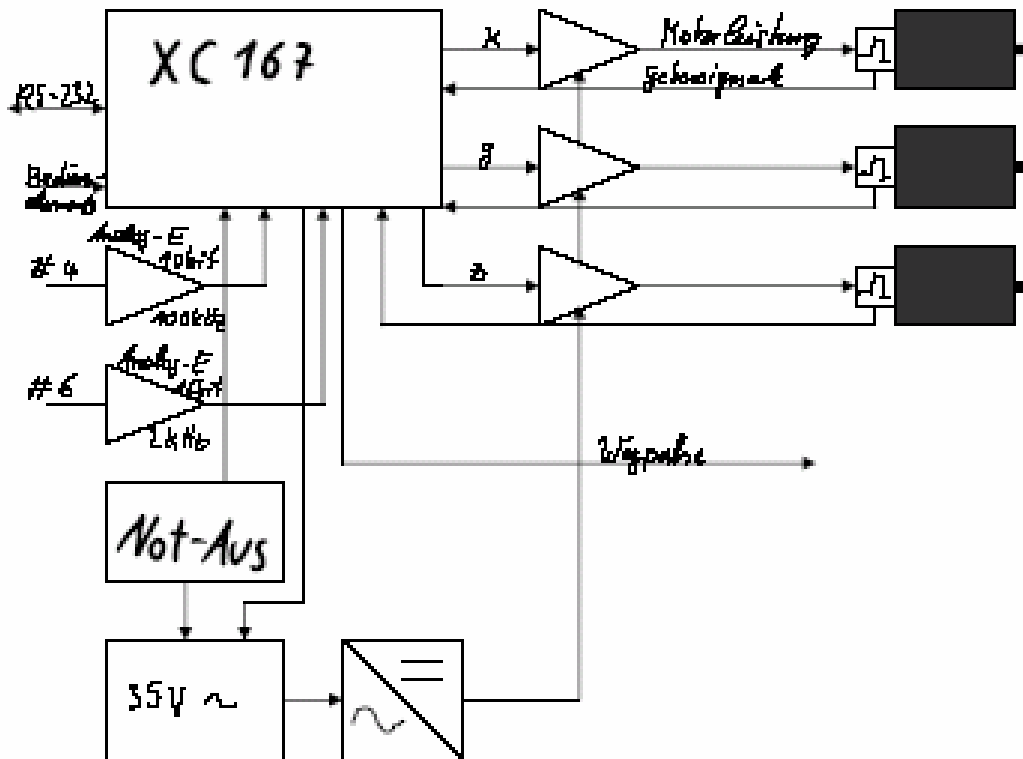


Abbildung 1: Aufbau der Servomotorsteuerung

Auf der Basisplatine ist noch eine Anzahl von Analog-ICs integriert, die es ermöglichen sollen, neben digital (über PWM) angesteuerter Endstufen auch solche zu verwenden, die analog (über Spannungsausgänge) angesteuert werden. Ebenfalls soll es möglich sein, bei Endstufen, die diese Möglichkeit bieten den Motorstrom zu erfassen und ggf. zu regeln. Zusätzliche analoge Signalverarbeitung soll es möglich machen, die für das Einstellen der SQUID-Elektronik nötigen analogen Signale über die Controllerplatine zu erfassen und z.B. für das Einstellen der Elektronik an den Rechner zu liefern oder während der Messung den Ausgangspegel der SQUID-Elektronik vor dem Lock-In-Verstärker zu erfassen.

Neben dieser Basisplatine wird noch für jede Achse eine Endstufe mit Ansteuermöglichkeit für Motoren mit bis zu 150W Leistung enthalten sein, die Spannungserzeugung für die Motoren erfolgt über einen Ringkerntrafo mit 35V Spannung sowie groß dimensionierten Glättungskondensatoren.

Ein weiterer, diskret aufgebauter Schaltungsteil wird die nötigen Komponenten für eine Not-Aus-Ansteuerung enthalten. Die Versorgungsspannung für die Motoren wird über die Servomotorsteuerung an- oder abgeschaltet, daneben ist es aber auch jederzeit möglich, über einen Not-Aus-Schalter die Endstufenspannung abzuschalten, ohne daß die Steuerung hier noch eine Möglichkeit hat, die Endstufenspannung wieder zu aktivieren. Bei abgeschalteter Endstufenspannung werden die Endstufen von der Motorsteuerung gleichzeitig in den Bremsbetrieb geschaltet, damit die Motoren möglichst schnell zum Stillstand kommen.

