

# LIS-Berichte

**Nr. 88**

**Sicherheitstechnische Überprüfung einer  
verfahrenstechnischen Anlage nach  
einem modifizierten PAAG-Verfahren  
am Beispiel eines Flüssiggaslagers**

Herausgeber



ISSN 0720-8499

1989

Sicherheitstechnische Überprüfung einer  
verfahrenstechnischen Anlage nach einem  
modifizierten PAAG-Verfahren am Beispiel  
eines Flüssiggaslagers

*Ulrich Euteneuer, Helga Katzer,  
Heinrich Wefers*

<u>I n h a l t</u>	Seite
Zusammenfassung	7
Summary	8
Übersicht über Fachausdrücke des PAAG-Verfahrens	9
1. Einleitung	11
2. Einführung in die Studie	14
3. Erläuterung des PAAG- und des HAZOP-Verfahrens	17
3.1 Leitworte für betriebliche Gefahrenquellen nach HAZOP	19
3.2 Fragestellung zu den Leitworten für betriebliche Gefahrenquellen	20
3.3 Leitworte für umgebungsbedingte Gefahrenquellen nach HAZOP	22
3.4 Fragestellung zu den Leitworten für umgebungsbedingte Gefahrenquellen	23
4. Vorbereitung der Studie	24
4.1 Prüfungs-Team	24
4.2 Unterlagen über die zu prüfende Anlage	24
4.2.1 Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema	25
4.2.2 Lageplan	25
4.2.3 Plan der unmittelbaren und weiteren Umgebung	25
4.3 Unterlagen für die Durchführung des PAAG/HAZOP-Verfahrens	26
4.3.1 Darstellung der Leitworte	26
4.3.2 Formulare	26
5. Durchführung der Studie	27
5.1 Abgrenzung eines Anlagenteils	27
5.2 Beschreibung des An- und Abfahrens eines Anlagenteils	28
5.3 Abgrenzung einer Leitung (Leistungsabschnitt)	28

6.	Dokumentation der Studie	29
6.1	Leitwort-Abfragetabellen	29
6.1.1	Kopf der Leitwort-Abfragetabellen	30
6.1.2	Spalten der Leitwort-Abfragetabellen	30
6.2	Schemata	31
7.	Literatur	33
<b>Anhang</b>		
I	Basisunterlagen für die Studie	35
	- Deutsche Grundkarte Bochum Weitmar/-Wiemelshausen	39
	- Behälterschnitte Z.-Nr. 2/01-463-03 b	40
	- Blockschaltbild Z.-Nr. 2/01-463-04	41
	- Fließschema Z.-Nr. 2/01-463-01 c	43
	- Lageplan Z.-Nr. 2/01-463-02 b	45
II	Leitwort-Abfragetabellen mit Auflistung	47
	- Liste der Leitwort-Abfragetabellen	50
	- Leitwort-Abfragetabellen, Blatt 1 - 47	52
III	Arbeitsblätter mit Auflistung	77
	- Liste der Arbeitsblätter	80
	- Arbeitsblätter, Nr. 1 - 21	81
IV	Ergänzungen zum Betriebshandbuch	103
	- Liste der Änderungen und Ergänzungen zum Betriebshandbuch (BHB)	107
V	Liste der erforderlichen Änderungen an der überprüften Anlage	109
VI	PAAG/HAZOP-Originalschemata (Aufhängeexemplare)	113
	- Fließschema Z.-Nr. 2/01-463-01 c*	117
	- Lageplan Z.-Nr. 2/01-463-02 b*	119
VII	Revidierte Schemata	121
	- RI-Fließschema Z.-Nr. 2/01-463-01 d	125
	- Lageplan Z.-Nr. 2/01-463-02 d	127
VIII	Formulare	129

## SICHERHEITSTECHNISCHE ÜBERPRÜFUNG EINER VERFAHRENSTECHNISCHEN ANLAGE NACH EINEM MODIFIZIERTEN PAAG-VERFAHREN AM BEISPIEL EINES FLÜSSIGGASLAGERS

Ulrich Euteneuer, Helga Katzer, Heinrich Wefers

### Zusammenfassung

Systematische Methoden der sicherheitstechnischen Überprüfung von verfahrenstechnischen Anlagen werden von großen Chemieunternehmen zunehmend angewandt. Die 2. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung fordert eine systematische Analyse der sicherheitstechnisch bedeutsamen Anlagenteile.

