

Konzepte zur modellhaften technologischen Modernisierung von Ammoniakkälteanlagen in Kühlhäusern der Russischen Föderation zur Verbesserung der Anlagensicherheit und der Wirtschaftlichkeit und zur Reduzierung der ökologischen Gefährdung

FKZ 380 01 016

Band I

Berlin im Dezember 2001

Der vorliegende Abschlußbericht ist vertraulich! Seine Wiedergabe und Vervielfältigung bedarf der Zustimmung des Umweltbundesamtes Berlin.

Fachliche Federführung: Herr Winkelmann
Umweltbundesamt Berlin; Bereich Anlagensicherheit

Projektteam:	Herr Abreimow	Russisches Zentrum „Chlorsicherheit“
	Herr Dr. Bormann	Grasso GmbH, Moskau
	Herr Gusew	AG „Moskworezkoje“
	Herr Dr. Herzog	WTTC, Berlin
	Frau Dr. Mednikowa	Gesamtrussisches Forschungs- und Projektierungsinstitut für Kälteanlagen
		Russisches Zentrum „Chlorsicherheit“
	Herr Mislawsky	AG „Chladokombinat 7“
	Herr Nechajew	Grasso GmbH, Moskau
	Herr Nikonow	Grasso GmbH, Moskau
	Herr Rotaru	Grasso GmbH, Berlin
	Herr Salwick	WTTC, Berlin
	Herr Dr. Sojref	Russisches Zentrum „Chlorsicherheit“
	Herr Dr. Jagud	

Expertenteam:	Herr Baranow	Gosgortekhnadsor der RF
	Herr Iwanow	Moskauer Verwaltung von Gosgortekhnadsor der RF
		BMU
	Herr Dr. Pettelkau	Moskauer Verwaltung von Gosgortekhnadsor der RF
	Frau Kostjukowa	UNECE
		Gosgortekhnadsor der RF
	Herr Ludwiczak	UBA
	Dr. Schatalow	
Herr Winkelmann		

Zuwendungsempfänger: WTTC, Berlin

Partner in Rußland: Russisches Zentrum „Chlorsicherheit“

Partner in Deutschland: Grasso GmbH, Berlin

Vorhabenszeitraum: 15.9.2000 – 31.7.2001

Berichtskennblatt (deutsch)

Berichtsnummer		
1.	2.	3.
4. Titel des Berichts Beratungshilfe für den Umweltschutz in Russland: Project „Umwelttechnologie – Transfer zur Erhöhung der Anlagensicherheit am Beispiel von Ammoniak“		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) A.P. Abreimow, O. Bormann, W.M. Gusew, M. Herzog, , B. Jagud, N.M. Mednikowa, N.O. Mislowski, P. Molitor, D. Sojref		8. Abschlußdatum August 2001
		9. Veröffentlichungsdatum
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) WTTC - Werkstoffe und Technologien, Transfer und Consulting Rudower Chaussee 29 (OWZ) 12489 Berlin		10. UFOPLAN - Nr. FKZ: 380 01 016
		11. Seitenzahl 185
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Seeckstr. 6-10, 14191 Berlin		12. Literaturangaben 21
		13. Tabellen und Diagramme 12
		14. Abbildungen 10
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Den Kern des Projektes bildete die Erarbeitung von Konzepten zur modellhaften technologischen Modernisierung von Ammoniakkälteanlagen in Kühlhäusern der Russischen Föderation zur Verbesserung der Anlagensicherheit und der Wirtschaftlichkeit und zur Reduzierung der ökologischen Gefährdung. Der hohe Modernisierungsbedarf resultiert aus den in der Vergangenheit geringen Investitionen und stellt ein Gefährdungspotential dar. Durch den Ausstieg aus den FCKW-Technologien erlebt das exzellente Kältemittel Ammoniak eine Renaissance, ist aber wegen seiner Toxizität als Gefahrstoff zu besorgen. Ausgehend von einer detaillierten Ist-Stand Analyse wurden für zwei Moskauer Betriebe (AG Moskworezkoje und Chladokombinat 7) modellhafte Konzepte ausgearbeitet, die mit ihren von der russischen Aufsichtsbehörde Gosgortekhnadsor empfohlenen Maßnahmenkatalogen auf eine Reihe weiterer Anlagen übertragbar sind. In der favorisierten Projektierung wird u.a. durch die Einführung eines sekundären Kühlkreislauf und anderer moderner technologischer Komponenten die Ammoniakfüllmenge auf ca. 10% der gegenwärtigen reduziert. In enger Kopplung mit der technologischen Modernisierung wurden Vorschläge zur Novellierung der russischen Regel zu Auslegung und Betreibe von Ammoniakkälteanlagen (PB 09-220-98) im Sinne einer Angleichung an die EN-378 unterbreitet.		
17. Schlagwörter Russische Föderation, Ammoniakkälteanlagen, Modernisierungskonzepte, Anlagensicherheit, Novellierung technischer Regeln		
18. Preis	19.	20.

Berichtskennblatt (englisch) / Report information sheet

1. Report No.	2.	3.
4. Report Title Consulting assistance for environmental protection in Russia: project "Environmental technology – transfer to improve the plants safety using the example of ammonia"		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) A.P. Abreimow, O. Bormann, W.M. Gusew, M. Herzog, , B. Jagud, N.M. Mednikowa, N.O. Mislowski, P. Molitor, D. Sojref		8. Report Date august 2001
		9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) WTTC - Werkstoffe und Technologien, Transfer und Consulting Rudower Chaussee 29 (OWZ) 12489 Berlin		10. UFOPLAN – Ref.No. FKZ: 380 01 016
		11. No. of pages 185
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Seeckstr. 6-10, 14191 Berlin		12. No. of References 21
		13. No. of tables, Diagrams 12
		14. No. of Figures 10
15. Supplementary Notes		
16. Kurzfassung The focus of the project is the drawing up of conceptions for an exemplary modernisation of ammonia refrigeration plants in cold storage depots in the Russian Federation to improve the safety and cost effectiveness and to reduce ecological threats. The high necessity of modernisation is a result of the low investments in the past and forms a endangering potential. By the stop of FCHC application the excellent refrigerant ammonia gained a renaissance, but it is a hazardous substance too. Starting with detailed stocktaking, model-like conceptions for two plants based in Moscow (AG Moskworezkoje and Chladokombinat 7) were elaborated. The Russian supervisory board Gosgortekhnadsor recommended the catalogue of measures for general application in other plants. The amount of circulating ammonia will be reduced in the favorite proposed version to 10 % of the present filling. Close connected with the technological modernisation proposals for the amendment of the Russian rule concerning construction and operation of ammonia refrigeration plants (PB 09-220-98) were made, allowing a harmonisation with EN 378.		
17. Schlagwörter Russian Federation, ammonia refrigeration plants, conceptions of modernisation, safety, amendment of rules		
18. Price	19.	20.

Berichtskennblatt (russisch)

Номер отчета		
1.	2.	3.
4. Название отчета Консалтинговая помощь в области охраны окружающей среды в России: проект «Трансфер технологий в области охраны окружающей среды с целью повышения промышленной безопасности на примере аммиачных установок»		
5. Автор(ы), фамилия, имя А.П. Абреимов, О. Борманн, В.М. Гусев, М. Херцог, Б.Ю. Ягуд, Н.М. Медникова, Н.О. Миславский, П. Молитор, Д. Сойреф		8. Дата завершения август 2001
		9. Дата публикации
6. Исполнитель (название, адрес) WTTC - Werkstoffe und Technologien, Transfer und Consulting Rudower Chaussee 29 (OWZ) 12489 Berlin		10. UFOPLAN - Nr. FKZ: 380 01 016
		11. Страниц 185
7. Заказчик (название, адрес) Федеральное ведомство охраны окружающей среды, Bismarkplatz 1, 14193 Berlin		12. Литературных ссылок 21
		13. Таблиц и диаграмм 12
		14. Рисунков 10
15. Дополнительные данные		
16. Краткое содержание Основу проекта составляет разработка концепций модельной технологической модернизации аммиачных холодильных установок в холодильниках Российской Федерации с целью повышения промышленной безопасности и экономичности и уменьшения потенциала экологической опасности. Необходимость модернизации обуславливается низким уровнем инвестиций и существующим потенциалом опасности. Отказ от технологий, связанных с применением FCKW, привел к ренессансу аммиака, являющегося прекрасным хладагентом, обращение с которым вследствие его токсичности требует соблюдения мер безопасности обращения с опасными веществами. На базе детального анализа сложившейся ситуации были разработаны модельные концепции модернизации для двух московских предприятий – АО «Москворецкое» и АО «Хладокомбинат 7». Рекомендовано применение составленных каталогов мероприятий для подобных установок. В предпочитаемом варианте модернизации достигается снижение количества аммиака до примерно 10 % от исходного количества в т.ч. за счет применения схемы с вторичным хладагентом и прочих современных технологических компонентов. В непосредственной связи с вопросами технологической модернизации были разработаны предложения относительно новелирования российских «Правил устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок» в аспекте их гармонизации с нормативами EN-378.		
17. Ключевые слова Российская Федерация, аммиачные холодильные установки, концепции модернизации, промышленная безопасность, новелирование технических предписаний		
18. Цена	19.	20.

INHALTSVERZEICHNIS

Band I

1. Veranlassung und Vorhabensziele	1
2. Ablauf des Vorhabens	4
3. Sicherheitsaspekte	8
3.1 Der Kältemaschinenprozess	8
3.2 Betrachtung alternativer Kältemittel	9
3.3 Eigenschaften von Ammoniak	11
3.4 Sicherheitstechnische Anforderungen für Ammoniak-Kälteanlagen	12
4. Herangehensweise bei der Erstellung von Modernisierungskonzepten	16
5. Erarbeitung der Modernisierungskonzepte für die AG „Moskworezkoje“	20
5.1 Ergebnisse der Ist-Stand Analyse	20
5.2 Alternative Konzepte zur Modernisierung der Anlagen	29
6. Erarbeitung der Modernisierungskonzepte des AG „Chladokombinat 7“	40
6.1 Ergebnisse der Ist-Stand Analyse	40
6.2 Vorschläge zur Erhöhung der Sicherheit der bestehenden Anlage	45
6.3 Konzept der Totalerneuerung der Kälteversorgung	47
6.4 Maßnahmenkatalog für eine etappenweise Modernisierung	51
7. Erarbeitung von Vorschlägen zur Novellierung der russischen Regel PB-09-220-98 im Sinne einer Harmonisierung mit dem Standard EN 378 1-4	54
7.1 Struktur der normativen Regelwerke	54
7.2 Vergleichende Analyse von PB 09-220-98 und EN-378:2000	56
7.3 Vorschläge zur Novellierung der „Vorschriften für den Aufbau und die betriebstechnische Sicherheit von Ammoniakkälteanlagen“ (PB-09-220-98)	60
8. Finanzierung	65
9. Literaturverzeichnis	67

Band II (Dokumentenband liegt nur auf DEUTSCH vor)

10. Anlagen	68
10.1 Dokumente der Arbeitstreffen	68
10.1.1. Initialtreffen 8.12.2000	68
10.1.2. Arbeitsberatung 21.2.2001	73
10.1.3. Arbeitsberatung 9.4.2001	75
10.2 Abschlußseminar zum Vorhaben 17.5.2001	76
10.2.1 Teilnehmerliste	76
10.2.2 Tagesordnung	78
10.2.3 Ausgewählte Seminarmaterialien	80
10.3 Checkliste für die Durchführung der Ist-Stand Analyse	95
10.4 Übersetzung aus dem russischen „Vorschriften für den Aufbau und die betriebstechnische Sicherheit von Ammoniakkälteanlagen“	127
10.5 Veröffentlichung in "Refrigeration Business" 3.2001	184

1. Veranlassung und Vorhabensziele

Das Vorhaben wurde im Rahmen der Vereinbarung zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Russischen Föderation über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Umweltschutzes vom 28.05.1992 realisiert. Die Finanzierung erfolgte im Rahmen des Beratungshilfe-Programms des BMU für den Umweltschutz in Mittel- und Osteuropa sowie in den Neuen Unabhängigen Staaten.

Für die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Anlagensicherheit fungiert die russische Föderale Behörde für die technische Aufsicht in Industrie und Bergbau „Gosgortekhnadsor“ als Partner.

Die Notwendigkeit der Vorhabensrealisierung beruht auf der Tatsache, dass eine große Anzahl von gegenwärtig in der Russischen Föderation betriebenen Ammoniakkälteanlagen aufgrund folgender Mängel einen hohen Modernisierungsbedarf aufweisen:

- Überalterung der Anlagen, da ein beträchtlicher Anteil der Ausrüstungen in den 30-er bis 60-er Jahren in Betrieb genommen wurde und durch enormen Verschleiß und veraltete Technologien geprägt sind (z.B.: weit verbreitete direkte Kühlung mit NH_3 -führenden Rohrregistern, bei denen eine Kälteabnahme nur durch natürliche Konvektion erfolgt und folglich eine großflächige Auslegung der Wärmeaustauschflächen notwendig ist, Kälte-transport im Betriebsgelände über mehrere hundert Meter lange NH_3 -Rohrleitungen, hoher Verschleiß und mangelnde Dichtheit der Anlagen und Armaturen führt zu erheblichen technologischen Verlusten an Kältemittel, technologische Schemata unter Anwendung eines Zwischenkälte-trägers werden kaum angewendet);
- Die verwendeten Kühlsysteme erfordern den Einsatz großer Mengen umlaufenden Ammoniaks, was in Verbindung mit der verschlissenen Technik zu einem erheblichen Gefahrenpotential im Bezug auf die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Anlagen führt. Die Probleme werden dadurch verschärft, dass sich ein beträchtlicher Anteil dieser Anlagen in unmittelbarer Nähe der Wohngebiete von Großstädten (z.B. Moskau, St. Petersburg, Krasnojarsk) befindet und damit Havarien zu einer direkten Gefährdung der Bevölkerung führen können. Nach Einschätzung von Gosgortekhnadsor und anderen russischen Experten befinden sich alleine in Moskau und im Moskauer Gebiet ca. 40 Anlagen, die dringend modernisiert werden müssten;
- Der Betrieb dieser Anlagen ist unter den heutigen Bedingungen kaum wirtschaftlich, z.B. infolge eines unverhältnismäßig hohen Energieverbrauchs. So beträgt der Monatsverbrauch der AG „Moskvorezkoje“ ca. 1 Mio. kWh bei einer gegenwärtigen Ammoniakkapazität von ca. 80 t.

Diese Anlagen werden hauptsächlich für die Lagerung und Verarbeitung von Lebensmitteln eingesetzt und spielen somit eine wichtige Rolle für die Gewährleistung der Versorgung der Bevölkerung.

Das Hauptziel des Vorhabens ist das Aufzeigen von Möglichkeiten zur Ertüchtigung von bestehenden Ammoniakkälteanlagen unter sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Hierzu sollten exemplarische Modernisierungskonzepte für die Erhöhung der Anlagensicherheit und der Wirtschaftlichkeit von Kühllhäusern, vor allem mittels Reduzierung der Menge des umlaufenden Ammoniaks erarbeitet werden.

In Anbetracht der immer noch praktizierten Installation von mit FCKW-Kältemitteln betriebene Anlagen westlicher Provenienz in den MOE-Ländern, darunter auch in Russland, hat die Realisierung des Vorhabens zusätzlich einen erheblichen Stellenwert hinsichtlich des Bestrebens der Bundesrepublik, die Realisierung des Protokolls von Montreal zur Reduzierung der Treibhausgase, insbesondere der FCKW, zu unterstützen.

Einen besonderen Schwerpunkt sollte dabei der Transfer von in der Bundesrepublik vorhandenem Know-how und praktischen Erfahrungen bei der Untersuchung des Zustandes von bestehenden Ammoniakkälteanlagen (incl. Evaluierungsverfahren mit entsprechenden Checklisten) und bei der Erstellung von Modernisierungskonzepten sein. Dieses Ziel sollte in gemeinsamer Arbeit des deutsch-russischen Projektteams erreicht werden.

Das Vorhaben sollte an 2 exemplarischen Pilotobjekten – AG „Moskvorezkoje“ (Lebensmittelagerung) und „Chladokombinat 7“ (Speiseeisherstellung) – in Moskau durchgeführt werden, die von „Gosgortekhnadsor“ vorgeschlagen wurden.

Für diese beiden genannten Betriebe sollten, ausgehend von detaillierten Untersuchungen, modellhafte Konzepte zu deren Heranführung an den modernen Stand der Technik erarbeitet werden.

Die Konzepte sollten den Charakter eines Stufenkonzeptes besitzen und Vorschläge für alternative Lösungen beinhalten.

In die Konzepte sollten die Angebote deutscher Hersteller entsprechender Anlagen und Ausrüstungen eingearbeitet werden.

Bedingt durch die ehemals zentrale Leitung der Wirtschaft ist die technische Ausrüstung der Kühlhäuser des ganzen Landes vergleichbar. Somit können die bei den o.g. Betrieben angewendeten Verfahren, gewonnenen Untersuchungsergebnisse und entwickelten Konzepte zu Problemlösungen für eine Vielzahl von Anlagen in der Russischen Föderation eingesetzt werden. Hierzu sollten Maßnahmen realisiert werden, die die Dissemination der Vorhabensergebnisse ermöglichen. Dafür wurde parallel zur aktiven Einbeziehung eines breiten Kreises von Vertretern der russischen verantwortlichen Behörden, Projektierungsinstitute und Anlagenbetreiber in die Arbeit der deutsch-russischen Arbeitsgruppe ein Abschlussseminar durchgeführt, in dessen Rahmen die Präsentation und Diskussion der Vorhabensergebnisse stattfand.

Eine wichtige Rolle für die Bewältigung der Probleme bei der Erhöhung der Anlagensicherheit im Rahmen des gegenwärtig in der Russischen Föderation stattfindenden schwierigen Transformationsprozesses spielt die Novellierung des untergesetzlichen Regelwerkes. Deshalb beinhaltete das Projekt auch die Evaluierung der wichtigsten russischen Vorschriften zu Ammoniakkälteanlagen. Ausgehend vom entsprechenden Regelwerk in der Europäischen Union wurden im Rahmen der Tätigkeit der bilateralen Arbeitsgruppe Vorschläge zur Novellierung der russischen Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Ammoniakkälteanlagen erarbeitet, um so deren Harmonisierung mit den in der Europäischen Union geltenden Vorschriften zu initiieren.

Das Vorhaben reiht sich ein in die bilateralen deutsch-russischen Vorhaben auf dem Gebiet der Anlagensicherheit, die im Rahmen des Transform-Programms der Bundesrepublik Deutschland realisiert wurden.

Die Kontinuität der Arbeit kommt auch darin zum Ausdruck, dass für die Anlagen der AG Moskvorezkoje bereits während des in den Jahren 1997 – 1999 realisierten Vorhabens „Maß-

nahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit in Moskauer Betrieben“ ein Sicherheitsbericht erstellt wurde.

Dabei wurde u.a. die durch russische Experten erstellte Sicherheitsanalyse des Betriebes evaluiert und ein Maßnahmenkatalog für kurz-, mittel- und langfristig zu realisierende Maßnahmen aufgestellt. Ein Teil dieser Maßnahmen wurden bereits realisiert. Hervorzuheben ist dabei die bereits erfolgte Reduzierung der Menge des umlaufenden Ammoniaks von ursprünglich 140 t auf ca. 80 t, was zu einer entsprechenden Reduzierung des Gefährdungspotentials der Anlage geführt hat.

Eine weitere Verbesserung der Situation bedurfte einer intensiven Betrachtung der Möglichkeiten der Modernisierung von Ammoniakkälteanlagen mit dem Ziel der Erhöhung der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit des Betriebes der Anlagen unter Einbeziehung von in der Bundesrepublik reichlich vorhandenen Erfahrungen und Know-how.

Entsprechende Bitten wurden sowohl von Vertretern der russischen Umweltbehörden, der Stadtverwaltung von Moskau und den für den Vollzug des am 20.06.1997 verabschiedeten neues Gesetzes zur Sicherheit von Industrieanlagen verantwortlichen Behörden geäußert. So wurde Interesse an der Fortsetzung der Arbeiten auch im Brief des Vorsitzenden der russischen Aufsichtsbehörde „Gosgortekhnadzor“ Herrn W. Losowoj an Herrn Bundesminister J. Trittin vom 02.09.1999 signalisiert.

2. Ablauf des Vorhabens

Am Beginn des Vorhabens mit einer Laufzeit vom 15.09.2000 bis 31.07.2001 stand die Bildung eines bilateralen Arbeitsteams. Während eines Arbeitstreffens im September 2000 in Moskau wurde die personelle Zusammensetzung der Arbeitsgruppe mit der russischen Seite abgestimmt und auf der Arbeitsberatung am 8. Dezember 2000 in Moskau bestätigt.

Zum Projektteam gehörten außer Mitarbeitern von WTTC, Mitarbeiter der Firma Grasso International GmbH (Berlin – Moskau), Mitarbeiter des Russischen Zentrums für Chlorsicherheit Moskau, Vertreter der zu untersuchenden Moskauer Betriebe und führende Experten des WNIHI (Moskau) - Allrussisches Forschungsinstitut der Kälteindustrie (Forschungs- und Projektierungsinstitut).

Die Mitglieder des Projektteams:

Herr Abreimow	Russisches Zentrum „Chlorsicherheit“
Herr Dr. Bormann	Grasso GmbH, Moskau
Herr Gusew	AG „Moskvorezkoje“
Herr Dr. Herzog	WTTC, Berlin
Frau Dr. Mednikowa	Gesamtrussisches Forschungs- und Projektierungsinstitut für Kälteanlagen
Herr Mislawsky	Russisches Zentrum „Chlorsicherheit“
Herr Nechajew	AG „Chladokombinat 7“
Herr Nikonow	Grasso GmbH, Moskau
Herr Rotaru	Grasso GmbH, Moskau
Herr Salwick	Grasso GmbH, Berlin
Herr Dr. Sojref	WTCC, Berlin
Herr Dr. Jagud	Russisches Zentrum „Chlorsicherheit“

Eine direkte Beteiligung von Vertretern der angeführten russischen Einrichtungen ermöglichte die Einbeziehung von in der Russischen Föderation vorhandenem Fachwissen und Erfahrungen und stellte die Unterstützung bei der Verbreitung der Vorhabensergebnisse sicher.

Ein projektbegleitender Expertenausschusses wurde gebildet aus Vertretern des Bundesumweltministeriums (Herr Dr. Pettelkau), des Umweltbundesamtes (Herr Winkelmann), von Gosgortekhnadsor der Russischen Föderation (Herr Schatalow, Herr Baranow), der UNECE (Herr Ludwiczak) und der Moskauer Verwaltung von Gosgortekhnadsor (Herr Iwanow, Frau Kostrjukowa).

Die Auswahl der Betriebe, die im Rahmen des Vorhabens als konkrete Beispiele für eine Modernisierung dienen sollten – die Moskauer Unternehmen AG „Moskvorezkoje“ (Lebensmittellagerung) und „Chladokombinat 7“ (Speiseeisherstellung) - erfolgte im Rahmen der Vorbereitungsphase in Abstimmung mit den Vertretern der beteiligten russischen Behörden, mit den Experteninstitutionen und mit den Betrieben.

Die Erstellung von Modernisierungskonzepten zur Heranführung der Anlagen beider Betriebe an den Stand der Technik/Sicherheitstechnik erfolgte in Arbeitspaketen und beinhaltete:

- Durchführung einer Ist-Stand Analyse auf der Basis von Checklisten; die Gewinnung der notwendigen Informationen erfolgte hierbei in einem iterativen Prozess, der unter anderem Begehungen der Anlagen durch Mitglieder des Projektteams und des projektbeglei-

tenden Expertenausschusses umfasste. Nach Aufbereitung des Informationsmaterials erfolgte die Erstellung von Berichten für die jeweiligen Betriebe, die im Rahmen von Arbeitsberatungen zur Diskussion gestellt wurden. Die entsprechenden Berichte für die beiden Betriebe sind in die Kapitel 5 und 6 vorliegenden Werkes eingearbeitet worden. Das Material wurde zweisprachig erstellt und den Teilnehmern des Projektteams und den Mitgliedern des projektbegleitenden Expertenausschusses zur Verfügung gestellt;

- Erstellung von Modernisierungskonzepten durch Mitglieder des Projektteams und Diskussion alternativer Konzepte bei den Arbeitsberatungen. Die entsprechenden Projektierungsvorschläge für die beiden Betriebe sind in den Kapiteln 5 und 6 dieses Endberichts enthalten.

Die erarbeiteten Modernisierungskonzepte wurden während eines Abschlussseminars zum Vorhaben am 17. Mai 2001 in Moskau präsentiert.

Es zeigte sich, dass für die Projektierung von Kälteanlagen bzw. deren Modernisierung in Deutschland (bzw. den Ländern, in denen EN-Normen gelten) und Russland unterschiedliche sicherheitstechnischen Anforderungen gelten. Die Vorschriften in der Russischen Föderation weisen dem Ammoniak in der Regel ein vergleichsweise höheres und technisch schwerer zu kontrollierendes Gefährdungspotential zu, während die EN-Normen von einem höheren, auch sicherheitstechnisch wirksamen Automatisierungsgrad in den Anlagen ausgehen.

Eine Harmonisierung der russischen „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Ammoniakkälteanlagen“ (PB-09-220-98) mit den in der Europäischen Union geltenden Vorschriften (EN 378 1-4) dient letztendlich einer Vereinfachung der Erteilung von Betriebsgenehmigungen für Anlagen nichtrussischer, insbesondere deutscher Hersteller. Es wurden aus Sicht von Betreibern, Aufsichtsbehörden, Anlagenbauern und weiteren Experten die unterschiedlichen Standpunkte erörtert und technische wie organisatorische Lösungen für eine Annäherung ausgelotet.

Eine Evaluierung der Regelwerke durch das Projektteam mündete in der Erarbeitung von entsprechenden konkreten Vorschlägen, die in naher Zukunft bei einer Novellierung der PB-09-220-98 berücksichtigt werden. Die detaillierten Vorschläge wurden während des Abschlussseminars vorgestellt und werden in Kapitel 7 dieses Berichts behandelt.

Im Rahmen des Vorhabens war es notwendig die PB-09-220-98 ins Deutsche zu übersetzen, sie ist in der Anlage 10.4 enthalten.

Den russischen Experten wurden die Europäische Normen EN 378 1-4 und der Leitfaden des Technischen Ausschuss für Anlagensicherheit TAA-GS-12 „Sicherheitstechnische Anforderungen an Ammoniak-Kälteanlagen“ zugänglich gemacht.

Die koordinierende Rolle auf russischer Seite wurde entsprechend einem Vorschlag von Gosgortekhnadsor dem Institut Chlorbesopasnost (Russischen Zentrum für Chlorsicherheit), Moskau (Direktor Dr. Jagud) übertragen.

Das „Russische Zentrum Chlorsicherheit“ wurde 1992 auf Initiative von Gosgortekhnadsor eingerichtet und ging aus den Fachbereichen Sicherheitstechnik und Ökologie des „Staatlichen wissenschaftlichen Instituts für Forschung und Projektierung der Chlorindustrie“ hervor. Per Weisung von „Roskomchimneftprom“ (Russisches Komitee für chemische und erdölverarbeitende Industrie) wurde das „Zentrum für Chlorsicherheit“ zur Dachorganisation in Fragen der Sicherheitstechnik beim Umgang mit Chlor. Inzwischen beschäftigt sich das Zentrum auch sehr intensiv mit den Ammoniakkälteanlagen und fungiert auf diesem Gebiet als wissenschaftlich beratende Stelle für Gosgortekhnadsor. Die Haupttrichtungen der Tätigkeit des Zentrums sind:

- Durchführung von wissenschaftlichen Forschungs-, Projektierungs-, Konstruktions- und Versuchsarbeiten zur Technologieentwicklung und Modernisierung von Anlagen in explosions-, brand- und giftgefährdeten Produktionen;
- Durchführung von Untersuchungen bei Unternehmen; technische Expertise von Projekten, technische Dokumentation;
- Koordinierung der Tätigkeit von wissenschaftlichen Forschungs-, Projektierungs-, Konstruktions- und Produktionsunternehmen und Durchführung gemeinsamer komplexer Arbeiten auf dem Gebiet der industriellen Sicherheit von potentiell gefährlichen Produktionsanlagen.