Die Konzeption der Servomotorsteuerung erfolgt mittels des Programms DAve (Digital Applications virtual Engineer) von Infineon, das es erlaubt, die Einstellung des Controllers und die Grundstruktur des Controller-Programms visuell am Bildschirm zu erstellen und Quelltext in C ausgibt, der direkt von der verwendeten Programmierumgebung (Keil C-166) eingelesen werden kann.

Funktionsprinzip SQUID-Meßplatz

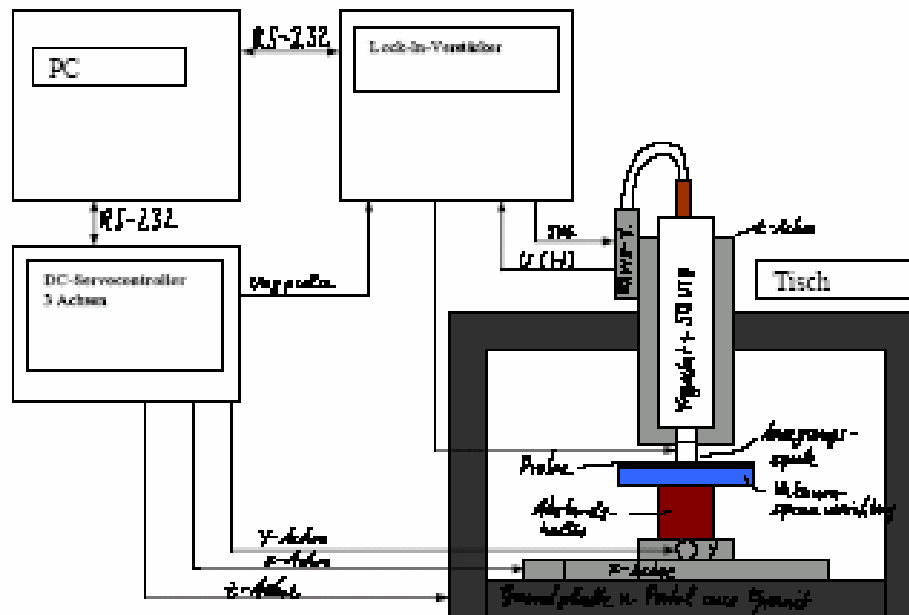


Abbildung 1: Aufbau des SQUID-Meßplatzes

Der SQUID-Meßplatz gliedert sich prinzipiell in vier Komponenten:

1. Meßwertaufnahme-PC

Der Meßwertaufnahme-PC ist ein PC mit zwei seriellen Schnittstelle, einer aktuellen CPU (z.Zt. Intel Pentium 4, ca. 3 GHz Takt), mindestens 512 MByte RAM und 80 GByte Festplatte, 3D-fähige Grafikkarte mit Auflösung bis 1600x1200 Bildpunkte, Monitor, Tastatur und Maus.

2. SQUID mit Elektronik und Lock-In-Verstärkerschaltung

Den SQUID, die dazugehörige Elektronik und den Lock-In-Verstärker mit dem Generator für den Meßstrom beziehen wir von der Fa. ez-SQUID. Er ist funktionsgleich mit der letzten Entwicklung aus dem SQUID-Forschungsprojekt (BMBF-gefördertes Forschungsprojekt „SQUID-Prüfung von Cavities“, Förderkennzeichen 13N7912) und besteht aus dem SQUID, der im auf dem Meßplatz montierten Kryostaten an der Spitze eines Rohres aus Neusilber befestigt ist, der an der z-Achse des Meßplatzes montierten SQUID-Verstärkerelektronik und dem in einem separaten Gehäuse aufgebauten Lock-In-Verstärker mit dem Wirbelstromgenerator. Der Wirbelstromgenerator kann einen in Amplitude und Phase sehr variablen Kompensationsstrom an den SQUID-Verstärker abzweigen, mit dem auf dem SQUID-Sensor der Effekt des ungestörten Meßstroms weitgehend eliminiert werden kann, um so einen möglichst optimalen Dynamikbereich für die Messung zur Verfügung zu haben. Die Elektronik erlaubt es, Anregungsfrequenzen von 50Hz bis 100kHz zu verwenden. Die

Datenerfassung erfolgt, indem der Lock-In-Verstärker Meßwerte über eine RS-232-Schnittstelle an den PC sendet. Über diese Schnittstelle wird der Lock-In-Verstärker, der SQUID-Verstärker und die Wirbelstromanregung auch programmiert.

