

1. Geltungsbereich

Die Norm gilt für Standard-Diffusionspumpstände. Für spezielle Ausführungen ist sie sinngemäß anzuwenden.

2. Zweck

Ein Lufteinbruch in eine betriebsbereite (heiße) Diffusionspumpe, die mit Treibmitteln auf Mineralölbasis (z.B. Diffelen) betrieben wird, kann zu einer Verpuffung mit der Folge größerer Sachschäden und eventueller Personenschäden führen. Um dies zu verhindern, müssen mechanische Schutzeinrichtungen und steuerungstechnische Verriegelungen vorgesehen werden, die einfachfehlersicher¹⁾ sind, d.h. der Steuerungskategorie 3 nach DIN EN ISO 13849-1 entsprechen.

Werden die Diffusionspumpen mit Treibmitteln auf Silikonöl-Basis (z.B. DC 704) betrieben, ist die Gefahr einer Verpuffung infolge Lufteinbruches vernachlässigbar²⁾.

Ist sicherzustellen, dass die Diffusionspumpe nicht mit Mineralöl betrieben wird, können die Verriegelungsschaltungen vereinfacht werden, es genügt dann die Steuerungskategorie 1 nach DIN EN ISO 13849-1.

Die in 3.4.2 beschriebenen Sicherheitsverriegelungen können entfallen. Da aus funktionstechnischen Gründen ein Lufteinbruch dennoch vermieden werden sollte, wird empfohlen, die in 3.5 beschriebene Selbstüberwachungen zu realisieren.

In diesen Fällen ist ein entsprechendes Hinweis-Schild an der Diffusionspumpe anzubringen.

Die Dokumentation muss folgende Sicherheitshinweise enthalten:

- Die Diffusionspumpe darf nur mit Treibmitteln auf Silikonölbasis betrieben werden.
- Ein Betrieb mit Treibmitteln auf Mineralölbasis ist nicht zulässig. Es besteht die Gefahr einer Verpuffung, wenn Luft bei Atmosphärendruck in die heiße Diffusionspumpe gelangt. Zur Reduzierung dieses Risikos sind zusätzliche steuerungstechnische Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen erforderlich.

In dieser Norm werden Sicherheitsmaßnahmen festgelegt.

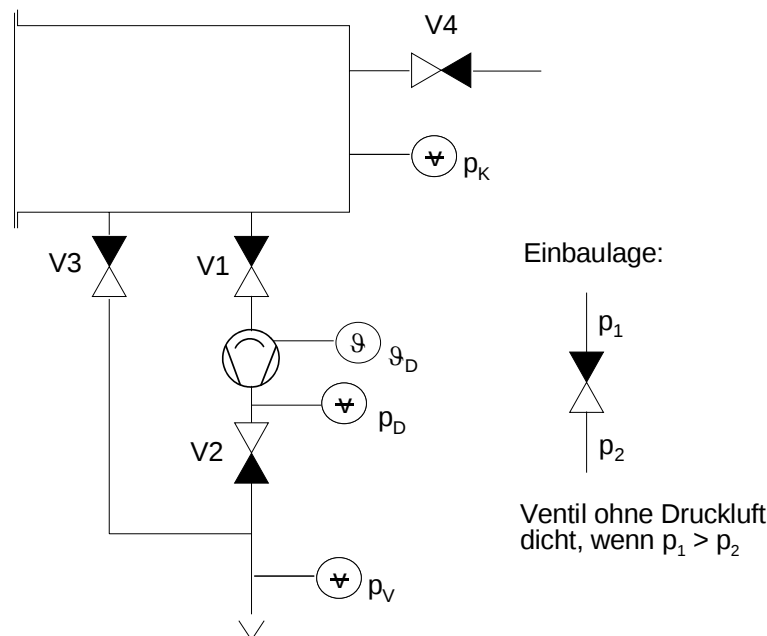
1) Einfachfehlersicherheit bedeutet:

- Ein einzelner nicht auszuschließender Fehler (und die auf diesen zurückzuführenden zwangsläufigen Folgefehler) darf nicht zu einem gefährlichen Zustand führen.
- Der Fehler muss innerhalb einer angemessenen Zeit (z.B. innerhalb eines Pumpzyklus) erkannt und gemeldet werden, damit ein zweiter, unabhängiger Fehler nicht zu einem Gefahrenzustand führt.

2) Nach Herstellerangaben sind nicht kontaminierte Silikonöle bei Betriebstemperatur oxidationsbeständig: Die Selbstentzündungstemperatur in O₂-Atmosphäre liegt 200°C über der Betriebstemperatur.

3. Sicherheitsmaßnahmen für Standard-Diffusionspumpstand

3.1 Ausführung des Standard-Pumpstandes



3.2 Voraussetzungen für sicheren Betrieb

- Einbaulage der Ventile richtig (entsprechend Schema in 3.1).
- Ventile schließen stromlos dicht.
- Vorpumpen sind auch in ausgeschaltetem Zustand dicht gegen Atmosphäre (z.B. durch Verwendung eines Secuvac-Ventils).
- Sonstige (nicht dargestellte) Ventile an der Kammer sind so dimensioniert, dass sie lediglich einen langsamen Druckanstieg bewirken können.

