

Binäreisanlage zur Klimatisierung von Pflanzenzuchtkammern

Stichwörter: Klimakammer; Binäreisanlage; Funktionsmängel;

Streitpunkt: Funktionsmängel der Binäreis-Anlage zur Klimatisierung von Pflanzenzuchtkammern

GUTACHTEN (Kurzfassung)

Gegenstand der Untersuchung sind sechs der Pflanzenzucht dienende Klimakammern, deren Kälteversorgung durch eine Binäreis-Kälteanlage erfolgt.

Anlass der Untersuchung sind Funktionsmängel der Gesamtanlage. Diese betreffen sowohl die in den Klimakammern einzuhaltenden Klimazustände als auch die Binäreis-Anlage.

Fazit des Gutachtens:

Die Kältemaschinenleistung ist zu gering. Zur Erhöhung der Verdichterleistung wäre es erforderlich, einen dritten Verdichter zusätzlich anzuschließen. Der Aufbau dieses dritten Verdichters auf den vorhandenen Kältesatz ist praktisch unmöglich. Außerdem ist es fraglich, ob die übrigen Komponenten für die erhöhte Leistung geeignet sind. Es wird deshalb empfohlen, die vorhandenen Kältemaschinen durch einen Verbundkältesatz höherer Leistung zu ersetzen und die Anlage außerdem von Binäreis auf ein Glykol-Wassergemisch umzurüsten. Die vorhandenen Rohrleitungsquerschnitte wären dafür geeignet.

Das ausführliche Gutachten finden Sie umseitig.

Binäreisanlage zur Klimatisierung von Pflanzenzucht-kammern

Stichwörter: Klimakammer; Binäreisanlage; Funktionsmängel;

Streitpunkt: Funktionsmängel der Binäreis-Anlage zur Klimatisierung von Pflanzenzucht-kammern

GUTACHTEN

1. Grundlagen

Es liegen zugrunde:

- Der dem Sachverständigen ... erteilte Auftrag zur Beurteilung der Verfahrens- und Sicherheitstechnik an der Binäreis-Anlage im
- die vom Sachverständigen ... durchgeführte Ortsbesichtigung;
- das ... erstellte Protokoll des vorgen. Besichtigungstermins (als Anlage 1 dem Gutachten beigelegt);
- Unterlagen zu der zu untersuchenden Anlage, d.s:
 - Beschreibung der Klimakammern (Anlage 2);
 - Aufbau und Funktionsweise der Klimakammer (Anlage 3);
 - Anlagenschema der NH₃-Kältemaschineneinheiten, (Anlage 4)
 - Aggregatplan (Anlage 5);
 - Datenblätter zum sensiblen Wärmeübertrager samt Maßskizze (Anlage 6);
 - Datenblätter zum latenten Wärmeübertrager samt Maßskizze (Anlage 7);
- Anordnungsplan der 6 Klimakammern / Binäreis-Anlage, (Format A 1);
- E-Mail-Nachricht ... bezüglich geänderter Anforderungsdaten (Anlage 8);
- zum Auftragsinhalt durchgeführte Untersuchungen und Berechnungen, auf die nachstehend eingegangen wird.

2. Gegenstand und Anlass der Untersuchung

Gegenstand der Untersuchung sind sechs der Pflanzenzucht dienende Klimakammern, deren Kälteversorgung durch eine Binäreis-Kälteanlage erfolgt. Auf Einzelheiten der Anlage wird weiter unten eingegangen.

3. Anlass der Untersuchung

Anlass der Untersuchung sind Funktionsmängel der Gesamtanlage. Diese betreffen sowohl die in den Klimakammern einzuhaltenen Klimazustände als auch die Binäreis-Anlage.

4. Aufgabenstellung

4.1 Aufgabenstellung gemäß Beauftragung

Die Aufgabenstellung lautet auf Beurteilung der Verfahrens- und Sicherheitstechnik an der Binäreis-Anlage im Gebäude

Vor allem ist zu klären, ob die Kälteversorgung von Binäreis auf ein Glykolgemisch umgestellt werden kann.

4.2 Sonstige Anlagenmängel

Im Zuge der Lastermittlung war eine Einbeziehung des Klimateils unvermeidbar. Ohne Behebung der hierbei festgestellten Mängel ist ein ordnungsgemäßer Betrieb der Gesamtanlage auch bei Umstellung von Binäreis auf ein Glykolgemisch künftig nicht möglich.

5. Anlagenbeschreibung

Die Beschreibung beschränkt sich auf Daten, die für die Begutachtung von Bedeutung sind.

