



Kühlsysteme mit Brunnenwasser FAK30

| | | | | | |
|--------|------|-----|-------|--------|--------------|
| OS-Nr. | 2440 | KKS | FAK30 | TG-Nr. | 2B 2440.0001 |
|--------|------|-----|-------|--------|--------------|

Weiterführung von

Zugehörige Systemschaltpläne

| | Ersteller/Bearbeiter | Geprüft | Freigegeben | Freigegeben |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|
| | Projekt- verantwortlicher | System- verantwortlicher | Fachbereichsleiter | Betriebsleitung |
| Name | Malte Kreß | Ronald Fettke | Dr. Axel Pichlmaier | Dr. Anton Kastenmüller |
| Datum | 27.06.2016 | 01.07.2016 | 1.7.16 | 13.7.2016 |
| Unterschrift | | | | |

Zusammenfassung:

Das Kühlsystem mit Brunnenwasser FAK30 hat die Aufgabe, Kühlstellen im betrieblichen Überwachungsbereich mit kaltem Wasser zu kühlen und Wasserverbraucher mit Roh- bzw. Nachspeisewasser zu versorgen. Das kalte Wasser wird aus den Pufferbecken im Pumpenkeller UGX entnommen. Die Becken werden mit Brunnenwasser, Brauchwasser oder Trinkwasser bespeist (im Folgenden nur Brunnenwasser genannt, da dies vorrangig ist). Das Kühlsystem mit Brunnenwasser schließt als offener Kreislauf an den Pufferbecken an, pumpt das Brunnenwasser über die Wärmetauscher, speist das erwärmte Wasser über den Abwasserkanal in die Isar bzw. beliefert die Verbraucher direkt mit Brunnenwasser.

Die Wassernachspeisung der Pufferbecken aus den Brunnenanlagen (Brunnenwasserversorgung) bzw. aus dem Wasserwerk Neufahrn Süd (Brauchwasserversorgung) bzw. aus der Trinkwasserversorgung ist nicht Bestandteil des Kühlsystems mit Brunnenwasser FAK30.



I. Revisionsverzeichnis

| Rev. | Datum | Name | Revisionsgrund / Änderungsanzeige |
|----------------------|------------|------------|--|
| -- | 12.10.1995 | Fritsch | Ersterstellung (Siemens/NLFM) |
| A | 15.05.1997 | Fritsch | Siehe Kap. 0 (Siemens/NLFM) |
| B | 09.09.1997 | Fritsch | Siehe Kap. 0 (Siemens/NLFM) |
| C | 20.06.2002 | Schwemlein | Siehe Kap. 0 (Siemens/NGES3) |
| D | 22.04.2005 | Schwemlein | Siehe Kap. 0 (Siemens/NGPS4) |
| E | 27.08.2009 | Pollom | ÄA-2007/012, ÄA-2007/065 |
| F | 30.09.2011 | R. Becker | gemäß ÄA-2010/062 |
| G | 19.01.2016 | M. Kreß | ÄA-2016/005, Austausch der Vollentsalzungsanlage GCF00, redaktionelle Änderungen |
| | | | |
| Layout: Petra Rögner | | | |



II. Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| I. | Revisionsverzeichnis | 2 |
| II. | Inhaltsverzeichnis | 3 |
| III. | Begriffe und Abkürzungen | 5 |
| 1. | Allgemeines | 7 |
| 2. | Auslegungsanforderungen | 8 |
| 2.1 | Betriebliche Anforderungen | 8 |
| 2.2 | Sicherheitstechnische Anforderungen | 8 |
| 2.3 | Auslegungsbestimmende Regeln | 8 |
| 3. | Beschreibung des Systemaufbaus | 9 |
| 3.1 | Aufbau Kühlsystems mit Brunnenwasser | 9 |
| 3.2 | Nahtstellen zu anderen Systemen | 10 |
| 3.2.1 | Saugseitig | 10 |
| 3.2.2 | Druckseitig | 10 |
| 3.2.3 | Abwasserseitig | 10 |
| 4. | Funktionsbeschreibung | 11 |
| 4.1 | Bestimmungsgemäßer Betrieb | 11 |
| 4.2 | Betrieb bei Störfällen | 12 |
| 4.2.1 | Übergeordnete Störfälle | 12 |
| 4.2.1.1 | Erdbeben | 12 |
| 4.2.1.2 | Ausfall der Energieversorgung | 12 |
| 4.2.1.3 | Überflutung | 12 |
| 4.2.2 | Systemeigene Störungen | 13 |
| 4.2.2.1 | Ausfall beider Pumpen | 13 |
| 4.2.2.2 | Leckagen | 13 |
| 5. | Auslegungsbegründung | 14 |
| 5.1 | Verfahrenstechnische Auslegung | 14 |
| 5.1.1 | Systemdruck | 14 |
| 5.1.2 | Durchfluss | 14 |
| 5.1.3 | Temperaturen | 14 |
| 5.1.4 | Anzahl, Art und Anordnung der Pumpen | 15 |
| 5.1.5 | Dichtheit | 15 |
| 5.2 | Lastfälle für die Festigkeitsauslegung | 15 |
| 5.3 | Auslegung der Bauteile | 16 |
| 5.3.1 | Werkstoffwahl | 16 |
| 5.3.2 | Maßgebende Belastungen | 16 |
| 5.3.3 | Festigkeitsauslegung | 16 |
| 6. | Räumliche Anordnung | 17 |
| 7. | Leittechnische Einrichtungen | 18 |
| 7.1 | Instrumentierungsliste | 18 |



| | | |
|--------|--|----|
| 7.2 | Betriebliche Instrumentierung | 21 |
| 7.3 | Reaktorschutzinstrumentierung | 22 |
| 7.4 | Sicherheitstechnische Verriegelungen | 22 |
| 8. | Elektrische Energieversorgung | 23 |
| 9. | Auslegung- und Betriebsdaten | 24 |
| 9.1 | Systemdaten | 24 |
| 9.2 | Förderpumpen FAK30 AP011, FAK30 AP012 | 25 |
| 9.3 | Überströmventil FAK30 AA0191 | 25 |
| 9.4 | Klassifizierung | 25 |
| 10. | Prüfung und Instandhaltung | 26 |
| 10.1 | Prüfungen | 26 |
| 10.1.1 | Herstellungsbegleitende Prüfungen | 26 |
| 10.1.2 | Wiederkehrende Prüfungen | 26 |
| 10.2 | Wartung | 27 |
| 10.3 | Instandhaltung | 27 |
| 10.4 | Zugänglichkeit | 27 |
| 10.5 | Strahlenschutzvorsorge bei Instandhaltungsvorgängen | 27 |
| 11. | Literaturverzeichnis | 28 |
| 12. | Anhang | 29 |
| 12.1 | Anhang 1, Lastfalltabelle des Kühlsystems mit Brunnenwasser | 29 |
| 12.2 | Anhang 2, Prinzipfließbild des Kühlsystems mit Brunnenwasser FAK30 | 30 |