3.3 Mögliche Gefahrenzustände bei heißer Diffusionspumpe

- Lufteinbruch hochvakuumseitig
 - V1 öffnet bei Kammerdruck $p_K > p_{KKRIT}^{3)}$
 - V1 ist offen, V4 öffnet
- Lufteinbruch vorvakuumseitig
 - V2 öffnet bei Vorvakuum $p_V > p_{VKRIT}^{3)}$
 - V2 ist offen, V3 öffnet
 - Messröhre PD wird abgenommen

3) Die kritischen Druckwerte können nicht als feste Werte angegeben werden, da sie von vielen Parametern abhängen. Nach Aussage der OERLIKON LEYBOLD VACUUM GmbH Köln können bei ≤ 10 mbar V1 bzw. V2 ohne Gefahren bzw. bleibende Schäden für die Diffusionspumpe geöffnet werden. Dieser Zustand darf nur kurze Zeit (einige Minuten...) bestehen, da sonst das Treibmittel verdampft bzw. abgepumpt wird. Für die Verriegelungen wird ein Grenzwert von 1 mbar verwendet.

Normung E-Technik	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				090211.docx
	Geprüft: Meßenzahl	Okt. 13				

3.4 Sicherer Betrieb

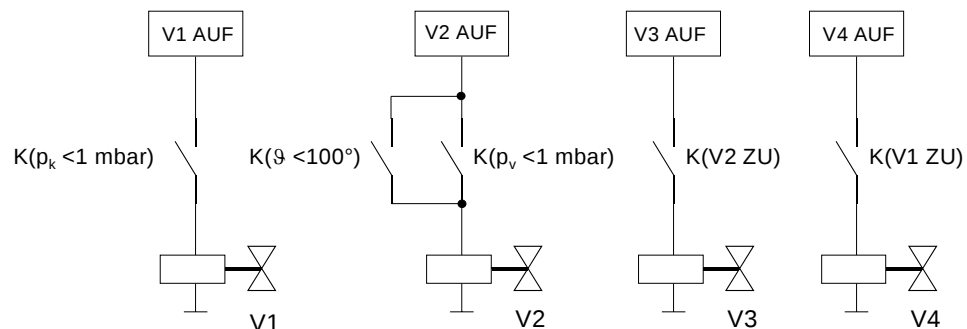
Bei ausschließlicher Verwendung von Treibmitteln auf Silikonöl-Basis können unter den in 2. genannten Voraussetzungen die Sicherheitsmaßnahmen nach 3.4.1 und 3.4.2 entfallen.

3.4.1 Schutz der Messröhre PD gegen unbeabsichtigtes Abnehmen

Statt des üblichen KF-Spannrings (z.B. Mat.-Nr. 10103252), der ohne Werkzeug geöffnet werden kann, muss der Spannring für Ultra-Dichtscheiben (z.B. Mat.-Nr. 488275) verwendet werden, der nur mittels Schraubendreher geöffnet werden kann. Als Zentrierring kann der normale Zentrierring (z.B. Mat.-Nr. 211-052) eingebaut werden. Alternativ kann die Flügelmutter am Spannring durch eine selbstsichernde Mutter, z.B. nach DIN EN ISO 10511, Mat.-Nr. 35 640 ersetzt werden.

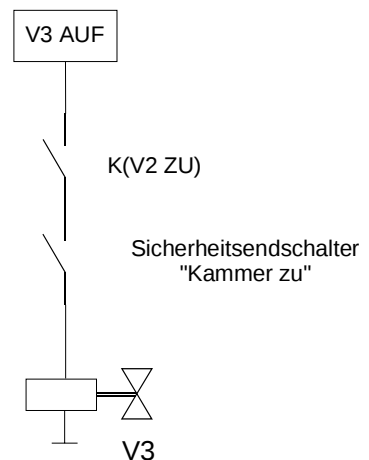
3.4.2 Sicherheitsverriegelungen

Die übrigen Gefahrenzustände werden durch sicherheitstechnische Verriegelungen (einfachfehlersicher) ausgeschlossen. Hierzu werden die Ausgänge der elektronischen Steuerung (im allg. der SPS) über kontaktbehaftete Zusatzverriegelungen auf die entsprechenden Ventile geführt.



