

Kurzfassung

zum Endbericht des Vorhabens

„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“.

Laufzeit: 15.9.2000 – 31.7.2001

FKZ 380 01 016

Das Vorhaben wird im Rahmen des Beratungshilfe-Programms des BMU für den Umweltschutz in Mittel- und Osteuropa sowie in den Neuen Unabhängigen Staaten durchgeführt.

Inhalt

1. Allgemeiner Zustand der Kühlhäuser der Russischen Föderation
2. Ammoniakkälteanlagen
3. Wesentliche Stoffdaten von Ammoniak
4. Ziele des Vorhabens
5. Inhalt des Vorhabens
 - 5.1 Bestandsaufnahme
 - 5.2 Modernisierungskonzepte
 - 5.3 Organisatorische Maßnahmen
 - 5.4 Novellierung der Regelwerke
6. Nachhaltige Nutzung der erarbeiteten Konzepte

Berlin, Dezember 2001

Vorliegende Kurzfassung liegt auch in Englisch und Russisch vor.

3. Allgemeiner Zustand der Kühlhäuser der Russischen Föderation

Neben der erdölverarbeitenden, chemischen und pharmazeutischen Industrie sind insbesondere die Betriebe der Nahrungsgüterwirtschaft in der Russischen Föderation (RF) mit Ammoniakkälteanlagen ausgerüstet. Solche Betriebe befinden sich häufig in unmittelbarer Nähe von Wohngebieten. Insbesondere das rasche Wachstum städtischer Ballungsräume wie Moskau, St. Petersburg oder Krasnojarsk hat die Wohnbebauung in die Industriegebiete der Städte vordringen lassen. Havarien mit Ammoniakfreisetzung können somit zu einer direkten Gefährdung der Bevölkerung führen.

Branche	Anzahl ¹
Fleischindustrie	540
Milchverarbeitung	1556
Milchannahmestellen	4700
Getränkeindustrie	1065
Fischverarbeitung	300
Süßwarenindustrie	52
Fleisch- und Milchhandel	> 400
Summe	> 8600

Kälteanlagen in der Nahrungsmittelindustrie der RF

Eine große Anzahl von gegenwärtig in der RF betriebenen Ammoniakkälteanlagen weist einen hohen Modernisierungsbedarf auf.

Ursächlich hierfür sind zu nennen die geringen Investitionen in den Unterhalt bestehender Anlagen und zur Errichtung neuer, dem Stand der Technik entsprechenden Anlagen. Auf Grund der allgemeinen Situation im Land konnte eine Weiterentwicklung der Kältetechnik und die Automatisierung der Anlagen nur begrenzt erfolgen.

Folglich sind die Anlagen durch enormen Verschleiß, veraltete Technologien und ein Know-how Defizit an moderner Kältetechnik gekennzeichnet. Bedienpersonal mit hoher technischer Sachkunde verhinderte bislang größere Störfälle. Unter solchen Bedingungen ist der Anlagensicherheit besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Die umlaufenden Ammoniakmengen liegen in Anlagen moderner Ausführung (bei vergleichbarer Kälteleistung) bei unter 10% der in den Altanlagen üblichen Füllmengen.