III. Begriffe und Abkürzungen

Allgemeine Begriffe und Abkürzungen

NNK Qualitätsklasse NNK

Kennzeichnungen nach KKS (Kraftwerk-Kennzeichen-System)

System

| | |
|-------|---|
| FAK30 | Kühlsystem mit Brunnenwasser |
| FAK40 | Kühlsystem für Instrumente |
| GAA00 | Versorgungssystem mit Brunnenwasser |
| GHD00 | Brauchwasserversorgung |
| GKB00 | Trinkwasserversorgung |
| GM | Sammel- und Ableitungssystem von Betriebsabwasser |
| GMG00 | Betriebsabwasser für UGX |
| GMT00 | Betriebsabwasser für UTA |
| KAB10 | Zwischenkühlkreis für Kontrollbereich |
| KPK11 | Lagerung schwachaktiver H ₂ O-Abwässer |
| PAB00 | Tertiär-Kühlsystem |
| PAQ02 | Entkarbonisierung |
| SGA20 | Feuerlöschwassersystem mit Brauchwasser |

Aggregate, Apparate, Messkreise

| | |
|----|----------------------|
| AA | Armatur |
| AB | hier: Kupplung |
| AC | Wärmetauscher |
| AP | Pumpe |
| BR | Rohrleitung |
| CF | Durchflussmessstelle |
| CP | Druckmessstelle |
| CT | Temperaturmessstelle |

**Bauwerke**

| | |
|-----|---|
| UBA | Zugangsgebäude |
| UBZ | Versorgungskanal |
| UGX | Pumpenkeller |
| UJA | Reaktorgebäude |
| UJB | Kellerbereich unter der Neutronenleiterhalle West |
| URA | Tertiär-Rückkühler |
| URZ | Verbindungskanal |
| UTA | Hilfsanlagengebäude |

Alle angegebenen Drücke sind Überdrücke. Absolut- oder Differenzdrücke sind als solche ausgewiesen.



1. Allgemeines

Das Kühlsystem mit Brunnenwasser FAK30 hat die Aufgabe, Kühlstellen im betrieblichen Überwachungsbereich mit kaltem Wasser zu kühlen und Wasserverbraucher mit Roh- bzw. Nachspeisewasser zu versorgen. Das kalte Wasser wird aus den Pufferbecken im Pumpenkeller UGX entnommen. Die Becken werden mit Brunnenwasser, Brauchwasser oder Trinkwasser bespeist (im Folgenden nur Brunnenwasser genannt, da dies vorrangig ist).

Das Kühlsystem mit Brunnenwasser schließt als offener Kreislauf an den Pufferbecken an, pumpt das Brunnenwasser über die Wärmetauscher und speist das erwärmte Wasser über den Abwasserkanal in die Isar bzw. beliefert die Verbraucher direkt mit Brunnenwasser.

Die Wassernachspeisung der Pufferbecken aus den Brunnenanlagen (Brunnenwasserversorgung) bzw. aus dem Wasserwerk Neufahrn Süd (Brauchwasserversorgung) bzw. aus der Trinkwasserversorgung ist nicht Bestandteil des Kühlsystems mit Brunnenwasser FAK30.

An den Pufferbecken schließen noch weitere FRM (alt) und FRM II-Systeme an, welche ebenfalls nicht Gegenstand dieser Systembeschreibung sind.



2. Auslegungsanforderungen

2.1 Betriebliche Anforderungen

Das Kühlsystem mit Brunnenwasser hat folgenden Anforderungen zu genügen:

- Kühlung des Zwischenkühlers KAB10 AC001 im Zwischenkühlkreis für Kontrollbereich KAB10,
- Kühlung der Experimentierkühlstellen im Hilfsanlagegebäude UTA (zwei Zapfstellen auf Ebene $\pm 0,0$ m),
- Versorgung des Tertiär-Kühlsystems PAB00 mit Nachspeisewasser,
- Versorgung der Entkarbonisierung PAQ02 mit Speisewasser,
- Versorgung des Kühlsystems für Instrumente FAK40 mit Nachspeisewasser über eine Zapfstelle im Hilfsanlagegebäude UTA,
- Spülung des Abwasserkanals zur Isar und
- Spülung der Aktivitätsmessstelle KPK11 CR001.

Die Funktion des Kühlsystems mit Brunnenwasser ist auch bei Ausfall einer Förderpumpe aus Gründen der Verfügbarkeit sicherzustellen.

2.2 Sicherheitstechnische Anforderungen

An das Kühlsystem mit Brunnenwasser werden keine sicherheitstechnischen Anforderungen gestellt.

2.3 Auslegungsbestimmende Regeln

Die für die Auslegung der Bauteile in Bezug zu nehmenden allgemeinen technischen Regelwerke sowie die zu beachtenden zusätzlichen Anforderungen, abgeleitet von der sicherheitstechnischen Aufgabenstellung des Systems (Klassifizierung), werden in den zur Anwendung kommenden Technischen Lieferbedingungen für NNK-Komponenten geregelt.



3. Beschreibung des Systemaufbaus

3.1 Aufbau Kühlsystems mit Brunnenwasser

Siehe hierzu Prinzipfließbild des Kühlsystems mit Brunnenwasser FAK30, Anhang 1.

Das Kühlsystem mit Brunnenwasser besteht aus einem offenen Kreislauf mit:

- saugseitigem Anschluss an die beiden Sammler der Pufferbecken im Pumpenkeller UGX,
- den Förderpumpen,
- druckseitigem Anschluss an den Zwischenkühler des Zwischenkühlkreises für Kontrollbereich, an Experimente im Hilfsanlagengebäude, an das Tertiär-Kühlsystem, an die Entkarbonisierung
- druckseitigem Anschluss an den Abwasserkanal zur Isar über die Rohrleitungen des Tertiär-Kühlsystems (Ablaufkühlung; Spülung zusätzlich über Rohrleitungsby-pass zu Kühlstellen),
- druckseitigem Anschluss an die Übergabeleitung KPK11 BR143.