Unter einer Vielzahl systematischer Methoden der Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse gilt das PAAG-Verfahren (Prognose, Auffinden der Ursachen, Abschätzung der Auswirkungen, Gegenmaßnahmen) als besonders gründlich, da alle innerhalb einer Anlage oder in deren Umgebung denkbaren Gefahrenquellen erkannt werden können.

Es ist jedoch bisher nicht üblich, in den gemäß der Störfall-Verordnung zu erstellenden Sicherheitsanalysen die Durchführung systematischer Anlagenprüfungen zu dokumentieren.

In diesem Bericht wird das praktische Vorgehen bei der Prüfung eines geplanten Flüssiggaslagers mit einem modifizierten PAAG-Verfahren aufgezeigt. Neben einer Beschreibung des Prüfverfahrens ist hier jeder Prüfschritt nachvollziehbar dargestellt.

Mit diesem Bericht sollen Anlagenbetreiber angeregt werden, das PAAG-Verfahren bei der Planung und Überprüfung von verfahrenstechnisch-chemischen Anlagen anzuwenden und insbesondere dies in Sicherheitsanalysen zu dokumentieren. Den Genehmigungsbehörden kann dieser Bericht bei der Beurteilung von Sicherheitsanalysen als Arbeitsunterlage dienen.

## Summary

Large chemical industries increasingly apply systematic methods for checking the safety of its technical equipment. The Second General Administrative Rules to the Inadvertent-Release Act demand systematic analyses of all equipment which is important for technological safety.

Of the numerous systematic methods applied in safety and operability analysis, the PAAG-procedure (prediction, spotting the cause, estimating the effects, countermeasures) has the reputation of being the most thorough one because all possible sources of danger within the facility or in its environment can be recognized.

However, documentation of systematic safety checks of facilities ist not yet customary when performing safety analyses as required by the Inadvertend-Release Act.

The current report describes the procedure for determining the safety of a planned liquid propan gas storage facility by the PAAG-method. Aside from describing the procedure, every step ist explained so that it can be reproduced.

This report ist intended to encourage operators of facilities to apply the PAAG-procedure for planning and inspecting chemical process plants and document it in safety analyses. For licensing authorities this report may provide help in evaluating safety analyses.

## Übersicht über Fachausdrücke des PAAG- und des HAZOP-Verfahrens

### - PAAG-Verfahren:

Systematisches, kritisches Analyseverfahren, das für die sicherheitstechnische Prüfung verfahrenstechnischer Anlagen angewandt werden kann. PAAG bedeutet Prognose, Auffinden der Ursachen, Abschätzung der Auswirkungen, Gegenmaßnahmen (im Englischen als HAZOP-Verfahren bezeichnet: Hazard and Operability Studies. Wurde 1977 von ICI-England entwickelt, von der BG Chemie ins Deutsche übertragen und als "PAAG-Verfahren" veröffentlicht).

### - Sollfunktion:

Verbale Festlegung des bestimmungsgemäßen Betriebszweckes eines zu analysierenden Anlagenteils.

### - Leitworte:

Einfache Begriffe zur Veränderung der Sollfunktion, um einen kreativen Denkprozeß des PAAG-Teams zur Aufdeckung von Fehlerquellen durch Prognose hypothetischer Abweichungen von der Sollfunktion anzuregen.

### - PAAG-Team/-Prüfungsteam:

Spezialisten verschiedener Fachrichtungen. Diese bringen Erläuterungen, Kenntnisse, Erfahrungen und Vorstellungskraft in die Prüfungssitzungen ein, diskutieren und entscheiden über Änderungen an der geprüften Anlagen.

### - Teamleiter:

In der Methode zur Durchführung des PAAG-Verfahrens ausgebildete sachkundige Person, die Leitworte anwendet, die Teamdiskussion stimuliert und eine umfassende Behandlung der Tagesordnungspunkte sicherstellt.