5.1 Kälteanlage

5.1.1 Kälteerzeuger

Verdichterkreise	2
Kälteträger	Binäreis („Flo-Ice“)
Verdichtertyp	Type F14/1166 NH ₃

5.1.2 Kältespeicher

Volumen	25 m ³
---------	-------------------

5.1.3 Pumpen

5.1.3.1 Hauptpumpen je Kammer

Anzahl	2 Stück (latent und sensibel)
--------	-------------------------------

5.1.3.2 Pumpe Sole-Bypass

Anordnung	Zwischen Pufferspeicher und Eiserzeuger
Anzahl insgesamt	1 Stück

5.2 Klimadaten

5.2.1 ursprüngliche Daten gem. Anlage 2

Temperatur	+12 ... +40°C (mit Beleuchtung) + 5+40°C (ohne Beleuchtung)
Temperaturtoleranz	30...80% r.F. (mit Beleuchtung) 30...95% (ohne Beleuchtung)
Feuchtetoleranz	+/-4% r.F.

5.2.2 Geänderte Klimadaten (Anlage 8)

Temperaturbereich	+5 bis +35°C
Taupunkttemperatur	+1°C
r.F. bei +5°C	ca. 80%
r.F. bei +10°C	ca. 55%
r.F. ab +12°C	ca. 40%

Der Regelbereich ist in Anlage 9 eingetragen.

5.2.2 Klimakammern

5.2.1 Anzahl, Hersteller, Maße

Anzahl	6
Wandstärke	100 mm
Außenmaße	B 2750 x T 2900 x H 3200 mm (A1-A6)
Prüfraummaße	B 2500 x T 2800 x H 3100 mm (A1; A3; A4; A6) B 2550 x T 2800 x H 3100 mm (A2; A5)
Grundfläche (innen)	7,14 m ²
Innenvolumen	22 m ³
Höhe unter den Lampen	1950 mm

5.2.2 Ausstattung

5.2.2.1 Luftumwälzung und Windgeschwindigkeit

Volumenstrom	3500 ... 16000 m ³ /h
Windgeschwindigkeit	0,2 – 0,5 m/s

5.2.2.2 Frischluftzufuhr

Volumenstrom	20...100 m ³ /h (regelbar)
--------------	---------------------------------------

5.2.2.3 Latenter Wärmeübertrager und Befeuchter

Wärmeübertrager	Luft-Wasser-Wärmetauscher weitere Daten siehe Anlage 7
-----------------	---

Befeuchtung	Ultraschallbefeuchter
-------------	-----------------------

5.2.2.4 Sensibler Wärmeübertrager und Heizung

Wärmeübertrager	Typ P40-16AR5R12T870A-4,0Pa Cu/AlMg2,5
-----------------	--

Heizung	elektrisch 12 kW
---------	------------------

5.2.2.5 Lüfter

Typ AND 315-5

5.2.2.6 Leuchten

Anzahl je Kammer 20
Lichtleistung je 400 W
Anschlussleistung je 450 W (Pos. 10 von Anlage 3)

5.2.2.7 Lampen

Anzahl je Kammer 24 Stück
Leistung je 60 W

5.2.2.8 Luftverteilung

Methode Textilschläuche
Anzahl je Kammer 16 Stück
Maße Durchmesser 170 mm; Länge 1900 mm
Material Polypropylen

6. Kältebedarf je Kammer

6.1 Kammertemperatur +12°C (mit Beleuchtung)

lfd.	Position	Leistung in W	
		errechnet	lt.Unterlagen eingesetzt
1	Leuchten 20 Stck. à 400W Anschlussleistung à 450 W (Anlage 3)	9.000	9.000
2	Leuchtstoffröhren 24 Stck.à 60 W (Anlage 3)	1.440	1.440
3	Außenluftabkühlung 100 m ³ /h	600	1.000
4	Transmissionsswärme	400	350
5	Mess-u.Zusatzaufbauten		3.650
6	Entfeuchtung	1.700	1.700
7	Ventilatoren	2.200	2.000
	Summe		16.340
	8. Zuschlag für Personenwärme, Begehung u.a.(ca. 5%)		820
	Summe je Kammer		17.160

6.2 Kammertemperatur +5°C (ohne Beleuchtung)

lfd.	Position	Leistung in W	
		errechnet	lt.Unterlagen eingesetzt
1	Leuchten		entfällt
2	Leuchtstoffröhren 24 Stck.à 60 W (Anlage 3)	1.440	1.440
3	Außenluftabkühlung 100 m ³ /h	800	800
4	Transmissionswärme	600	350
5	Mess-u.Zusatzaufbauten		3.650
6	Entfeuchtung	1.700	1.700
7	Ventilatoren	2.200	2.000
	Summe		7.740
	9. Zuschlag für Personenwärme, Begehung u.a. (ca. 5%)		400
	Summe je Kammer		<u>8.140</u>

*) geschätzt

Erwartungsgemäß ergibt sich der Kältebedarf aus dem Betriebsfall mit Beleuchtung, der somit für die Kältemaschinenleistung von Bedeutung ist.