Das Zentrum wurde von Gosgortekhnadsor mit der Erarbeitung der "Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Ammoniakkälteanlagen" beauftragt, die im Jahre 1998 angenommen wurden.

Um die Vorhabensergebnisse zu präsentieren und Multiplikationseffekte zu initiieren wurde am 17.5.2001 in Moskau ein Abschlussseminar durchgeführt. Hierbei wurde auch der Modellcharakter des Vorhabens, d.h. die Anwendbarkeit der Vorhabensergebnisse auf weitere Kühllhäuser Russlands aufgezeigt. Das Seminar wurde gemeinsam mit der russischen Aufsichtsbehörde Gosgortekhnadsor ausgerichtet. Während des Seminars wurden die Vorhabensergebnisse einem breiten Kreis von Vertretern der verantwortlichen russischen Behörden, der Projektierungsinstitute und der Anlagenbetreiber präsentiert. Außerdem wurden die Vorschläge der bilateralen Arbeitsgruppe zur Novellierung der russischen Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Ammoniakkälteanlagen in Sinne deren Harmonisierung mit den in der Europäischen Union geltenden Vorschriften zur Diskussion gestellt.

Die Tagesordnung ist in der Anlage 10.2.2 enthalten.

Die Bedeutung und Aktualität der im Rahmen des Vorhaben behandelten Problembereiche für die russische Föderation spiegelte sich auch darin wider, dass ca. 50 russischen Fachexperten am Abschlussseminar teilgenommen haben, darunter Vertreter von Einrichtungen wie:

- Gosgortekhnadsor,
- Ministerium für außerordentliche Situationen (EMERCOM),
- Moskauer Verwaltung von Gosgortekhnadsor
- Ministeriums für natürliche Ressourcen der Russischen Föderation,
- Gesamtrussisches Forschungs- und Projektierungsinstitutes für Kälteanlagen,
- Staatliches Projektierungsinstitut für Kälteanlagen („Giprochod“),
- AG „Promchod“ (Projektierung von industriellen Kälteanlagen),
- Chimchodservice GmbH (Projektierung von Kälteanlagen für die chemische Industrie),
- Projektierungsinstitut „Gipromjasomoloko“ (Kälteanlagen für die fleisch- und milchverarbeitende Industrie),
- Projektierungsinstitut „Giprorybhos“ (Kälteanlagen für die fischverarbeitende Industrie),
- „Techagropromservice“ (Kälteanlagen für Lebensmittellagerung und -verarbeitung) und regionales „Techagropromservice“ (Moskauer Gebiet),
- AG „Roter Oktober“ (Süßwarenhersteller),
- „Mosrybokombinat“ (einer der größten Betreiber von Fischlagerungshallen in der Russischen Föderation),
- Anlagebetreiber, darunter die, deren Ammoniakkälteanlagen im Rahmen des Vorhabens als exemplarische Objekte ausgewählt wurden - AG „Moskvorezkoje“ und „Chladokombinat 7“.

Die vollständige Teilnehmerliste ist in der Anlage 10.2.1 enthalten.

Von deutscher Seite trugen folgende Referenten mit ihren Fachvorträgen zur Veranstaltung bei:

- Herr Dr. Hafner (Regierungspräsidium Karlsruhe, Umweltamt Wiesbaden): Die Erfahrungen des Landes Hessen mit einem Sonderprogramm zur Überwachung von Störfallanlagen
- Frau Tschiedel (Umweltamt Frankfurt/Oder): Über die Probleme und Erfahrungen bei der Modernisierung von Ammoniakkälteanlagen in der Neuen Bundesländern entsprechend den in Bundesrepublik geltenden Vorschriften
- Herr Dr. Müller (Vertretung der Münchener Rückversicherung AG in der Russischen Föderation): Grundsätze und Erfahrungen bei der Versicherung des Risikos störfallrelevanter Anlagen

Die Vorträge der deutschen Referenten fanden regen Zuspruch bei den russischen Teilnehmern des Abschlussseminars und mündeten in eine lebhafte Diskussion.

Ausgewählte Vortragsmaterialien sind der Anlage 10.2.3 beigelegt.

Im Ergebnis der Diskussion zu den genannten Fragestellungen haben die Seminarteilnehmer beschlossen:

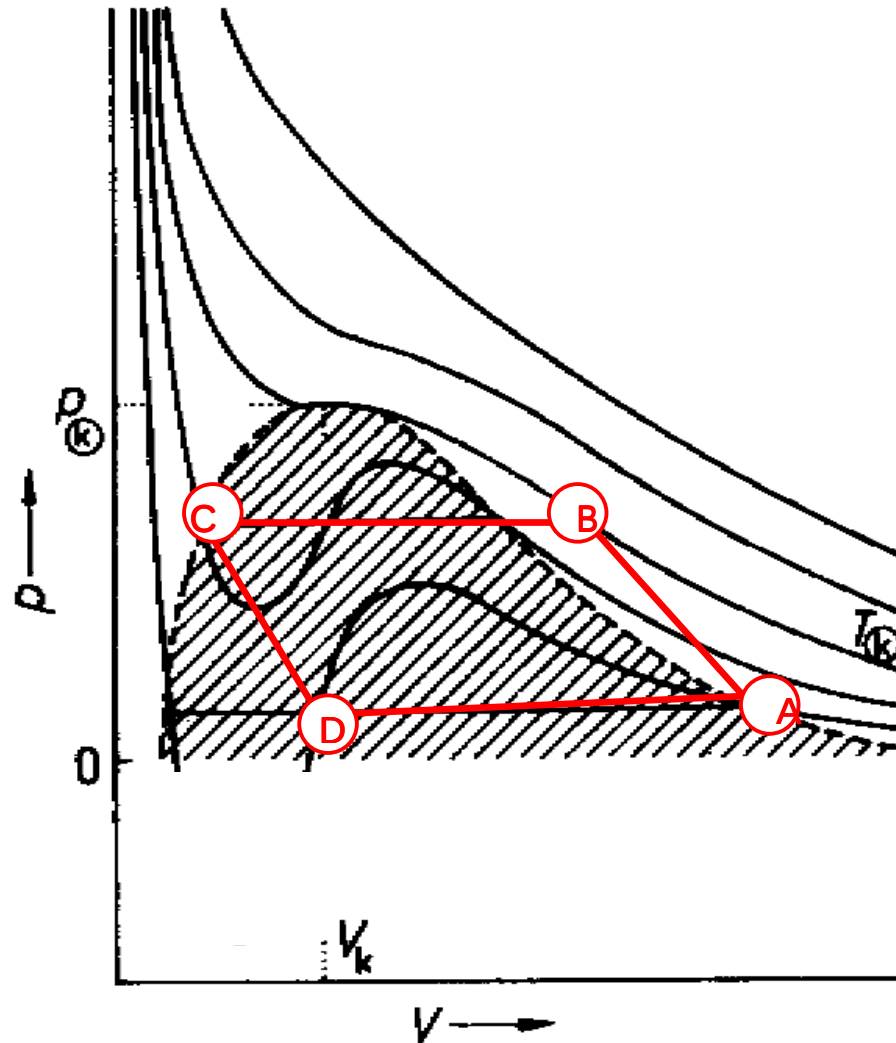
- die Ergebnisse des Vorhabens, d.h. die Checklisten, Modernisierungskonzepte, Maßnahmenkataloge und Novellierungsvorschläge werden von den Anwesenden positiv angenommen;
- den russischen Projektierungsorganisationen und Anlagenbetreibern wird vorgeschlagen bei der Modernisierung von Ammoniakkälteanlagen die für die AG „Moskwarezkoje“ und die AG „Chladokombinat 7“ ausgearbeiteten technischen Lösungen und Kataloge über kurz-, mittel und langfristige Maßnahmen, deren Realisierung eine Erhöhung der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und eine Reduzierung des ökologischen Gefahrenpotentials ermöglicht, anzuwenden
- bei einer Novellierung der russischen „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Ammoniakkälteanlagen“ (PB-09-220-98) die Vorschläge der Arbeitsgruppe für eine Harmonisierung mit den europäischen Normen (EN-378) zu berücksichtigen;
- den Unternehmen AG „Moskwarezkoje“ und AG „Chladokombinat 7“ wurde empfohlen die ausgearbeiteten Modernisierungskonzepte, deren Realisierung es gestatten würde:
 - die umlaufende Ammoniakmenge um bis zu 90 % zu senken,
 - die Ammoniakleitungen um 30% – 80% zu kürzen,
 - die Kälteverluste effektiv zu verringern und
 - das Sicherheitsniveau und die Wirtschaftlichkeit der Anlagen durch Verwendung optimierter technologischer Schemata und moderner Ausrüstungen zu erhöhenals Grundlage bei der Planung und Durchführung der Modernisierung der Kälteanlagen und Kühlkammern zu verwenden.

Die positive Bewertung des Vorhabens durch die russischen Fachkreise fand seinen Ausdruck auch darin, dass in der russischen Fachzeitschrift „Cholodilny Bisnes“ (Kältetechnik) (Nr. 3, 2001) über die Ergebnisse des Vorhabens und über das Abschlussseminar berichtet wurde.

3. Sicherheitsaspekte

3.1 Der Kältemaschinenprozess

Alle Gase können in einem gewissen Temperaturbereich als Kältemittel in Kompressionskälteanlagen eingesetzt werden.



p	Druck
V	Volumen
T	Temperatur
p_k, V_k, T_k	Kritische (stoffspezifische) Konstanten, oberhalb derer keine flüssige Phase existiert. Die schraffierte Fläche markiert den Flüssigkeitsbereich

Bild 3.1 Schematisches Zustandsdiagramm für ein Kältemittel

In obiger Abbildung stellen die Kurven Zustände gleicher Temperatur (Isothermen) dar. Die Zustandsänderungen sind durch rote Linien gekennzeichnet. Der Kältemaschinenprozess beginnt mit A-B, der adiabatische Kompression des gasförmigen Kältemittels durch den Kompressor. Im sogenannten Verflüssiger erfolgt unter Wärmeabgabe eine isobare Kondensation (B-C). Die Flüssigkeit wird an der Drossel entspannt und gelangt somit in den Niederdruckbe-

reich (C-D). Beim Kälteverbraucher findet eine isobare Verdampfung (C-D) statt und das gasförmige Kältemittel wird zum Kompressor zurückgeführt. Die rot umrandete Fläche entspricht der Kälteleistung des Systems.

Kompressionskälteanlagen werden somit von einem System von Druckbehältern gebildet. Für die industrielle Kälteerzeugung kommen Ammoniak-Kompressions-Kälteanlagen wegen ihrer hohen volumetrischen Kälteleistung am häufigsten zur Anwendung. Diese unterliegen der Druckbehälterverordnung (Druckbeh. V). Die „Leistungsziffer“ (Quotient zwischen abgegebener Wärmemenge und Energieverbrauch) liegt zwischen 2 und 3.

Stofflich gesehen läuft der Kälteprozess in zwei Teilkreisläufen ab; Kälteerzeugung und Kälteverbrauch.

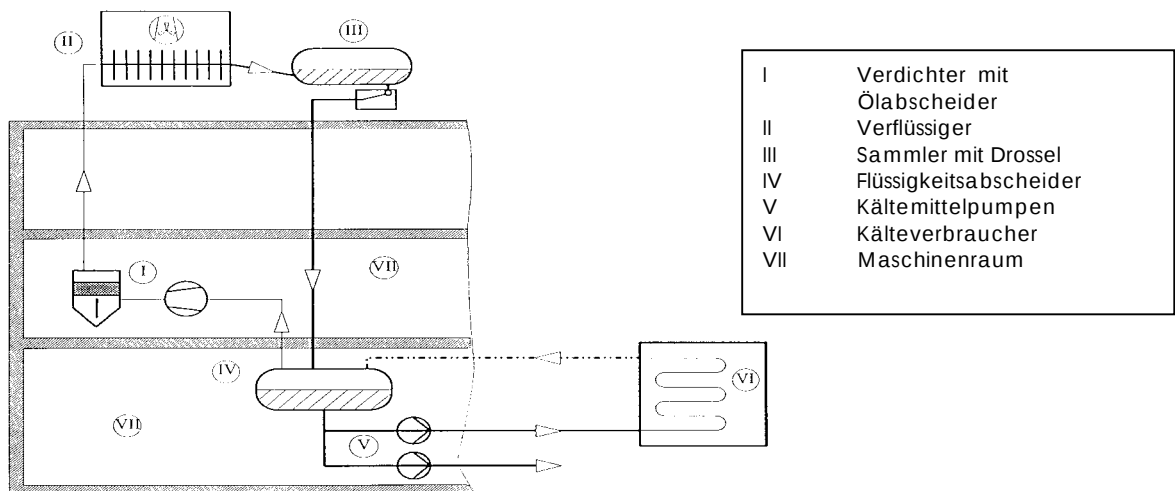


Bild 3.2: Schema einer Kälteanlage

Zur Kälteerzeugung wird aus dem Flüssigkeitsabscheider gasförmiges Kältemittel angesaugt, durch einen Verdichter komprimiert, durch Wärmeabgabe verflüssigt und in den Sammelbehälter geführt.

Zum Kälteverbrauch wird flüssiges Kältemittel zum Verbraucher gepumpt und von dort gasförmig bzw. als Zwei-Phasen-Stoffstrom zum Sammelbehälter zurückgeführt.

Die Kälteerzeugung erfolgt zumeist in einem speziellen Maschinenraum. Der Kälteverbrauch erfolgt dort - bei mittleren und großen Anlagen über einen Sekundärkreislauf - wo Kühlung benötigt wird.

Insbesondere bei mittleren und großen Anlagen ist eine zentrale Aufstellung der Kälteerzeuger und die Weiterleitung der Kälte mit einem ungefährlichen Kälteüberträger (z.B. indirekte Kühlung mit wässrigen Lösungen von Salzen oder Glycolen) sicherheitstechnisch vorteilhaft.

3.2 Betrachtung alternativer Kältemittel

In den letzten Jahrzehnten hatten synthetische Kältemittel (z.B. FCKW) auf Grund technologischer Eigenschaften wie geringe Toxizität und Nichtbrennbarkeit breite Anwendung gefunden.

Nach der Feststellung der schädigenden Wirkung dieser Substanzen auf die Erdatmosphäre hat die internationale Staatengemeinschaft mit dem Protokoll von Montreal 1987 den Ausstieg aus der FCKW-Anwendung und Produktion beschlossen.

Nach der am 1.10.2000 in Kraft getretenen Verordnung (EG) Nr. 2037/2000 wird auch die vermarktbar Menge R 22 (Chlordifluormethan) – das wichtigste teilhalogenierte Kältemittel (H-FCKW) - in den nächsten Jahren stark reduziert und bis 2010 auf Null zurückgeführt. Dadurch wird der Einsatz synthetischer Kältemittel zurückgedrängt und die natürlichen Kältemittel erleben eine Renaissance..

Die klimarelevanten Eigenschaften von Kältemitteln charakterisieren die beiden Parameter: **GWP₁₀₀** (Global Warming Potential / Treibhauseffekt in 100 Jahren), Bezugsgröße CO₂=1 **ODP** (Ozone Depletion Potential / Ozon-Zerstörungseffekt), Bezugsgröße R11=1

	GWP ₁₀₀	ODP
FCKW	10 ³	1
FKW	10 ³	0
Kohlenwasserstoffe	3	0
CO ₂	1	0
NH ₃	0	0
Luft, Wasser	0	0

Tab. 3.1: Vergleich klimarelevanter Eigenschaften verschiedener Kältemittel

Chlorfreie Kältemittel (FKW) sind mit ODP=0 geeignete Ersatzkältemittel, weisen aber mit GWP₁₀₀ im Bereich von 10³ ein um 2 Größenordnungen höheres Treibhauspotential auf als die natürlichen Kältemittel, deren wichtigsten Vertreter im Folgenden kurz erläutert werden.

Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe, wie Propan (R290), Propylen (R 1270) oder Isobutan (R600a) sind geeignete Kältemittel, aber brennbar und explosiv. Bei den in gewerblichen Systemen üblichen Kältemittelfüllmengen bedeutet dies eine Konstruktion der Kälteanlage in Explosionsschutzausführung. Die Kälteanlagen erfordern Sorgfalt hinsichtlich Sauberkeit und Restfeuchte. Für Kühlschränke in Wohnbereichen sind diese Kältemittel aber mittlerweile akzeptiert. Bei Verwendung dieser Kältemittel ergibt sich eine minimale Umweltbelastung [12].

Kohlendioxid

Langfristig werden möglicherweise auch die FKW Restriktionen unterliegen. FKW enthalten zwar kein Chlor, stellen aber durch ihr Treibhauspotential eine Umweltbelastung dar. Eine langfristige Alternative kann z.B. CO₂ sein, das im von uns betrachteten Rahmen weitestgehend umweltneutral ist. Die spezielle Problematik bei der Verwendung von CO₂ für höhere Temperaturen liegt einerseits am transkritischen Charakter des Prozesses und andererseits an der hohen Drucklage.

Bei gewöhnlichen Temperaturen wird der CO₂-Prozeß transkritisch (vergleiche Bild 3.1.). Hierbei wird auf der Hochdruckseite das Kältemittel nicht verflüssigt, sondern in einem Gas-kühler abgekühlt. Erst nach der Expansion wird das Zweiphasengebiet erreicht, und die Verdampfung erfolgt wie in herkömmlichen Kälteanlagen. Problematisch kann hier die Regelung des Hochdrucks werden, da der Verdichtungsdruck unabhängig von der Temperatur ist. Die hohe Drucklage – bis zu 120 bar werden erreicht – macht insbesondere im Hinblick auf die Druckfestigkeit des Verdichters und die Anforderung an das Triebwerk die Verwendung der herkömmlichen Verdichter unmöglich. [13]

Auf Grund seiner ausgezeichneten Wärmeübertragungseigenschaften ist CO₂ als Zwischenkälte-träger sehr geeignet und hat verbreitet Anwendung im Tiefkühlbereich gefunden.

CO₂ ist annähernd ungiftig und nicht brennbar, jedoch geruchlos, so dass bei Leckagen eine Warnwirkung (wie bei Ammoniak) ausbleibt.

Luft und Wasser

Umweltneutrale Stoffe im eigentlichen Sinne sind Luft und Wasser. In nahezu jedem Verkehrsflugzeug wird Luft zur Klimatisierung eingesetzt. Da Luftkälteanlagen im Normalkühlbereich energetisch schlechter als herkömmliche Anlagen sind, ist eine weite Verbreitung von Luftkälteanlagen z.Z. nicht absehbar.

Wegen des sehr niedrigen Verdampfungsdrucks (Vakuumbereich) erfordern Anlagen mit Wasser als Kältemittel hohe Volumenströme und müssen sehr speziell ausgeführt werden. Die Beherrschung dieser Technologie ist über den Labormaßstab noch nicht hinaus gekommen. Technisch ist eine Kühlung zudem nur bis 0 °C möglich. Durch Direktverdampfung und Kondensation sind allerdings keine Wärmetauscherflächen notwendig.

Ammoniak

Ammoniak ist eines der ältesten und bewährtesten Kältemittel und ist der klassischen Kältetechnik bestens vertraut. Seine thermodynamischen Eigenschaften sind exzellent, es verfügt über die höchste volumetrische Kälteleistung aller bekannten Kältemittel. Daher wird es überwiegend in Großkälteanlagen eingesetzt.

Ammoniak ist giftig und in gewissen Konzentrationen brennbar und explosionsfähig.

Ammoniak hat nach ISO 817 die Kältemittelnummer R-717 und ist in die Sicherheitsgruppe L2 eingruppiert.

Da Ammoniak zwar ein exzellentes Kältemittel, gleichzeitig aber auf Grund seiner Toxizität ein Gefahrstoff ist, sind besondere Maßnahmen für einen sicheren Betrieb der Anlagen notwendig. In Deutschland zählen seit 1993 Ammoniakkälteanlagen ab 3 t Ammoniak zu den genehmigungsbedürftigen Anlagen und unterliegen somit der Störfall-Verordnung (12. BimSchV).

3.3 Eigenschaften von Ammoniak

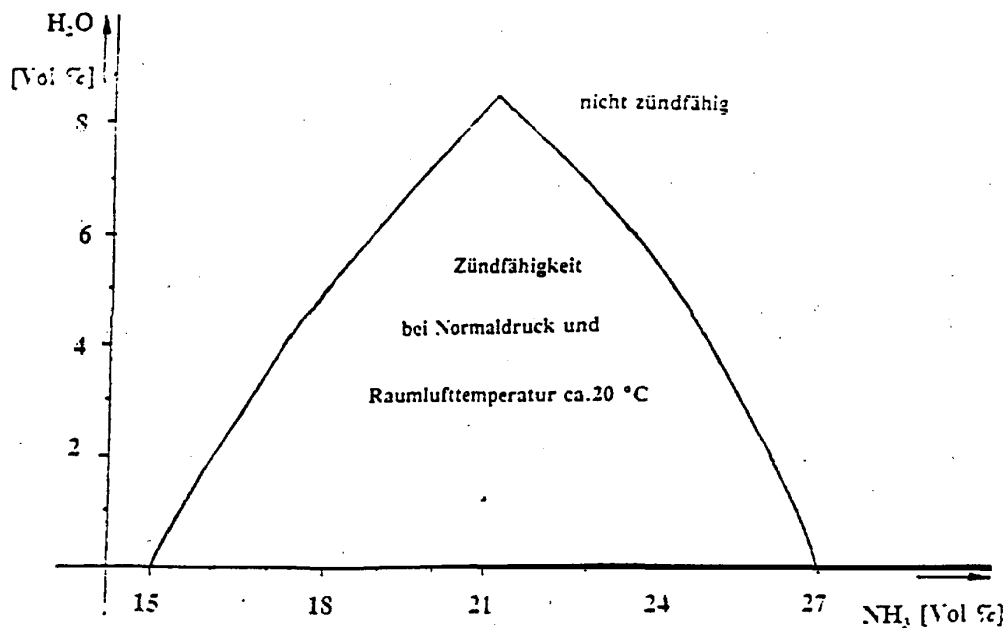
Physikalisch:

Dichte des Gases (0 °C, 1 bar):	0,771 kg/m ³ (d. h. leichter als trockene Luft, NH ₃ ist aber hygroskopisch und verhält sich bei einer Freisetzung wie ein Schwergas und breitet sich zunächst am Boden aus)
Schmelztemperatur	- 77,71 °C;
Siedetemperatur (bei 1 bar):	- 33,43 °C;
(bei 26 bar):	+ 60 °C
Verdampfungswärme (bei 1 bar):	1370 kJ/kg (etwa ein Drittel des Wasserwertes);
Zündtemperatur (bei 1 bar):	630 °C Temperaturklasse T 1, Ex-Klasse 11 A;

Chemisch:

- NH₃ zersetzt sich bei Temperaturen über 450 °C (und Normaldruck) in N₂ und H₂;
- NH₃ reagiert basisch;
- "trockenes" NH₃ greift Eisen und Stähle nicht an;
- in Anwesenheit von Luft und H₂O erfolgt eine langsame oberflächliche Korrosion;
- Buntmetalle (Cu, Zn) und ihre Legierungen werden durch Spannungsrisskorrosion sehr stark angegriffen.
- NH₃ - Dämpfe bilden mit trockener Luft Ex-Gemische (15 - 28 % NH₃), im Freien können sich unter mitteleuropäischen Klimabedingungen solche Gemische kaum bilden (Bild 3.3).

Bild 3.3: Zündgrenzen von NH_3 /Luft-Gemischen bei unterschiedlichem Wasserdampfgehalt



Biologisch:

ab 5 ppm	Geruch wahrnehmbar;
ab 20 ppm	Beginn einer Reizung der oberen Atemwege und der Augen;
ab 50 ppm	MAK-Wert erreicht; die meisten Menschen vertragen aber 100 ppm über längere Zeit;
ab 200 ppm	ERPG-2-Wert ¹ erreicht; Übelkeit, Kopfschmerzen; kann im Einzelfall lebensgefährlich sein;
ab 500-5000 ppm	nach wenigen Minuten tödlich (je nach den gegebenen Bedingungen);

Wassergefährdungsklasse: WGK 2 (wassergefährdender Stoff)

3.4 Sicherheitstechnische Anforderungen für Ammoniak-Kälteanlagen

Folgende Stoffdaten des Ammoniaks sind entscheidend für die Formulierung von sicherheitstechnischen Anforderungen für die Ammoniak-Kälteanlagen:

untere Alarmgrenze	500 ppm (EN 378-3, 2000), 200 ppm (TAA-GS-12, '97)
(Alarm, Lüftung setzt ein)	200-500 ppm (EN 8975)
obere Alarmgrenze	30 000 ppm = 3 Vol %
(automatische Abschaltung der Anlage einschließlich der Lüftung)	
untere Explosionsgrenze	15 Vol %
obere Explosionsgrenze	28 Vol %
Zündtemperatur	651 °C

¹ ERPG-2-Wert gilt für die maximale Gaskonzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden können, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. sich solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen können, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Durch die technische Lüftung der Maschinenräume der Ammoniakkälteanlagen wird die Bildung gefährlicher, explosionsfähiger Atmosphäre vermieden. Weitere Schutzmaßnahmen sind üblicherweise nicht erforderlich, wenn eine ausreichende Lüftung nachgewiesen werden kann. Somit müssen auch elektrische Betriebsmittel in den Räumen der Ammoniak-Kälteanlage nicht den Anforderungen an explosionsgefährdete Bereiche entsprechen.

Ausgetretene Gase/Dämpfe können mit einem Wassersprühstrahl niedergeschlagen werden (Auffangbecken der Kanalisation). Eine direkte Einwirkung eines Wasservollstrahls auf flüssiges Ammoniak fördert die Verdampfung und ist daher zu vermeiden. Gegebenfalls kann man die Flüssigkeit mit trockenem Schaum abdecken.

In den Räumen, in denen sich Anlagenteile mit flüssigem Ammoniak befinden, dürfen sich keine automatischen Wassersprühanlagen und Feuerlöscheinrichtungen mit Wasser befinden. Flüssiges Ammoniak liegt unter Normaldruck mit seiner Siedetemperatur von -33 °C vor, d.h. flüssig unter Druck austretendes Ammoniak kühlt sich auf -33 °C ab indem ein Teil (wegen der hohen Verdampfungswärme nur ca. 20%) unter den in Kälteanlagen herrschenden Bedingungen sehr schnell verdampft und die nötige Verdampfungswärme von ca. 1400 kJ/kg der Flüssigkeit entzieht.

Gemäß dem höchsten Stand von Wissenschaft und Technik ist es in Gebieten mit angrenzender Wohnbebauung anzustreben, die z. B. auf Dächern aufgestellten NH_3 - Kondensatoren doppelwandig und möglichst mit Zwischenraumüberwachung auszurüsten.

Die meisten übrigen Anlagenteile sind grundsätzlich in separaten Räumen (Maschinen- bzw. Kühlräume) untergebracht. Zunächst ist ihre Gefährdungspotential nur für den Arbeitsschutz bedeutsam. Sie werden zeitverzögert zur Emissionsquelle.

Maschinenräume von Ammoniakkälteanlagen werden bei einem modernen Automatisierungsgrad nicht als Arbeitsstätten ausgelegt; bei Altanlagen hingegen ist ein wesentlich höherer Aufwand manueller Arbeit zu Bedienung und Wartung der Aggregate notwendig und daher von ständiger Anwesenheit von Personen auszugehen. Dadurch steigen nicht nur die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Anlage, sondern auch die Anforderungen an die Sachkunde des Personals.

Eine spezielle Anforderung ist, dass der Maschinenraum spannungsfrei geschaltet werden können (mit Ausnahme der Niederspannungs-Alarmschaltungen).

Die Lüftermotoren sind außerhalb des Luftstroms anzuordnen oder müssen explosionsicher ausgeführt sein.

Ein Kältemittelsammler wird gewöhnlich so dimensioniert, dass der gesamte Ammoniak-Inhalt der Anlage (z.B. bei Wartungsmaßnahmen) aufgenommen werden kann.

Mindestens 2 Atemschutzgeräte (Vollmaske mit Filter) und Notfall-Duschen, sowie eine Augendusche sollen im Betrieb vorhanden sein.

Für Rettungszwecke genügt es, wenn externe Institutionen (z.B. Wartungsfirmen, Feuerwehr) das Rettungspersonal mit gegen Ammoniak beständigem Chemikalienschutzanzug und von der Umgebungsluft unabhängigen Atemschutzgerät ausrüsten.

