

Analyse und Bewertung						Maßnahmen					Ergebnis und Tests		
	Szenario	Folgen	Messgrößen, betroffene Variablen	Wahrscheinlichkeit	Schadensumfang	Risiko	Gegenmaßnahme	Stellgrößen, Effekt	Wahrscheinlichkeit	Schadensumfang	Verbleibendes Risiko	Wurde das Szenario getestet?	Ergebnis/ Warum nicht
	Verflüssiger-Ventilator fällt aus	Unterkühlung des Kältemittels sinkt. Systemdruck steigt. Kälteleistung sinkt. Überhitzung nach Verdampfer steigt	TT_VF_out, PT_VF_out	2	2	4	Expansionsventil öffnet. Überhitzungsschutz und Überdruck ist implementiert	Sicherer Systemzustand	2	2	4	Ja	Expansionsventil regelt überhitzung. Überdruck im System überschreitet nicht max. Überdruck
	Verdampfer-Ventilator fällt aus	Temperatur nach Verdampfer sinkt. Eintrittstemperatur vor Kompressor steigt. Austrittstemperatur von Kompressor steigt. Verdampfer vereist.	TT_VD_out, TT_KP_in, TT_KP_ou	2	2	4	Expansionsventil schließt. Softwareseitiger Überhitzungsschutz und Überdruck ist implementiert	Sicherer Systemzustand			0	Ja	Verdampfer vereist schneller. Expansionsventil
	Versorgungsspannung SPS fällt aus	Alle Klemmenspannungen werden auf "0" gesetzt, EV schließen automatisch	Alle Ein- und Ausgänge	2	1	2	Komponenten Spannungsfrei bei "0". Bzw. Schütze nicht geschaltet aufgrund fehlender 24 V DC Signal.	Sicherer Systemzustand	2	1	2	Ja	
	Kältemittel noch nicht 100% verdampft beim Ausgang von VD	Flüssiges Kältemittel im Umlauf. Tropfenschlag im Kompressor möglich	PT_* messen überall gleichen Druck.(Erfolgreicher PUMPDOWN zieht einen niedrigeren Druck im System nach sich)	3	5	15	Softwareseitig: Kompressor fährt bei Start langsam hoch und fährt niedrigste Frequenz wenn Eintrittstemperatur, nur 3 K von Taulinie entfernt ist. Mechanische Sicherheitskomponenten wurden eingebaut(Tropfenabscheider, Interner Wärmeübertrager)	PID_w begrenzt auf 12 mA	2	3	6	Ja	
	Zufrieren von der Verdampfer-Tauwasserwanne	Rückstau von Wasser oder Überschwemmung der Wanne, dann Abfluss durch KK-Alauf	Temperaturstellen unter 0°C,	3	3	9	Regelmäßiges Abtauen Ist programmiert (t_vereisung = max 1 h oder 10 kg Eis). Expansionsventil regelt Überhitzung. Kompressor ist gedrosselt.	Sicherer Systemzustand	3	2	6		
	Falsche Regelparameter werden geladen	Stellsignal wird zu schnell/zu langsam und/oder zu hoch/ zu gering gesetzt, garnicht gesetzt	Alle Soll_* Variablen, Alle Regler.* Variabeln	2	3	6	Prüfen der Parameter neuinitialisiert wurde.	Mögliches falsches Regeln. Nicht Erreichen der Regelgrößen. Einschwingen möglich	1.5	3	4.5	Nein	

Fehler beim "Forcen" von Symbolwerten	Sicherungssysteme können nicht mehr eingreifen	Alle, besonders Aktoren und Regelgrößen	3	5	12.5	Einsatz mechanischer Schutzeinrichtungen (z.B. Niedrig-, Hochdruckschalter) wenn verfügbar, "Forcen" von Werten vermeiden	Alle	2	2	4	Nein	kein geeignetes Verfahren verfügbar
Kältemittel entweicht durch Undichtigkeiten	Druck im Rohrsystem sinkt, Kälteleistung sinkt, Überhitzung nach Verdampfer steigt	Alle Drucksensoren PT_*	2	3	6	Dichtepprüfung durchführen. Kritische Stellen wie Temperatur-Stellen öfters testen	Hohe Überhitzungen nah VD. Gesundheitsgefährdene Gase treten aus	1	3	3	Ja	Nach Abpumpen wurden Dichtungen erneuert. System nun dicht.
Versorgungsspannung Prüfstand fällt aus	Alle Klemmenspannungen werden auf "0" gesetzt, Ventile verbleiben in Position, ggf. unkontrollierte Kälteversorgung	Alle Ein- und Ausgänge	1	1	1	Keine	Sicherer Systemzustand	1	1	1	Nein	Keine technischen Schäden zu erwarten
Klimakammer fällt aus	Temperatur in KK sinkt. Überhitzung sinkt.	Temp_VD_*, Ist_überhitzung	2	2	4	SPS von KK trifft Vorkehrungen. Expansionsventil regelt Überhitzung. Wird geschlossen	Sicherer Systemzustand	1	2	2	Ja	Temperatur von Klimakammer sinkt auf -18°C
Abtauen: Elektrische Heizstäbe schalten nicht aus	Steigen der Temperatur im Wärmeübertrager. Dampfschwaden möglich. Beschädigung von Verdampfer ab T>90°C.	T_Surface_*	2	4	8	Softwareseitiger Überhitzungsschutz. Einsatz von 4 Oberflächensensoren. Überschreitung von T_krit führt System in den Leerlauf-Zustand. Alle Komponenten werden ausgeschaltet(0 V).		1	4	4	Nein	
PUMPDOWN nicht durchgeführt/abgebrochen.	Kältemittel wird nicht komplett in den Sammler gedrückt.	PT_* messen überall gleichen Druck.(Erfolgreicher PUMPDOWN zieht einen niedrigeren Druck im System nach sich)	4	3	12	Software: Langsames Anfahren des Kompressors. Hardware:Tropfenabscheider, Interner Wärmeübertrager	Bei Flüssigkeit: Software und Hardware-Schutz	1	3	3	Ja	
Waagen unterkühlen/werden feucht	Waagen haben Messausfälle und senden "0g". Evtl. totaler Schaden	Waage[1..6]	4	4	16	Einpacken in Plastikfolien. Vermeidung extremer Temperaturen.	Waage[1..6]	1.5	4	6	Ja	außer Messwert-Ausfälle nicht beobachtet
Defekte Drucksensoren	Softwareseitiger Anlagenschutz nicht mehr gewährleistet	PT_*	2	4	8	Software-Anlagenschutz sendet Fehler beim Ausfall eines Sensors und versetzt Anlage in Leerlauf.	Sicherer Systemzustand	1	4	4	Ja	System geht in den Leerlauf