Bemerkungen:

1. V2: Die Verriegelung $p_v < 1 \text{ mbar}$ wird bei kalter ($< 100^\circ\text{C}$) Diff.-pumpe aufgehoben.
2. V3: Wenn das Öffnen von V3 bei offener Kammer eine Gefährdung hervorrufen könnte, einen Kontakt des Sicherheits-schalters „Kammer zu“ einschleifen:



3.5 Selbstüberwachung

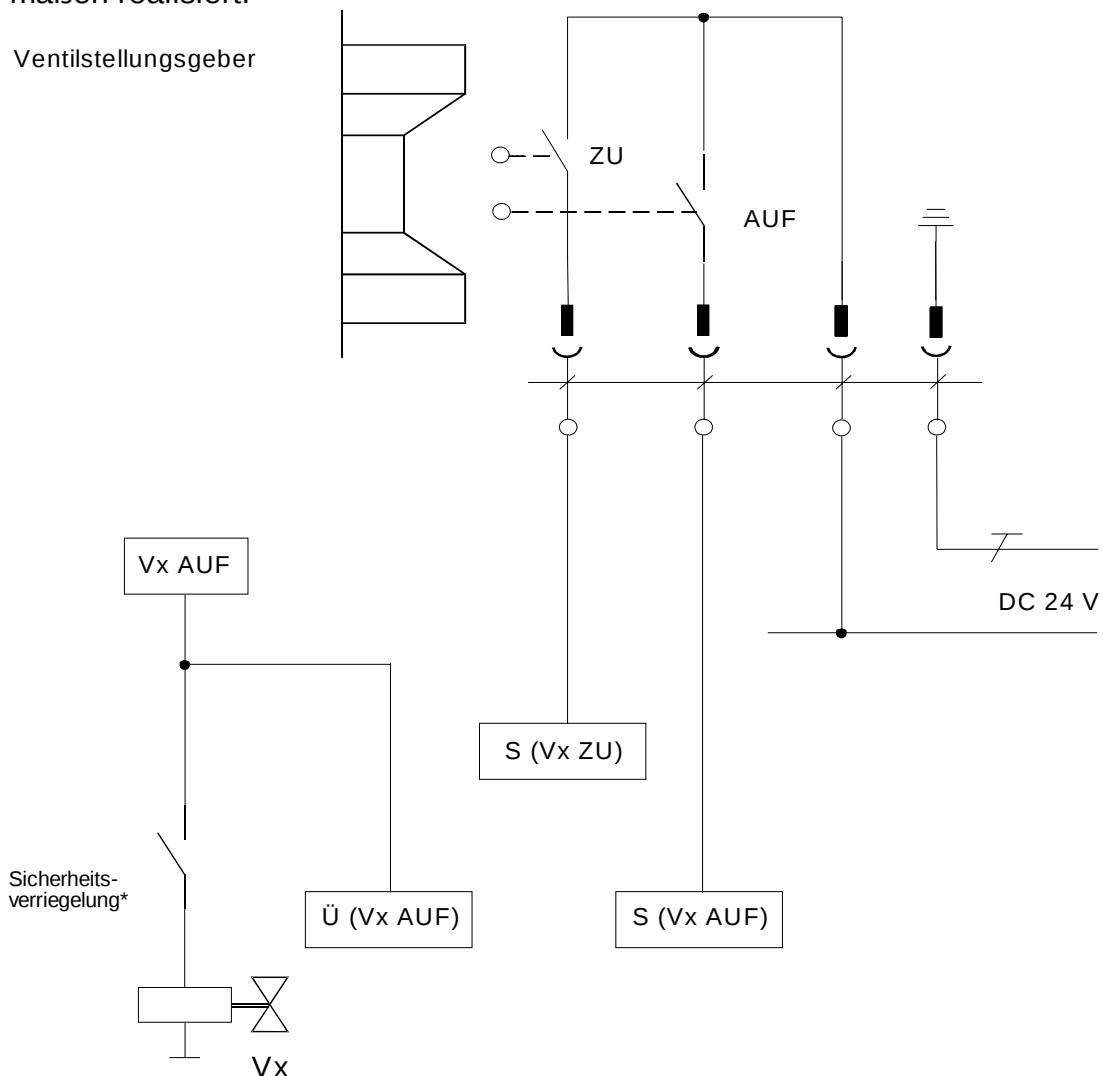
Die in den Verriegelungsstromkreisen wirksamen Komponenten, wie

- Sensoren (Ventilstellungsgeber, Drucksensoren, Temperatursensoren)
- Relais

sind nicht fehlersicher. Sie müssen zyklisch überwacht werden, damit sicherheitsrelevante Fehler innerhalb angemessener Zeit erkannt werden.