3. Servomotorsteuerung

Die Servomotorsteuerung besteht aus einer Controllerkarte, die über eine RS-232-Schnittstelle vom PC aus angesteuert wird und die Lageregelung für die drei Achsen (x, y und z-Achse) übernimmt. Für das Ansteuern der Motoren stehen drei Endstufen mit einem H-Brückentreiber zur Verfügung.

Die Positionserfassung geschieht über Inkrementalgeber an den Motoren. Der Verfahrbereich des Tisches wird über Endschalter überwacht.

Damit die Datenerfassung mit der Tischbewegung synchron erfolgt, wird von der Servomotorsteuerung ein wegsynchroner Puls erzeugt, der an den Lock-In-Verstärker der SQUID-Elektronik geht und dort die Signalerfassung für die Übermittlung der Meßdaten an den PC auslöst.

4. Meßtisch

Der Meßtisch besteht aus einer Grundplatte mit aufgebautem Portal aus Granit. Auf der Grundplatte sind die Verfahreinheiten für die Positionierung in x- und y-Richtung befestigt, für das Einstellen der Sensorhöhe wird eine vertikal angebrachte Verfahreinheit als z-Achse verwendet. Alle Achsen sind mit DC-Servomotoren von 120W Leistung versehen, die vertikale Achse besitzt zudem für die Entlastung des Gewichts von Achse, Kryostat und Elektronik eine Gasdruckfeder mit einer Vorspannung von ca. 100N. Dadurch wird verhindert, daß der Kryostat bei Spannungsausfall (z.B. aufgrund einer Betätigung des Not-Aus-Schalters) auf die Probe aufschlägt.

Die Probe wird mittels einer Vakuum-Spannvorrichtung aufgespannt, die speziell auf die Nb-Bleche mit einer Kantenlänge von ca. 27cm ausgelegt ist. Während der Messung wird die Probe bewegt, während der SQUID-Sensor fest steht.