Die Hauptleitungen des Systems sind mit einer Kaltwasserisolierung versehen, um Schwitzwasserbildung zu vermeiden.



3.2 Nahtstellen zu anderen Systemen

Das Kühlsystem mit Brunnenwasser schließt an folgende verfahrenstechnische Systeme an:

3.2.1 Saugseitig

- Beide Sammler an den Pufferbecken der Brunnenwasserversorgung GAA00.

3.2.2 Druckseitig

- Zwischenkühlkreis für Kontrollbereich KAB10,
- zwei Zapfstellen im Hilfsanlagegebäude, Ebene $\pm 0,0$ m,
- Kühlsystem für Instrumente FAK40 (Nachspeisewasser) über Zapfstelle im Hilfsanlagegebäude UTA,
- Entkarbonisierung PAQ02 im Hilfsanlagegebäude UTA,
- Tertiär-Kühlsystem PAB00 (Anschluss an Teilsystem PAB06),
- Lagerung schwachaktiver H₂O-Abwässer KPK11,
- Versorgungssystem mit Brunnenwasser GAA00 (Pumpenüberströmleitung in beide Pufferbecken),
- Betriebsabwasser für UGX GMG00 (Entleerung und Entlüftung),
- Betriebsabwasser für UJA, UJB GMJ00 (Entleerung und Entlüftung).

3.2.3 Abwasserseitig

- Lagerung schwachaktiver H₂O-Abwässer KPK11,
- Betriebsabwasser für UTA GMT00,
- Tertiär-Kühlsystem PAB00 (Anschluss an Teilsystem PAB07) zum Abwasserkanal zur Isar.



4. Funktionsbeschreibung

4.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb

Im bestimmungsgemäßen Betrieb des Kühlsystems mit Brunnenwasser FAK30 saugt eine der beiden Förderpumpen Brunnenwasser aus den beiden Pufferbecken (die saugseitigen Sammler [zugehörig zum System GAA00] schließen seitlich an den Becken an) und drückt das kalte Wasser durch die Kühlstellen bzw. versorgt Wasserverbraucher mit Brunnenwasser (Rohwasser, Nachspeisewasser). Nach dem Durchströmen der Kühlstellen wird das leicht erwärmte Wasser dem Abwasserkanal zur Isar zugeführt (Ablaufkühlung).

Die Durchsätze der einzelnen Kühlstellen bzw. zu den einzelnen Verbrauchsstellen werden nicht geregelt und können bei Nichtanforderung abgesperrt sein.

Um diesen unterschiedlichen Förderanforderungen zu genügen, wird die Drehzahl der Förderpumpe in Abhängigkeit eines konstanten, statischen Drucks im Rohrleitungssystem über Frequenzumrichter geregelt.

Überschreitet der Förderdruck dennoch einen oberen Grenzwert (z. B. außerhalb des Regelbereiches, Ausfall der Drehzahlregelung etc.), so öffnet das Überströmventil auf der gemeinsamen Pumpendruckseite selbsttätig und lässt die Fördermenge zurück in die Becken strömen.

Die für den störungsfreien Betrieb der Pumpen benötigte Mindestfördermenge wird über den Kühler des Zwischenkühlkreis für Kontrollbereich (KAB10 AC001) und über dessen Bypass (FAK30 AA084) sichergestellt. Die dazwischen liegenden Armaturen sind in ihrer Betriebsstellung mechanisch verriegelt. Längerfristig werden Förderpumpen bei Nichtanforderung abgeschaltet.

Parallel zur Kühlung des Zwischenkühlers im Zwischenkühlkreis für den Kontrollbereich und der Experimente im Hilfsanlagegebäude dient das Brunnenwasser zur Spülung des Abwasserkanals und der Aktivitätsmessstelle KPK11 CR001, zur Versorgung der Entkarbonisierung sowie zur Nachspeisung von Brunnenwasser in das Kühlsystem für Instrumente und in das Tertiär-Kühlsystem.

Die Handarmaturen direkt an den Zapfstellen im Hilfsanlagegebäude (Vor- und Rücklauf) sind offen. Die Abdichtung an den nicht benutzten Anschlüssen – nicht mit Anschlusschlauch gekoppelt – erfolgt ausschließlich durch die selbstdichtenden Anschlusskupplungen.

Bei Ausfall einer Förderpumpe wird automatisch auf die Reservepumpe (2 x 100 %) umgeschaltet. Ein Strömungsrückfluss über die ausgefallene Pumpe wird durch die jeweilige Rückschlagarmatur auf der Pumpendruckseite verhindert.

Die Pufferbecken im Pumpenkeller werden über die Brunnenpumpen, die Brauchwasserversorgung des Wasserwerks Neufahrn Süd und/oder über die Trinkwasserversorgung aufgefüllt.



Die Förderpumpen werden durch den Anschluss (Nennweite) und die Lage (Abgang unten an den Becken) der Saugleitung mit ausreichender Zulaufhöhe beaufschlagt.

Bei Absinken des Wasserspiegels in den Pufferbecken unter einen festgelegten Grenzwert werden die Förderpumpen des Kühlsystems mit Brunnenwasser automatisch ausgeschaltet und die Absperrschieber in den saugseitigen Sammlern (GAA-System) automatisch geschlossen, siehe [4]. Hiermit wird sichergestellt, dass auch bei Ausfall der Brauch- oder Trinkwasserversorgung der Pufferbecken für den Löschfall ein ausreichender Volumenstrom im Feuerlöschwassersystem mit Brauchwasser zur Verfügung steht.

4.2 Betrieb bei Störfällen

Zur Darstellung des Betriebs des Kühlsystems mit Brunnenwasser bei Störfällen wird unterschieden in:

- übergeordnete Störfälle, die nicht durch die Einrichtungen des Kühlsystems mit Brunnenwasser verursacht werden und
- systemeigene Störfälle, die durch das Versagen von Einrichtungen des Kühlsystems mit Brunnenwasser verursacht werden.

4.2.1 Übergeordnete Störfälle

Von den übergeordneten Störfällen sind für das Kühlsystem mit Brunnenwasser Erdbeben, Ausfall der Energieversorgung und Überflutung zu betrachten.

4.2.1.1 Erdbeben

Die Funktion des Kühlsystems mit Brunnenwasser wird im Falle eines Erdbebenstörfalles nicht angefordert. Das System ist folglich nicht gegen Erdbeben ausgelegt.

4.2.1.2 Ausfall der Energieversorgung

Die Förderpumpen des Kühlsystems mit Brunnenwasser sind nicht an die Notstromversorgung angeschlossen, so dass bei Ausfall der Netzversorgung die Pumpen ausfallen.