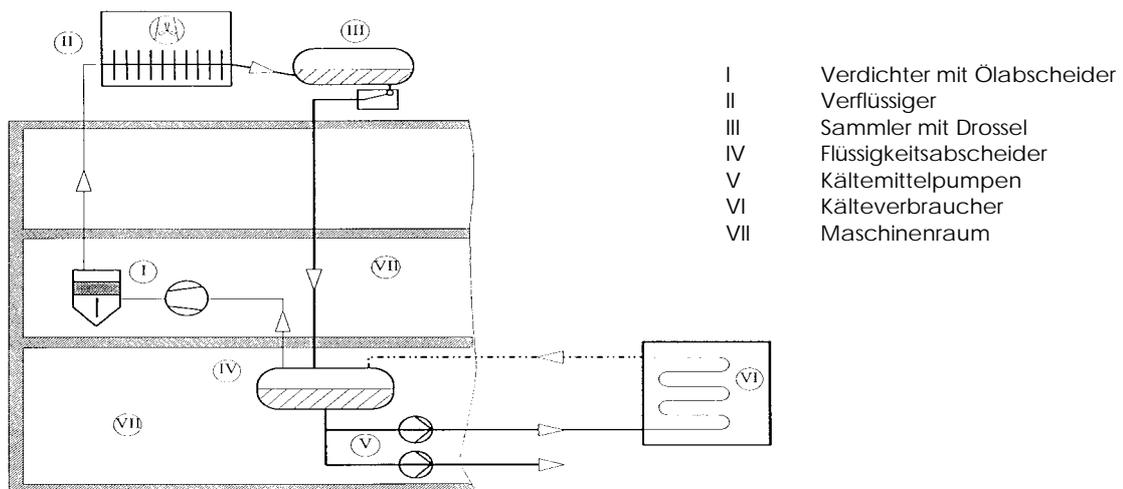
Der Betrieb dieser Anlagen ist unter den heutigen Bedingungen kaum wirtschaftlich, z.B. in Folge eines unverhältnismäßig hohen Energieverbrauchs. Aber auch die Betriebssicherheit und die Produktqualität kann nur durch einen hohen Wartungs- und Reparaturaufwand gewährleistet werden.

¹ Angaben nach Mednikowa, Vortrag 18.05.2001, Moskau

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

2. Ammoniakkälteanlagen

Alle Gase können in einem gewissen Temperaturbereich als Kältemittel in Kompressionskälteanlagen eingesetzt werden. Das Kältemittel wird hierbei im Kreis geführt, wobei komprimiertes Gas unter Wärmabgabe (an die Umgebung) verflüssigt wird und unter Wärmeaufnahme (beim Kälteverbraucher) verdampft.



Schema einer Kälteanlage

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. Mit der Umsetzung des Protokolls und dem folgenden Prozess (z.B. Begrenzung des Einsatzes von Teilhalogenierten Kohlenwasserstoffen mit EG 2037/2000) wird der Einsatz synthetischer Kältemittel zurückgedrängt und die natürlichen Kältemittel erleben eine Renaissance.

	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

GWP₁₀₀ Treibhauspotential
(CO₂ = 1)
ODP Ozonabbaupotential
(CCl₃F = 1)

Vergleich klimarelevanter Eigenschaften verschiedener Kältemittel

Kohlenwasserstoffe gelangen wegen ihrer Entzündlichkeit in Großanlagen nicht zum Einsatz. CO₂ erfordert das Arbeiten bei relativ hohen Drücken, als Zwischenkälte-träger im Tiefkühlbereich wurde CO₂ allerdings erfolgreich in Pilotanlagen eingesetzt. Wasser oder Luft sind im Kälteprozess zu wenig effektiv als daß in absehbarer Zeit eine breite Anwendung zu erwarten wäre.

In Großanlagen wird NH₃, das Kältemittel mit der höchsten volumetrischen Kälteleistung, bevorzugt eingesetzt und ist der klassischen Kältetechnik bestens vertraut. 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. Wesentliche Stoffdaten von Ammoniak

Siedetemperatur (1 bar)	- 33,3 °C
(26 bar)	60 °C
Geruchsschwellenwert	ca. 5ppm
MAK	50 ppm
ERPG-2-Wert ²	200 ppm
untere Alarmgrenze	500 ppm (Lüftung setzt ein)
obere Alarmgrenze	30 000 ppm = 3 Vol % (automatische Abschaltung der Anlage einschließlich der Lüftung)
explosionsfähige Gemische	15-28 Vol % in trockener Luft
Zündtemperatur	651 °C
Verdampfungswärme (1 bar)	1370 kJ/kg
Korrosion	trockenes NH ₃ greift Eisen und Stähle nicht an

Das Hauptaugenmerk zum sicheren Umgang mit dem Gefahrstoff Ammoniak richtet sich auf:

- Reduzierung der umlaufenden Ammoniakmenge
- Vorsorge zur Verhinderung kritischer Betriebszustände
- Begrenzung von Störfallauswirkungen

4. Ziele des Vorhabens

Durch das Aufzeigen der Möglichkeiten zur Ertüchtigung von bestehenden Ammoniakkälteanlagen unter sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Ge-

² 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.

sichtspunkten wird der Transfer westlicher Technologien und von Know-how unterstützt.