Design Report SQUID Scanner

01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

1

1.1

1.2

1.3

1.4

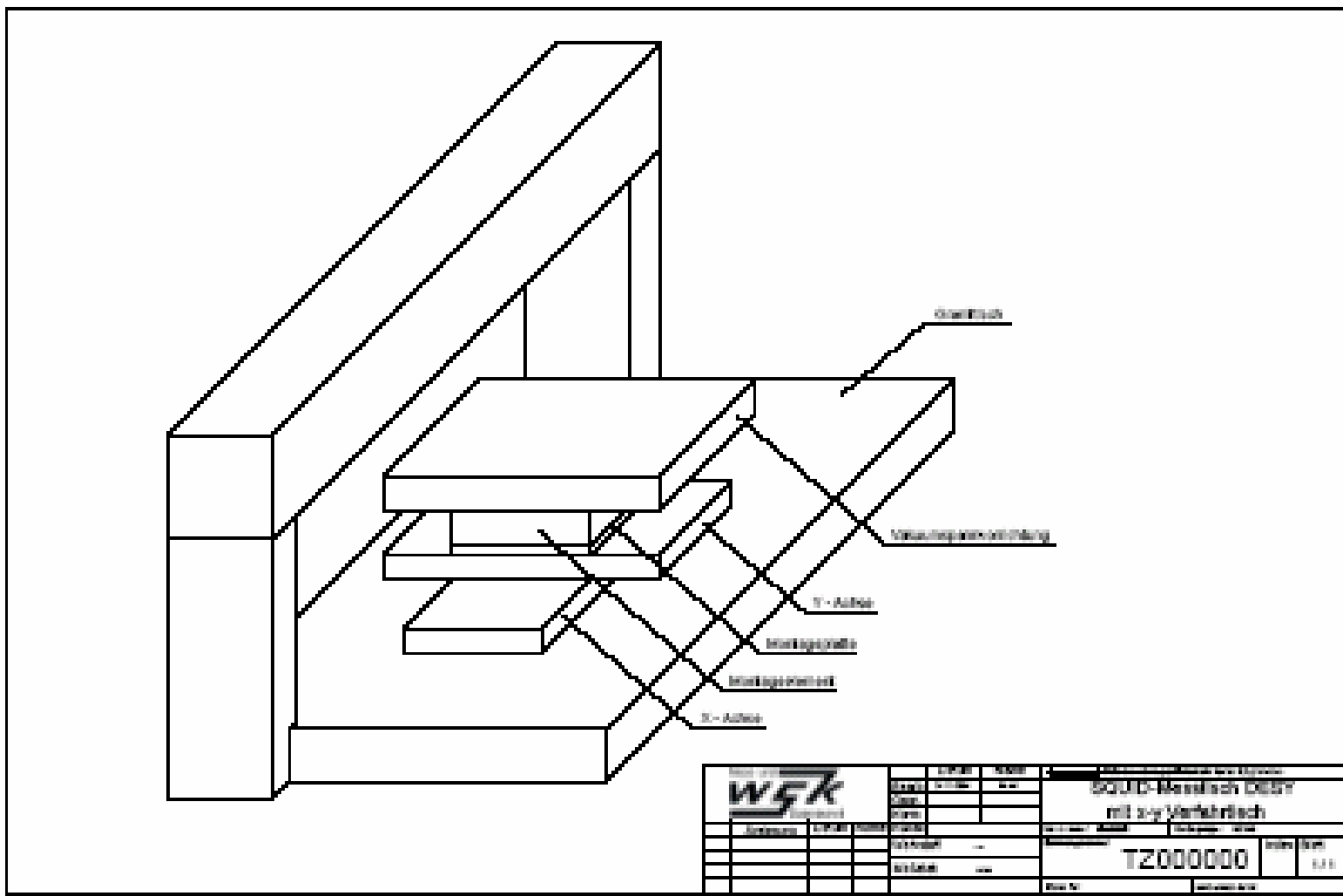
1.5

01/17/01

01/17/01

01/17/01

01/17/01



WFK		01/17/01		01/17/01	
01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01	01/17/01
SQUID-Messloch Bohr mit xy-Verfahren			SQUID-Messloch Bohr mit xy-Verfahren		
T2000000			T2000000		
01/17/01			01/17/01		

Spezifikation Kryostat

Der Kryostat für den SQUID-Meßplatz wird identisch sein mit den Kryostaten, die während des SQUID-Forschungsprojektes bei wsk, der Uni Gießen und der W.C. Heraeus GmbH angeschafft wurden.

Der Kryostat wird von der Firma Cryoton Co. LTD, Troitzk, Rußland, gebaut und besteht aus einem Außen- und einem Innenbehälter, die durch ein Isoliervakuum mit eingelegten Strahlungsschilden gegeneinander isoliert sind. Beide Behälter bestehen aus glasfaserverstärktem Kunstharz.

Die technischen Daten sind wie folgt:

Höhe	640 mm
Außendurchmesser	110 mm
Innendurchmesser des Halses	17 mm
Länge des Halses	180 mm
Innendurchmesser des Helium-Gefäßes	80 mm
Länge des Helium-Gefäßes	256 mm
Länge des inneren Fingers	200 mm
Durchmesser des inneren Fingers	17 mm
Außendurchmesser des Fingers	45 mm
Außenlänge des Fingers	140 mm
Fassungsvermögen	1,2 l
Helium-Haltezeit	72 Stunden
Anzahl der Wärmeschilde	2
Warm-Kalt-Abstand	6 mm
Masse	2,3 kg

Die Helium-Haltezeit verringert sich wie bei allen anderen Kryostaten, wenn im Laufe der Zeit Helium durch den Innenbehälter in das Isoliervakuum eindiffundiert. Daher ist es etwa einmal pro Monat erforderlich, den Kryostaten zu evakuieren. Die angegebene Haltezeit gilt für den Kryostaten in leerem Zustand. Wenn mit dem SQUID-Meßplatz gearbeitet wird, befindet sich ein Rohr aus Neusilber innerhalb des Kryostaten, durch das etwas Wärme in den Innenbehälter eingeleitet wird. Dies führt dazu, daß sich die Haltezeit auf ca. 24h verringert (die Abdampftrate verdreifacht sich in etwa), wenn der SQUID-Sensor im Kryostaten steckt. Wird nach Ende eines Arbeitstages der SQUID-Sensor aus dem Kryostaten genommen, reicht der Heliumvorrat in aller Regel noch aus, um am zweiten Arbeitstag nach dem Füllen noch 6 bis 8 Stunden mit dem SQUID-System zu messen.

Hr. Prof. Mück wird in den Kryostaten eine auf mehreren Halbleiterdioden basierende Füllstandsanzeige implementieren, die über die SQUID-Elektronik ausgelesen werden kann und den vorhandenen Füllstand in 5 oder 6 Stufen anzeigt.