4.2.1.3 Überflutung

Das Aufstellungsgebäude der Förderpumpen (Pumpenkeller UGX) ist hochwasserfest ausgelegt.

Eine Flutung des Pumpenkellers infolge einer Leckage über eine unzulässige Höhe hinaus wird durch Flüssigkeitsmelder erkannt und durch Abschaltung der Wassereinspeisung in die Pufferbecken vermieden, siehe [4].



4.2.2 Systemeigene Störungen

Für das Kühlsystem mit Brunnenwasser sind der Ausfall beider Förderpumpen und Leckagen am System zu unterstellen.

4.2.2.1 Ausfall beider Pumpen

Der Ausfall beider Pumpen bedeutet den Funktionsausfall des Kühlsystems mit Brunnenwasser. Über eine Abschaltung des Reaktors ist in Abhängigkeit der Notwendigkeit der Kühlung bzw. des Wasserbedarfs zu entscheiden.

4.2.2.2 Leckagen

Leckagen im Kühlsystem mit Brunnenwasser werden durch Kontrollen in den Aufstellungsräumen von Pumpen und Rohrleitung erkannt.

Eine Flutung des Aufstellungsraumes der Förderpumpen UGX01 00 infolge einer Leckage über eine unzulässige Höhe hinaus wird durch Flüssigkeitsmelder erkannt und durch Abschaltung der Wassereinspeisung in die Pufferbecken vermieden, siehe [4].

Zur Reparatur werden einzelne Stränge/Kühlstellen abgesperrt bzw. wird das komplette Kühlsystem abgeschaltet.

Über eine Abschaltung des Reaktors ist im Einzelfall in Abhängigkeit der Notwendigkeit der Kühlung bzw. des Wasserbedarfs zu entscheiden.



5. Auslegungsbegründung

5.1 Verfahrenstechnische Auslegung

5.1.1 Systemdruck

Der Systemdruck ergibt sich aus dem Druck an der Ansaugstelle und dem Pumpenförderdruck. Der Pumpenförderdruck wiederum ist so gewählt, um die Strömungswiderstände der Kühlstellen zu überwinden bzw. in die einzelnen Wasserverbraucher einspeisen zu können.

Die Förderpumpe saugt aus den Pufferbecken an, so dass sich der maximale Systemdruck aus dem Zulaufdruck infolge des Wasserspiegels in den Pufferbecken, dem Pumpenförderdruck abzüglich Druckverlust der Saugseite ergibt.

Die Förderpumpen werden so drehzahl geregelt, dass der statische Druck im Rohrsystem (Druckmessstelle im Zulauf zum Zwischenkühler des Zwischenkühlkreises für Kontrollbereich) konstant und damit unabhängig vom Zu- und Abschalten der Kühlstellen und Verbraucher gehalten wird.

Weiterhin wird der Systemdruck im Kühlsystem mit Brunnenwasser durch das Überströmventil auf der Pumpendruckseite der Förderpumpen des Kühlsystems begrenzt.

5.1.2 Durchfluss

Der Förderstrom ist auf die maximale Anforderung der Kühl- und Verbrauchsstellen unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit ausgelegt.

5.1.3 Temperaturen

Rohrleitungsbereiche bis zu den Kühlstellen werden bei Betrieb des Kühlsystems mit Brunnenwasser mit einer Temperatur von 8,5 bis 12,5 °C (Jahresschwankung) durchströmt. Nach längerem Stillstand des Kühlsystems nimmt das Wasser in den Pufferbecken die Umgebungstemperatur der Becken (ca. 20 °C) an. Nicht durchströmte Rohrleitungsabschnitte (abgesperrte Stränge, Außerbetriebsetzung etc.) nehmen auch bei Betrieb des Kühlsystems langfristig die Temperatur der Umgebung (Umgebung: Verlegungsraum der Rohrleitung) an.

Hinter den Kühlstellen ergeben sich, strömungstechnisch bedingt, **um die Aufwärmspanne höhere Temperaturen. Die maximale Aufwärmspanne beträgt ca. 10 K, so dass die Abwassertemperatur bei konstantem Betrieb des Kühlsystems $\leq 22,5$ °C beträgt.**

Ein Einfrieren des Brunnenwassers im Kühlsystem bei Nichtförderung wird durch Anordnung der Komponenten / Rohrleitungen in den Gebäuden bzw. durch frostsichere Verlegung in die Rohrleitungskanäle verhindert.



5.1.4 Anzahl, Art und Anordnung der Pumpen

Es wird eine 2 x 100 %-Auslegung der Förderpumpen gewählt, um einen Ausfall einer Pumpe durch Umschaltung auf die Reservepumpe ohne Systemausfall kompensieren zu können.

Die Förderpumpen, einschließlich anschließender Saug- und Druckleitungen, Armaturen etc. sind im Gebäude Pumpenkeller UGX angeordnet.

Der Pumpenkeller selbst ist erdbebenfest und überflutungssicher ausgelegt.

5.1.5 Dichtheit

Für die Komponenten und Rohrleitungen des Kühlsystems mit Brunnenwasser bestehen lediglich reduzierte Dichtheitsanforderungen (Nekaldichtheit), da sich keine gefährlichen Stoffe im Kühlsystem befinden und somit bei Undichtheit austreten könnten.

5.2 Lastfälle für die Festigkeitsauslegung

Die systemspezifischen Lastfälle sind im Anhang aufgelistet. Die Lastfälle der systemübergreifenden Lastfalltabelle [3] werden berücksichtigt, soweit sie für das vorliegende System zutreffend sind.



5.3 Auslegung der Bauteile

Die Konstruktion, Werkstoffauswahl und festigkeitsmäßige Auslegung der Bauteile des Kühlsystems mit Brunnenwasser erfolgen auf der Basis der "Technischen Regeln zur Druckbehälterverordnung". Entsprechend der Aufgabenstellung des Systems werden hierüber hinaus zusätzliche Anforderungen berücksichtigt. Details hierzu regeln die zur Anwendung kommenden Technischen Lieferbedingungen.

5.3.1 Werkstoffwahl

Als Strukturwerkstoff für die Komponenten und Rohrleitungen werden für druckführende Komponenten austenitische Stähle eingesetzt. Diese Werkstoffe erfüllen die Anforderungen hinsichtlich Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Die Festlegung der vorgesehenen Werkstoffe erfolgt in den Technischen Lieferbedingungen.