In Maschinenräumen sind dichte, selbstschließende, von innen zu öffnende Türen (Anti-Panik-System) mit mindestens 30 Min. Feuerbeständigkeit vorzusehen.

Die Forderung einer ständig besetzten Stelle während des Betriebs der Kälteanlage (Alarmzentrale) ist erfüllt, wenn bei Alarm kurzfristig (innerhalb von 30 Minuten) sachkundiges

Personal vor Ort anwesend ist. Die Verständigung der Bereitschaft kann z.B. durch Mobilfunk erfolgen.

Die sicherheitstechnischen Bestimmungen, die einen sicheren Umgang mit dem Gefahrstoff Ammoniak gewährleisten, umfassen:

- Druckstandsanzeiger (Manometer, automatische Messwerterfassung- und anzeige)
- Sicherheitsschalter
- Sicherheitsventile, Berstsicherungen, Überströmventile, Abblasleitungen
- Auffangbehälter
- externe Prüfung durch Sachkundige
- Prüfung der Druckbehälter
- Kennzeichnung der Kälteanlage
- Bedienungsanleitung, Sicherheitsbericht, innerbetriebliche Gefahrabwehrpläne, Zertifizierung nach dem Qualitätsstandard ISO 9000
- gesetzliche Bestimmungen
- Gaswarngeräte, Lüftung

Zu den allgemeinen Anforderungen an den Betrieb einer Ammoniakkälteanlage gehört auch die Realisierung entsprechender organisatorischen Maßnahmen:

- die Festlegung der innerbetrieblichen Verantwortlichkeiten,
- Unterweisung des Bedienpersonals,
- Alarmierungs- und Notfallpläne,
- wiederkehrende Prüfungen,
- Dokumentation von Störungen und Reparaturen, sowie Veränderungen an der Anlage
- Fluchtwege für das Personal und Zutrittsverhinderung für Unbefugte (sind innerbetrieblich zu regeln),
- sowie der Abstand zur Begrenzung von Störfallauswirkungen auf Schutzobjekte einzuhalten, bzw. deren Schutz nachzuweisen,
- Sicherheitstraining des Anlagenpersonals
- Information aller von einem potentiellen Störfall betroffenen Personen über Sicherheitsmaßnahmen und das Verhalten im Störfall.

Mit der zunehmenden Automatisierung sinkt die Zahl der mit Ammoniakkälteanlagen vertrauten und zum Betrieb notwendigen Personen. Wartung und Reparatur übernehmen heute oft Spezialfirmen. Der damit einhergehende Erfahrungsverlust kann durch Training vermieden werden. Das Training sollte umfassen:

Theoretische Einweisung zu Ammoniak

- Stoffdaten, Toxikologie
- Entflammbarkeit / Explosionsgefahr
Neutralisation mit Kohlendioxid
Wasser auf R717
- Notfallplan
- Erste Hilfe

Persönliche Schutzausrüstung,

- Atemschutzmasken
- Chemieanzug für Ammoniak (und Chlor) bis -74°C
- Atemschutz

Erste Hilfe

- Ausrüstung
- Gesundheitliche Maßnahmen
- Rettung von Personen aus einer Notlage

Praktische Übungen

- R717 Demonstration
- Demonstration der Schutzausrüstung, Atemschutz
- Demonstration der Warngeräte
- Gewöhnungsübungen auf der Rauchbahn
- Stoppen einer starken R717-Leckage
- Entsorgung von R717 aus einer Leckage

Mit einem kurzen Verweis auf moderne Systeme des Qualitätsmanagements als Werkzeug moderner Unternehmensführung soll dieser Punkt nicht unerwähnt bleiben. Mit der Einführung der Zertifizierung des gesamten Betriebsablaufs nach Qualitätsstandards (z.B. ISO 9000, 14000) ist nicht nur eine Erhöhung der Zuverlässigkeit des Betriebs der Kälteanlage garantiert, sondern wird auch die Produktqualität (z.B. ununterbrochene Kühlkette) gesichert.

4. Herangehensweise bei der Erstellung von Modernisierungskonzepten

Die wichtigsten Elemente einer soliden Vorbereitung für die Erstellung von Modernisierungskonzepten sind die Ergebnisse einer Ist-Stand-Analyse und die begründet definierten Ziele der beabsichtigten Modernisierung.

Die Ergebnisse der Ist-Stand-Analyse sollen dabei aussagenkräftige Informationen zumindest zu den folgenden Aspekten des Anlagenbetriebes beinhalten:

- Zustand und technische Parameter der Komponenten der vorhandenen Kälteanlage,
- Betriebssicherheit und mögliche Einflüsse auf die Umwelt,
- Wirtschaftlichkeit des Betriebes.

Die Definition von Modernisierungszielen erfolgt unter Berücksichtigung:

- des Stands der Technik bei vergleichbaren Anlagen,
- der Anforderungen, die nach den technischen Regelwerken für die Erteilung von Betriebsgenehmigungen erfüllt sein müssen
- der wirtschaftlichen Perspektiven, wie sie aus einer Marktanalyse ableitbar sind.

Technische Analyse

Die technische Analyse einer Ammoniakkälteanlage beinhaltet die Analyse des baulichen Zustandes, der Isolation, der technischen Infrastruktur und Automatisierung und schließt eine detaillierte Analyse folgender Anlagenkomponenten:

- Verdichter
- Druckbehälter
- Rohrleitungen
- Pumpen
- Sicherheitsventile
- Lüftung

Ein besonderes Augenmerk gilt dem innerbetrieblichen Kälteversorgungssystem und den unmittelbar damit verbundenen Fragen der Ausnutzung der Kälteleistung und des Energieverbrauchs.

Bereits während der Durchführung einer technischen Analyse werden erfahrene und mit der weltweiten technischen Entwicklung vertraute Ingenieure verschiedene Möglichkeiten der Modernisierung sowohl der Gesamtanlage als auch einzelner Komponenten skizzieren können.

Sicherheitstechnische und umweltbezogene Analyse

Die sicherheitstechnische und umweltbezogene Analyse werden entsprechend den geltenden gesetzlichen Vorschriften durchgeführt. Grundlage hierfür ist vor allem ein Sicherheitsbericht, der für alle größeren russischen Ammoniakkälteanlagen in Form einer so genannten Sicherheitsdeklaration vorgelegt werden muss. Dies basiert auf dem „Gesetz zur Sicherheit von Industrieanlagen“ vom 20.06.1997 wonach die Deklaration Angaben zu Betreiber und Errichter, Standort und Zweck, Lageplan, Konstruktionszeichnungen der Behälter und Aggregate, Schema der Kälteanlage mit Rohrleitungen und Behältern, Gesamtmenge an Ammoniak, RI-Fließbild, Spezifikationen von Armaturen, Pumpen und Verdichtern, Organisatorische Festle-

gungen, Abschätzung des Gefährdungspotentials der Anlage, sicherheitstechnische Maßnahmen, Explosions- und Brandschutz usw. enthalten muss.

Von entscheidender Bedeutung für die Einschätzung des Gefährdungspotentials einer Ammoniakkälteanlage ist:

- die Gesamtmenge an Ammoniak,
- die sicherheitstechnischen Vorkehrungen zur Verhinderung kritischer Betriebszustände und
- die Vorsorge zur Begrenzung von Störfallauswirkungen.

Die Ursachen für Ammoniak- und Kälteverluste sind systematisch zu benennen.

Als sehr wirksam und nützlich hat sich in der Bundesrepublik der Einsatz von entsprechenden Checklisten zur Überprüfung der Sicherheit von Anlagen erwiesen. Ein Beispiel einer Checkliste für Ammoniakkälteanlagen, wie sie auch im Rahmen der Durchführung der Ist-Stand-Analyse beider Moskauer Betriebe verwendet wurde, ist den Anlagen zum Endbericht (Anhang 10.3) beigelegt. Die Teilnehmer am Abschlussseminar des Vorhabens haben derartige Checklisten zur Anwendung bei anderen russischen Ammoniakkälteanlagen empfohlen.

Die Checkliste mit ihren Erläuterungen soll Betreibern von NH₃-Kälteanlagen aber auch Behördenvertreter, Sachverständige und nicht zuletzt diejenigen, die mit der Erstellung eines Modernisierungskonzeptes beauftragt wurden, in die Lage versetzen, sich einen fundierten Kenntnisstand über den Zustand der Anlagensicherheit einer gegebenen Anlage zu erarbeiten.

Die in der Checkliste aufgelisteten Forderungen beinhalten die aus der Sicht der Störfallverordnung zu stellenden "Maximal" - Forderungen entsprechend des Standes der Sicherheitstechnik (einschließlich der Forderungen aus dem technischen Regelwerk). Die Fragen und Forderungen des entsprechenden Abschnittes sind unter dem Gesichtspunkt der "Grundpflichten" nach dem Wortlaut der StörfallV geordnet.

Die aufgeführten Fragen und Forderungen entsprechen somit einem sicherheitstechnischen Standard, wie er grundsätzlich an Neuanlagen zu stellen und in einem besonderen Abschnitt, z.B. in einer "Sicherheitsbetrachtung", der Antragsunterlagen nachzuweisen ist.

Bei Altanlagen wird nur ein geringer Teil als erfüllt vorzufinden sein. In diesem Fall soll der Betreiber ein Sicherheitskonzept erstellen (lassen), das den Terminplan für eine - in Abhängigkeit von der Restnutzungsdauer der Anlage und von ihrem Gefährdungspotential - erforderliche Nachrüstung enthält.

Das Sicherheitskonzept für die Altanlage ist mit der zuständigen Überwachungsbehörde abzustimmen. Dabei ist der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu berücksichtigen; einzelne Maßnahmen lassen sich unter Beachtung dessen durch andere ersetzen, andere können im Einzelfall entfallen. Das Sicherheitskonzept bildet somit eine wichtige Säule der zu erarbeitenden Modernisierungskonzeptes.

Betriebswirtschaftliche Analyse

Ausgangspunkt für die Durchführung einer Analyse der Wirtschaftlichkeit bildet die Einschätzung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Eine große Anzahl der russischen Ammoniakkälteanlagen sind privatwirtschaftlich organisiert und befinden sich zum Teil auch in kommunalem Eigentum. Da die Kühllhäuser zur Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln dienen wird ihnen eine Rolle bei der Erfüllung strategisch übergeordneter Aufgaben beigemessen.

In der Lebensmittellagerung ist eine Bedarfs- und Prozessanalyse notwendig, die folgendes berücksichtigt:

- *Produkte:* Bei Betrachtung der Entwicklung des Verbraucherverhaltens der letzten Jahre ist bei rückläufigen Zahlen der klassischen Massenkühlgüter eine verstärkte Nachfrage nach vitaminhaltigen Obst und frischen Gemüse - quasi unabhängig von der Vegetationsperiode - zu verzeichnen. Mit der Öffnung des russischen Marktes wird sich diese Entwicklung fortsetzen. Die restriktiven Vorgaben bei der Preis- und Mengenbindung subventionierter Grundnahrungsmittel behindern gegenwärtig noch freie unternehmerische Entscheidungen.

- *Lagerhaltung und Vorbereitungen zur Lagerhaltung:* z.B. Eisherstellung, Einfrostern oder Lagerung unter Schutzatmosphäre

- *Distributionsmethoden:* Die Sicherstellung einer lückenlosen Kühlkette ist heute eine entscheidende Qualitätsanforderung. Die oft kurzzeitige Haltbarkeit hochwertiger Lebensmittel erfordert eine erhöhte Umschlaggeschwindigkeit und verantwortliches Management.

Vorhandene Kühlanlagen, bzw. regionale Kühlkapazität: Eine Anpassung der Kühlkapazität an die Marktentwicklung ist bei umfangreicheren Modernisierungen unerlässlich. So werden gegenwärtig nach Angaben des Vereines der Speiseeishersteller der RF rückläufige Umsätze bei Speiseeis festgestellt. Die Folge ist eine verringerte Auslastung, sogar in der Hochsaison. Eine Marktbereinigung sollte zu Stilllegung besonders veralteter Anlagen mit hohem Gefährdungspotenzial führen und zur Ertüchtigung der verbleibenden Anlagen zwingen. Solche Prozesse sind in Russland nicht frei von politischen Maßgaben, die auf einen Erhalt aller bestehenden Arbeitsplätze orientieren.

Expansionspotential: *Überdurchschnittliche Wachstumserwartungen müssen durch eine starke Marktstellung bzw. überzeugende Konzepte belegt sein.*

Lokale ökonomische, demographische und klimatische Bedingungen: *Dies betrifft die Dimensionierung der Kühlanlagen, reflektiert die Kaufkraft sowie langfristige Prognosen der Kaufkraftentwicklung und das Potential der technischen Ausnutzung natürlichen Kälte.*

Lagermethoden: Lagerung, Umschlag und Transport des Kühlguts mit Paletten, Regalen oder als Schüttgut

Es ist bedeutsam die geeignete Lösung zu Beginn zu wählen, da die Investitionen (als Abschreibung) nur ca. 30% der operativen Kosten ausmachen, der Energiebedarf für die Kühlung aber ca. 90 % des Gesamtenergieverbrauchs eines Kühllhauses ausmacht.

Eine Analyse der aktuellen betriebswirtschaftlichen Kenndaten wie Auslastung, Energie- und Wartungskosten, Personalbedarf und insbesondere des Anteils der Energie und Wartungskosten ist unverzichtbare Planungsgrundlage und sollte im Prinzip problemlos aus den laufenden Bewertungen der Betriebskosten abzuleiten sein.

Erstellung der Modernisierungskonzepte

Die Modernisierungskonzepte sollen nach Möglichkeit den Charakter eines Stufenkonzeptes aufweisen, Vorschläge für alternative Lösungen beinhalten und mit Maßnahmenkatalogen für kurz-, mittel und langfristig zu realisierende Maßnahmen untersetzt werden.

Für die jeweiligen Maßnahmen bzw. alternativen Versionen soll eine Abschätzung des finanziellen Rahmens einer Realisierung vorgenommen werden und diese gegenübergestellt werden.

Eine generelle Entscheidung über eine Modernisierung und ihre Terminierung wird Optionen einer Teilmodernisierung unter Nutzung bestehender Bausubstanz und Infrastruktur, einer etappenweisen Modernisierung und eines kompletten Neubaus berücksichtigen. Betriebswirtschaftliche und sicherheitstechnische Aspekte, sowie Fragen der Finanzierung werden abzuwägen sein.

Projektierung von Kälteanlagen mit modernen Informations- und Kommunikationstechniken

Die Erstellung von Projektunterlagen kann heute weitestgehend vom Bildschirmarbeitsplatz aus erfolgen. CAD-Systeme haben eine weite Verbreitung in den Konstruktionsabteilungen gefunden.

Viele Hersteller von Kältetechnik bieten auf ihren Internetpräsenzen nicht nur einen Katalog ihrer Produkte an, sondern stellen von kleineren Programmen zur Verdichterauswahl (nach Kältemittel und benötigter Kälteleistung bei gegebener Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur) bis hin zu downloadbaren Maßzeichnungen (z.B. im Format .dxf) ihrer Produkte eine Vielzahl konstruktiver Hilfsmittel ins Internet. Mit anderen Programmen können Kühlräume berechnet und die benötigten Komponenten ausgewählt werden. Der sachkundige Anwender kann hiermit seine Vorstellungen konkretisieren und Varianten der Auslegung selbst vergleichen, d.h. komplette Projekte verwalten.

Der Zugriff auf Auslegungssoftware und Maßzeichnungen, Handbücher und technische Dokumentationen, Bedienungs- und Wartungsanleitungen und Ersatzteil- und Preislisten ist firmenspezifisch geregelt; offene und kundenfreundliche Informationsstrategien gehören heute zu den Essentials moderner Unternehmensphilosophien.

5. Erarbeitung der Modernisierungskonzepte für die AG „Moskvorezkoje“

5.1 Ergebnisse der Ist-Stand Analyse

5.1.1 Allgemeine Angaben zum Unternehmen

Am Standort der AG „Moskvorezkoje“ werden seit 1929 Kühlanlagen für die Lagerung und Verarbeitung von Lebensmitteln betrieben, dabei werden Kühlräume teilweise vermietet und Dienstleistungen zur Instandhaltung der Kühlräume angeboten.

Die Kälteversorgung wird durch eine zentrale Kälteanlage gesichert, in der sich 19 Aggregate A-350-7-0 mit einer Gesamtkühlleistung von 6650 Tsd. Kcal/h befinden.

Die letzte Rekonstruktion der Kompressorhalle erfolgte in den Jahren 1980 – 1983; es wurde ein Kühlhaus mit einer Kapazität von 30.000 t errichtet, später erfolgten Ergänzungen im Zusammenhang mit der Inbetriebnahme von Kühllhäusern mit einer Kapazität von 38.000 t und 9.000 t.

1986 wurde eine Werkhalle zur Herstellung von saurem Gemüse und Marinaden und eine Versuchsanlage in Betrieb genommen.

Die Niedrigtemperatur-Kühlhalle wurde 1997 in Betrieb genommen.

Im Rahmen des Privatisierungsprozesses wurde 1992 die von den Mitgliedern des Arbeitskollektivs gegründete Moskvorezker Vereinigung des Groß- und Einzelhandels für Obst- und Gemüse in die AG „Moskvorezkoje“ umgewandelt und am 04.12.1992 unter der N° 051.652 beim Moskauer Amtsgericht registriert.

Die Gesamtfläche der AG beläuft sich auf 25,17 ha.

Die letzte Rekonstruktion der Kälteanlage erfolgte in den Jahren 1980 – 82.

Am 09.06.1998 gab es eine Havariesituation – es strömten 38,1 kg Ammoniak durch Entthermetisierung einer Flanschverbindung aus. Schäden und Geschädigte gab es nicht.

5.1.2 Anlagenbeschreibung

Die Kompressoranlage besteht aus einer offenen Anlage (1. Ebene: lineare Receiver und Ölabscheider; 2. Ebene: Verdunstungsverflüssiger) und der Maschinenabteilung, die sich in einem einstöckigen Gebäude befindet. In der Maschinenabteilung sind die Kompressoren und die Zirkulationsreceiver mit den Ammoniakpumpen aufgestellt. Unter der Ventilationskammer und der Schalttafel befinden sich Reservoirs mit Wasser und Wasserpumpen. Das Gesamtvolumen der Kompressoranlage beträgt 8280 m³ (6912 m³ Maschinenabteilung + 1296 m³ offene Anlage).

Die Kompressoranlage wurde in den Jahren 1980 (1.Linie) und 1983 (2.Linie) in Betrieb genommen. Die Kapazität der Kompressorenanlage beträgt 6.650 Tsd. Kcal/h.

Die Niedrigtemperatur – Kompressoranlage mit einer Kapazität von 560 Tsd. Kcal/h wurde 1997 in Betrieb genommen.

Nachfolgend sind die Kälteverbraucher und ihre Kühleinrichtungen dokumentiert.

Kühlhaus 38.000 Tonnen

vorgesehen zur Kühlung und langfristigen Lagerung von Obst, Kartoffeln und Gemüse. Das Gebäude des Kühlhauses besteht aus drei Etagen plus Keller (96 Kühlkammern). In Abhängigkeit von der Art des zu lagernden Produkts werden Temperaturen von -3°C bis $+4^{\circ}\text{C}$ gehalten. Die Versorgung der Kammern erfolgt von der zentralen Maschinenabteilung, die in einem separat stehenden Gebäude untergebracht ist. Von der Projektierung sind 3 Siedetemperaturen des Ammoniaks vorgesehen. Für die Kammern zur Lagerung von Kartoffeln $t_i = -3^{\circ}\text{C}$ (die Kammern sind abgeschaltet), für Früchte, Rüben, Möhren und Kohl $t_i = -6^{\circ}\text{C}$, für Zwiebeln $t_i = -10^{\circ}\text{C}$.

Die Luftkühlung der Kammern erfolgt mittels aufgehängter Luftkühler des Typs "X-100" und "X-160" (Ungarn). Derartige Lüftkühler sind in zahlreichen Kühlhäusern der ehemaligen RGW-Länder zu finden.

Nr.	Bezeichnung	Einheit	Menge	Anmerkungen
1.	- Aufhängbarer Ammoniak – Luftkühler des Typs "X-100" mit einem Kühlvolumen von 100 m^3, - 2 Ventilatoren mit einer Kapazität von $6500\text{ m}^3/\text{h}$, - Elektroheizung zum Reifabtauen und für das Anwärmen der Auffangwanne		234	Firma "Digep", Ungarn
2.	- Aufhängbarer Ammoniak – Luftkühler des Typs "X-160" mit einem Kühlvolumen von 160 m^3, - 2 Ventilatoren mit einer Kapazität von $9000\text{ m}^3/\text{h}$ - Elektroheizung zum Reifabtauen und für das Anwärmen der Auffangwanne.		159	Firma "Digep", Ungarn
3.	- Ebenfalls Typ "X-160" und - zusätzlich mit Elektrolufterhitzer		54	Firma "Digep", Ungarn

Tab. 5.1: Luftkühler des 38.000 t Kühlhauses

Die untere Zuführung von Ammoniak in die Rippenbatterien der Luftkühler erfolgt mittels hermetischer Pumpen ZG50\50.

Der Ammoniak tritt in die Luftkühler über Magnet- und regelbare Ventile ein. Die Schließ- und Steuerarmaturen der Luftkühler befinden sich in den Räumen der Verteileranlagen.

Kühlhaus 30.000 Tonnen (Kartoffellager)

ist zur Kühlung und langfristigen Lagerung von Kartoffeln und anderem Gemüse vorgesehen. Das Gebäude des Kühlhauses besteht aus drei Etagen plus Keller (49 Kühlkammern).

In Abhängigkeit von der Art des zu lagernden Produkts werden Temperaturen von -3°C bis $+4^{\circ}\text{C}$ gehalten.

Die Versorgung der Kammern erfolgt von der zentralen Maschinenabteilung, die in einem separat stehenden Gebäude untergebracht ist.

Die Luftkühlung der Kammern erfolgt mittels aufgehängter Luftkühler des Typs "TX-100" und "TX-160" der Firma "KOMPLEX" (Ungarn).

Die untere Zuführung von Ammoniak in die Rippenbatterien der Luftkühler erfolgt ebenfalls mittels hermetischer Pumpen ZG50\50.

Tab. 5.2: Luftkühler des 30.000 t Kühlhauses

Nr.	Bezeichnung	Einheit	Menge	Bemerkungen
1.	Aufhängbarer Luftkühler TX-100/12 D,E,S,R,N mit einer Oberfläche von 100 m ² .		197	Firma "KOMPLEX", Ungarn
2.	Aufhängbarer Lüftkühler TX-160/10-14 D,E,S,R,N mit einer Oberfläche von 160 m ² .		80	Firma "KOMPLEX", Ungarn
3.	Aufhängbarer Luftkühler TX-100/12 D,E,K,S,R,N mit einer Oberfläche von 100 m ² .		1	Firma "KOMPLEX", Ungarn
4.	Aufhängbarer Luftkühler TX-160/12 D,E,K,S,R,N mit einer Oberfläche von 160 m ² .		30	Firma "KOMPLEX", Ungarn

Der Ammoniak tritt in die Luftkühler über Magnetventile ein. Die Schließ- und Steuerarmaturen der Luftkühler befinden sich in den Räumen der Verteileranlagen.

Von der Projektierung sind 3 Siedetemperaturen des Ammoniaks vorgesehen. Für die Kammer zur Lagerung von Kartoffeln $t_i = -3^\circ\text{C}$ (die Kammern sind abgeschaltet), für Früchte, Rüben, Möhren und Kohl $t_i = -6^\circ\text{C}$, für Zwiebeln $t_i = -10^\circ\text{C}$.

Kühlhaus 9.000 Tonnen

ist zur Kühlung und langfristigen Lagerung von Früchten, Kohl und anderem Gemüse bestimmt.

Das Gebäude besteht aus zwei Etagen und einer auf dem Dach errichteten technischen Etage. Die Gesamtfläche der Kühlkammern beträgt 11.478 m², die Anzahl – 44 Stück.

In Abhängigkeit von der Art des zu lagernden Produkts wird in den Kammern eine Temperatur von 0°C bis +4°C gehalten.

Die Versorgung der Kammern erfolgt von der zentralen Maschinenabteilung, die in einem separat stehenden Gebäude untergebracht ist.

Die Luftkühlung der Kammern erfolgt mittels Sockelluftkühlern ($F = 455\text{m}^2$), die wie folgt verteilt sind:

- 29 Stück auf der technischen Etage,
- 14 Stück in den Kammern,
- 1 Stück im Anbau zur Kammer.

Die untere Zuführung von Ammoniak in die Rippenbatterien der Luftkühler erfolgt mittels hermetischer Pumpen ZG50\50.

Auf der technischen Etage befinden sich die Verteileranlagen für die Regulierung der Ammoniakzufuhr in die Luftkühler der Kammern.

Konservierungshalle

mit einem Kühlhaus für saures Gemüse. Diese Abteilung ist zum Einsäuern und Lagern von Sauerkraut mit einer Kapazität von 2.000 Tonnen und von Eingesalzenem mit einer Kapazität von 3.600 Tonnen vorgesehen.

Das Gebäude dieser Halle besteht aus zwei Etagen und einem Keller. Die Versorgung der Kammern mit Kälte erfolgt von der zentralen Kälteanlage.

Die Luftkühlung der Kammern erfolgt mittels aufgehängter Luftkühler des Typs "DX-100" und "DX-160" der Firma "KOMPLEX" (Ungarn).

Tab. 5.3: Luftkühler der Konservierungshalle

Nr.	Bezeichnung	Maßeinheit	Menge	Bemerkungen
1.	Aufhängbarer Luftkühler DX-100, mit einer Oberfläche von 100 m ² .		38	Firma "KOMPLEX", Ungarn
2.	Aufhängbarer Luftkühler DX-160, mit einer Oberfläche von 160 m ² .		64	Firma "KOMPLEX", Ungarn

Für die untere Zuführung von Ammoniak in die Rippenbatterien der Luftkühler werden hermetischer Pumpen ZG50\50 eingesetzt.

Die Temperatur in den Kammern beträgt 0° bis –3° C.

Tieftemperatur-Kühlhaus

Kapazität 2.000 Tonnen, ist für die Lagerung von Tiefkühlprodukten vorgesehen.

Das Kühlhaus ist ein 1-etagiges Gebäude mit einem 2-etagigen Anbau, in dem sich die Maschinenabteilung, die Dienstleistungs- und Hilfsräume befinden.

Die Gesamtzahl der Kammern beträgt 12. Die Versorgung der Kammern mit Kälte erfolgt von der zentralen Kälteanlage. Die Lagerung der Tiefkühlprodukte erfolgt bei –18° C.

Jede der zwölf Kühlkammern ist an der Decke mit drei einreihigen Kollektor-Rippen-Batterien aus Rohren ausgestattet.

Die untere Zuführung von Ammoniak in die Rippenbatterien der Luftkühler erfolgt mittels hermetischer Pumpen ZG50\50.

5.1.3 Kalkulationsdaten

a) für die Wärmebelastung der Kühlsysteme.

Tab. 5.4: Projektierter Kälteverbrauch (kcal/h):

Bezeichnung des Objekts	Q _r
Kühlhaus 38.000 t:	
bei t _i = -3°C (System abgeschaltet)	830.000
bei t _i = -6°C	2.040.000
bei t _i = -10°C	410.000
Kühlhaus 30.000 t	2.344.200
Kühlhaus 9.000 t	1.970.000
Konservierungshalle	1.090.000
Tieftemperaturkühlhaus	560.000

b) über die ausreichende Kapazität des vorhandenen Kühlsystems.

Zentrale Kälteanlage: Vorhandene Kühlausrüstungen – 19 Kompressoren:

- zu 350.000 kcal/h bei einer Siedetemperatur von –15°C und einer Kondensationstemperatur von +30°C, insgesamt 6.650.000 kcal/h,
- zu 680.000 kcal/h bei einer Siedetemperatur von 0°C und einer Kondensationstemperatur von +35° C, insgesamt 12.920.000 kcal/h.