### - Schriftführer:

Führt ausführlich Protokoll in den Prüfungssitzungen, listet die gefaßten Beschlüsse auf (Leitwortabfragetabellen) und führt die Liste der Arbeitsblätter.

### - Leitwortabfragetabellen:

Dienen zur ausführlichen, nachvollziehbaren Dokumentation der Durchführung des PAAG- und des HAZOP-Verfahrens.

### - Arbeitsblätter:

Während der Prüfungssitzungen nicht klärbare Sachverhalte werden als Arbeitsblätter an Teammitglieder zur Bearbeitung übergeben.

### - Störfall:

Störfall im Sinne der Störfall-Verordnung [4] ist eine Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes, durch die ein Stoff nach Anhang II der o. g. Verordnung frei wird, entsteht, in Brand gerät oder explodiert und eine Gemeingefahr hervorgerufen wird.

## 1. Einleitung

Sowohl bei der Projektierung als auch bei der sicherheitstechnischen Überprüfung von verfahrenstechnischen Anlagen ist es möglich, systematische Methoden der Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse anzuwenden. Gefahrenquellen und -potentiale, die aus der Konzeption eines technischen Systems und aus dessen Umgebung resultieren, können dabei aufgedeckt werden.

Die Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (2. StörfallVwV) [5] fordert, daß in der Sicherheitsanalyse die wesentlichen Untersuchungsschritte der Methoden zur systematischen Analyse einer verfahrenstechnisch-chemischen Anlage deutlich werden, die im Hinblick auf die sicherheitstechnisch bedeutsamen Anlagenteile, die Gefahrenquellen, die Störfalleintrittsvoraussetzungen, Störfallauswirkungen und die Sicherheitsvorkehrungen angewendet wurden. In der chemischen Industrie werden solche Methoden zur Prüfung von Anlagen bereits häufig angewandt. Die Dokumentation solcher systematischer Prüfungen in Sicherheitsanalysen nach der Störfall-Verordnung [4] ist jedoch bislang noch nicht üblich.

Auf dem Gebiet der systematischen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse weit verbreitete Methoden sind vorläufige Gefahrenanalyse (Checklisten, Entscheidungstabellentechnik) [7], Fehlerbaum [8], Ausfalleffektanalyse [9], DOW Fire and Explosion Index [10], Störfallablaufanalyse [11] und PAAG- bzw. HAZOP-Verfahren [2, 3]. Dabei gelten das PAAG- und das HAZOP-Verfahren als besonders gründlich und zuverlässig in der Anwendung.

Sowohl das PAAG- als auch das HAZOP-Verfahren sind auf alle Arten von Anlagen und auf die Anlagenumgebung anwendbar. Die Anwendung ist sowohl in der Planungsphase als auch bei schon bestehenden Anlagen möglich, z. B. bei wesentlichen Änderungen. Das PAAG- bzw. HAZOP-Verfahren basiert auf der Überlegung, daß allen Betriebsstörungen in einer Anlage in mindestens einem Anlagenteil, z. B. in einer Rohrleitung, eine Abweichung vom bestimmungsgemäßen Betrieb hinsichtlich Produktmengen, Temperaturen, Fließrichtung, etc. vorausgeht.

Durch systematisches Abfragen jedes Anlagenteils bezüglich der Ursachen für denkbare Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb und deren Auswirkungen werden die potentiellen Gefahren aufgedeckt.



Es ist keine Veröffentlichung bekannt, in der die praktische Durchführung eines PAAG- bzw. HAZOP-Verfahrens an einer Beispielanlage ausführlich dokumentiert ist. Mit diesem Bericht wird erstmals eine Arbeitshilfe zur Verfügung gestellt, mit der nach der Störfall-Verordnung zu prüfende Sicherheitsanalysen, in denen die Durchführung einer systematischen Prüfung mit dem PAAG- bzw. HAZOP-Verfahren dokumentiert ist, für Genehmigungsbehörden nachvollziehbar werden sollen.