Damit kann durch das Vorhaben ein wichtiger Beitrag zur Senkung des Störfallrisikos in Industrieanlagen der RF geleistet werden und der deutsch-russische Dialog zu sicherheitstechnischen Fragestellungen fortgesetzt werden.

Ausgehend von einer detaillierten Analyse bestehender Anlagen sollen an ausgewählten Beispielen modellhafte Konzepte zur Modernisierung von Ammoniakkälteanlagen ausgearbeitet werden, die auf eine größere Anzahl von Unternehmen übertragbar sind.

Eng gekoppelt an die technologische Modernisierung ist die Weiterentwicklung der technischen Regelwerke. Hierzu sollen Vorschläge erarbeitet werden, die nicht nur die technische Entwicklung widerspiegeln, sondern auch die Erteilung von Betriebsgenehmigungen für moderne Anlagen aus z.B. deutscher Produktion vereinfachen.

5. Inhalte des Vorhabens

Als Partner fungierte die Russische Föderale Behörde für die technische Aufsicht in Industrie und Bergbau „Gosgortekhnadsor“ bzw. das von ihr mit der Bearbeitung von Fragen des Umgangs mit Ammoniak betraute Institut „Chlorbesopasnost“.

Mit Experten der Firma Grasso konnten Weltmarktführer bei der technologischen Entwicklung von Ammoniakkälteanlagen zur Mitarbeit am Projekt gewonnen werden.

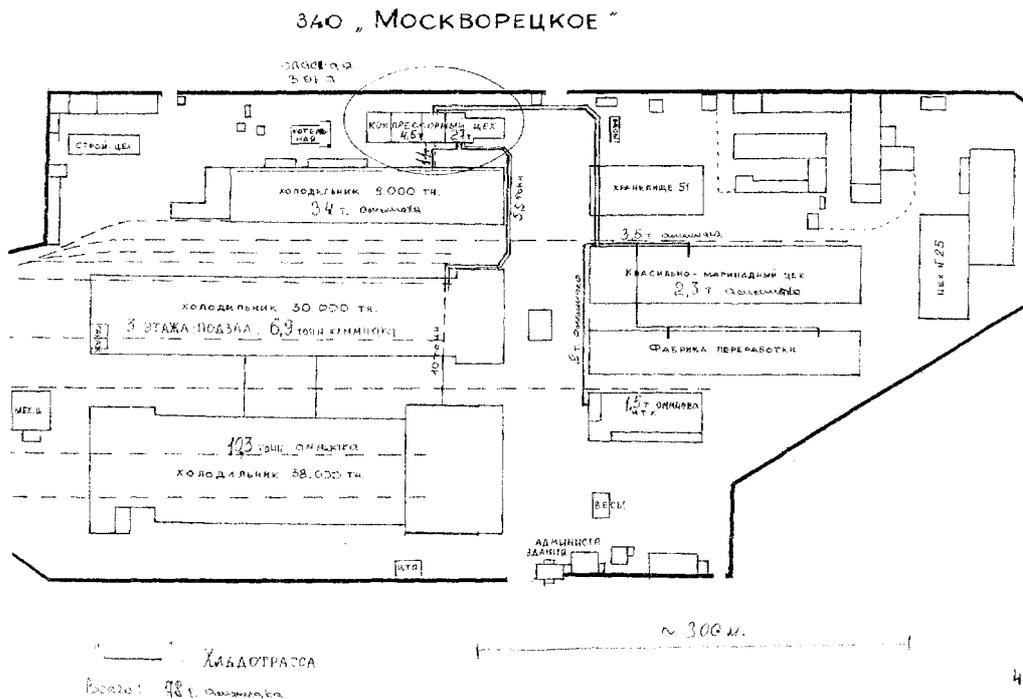
An Ortsbegehungen, Beratungen der Arbeitsgruppe und der kontinuierlichen multimedialen Kommunikation waren u.a. auch Anlagenbetreiber und russische Projektierungsinstitute beteiligt.