5.3.2 Maßgebende Belastungen

Bestimmend für die festigkeitsmäßige Auslegung der Bauteile des Kühlsystems mit Brunnenwasser sind:

- zulässiger Betriebsüberdruck / Arbeitsüberdruck,
- zulässige Betriebstemperatur / Arbeitstemperatur,
- Rohrleitungsschnittgrößen aus Eigengewicht und Wärmedehnung und
- mechanische Belastungen.

5.3.3 Festigkeitsauslegung

Aufgrund der spezifischen Belastung des Kühlsystems mit Brunnenwasser (vernachlässigbare stationäre und instationäre Temperaturbelastungen) beschränkt sich der Umfang der zu erbringenden Festigkeitsnachweise für die Rohrleitungen und Pumpen grundsätzlich auf die Führung von Primärspannungsnachweisen.

Werkstoffkennwerte und anzusetzende Sicherheitsbeiwerte entsprechen dabei den Anforderungen der zu verwendenden AD-Merkblätter.

Die Berücksichtigung der festigkeitsmäßigen Gesichtspunkte bei der Gestaltung von Rohrleitungsanordnungen und Halterungskonzepten erfolgt über die Beachtung einer Verlegerichtlinie für Rohrleitungen.

Rohrleitungsschnittgrößen (Kräfte und Momente zu entnehmen aus der Verlegerichtlinie für Rohrleitungen bzw. als Ergebnis der Rohrleitungsberechnung) infolge mechanischer Belastungen für das Kühlsystem mit Brunnenwasser werden bei der Auslegung von Komponentenanschlüssen und Flanschverbindungen berücksichtigt.

Darüber hinaus gilt, dass die gewählte Rohrleitungsführung zu geringen Beanspruchungen aus der behinderten Wärmedehnung führt. Ermüdungsanalysen sind auf Grund der getroffenen konstruktiven Vorkehrungen und der vorliegenden niedrigen Belastungen nicht erforderlich.



6. Räumliche Anordnung

Die Pumpen des Kühlsystems mit Brunnenwasser sind im Pumpenkeller UGX, Raum UGX01 00 angeordnet.

An die beiden Pufferbecken schließt jeweils ein Saugsammler (zugehörig zum Versorgungssystem mit Brunnenwasser GAA00) an. Die Saugsammler sind über eine Rohrleitung mit Absperrarmatur untereinander verbunden. An diese Saugleitungen schließt bei anderen Systemen das Kühlsystem mit Brunnenwasser mit seinen Pumpensaugseiten an.

Hinter den Förderpumpen werden die Rohrleitungen zusammengefasst. Die weitere Druckleitung verläuft über den Versorgungskanal UBZ in den Raum für Wasseraufbereitung UJB01 20. Dort erfolgt die Aufteilung auf die einzelnen Kühlstellen und Verbraucher innerhalb und außerhalb des Raumes UJB01 20.

Die Ableitung des Brunnenwassers nach Kühlung der Kühlstellen bzw. deren Bypass führt durch den Installationskanal UJB00 80 und den Verbindungskanal URZ über die Rohrleitungen des Tertiär-Kühlsystems zum Abwasserkanal zur Isar.

Einzelheiten über den Rohrleitungsverlauf durch die einzelnen Räume siehe Systemschaltplan [2].



7. Leittechnische Einrichtungen

7.1 Instrumentierungsliste

| Kennzeichen der Messstelle | Aufgabenstellung | Anzeige/Wirkung |
|---|---|--|
| FAK30 CF015 | Durchflussmessung vor Zwischenkühler KAB10 AC001 | in der Warte / $\dot{V} < \dot{V}_{\min}$ Zur Summenbildung mit FAK30 CF016 für FAK30 CF915 Zur Summenbildung mit FAK30 CF019 für FAK30 CF901 Zur Summenbildung mit FAK30 CF017 für FAK30 CF902 |
| FAK30 CF016 | Durchflussmessung im gemeinsamen Zulauf zum Bypass, den Experimenten und den Verbrauchern | in der Warte / $\dot{V} < \dot{V}_{\min}$ Zur Summenbildung mit FAK30 CF015 und FAK30 CF915 |
| FAK30 CF017 | Durchflussmessung in Rohrleitung zum Abwasserkanal | in der Warte / $\dot{V} < \dot{V}_{\text{spül},\min}$ und KPK11 AA031 weniger 30 min. zu. "Freigabe zum Öffnen Armatur KPK11 AA031: mindestens 30 min $V > V_{\text{spül},\min}$ " "SCHUTZ ZU" KPK11 AA031: " $\dot{V} < \dot{V}_{\text{spül},\min}$ oder Messung gestört" "SCHUTZ AUS" KPK11 AP003: " $\dot{V} < \dot{V}_{\text{spül},\min}$ oder Messung gestört und KPK11 AA031 nicht zu" Sammelmeldung (Klasse 1) KPK11 AA031 nicht zu oder Messung gestört. Zur Differenzbildung mit FAK30CF015 für FAK30 CF902 |
| FAK30 CF019 | Durchsatz in Ablaufleitung von den Experimenten im Hilfsanlagengebäude | in der Warte / Zur Summenbildung mit FAK30 CF015 für FAK30 CF901 |
| FAK30 CF901 (Im Schaltplan nicht vermerkt) | Summenbildung aus FAK30 CF015 + FAK30 CF019 | in der Warte / $\dot{V} > \max$ |



| Kennzeichen der Messstelle | Aufgabenstellung | Anzeige/Wirkung |
|---|---|--|
| FAK30 CF902 (Im Schaltplan nicht vermerkt) | Differenzbildung aus FAK30 CF017 – FAK30 CF015 | in der Warte / Bilanzierung |
| FAK30 CF911 (Im Schaltplan nicht vermerkt) | Summenbildung aus FAK30 CF015 + FAK30 CF019 | in der Warte / (Bilanzierung) |
| FAK30 CF912 (Im Schaltplan nicht vermerkt) | Differenzbildung aus FAK30 CF017 – FAK30 CF015 | in der Warte / (Bilanzierung) |
| FAK30 CF915 (Im Schaltplan nicht vermerkt) | Summenbildung aus FAK30 CF015 und FAK30 CF016 | in der Warte / $\dot{V} > \max 1$ bei $\dot{V} > \max 2$ oder $\dot{V} < \min$ "SCHUTZ AUS" FAK30 AP011/AP012 Für Füllstandregelung GAA02 DL000 (Pufferbecken UGX01 01 / 01 02) |
| FAK30 CF917 | Integration von FAK30 CF017 während Abwasserabgabe über KPK11 CF031 | in der Warte / Speicherung auf MOD (magnetisch-optische Disc) |
| FAK30 CP001 | Druckmessung vor Pumpe FAK30 AP011 | in der Warte / $p < \min$ "SCHUTZ AUS" FAK30 AP011 und Zuschaltung der Pumpe FAK30 AP012 Zur Bildung der Druckdifferenz mit FAK30 CP011 für FAK30 CP911 |
| FAK30 CP011 | Druckmessung hinter Pumpe FAK30 AP011 | in der Warte / Zur Bildung der Druckdifferenz mit FAK30 CP001 für FAK30 CP911 |
| FAK30 CP002 | Druckmessung vor Pumpe FAK30 AP012 | in der Warte / $p < \min$ "SCHUTZ AUS" FAK30 AP012 und Zuschaltung der Pumpe FAK30 AP011 Zur Bildung der Druckdifferenz mit FAK30 CP012 für FAK30 CP912 |
| FAK30 CP012 | Druckmessung hinter Pumpe FAK30 AP012 | in der Warte / Zur Bildung der Druckdifferenz mit FAK30 CP002 für FAK30 CP912 |