Kompressorenhalle des Tieftemperaturkühlhauses: 2 Kompressoren

- zu 280.000 kcal/h bei einer Siedetemperatur von –15° C und einer Kondensationstemperatur von +30° C, insgesamt 560.000 kcal/h.

c) Tab. 5.5: Das nominale Ammoniakfassungsvermögen der technologischen Blöcke

Bezeichnung der Ausstattung	Marke, Typ	Menge, Stück	Temperatur, max.	Druck, MPa	Ammoniakmenge
Zentrale Kälteanlage					
1. Automatisches Schraubenaggregat	A 350-7-0	19	95° C	max. 1,8	Ammoniakdämpfe
Receiver					
2. Zirkulations-	5 RDW	17	50°C	1,2	460 kg
3. Drainage-	5 RDW	4	50°C	1,2	Keine Angaben
4. Linearer-	5 RD	16	50°C	1,8	2750 kg
5. Verdunstungsverflüssiger	EWAKO 400	24	60°C	1,8	Keine Angaben
6. Ölabscheider	OMM 200	6	80°C	1,8	Keine Angaben
7. Ammoniakpumpe	ZG 50/50	17	50°C	1,2	Keine Angaben
Kompressorenhalle des Tieftemperaturkühlhauses					
8. Automatisches Schraubenaggregat	21A280-7-1	2	95°C	1,0	Keine Angaben
Receiver					
9. Zirkulations-	3.5 RDWM	2	27°C	1,0	je 235 kg
10. Drainage-	5 RDM	1	27°C	1,0	Keine Angaben
11. Zwischengefaß	PS ₃ 80	1	27°C	1,0	380 kg
12. Ammoniakpumpe	ZG 6.3/32	2	27°C	1,0	Keine Angaben
13. Hauptrohrleitungen	St. 20	816 m	27°C	1,0	620 kg
14. Deckenbatterien	St. 20	5040 m	27°C	1,0	1530 kg

d) Tab 5.6: Das nominale Ammoniakfassungsvermögen der AKA.

Bezeichnung		Maximale NH ₃ -Menge
Ammoniakkälteanlage (Maschinensaal)	Kühlzentrum	4,5 t
Ammoniakkälteanlage (offener Bereich)	Kühlzentrum	27 t
Deckenbatterien	Tieftemperatur-Kühlhaus	1,5 t
Ammoniakleitungen		
t ₀ = -10° C – 300 m, t ₀ = -6° C – 300 m t ₀ = -3° C – 300 m (abgeschaltet)	Kühlhaus 38.000 t	10 t
t ₀ = -10° C – 230 m, t ₀ = -6° C – 230 m t ₀ = -3° C – 230 m (abgeschaltet)	Kühlhaus 30.000 t	5,5 t
t ₀ = -8° C – 100 m	Kühlhaus 9.000 t	1,1 t
t ₀ = -10° C – 350 m	Konservierungshalle	3,5 t
t ₀ = -3° C – 450 m	Tieftemperatur – Kühlhaus	2 t
Kühlkammern		
Insgesamt: 238 Stück, davon abgeschaltet 49 Stück (Ammoniak abgepumpt), mit Ammoniak – 189 Kammern		22,9 t
Gesamt:		78 t

Entspricht dem Stand von 05.10.2000.

5.1.4 Beschreibung der Systeme

a) Beschreibung der Systeme der allgemeinen Austausch- und Havarieventilation:

Von der Projektierung ist eine Be- und Entlüftungsventilation in den Kühlkammern vorgesehen, die in der Regel auf einen 3 bis 4-fachen Luftaustausch innerhalb von 24 Stunden ausgelegt ist.

In den Räumen der Ammoniakverteileranlagen ist eine Entlüftungsventilation vorgesehen, die auf den 7-fachen Luftaustausch innerhalb einer Stunde ausgelegt ist.

Im Tieftemperaturkühlhaus beträgt die Zirkulationsrate der Entlüftungsventilation während des Arbeitsprozesses 3 und im Havariefall 11. Die Zirkulationsrate der Belüftungsventilation während des Arbeitsprozesses beträgt 2.

b.) Beschreibung der Systeme der Instandsetzungs- und Havarieentleerung der Anlage und der technologischen Blöcke von flüssigem Ammoniak:

Für das Ablassen des flüssigen Ammoniaks existieren 4 Drainagereceiver RDV5 á 5 m³. Der flüssige Ammoniak wird mittels heißer Ammoniakdämpfe herausgedrückt.

c.) Beschreibung der Systeme des Abtauens von Schneemänteln an den Kühlvorrichtungen der Räume.

Im 9000 t Kühlhaus erfolgt das Abtauen des Schneemantels mittels heißer Ammoniakdämpfe in Übereinstimmung mit den entsprechenden russischen Vorschriften (s. Anlage 9.5).

Bei allen anderen Kühlhäusern erfolgt das Abtauen des Schneemantels mittels dafür vorgesehener Elektroerhitzer.

d.) Beschreibung der Systeme zur Entfernung von Öl und Luft aus der Kälteanlage.

Das Öl wird lt. Vorschrift durch Druckminderung und Ableitung des Ammoniaks aus den Kondensatoren, linearen Receivern, Zirkulations- und Drainagereceivern, Ölabscheidern, Ölsammlern, Hydrozyklonen, Regelanlagen und Verteileranlagen entfernt.

Die Luft wird periodisch bei Differenzen von Temperatur und Kondensationsdruck über die Entlüfter abgeleitet.

e.) Beschreibung der Kühlsysteme:

Kompressoren:

Die Kühlung der komprimierten Dämpfe und die Dichtung der Spalten zwischen dem Korpus und den Läufern des Schraubenkompressors erfolgt durch das Öl. Über den Sammler wird das Öl in den Kompressor geleitet. Die Öl-Ammoniak-Mischung wird aus dem Kompressor in einen dreistufigen Ölabscheider geleitet, in dem die Ammoniakdämpfe von Ölpartikeln befreit werden. Das Öl fließt in den Ölsammler, läuft durch einen Filter zur Grobreinigung und wird durch die Ölpumpe in den Block zur Ölkühlung gedrückt (das benötigte Kühlwasser wird von Pumpen aus einem Reservoir zugeführt). Danach läuft das Öl durch einen Filter zur Feinreinigung und wird dem Verteilungskollektor zugeführt. Die Arbeitstemperatur des Öls im Kollektor beträgt 25-45°C.

Während der Sommerperiode wird zur zusätzlichen Kühlung des Öls bei einigen Anlagen ein Teil des Ölkühlers mit flüssigem Ammoniak umspült.

Kondensatoren:

Aus dem Kompressor kommend tritt das Ammoniak als heißer Dampf und unter hohem Druck in den im oberen Teil des Kondensators befindlichen Rippen-Vorkondensator ein, wo die heißen Dämpfe abgekühlt werden. Aus dem Vorkondensator gelangen die Dämpfe des Kältemittels in die Kondensationsschlange, wo innerhalb der glatten Rohre die Kondensation erfolgt.

Die Wärme des Ammoniakdampfs und die Kondensationswärme werden in den Wärmetauschern an das Wasser abgegeben, das wiederum unterstützt durch Ventilatoren die Wärme an die Umwelt abstrahlt. Das erwärmte Wasser, das von den Rohren abfließt, tritt in eine Wanne im unteren Teil des Kondensators und fließt von dort in das Reservoir ab.

5.1.5 Informationen über die Systeme

Tab 5.7: Der automatische Sicherheitsschutzes (ASS) und die Kotrolleinrichtungen

Bezeichnung der Kühlmittelströme, technologische Kennziffern	Technologische Parameter		
	Optimale Werte	Maximal zulässige Werte	Geräte
<i>Automatisches Schraubenaggregat A350-7-0</i>			UK-74
Druck Saugseite	2; 2,5; 3;	0,1 kg/cm ² -	Relais
Druckseite	6-12 kg/cm ²	16 kg/cm ²	
Druckunterschied im Schmiersystem	1,7 – 3,5	Min. 1,7	RKS1A-01
Saugtemperatur	-10°, -6°, -3° C	-30° C	Temperaturrelais
Temperatur Druckseite	50 – 80° C	95° C	
Öltemperatur	25 – 45° C	15 – 55° C	
<i>Ammoniakpumpe ZG 50/50</i>			
Differenz von Saug- und Druckseite	4 – 5 kg/cm ²	Min. 2,5 kg/cm ²	RKS1A-02
Die Temperatur des mittleren Pumpenteils darf 30° C nicht überschreiten.			
<i>Wasserpumpe 8K-12u</i>			
Wasserdruck	1 – 1,5 kg/cm ²	Min. 0,7 kg/cm ²	EKMW-1U
Wasserspiegel	90 %		PRU-5M
<i>Zirkulationsreceiver</i>			
Spiegel des flüssigen Ammoniaks:	im ZR 5 – 15 %	0 – 80 %	
Obere Havariegrenze		80 %	PRU-5M
Obere Arbeitsgrenze			“MERTIK”
Untere Arbeitsgrenze			”MERTIK”
Untere Havariegrenze		4 %	”MERTIK”
Druck im Siedebereich		12 kg/cm ²	25 APK
Druck im Kondensationsbereich		18 kg/cm ²	25 APK
<i>Drainagereceiver</i>			
Kontrolle des Ammoniakspiegels			
Oberer		80 %	PRU-5M
Unterer		4 %	PRU-5M
Impulsgabe und Dauer der Licht- und Tonsignale bei Havariesituationen während des Betriebes der Anlage		Relais für Impulssignale	RIS-ESM-UHLC
Dauer des Tonsignals		Zeitrelais	PW-248-UHL4
Fixierung des Havariesignals im System des Havariealarms		Relais Blinker	RU-21-U4
Dauer des Ertönens des fixierten Havarietons		Zeitrelais	
Tonsignal des Havariealarms		lautes Klingelzeichen	MS-1
Tonsignal des Havariealarms im System der Wasserzufuhr		Sirene	RM-4
Anhalten der Anlage in Havariesituationen und Einschalten der Havarieventilation		Knopf “Stop”	PKE-222-1U

Das System zur Kontrolle des Gasaustritts:

- Ein *Signalgeber bei Gasaustritt SA-1-04* befindet sich in der Maschinenabteilung der Kompressorenhalle und im Maschinensaal des Tieftemperatur-Kühlhauses. Sie dienen der ständigen Kontrolle der Konzentration von Ammoniak in der Luft und geben das Signal zum Einschalten der Ventilation und zum Abschalten der stationären Kälteanlage bei Erreichen einer Ammoniakkonzentration entsprechend der Grenzwerte.
- Der *automatische Gasanalysator und Lecksucher für Ammoniak KOLION-1* dient der Messung der Ammoniakkonzentration in der Luft in einem breiten Konzentrationsbereich. Mit ihm bestimmt man den Ort und die Intensität des Lecks und die Austrittsrate. Der Gassignalgeber arbeitet in Echtzeit und ist bei die Norm überschreitenden Konzentrationen ein Mittel zur Schnellanalyse und Alarmierung.
Messbereich: 0 – 2000 mg/m³.

Das Steuerungssystem:

Der Steuerbereich ist das M+R - Pult, zu dem alle Informationen über den Betrieb der Anlage und der Apparate, einschließlich Licht- und Tonsignalen geleitet werden. Vom M+R – Pult können die Ventilatoren der Kondensatoren und die Wasserpumpen angehalten und die Ammoniakpumpen ein- und ausgeschaltet werden. Außerdem kann die gesamte Ausrüstung von den Anlagenfahrern per Hand angelassen bzw. stillgelegt werden.

Das M+R – Pult steht unter Luftüberdruck und verfügt über Ausgänge in die Halle und auf den offenen Platz. Des Weiteren sind innerbetriebliche und städtische Telefone, eine Wetterstation und eine kleine Apotheke vorhanden.

Das Kommunikationssystem:

Das Kühlzentrum verfügt über städtische, mobile und innerbetriebliche Telefone, sowie über Funk. Es liegt eine Liste von Telefonnummern für Verbindungen zu den Verwaltungsorganen, dem Innenministerium und medizinischen Institutionen vor.

Das Warnsystem der Kälteanlage:

Im Betrieb ist ein lokales Warnsystem SGS-22M-1000 installiert, dass die Benachrichtigung der anliegenden Objekte und der Bevölkerung gewährleistet:

- i. In Worten 500 m,
- ii. In Form einer Sirene 2500 m.

Weiterhin gibt es eine Wechselsprechanlage zwischen der zentralen Kälteversorgungsstation und dem Maschinensaal des Tieftemperatur – Kühlhauses.

Die Sicherheitsventile:

der Austritt aus den Sicherheitsventilen wurde in 6 Gruppen von Havarieleitungen vereinigt und über die Höhe des Gebäudedachs geführt.

Die Sicherheitsventile werden auf den Arbeitsdruck geprüft:

- i. Kompressoren - 1 x pro Jahr;
- ii. Behälter und Apparate - 1 x in 6 Monaten.

5.2. Alternative Konzepte zur Modernisierung der Anlage

Im Ergebnis der Tätigkeit der Vorhabensarbeitsgruppe entstanden 2 alternative Konzepte der Modernisierung, die nachfolgend aufgeführt werden:

- Stufenkonzept der Modernisierung des Kälteversorgungssystems, die es ermöglichen wird die Ammoniakmenge von gegenwärtig 78 t auf ca. 12 t zu minimieren (5.2.1),
- Konzept der Totalerneuerung der Kälteversorgung, bei der die Ammoniakmenge in der gesamten Anlage nur ca. 3,2 t betragen würde (5.2.2).

5.2.1. Stufenkonzept einer Modernisierung

Das Konzept sieht die Möglichkeit der maximalen Nutzung von einigen vorhandenen Anlagenteilen mit einem niedrigen Verschleißgrad vor und wird wegen der niedrigeren Investitionskosten im Vergleich zu einer kompletten Erneuerung der Kälteversorgung vom Betreiber favorisiert.

Im Rahmen dieses Konzeptes ist es vorgesehen die Kälteversorgung teilweise zu dezentralisieren und einen sekundären Kälteträger einzusetzen.

Unter Berücksichtigung des niedrigen Verschleißgrades der Anlagen des Kältezentrums (ausgenommen einige Elemente), sowie der potentiellen Möglichkeiten die in seiner Nähe befindlichen Kühlhäuser für 9000 t und 30000 t als Tieftemperaturkühlager umzurüsten, wäre es möglich einen Teil der Kälteanlage für die Versorgung von Kühlräumen mit Lagertemperaturen von -12 bis -20 °C auf der II. und III. Etage der 30000 t – Kühlhauses und der II. Etage des 9000 t – Kühlhauses zu nutzen. Dieses Schema der direkten Kühlung wird ca. 10 t Ammoniak benötigen. Nach Meinung des Betreibers wäre es gerechtfertigt, da die Verwendung eines sekundären Kälteträgers bei derart niedrigen Temperaturen problematisch ist. Der Einsatz diese kostengünstigeren Schemas einer direkten Kühlung erfordert die ständige Anwesenheit von entsprechend ausgebildeten Arbeitskräften.

Bei der Modernisierung des 38000 t – Kühlhauses ist die Errichtung einer eigenen Verdichteranlage, ausgerüstet mit Einrichtungen zur dosierten Ammoniakeinfüllung, Plattenwärmeaustauschern und einem sekundären Kälteträger, vorgesehen. Dieses Schema wird nicht an das bestehende Kälteversorgungssystem angeschlossen und kann deshalb mit den modernsten Anlagen ausgerüstet werden. Die Verwendung eines sekundären Kälteträgers hätte hier durch Temperaturen um 0 °C und kurze Rohrleitungen innerhalb eines Gebäudes nach Meinung des Betreibers eine größere Berechtigung.

Das Modernisierungskonzept der Niedrigtemperaturhalle (NTH) sieht ein weiteres Bestehen des Schemas einer direkten Kühlung mit Ammoniak vor, da der Einsatz eines Zwischenkälteträgers für eine Temperatur von -30 °C wirtschaftlich nicht gerechtfertigt ist.

Die Maschinenhalle wird mit einem Kondensator und anderen Hilfselementen für die autonome Kälteerzeugung ergänzt. Die Deckenkühlradiatoren werden gegen Luftkühler ausgetauscht, was eine radikale Verringerung der Ammoniakmenge, die Automatisierung des Abtauens, die Verringerung manueller Arbeit bei der Beseitigung der Schneehülle und eine Reduzierung der Differenz der Siedetemperatur des Ammoniaks und der Lagertemperatur gestattet.

Für die Modernisierung des Systems der Kälteversorgung der Gärungs- und Marinierungshalle gäbe es zwei Möglichkeiten:

- Errichtung einer eigenen autonomen Verdichteranlage mit Einrichtungen zur dosierten Ammoniakeinfüllung und einem sekundären Kälte­träger,
- Kühlung des sekundären Kälte­trägers unter Nutzung der Anlagen des Maschinensaals des Tieftemperaturkühlhauses (Betrieb des Verdichters mit zwei unterschiedlichen Siedetemperaturen).

Tab. 5.8: Übersicht einer Teilmodernisierung

Objekt	Lagertemperatur, °C	Maschinen- Abteilung	Kältemittel	NH ₃ - Men- ge, t	Anmerkungen
			Kälte­träger		
38000 t	0 bis +4	integriert	Ammoniak/ Kälte­träger	0,5	
30000 t	I. Etage, Keller +2 bis +4	Kältezent- rum*	Ammoniak, direkte Kühlung	10	Übergang zu sekundären Kälte­trägern unter An- wendung von Platten- wärmeaustauschern für Temperaturen > 0 °C
	II. und III. Etage -12 bis -20				
9000 t	I. Etage +2 bis +4				
	II. Etage -20				Einrichtung der II. Etage für eine Temperatur von -20 °C durch Montage von Luftkühlern
Gärungs- und Mari- nierungs- halle	+2 bis +4	autonom	Ammoniak/ Kälte­träger	0,2	
Kohllager (Halle 25)					2 Varianten: Separate Maschinenabteilung für beide Lager oder nur für die Gärungs- und Mari- nierungshalle
Tieftempe- raturkühl- haus	-20	Integriert	Ammoniak, direkte Kühlung	1,5	
					Austausch der Radiatoren gegen Luftkühler, Reser- ven der Anlage zur Er- weiterung des Tieftempe- raturkühlhauses
Gesamtmenge Ammoniak				12.2 t	

* Der erhalten gebliebene Teil des Kälte­zentrums wird einer grundlegenden Rekonstruktion unterworfen incl. des Austauschs der Kapazitätswärmetauscher gegen Plattenwärmetauscher.

5.2.2 Konzept der kompletten Anlagenerneuerung

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Elemente des durch Fa. Grasso International (Berlin-Moskau) erarbeiteten Konzeptes der kompletten Anlagenerneuerung dargelegt, das die Installation einer neuen Kälteanlage für die Kompressorenhalle vorsieht.

Beschreibung der Kälteanlage

Die Ammoniakkälteanlage wurde zur Kühlung der Kammern projektiert, die sich in den Gebäuden der Kühlhäuser für 9.000 t, 30.000 t, 38.000 t und der Präservenhalle befinden.

Die Aufstellung der Ausrüstung erfolgt innerhalb der bestehenden Ammoniakkompressorhalle.

Entsprechend der von der AG "Moskvorezkoje" zur Verfügung gestellten Daten beträgt die benötigte Kapazität der Kälteerzeugung 10.100 kW, unter Berücksichtigung eines Ungleichförmigkeitsgrades der Belastung $Q_0=8585$ kW.

Es wird die Aufstellung von 6 Block-Kältemaschinen (Chiller) zur Abkühlung eines Zwischenkälteträgers (Propylenglykol) vorgeschlagen. Zur Abkühlung des Wassers, dass zur Abkühlung der Kondensatoren und Ölkühler benötigt wird, werden 6 Kühltürme mit Wasserpumpen verwendet.

Die Kälteleistung jeder Kühlmaschine beträgt 1550 kW bei $t_0 = -14^\circ \text{C}$ / $t_K = +35^\circ \text{C}$.

Die gesamte Kälteleistung der Anlage beträgt 9300 kW.

Kalkulierte Parameter

Temperatur der Umgebung	$t_{\text{max.}}$	+32 °C
Temperatur lt. Feuchtigkeitsthermometer		+22,5 °C
Temperatur im Maschinensaal		+5 °C bis +40 °C
Betriebsspannung		3 x 400 V – 50 Hz
Spannung der Steuerung		220 V – 50 Hz

Kältemittel	R717 (Ammoniak)
-------------	-----------------

Füllung des Gesamtsystems mit dem Kältemittel	ca. 1,68 t
Kälteöl	XA-30

Normative Vorschriften

Die Druckbehälter werden entsprechend der offiziellen Vorschriften der BRD (DruckBeV) gefertigt, durchlaufen die Werksprüfung (Kontrolle der Konstruktion und Drucktest) incl. TÜV-Annahme. Die Kälteanlage wird unter Berücksichtigung der Normen VBG 20 und des Standards EN 378 gefertigt. Außerdem werden die „Vorschriften zur Errichtung und des sicheren Betriebes von Ammoniakkälteanlagen“, PB-09-220-98, vom 30. Juni 1998, berücksichtigt.

Die Kälteanlage besitzt ein Zertifikat von GOST-R RF und die Anwendungsgenehmigung, ausgestellt vom Gosgortekhnadsor der RF.

Die Anlage besteht im wesentlichen aus *GRASSO Ammoniakkältemaschinen zur Abkühlung von Flüssigkeiten*, Typ FX PP 2800/s mit einem Schraubenkompressor, Verdunster und Kondensator (Plattenwärmetauscher), hergestellt als kompakter, im Werk vormontierter, zum Anschluss vorbereiteter Block. Die Ammoniakkältemaschine durchläuft komplexe Prüfungen auf Leistungsfähigkeit und Dichtheit und wird mit Stickstoff als Schutzgas gefüllt.

Die technische Sicherheit der Anlage entspricht den Normen UVV/VBG20, dem Standard DIN 8975 und den Vorschriften für Druckgefäße.

Technische Beschreibung der Ammoniakkältemaschine zur Flüssigkeitskühlung,
Typ FX PP 2800/s

Anzahl der Kältemaschinen zur Flüssigkeitskühlung	6
Kühlleistung nach DIN 8976	1550 kW
Kältemittel	NH ₃
GRASSO Schraubenverdichter, Typ H-2	
Leistungsbedarf pro Welle	443 kW
Antriebsmotor	
Nominale Leistung	560 kW
Nominale Geschwindigkeit	2940 U/Min.
Spannung/Phasen/Frequenz	400/2/50 V/-/Hz
Verdampfer	
Kälteträger	Propylenglykol 30%
Temperatur des Kälteträgers am Eintritt	-5 °C
Temperatur des Kälteträgers am Austritt	-10 °C
Verbrauch	332m ³ /h
Druckverlust auf der Seite des Kälteträgers	87 kPa
Max. Arbeitsdruck auf der Seite des Kälteträgers	10 bar
Max. Arbeitsdruck auf der Seite des Kältemittels	16 bar
Koeffizient der Verunreinigung	0,43 x 10 ⁻⁴ m ² K/W
Kondensator	
Kondensatorleistung	2098 kW
Kondensationstemperatur	+35 °C
Kühlmittel	Wasser
Temperatur des Kühlmittels am Eintritt	+27 °C
Temperatur des Kühlmittels am Austritt	+32 °C
Kühlmittelverbrauch	360 m ³ /h
Druckverlust auf der Seite des Kühlmittel	26 kPa
Max. Arbeitsdruck auf der Seite des Kühlmittels	10 bar
Max. Arbeitsdruck auf der Seite des Kältemittels	23 bar
Koeffizient der Verunreinigung	0,86 x 10 ⁻⁴ m ² K/W
Ölkühler	
Leistung	174 kW
Kühlmittel	Wasser
Temperatur des Kühlmittels am Eintritt	+27 °C
Temperatur des Kühlmittels am Austritt	+32 °C
Kühlmittelverbrauch	30 m ³ /h
Druckverlust auf der Seite des Kühlmittel	30 kPa

Die kompakten Ammoniakkältemaschinen, auch Chiller genannt, bestehen aus folgenden Komponenten:

Schraubenkompressoraggregat (Schraubenkompressor LT-Screw)

Kompressor mit permanenter geometrischer Kompressionsstufe und stufenloser Leistungsregelung per Mikroprozessor von 10 bis 100 %. Im Kompressor ist ein Rückschlagventil an der Ansaugseite, eine Ölpumpe, ein Ansaugfilter, Magnetventile zur Leistungsregulierung, sowie ein System zur Regulierung des Ölkreislaufs integriert.

Ölkreislauf

Das geschlossene Ölsystem des Schraubenkompressoraggregats besteht aus: Ölabscheider, Ölpumpe, Plattenölkühler, Ölfilter einschließlich System zur Regulierung des Ölkreislaufs, einschließlich der Vorrichtungen zur Regulierung und Kontrolle des Drucks und der Temperatur des Schraubenkompressors. Die stählernen Rohrleitungen durchlaufen Werksprüfungen auf Druck und Dichtheit, die Schweißnähte werden durch zerstörungsfreie Werkstoffprüfung kontrolliert.

Ölabscheider

Der vertikale Ölabscheider mit integrierter präziser Scheidestufe, mit separaten Ölrücklauf nach der Scheidestufe, mit Sichtfenster, auswechselbaren Filterpatronen für die Feinfiltrierung, optischen Anzeiger des Flüssigkeitsniveaus und Ölheizung. Ausgestattet mit 2 Sicherheitsventilen mit Umschalteneinrichtung. Kalkulierter- / Kontrolldruck: 23,0 bar / 29,9 bar

Ölkühler

Wird mit Wasser gekühlt, Ausführung als Plattenwärmeaustauscher.

Kältemittelkreislauf

Geschlossenes System eines Verdampfers und eines Kältemittelabscheiders mit einem modulierten Hochdruckschwimmregler. Schließt ein den Plattenwärmetauscher und Kältemittelabscheider, den automatischen Ölrückfluss mit Sichtfenster, Stahlrohrleitungen (die Schweißnähte wurden durch zerstörungsfreie Werkstoffprüfung kontrolliert), das Ventil für den Kältemittelinlass, ein Luftventil, die Anzeige (auf Display) des Ansaugdrucks, der Kompressorförderung und des Öldrucks, sowie die Anzeige der Ansaug- und Fördertemperatur des Kompressors und der Öltemperatur. Der Filter befindet sich auf der Ansaugseite vor dem Kompressor, das Absperr- und Rücklaufventil auf den Ansaug- und Förderseiten.

Verdampfer

Plattenwärmeaustauscher in Kassettenschweißausführung aus rostfreiem Stahl. Wanne für Tauwasser unterhalb des Verdampfers. Kalkulierter / Kontrolldruck: 16,0 bar / 20,8 bar.

Kondensator

Plattenwärmeaustauscher in Kassettenschweißausführung aus rostfreiem Stahl. Plattenwärmeaustauscher mit einer Spezifikation wie beim Verdampfer. Kalkulierter / Kontrolldruck: 23,0 bar / 29,9 bar.

Automatischer Ölrücklauf

Anlage zur automatischen Ölentfernung aus dem Kältemittelkreislauf. Auf ein Signal des programmierbaren Zeitbetriebs der Schalteinrichtung SPS kehrt das Öl periodisch aus dem Verdampfersystem zur Ansaugseite des Verdichters zurück.

Kältemittelabscheider

Vertikales Druckgefäß zur Trennung von Gas- und Flüssigkeitsphase des Kältemittels mit optischer Anzeige des Flüssigkeitsniveaus. Ausgestattet mit 2 Sicherheitsventilen mit Umschalteneinrichtung. Hergestellt in Übereinstimmung mit den bestehenden gesetzlichen Normen UVV / VBG 20 incl. TÜV-Annahme. In der Kältemittelleitung sind ein Luftventil und zwei Niveauregler montiert. Kalkulierter / Kontrolldruck: 16,0 bar / 20,8 bar.

Schalt- und Regeleinrichtungen

Die Kältemaschine zur Flüssigkeitskühlung verfügt über alle für den Betrieb notwendigen Umschalt-, Regel-, Mess- und Sicherheitseinrichtungen. Alle Elektromotoren, Umschalt-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen verfügen über komplette Elektroleitungen, deshalb wird zur Stromzufuhr auch nur eine, mit einer Sicherung geschützte Elektroleitung benötigt. Es wird eine Manometertafel zur Anzeige des Ansaug- und Förderungsdrucks, des Öldrucks sowie des Drucks im Verdichter-Verdampferblock montiert. Die Manometertafel ist auf dem Ölabscheider montiert.