3.5.1 Ventile

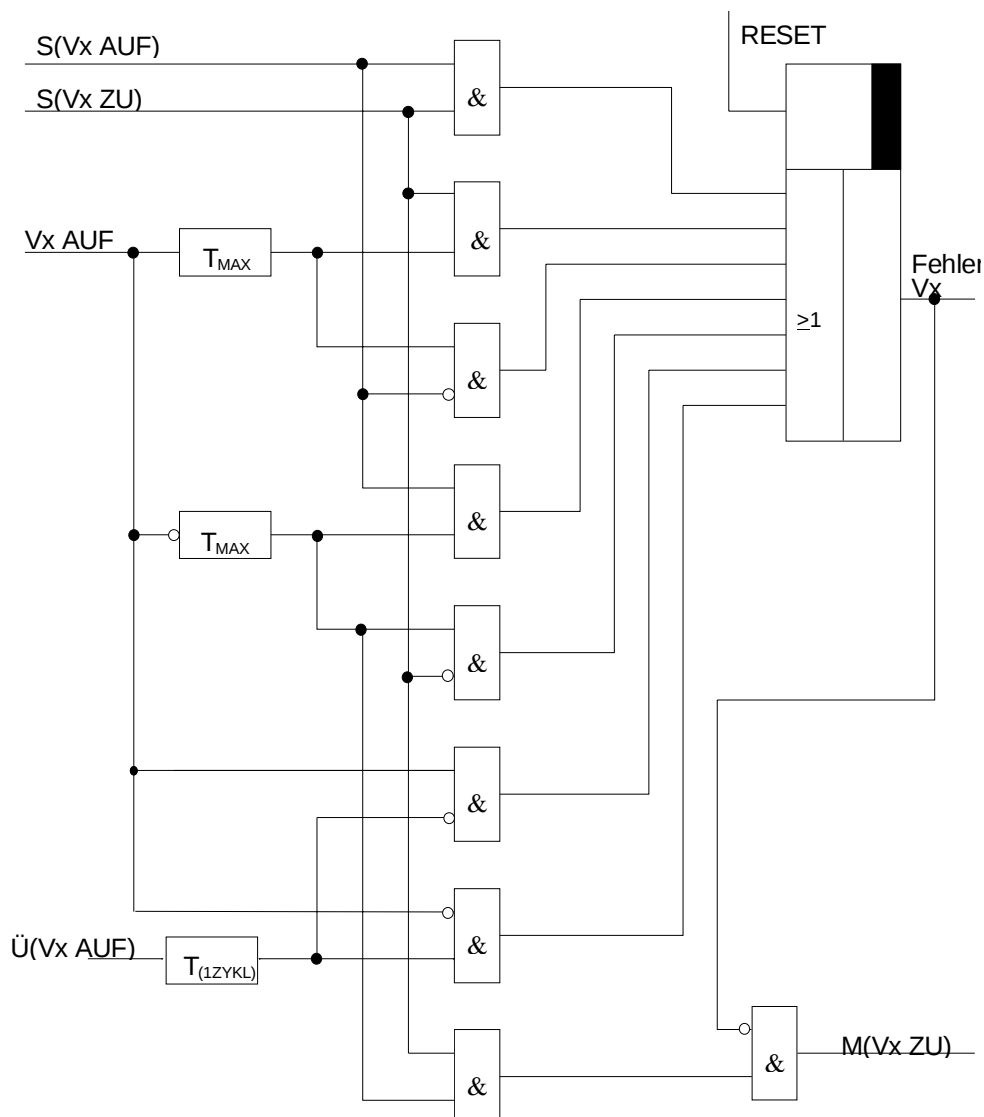
Die Überwachung der Ventile/Ventilstellungsgeber **V1, V2 und V3** wird folgendermaßen realisiert:



*entfällt unter den in 2. genannten Voraussetzungen

Normung E-Technik	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				090211.docx
	Geprüft: Meßenzahl	Okt. 13				

Überwachungslogik



$T_{MAX} > \text{Laufzeit}$ z.B. $1,2 * \text{Laufzeit} *$)

Schreibweise: $V_X AUF$ Ausgang SPS zur Ventilansteuerung

$S(V_X AUF)$ Sensorsignal SPS-Eingang

$M(V_X ZU)$ Abgeleiteter Signalzustand („Sicheres Signal“)