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

5.1 Bestandsaufnahme

Für diese beiden genannten Betriebe wurden detaillierten Untersuchungen des gegenwärtigen Zustands der Anlagen durchgeführt. Dazu wurden in Deutschland verwendete Checklisten vorgestellt.

Die Anlagen wurden in ihren einzelnen Komponenten erfasst und die technischen Kennziffern und der Zustand der Aggregate dokumentiert.



Lageplan der AG Moskvorezkoje

5.2 Modernisierungskonzepte

Davon ausgehend wurden modellhafte Konzepte zur Heranführung an den modernen Stand der Technik erarbeitet.

Die mit den Projektierungsleistungen erbrachten technischen Unterlagen würden es gestatten unverzüglich das Verfahren zum Umbau der Kälteanlagen zu beginnen.

Die umlaufende Ammoniakmenge reduziert sich bei Umsetzung der unter den vorgeschlagenen Varianten favorisierten Projektierung im Tieftemperaturkühlhaus der AG Moskvorezkoje von 78 t auf 3,2 t und in den Anlagen des Chlado-kombinat 7 von 62 t auf 7,5 t.

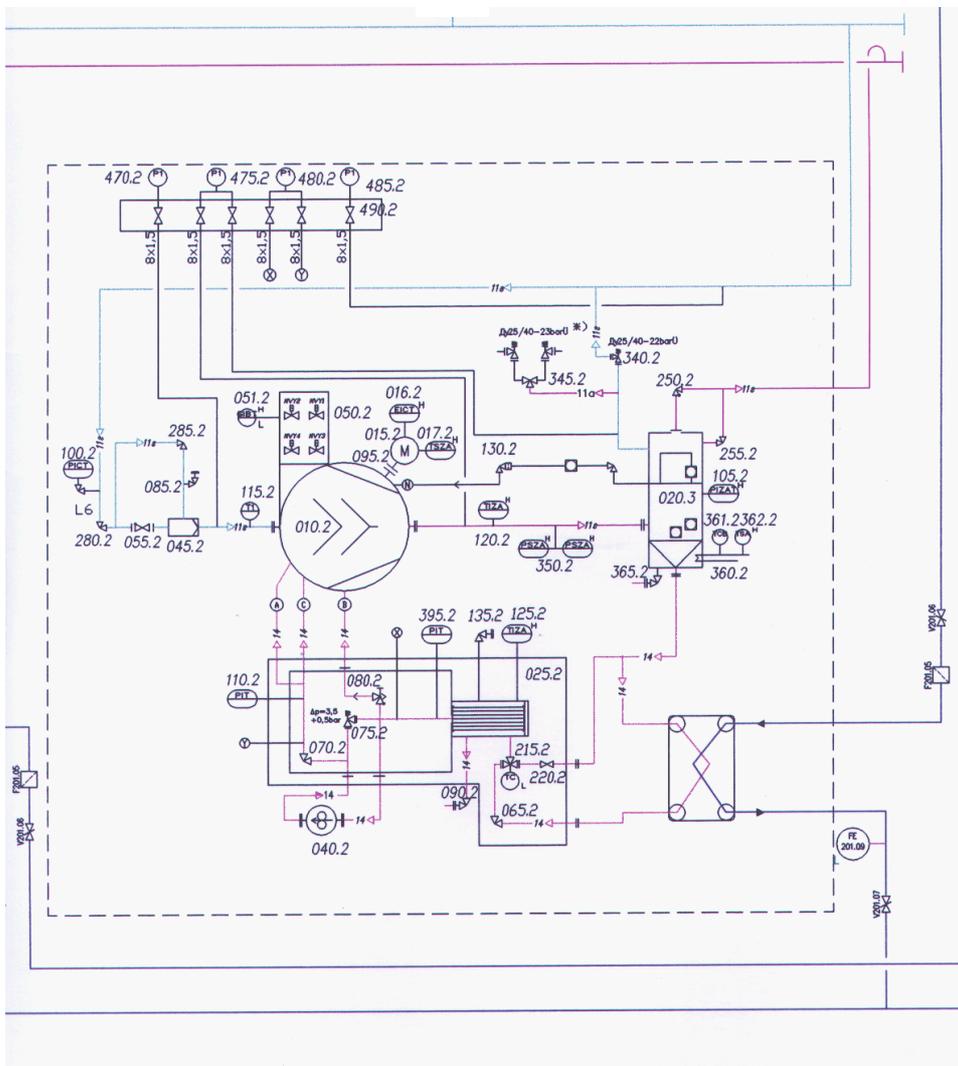
Die Konzepte besitzen den Charakter eines Stufenkonzeptes und beinhalten Vorschläge für alternative Lösungen.