Es werden zwei kombinierte Blöcke eingeschaltet, jeder mit 2 Sicherheitsventilen und Umschalteneinrichtung, Überströmventil, Havariedruckbegrenzer, Druckumwandler für die Begrenzung des Ansaugdrucks, des Förderdrucks des Verdichters und des Öldrucks, Temperaturbegrenzer für die Fördertemperatur des Verdichters und die Öltemperatur, Steuerung der Kondensationstemperatur, Steuerung mit Nominalstrombegrenzer und Verbrauchsregler für den Kälte-trägerkreislauf.

In dem Kältemittelabscheider sind 2 Niveauregler angebracht.

Freiprogrammierbare Mikroprozessorsteuerung SPS

Mit Hilfe der Steuerungseinrichtung SPS SIMATIC C7-633/P erfolgt die allgemeine Kontrolle der Parameter der Kältemaschine: Ansaugdruck, Kondensationsdruck, Öldruck, Differenzen des Öl- und Förderdrucks des Verdichters, Fördertemperatur des Verdichters, Öltemperatur, Ausgangstemperatur des Kälte-trägers, Nominalstrom der Elektromotors und Positionen des Regelschiebers. Es besteht die Möglichkeit der Fernbedienung über potentialfreie Kontakte oder das Interface SINEC-L2. Die Bedienung und die Parametereingabe erfolgt über ein Terminal.

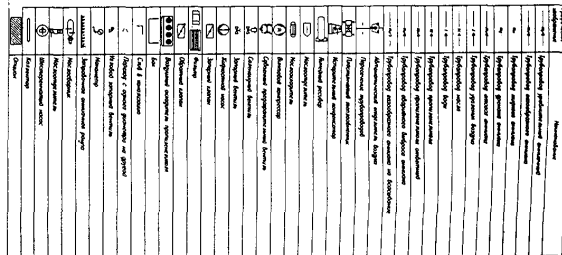
Eine regulierbare Größe ist die Temperatur des Kälte-trägers am Verdampferausgang unter Berücksichtigung der Begrenzung des Ansaugdrucks, Kondensationsdrucks und des Nominalstroms des Elektromotors.

Die Hauptfunktionen der SPS-Steuerung sind:

1. Temperaturregelung des Kälte-trägers am Verdampferausgang.
2. Elektronischer Anlagenschutz und Speicherung der Arbeitsstunden.
3. Entriegelungskontakte für die Kälte-trägerpumpen und das Kondensatorsystem (ohne Kondensationsdruckregelung).
4. Kontrollsignalisierung für den Betrieb der technologischen Ausstattung, Anzeige aller analogen Daten.
5. Fehlersignalisierung zur Betriebskontrolle, Lichtsignale und Text.
6. Potentialfreie Signalisierung des Zustandes der Anlage zur Flüssigkeitskühlung.

Nächste Seite:

Bild 5.1: Projektierte Kälteanlage

[illegible]

5.2.3 Projektierung für die Kälteanlage der Niedrigtemperaturhalle der AG Moskvorezkoje

Beschreibung der Kälteanlage

Die Ammoniakkälteanlage wurde zur Kühlung der Kammern der Niedrigtemperaturhalle (NTH) projektiert.

Die Aufstellung der Ausrüstung erfolgt innerhalb der Ammoniak-Verdichterabteilung, die sich im Gebäude der Niedrigtemperaturhalle befindet.

Entsprechend den von der AG „Moskvorezkoje“ erhaltenen Daten wird für die NTH eine Kühlleistung von 652 kW (unter Berücksichtigung eines Ungleichförmigkeitsgrades von 0,85) benötigt.

Es wird eine Aufstellung von 2 Verdichteraggregaten, 2 Plattenkondensatoren, 1 Zirkulationsreceiver, 3 Ammoniakpumpen (2 in Betrieb, 1 in Reserve) für die Zuführung des flüssigen Kältemittels zu den Lüftkühlern vorgeschlagen. In jeder Kammer werden 2 Luftkühler, insgesamt 24 Stück, aufgestellt, zur Kühlung der Kondensatoren und Plattenölkühler werden 3 Wasserumwälzpumpen (2 in Betrieb, 1 pro Aggregat und 1 als Reserve) genutzt. Für die Wasserkühlung werden 2 Kühltürme mit Wasserpumpen (1 als Reserve) verwendet.

Die Kühlleistung jedes Schrauben-Verdichteraggregats beträgt 375 kW bei $t_0 = -28\text{ °C}$; $t_k = +35\text{ °C}$.

Die gesamte Kühlleistung der Anlage beträgt 750 kW.

Kalkulierte Parameter

Temperatur der Umgebung	$t_{\max.}$ +32 °C
Temperatur lt. Feuchtigkeitsthermometer	+22,5 °C
Temperatur im Maschinensaal	+5 °C bis +40 °C
Betriebsspannung	3 x 400 V – 50 Hz
Spannung der Steuerung	220 V – 50 Hz
Kältemittel	R717 (Ammoniak)
Füllung des Systems mit dem Kältemittel	ca. 1,5 t
Kälteöl	XA-30

Normative Vorschriften

Entsprechend den Ausführungen in 5.2.

Die Anlage besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

a) 2 Stück Ammoniak-Schraubenverdichteraggregat Typ SB-3AK, komplett montiert auf einem Basisrahmen, bestehend aus:

GRASSO Niederdruck-Schraubenverdichter Typ Y-3 mit einer permanenten geometrischen Kompressionsstufe $V_i = 4,8$ und einer stufenlosen Leistungsregelung von 10 bis 100 %,

mit einem modernen asymmetrischen Rotorprofil mit überdurchschnittlichen COP - Kennzahlen bei Teil- und Volllastbetrieb und einem Schutz vor Gaspulsationen im Teillastbereich. Der Verdichter verfügt über eine gesonderte Blockierung und ein hervorzuhebend hohes Niveau der Betriebsbereitschaft, der Zuverlässigkeit und eine einfache Bedienung.

- Vertikal angeordneter Ölabscheider mit integrierter präziser Scheidestufe, mit Ölrücklauf zum Verdichter über eine Klappe.
- Ölkühler vom Typ eines Thermosiphons (Rohrbündelwärmeaustauscher).
- Armatur des Ölkreislaufs.
- Rückschlagventil (Druckseite).
- Rückschlagventil (Saugseite).
- 4 Magnetventile zur Leistungsregulierung.
- 60 µm – Ansaugfilter.
- Ölpumpe, Förderleistung 76 l/Min., 1,5 kW, 400 V, 3,5 A, 3 Phasen, 50 Hz.
- Ventil zur Regulierung des Öldrucks.
- Dreiwegeventil zur Regulierung der Öltemperatur.
- 16 µm – Ölfilter.
- Verschleißarme stählerne Scheibenkupplung mit Schutzhaube für die Kupplung.
- Riegel zur genauen Befestigung des Antriebsmotors des Verdichters unter jede Motorbasis.
- Vorrichtungen für Druck- und Temperaturmessungen, Druckumwandler für den Ansaugdruck, den Verdichterenddruck und den Öldruck, Widerstandsthermometer für die Ansaug- und Endtemperatur des Verdichters sowie die Öltemperatur.

Einrichtung der Verdichtersteuerung Simatic C7 der Firma Siemens

Das Standardmodulsystem der Programmsteuerung SPS ist auf dem Schraubenverdichteraggregat montiert. Das frei programmierbare Steuerpult mit integriertem Bedienungs- und Anzeigensystem ist in einem Gehäuse mit Tür montiert und ist für die Gewährleistung der Sicherheit des Aggregats mittels Kontrolle und Indikation von Druck und Temperatur, die Realisierung An- bzw. Abfahrregimes, die Regulierung der Verdichterleistung (Kennziffern des Ansaugdrucks oder der Arbeitstemperatur), die automatisierte Steuerung der Verdichter in Abhängigkeit von den Prozessparametern, vorgesehen.

Es besteht die Möglichkeit einer Fernbedienung über potentialfreie Kontakte oder über das Interface SINEC-L2.

Die Bedienung und die Eingabe der Parameter wird über ein Terminal realisiert, dessen Display über 4 Textzeilen verfügt (Ziffern und Buchstaben, in russischer Sprache).

Die Sensor- und Bedienelemente des Schraubenverdichteraggregats sind per Kabel mit der Verdichtersteuerung verbunden.

Der Elektromotor des Verdichters ist auf dem Schraubenverdichteraggregat montiert.

Der Schraubenverdichter wird durch einen 3-Phasen-Elektromotor mit getriebelosem Antrieb angetrieben.

Für den kompletten Schutz des Elektromotors werden Thermofühleinsätze in jeder Motorwicklung verwendet. Die Montage erfolgt mit Feststellern für die vereinfachte Zentrierung von Motor und Kompressor.

Leistung	250 kW
Spannung	400 V
Frequenz	50 Hz
Sicherheitsstufe	IP 54
Heißeleiter zur Temperaturkontrolle in der Spule	

- Abnahme der Hochdruckgefäße.

- Zusatzventile (auf der Druck- und Ansaugseite)*

Von der Druckseite: Rückschlagabsperrrventil anstatt Absperrventil DN 80.

Ölheizung 1,5 kW, 400 V, 2 Phasen, 50 Hz für den Aggregatbetrieb bei einer Umgebungstemperatur von +5 bis +15 °C, mit Thermostat und Wärmerelay.

Ölkreislauf

Ölabscheider, Ölpumpe, Plattenölkühler, Dreiwegeventil zur Begrenzung der Öltemperatur, Ölfilter einschließlich System zur Regulierung des Ölkreislaufs, einschließlich der Vorrichtungen zur Regulierung und Kontrolle des Drucks und der Temperatur des Schraubenverdichters. Die stählernen Rohrleitungen durchlaufen Werksprüfungen auf Druck und Dichtheit, die Schweißnähte werden durch zerstörungsfreie Werkstoffprüfung kontrolliert.

Der vertikale Ölabscheider mit integrierter präziser Scheidestufe, mit separaten Ölrücklauf nach der Scheidestufe, mit Sichtfenster, auswechselbaren Filterpatronen für die Feinfiltrierung, optischen Anzeiger des Flüssigkeitsniveaus und Ölheizung.

Kalkulierter- / Kontrolldruck 23,0 bar / 29,9 bar

Wird mit Wasser gekühlt, Ausführung als Plattenwärmeaustauscher.

Technische Charakteristika des Schraubenverdichteraggregats YB-3AO

Kältemittel	Ammoniak
Theoretisches Ansaugvolumen	1290 m ³ /h
Kühlleistung *	375 kW
Anschlussleistung	189 kW
Rotationsgeschwindigkeit	2940 U/Min.
Siedetemperatur	-28 °C
Kondensationstemperatur	35 °C
Überhitzung	5 K
Umgebungstemperatur (min./max.)	15 / 40 °C
Öltemperatur am Verdichtereingang	60 °C
Leistung der Ölkühlung	126 kW
Abmessungen:	
- Länge	3420 mm
- Breite	1370 mm
- Höhe	2089 mm
- Gewicht	3930 kg
- Anschluss der Saugrohrleitung	150 DN
- Anschluss der Verdichterrohrleitung	80 DN

* nach DIN 8976

b) 2 Stück Ammoniak – Plattenwasserkondensator

Wärmeaustauschleistung	585 kW
Kondensationstemperatur	35 °C
Kühlwasserverbrauch	193,8 m ³ /h
Plattenmaterial	rostfreier Edelstahl AISI 316/0.6 mm
Arbeitsgewicht	1646 kg
Abmessungen:	ca. 1815 x 650 x 1486 mm

einschließlich:

- manuelle Absperrventile am Ammoniakein- und austritt des Kondensators;
- Manometer mit einem Manometerabsperrrventil zur visuellen Druckkontrolle auf der Ammoniakseite;
- Doppelsicherheitsventil mit Umschaltvorrichtung;
- Wasserdurchflussrelais;
- Thermometer zur visuellen Kontrolle der Wassertemperatur.

c) 3 Stück Ammoniakpumpe

Kühlmittelverbrauch	1,0 - 10,0 m ³ /h
Druck	25 - 32 m
Leistung des Elektromotors	3,0 kW
Abmessungen:	ca. 536 x 218 x 250 mm

d) Stromverteilungsanlage

Nimmt die aufgeführte elektrotechnische Ausstattung auf, ist aus Stahlblech gefertigt und verfügt über eine Anbaukonstruktion mit Lacküberzug und ist zur Montage der Stromleitungen vorbereitet.

e) Armaturen für den Ammoniak- und Wasserkreislauf

Beinhaltet die Absperr-, Steuerungs- und Sicherheitsarmatur für den Ammoniak- und Wasserkreislauf.

f) Zirkulationsreceiver

Fassungsvermögen des linearen Receivers ca. $6,5 \text{ m}^3$. Ausgestattet mit Absperr- und Steuerungsarmatur.

g) Abscheider für nichtkondensierbare Gase

GRASSO automatisches Aggregat zur Abscheidung nichtkondensierbarer Gase „Purger“

Das patentierte automatische System zur Abscheidung nichtkondensierbarer Gase beinhaltet folgende Komponenten:

- hermetischer Verdichter- und Kondensatorblock
- Wärmeaustauscher
- Sicherheitsausschalter, arbeitet auf Druck
- Zeitrelais
- Gegenflansch (unbefestigt)
- Absperrventil zum anschließen
- Variante mit zusätzlichem Sicherheitsausschalter des Hochdrucks und Signallampe
- max. Temperatur der Umgebung $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- min. Druck der Kondensationsapparatur $6 \text{ bar}_{\text{abs.}}$
- Spannung $230 \text{ V}/50 \text{ Hz}$
- Anschlusskapazität 400 W
- L/B/H ca.: $695/330/400 \text{ mm}$; Gewicht: 57 kg

h) 2 Kühler

i) 3 Pumpen für die Zuführung des Umlaufwassers auf die Kühler (2 in Betrieb, 1 Reserve)

j) 3 Pumpen für die Zuführung von Kühlwasser auf die Kondensatoren und Ölkühler (2 in Betrieb, 1 Reserve)

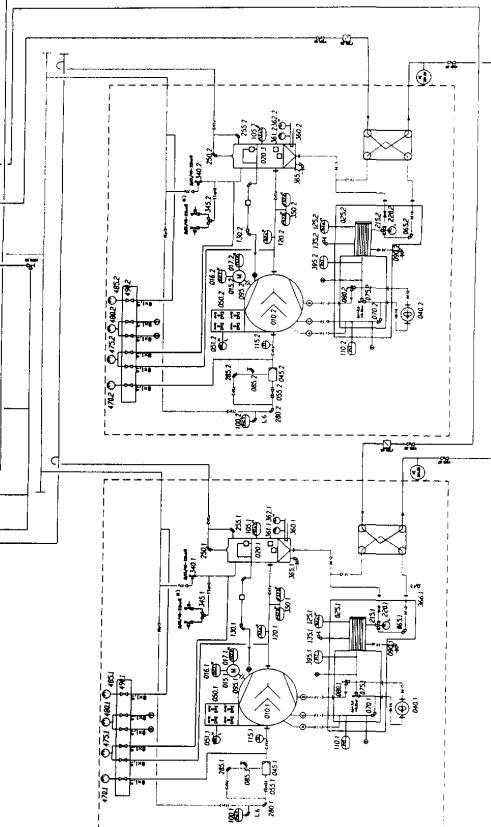
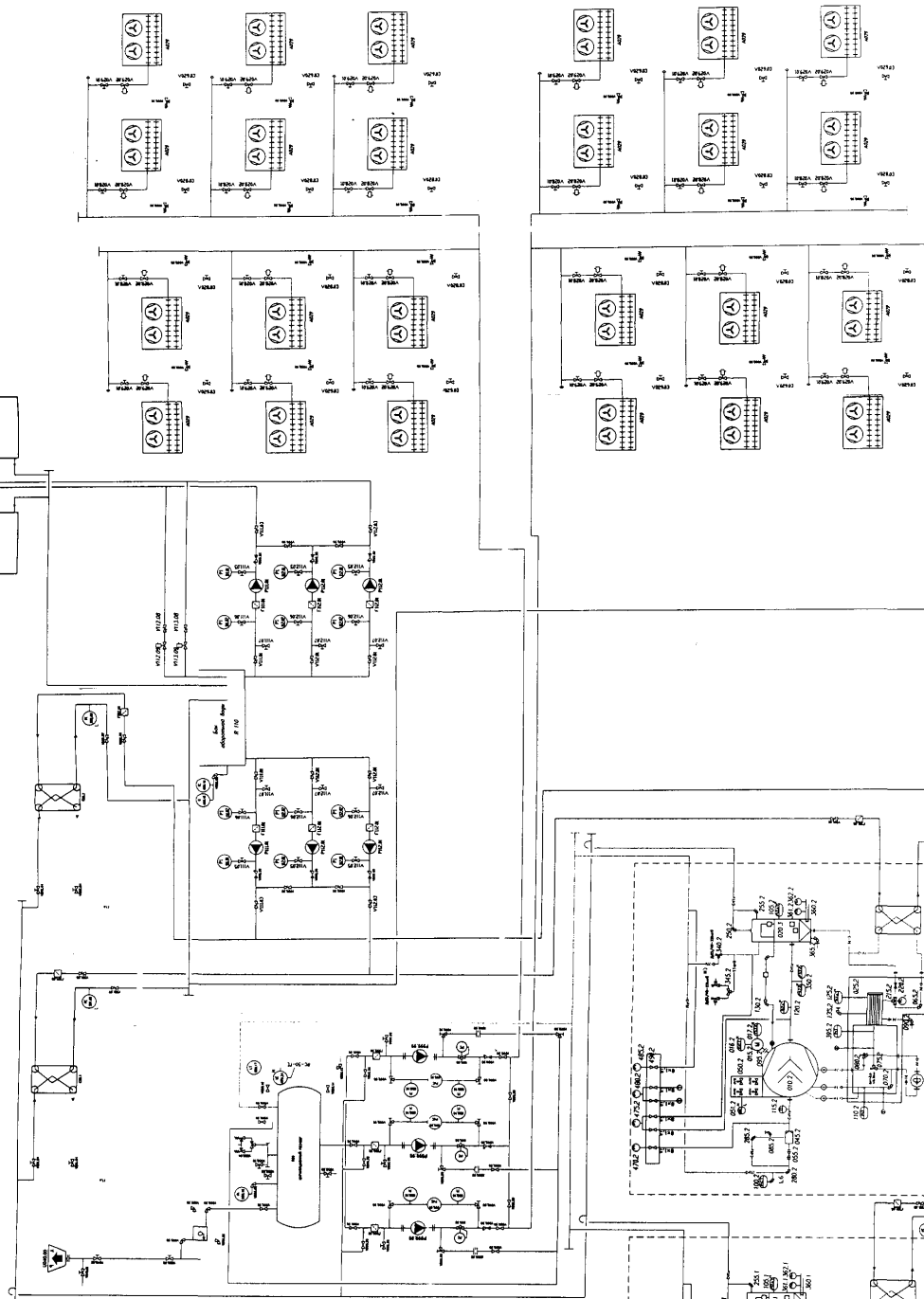
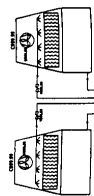
k) 1 Satz Absperr- und Steuerungsarmatur

l) 1 Satz Rohrleitungen des Kühlmittels und Systeme der Umlaufwasserversorgung

m) 1 Satz Isolation

Nächste Seite:

Bild 5.2.: Projektierte Kälteanlage für die Tieftemperaturkühlhalle



6. Erarbeitung der Modernisierungskonzepte des AG „Chladokombinat 7“

6.1 Ergebnisse der Ist-Stand Analyse

Die nachfolgend dokumentierten Ergebnisse der Ist-Stand Analyse basieren vorwiegend auf zwei Begehungen der Anlage, wobei eine Begehung gemeinsam von den Mitgliedern der Vorhabensarbeitsgruppe und den Mitgliedern des vorhabensbegleitenden Expertenausschusses vorgenommen wurde.

Rohrleitungsschemen (P&ID) der NH₃ - Kälteanlage sowie Zeichnungen jeglicher Art sowie eine Übersicht zu den Betriebskosten unter Berücksichtigung der Kosten für Personal, Wartung und Instandhaltung, Energiekosten, Material- und Betriebsmittelausgaben standen nicht zur Verfügung.

6.1.1 Allgemeine Angaben zum Unternehmen

Das Chladokombinat 7 wurde 1934 als Betrieb für Speiseeisherstellung errichtet. Die Kälteversorgung der 63 Kühlkammern erfolgt durch eine zentrale Kälteanlage (Verdampfungstemperatur - 30 °C und - 45 °C).

Laut dem Ursprungsprojekt beträgt die Ammoniakfüllmenge 110 t, gegenwärtig befinden sich nach Angaben des Betreibers 62 t NH₃ in der Anlage. Die Ammoniakverluste betragen 12 – 15 t pro Jahr.

Die Anlagen grenzen direkt an eine stark befahrene Strasse und befinden sich in unmittelbarer Nähe zu einem Wohngebiet (Entfernung < 500 m) (Bild 6.1).

6.1.2 Beschreibung der Kälteanlage

Es handelt sich um eine zweistufig arbeitende NH₃ – Kompressionskälteanlage (Bild 6.2), die auf der Niederdruckseite mit zwei unterschiedlichen Temperatursystemen betrieben wird:

- Verdampfungstemperatur – 45° C: an diesem Kreislauf sind im wesentlichen die Eismaschinen und Eishärtekammern angeschlossen,
- Verdampfungstemperatur – 30° C: An diesem Kreislauf sind Kühlkammern für die Fertigprodukte Eis und die Eiswassererzeugung angeschlossen.

Kälteanlage

Die Kälteerzeugungsanlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Hauptkomponenten:

- 4 Kolbenverdichter-Paare, angetrieben über einen Antrieb mit je einem Getriebe (russische Bauart 1939)
- 3 Stück zweistufige Schraubenverdichter-Aggregate F2MS3-900/2500
- 1 Stück Schraubenverdichter-Aggregat S3-900
- 1 Stück Schraubenverdichter-Aggregat S3-2500 (ohne Kupplung, z.Z. nicht in Betrieb). Alle Schraubenverdichter-Aggregate Fabrikat: Kühlautomat Berlin
- 4 Stück Rohrbündelkondensatoren (3 x 280 m², 1 x 315 m²), davon einer z.Z. in Reparatur
zugeordnet 4 Stück NH₃-Flüssigkeitssammler je 3,5 m³
- 5 Stück Verdunstungskondensatoren, davon 3 Stück ungarisches Fabrikat, 2 Stück russisches Fabrikat, 2 x außer Betrieb

zugeordnet 8 Stück NH₃ - Flüssigkeitssammler je 3,5 m³
davon 4 x für die Lagerung des flüssigen Ammoniaks (Reserve), Verbrauch pro Jahr, ca. 15 t.

Bemerkung: Die Rohrbündelkondensatoren und Verdunstungsverflüssiger werden parallel betrieben.

Kältemittelabscheider:

- 6 Stück NH₃-Flüssigkeitsabscheider, Inhalt 5 m³ für Kreislauf – 45° C, mit je einer Kältemittelpumpe, Förderleistung 30 m³/h, Förderhöhe 40m
- 6 Stück NH₃ – Flüssigkeitsabscheider 5 m³ Inhalt für Kreislauf –30° C mit je einer Kältemittelpumpe gleichen Fabrikats wie –45° C

Kältemaschinenraum

Im Kältemaschinenraum sind im Wesentlichen alle Kältekompressoren aufgestellt. Die vier Kolbenverdichter-Paare sind zum Teil mit offenen Schalteinrichtungen ausgerüstet, die durch Barrieren geschützt werden. Die alten Kolbenkompressoren arbeiten auf dem Kreislauf -30° C, zusätzlich arbeitet ein Schraubenverdichter - Aggregat (S3-900) auf diesem Kreislauf. Die zweistufigen Schraubenverdichter - Aggregate arbeiten alle auf den Kreislauf - 45° C, wo bei Normalbetrieb nur ein zweistufiges Aggregat in Betrieb ist. Nur bei Spitzenzeiten und im Anfahrbetrieb in den Morgenstunden wird zeitweise ein zweites Verdichteraggregat zugeschaltet.

In dem Maschinenraum war deutlicher Ammoniakgeruch vorhanden, der verursacht werden kann durch:

- die eingesetzten russischen Absperrarmaturen entsprechen in ihrer Bauart (geflanschte Ventile mit Stopfbuchse an der Spindelabdichtung) nicht den modernen Anforderungen an Armaturen.
- die Kolbenverdichter alter Bauart an ihren unzureichenden Stopfbuchsen.

Die Rohrleitungsverlegung innerhalb des Maschinenraumes erfolgte überwiegend unterirdisch. Sichtbare unisolierte und isolierte Rohrleitungen waren in gutem Zustand. Die Sicherheitseinrichtungen, einschließlich Sicherheitsventile an den Druckbehältern der Verdichteraggregate, waren vorhanden.

Behälterraum Verflüssiger / Flüssigkeitssammler

In dem rechterhand an den Maschinenraum anschließenden Raum waren die Rohrbündelkondensatoren und vier Sammler angeordnet. Die Behälter waren mit entsprechenden Manometern und Sicherheitsventilen ausgerüstet.

An den Behälterraum schließt sich auf einer Freifläche die Aufstellung der Verdunstungsverflüssiger und der acht zugehörigen Flüssigkeitssammler an. Von den Verdunstungsverflüssigern waren zwei Verdunstungsverflüssiger nicht betriebsfähig (demonzierter Lüfter).

Raum mit 12 Stück Flüssigkeitsabscheidern

Dieser Raum schließt sich linksseitig an den Kompressorenraum an, jeweils sechs Flüssigkeitsabscheider sind an einer Wand angeordnet und durch einen Mittelgang begehbar. Der Zustand dieses Raumes und seiner Einrichtungen ist sehr kritisch.

Begründung:

- Die Isolierung aller Flüssigkeitsabscheider ist durchgeschlagen und es sind starke Schnee- und Eisbildungen an den Außenseiten und übergreifend zum Gebäude vorhanden.
- Alle Kältemittelpumpen sind mit einer Ölsperre an den Stopfbuchsen ausgerüstet, die ständig mit Öl versorgt werden müssen.