$\ddot{U}(V_X AUF)$ SPS-Eingang zur Ausgangsüberwachung

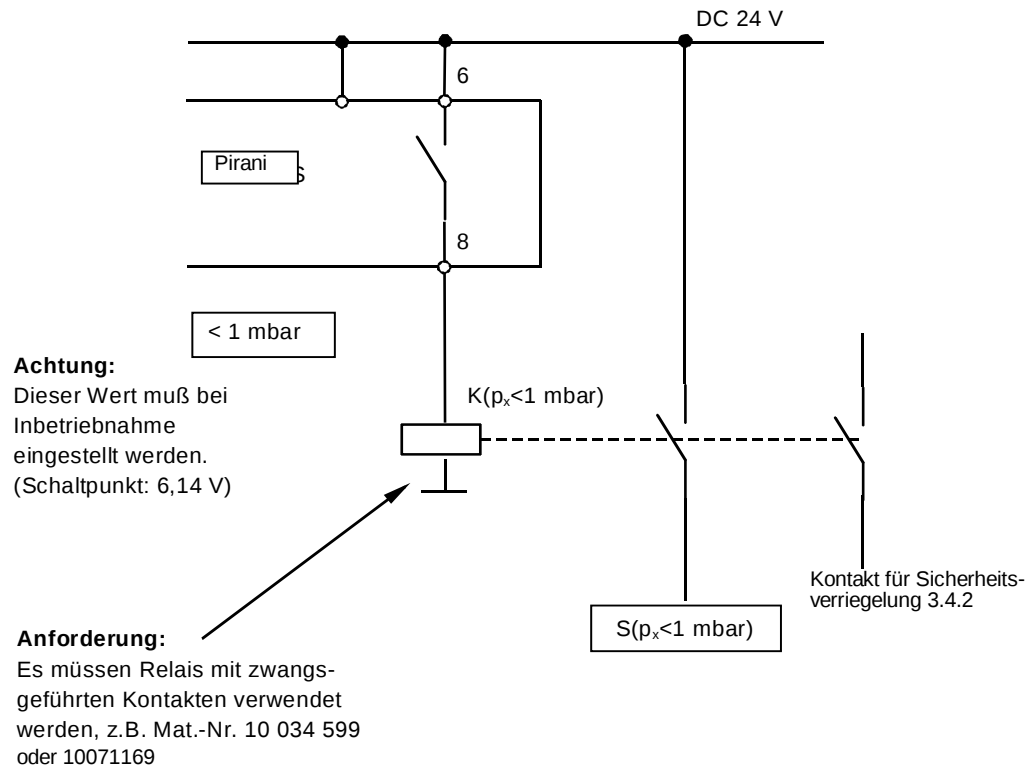
$K(V_X ZU)$ Relais zur Kontaktvervielfachung eines Sensors

*) Typische Laufzeiten für Öffnen/Schließen sind

Ventilgröße DN	63	100	160	250	400	500	630
Laufzeit sec	0,3	0,4	0,6/0,65	6	8	9	11

3.5.2 Drucksensor - Kammerdruck p_K und Vorvakuum p_V

3.5.2.1 Ausführung mit Transmitter PSG 500-S Mat.-Nr.: 350-080



3.5.2.2 Ausführung mit Transmitter PSG 500 Mat.-Nr.: 350-060

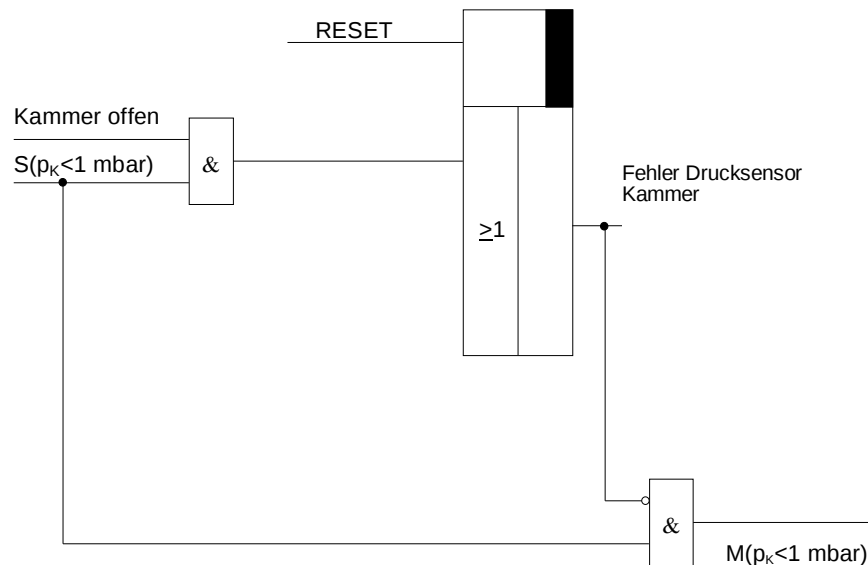
Bei Einsatz eines Pirani-Transmitters ohne Schaltpunkt wird über einen speziellen⁴⁾ Programmbaustein aus dem Messwert (Analogsignal) ein Schaltsignal $p_X < 1 \text{ mbar}$ gebildet.

Anstelle des Pirani-Schaltkontaktes steuert dieses Schaltsignal über einen Digitalausgang das Relais K ($p_X < 1 \text{ mbar}$).

- ⁴⁾ Anforderungen:
- Plausibilitätsprüfung des Messwertes
 - Baustein führt keine zusätzliche Steuerungsfunktion aus
 - Umfassend geprüft
 - gegen Ändern geschützt
 - Sicherheitsfunktion im Kommentar eindeutig beschrieben