7. Kältemaschinenleistung

7.1 Bemessungsdaten

Kammerleistung aus 5.1: 17.160 W	
6 Kammern	102.960 W
+ Pumpen (s. Anlage 3)	<u>1.500 W</u>
Summe	104.460 W
+ Transmissionsverluste (Speicher, Rohrleitungen (ca. 5%))	<u>3.100 W</u>
gesamte Kältemaschinenleistung	107.560 W

7.2 Betriebsbedingungen

7.2.1 Verdampfungstemperatur

- Taupunkttemperatur	+1°C
- Glykologemischaustrittstemperatur aus sensiblem Kühler	- 3°C
- Speichertemperatur	- 8°C
- Verdampfungstemperatur	-13°C.

7.2.2 Verflüssigungstemperatur

Für Luftkühlung (+32°C Außenluft)	+40°C
-----------------------------------	-------

7.2 Verdichterleistung (Anlage 10)

Lt. Anlagendaten je Verdichter	$\dot{Q}_0 = 42.727 \text{ W}$
X 2 Verdichter	85.455 W

7.3 Leistungsvergleich

Kältebedarf	107.560 W
Verdichterleistung	85.455 W
Minderleistung	22.105 W
Entspr. 20,5%	

7.4 Folgerung

Die Kältemaschinenleistung ist zu gering.

7.5 Änderungsmaßnahmen

Zur Erhöhung der Verdichterleistung wäre es erforderlich, einen weiteren, 3. Verdichter zu ergänzen. Es ist zweifelhaft, ob die zugehörigen Komponenten für die erhöhte Leistung geeignet sind. Hinzu kommt, dass die Kältemaschinen als Aggregate aufgebaut sind, so dass eine Ergänzung eines weiteren Verdichters praktisch nicht möglich ist.

Weiterhin ist weder nicht bekannt, ob die Eiserzeuger für die erhöhte Leistung geeignet sind, noch ob sie von Binäreis auf ein Glykolegemisch umgestellt werden können.

Es wird daher empfohlen, die Kältemaschinen kpl. zu ersetzen. Empfehlenswert wäre 1 gemeinsamer Verbundkältesatz Kältesatz mit 2 Kälteverdichtern, die über einen Plattenwärmeübertrager ein Glykol-Wassergemisch mit einer Konzentration von 30% abkühlen.

Als Kältemittel wäre R 404 A geeignet, womit die erhöhten für NH₃ geltenden Sicherheitsvorschriften entfielen.

8. Kältespeicher

Dieser wäre mit 25 m³ Fassungsvermögen für ein Glykolegemisch weit überdimensioniert. Der in Beton gefertigte Speicher ist nicht mehr zu verwenden. Erforderlich ist ein Stahlspeicher mit 5 m³ Fassungsvermögen.

9. Kälteträgernetz (bisher Binär-Eis, künftig Glykolegemisch)

Die Nachrechnung der Rohrquerschnitte ergab, dass das Netz auch für ein Glykolegemisch geeignet ist.

Als Kälteträger käme ein Glykolegemisch mit einem ca. 30%igen Glykoleanteil in Frage.

10. Klimakammern

10.1 Wärmeübertrager

10.1.1 Sensibler Wärmeübertrager

10.1.1.1 Daten lt. Datenblatt (Anlage 6) sind angegeben:

Lamellenseite	
Durchflussmenge (Luftvolumenstrom)	3.300 m ³ /h
Eintrittstemperatur	-5°C
Austrittstemperatur/Feuchtkugeltemperatur	-6,8°C
Leistung	2,89 kW
Oberfläche	32,9 m ²
Rohrseite	
Medium	Ethanol 30%
Durchflussmenge	0,98 l/s
Eintrittstemperatur	-9°C
Austrittstemperatur	-8,3°C

Für 4 Wärmeübertrager je Kammer ergeben sich damit:

Luftvolumenstrom	13.200 m ³ /h
Leistung	11,56 kW

10.1.1.2 Geforderte Daten

Die neuen Daten ergeben sich wie folgt:

Luftvolumenstrom je Wärmeübertrager:	4.000 m ³ /h
Leistung je Wärmeübertrager	4,29 kW
Glykolgemisch Eintritts-Temperatur	+6°C
Glykolgemisch Austritt-Temperatur	+8°C
Luft Eintrittstemperatur	+12°C
Luft Austrittstemperatur	+8,75°C.

Lt. Rücksprache mit der .. folgt:.....