Bild 6.1 Lageplan des Chladokombinat 7

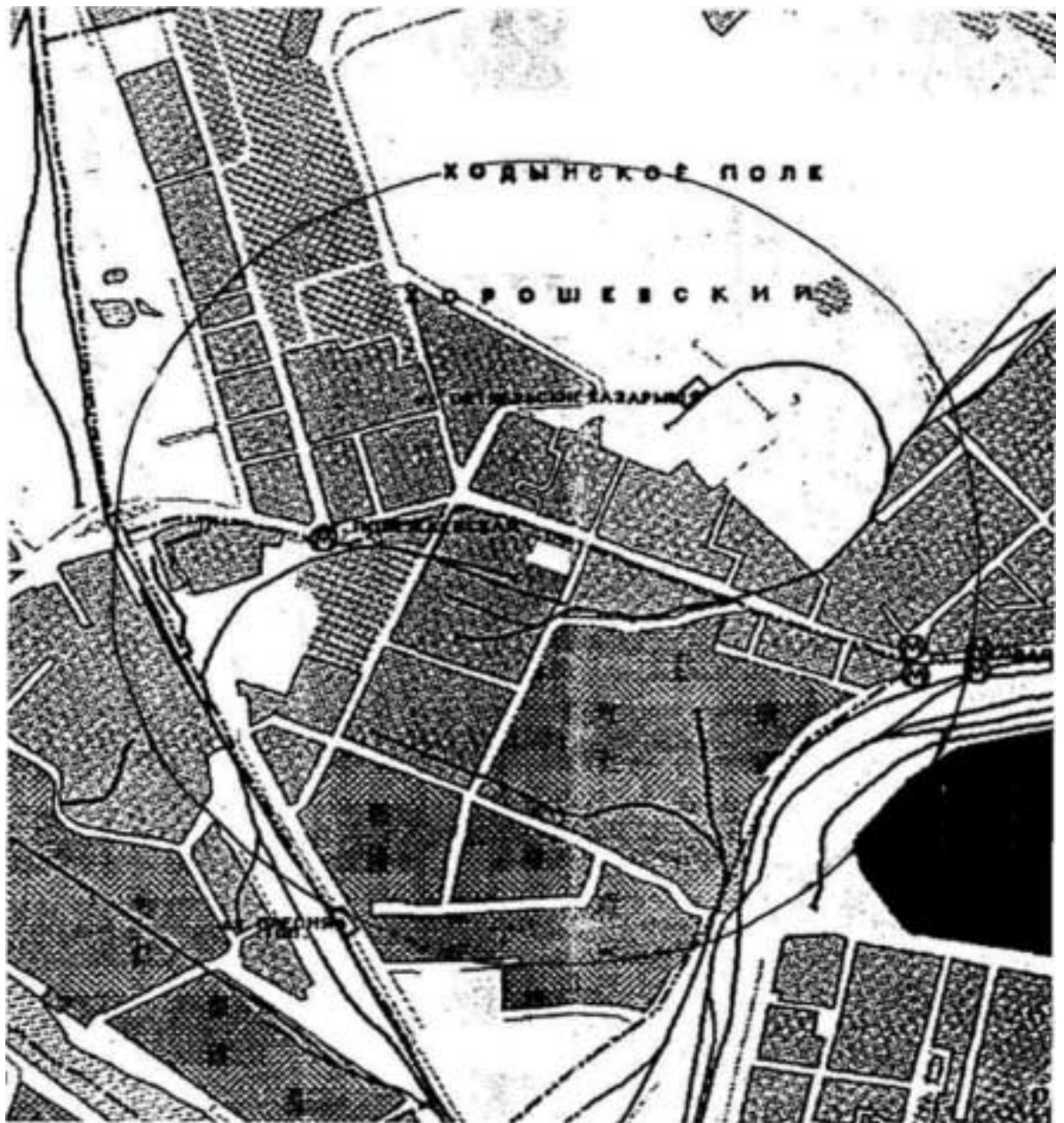
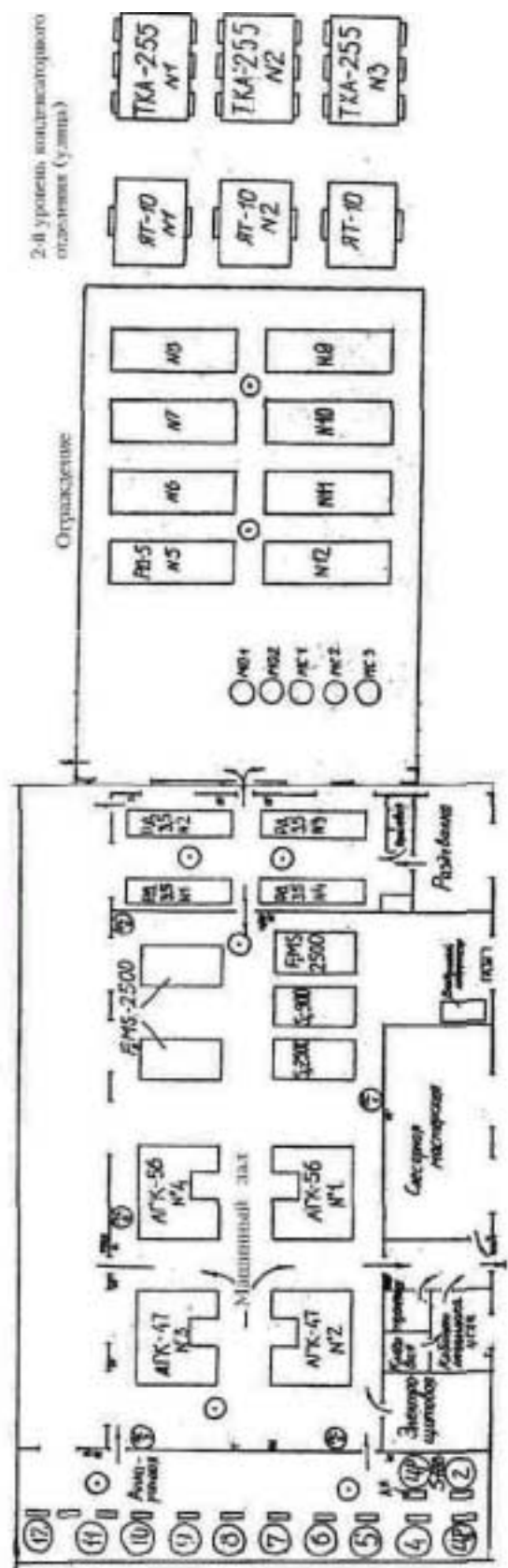


Bild 6.2 : Anordnung der Komponenten der Kälteanlage des „Chladokombinat 7“

ОАО "Хладокомбинат № 7"
План размещения основного технологического оборудования



6.1.3 Kühlkammern und Produktionsanlagen

Im Gesamtgebäude integriert ist ein Lagerhaus mit Kühlkammern vom Keller bis zur 5. Etage. Die Besichtigung einer Kühlkammer hat folgendes ergeben.

Auf Grund der Raumhöhe ergibt sich nur eine einfache Palettenhöhe (ca. 1,70m). Dabei wäre eine anderthalbfache Packungshöhe möglich.

Die Kühlung innerhalb des Raumes erfolgt mittels stiller Kühlung, d.h. an den Wänden und an der Decke sind Rohrsysteme installiert, die mit flüssigem Ammoniak versorgt und dadurch gekühlt werden. Länge geschätzt 2 x 7m x 2,5m, Durchmesser der Rohre 150 mm.

Deckenaufhängung 2 x 8m Länge x 2 x 4m Breite, Rohre in Doppelpackung, Rohrdurchmesser 150 mm. Alle Maße geschätzt.

Das flüssige Ammoniak wird dabei wie ein Kälteträger umgepumpt. Es erfolgt keine nennenswerte Verdampfung in den Kühlsystemen. Die Rezirkulationszahl wird auf $r = 14$ bis 16 geschätzt. Notwendig ist aber bei einer vernünftigen Ausnutzung der Verdichterleistung $r = 4$ bis 5.

Die Kühlsysteme sind sehr stark bereift (50-60 mm Reif/Eis), das lässt darauf schließen, dass die Raumisolierung in einem sehr schlechten Zustand sein muss, da sehr viel Reif an allen Wänden und Deckenteilen niedergeschlagen war.

Reifdicke geschätzt 0,8 bis 1 m Dicke. Normaler Zustand - kein Reif an den Wänden.

Der Raum insgesamt sah wie eine Schneelandschaft aus. In einem Raum waren insgesamt 13 Kühlrohrsysteme mit den Abmessungen 3 x 4 m enthalten.

Sämtliche mit dem Kühlgut in den Raum gebrachte Feuchtigkeit schlägt sich an den Kühlsystemen und Wänden und Decken nieder.

Ein Abtauen der Kühlsysteme ist nur mit Stillegung des Raumes und Aufheizen des Raumes möglich. Ob die Bausubstanz des Raumes ein totales Aufwärmen schadlos übersteht, ist jedoch nicht vorhersehbar.

In der Produktion wurden Eisautomaten und Eishärtemaschinen vorgestellt, die mit Ammoniak betrieben werden. In einem Raum befanden sich ebenfalls zwei Eiswassererzeugungsanlagen, die über eine Saugdruckregelung an dem Kreislauf - 30° C angeschlossen sind. Die Anschlussrohrleitungen NH_3 -seitig an den Eis- und Härtemaschinen waren teilweise außen bereift, was ein Durchschlagen der Isolierung als Ursache hat.

6.1.4 Betrachtung zur Kältemittelfüllung

Nachfolgende Füllmengen wurden diskutiert:

- Füllmenge je Sammler 80 %, d.h. bei 12 Sammlern Gesamtinhalt $33,6 \text{ m}^3 \text{ NH}_3$
- 12 Abscheider, Füllgrad ca. 40 %, Gesamtinhalt $24 \text{ m}^3 \text{ NH}_3$
- Sonstige Inhalte, wie Kondensatoren, Zwischenkühler, NH_3 -Systeme in den Kammern ca. 30 m^3 flüssiges NH_3 .

Damit ergibt sich eine Gesamtfüllmenge von ca. 88 m^3 flüssigem NH_3 . Dies bedeutet, dass ca. 62 t in der Anlage enthalten sind.

Unter der Voraussetzung nachfolgender Kälteleistungen in den einzelnen Kreisläufen

- -45°C - Kreislauf ca. 600 kW Kälteleistung (entspricht ca. 1,5 mal der Leistung eines zweistufigen Schraubenverdichter-Aggregates).
- -30°C - Kreislauf ca. 1500 kW Kälteleistung

würde eine modern ausgeführte NH_3 Kälteanlage eine Anlagenfüllung von ca. 5 - 8 t maximal aufweisen.

6.1.5 Zusammenfassung

Die Kälteanlage und ihre Bauteile sind sowohl vom Konzept der Kälteanlage als auch von dem Zustand der Bauteile total veraltet und entsprechen schätzungsweise dem Stand der Technik von 1950.

Der Zustand der einzelnen Bauteile, wie Behälter, Armaturen, Sicherheitsarmaturen, Rohrleitungen lassen sich insgesamt schwer einschätzen.

Die Anlage selbst wird durch das zur Verfügung stehende Personal betriebsfähig gehalten. Dem Personal muss gute Sachkenntnis bestätigt werden.

Einzelne Bereiche, wie Abscheiderraum, Kühlkammern, Rohrleitungsisolierung sind in einem schlechten Zustand. Durch die in der Vergangenheit durchgeführten Erweiterungen (Bereich Kondensatoren, Sammler) ist ein sehr großes Anlagenvolumen entstanden und somit eine große Kältemittelfüllung vorhanden.

Die Sicherheitsvorschriften sowohl gemäß EN378 (Sicherheitstechnische Vorschriften für Kälteanlagen) als auch die „Vorschriften zur Errichtung und des sicheren Betriebes von Ammoniakkälteanlagen“ werden teilweise nicht eingehalten bzw. können beim jetzigen Zustand nicht eingehalten werden. Als größtes Problem wird dabei die große Kältemittelfüllmenge angesehen.

Die Aussagen, dass jährliche Kältemittelverluste von bis zu 15t auftreten und dass die Kältemittelmenge jährlich ergänzt werden muss, damit ein einwandfreier Betrieb gewährleistet werden kann, lässt auf kontinuierliche Undichtigkeiten schließen.

In Folge des rückläufigen Eiskonsums (s. Kapitel 4) ist auch die Kapazität des Chladokombinat Nr. 7 nicht voll ausgelastet.

Durch den Betreiber ist der Weiterbetrieb der Anlage auf dem jetzigen Level vorgesehen.

Es liegt bislang kein Konzept für eine Modernisierung vor, da die Aussichten bei der Kapitalbeschaffung für Investitionen gering eingeschätzt werden.

6.2 Vorschläge zur Erhöhung der Sicherheit und Verbesserung der bestehenden Anlage

6.2.1 Erhöhung der Sicherheit

- In Abstimmung mit Gosgortechnadsor sollte geprüft werden, inwieweit die Anzahl der Sammler und damit die Kältemittelfüllung verringert werden kann
- In den Räumen, wo Produktionspersonal mit ammoniakbetriebenen Kältemaschinen arbeitet, sollte eine Nachrüstung mit einer NH_3 -Gaswarnanlage erfolgen, wobei nicht die laut Gosgortechnadsor vorgeschriebenen Grenzwerte zugrunde gelegt werden sollten (diese sind Praxisfremd und eine Altanlage würde nicht mehr betriebsfähig sein).

- Die Grenzwerte sollten eher der europäischen Norm angepaßt werden, damit die Anlagen weiterhin betrieben werden können und nicht (wie bei Einhaltung der russischen Vorschriften) ständig abgeschaltet werden müssen.
- Es ist zu prüfen, ob in einzelne Stränge, in denen eine große Kältemittelmenge zirkuliert, mit automatischen Absperrventilen nachgerüstet werden, die bei NH_3 - Ausbruch diese Stränge absperren und damit die ausströmende Kältemittelmenge minimieren.
- Es ist ein Havarieplan für den Ausbruch einer größeren Kältemittelmenge zu erstellen bzw. zu aktualisieren und mit den örtlichen Behörden (wie Umweltbehörde, Feuerwehr) abzustimmen.

6.2.2. Möglichkeiten zur Verbesserung einzelner Anlagenteile

Diese vorgeschlagenen Verbesserungen zielen sowohl auf eine Erhöhung der Anlagensicherheit durch Verminderung der Kältemittelfüllmengen als auch auf eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch Senkung der Betriebskosten.

- In der Verdichterabteilung ist zu überprüfen, ob der weitere Betrieb der alten Kolbenkompressoren noch notwendig ist und die zur Verfügung stehenden Schraubenverdichter - Aggregate den Gesamtbedarf abdecken können.
- Die Verflüssigeranlage ist zum Teil alt und verschlissen und sollte insgesamt ausgetauscht werden gegen einen oder zwei leistungsstarke Verdunstungsverflüssiger. Mit dieser Änderung sind ebenfalls die 12 Flüssigkeitssammler zu reduzieren auf max. 2 Stück.
- Die 6 Stück Flüssigkeitsabscheider - 45°C sind durch einen Zentralabscheider – 45°C zu ersetzen. Die zugehörigen Stopfbuchskältemittelpumpen mit Ölschmierung sind durch hermetische Kältemittelpumpen zu ersetzen.
- Die gleiche Änderung ist für die 6 Flüssigkeitsabscheider – 30°C durchzuführen.
- Die Rohrleitungs- und Behälterisolierung ist abschnittsweise zu erneuern, um Kälteverluste zu verringern.
- Die Kühlkammern sind von ihrer Technik, der Bausubstanz, der Isolation der Kühlräume so schlecht, dass als richtige Lösung nur ein Neubau Verbesserung bringt. Der Neubau müsste mit Stapelregalen (mindestens Dreifachstapelung) ausgerüstet sein, um so auf kleiner Fläche die gleiche Lagerkapazität wie in den fünf Etagen zu erreichen.
- Dieser neue Kühlraum würde ausgerüstet werden mit NH_3 - Verdampfern mit automatischer Heißgasabtauung, so dass auch alle in den Kühlraum gelangte Luftfeuchtigkeit wieder über die Abtauung der Luftkühler dem Raum entzogen wird und es zu keiner Schneebildung innerhalb des Raumes, an Decken und Wänden, kommt.

Als Alternative könnte ein Raum in dem vorhandenen Lagerhaus mit NH_3 - Luftkühlern ausgerüstet werden, die ebenfalls mittels Heißgas abgetaut werden und damit die in den Raum gelangte Feuchtigkeit dem Raum entzogen wird. Dazu müsste ein Raum vorbereitet werden. Es müssten alle Rohrregister aus dem Raum entfernt werden. Der Raum müsste komplett saniert werden, d.h. die Isolierung muss überprüft und ggf. erneuert werden, um dann, nach einer gewissen Betriebszeit, zu entscheiden, ob für die anderen Räume diese Änderungen ebenfalls ausgeführt werden.

Ob die Sanierungsvariante zu bevorzugen ist (es ist fragwürdig ob eine Sanierung kostengünstiger als eine komplette Erneuerung ist) sollte vor einer Entscheidung ernsthaft überprüft werden.

6.3 Konzept der Totalerneuerung der Kälteversorgung

Das Konzept wurde durch Fa. Grasso International (Berlin-Moskau) erstellt und sieht eine Erneuerung der Kälteanlage und die Aufstellung der Ausrüstung innerhalb der bestehenden Ammoniakverdichterhalle vor.

Beschreibung der Kälteanlage

Die Ammoniakkälteanlage wurde zur Kühlung von Niedrigtemperaturkammern, für die Versorgung der technologischen Ausrüstung zur Eiszerzeugung mittels Kälte und für die Erzeugung von Eiswasser projektiert.

Entsprechend der vom Kühlkombinat Nr. 7 erhaltenen Daten wird folgende Kühlleistung benötigt:

- 460 kW, Siedetemperatur $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Erzeugung von Eiswasser)
- 715 kW, Siedetemperatur $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (für die technologische Ausrüstung)
- 1200 kW, Siedetemperatur $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Niedrigtemperaturkammern).

Es wird eine Aufstellung von 5 Verdichteraggregaten, 4 Plattenkondensatoren, 3 Zirkulationsreceivern (je einer pro Siedetemperatur), 4 Ammoniakpumpen (2 Ammoniakpumpen zur Versorgung der Niedrigtemperaturkammern mit Ammoniak, 2 Ammoniakpumpen für die technologische Ausrüstung) vorgeschlagen. In jeder Kammer werden 2 Luftkühler, insgesamt 120 Stück installiert. Zur Kühlung der Kondensatoren und Plattenölkühler werden 6 Wasserpumpen genutzt. Für die Wasserkühlung werden 3 Kühltürme verwendet.

Die Kühlleistung jedes Schraubenverdichteraggregats beträgt 617 kW bei $t_0 = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_k = +35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kalkulierte Parameter

Temperatur der Umgebung	$t_{\text{max.}}$ $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatur lt. Feuchtigkeitsthermometer	$+22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatur im Maschinensaal	$+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$
Betriebsspannung	3 x 400 V – 50 Hz
Spannung der Steuerung	220 V – 50 Hz
Kältemittel	R717 (Ammoniak)
Füllung des Systems mit dem Kältemittel	ca. 7,5 t (einschl. der Lüftkühler in den Kammern und ausschließlich der technologischen Ausrüstung)
Kälteöl	XA-30

Normative Vorschriften

Die Druckbehälter werden entsprechend den offiziellen Vorschriften der BRD (DruckBeV) gefertigt, durchlaufen die Werksprüfung (Kontrolle der Konstruktion und Drucktest) incl. TÜV-Annahme. Die Kälteanlage wird unter Berücksichtigung der Normen VBG 20 und des Standards EN 378 gefertigt. Außerdem werden die „Vorschriften zur Errichtung und des sicheren Betriebes von Ammoniakkälteanlagen“, PB-09-220-98, vom 30. Juni 1998, berücksichtigt.

Die Kälteanlage besitzt ein Zertifikat von GOST-R RF und die Anwendungsgenehmigung, ausgestellt vom Gosgortekhnadsor der RF.

Die Anlage besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

Ammoniak-Schraubenverdichteraggregat Typ YB-3AO (5 Stück). GRASSO Schraubenverdichteraggregat, komplett montiert auf einem Basisrahmen, zur stationären Aufstellung auf einem ebenen Fundament.

Technische Charakteristika:

Theoretisches Ansaugvolumen	2296 m ³ /h
Kühlleistung nach DIN 8976	361/617 kW
Anschlussleistung	315/355 kW
Rotationsgeschwindigkeit	2940 U/Min.
Siedetemperatur	-40/-30 °C
Kondensationstemperatur	35 °C
Überhitzung	5 K
Umgebungstemperatur (min./max.)	15 / 40 °C
Öltemperatur am Verdichtereingang	60 °C
Leistung der Ölkühlung	180 kW
Abmessungen:	3798 x 1470 x 2150 mm

GRASSO Niedrigtemperatur-Schraubenverdichter Typ Y-3 mit einer permanenten geometrischen Kompressionsstufe $V_i=4,8$ und einer stufenlosen Leistungsregelung von 10 bis 100 %, mit einem modernen asymmetrischen Rotorenprofil mit überdurchschnittlichen COP - Kennzahlen bei Teil- und Volllastbetrieb und einem Schutz vor Gaspulsationen im Teillastbereich. Der Verdichter verfügt über eine gesonderte Blockierung und ein hervorzuhebend hohes Niveau der Betriebsbereitschaft, der Zuverlässigkeit und eine einfache Bedienung.

- Vertikal angeordneter Ölabscheider mit integrierter präziser Scheidestufe, mit Ölrücklauf zum Verdichter über eine Klappe.
- Ölkühler vom Typ eines Thermosiphons (Rohrbündelwärmeaustauscher).
- Armatur des Ölkreislaufs.
- Rückschlagventil (Druckseite), Rückschlagventil (Saugseite).
- 4 Magnetventile zur Leistungsregulierung.
- 60 µm – Ansaugfilter.
- Ölpumpe, Förderleistung 150 l/Min., 3,0 kW, 400 V, 3 Phasen, 50 Hz.
- Ventil zur Regulierung des Öldrucks.
- Dreiwegeventil zur Regulierung der Öltemperatur.
- 16 µm – Ölfilter.
- Verschleißarme stählerne Scheibenkupplung mit Schutzhaube für die Kupplung.
- Riegel zur genauen Befestigung des Antriebsmotors des Verdichters unter jede Motorbasis.
- Vorrichtungen für Druck- und Temperaturmessungen, Druckumwandler für den Ansaugdruck, den Verdichterenddruck und den Öldruck, Widerstandsthermometer für die Ansaug- und Endtemperatur des Verdichters sowie die Öltemperatur.

Verdichtersteuerung Simatic C7 der Firma Siemens

Das Standardmodulsystem der Programmsteuerung SPS ist auf dem Schraubenverdichteraggregat montiert. Das frei programmierbare Steuerpult mit integriertem Bedienungs- und Anzeigensystem ist in einem Gehäuse mit Tür montiert und ist für die Gewährleistung der Sicherheit des Aggregats mittels Kontrolle und Indikation von Druck und Temperatur, die Realisierung An- bzw. Abfahrregimes, die Regulierung der Verdichterleistung (Kennziffern des Ansaugdrucks oder der Arbeitstemperatur) und die automatische Steuerung der Verdichter in Abhängigkeit von den Prozessparametern vorgesehen.

Es besteht die Möglichkeit einer Fernbedienung über potentialfreie Kontakte oder über das Interface SINEC-L2.

Die Bedienung und die Eingabe der Parameter wird über ein Terminal realisiert, dessen Display über 4 Textzeilen verfügt (Ziffern und Buchstaben).

Die Sensor- und Bedienelemente des Schraubenverdichteraggregats sind per Kabel mit der Verdichtersteuerung verbunden.

Elektromotor des Verdichters

Der Motor ist auf dem Schraubenverdichteraggregat montiert. Der Schraubenverdichter wird durch einen 3-Phasen-Elektromotor mit getriebelosem Antrieb angetrieben.

Leistung 315 kW (2 Aggregate für Siedetemperatur –40 °C)

Leistung 350 kW (3 Aggregate, für Siedetemperatur –30 °C).

Die Ausführung erfolgt mit Schutzgrad IP 54. In den Motorwicklungen ist ein Thermofühler zur Temperaturkontrolle angebracht.

Zusatzventile

Von der Ansaugseite: Rückschlagabsperrrventil anstatt Absperrventil DN 200.

Von der Druckseite: Rückschlagabsperrrventil anstatt Absperrventil DN 125.

Heizelement für den Ölabscheider

Ölheizung 1kW mit Thermostat

Manometerpult mit erweitertem Messbereich.

Ölkreislauf

Das geschlossene Ölsystem des Schraubenverdichteraggregats besteht aus: Ölabscheider, Ölpumpe, Plattenölkühler, Dreiwegeventil zur Begrenzung der Öltemperatur, Ölfilter einschließlich System zur Regulierung des Ölkreislaufs, einschließlich der Vorrichtungen zur Regulierung und Kontrolle des Drucks und der Temperatur des Schraubenverdichters.

Ölabscheider

Vertikaler Ölabscheider mit integrierter präziser Scheidestufe, mit separaten Ölrücklauf nach der Scheidestufe, mit Sichtfenster, auswechselbaren Filterpatronen für Feinfiltrierung, optischen Anzeiger des Flüssigkeitsniveaus und Ölheizung.

Ausgestattet mit 2 Sicherheitsventilen mit Umschaltvorrichtung.

Kalkulierter- / Kontrolldruck 23,0 bar / 29,9 bar

Ölkühler

Wird mit Wasser gekühlt, Ausführung als Plattenwärmeaustauscher.

Ammoniak – Plattenwasserkondensator

4 Stück mit Wärmeaustauschleistung: 888 kW,

Kondensationstemperatur: 35 °C,

Kühlwasserverbrauch: 290 m³/h,

Plattenmaterial: rostfreier Edelstahl,

Abmessungen des Kondensators: 1515(L) x 650(B) x 1486(H) mm.

Einschließlich manuelle Absperrventile am Ammoniak ein- und austritt des Kondensators, Manometer mit einem Manometerabsperrrventil zur visuellen Druckkontrolle auf der Ammoniakseite, Doppelsicherheitsventil mit Umschaltvorrichtung, Wasserdurchflussrelais, Thermometer zur visuellen Kontrolle der Wassertemperatur.

Ammoniakpumpe (4 Stück)

Kühlmittelverbrauch: 1,0 - 10,0 m³/h,

Druck: 25 - 32 m

Leistung: 3 kW

Stromverteilungsanlage

Absperr-, Steuerungs- und Sicherheitsarmaturen für den Ammoniak- und Wasserkreislauf

Zirkulationsreceiver (3 Stück), Ausgestattet mit Absperr- und Steuerungsarmatur.

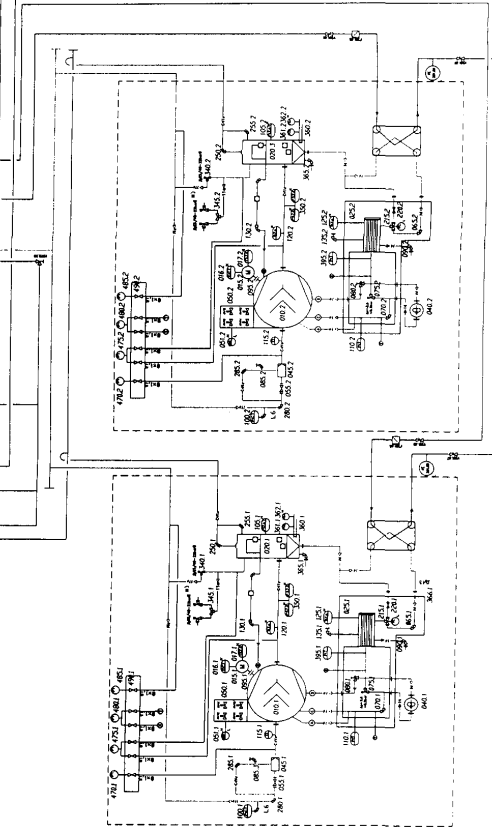
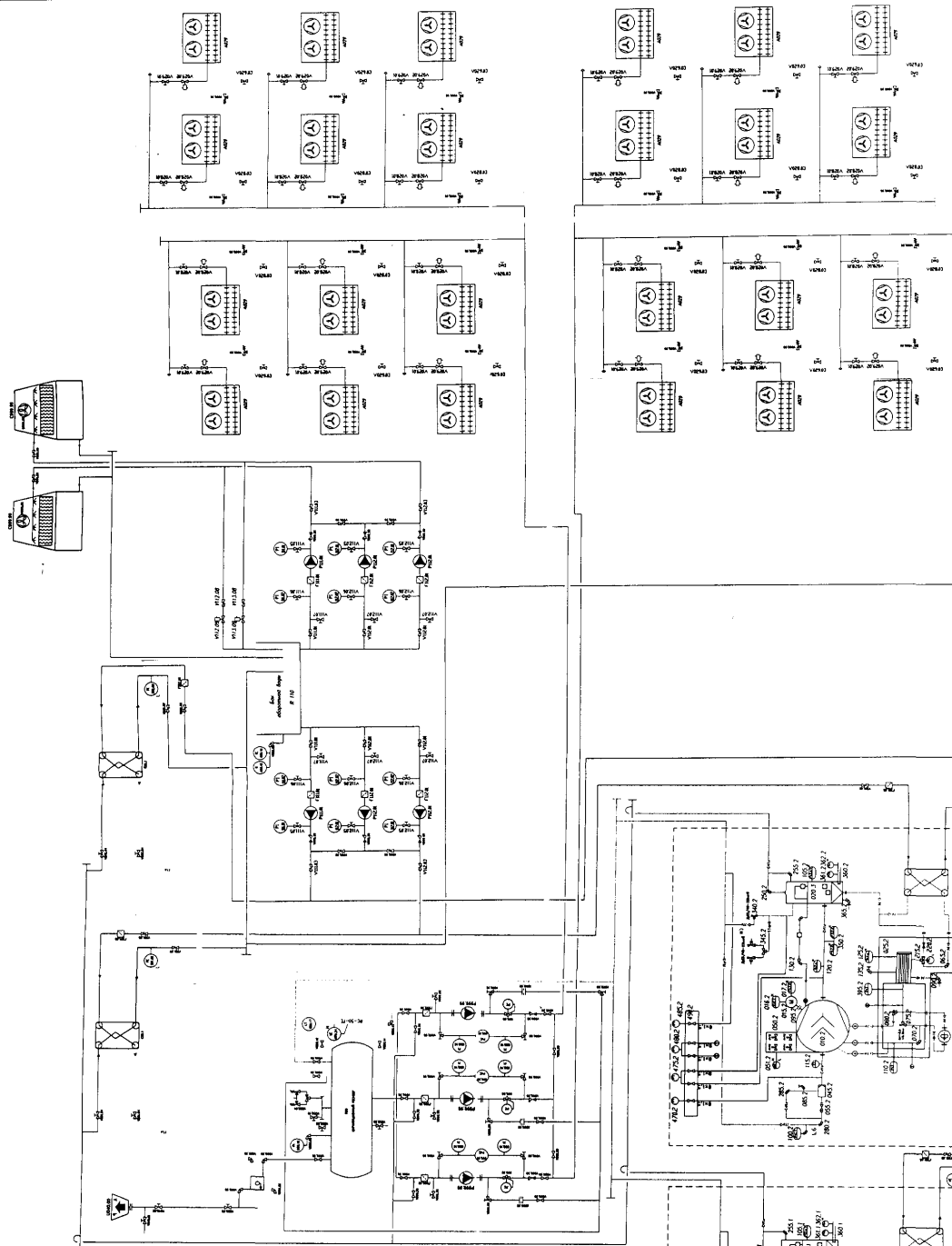
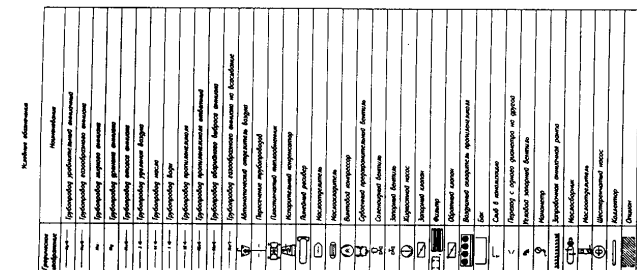
Abscheider für nichtkondensierbare Gase

GRASSO automatisches Aggregat zur Abscheidung nichtkondensierbarer Gase „Purger“

Kühler, 6 Pumpen für die Zuführung von Kühlwasser auf die Kondensatoren und Ölkühler, Absperr- und Steuerungsarmaturen, Wärmeaustauscher zur Erzeugung des Eiswassers, 2 Pumpen für die Zuführung von Eiswasser zum Wärmeaustauscher.