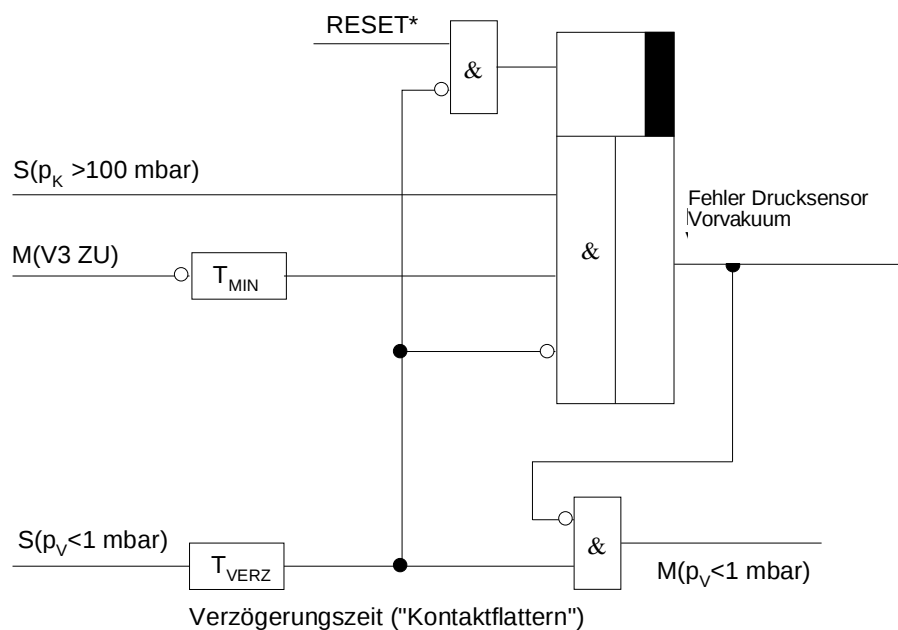
3.5.3 Überwachungslogik

3.5.3.1 Kammerdruck p_K



3.5.3.2 Vorvakuum p_V

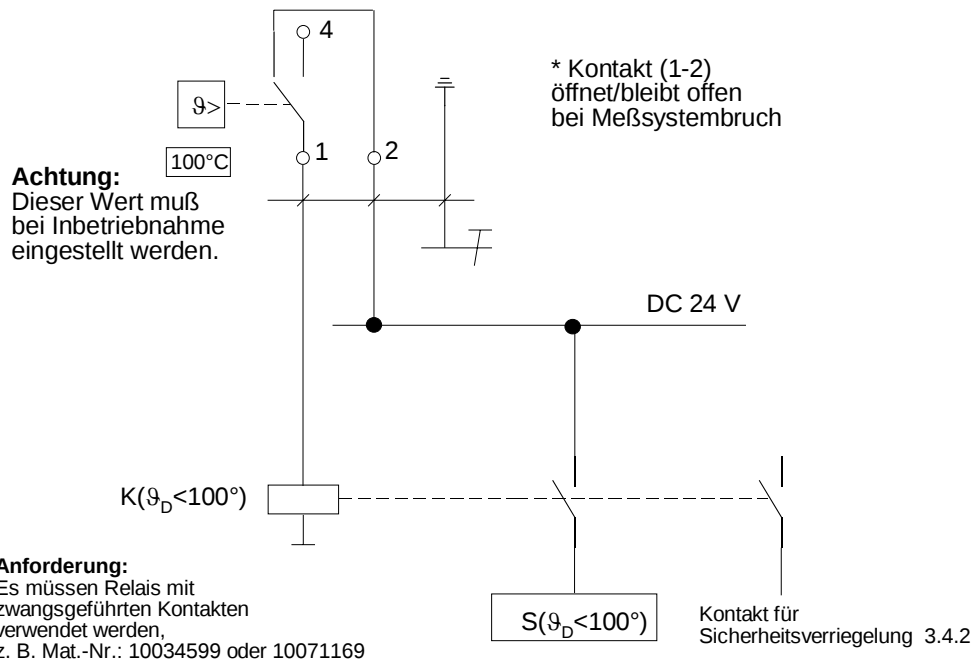
Fehlererkennung: Bei nicht evakuiert Kammer muss nach einer Zeit T_{Min} nach Öffnen von V3 die Meldung $p_V < 1 \text{ mbar}$ abgefallen sein.



* Reset nur möglich, wenn Relais K ($p_V < 1 \text{ mbar}$) abgefallen ist.

Normung E-Technik	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				090211.docx
	Geprüft: Meßenzahl	Okt. 13				