Kurzfristige Maßnahmen:

- Einbau von Kältevorhängen an den Türen
- Instandsetzung der Isolierungen der Kühlkammern und Rohrleitungen
- Verringerung der Ammoniakfüllmenge durch Reduzierung der Anzahl der Kältemittel-Sammler und Flüssigkeitsabscheider
- Nachrüstung langer Ammoniak führender Rohrleitungen mit automatischen Absperrventilen, um bei NH₃ Ausbruch die ausströmende Kältemittelmenge zu minimieren
- Nachrüstung mit Gaswarnanlagen nach europäischem Standart

Mittelfristige Maßnahmen:

- Installation moderner Verdunstungsverflüssiger zur Ausnutzung der natürlichen Kälte
- Ersatz der Kältemittelpumpen mit Ölsperre durch hermetische Ammoniakpumpen
- Erneuerung des Lüftungssystems
- Einführung eines sekundären Kühlkreislaufs im Kühlbereich $-5 \dots +5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ mit dem Kälteüberträger Ethylenglycol
- Ausrüstung aller Kühlkammern mit effektiven Luftkühlern zur Reduktion der Rezirkulationszahl³
- Neubau der Kälteanlagen mit hohem Automatisierungsgrad (entsprechend den projektierten Vorschlägen)



Projektierungsunterlagen, Beispiel eines Kompressors

³ Die Rezirkulationszahl (RZ) drückt aus, wie oft eine definierte Menge flüssigen Ammoniaks zum Kälteverbraucher gefördert werden muß um vollständig zu verdampfen. Bei stiller Kühlung beträgt RZ ca. 12, mit Luftkühlern werden Werte von RZ=3 erreicht.

Langfristige Maßnahmen:

- Verfahrensumstellung mit Zwischenkälte Träger Kohlendioxid für die Tieftemperaturkühlung zur weiteren Reduzierung der Ammoniakmenge
- Neubau von Kühlhäusern

In den modellhaften Konzepten wurden für beide Anlagen detaillierte Projektierungsunterlagen erstellt und den russischen Partnern zur Verfügung gestellt. Diese Projektierungen sehen für den Kühlbereich $-5 \dots +5 \text{ °C}$ den Einsatz von Chillern vor, d.h. kompakte, vollautomatische Aggregate zur Kühlung von flüssigen Kälte-trägern.

Es wurden auch Vorschläge zu einer Teilmodernisierung berücksichtigt. Hierbei werden nahe zur bestehenden Kälteanlage liegende Kühlkammern zu direkt gekühlten Tiefkühl lagern umgebaut, die Gemüselager erhalten moderne Chiller. Somit ist ein weitgehender Erhalt des bestehenden Rohrsystems der Kälteversorgung möglich, das allerdings dann z.T. mit Ethylenglycol betrieben wird.

Durch die Vorstellung des Potentials der einzelnen Komponenten von Kälteanlagen zur Reduzierung der umlaufenden Ammoniakmenge und des Gesamttriskos der Anlage unter Nutzung computergesteuerter Automatisierungstechnik zur sensiblen Steuerung ihres Zusammenspiels konnten den russischen Partnern sicherheitstechnische und wirtschaftliche Perspektiven für den Betrieb von Ammoniakkälteanlagen vermittelt werden.