10.1.2 Latenter Wärmeübertrager

10.1.2.1 Gegebenheiten

Der Wärmeübertrager ist innerhalb der Klimakammer angeordnet und mit einem Lüfter ausgestattet. Der Taupunktbetrieb bewirkt damit eine Beeinträchtigung der einzuhaltenden Raumdaten, vor allem der Raumluftfeuchte.

Der Wärmeübertrager ist daher an der jetzigen Stelle unangebracht und muss an einen das Raumklima nicht beeinflussenden Ort versetzt werden (Deckenhohlraum).

10.1.2.2 Folgerung

Der neue Wärmeübertrager muss den dortigen räumlichen Gegebenheiten angepasst werden und ist daher nicht mehr zu verwenden.

10.1.2.3 Daten des künftigen Wärmeübertragers

Entfeuchterleistung	2 l/h
Glykolegemisch Eintritts-Temperatur	-2°C
Glykolegemisch Austritts-Temperatur	0°C
Luft Eintritts-Temperatur	+5°C
Luft Austritts-Temperatur	+1°C (Taupunkt).

10.2 Nacherhitzer

Für diesen gilt dasselbe wie für den latenten Wärmeübertrager. Eine Weiterverwendung ist nicht möglich.

10.3 Luftschläuche

Nachteilig ist, dass damit keine gerichtete Strömung in Richtung Pflanzen erzielt wird.

Es wird empfohlen, die Schläuche zu entfernen, beidseitige, über die Gesamthöhe reichende Druckkammern anzubringen. Oberhalb der Höhe der Tischkanten erfolgt die Luftzufuhr zu den Pflanzen mittels Kunststoffmatten, womit eine genau gerichtete Strömung von maximaler Geschwindigkeit von ca. 0,5 m/s erreicht wird. Unterhalb der Höhe der Tischkanten werden Austrittsgitter angebracht, durch welche der Hauptluftstrom in die Kammer gelangt. Eine Beeinträchtigung der Pflanzen kann hierdurch nicht erfolgen.

10.4 Umwälzventilatoren

Die derzeitige Anordnung der Axialventilatoren hinter den Luftkühlern führt zu einer Nacherwärmung der konditionierten Luft. Der Nachteil wird verhindert, indem hierfür geeignete Ventilatoren vor den Kühlern angebracht werden.

11. Vorzuschlagendes Umbaukonzept

11.1 Kälteversorgung

Die beiden NH₃-Aggregate werden durch einen Verbundkältesatz mit R 404 A als Kältemittel ersetzt. Die Kühlung des 30%igen Glykolegemisches erfolgt mittels eines gemeinsamen, geschweißten Plattenwärmeübertragers. Einbau eines gemeinsamen Gemischspeichers mit einem Fassungsvermögen von 5 m³.

Beibehaltung des bisherigen Binäreis-Kälte-trägernetzes für das Glykolegemisch. Das Gemisch wird konstant mit einer Vorlauf-Temperatur von -3°C betrieben.

11.2 Klimakammern

11.2.1 Luftaufbereitung

Die kpl. Luftaufbereitung erfolgt oberhalb der abgehängten Decke (über den leuchten). Die Luftzufuhr durch Ventilatoren erfolgt in Höhe dieser Decke, somit in Strömungsrichtung gesehen vor den latenten Kühlern. Ebenfalls noch vor den Kühlern würden die Erhitzer angebracht. Der sensible Kühler befindet sich ebenfalls im Deckenhohlraum und ist nicht zwangsbelüftet.

11.2.2 Luftverteilung

Für die Luftverteilung in die Kammer wird eine zusätzliche Wand in Ebene der bisherigen Luftkästen angebracht. Eine Verringerung des nutzbaren Raumes erfolgt nicht. Der Luftaustritt in die Kammer erfolgt Tischhöhe durch Vliese, unterhalb Tischhöhe durch Auslassgitter.

11.2.3 Wärmeübertrager

Die 4 vorhandenen sensiblen Kühler je Kammer werden wegen zu geringer Leistung gegen 4 leistungsstärkere ersetzt. Der latente Wärmeübertrager ist ebenfalls zu ersetzen. Die Regelung der sensiblen Kühler erfolgt durch Beimischung, die des latenten Kühlers durch Taktventile.

11.2.4 Steuer- und Regelungstechnik

Die kpl. Steuer- und Regelungstechnik ist gegen ein auf das neue Konzept abgestimmtes System zu ersetzen.

11.3 Realisierung

Im Umbaufall ist eine sorgfältige Bestandsaufnahme vor Ort durchzuführen; sämtliche Werte und Auslegungsdaten sind nachzurechnen.

Es wird empfohlen, ein namhaftes Fachunternehmen mit dem Umbau zu beauftragen. Referenzen über bereits ausgeführte Sanierungsmaßnahmen sind vorzuweisen.