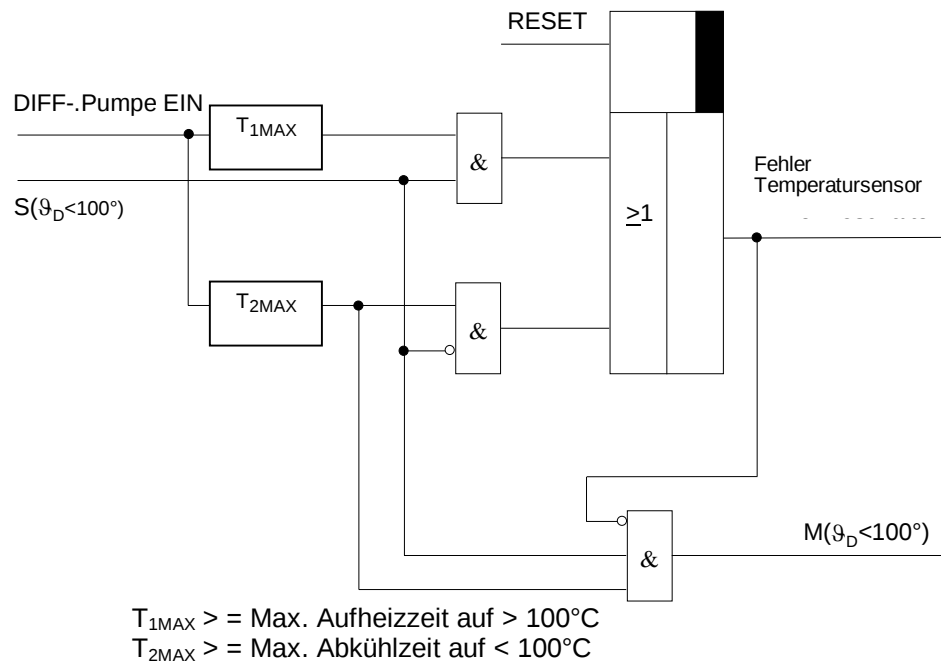
3.5.4 Temperatursensor < 100°C



Anstelle eines Thermoschalters kann das Schaltsignal $\vartheta_D < 100^\circ\text{C}$ auch über einen speziellen⁴⁾ Programmbaustein aus dem Messwert der Diffusionspumpentemperatur (z.B. PT 100) gebildet werden. Mit diesem Schaltsignal wird über einen Digitalausgang das Relais K($\vartheta_D < 100^\circ\text{C}$) angesteuert.

Überwachungslogik

Fehlererkennung: Nach Einschalten der Diffusionspumpe muss spätestens nach einer max. Aufheizzeit die Meldung $\vartheta_D < 100^\circ\text{C}$ abfallen, nach Ausschalten und einer Abkühlzeit muss $\vartheta_D < 100^\circ\text{C}$ gemeldet werden.



3.6 Reaktion bei erkannten sicherheitsrelevanten Fehlern *

Nach Fehlererkennung muss möglichst rasch ein unkritischer (sicherer) Zustand herbeigeführt werden.

In nachfolgender Tabelle sind die Reaktionen auf erkannte Fehler definiert, wobei Rücksicht auf evtl. laufende Prozesse und mögliches Abpumpen der Diffusionspumpe bei Druckanstieg genommen wird.

Fehler	Ausgangszustand	Reaktion
Ventil V1	---	Pumpstand Aus (Abkühlen)
Ventil V2	V1 ist zu	Pumpstand Aus (Abkühlen)
Ventil V3	V1 ist auf	Keine
Druckschalter Vorvakuum	---	V1 / V2 / V3 zu Diff.-pumpe Aus
Druckschalter Kammer (wird bei gefluteter Kammer erkannt)	---	Pumpstand Aus (Abkühlen)
Thermoschalter (100°C)	V1 ist zu	V1 / V2 / V3 zu Diff.-pumpe Aus
	V1 ist auf	Keine

* Empfohlene Reaktion bei sonstigen Fehlern siehe Anhang 1

3.7 Fehler-Reset

Fehler werden gemeldet und bleiben gespeichert; sie müssen gezielt zurückgesetzt werden (normales Quittieren).

Um zu vermeiden, dass der Fehler „Drucksensor Vorvakuum“ ohne Beseitigung der Ursache nur quittiert wird, und damit ein Öffnen von V2 bei undefinierten Druckverhältnissen in der Vorvakuumleitung möglich wäre, wird ein Quittieren nur bei abgefallenem Relais K ($p_v < 1 \text{ mbar}$) zugelassen. Damit ist gewährleistet, dass die Vorvakuumleitung abgepumpt wird, ehe V2 öffnet.

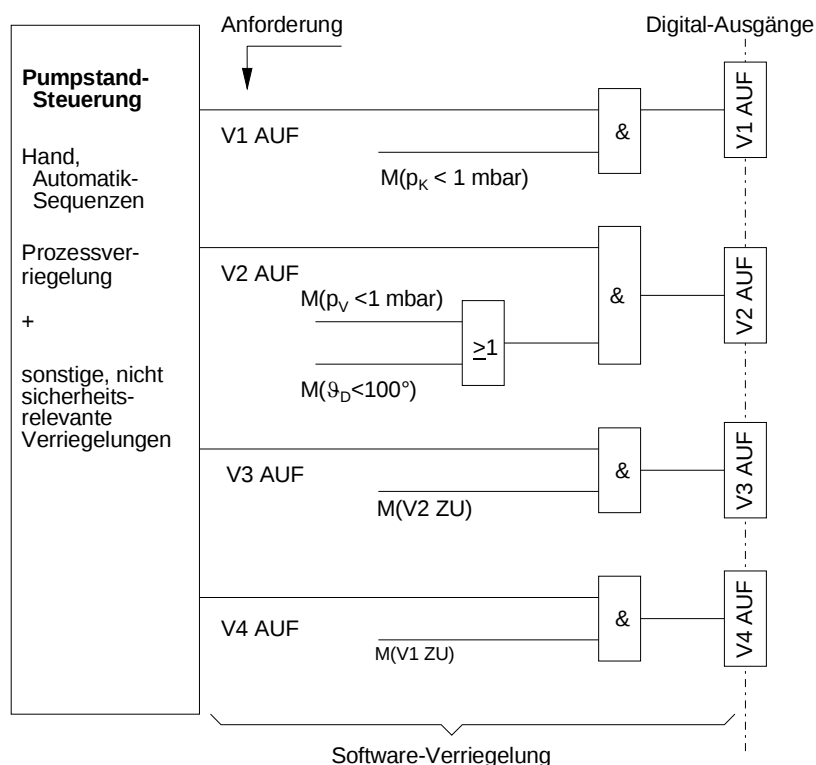
Solange Fehler anstehen, kann der Pumpstand nicht wieder eingeschaltet werden. Fehler, die sich in bestimmten Zuständen quittieren lassen, ohne dass sie wirklich beseitigt sind, werden beim nächsten Erkennen erneut gemeldet.