Nächste Seite:

Bild 6.3: Projektierung der Kälteanlage für Chladokombinat 7



6.4 Maßnahmenkatalog für eine etappenweise Modernisierung

Maßnahmen	Zeitraum	Erreichbare Effekte	Etwaige Kosten ²
1	2	3	4
Austausch der verschlissenen Verflüssigeranlagen gegen leistungsstarke Verdunstungsverflüssiger. (Installation einer Wasseraufbereitungsanlage)	2002	Erhöhung der Betriebssicherheit Verringerung der Ammoniakmenge und des Energieverbrauchs, da die Nutzung natürlicher Kälte im Winter möglich wird	> 10 TDM pro Stück
Reduzierung der Anzahl der Sammler (nach Abstimmung mit GosgortechnadSor)	2003	Erhöhung der Sicherheit durch erhebliche Reduzierung der Ammoniakmenge, Verkleinerung der Anlage	geringe Kosten; Eigenleistung
Verringerung der Anzahl der Flüssigkeitsabscheider	2004	Erhöhung der Sicherheit durch Verringerung der Ammoniakmenge	Eigenleistung
Ersatz der Stopfbuchskältemittelpumpen mit Ölschmierung durch hermetische Kältemittelpumpen	2005	Erhöhung der Sicherheit durch Verringerung der Ammoniakverluste	> 10 TDM pro Stück
Installation von NH ₃ – Luftkühlern (mit Heißgasabtauung) in die vorhandenen Kühlkammern. Setzt Vorbereitungsarbeiten mit einem erheblichen Aufwand voraus (komplette Sanierung der Räume, Entfernung aller Rohrregister, Überprüfung und Sanierung der Isolation)	2006	Erhöhung der Sicherheit durch Verringerung der Rezirkulationszahl, Verringerung der Ammoniakmenge und des Energieverbrauchs (Reduzierung der benötigten Kältemittelpumpenleistung)	je nach Leistung einige TDM pro Kühler
Überprüfung der Notwendigkeit des Betriebes bestehender Aggregate (z.B. Demontageveralteter Verdichter)	2002	Erhöhung der Sicherheit des Betriebes durch Reduzierung des Energieverbrauchs, Schaffung von Baufreiheit für Neuanlagen	Eigenleistung
Instandsetzung der Rohrleitungs- und Behälterisolierung	2002	Erhöhung der Sicherheit Verringerung der Kälteverluste, Reduzierung des Energieverbrauchs	Instandhaltungskosten

² Hier handelt es sich nicht um verbindliche Angebote, sondern um Orientierungswerte zur Abschätzung der Größenordnung

1	2	3	4
Totalüberholung der Anlage in bezug auf Dichtheit der Anlagenteile (z.B. Überholung der Verdichteraggregate und aller Dichtungen, Überprüfung der Flanschverbindungen, Möglichkeit des Ersatzes durch Schweißverbindungen)	2003	Erhöhung der Sicherheit, Verringerung der Ammoniakmenge, Reduzierung der jährlichen Ammoniakverluste	Instandhaltungskosten
Nachrüstung der Räume mit modernen NH ₃ -Gassensoren	2003	Erhöhung der Betriebssicherheit, insbesondere des Arbeitsschutzes	Ca. 10 TDM/Stück
Nachrüstung mit automatischen Absperrventilen für einzelne Stränge, wo eine große Kältemittelmenge zirkuliert (z.B. Kühlkammern, lange Rohrleitungen)	2004	Erhöhung der Betriebssicherheit, da die Freisetzung größerer Ammoniakmengen verhindert werden kann	Nach Ausführung, einige TDM pro Stück
Verbesserung der Isolation der Kühlkammern (z. B. Nachrüstung der Kühlkammern mit Torvorhängen, Verbesserung der Wärmedämmung an den Wänden usw.)	2004	Reduzierung von Kälteverlusten Reduzierung der benötigten Kälteleistung, Reduzierung des Feuchtigkeitseintrages	Instandhaltungskosten
Anpassung der Anzahl der benutzten Kühlkammern entsprechend dem Bedarf	2002	Erhöhung der Sicherheit, Verringerung der Ammoniakmenge, Reduzierung der benötigten Kälteleistung, Reduzierung des Energieverbrauchs	Betriebskosten
Ausnutzung der maximalen Lagerkapazität (z.B. Einsatz von Stapelregale), Verringerung der Anzahl der Kammern	2002	Verringerung der Ammoniakmenge, Reduzierung der benötigten Kälteleistung, Reduzierung des Energieverbrauchs	einige TDM
Neubau der Kühlkammern, Ausrüstung der neuen Kühlkammern mit NH ₃ – Verdampfern mit automatischer Heißgasabtauung (Verhinderung der Schneebildung innerhalb der Kühlkammern)	2005	Erhöhung der Sicherheit Verringerung der Ammoniakmenge, Reduzierung der benötigten Kälteleistung; Reduzierung des Energieverbrauchs, bzw. Erhöhung der Lagerkapazität	einige Mio. DM

1	2	3	4
Neubau der Kälteanlage unter Verwendung der optimierten Anlageschemata (z.B. unter Verwendung eines Zwischenkälte-trägers oder alternativer umweltfreundlicher Kältemittel)	2010	Beträchtliche Erhöhung der Betriebssicherheit, Verringerung der Ammoniakmenge auf ca. 10% der gegenwärtig benötigten Menge	Mehrere Mio. DM
Aktualisierung des Havarieplanes für den Fall der Freisetzung einer größeren Kältemittelmengen (insbesondere in Bezug auf Szenarien für die Begrenzung der Störfallauswirkungen), Sicherheitstraining	2002	Erhöhung der Sicherheit der Bevölkerung in umliegenden Wohngebieten	Pflichten des Betreibers
Einführung der Zertifizierung des gesamten Betriebsablaufs nach Qualitätsstandards (z.B. ISO 9000, 14000)	2004	Gewährleistung des zuverlässigen Betriebs der Kälteanlage und der Produktqualität (ununterbrochene Kühlkette)	einige TDM

7. Erarbeitung von Vorschlägen zur Novellierung der russischen Regel PB-09-220-98 im Sinne einer Harmonisierung mit dem Standard EN 378 1-4

Die Globalisierung der Märkte erfordert u.a. weitestgehend geregelte und abgestimmte Zulassungsvoraussetzungen für technische Anlagen.

Eine Harmonisierung der technischen Regelwerke, wie im Vorhaben beabsichtigt, erleichtert europäischen Anlagenbauern die Akzeptanz westlicher Zertifikate in der Russischen Föderation. Der Dialog zu den Regelwerken ist Bestandteil der Entwicklung des Prozesses gemeinsamer deutsch-russischer Aktivitäten auf dem Gebiet des Umweltschutzes.

7.1 Struktur der normativen Regelwerke

Das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) ist eine nichtstaatliche Organisation. Seit dem Gründungsjahr 1917 hat sich das Spektrum seines Tätigkeitsfeldes kontinuierlich erweitert. Ein 1975 mit der Bundesrepublik Deutschland geschlossener Vertrag fixierte den Status des DIN als die zuständige Normungsorganisation für das Bundesgebiet sowie als die nationale Vertretung in nichtstaatlichen internationalen Normungsorganisationen (z.B. ISO, CEN, IEC). Die Publikationen des DIN erfolgen über den Beuth Verlag Berlin. Der Status der mehr als 25000 nationalen Normen ist freiwillig.

In Russland gehen die ersten Normungsvorhaben auf ein Dekret über das Metrische System aus dem Jahre 1918 zurück. Ab 1925 wurde ein systematisches, staatliches Normungssystem aufgebaut. Seit 1991 existiert das Staatliche Komitee der Russischen Föderation für Normung und Metrologie (GOST R) als Nachfolgeorganisation des entsprechenden Staatskomitees der ehemaligen UdSSR. Es vertritt die belange der Russischen Föderation in regionalen und internationalen Gremien wie ISO, ETSI oder IEC. 70% der ca. 20000 Standards sind obligatorisch, 30% sind freiwillig. In der Ukraine und Weißrussland ist die Situation vergleichbar.

Ein besonderer Stellenwert kam in den letzten Jahren der Normung in Europa durch das Europäische Komitee für Normung (CEN) zu: Europa wächst zusammen, und neben den technischen und wirtschaftlichen Interessen, die das Normungsgeschehen üblicherweise begleiten und vorantreiben, treten verstärkt auch politische. Der gemeinsame Binnenmarkt macht ein zeitgleich erstelltes, widerspruchsfreies, gemeinsames Europäisches Normenwerk erforderlich, das in allen Mitgliedstaaten gleichermaßen Gültigkeit hat. Und so sind Europäische Normen (EN) heute immer zugleich auch DIN-Normen, (und BSI-Standards, AFNOR-Normes usw.). Jede EN wird inhaltsgleich in die nationalen Normenwerke der EU-Mitgliedsländer übernommen.

Der formale Harmonisierungsprozess, die Überführung unterschiedlicher Normen aus unterschiedlichen Staaten dürfte in naher Zukunft abgeschlossen sein, man rechnet mit ca. 20000 EN-Normen. Eine Restmenge rein nationaler Regelungen wird nur noch spezielle nationale Besonderheiten abdecken, für die die Mehrheit der anderen europäischen oder internationalen Partner keinen Normungs- bzw. Harmonisierungsbedarf geltend macht.

Normungsinstitute sorgen heute dafür, dass die für den globalen Wettbewerb wichtigen Normungsinteressen der einzelnen Länder auf internationaler und europäischer Ebene wirksam vertreten werden. Die Wirtschaft eines Landes muss mit brauchbaren, sprachlich und inhaltlich korrekten technischen Normen versorgt werden.

Da die RF kein Mitglied im CEN ist, partizipiert sie quasi nicht am europäischen Regelwerk und kann auch ihre Interessen nicht einbringen.

Ein fundamentaler Unterschied besteht auch darin, dass die Mehrzahl der Standards und technischen Regeln Gesetzescharakter haben, während in den EU-Ländern Normen (bis auf wenige Ausnahmen) letztendlich eine freiwillige Übereinkunft darstellen.

Sicherheitstechnische Regeln (nach § 31a des BImSchG) können vom BMU veröffentlicht werden.

Leitfäden enthalten technische und organisatorische Sicherheitsanforderungen an genehmigungsbedürftige Ammoniak-Kälteanlagen zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung von Störfallauswirkungen. Dabei handelt es sich nicht um rechtsverbindliche Feststellungen, die Gerichte und Behörden binden, sondern um sachverständige Tatsachenbewertungen, welche nach dem Stand der Technik zur rechtlichen Bewertung von Tatsachen zu empfehlen sind. Es handelt sich um nach Expertenmeinung sinnvolle zu empfehlende technische Maßnahmen, deren Vorliegen den Entscheidungen treffenden Stellen als Anhaltspunkt für die Einhaltung z.B. des BImSchG und der Störfallverordnung dienen soll.

Die Verantwortlichkeiten der einzelnen Behörden für genehmigungsbedürftige Anlagen im Allgemeinen und Ammoniakkälteanlagen im Besonderen sind national geregelt und sollen nicht detaillierter erläutert werden.

Regelwerk in der Europäischen Union und in der Bundesrepublik Deutschland:

- Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances,
- BImSchV,
- EN 378 (1-4): Kälteanlagen und Wärmepumpen. Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen, 2000,
- DIN 8975-11 „Kälteanlagen und Wärmepumpen mit dem Kältemittel Ammoniak (zusätzliche) Anforderungen“,
- TAA-GS-12 „Leitfaden Sicherheitstechnische Anforderungen an Ammoniak-Kälteanlagen“ des Technischen Ausschuss für Anlagensicherheit,
- TRAS 110 „Sicherheitstechnische Anforderungen an Ammoniak-Kälteanlagen“.

Regelwerk in der Russischen Föderation:

- Gesetz zur Sicherheit von Industrieanlagen Nr. 116 FS vom 21.07.1997
- Vorschriften zur Errichtung und des sicheren Betriebes von Ammoniakkälteanlagen (PB-09-220-98)
- Regel PB 10-115-96 Aufbau und betriebstechnische Sicherheit von Druckbehältern
- Regel PB 03-108-96 Aufbau und betriebstechnische Sicherheit von technologischen Rohrleitungen
- GOST 12.2.085-82 „Druckbehälter und Sicherheitsventile“
- GOST 28564-90 „Kühlsysteme unter Nutzung von Kompressionskältemaschinen“

Es wird bewusst darauf verzichtet, über diesen Verweis hinausgehend die allgemein anerkannten Regeln der Technik sowie die vorhandenen speziellen Regeln und Vorschriften für Kälteanlagen erneut zu beschreiben.

7.2 Vergleichende Analyse von PB 09-220-98 und EN-378:2000

Eine Grundlage für die Erarbeitung der Empfehlungen zur Harmonisierung der europäischen und russischen Normen bzw. Vorschriften bildet ein detaillierter Vergleich beider Dokumente. Die Ergebnisse dieses Themen- und Strukturbezogenen Vergleiches sind in der nachfolgend aufgeführten Tabelle dargestellt.

Tab. 7.1: Vergleich der Regelwerke

N°	EN 378:2000		PB 09-220-98	
	Abschnitt	Inhalt	Ab-schnitt	Inhalt
1	EN 378-1 5.3.1. Tab. 2	3 Klassen der Aufstellungsbereiche in Abhängigkeit von der Anzahl der Personen, ihrem Zustand und ihrem Wissen in bezug auf Fragen des Betriebs von Ammoniakanlagen. Die Klasse A vereint die Kategorien A, B, C der russischen PB 09-322-98.	Anlage 1, Tab. 2	5 Klassen der Aufstellungsbereiche. Die Kategorien A, B, C entsprechen der Klasse A des europäischen Standards EN 378-1.
2	EN 378-1 C.1	Drei Arten der Aufstellung von Kälteanlagen: • Es fehlt ein spezieller Raum für die AKA, • Die Hochdruckseite (ausgenommen luftgekühlte Verflüssiger) ist in einem gesonderten Raum oder im Freien untergebracht, • Die gesamte Ausrüstung mit allen kältemittelführenden Teilen ist in einem besonderen Maschinenraum oder im Freien untergebracht.	Anlage 1, P. 3	Drei Arten der Aufstellung von Kälteanlagen: • Die Maschinenabteilung fehlt und die gesamte Ausrüstung ist in einem gesonderten Raum untergebracht, • Die Kälteanlage ist an dem Gebäude angebaut oder befindet sich im Freien, • Die Kälteanlage befindet sich in einem freistehenden Gebäude oder im Freien.
3	EN 378-1 C.2.2, Tab. C.1.	Füllnormen des Kältesystems mit Ammoniak in Abhängigkeit von der Klasse und Variante des Aufstellungsbereichs der Ammoniakanlage.	Anlage 1, P. 4 Tab. 3	Härtere Einschränkungen vor allem für indirekte geschlossenen Systeme und doppelt indirekte offene Systeme.
4	EN 378-1 3.3.2. EN 378-2 5.1.4.1., Tab. 2	Maximal zulässiger Druck (p_s) – vom Hersteller angegebener höchster Druck, für den das Druckgerät ausgelegt ist. Der Konstruktionsdruck für die Anlage ist $p_p \geq p_s$. Festigkeits-Prüfdruck entsprechend dem in Vorbereitung befindlichen Standard „Anlagen für Kältesysteme und Wärmepumpen die unter Druck arbeiten – Teil 1: Behälter. Grundlegende Anforderungen“. Der Dichtheitsprüfdruck ist	11.4. 13.11., Tab. 13.1.	Der Konstruktionsdruck (p_p) ist gleich dem maximalen Überdruck der an der entsprechenden Seite der arbeitenden oder abgestellten Kälteanlage auftreten kann. Der Festigkeits- und Dichtheits-Prüfdruck wird dem Kondensationsdruck von Ammoniak bei entsprechenden Umwelttemperaturen und Kondensatorentyp gleichgesetzt, was dem minimal zugelassenen Druck (p_s) gemäß dem europäischen Standard EN

		$p \leq 1,0 \times p_s$. Einstellung der Sicherheitsschalteneinrichtung zur Druckbegrenzung mit Entlastungseinrichtung $p \leq 0,9 \times p_s$. Einstellung der Sicherheitsschalteneinrichtung zur Druckbegrenzung ohne Entlastungseinrichtung $p \leq 1,0 \times p_s$. Einstellung der Druckentlastungseinrichtung $p = 1,0 \times p_s$. Nenn-Abblasleistung des Druckentlastungsventils bei $p = 1,1 \times p_s$.		378-2 (P. 5.1.2.) entspricht. Funktion der Sicherheitseinrichtungen bei $p \leq 1,15 \times p_p$. Einstellung des Hochdruckrelais $p \leq 1,0 \times p_p$.
5	EN 378-2 7.4.4.1.4. EN 378-2 6.5.2.2.4. EN 378-2 7.4.1. EN 378-2 7.4.7.3.	Das Abblasen von Ammoniak bei Havarien von einer höheren zu einer niedrigeren Druckstufe (ausgenommen die Entlastungseinrichtung für Verdichter) ist gestattet. Für Druckentlastungseinrichtungen auf der Hoch- und Niederdruckseite sind separate Abblasleitungen vorzusehen, außer im Fall wie P. 7.4.7.3. Auf der Hochdruckseite ist eine Sicherheitsschalteneinrichtung vorzusehen, die den Druckerzeuger (Kompressor) abschaltet, bevor eine Druckentlastungseinrichtung anspricht. Auf der Niederdruckseite muss ein Sicherheitsventil vorhanden sein, das in die Atmosphäre abbläst. Bei einer gemeinsamen Abblasleitung muss der Druckabfall in ihr auf der Basis des niedrigsten Einstelldrucks und gleichzeitig des Einstelldrucks aller angeschlossenen Druckentlastungseinrichtungen errechnet werden.	Fehlt insgesamt, teilweise in P. 9.2. 10.4. 9.10.	Betrifft das Havarie-Abblasen von der Druck- auf die Ansaugseite der Pumpen und Kompressoren. Ist nicht festgelegt. Es sind Druckrelais vorgesehen, die den Kompressor abschalten, jedoch die Montage von Sicherheitsventilen an der Anlage nicht ausschließen. Der Durchmesser des Hauptableitungsrohres ist gleich der Summe der Ableitungsrohre von 1 – 4 Druckentlastungseinrichtungen oder $\frac{1}{2}$ der Summe des Rohrdurchmessers bei einer höheren Anzahl angeschlossener Ventile.
6	EN 378-2 7.5.2.2.1.	In Anlagen mit einem Ammoniakvolumen von 2,5 bis 25 kg können an Stelle von stationären Druckanzeigergeräten Anschlüsse für diese vorgesehen werden (stationäre Geräte sind nicht vorgeschrieben)		Die Möglichkeit der Anwendung von zuschaltbaren Manovakuummetern anstelle von stationären ist nicht untersagt.
7	EN 378-2 7.5.3.2.	Schreibt bei Systemen, die über ein Ammoniakvolumen von mehr als 25 kg verfügen und abgesperrt werden können, die Ausrüstung des Recei-	10.10.	Schreibt zwei parallel verbundene Relais für die Maximalanzeige mit Warnsignal vor. Bei den Schutz- und Drainagereceivern

		vers mit mindestens einem Flüssigkeitsstandanzeiger aus, der den maximalen Kältemittelstand anzeigt.		wird zusätzlich das untere Niveau kontrolliert.
8	EN 378-2 6.4.3. 6.4.4.	Rohrleitungen mit lösbaren Verbindungen dürfen nicht in öffentlich genutzten Durchgängen, Treppenaufgängen, Ausgängen und Schächten zu diesen Bereichen angeordnet sein. Rohrleitungen ohne lösbare Verbindungen dürfen in diesen Räumen in einer Höhe von mind. 2,2 m verlegt werden. Schächte in denen Ammoniakleitungen verlegt sind müssen unbedingt belüftet werden.	5.4. 5.7.	Das Verlegen von Ammoniakleitungen in offenen oder Geschlossenen Schächten durch Aufenthalts-, Neben-, Verwaltungs- und Wirtschaftsräume, Treppenaufgänge und einer Reihe anderer Räume ist untersagt.
9	EN 378-2 6.5.2.2.2. EN378-4 6.3.2.1.	Kälteanlagen müssen mit den erforderlichen Absperreinrichtungen und/oder Anschlussmöglichkeiten versehen sein, so dass der Verdichter der Anlage oder zusätzliche Absaugeinrichtungen in der Lage sind, Kältemittel und Öl aus der Anlage zu Flüssigkeitssammlern, die sich innerhalb oder außerhalb der Anlage befinden, zu leiten. Wenn der Verdichter der Kälteanlage nicht zum Umfüllen benutzt werden kann, dann ist an die Kälteanlage eine Rückgewinnungseinrichtung anzuschließen, um das Kältemittel entweder in einen anderen Teil der Kälteanlage oder in einen separaten Behälter umzufüllen.	3.8.	Zur Havarie- (Reparatur-) Ableitung des Ammoniaks aus dem System ist unbedingt ein Drainagereceiver vorzusehen, der für die Aufnahme des Ammoniaks aus der größten Ammoniakanlage ausgelegt ist.
10	EN 378-3 5.5.1.	In besonderen Maschinenräumen, die sich ganz oder teilweise im Untergeschoss befinden oder in anderen besonderen Maschinenräumen, bei denen eine natürliche Lüftung nicht möglich ist, z.B. auf Schiffen und in Bergwerken, muss bei Anwesenheit des Bedienungspersonals die mechanische Lüftung in Betrieb sein. Ist kein Bedienungspersonal anwesend, dann muss die Notlüftung selbsttätig über einen Kältemitteldetektor gesteuert werden.	6.7. 6.13. Bemerkung	Es ist untersagt die Maschinen- (Apparate-) Abteilung in Keller- und Souterrainetagen unterzubringen. Es ist nicht gestattet die Maschinen- oder Apparateabteilung unterhalb des geplanten Niveaus unterzubringen. <i>Die nationalen SniP sehen in Gebäuden für Produktionen der Klasse B die Schaffung eines natürlichen Luftaustauschs vor: In Räumen durch Ventilations-schächte in den Decken oder Decken mit Gitterabdeckung.</i>

11	EN 378-3 6.2.4. EN 378-3 6.2.5. EN 378-3 5.4.	Elektrische Betriebsmittel in Räumen, in denen eine Ammoniakkälteanlage untergebracht ist, müssen nicht den Anforderungen an explosionsgefährdete Bereiche entsprechen. Für Kältesysteme mit einem Ammoniakgehalt von mehr als 10 kg in den Maschinenräumen müssen vorhanden sein: • Innerhalb des Raumes Schalter zur Unterbrechung der Stromkreise von geschlossener Bauart oder außerhalb angeordnete Schalter, • Automatische Schalter zur Unterbrechung des Stromkreises durch Ammoniakdetektoren, • Separates Lüftungssystem (durch einen Ammoniakdetektor angesteuert), dessen Elektrik von explosionssicherer Bauart ist oder sich außerhalb des Maschinenraums und des Luftstroms befindet. Die Maschinenräume müssen nach außen zu öffnende Türen in ausreichender Anzahl haben. Die Türen müssen eine Feuerbeständigkeit von mindestens 30 Minuten haben. Die inneren Trennwände und Türen müssen eine Feuerbeständigkeit von mindestens 1 Stunde haben. Alle Türen müssen selbstschließend und dicht sein und sich sowohl nach innen als auch nach außen öffnen lassen.	10.2. 6.9., 6.10., 6.12.	Die Sicherheitsstufe für die Abdeckungen der Elektrogeräte und der automatischen und Fernregelungen, die in Räumen mit Ammoniakanlagen untergebracht sind darf nicht niedriger als IP44 lt. GOST 14254-96 sein. Es sind mindestens zwei Ausgänge vorgesehen (einer nach außen). Wenn der Maschinen- und Apparateraum aneinander grenzen, muss mindestens je eine Tür aus jedem Raum rausführen und ein Durchbruch in der Trennwand sein. Die Türen öffnen sich in Richtung des weniger gefährlichen Raumes.
12	EN 378-3 7.4.1. 7.4.2.	Wenn das Kältesystem für das geruchslose Kältemittel L2 mit Kältemitteldetektoren ausgerüstet ist, so müssen diese bei einer Konzentration ansprechen, die die praktischen Grenzwerte für Kältemittel nicht überschreitet (für $\text{NH}_3 = 350 \text{ mg/m}^3$). Die Kältemitteldetektoren müssen die Kontrolle über die Ammoniakfreisetzung und das Auslösen des Alarms gewährleisten, so dass das Personal geeignete Maßnahmen ergreifen und/oder die beschädigte	8.	Ein Kontrollsystem der Ammoniakfreisetzung mit zwei Kreisläufen und zwei Stufen gewährleistet bei Ansprache der Detektoren der Anlage, folgendes: • Einschaltung der Licht- und akustischen Warnanlage bei einer Ammoniakfreisetzung mit einer Konzentration von 20 mg/m^3, • bei 60 mg/m^3 – Einschaltung der Notbelüftung in der Maschinenabteilung, Abschaltung der Versorgung der

	7.5.	Kältemittelleitung absperren kann, um den Anstieg der Konzentration zu begrenzen. In den Maschinenabteilungen müssen Feuerwarnsysteme, die folgendes gewährleisten, installiert werden: • 380 mg/m³ (500 ppm) Einschalten der Havarieventilation • 22800 mg/m³ (30000 ppm) automatisches Ausschalten der Kälteanlage.	7.11.	Verteilerräume mit Flüssigammoniak, • bei 500 mg/m³ – Abschaltung der Ammoniakausrüstung, Einschaltung des Systems zur Lokalisierung der Havarie. Die Räume für Maschinen- und Gerätebereiche, Umspannstationen, Verteiler, elektrische Schaltanlagen, Dispatcherstellen, die Steuerzentralen (Räume für Kontroll- und Prüfgeräte und Automatik) sind mit einer automatischen Feuermeldeanlage auszurüsten.
13	EN 378-3 9.2., 9.3.	Das gesamte Bedienungspersonal muss ausgerüstet sein mit: • Schutzhandschuhen, • Atemschutzgeräten mit Filter (Vollmaske) oder unabhängigen Atemschutzgeräten. Für den Notfall ist folgende Ausrüstung vorzusehen: • Mindestens 2 unabhängige Atemschutzgeräte, • Erste-Hilfe-Ausrüstung, • Notfall-Dusche und Augendusche, wenn die Ammoniakmenge mehr als 50 kg beträgt.		Ist nicht festgelegt.
14	EN 378-4 A.1. EN 378-2 6.5.2.2.1.	Die Ölablasssysteme müssen mit einem Absperrventil und einem nachgeschalteten Schnellschlussventil oder mit einem Ventil, das diese Funktionen vereint ausgerüstet sein. Der Ölsammler muss eine gefahrlose Entfernung des Kältemittels aus dem Öl und die Abtrennung der Gasleitung vor Ablassen des Öls sichern.	15.2.6.	Das Ablassen des Öls aus dem System muss über Ölsammler usw. erfolgen, das Vorhandensein einer automatischen Armatur ist nicht festgelegt.
15	EN 378-4	Enthält einen Komplex an organisatorisch-technischen Forderungen, welche die Kontrolle der Kältemittelqualität, sein gefahrloses Ablassen, Lagern und die erneute Verwendung im System gewährleisten.		Analoge Abschnitte fehlen.