| Kennzeichen der Messstelle | Aufgabenstellung | Anzeige/Wirkung |
|---|---|--|
| FAK30 CP015 | Druckmessung vor Zwischenkühler KAB10 AC001 | in der Warte / Drehzahlregelung FAK30 AP011 bzw. AP012 über Frequenzumrichter Drucksollwert für Regelung FAK30 DP015A |
| FAK30 CP911 (im Schaltplan nicht vermerkt) | Druckdifferenzbildung zwischen FAK30 CP001 und FAK30 CP011 | in der Warte / $\Delta p < \min$ "SCHUTZ AUS" FAK30 AP011 und Zuschaltung FAK30 AP012 |
| FAK30 CP912 (im Schaltplan nicht vermerkt) | Druckdifferenzbildung zwischen FAK30 CP002 und FAK30 CP012 | in der Warte / $\Delta p < \min$ "SCHUTZ AUS" FAK30 AP012 und Zuschaltung FAK30 AP011 |
| FAK30 CT012 | Temperaturmessung in gemeinsamer Druckleistung beider Pumpen | in der Warte / $T > \max$ |
| FAK30 CT013 | Temperaturmessung hinter Zwischenkühler KAB10 AC001 | in der Warte / $T > \max$ |
| FAK30 CT017 | Temperaturmessung in der Rohrleitung zum Abwasserkanal | in der Warte / $T > \max$ |
| FAK30 CT018 | Temperaturmessung in Rücklaufleitung der Zapfstellen für Experimente im Hilfsanlagengebäude | in der Warte / Bilanzierung |
| FAK30 CT111 | Temperaturmessung in Motorwicklung Pumpe FAK30 AP011 | in der Warte / $T > \max$ "SCHUTZ AUS" FAK30 AP011 (über Frequenzumrichter FAK30 GR011) |
| FAK30 CT112 | Temperaturmessung in Motorwicklung Pumpe FAK30 AP012 | in der Warte / $T > \max$ "SCHUTZ AUS" FAK30 AP012 (über Frequenzumrichter FAK30 GR012) |
| FAK30 CT211 | Reserve | |
| FAK30 CT212 | Reserve | |
| FAK30 CT311 | Reserve | |
| FAK30 CT312 | Reserve | |



7.2 Betriebliche Instrumentierung

Zur Überwachung des Betriebs des Kühlsystems mit Brunnenwasser ist folgende Instrumentierung vorhanden (Instrumentierung der Pufferbecken gehört noch zur Brunnen-/ Brauch-/ Trinkwasserversorgung und ist hier nicht genannt). Die Anzeige der Messwerte erfolgt in der Warte:

- Druckmessung vor den Pumpen zu deren Schutz bei zu geringem Saugdruck,
- Druckmessung hinter den Pumpen zur Bildung der Druckdifferenz zwischen Saug- und Druckseite der Pumpen,
- Druckmessung im Zulauf zum Zwischenkühler,
- Durchflussmessung im Zulauf zum Zwischenkühler,
- Durchflussmessung im Zulauf zum Bypass, zu den Experimenten und zu den Verbrauchern,
- Durchflussmessung im Ablauf von den Experimenten im Hilfsanlagegebäude,
- Durchflussmessung in der Sammelrohrleitung zum Abwasserkanal,
- Temperaturmessung auf der Druckseite der Pumpen,
- **Temperaturmessung im Rücklauf des Zwischenkühlers,**
- **Temperaturmessung in der gemeinsamen Rücklaufleitung der Experimente im Hilfsanlagegebäude,**
- **Temperaturmessung in der Sammelrohrleitung zum Abwasserkanal.**

Die Pumpen werden in der Warte ein- und ausgeschaltet. Bei Ausfall einer eingeschalteten Pumpe wird automatisch auf die Reservepumpe umgeschaltet. Die Drehzahl der Förderpumpen wird in Abhängigkeit des statischen Druckes in der Zuleitung zum Zwischenkühler über Frequenzumrichter geregelt (→ konstanter Druck in der Zuleitung).

Die Durchflüsse selbst sind unregelt. Nicht angeforderte Kühlstellen und Verbraucher werden abgesperrt. Wird kein Durchsatz angefordert, ist die benötigte Mindestmenge für die Pumpen über den Kühler des Zwischenkühlkreises für Kontrollbereich und dem Bypass zum Kühler sichergestellt.

Ist bei der Abwasserabgabe aus dem System Lagerung schwachaktiver H₂O-Abwässer KPK11 in das System FAK30 der Durchsatz an der Messstelle FAK30 CF017 < 23 l/s oder ist die Messstelle FAK30 CF017 gestört, erfolgt eine Klasse-1-Sammelmeldung des Systems KPK11 auf die Warte.

Der Spülwasserdurchsatz FAK30 CF017 wird zusammen mit der Aktivitätskonzentration KPK11 CR001 und dem Abwasserdurchsatz KPK11 CF031 während der Ableitung angezeigt und mit Datum und Abgabezeitraum selbstschreibend registriert.

Unmittelbar nach Abschluss der Übergabe erfolgt über das Spülventil KPK11 AA443 für max. 10 Minuten eine Spülung der Aktivitätsmessanordnung mit Brunnenwasser aus dem System FAK30.