Welche Maßnahmen im Einzelnen auch nach einer Überprüfung des baulichen Zustands der Gebäude, der Elektroinstallation oder der Hygiene sinnvoll erscheinen, obliegt der Entscheidung der jeweiligen Unternehmen.

5.3. Organisatorische Maßnahmen

Die Festlegung der innerbetrieblichen Verantwortlichkeiten, Unterweisung des Bedienpersonals, Alarm- und Notfallpläne, sowie der Schutzausrüstungen gehören zu den allgemeinen Anforderungen an den Betrieb einer Ammoniakkälteanlage. Die Anregung zur Einführung eines speziellen Sicherheitstrainings wurde positiv aufgenommen.

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 (ununterbrochene Kühlkette) gesichert.

Zur Erstellung konkreter Modernisierungsprojekte bieten viele Hersteller auf ihrer Internetpräsenz nicht nur einen Katalog ihrer Produkte an, sondern stellen von kleineren Programmen zur Verdichterauswahl bis hin zu Downloads von Maßzeichnungen ihrer Produkte eine Vielzahl konstruktiver Hilfsmittel frei zur Verfügung. Die Nutzung moderner Informationstechniken durch die Anlagenbetreiber vor Ort ist verbesserungsfähig.

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), 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).

5.4 Novellierung der Regelwerke

Die Vorschriften für die Auslegung und den Betrieb von Ammoniakkälteanlagen werden in der RF in der Regel PB 09-220-98, in Westeuropa durch die Norm EN 378 grundlegend behandelt. Im Rahmen des Vorhabens wurden beide Texte übersetzt bzw. zur Verfügung gestellt und Möglichkeiten zur Harmonisierung der Anforderungen diskutiert.

Bei der Sichtung der Vorschriften zeigten sich eine Reihe z.T. erheblicher Unterschiede in der Einschätzung des Gefahrenpotentials von Ammoniak und der technischen Mittel zur Risikominimierung. Dies betraf vor allem:

- Explosionsgefahr und Alarmgrenzwerte
- Bauliche Auslegung der Maschinenräume
- Anzahl der Kältemittelbehälter

Die Vorschläge zur Novellierung der PB 09-220-98 berücksichtigen daher vor allem:

- die kompakte Bauweise moderner Kühlmaschinen
- den Stand der Sicherheits- und Automatisierungstechnik (Fernüberwachung)
- die Auslegung von Arbeits- und Maschinenräumen
- den Schutzgrad der Elektroinstallation
- die Havarie- und Allgemeine Ventilation
- die Prüfzyklen und- methoden

6. Nachhaltige Nutzung der erarbeiteten Konzepte

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 gewonnenen Untersuchungsergebnisse und entwickelten Konzepte zu Problemlösungen für eine Vielzahl von Anlagen in der Russischen Föderation (und auch in den anderen Neuen Unabhängigen Staaten) exemplarisch eingesetzt werden.

Somit bilden die im Rahmen des Vorhabens von der deutsch-russischen Arbeitsgruppe erarbeiteten Konzepte nach Meinung der Vertreter von „Gosgortech-nadsor“ eine solide Grundlage für einen Leitfaden zur Erstellung von Modernisierungskonzepten weiterer Betriebe dieser wichtigen Wirtschaftsbranche der Russischen Föderation.

Einen wesentlichen Impuls für die Disemination der Vorhabensergebnisse hatte das am 17.5.2001 in Moskau durchgeführte Abschlußseminar. Während des Se-

minars wurden die Vorhabensergebnisse einem breiten Kreis von Vertretern verantwortlicher russischer Behörden (Gosgortekhnadsor, EMERCOM), Projektierungsinstitute und Anlagenbetreiber präsentiert. Außerdem wurden die Vorschläge der bilateralen Arbeitsgruppe zur Novellierung der russischen Vorschriften für die Errichtung und Betrieb von Ammoniakkälteanlagen in Sinne einer Harmonisierung mit den in der Europäischen Union geltenden Vorschriften zur Diskussion gestellt und zur Berücksichtigung empfohlen.

In der Zeitschrift „Cholodilnyy Bisness“ (Nr. 3, Seite 7) wurde über die Veranstaltung berichtet.