7.3 Vorschläge zur Novellierung der „Vorschriften für den Aufbau und die betriebstechnische Sicherheit von Ammoniakkälteanlagen“ (PB-09-220-98)

Die „Vorschriften zur Errichtung und dem sicheren Betrieb von Ammoniakkälteanlagen“ (PB-09-220-98) sind eines der wichtigsten Dokumente bei der Projektierung und beim Betrieb von Ammoniakkälteanlagen in der Russischen Föderation. Sie sichern ein hohes Niveau an Zuverlässigkeit und Sicherheit beim Betrieb der Anlage während ihrer gesamten Laufzeit. Die Vorschriften müssen sowohl von inländischen, als auch von ausländischen Projektanten und Anlagenherstellern eingehalten werden.

Zugleich gibt es nach Meinung von Fachexperten in den Vorschriften eine Reihe von Punkten, die in der Praxis nur kompliziert (und manchmal unmöglich) durchführbar sind. Deshalb wurden durch die Arbeitsgruppe des Vorhabens folgende Ergänzungen und Korrekturen der Vorschriften vorgeschlagen, die:

- das Wesen der Vorschriften nicht tangieren,
- einen effektiven Schritt in Richtung einer Harmonisierung mit den europäischen Normen EN 378 1-4 bedeuten und gleichzeitig
- die Realisierung der Projekte zur Modernisierung bzw. Neuerrichtung effektiver und die Anlage kostengünstiger machen könnten.

Diese Vorschläge wurden während des Abschlussseminars den anwesenden Fachexperten und Vertretern der russischen Behörden und Anlagenbetreiber präsentiert. Nach einer abschließenden Diskussion haben die Seminarteilnehmer empfohlen, folgende Vorschläge des Projektteams bei der nächsten Novellierung der Regel zu berücksichtigen:

1. Punkt 2.3 „Kältestationen, die als komplette fertige Container geliefert werden, sowie Kältemaschinen für Modullieferungen sind **von den entsprechenden Unternehmen gemäß den mit dem Gosgortekhnadsor Russlands im Rahmen der festgelegten Ordnung abgestimmten technischen Anforderungen zu entwickeln und zu fertigen**“ ersetzen durch „Kältestationen, die als komplette fertige Container geliefert werden, sowie Kältemaschinen für Modullieferungen sind, müssen **den technischen Bedingungen entsprechen**, die mit Gosgortekhnadsor Russland entsprechend dem festgesetzten Verfahren abgestimmt sind“. Die modernen, im Ausland als Block hergestellten Kältemaschinen, die den Anforderungen von Gosgortekhnadsor der RF entsprechen, werden nicht nach den technischen Anforderungen von Gosgortekhnadsor der RF gefertigt.
2. Abschnitt 3. Anforderungen an den geräteseitigen Aufbau. Es wird die Entfernung der vorschreibenden Punkte 3.2 – 3.7 vorgeschlagen. Dies ist damit verbunden, dass in jedem einzelnen Projektierungsfall unterschiedliche Sicherheitsparameter vorhanden sein können. Es wird vorgeschlagen die Auswahl des Schemas der Kälteanlage dem Ermessen des Projektanten und des Auftraggebers zu überlassen.
3. Punkt 3.8 – es wird vorgeschlagen die unbedingte Aufstellung eines **Drainagereceivers** zu streichen. In einigen Fällen können Linear- oder Zirkulationsreceiver die Rolle des Drainagereceivers übernehmen. Das allgemeine Sicherheitsniveau wird durch die Aufstellung eines Drainagereceivers nicht erhöht, gleichzeitig steigt aber das Ammoniakvolumen des Systems.
4. Punkt 4.7 – reglementiert die Breite der Durchgänge bei neu zu bauenden und zu rekonstruierenden Kälteanlagen. Es wird vorgeschlagen die **minimale Breite der Durchgänge (außer den Abstand zu den inneren Pfeilern) auf 1 m zu ändern**. Die Praxis zeigt, dass diese Entfernung vollausreichend für die Bedienung der Ausrüstung genügt; die Schaffung breiterer Durchgänge ist in einigen Fällen sehr schwierig.

5. Punkt 4.9. „Unter den Zirkulations- und Schutzreceivern und den Ammoniakpumpen sind Auffangwannen oder Schächte vorzusehen“. Wir schlagen vor zu diesem Punkt folgenden Absatz hinzuzufügen: „**An Stelle der Ausstattung jedes Behälters mit Schächten ist es gestattet einen erhöhten Rand entlang dem Umfang der Kompressorenhalle zu schaffen. Hierbei muss die Ausrüstung auf gegenüber dem Niveau des Fußbodens erhöhten Fundamenten stehen**“. Der Ammoniak verlässt somit bei Austritt (was bei den modernen Anlagen mit einem hohen Automatisierungsniveau praktisch unmöglich ist) nicht die Grenzen der Kompressorenhalle. Der Aufenthalt in einer Halle, in der Ammoniak ausgetreten ist, ist in jedem Fall unmöglich. Bei normaler Nutzung sind die Schächte eine zusätzliche Gefahrenquelle für das Bedienungspersonal, kaum zu erwähnen, dass sie auch das allgemeine ästhetische Niveau der Kompressorenhalle reduzieren.
6. Punkt 4.10 – bei diesem Punkt wird vorgeschlagen den Absatz „Lineare- und Drainagereceiver sind in einer Spezialwanne unterzubringen“ durch „Lineare- und Drainagereceiver sind in einer Spezialwanne unterzubringen, **wenn sie sich außerhalb der Kompressorenhalle befinden**“ zu ersetzen. Dies ist damit verbunden, dass bei dem Bau der Spezialwanne unter der gesamten Kompressorenhalle (wie in Punkt 5 vorgeschlagen) der Bau einzelner Wannen unter den Linearen- und Drainagereceiver in der Kompressorenhalle ihren Sinn verliert.
7. Punkt 4.12 – bei diesem Punkt wird vorgeschlagen den Absatz „Dazu (zum Lufttest der Rohrleitungen, Apparate und Behälter) ist ein System standortfester Pressluftrohrleitungen zur Prüfung eines jeden Behälters, Gerätes oder Abschnitts der Ammoniakrohrleitung vorzusehen“ zu streichen. Dafür sollte folgender Absatz eingefügt werden „**dazu sind Anschlüsse zur Durchführung der Prüfung eines jeden Behälters, Apparates oder Abschnitts der Ammoniakrohrleitung vorzusehen. Der Lufttest darf mit Hilfe von mobilen Luftkompressor – Rampen durchgeführt werden.** Es sollte auch der Satz „Der Luftkompressor darf für andere Zwecke (außer für die Prüfung der Rohrleitungen auf ihre Stabilität und Dichtheit) nicht eingesetzt werden“ gestrichen werden.
8. Punkt 5.5 – schreibt eine Verzweigung der Ammoniakrohrleitungen vor, die in der Praxis nicht immer zu realisieren ist. Dieser Punkt sollte durch „Die Ammoniakrohrleitungen sind so zu projektieren, dass in ihnen (bei ausgeschalteten Kompressoren) eine Ansammlung von Öl und Ammoniak nicht möglich ist“ ersetzt werden, die konkreten Varianten der Verzweigung der Ammoniakrohrleitungen sollte man dem Ermessen des Projektanten und dem Auftraggeber überlassen.
9. Punkt 5.18 „An den Flüssigkeitsrohrleitungen vom Linearreceiver ist ein automatisches Verschlussventil vorzusehen“ sollte gestrichen werden. Dies beruht darauf, dass das Anbringen dieser Vorrichtung die Arbeitsfähigkeit des Systems nicht senkt (sondern, z.B. in Fällen direkter Verdampfung, die Arbeit des Systems unmöglich macht).
10. Punkt 5.27 „Mit dem Aufbauschema der Ammoniakrohrleitungen muss die Möglichkeit der Entfernung des Flüssigammoniaks aus beliebigem Gerät, Behälter oder technologischem Modul bei ihrem havariebedingten Undichtwerden oder Reparatur in einem Drainagereceiver sichergestellt werden“ – hier wird vorgeschlagen das Wort „**in einen Drainagereceiver**“ zu entfernen. Die Argumente sind die selben wie bei Punkt 3.8.
11. Punkt 6.13 – es wird empfohlen den Absatz „Der Maschinen- oder Gerätebereich darf nicht tiefer als die Ebene des geplanten Territoriums liegen“ zu streichen. Die Einhaltung

dieses Punkts erhöht in keinem Fall das allgemeine Sicherheitsniveau des Systems, erlaubt es aber nicht sich von den Gruben in der Kompressorenhalle zu befreien (siehe Bemerkung 5).

12. Punkt 7.2 – es wird vorgeschlagen die Wörter „*Ein- und Absaugbelüftungssystem und Notluftabsauganlage*“ zu streichen. Die Ausstattung mit einem zusätzlichen Havariebelüftungssystem, dass die meiste Zeit nicht genutzt wird, ist unzweckmäßig, wenn das allgemeine Ein- und Absaugbelüftungssystem einen genügenden Luftaustausch im Fall einer Havariesituation sichern kann. Die Auswahl der Ventilation erfolgt mit dem Ziel der Reduzierung von überschüssiger Wärme während des Sommers, damit die Temperatur in der Kompressorenhalle nicht die für die genutzte Ausrüstung vorgeschriebene Temperatur übersteigt. In der Regel ist so ein Luftaustausch nicht geringer als der in Havariesituationen geforderte. Eine Hauptanforderung an so eine Ventilation muss ein explosionsgeschützter Elektromotor sein.
13. Punkte 7.7, 7.8 – es wird vorgeschlagen die Wörter „... *Not- und gemeinsame Austauschbelüftung*“ durch „*Ventilation*“ zu ersetzen.
14. Punkt 8.2.4 – es wird vorgeschlagen den zweiten Absatz „*Auf dem Gelände ist eine Messeinrichtung zur Messung der Windrichtung und –geschwindigkeit, deren Angaben bei Berechnungen des möglichen Gasgehalts genutzt werden, aufzustellen*“ zu streichen. Die Aufstellung einer derartigen Einrichtung ist nicht sinnvoll, da die möglichen Gasgehalte vom Projektanten berechnet werden, während einer Havariesituation wird zur Berechnung des Gasgehalts einfach keine Zeit sein.
15. Punkt 8.3.2 – es wird vorgeschlagen im Text die Begriffe „*gemeinsame Austauschbelüftung*“ und „*Havariebelüftung*“ gegen den Begriff „*Belüftung*“ zu tauschen.
16. Punkt 9.5. „*Die Behälter und Geräte der Kälteanlagen sind mit zwei Sicherheitsventilen mit einer Umschalteneinrichtung, die eine gleichzeitige Absperrung der beiden Ventile ausschließt, auszustatten.*“ Es wird vorgeschlagen „*Behälter und Geräte*“ durch „*Behälter*“ zu ersetzen, die potentielle Gefahr seitens der Geräte ist wesentlich geringer als seitens der Behälter. Außerdem sind in der Regel die Behälter und Geräte durch Rohrleitungen mit ausreichendem Durchmesser verbunden, so dass bei einer gefährlichen Druckerhöhung das Sicherheitsventil des Behälters ausgelöst wird.
17. Punkt 9.11 „*Die Sicherheitseinrichtungen der Kompressoren sind mindestens einmal im Jahr auf den Ansprechdruck (Öffnung und Schließung) und die Sicherheitseinrichtungen an den Geräten und Behältern mindestens einmal im halben Jahr zu prüfen.*“ Es wird vorgeschlagen die Prüffrist bei den Geräten und Behältern durch „**mindestens einmal im Jahr**“ zu ersetzen. Die modernen Sicherheitseinrichtungen gewähren auch bei einer Prüfung von einmal pro Jahr genügend Zuverlässigkeit und Sicherheit.
18. Punkt 10.2 „*Der Schutzgrad der Ummantelung der in den Räumen mit Ammoniakausrüstungen untergebrachten Elektrogeräte und Mittel zur automatischen und Fernsteuerung darf nicht unter IP44 entsprechend GOST 14254-96 liegen*“ wird vorgeschlagen durch **IP23** zu ersetzen. Die Praxis des Betriebs von modernen Kälteanlagen im Westen hat gezeigt, dass der Schutzgrad IP23 für Elektromotoren für die Gewährleistung eines hohen Sicherheitsniveaus genügt. Man kann die Einschränkung machen, dass sich dies nur auf moderne Elektrogeräte mit einem Baujahr ab 2000 bezieht.

19. Punkt 10.10 – schreibt den Schutz der Behälter (Apparate) des Kältesystems vor. Es wird vorgeschlagen den Passus „... *zwei miteinander gekoppelte Pegelrelais*“ durch **1 Pegelrelais** zu ersetzen. Das heutige Niveau der Automatisierungstechnik garantiert auch mit einem Pegelrelais eine genügende Betriebssicherheit.
20. Punkt 10.15 Es wird vorgeschlagen den Satz „*Die gleichzeitige Nutzung eines und desselben Geräts als Regel- und Schutzgerät ist untersagt*“ zu streichen.
21. Punkt 10.23 – der die Anbringung der Manometer vorschreibt, sollte gestrichen werden. Die modernen Kältesysteme sind mit genügend Messgeräten ausgestattet, deren Angaben an das zentrale Bedienpult geleitet werden, auf dessen Display man den Druck und die Temperaturen ablesen kann. Das Anbringen von Manometern sollte man dem Ermessen des Projektanten und dem Auftraggeber überlassen. Dafür sollte man den Punkt „**An der Kälteanlage müssen Serviceanschlüsse für Manometer zwecks gefahrloser Durchführung von Reparaturarbeiten vorgesehen werden**“ einfügen.
22. Punkt 10.25 „*Die Funktionsfähigkeit der automatischen Geräte zum Schutz von Ammoniakkompressoren sowie der Meldeanlage für die Konzentration der Ammoniakdämpfe in der Luft der Räume und der Außenbühnen sind mindestens einmal im Monat und die Funktionsfähigkeit der Schutzpegelrelais an Geräten (Behältern) einmal alle 10 Tage zu prüfen.*“. Es wird vorgeschlagen die Prüffrist für die Schutzrelais, Meldeanlagen für die Konzentration von Ammoniakdämpfen und Geräte zum Schutz von Ammoniakkompressoren auf **1 Mal pro Jahr** zu erhöhen. Bei modernen Kälteanlagen fragt das zentrale Bedienungssystem während des Starts alle Messgeräte ab und übermittelt bei Fehlfunktionen die entsprechenden Signale. Dies ist ebenfalls auf Grund des hohen Sicherheitsniveaus der modernen Messinstrumente und des Pegelrelais möglich.
23. Punkt 11.11 *An Behältern und Geräten, deren geometrisches Volumen bezogen auf den Ammoniakhohlraum größer als 0,3 m³ ist, sind Pegelanzeiger für das flüssige Kältemittel (zur visuellen Kontrolle) anzubringen.*“ Wird vorgeschlagen den Passus „**zur visuellen Kontrolle**“ zu streichen. Dies hängt damit zusammen, dass in den modernen Kälteanlagen unterschiedliche Typen von Anzeigern genutzt werden. Der konkrete Typ des Pegelanzeigers sollte dem Ermessen des Projektanten und dem Auftraggeber überlassen werden. Das Anbringen von visuellen Anzeigern reduziert die Luftdichtheit des Ammoniaksystems.
24. Punkt 12.12 – es wird vorgeschlagen den Passus „*Der Einbau von Stopfbuchsenarmaturen mit Handrädern nach unten ist verboten.*“ zu streichen. Die Stopfbuchsen der modernen Ventile sichern ein hohes hermetisches Niveau.
25. Punkt 15.3.9 – es wird vorgeschlagen den Absatz „*Das Abtauen muss entsprechend der Anleitung (Anlage 7) erfolgen.*“ zu streichen. In den modernen Anlagen können verschiedene effektive und sichere Abtaumethoden (darunter auch elektrische) angewandt werden, die nicht der Abtaumethode gemäß Anlage 7 entsprechen.
26. Punkt 17.3 „*Die Einrichtungen zur Unterdrückung der Verdunstung und Neutralisierung des möglichen Überlaufs des Kältemittels müssen sich auf den Schutzeffekt der Bedeckung des Spiegels des Flüssigammoniaks mit Schaumlösungen bzw. andere mit dem Gosgortechnadsor im Rahmen der festgelegten Ordnung abgestimmte Verfahren stützen.*“. Es wird vorgeschlagen diesem Punkt den Passus „*mit Ausnahme von Methoden, die die Verdunstungsprozesse beschleunigen*“ hinzuzufügen.

8. Finanzierung

Für die erfolgreiche Umsetzung von Modernisierungen kommt der finanziellen Ausgestaltung eine entscheidende Rolle zu. Diese hängt einerseits von den finanziellen Anforderungen durch die technischen Standards und den investiven sowie betrieblichen Kostenkomponenten ab, zum anderen spielen aber auch die finanziellen Parameter wie Zinshöhen, Laufzeiten, Risikobewertungen, steuerliche Aspekte, Gewinntransfermöglichkeiten, Kapitalschutzabkommen etc. eine wesentliche Rolle. Aus diesem Grund könnten neben den Betreibern und Lieferanten auch Finanzierungsinstitute in große Projekte und später auch langfristig in Übernahme und Betrieb integriert werden. Die Marktsituation in der Zielregion ist durch eine Kapitalschwäche der Branche gekennzeichnet. Gegenstand der Finanzierung könnte daher auch der Erwerb von Anteilen sein.

Deutschland verfügt über ein bestens funktionierendes und international anerkanntes Bankensystem. Allgemein sind die Finanzierungsmöglichkeiten, schon wegen des globalen Kapitalmarktes und wegen der faktisch bereits weitestgehenden Vereinheitlichung der Konditionen in der Europäischen Wirtschafts- und Währungsunion, in Deutschland nicht wesentlich unterschiedlich im Vergleich zu ausländischen Konkurrenten.

Eine wichtige Finanzierungsquelle stellen neben den international agierenden Geschäftsbanken auch die nationalen und internationalen Förder- und Exportfinanzierungsbanken dar. Deren Bedingungen sind i.a. etwas günstiger (in Zinshöhe, Laufzeit oder Besicherung) als die der Geschäftsbanken, jedoch meist an bestimmte Konditionen gebunden. Diese können sich z.B. auf das Herkunftsland (bei Exportfinanzierungsbanken) oder auf das Zielland (bei Förderbanken) beziehen. In Deutschland nimmt die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) beide Funktionen wahr.

Das größte und wichtigste internationale Finanzierungsinstitut ist die Weltbank-Gruppe, die auch für Projekte mit einem direkten Umweltbezug in Mittel- und Osteuropäischen Ländern Kreditlinien zur Verfügung stellt (z.B. Kredite für die Ertüchtigung der Wasseraufbereitungsanlagen in verschiedenen Regionen der Russischen Föderation).

Die European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) ist vor allem in Osteuropa aktiv. Im Programm der EBRD ist festgeschrieben, dass mindestens 60 % der gesamten Fördergelder für Aktivitäten des privaten Sektors bestimmt ist. EBRD hat auch in der Russischen Föderation die Realisierung einer Reihe von Projekten ermöglicht.

Eine weitere internationale Finanzierungsquelle ist die Global Environmental Facility (GEF). Diese 1990 auf deutsch-französische Initiative ins Leben gerufene Institution finanziert – bei strenger Auslegung – den umweltfreundlichen „Mehrwert“ von Projekten sowohl in Ländern der Dritten Welt, als auch in den Transitionsländern Mittel- und Osteuropas. Insgesamt verfügt die GEF über 2,5 Mrd. US-\$ für Projekte in den Bereichen FCKW-freie Technologien, Wasser, Klima und biologische Vielfalt.

Insgesamt gesehen stellt die Finanzierung auch von größeren Projekten kein Problem der Verfügbarkeit von Krediten dar; entscheidend ist zum einen die eigene Kreditwürdigkeit (insbesondere das dafür mobilisierbare Eigenkapital und Sicherheiten), zum anderen die notwendige Erfahrung, wie z.B. die Kenntnis der Projektzyklen der interessierenden Förderbanken, um bei der Kapitalbeschaffung erfolgreich zu sein, sowie die Einschätzung politischer und wirtschaftlicher Risiken, die sich teilweise schnell ändern (siehe z.B. russische Währungskrise 1998).

Eine wesentliche Rolle für die Aufstellung von Finanzierungen spielt die Zusammenarbeit mit den Banken im Kreditnehmerland. Nach der russischen Bankkrise von 1998 scheiterten zahlreiche Projekte in Russland, für die renommierte internationale Geldgeber entsprechende Kreditierungsbereitschaft signalisierten, am Mangel zuverlässiger Partner im russischen Bankwesen.

Hauptprobleme bei der Aufstellung von Finanzierungen für Modernisierungsprojekte in der Russischen Föderation sind folgende:

- Bereitstellung von Sicherheiten, Garantien und Bürgschaften
- Organisation der Zusammenarbeit zwischen westlichen und russischen Banken.

In einigen Fällen akzeptierten westliche Geldgeber von russischen Stadt- bzw. Gebietsverwaltungen gegebene Sicherheiten. Dabei spielen bei der Auswahl der Vorhaben nicht nur wirtschaftliche, sondern auch politische bzw. soziale Aspekte eine entscheidende Rolle. Die Erfahrung zeigt, dass davon vor allen Vorhaben profitieren, die z.B. für die Funktion lebenswichtiger Elementen der Infrastruktur bedeutsam sind.

Neben dem bereits genannten Beispiel einer Kreditlinie der Weltbankgruppe für die Ertüchtigung von Wasseraufbereitungsanlagen in einigen russischen Regionen (die Garantien der Gebietsverwaltungen wurden als ausreichende anerkannt) kann auch ein erfolgreich realisiertes Vorhaben zur Errichtung von Abwasseraufbereitungsanlagen in Moskau (Vorhaben „Butowo“) genannt werden. Die Leistungen der deutschen Partner wurden durch hierbei von einem Kredit der WestLB abgedeckt, wobei die Garantien der Stadt Moskau anerkannt wurden.

Die im Rahmen der Vorhabensrealisierung erstellten technischen Konzepte zur Ertüchtigung von Ammoniakkälteanlagen zeigen, dass der geschätzte Kostenrahmen zur Realisierung von langfristigen Maßnahmen im Bereich von ca. 4 bis 10 Mio. Euro liegt. Die wirtschaftliche Situation der Betreiber von Ammoniakkälteanlagen für die Lagerung und Herstellung von Lebensmitteln (mit Ausnahme z.B. der russischen Brauereien) ermöglicht kaum eine Bereitstellung der notwendigen Sicherheiten. Eine denkbare Lösung bestünde in der Einrichtung einer Kreditlinie, die analog zum Projekt „Butowo“, auf Garantien der Stadt Moskau basiert. Durch die Stadtverwaltung wurde ein Programm „Zur Erhöhung der Sicherheit von potentiell gefährlichen Chemiebetrieben der Stadt Moskau“ in Rahmen des „Komplexen Programms zur Entwicklung der Wirtschaft der Stadt Moskau“ beschlossen. Die Realisierung der notwendigen Maßnahmen in Ammoniakkälteanlagen, wie den beiden im Rahmen dieses Vorhabens behandelten Betrieben, sollte so prinzipiell möglich sein. Das beschlossene Programm könnte die Betriebe bei der Beschaffung der Finanzierung substantiell unterstützen.

Danach könnte die Stadtverwaltung auf Grund der Bedeutung der Modernisierung sowohl für die Gewährleistung der Versorgung der Stadtbevölkerung mit Lebensmitteln als auch für die Reduzierung des Gefährdungspotentials von Ammoniakkälteanlagen entweder die notwendigen Kreditgarantien zur Verfügung stellen, oder die Modernisierungskredite durch Förderleistungen für die Abdeckung eines Teiles der anfallenden Zinsen de facto verbilligen. Die direkte Teilhaberschaft der Stadt an den Betrieben, die in Form einer AG nach russischem Recht geführt werden, sollte die Stadt zu einem solchen Engagement verpflichten. Die im Rahmen des Vorhabens erarbeiteten Modernisierungsmodelle bilden für die Anlagenbetreiber bzw. –eigentümer eine fundierte Basis zur Überprüfung der Möglichkeiten der Beteiligung der Stadt Moskau an den zu erstellenden Finanzierungsmodellen.

Für eine betriebswirtschaftlich generell erforderliche Modernisierung der Produktion sind in der RF besondere Anstrengungen in der Organisation der Wirtschaft notwendig, da eine alleinige Reduzierung der Betriebskosten (vor allem durch die Reduzierung der Personal-, Wartungs- und Energiekosten) nicht ausreichend sein dürfte um eine Effizienzsteigerung zu erreichen, die es gestattet die Kapitalkosten rasch zu senken. Als Ursachen hierfür sind die relativ niedrigen Lohn- und Energiekosten zu nennen. Nach Angaben von Herrn V. Sinyugin (Mitglied des Aufsichtsrates der Vereinigung der russischen Stromproduzenten) liegen die Energiekosten bei ca. 1,4 US-Cents pro kWh und nach Prognosen des russischen „Institute for Power Research“ wird im Jahre 2010 ein Niveau von 3 – 3,5 US-Cents erreicht werden.

9. Literatur

- [1] TRAS 110: Technische Regel für Anlagensicherheit , Sicherheitstechnische Anforderungen an Ammoniak-Kälteanlagen, Technischer Ausschuss für Anlagensicherheit 04/2000
- [2] TAA-GS-12: Leitfaden Sicherheitstechnische Anforderungen an Ammoniak Kälteanlagen, Technischer Ausschuss für Anlagensicherheit 17.04.1997
- [3] EN 378 1-4: Kälteanlagen und Wärmepumpen, DIN-Taschenbuch 156 „Kältetechnik“, Beuth-Verlag Berlin 2000
- [4] BimSchV Störfallverordnung (BGBl. I, Nr. 54)
- [5] Information zur Anlagensicherheit bei NH₃-Kälteanlagen, Landesumweltamt Brandenburg (1995)
- [6] VGB 20 Unfallverhütungsvorschrift: Kälteanlagen Wärmepumpen und Kühleinrichtungen
- [7] Sonderprogramm des Landes Hessen zur Überwachung von Störfallanlagen, 1994
- [8] EG Verordnung 2037/2000 und 3093/94
- [9] UN/ECE Convention on the transboundary effects of industrial accidents (1996)
- [10] Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances,
- [11] DIN 8975-11 „Kälteanlagen und Wärmepumpen mit dem Kältemittel Ammoniak (zusätzliche) Anforderungen“,
- [12] Die Kälte- und Klimatechnik 9/94 s. 696 ff
- [13] Tagungsmaterialien der DKV-Tagung 2000: H. Sievers (S. 17); W. Ehrle, A. Erhard (S. 33); G. Holm (S. 35)
- [14] Russisches Gesetz zur Sicherheit von Industrieanlagen Nr. 116 FS vom 21.07.1997
- [15] Vorschriften für den Aufbau und die betriebstechnische Sicherheit von Ammoniakkälteanlagen (PB-09-220-98)
- [16] Regel PB 10-115-96 Aufbau und betriebstechnische Sicherheit von Druckbehältern
- [17] Regel PB 03-108-96 Aufbau und betriebstechnische Sicherheit von technologischen Rohrleitungen
- [18] GOST 12.2.085-82 „Druckbehälter und Sicherheitsventile“
- [19] GOST 28564-90 „Kühlsysteme unter Nutzung von Kompressionskältemaschinen
- [20] ISO 9000 ff
- [21] Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit in Moskauer Betrieben (UBA 1998)