Das anfallende Spülwasser (ca. 4,5 l/s) wird zusammen mit der Mindestspülwassermenge für den Abwasserkanal aus dem System FAK30 in die Isar abgeleitet. (Der Grenzwert der Durchflussmessstelle KPK11 CF031 zum Schließen der Armatur KPK11 AA031 ist für diesen Zeitraum gebrückt.)

Der Mindestspülwasserdurchsatz von 23 l/s wird 30 Minuten vor dem Öffnen und nach dem Schließen der Armatur KPK11 AA031 überwacht. Die Armatur ist zeitlich so verriegelt, dass zum Öffnen der Armatur der Mindestspülwasserdurchsatz 30 Minuten vorgelegen haben muss.

Während des gleichen Zeitraumes nach dem Schließen der Armatur erfolgt bei Unterschreitung des Mindestspülwasserdurchsatzes eine Meldung auf die Warte.

7.3 Reaktorschutzinstrumentierung

Im Kühlsystem mit Brunnenwasser ist keine Reaktorschutzinstrumentierung vorgesehen. Ferner werden vom Reaktorschutz keine automatischen Maßnahmen im Kühlsystem mit Brunnenwasser ausgelöst.

7.4 Sicherheitstechnische Verriegelungen

Sicherheitstechnisch relevante Verriegelungen sind im Kühlsystem mit Brunnenwasser nicht vorgesehen.

Um die Freigabe zum Öffnen der Motorarmatur KPK11 AA031 im System Lagerung schwachaktiver H₂O-Abwässer zu erhalten, muss 30 Minuten vorher der Mindestspülwasserdurchsatz von 23 l/s in der FAK30-Abaufleitung zur Isar vorhanden sein (gemessen mit FAK30 CF017).

Bei Unterschreitung des Mindestspülwasserdurchsatzes während der Abwasserabgabe werden die Motorarmatur automatisch geschlossen und die H₂O-Übergabebehälterpumpe automatisch abgeschaltet (Schutzbefehle).

Bei Unterschreitung des sicheren Mindestfüllstandes in einem der beiden Pufferbecken im Pumpenkeller werden die Pumpen FAK30 AP011 bzw. FAK30 AP012 über Schutzbefehl automatisch abgeschaltet (GAA00 CL005 bzw. GAA00 CL006), siehe [4].



8. Elektrische Energieversorgung

Die Pumpen des Kühlsystems mit Brunnenwasser und die zugehörige Leittechnik sind an die 400 V-Normalnetz-Schaltanlage des FRM II angeschlossen.



9. Auslegung- und Betriebsdaten

9.1 Systemdaten

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Zulässiger Betriebsüberdruck | 16 bar |
| Zulässige Betriebstemperatur | 50 °C |
| Arbeitsüberdruck (Druckseite Pumpe) | ca. 5,5 bar |
| Arbeitstemperatur | 8 ... 23 °C |
| Betriebsmedium | Brunnen-/ Brauch-/ Trinkwasser |

Abzuführende Wärmeleistung

Temperatur des Betriebsmediums (kalt) 8,5 ... 12,5 °C

Aufwärmspanne ≤ 10 K

Zwischenkühler Zwischenkühlkreis

Kontrollbereich KAB10 ca. 121 kW

Zwei Zapfstellen im Hilfsanlagegebäude ca. 23 kW

Gesamt, (max., d. h. alle gleichzeitig) ca. 144 kW

Durchsätze

Zwischenkühler Zwischenkühlkreis für $\dot{m}_{\text{KAB10}} = 3,45$ kg/s

Kontrollbereich KAB10 $\dot{V}_{\text{KAB10}} = 12,42$ m³/h

2 Zapfstellen $\dot{m}_{\text{Exp, UTA}} = < 0,65$ kg/s

im Hilfsanlagegebäude $\dot{V} = < 2$ m³/h

Nachspeisung Kühlsystem für Instrumente FAK40
(diskontinuierlich) $\dot{V}_{\text{FAK40}} = 0,05$ m³/d

Entkarbonisierung PAQ02 im Hilfsanlagegebäude
(diskontinuierlich) $\dot{V}_{\text{PAQ02}} = < 0,40$ m³/h

Nachspeisung Tertiär-Kühlsystem PAB00 (PAB06)
(diskontinuierlich) $\dot{m}_{\text{PAB}} = \text{ca. } 23$ kg/s
 $\dot{V}_{\text{PAB}} = \text{ca. } 82,8$ m³/h

Spülung des Abwasserkanals

• **Spüldurchsatz, Mindestwert** (diskontinuierlich) $\dot{m}_{\text{Spül}} = 23$ kg/s

• $\dot{m}_{\text{Spül}} = 82,8$ m³/h

• Spüldurchsatz, zusätzlich zu $\dot{m}_{\text{Spül, zusatz}} > 19,5$ kg/s

ablaufendem Wasser $\dot{V}_{\text{Spül, zusatz}} > 70,2$ m³/h

Spülung der Aktivitätsmessstelle KPK11 CR001 $\dot{m}_{\text{KPK11}} = 4,7$ kg/s

(diskontinuierlich) $\dot{V}_{\text{KPK11}} = 16,9$ m³/h

Gesamt $\dot{m}_{\text{ges.}} = \text{ca. } 51,3$ kg/s

Dichtheit je Dichtstelle $L = 10^{-3}$ mbar l/s



9.2 Förderpumpen FAK30 AP011, FAK30 AP012

| | |
|---|---|
| Typ | einstufige Kreiselpumpe |
| Anzahl/Redundanz | 2 x 100% |
| Werkstoff (Gehäuse, Laufrad) | austenitischer Stahlguss |
| zulässiger Betriebsüberdruck | 16 bar |
| zulässige Betriebstemperatur | 50 °C |
| Betriebsmedium | Brunnen-/ Brauch-/ Trinkwasser |
| Förderleistung | 50 kg/s / 0,05m ³ /s / 180 m ³ /h |
| Förderhöhe | ca. 56 m |
| Förderdruck | ca. 5,5 bar |
| Nullförderhöhe | ca. 61 m |
| Nullförderdruck | ca. 6,0 bar |
| Nenn Drehzahl | 2900 min ⁻¹ |
| Betriebsspannung | 400 V |
| Leistungsbedarf (Motorwelle; P ₂) | 39,2 kW |
| Motor-Nennleistung | 45 kW |
| Drehzahlregelung mit Frequenzumrichter | |

9.3 Überströmventil FAK30 AA0191

| | |
|--|--------------------------------|
| Bauart | federbelastetes Ventil |
| Zulässiger Betriebsüberdruck | 16 bar |
| Zulässige Betriebstemperatur | 50°C |
| Betriebsmedium | Brunnen-/ Brauch-/ Trinkwasser |
| Ansprechüberdruck (Gegendruck ≤ 0,5 bar) | ca. 5,9 bar |
| Abblasemassenstrom | ≥ 50 kg/s |

9.4 Klassifizierung

Die Komponenten des Kühlsystems mit Brunnenwasser sind nicht nukleartechnisch (NNK) klassifiziert [1] - siehe auch Systemschaltplan [2].