Weiterhin soll Anlagenbetreibern und -planern ein Anstoß gegeben werden, systematische Verfahren bei der sicherheitstechnischen Prüfung ihrer Anlagen einzusetzen und dies in Sicherheitsanalysen, die damit den Anforderungen der Störfall-Verordnung nach Tiefe und Umfang gerecht werden, zu dokumentieren. Eine Hilfestellung für die Prüfung von Anlagen nach einem modifizierten PAAG- bzw. HAZOP-Verfahren stellen die verwendeten, bzw. erstellten Dokumente dar, die diesem Bericht als Anhang beiliegen.

Die Fa. LINDE AG, Höllriegelskreuth, als in der Anwendung des PAAG- bzw. HAZOP-Verfahrens erfahrene Stelle, wurde von der LIS mit der praktischen Demonstration eines speziell für die Anwendung auf verfahrenstechnische Anlagen modifizierten, an den Bedingungen der Störfall-Verordnung angepassten PAAG- bzw. HAZOP-Verfahrens an einer Beispielanlage beauftragt.

Im folgenden wählen wir der Einfachheit halber die Begriffe "PAAG/HAZOP-Verfahren" und "PAAG/HAZOP-Studie" für die in diesem Bericht dokumentierte modifizierte Prüfmethode.

Im Mittelpunkt dieser Studie stand die Demonstration der Prüfmethode und nicht die abschließende Prüfung der Anlage, eines geplanten Flüssiggastanklagers der Stadtwerke Bochum GmbH.

Beteiligt an der Durchführung der Studie waren die Fa. HKL Anlagenbau und Planung GmbH & Co. als Planer und Ersteller der Sicherheitsanalyse der untersuchten Anlage und die Zentralstelle Störfall-Verordnung und gefährliche Stoffe (ZStVO) der LIS als ständiges Prüfungsteam.

Die verwendeten Schemata der Anlage (RI-Fließschema, Lageplan) wurden im Anschluß an die Prüfungssitzungen von der Fa. HKL revidiert und in die Dokumentation im Anhang dieses LIS-Berichtes mit aufgenommen.

Bei der Überarbeitung des RI-Fließschemas stand die sachlich richtige und verständliche Darstellung der erarbeiteten Änderungen und Ergänzungen an der Anlage im Vordergrund. Auf eine bis ins Detail normgerechte Ausführung der Fließbilder nach DIN 28004 und DIN 19227 wurde dagegen weniger Wert gelegt.

## 2. Einführung in die Studie

Die PAAG/HAZOP-Studie wurde in der Zeit vom 24.11. bis 03.12.1987 in der Landesanstalt für Immissionsschutz durchgeführt.

Die untersuchte Anlage ist ein Flüssiggastanklager zur Spitzenlastabdeckung mit einer Lagerkapazität von 1500 m<sup>3</sup> flüssigem Propan bei einer maximalen Abgabeleistung von 6000 kg/h in gasförmigem Zustand.

Die PAAG/HAZOP-Studie wurde in der Form durchgeführt, wie sie im Rahmen einer Anlagenplanung von einem Planungsteam erarbeitet werden würde. Für die Studie wurden Unterlagen aus der Sicherheitsanalyse zur o. g. Anlage verwendet.

Im folgenden werden das Prinzip der Studie und die Vorgehensweise in den wesentlichen Teilen beschrieben. Detaillierte Informationen sind aus der im Anhang beigefügten Dokumentation zu entnehmen. Die während der Durchführung der Studie ausgesprochenen Anregungen zur Verbesserung der Prüfmethode, insbesondere in Hinsicht auf die Anwendung im Rahmen der Erstellung einer Sicherheitsanalyse, sind bereits in die Beschreibung der Studie und in die Dokumentation eingeflossen.

Der spezifische Stundenbedarf für die reine, straff geführte Studie bezüglich betrieblicher Gefahrenquellen ergab sich zu 2 Team-Sitzungsstunden pro Apparat (z. B. Behälter, Verdampfer), wobei parallele, gleiche Apparate nicht mitgezählt wurden. Dieser spezifische Wert entspricht den Erfahrungen der Fa. LINDE für voll dokumentierte Studien.

Etwa 5 Stunden waren erforderlich zur systematischen Analyse der umgebungsbedingten Gefahrenquellen.