3.8 Software-Verriegelungen für Ventile

Die Software-Verriegelungen sind ein Abbild der HW-Sicherheitsverriegelungen, wobei die Fehlersignale zusätzlich berücksichtigt sind.

Grundsätzliches:

1. Die der Sicherheit dienenden Programmteile werden zyklisch bearbeitet.
2. Die entsprechenden Signalausgänge dürfen im gesamten Programm nur einmal ausgegeben werden.
3. Diese Verriegelungen sind stets unmittelbar vor der Zuweisung der Ausgänge zu bearbeiten.
4. Die Verriegelungen und die Überwachungslogik müssen durch Kommentare deutlich gekennzeichnet sein.



Normung E-Technik	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				090211.docx
	Geprüft: Meßenzahl	Okt. 13				

4. Pumpstand - Varianten

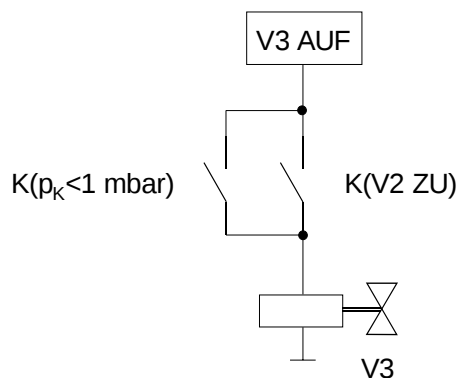
4.1 Mehrere Diffusionspumpen mit gemeinsamen V2 und einzelnen V1

- Jedes Ventil V1 wird nach 3.5.1 überwacht.
- HW-Verriegelung (3.5) für V4 wird entsprechend erweitert:
alle **V1 ZU** -Kontakte in Reihe (K(V1 ZU)).
- SW-Verriegelung (3.8) für V4 wird entsprechend erweitert:
UND-Glied durch die weiteren **V1 ZU** Signale ergänzt (M(V1 ZU)).

4.2 V2 und V3 zeitweise gleichzeitig offen

Das Öffnen von V2 bei offenem V3 ist gefahrlos möglich, wenn der Kammerdruck niedrig z.B. < 1 mbar ist.

Dementsprechend wird die Verriegelung V3 gegen V2 bei $p_K < 1$ mbar aufgehoben, damit V3 offen bleibt, wenn V2 unter dieser Bedingung öffnet.



SW-Verriegelung (3.8) für V3 wird entsprechend ergänzt:
Freigabe für V3 AUF, wenn M(V2 ZU) oder M($p_K < 1$ mbar)

Anhang 1

Sonstige Fehler / Störungen

Der Pumpstand ist mit weiteren Sensoren ausgerüstet, die Störungen direkt erfassen.

- Sicherheitsrelevant
Übertemperatur Diffusionspumpe, Diffusionspumpenheizung wird bei zu hoher Temperatur über dem Sicherheitstemperaturbegrenzer (300°-Schalter) hardwaremäßig abgeschaltet.
 - Nicht sicherheitsrelevant
 - Wasserwächter Diffusionspumpe
 - Druckschalter-Druckluft
- Voraussetzung:
- Ventile richtig eingebaut
 - Druckluftreserve reicht zum Schließen aller Ventile
- Störung Pirani-Messröhren (Kammer / Diffusionspumpe)
 - Störung Vorpumpen

Nach Erkennen einer Störung wird eine Reaktion nach folgender Tabelle eingeleitet:

Störung	weitere Bedingung	Reaktion
Wasserwächter	---	V1 zu, Diff.-pumpe Aus
Übertemperatur	---	V1 zu, Diff.-pumpe Aus
Druckluft	---	Pumpstand Aus (Abkühlung)
Röhrenstörung/ Diff.-pumpe	V1 zu	Pumpstand Aus (Abkühlung)
	V1 auf	keine
Röhrenstörung/Kammer	---	V1 zu und Evakuierung verriegeln
Störung Vorpumpen	---	V1 / V2 / V3 zu, Diff.-pumpe Aus