10. Prüfung und Instandhaltung

10.1 Prüfungen

Die Prüfungen umfassen die herstellungsbegleitenden Prüfungen und die wiederkehrenden Prüfungen.

10.1.1 Herstellungsbegleitende Prüfungen

Auslegung, Konstruktion und Fertigung der Bauteile der Systeme werden entsprechend dem Stand der Technik begleitenden Prüfungen unterzogen. Der gesamte Prüfumfang unterteilt sich auf die folgenden Tätigkeiten:

- Vorprüfung mit der Maßgabe der Überprüfung der konstruktiven Ausführung und der Überprüfung der ausreichenden Bemessung der Bauteile im Hinblick auf die spezifizierten Anforderungen,
- Werkstoff-, Bau- und Druck- und Dichtheitsprüfung,
- Abnahme- und Funktionsprüfung.

Die Anforderungen zu den einzelnen Prüfungen werden in Übereinstimmung mit der "Druckgeräterichtlinie" gewählt. Einzelheiten hierzu regeln die Technischen Lieferbedingungen.

In der vornuklearen Inbetriebsetzungsphase wurde die Funktion der Gesamtsysteme erprobt und damit auch die Funktion der zuvor genannten Bauteile.

10.1.2 Wiederkehrende Prüfungen

Art, Umfang und Zeitintervalle der wiederkehrenden Prüfungen orientieren sich am Stand der Technik.

Im Prüfhandbuch für konventionelle Prüfungen und interne Prüfungen sind Art, Umfang und Zeitintervalle der wiederkehrenden Prüfungen festgelegt.



10.2 Wartung

Wartungsarbeiten werden bei abgeschaltetem Kühlsystem mit Brunnenwasser durchgeführt. Als passive Komponenten sind die Rohrleitungen des Kühlsystems mit Brunnenwasser wartungsfrei. Die Dichtungen in den Flanschverbindungen (Pumpen, Armaturen, Sensoren und Zwischenkühler) sind ebenfalls wartungsfrei. Kontrollen erfolgen im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen.

Die Wartung der Pumpen erfolgt normalerweise in den Reaktorbetriebspausen. Aufgrund der 2 x100 %-Auslegung können kürzere Wartungsarbeiten an der in Reserve befindlichen Pumpe auch bei Reaktorbetrieb durchgeführt werden.

10.3 Instandhaltung

Arbeiten kleineren Umfangs können vor Ort durchgeführt werden, wie etwa das Austauschen von Gleitringdichtungen der Pumpen, von Dichtungen der Rückschlagarmaturen oder des Überströmventils in den Druckleitungen der Pumpen. Arbeiten größeren Umfangs erfordern unter Umständen den Ausbau der Komponenten.

10.4 Zugänglichkeit

Alle Komponenten des Kühlsystems mit Brunnenwasser sind so angeordnet, dass sie für wiederkehrende Prüfungen, Wartung und Instandsetzung gut zugänglich sind.

10.5 Strahlenschutzvorsorge bei Instandhaltungsvorgängen

Instandsetzungsarbeiten, Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen am Kühlsystem mit Brunnenwasser können im Hinblick auf die Strahlenschutzvorsorge unabhängig vom Reaktorbetrieb durchgeführt werden.



11. Literaturverzeichnis

- | | | |
|-----|---|--|
| [1] | Arbeitsbericht Klassifizierung von Anlagenteilen am FRM II | OPA00344 2B 0600.0001 (KWU NLS2/95/0079) |
| [2] | Systemschaltplan Kühlsystem mit Brunnenwasser FAK30 | 2440-001-01 2B 2440.0001 (ZDD544-NLS2-00-0302) |
| [3] | Bericht Übergeordnete Lastfälle für die Festigkeitsauslegung | KWU NLS2/95/0041 2B 0600.0002 |
| [4] | Systembeschreibung Brunnenwasserversorgung GAA00 (einschl. Brauchwasser- und Trinkwassereinspeisung GHD00, GKB00) | OPA00168 2B 3120.0001 |
| [5] | Systembeschreibung Kühlsystem für Instrumente FAK40 und FAK45 | OPA00310 |



12. Anhang

12.1 Anhang 1, Lastfalltabelle des Kühlsystems mit Brunnenwasser

| Lastfall | Lastfall-Bezeichnung | Beanspruchungsstufe | Ausleugszeit | Häufigkeit | t _{max} | Bemerkungen |
|----------|-------------------------------------|---------------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------------------|
| | | | [h] | | [°C] | |
| 0 | Auslegung | 0 | - | - | 50 | P _{e,zul} = 16 bar |
| | Bestimmungsgemäßer Betrieb | | | | | |
| 1 | <i>Normalbetrieb (NB)</i> | - | - | - | - | - |
| 1.1 | Anfahren von FAK30 | A | - | 1500 | 40 | - |
| 1.2 | Stationärer Normalbetrieb von FAK30 | A | < 30 a | - | 12,5/ 22,5 | - |
| 1.3 | Abfahren von FAK30 | A | - | 1500 | 40 | - |
| 2 | <i>Anomaler Betrieb (AB)</i> | - | - | - | - | - |
| 2.1 | Notstromfall | B | - | 10 | 12,5/ 22,5 | - |
| 3 | <i>Prüffälle (PF)</i> | - | - | - | - | - |
| 3.1 | Druck- und Dichtheitsprüfung | P | - | ²⁾ | 40 | - |
| | Störfälle | | | | | |
| 4 | <i>Notfälle (NF)</i> | - | - | - | - | - |
| 4.1 | Ausfall beider Pumpen | C | - | 3 ¹⁾ | 40 | - |
| 4.2 | Leckfall von FAK30 | C | - | 3 ¹⁾ | 12,5/ 22,5 | - |
| 5 | <i>Schadensfälle (SF)</i> | - | - | - | - | - |

¹⁾ Häufigkeit für die Festigkeit nicht relevant

²⁾ siehe Prüfhandbuch (HIP und HKP)



12.2 Anhang 2, Prinzipfließbild des Kühlsystems mit Brunnenwasser FAK30