Erfahrungsgemäß ist eine PAAG/HAZOP-Studie nur sinnvoll ist, wenn die Anlagenplanung weitgehend abgeschlossen ist. Das hat sich auch in dieser Beispielstudie bestätigt.

Die PAAG/HAZOP-Studie hat gezeigt, daß mit diesem Verfahren die in der 2. StörfallVwV [5] geforderte systemanalytische Methode der Analyse nach Tiefe und Umfang abgedeckt ist. Dabei ist Voraussetzung, daß die eigentliche Sicherheitsanalyse und die sonstigen erforderlichen Unterlagen dem Prüfungsteam vorliegen.

Der vorläufige Abschlußbericht, der unmittelbar im Anschluß an die Studie erstellt wurde, enthielt noch nicht die Kopie des der Studie zugrunde liegenden Rohrleitungs- und Instrumentierungsschemas, in welchem alle erforderlichen Änderungen handschriftlich festgehalten worden sind. Die Arbeitsblätter wiesen einen Bearbeitungsstand auf, wie er bei Abschluß einer Studie typisch ist. Eine Reihe der Arbeitsblätter war zu diesem Zeitpunkt noch nicht bearbeitet. Wichtig ist dabei, daß diese Tatsache deutlich aus der Liste der Arbeitsblätter ersichtlich ist und dies entsprechend verfolgt werden kann.

Die Lektüre der unter [3] zitierten detaillierten Beschreibung der PAAG-Methode erleichtert das Verständnis des hier angewandten, bereits einer verfahrenstechnischen Anlage angepaßten PAAG/HAZOP-Verfahrens. Einen besonderen Anhaltspunkt für die Durchführung der PAAG/HAZOP-Studie stellen die verwendeten bzw. erstellten Dokumente dar, die als Anhang beiliegen.

Der Bearbeitungszustand der Arbeitsblätter ist aus der "Liste der Arbeitsblätter" zu ersehen. Daraus ergibt sich, daß die Fragen der Arbeitsblätter weitgehend beantwortet sind, daß aber die Antworten noch nicht vom PAAG/HAZOP-Team genehmigt wurden. Bei der vorliegenden Beispielstudie wird auf diese Genehmigung verzichtet.

Die im Anhang beigefügten Dokumente sind im einzelnen:

- Unterschriebene "PAAG/HAZOP"-Schemata
- Ausgefüllte Leitwort-Abfragetabellen
- Liste der erstellten Arbeitsblätter mit Erledigungsvermerk zu jedem Arbeitsblatt
- Beantwortete und vom Beantwortenden sowie vom Teamleiter unterschriebene Arbeitsblätter

- Liste der durch die Studie erfolgten Änderungen an der Anlage
- Liste der während der Studie erstellten Änderungen und Ergänzungen zum Betriebshandbuch.

Weiterhin sind dem Abschlußbericht Formulare beigefügt, wie sie bei der Durchführung dieser Beispielstudie verwendet wurden und sich im Rahmen der Durchführung als optimal erwiesen.

### 3. Erläuterung des PAAG- und des HAZOP-Verfahrens

Die sogenannte "Hazard and Operability Study" (HAZOP-Studie) wurde von der ICI-England entwickelt und erstmals 1974 von LAWLEY in der Chem. Eng. Progress [1] vorgestellt. Nach gründlicher Bearbeitung wurde 1977 ein umfangreicher Leitfaden (A Guide to Hazard and Operability Studies [2]) von der englischen chemischen Industrie herausgegeben. Eine verkürzte Fassung in deutscher Übersetzung wurde von der Sektion der Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (I.V.S.S) unter dem Namen "Der Störfall im chemischen Betrieb - PAAG-Methode", veröffentlicht (PAAG bedeutet Prognose, Auffinden der Ursachen, Abschätzen der Auswirkungen, Gegenmaßnahmen) [3].

Das System des PAAG- bzw. HAZOP-Verfahrens beruht auf der Anwendung einer Leitlinie zur systematischen Überprüfung einer Anlage. Mit ihr soll festgestellt werden, wo eine Gefahrenquelle aufgrund von Fehlplanung, Fehlbedienung oder Fehlfunktion einzelner technischer Einrichtungen steckt, welche Auswirkungen sich daraus für die gesamte Anlage und die Umgebung ergeben können und welche Gegenmaßnahmen zu treffen sind. Das Verfahren beabsichtigt, die Vorstellungskraft eines Prüfungsteams (Planer und Konstrukteure) so anzuregen, daß möglichst alle denkbaren Gefahrenquellen in einer Anlage erkannt werden können.

Dem Verfahren liegt der Gedanke zugrunde, daß allen möglichen Gefahren oder unerwünschten Ereignissen, die von einer Anlage ausgehen bzw. in ihr ablaufen können, eine Abweichung von den normalen bzw. erwarteten Betriebsbedingungen in einem ihrer Anlagenteile vorausgeht. Dementsprechend muß bei der Anwendung des PAAG- bzw. des HAZOP-Verfahrens jedes Anlagenteil Schritt für Schritt entsprechend einem vorgegebenen Schema abgefragt werden. Die Fragen werden mit Hilfe der sogenannten Leitworte formuliert, die sich auf die unerwünschten Abweichungen beziehen. Grundvoraussetzung ist dabei die Kenntnis bzw. das Aufstellen der Sollfunktion des Anlagenteils, d. h. die verbale Formulierung seines bestimmungsgemäßen Betriebszweckes.

Eine Sollfunktion nach dem PAAG-Verfahren kann z. B. lauten: "Leite maximal 30 m<sup>3</sup>/h Flüssiggas bei einem Überdruck von maximal 16 bar von der Kupplung der Tankwagenstation I bis einschließlich Rückschlagkappe der Befülleitung am Lagerbehälter". Es ist nicht unbedingt erforderlich, eine Sollfunktion derart auszuformulieren und schriftlich festzuhalten. In dieser Beispielstudie ergab sich die Sollfunktion durch die genaue Erklärung der allgemeinen Funktion des jeweiligen Anlagenteils vor dessen Überprüfung durch ein sachkundiges Prüfungsteammitglied. Die Sollfunktion wurde daher nicht gesondert notiert.

Der Unterschied zwischen dem PAAG-Verfahren und dem ursprünglich entwickelten HAZOP-Verfahren [1] liegt in der Wahl der Leitworte.

Die Leitworte des PAAG-Verfahrens

**nein oder nicht (kein oder keine)**

**mehr**

**weniger**

**sowohl als auch**

**teilweise**

**Umkehrung**

**anders als**

sind umfassend auf alle möglichen Systeme anwendbar, von der Beurteilung eines Produkts über die Planung eines Parkplatzes bis hin zur Beurteilung der Sicherheit einer großtechnischen Anlage. Die sich für jedes Leitwort wiederholenden Fragen lauten beispielsweise für das Leitwort "mehr":

1. Welche Bedingungen der Sollfunktion können möglicherweise "mehr" als gewünscht oder erwartet eintreten?
2. Was sind die Ursachen dafür?
3. Welche unerwünschten Auswirkungen können sich daraus ergeben?
4. Welche Gegenmaßnahmen sind zu treffen?

Dieses Vorgehen nach dem PAAG-Verfahren setzt insbesondere bei Frage 1 eine hohe Kreativität des Studienteams voraus, damit keine relevanten Bedingungen vergessen werden. Weiterhin ist eine große Disziplin erforderlich, um alle gefundenen Bedingungen, die möglicherweise "mehr" auftreten, systematisch den weiteren Fragen zu unterziehen.

Mit dem HAZOP-Verfahren hingegen lassen sich die obige Schwierigkeiten bei der systematischen Überprüfung einer verfahrenstechnischen Anlage eingrenzen, indem man bereits die spezifischen Bedingungen dieser Anlage per Leitwort vorgibt.

Leitworte nach dem HAZOP-Verfahren können z. B. sein:

**mehr Druck**

**mehr Temperatur**

**mehr Verunreinigungen**

Hierdurch wird eine gezielte und straffe Diskussionsführung möglich.

Für die vorliegende Studie am Beispiel eines Flüssiggas-Tanklagers zur Spitzenlastabdeckung wurde die für eine verfahrenstechnische Anlage spezifische Vorgehensweise gewählt.

Die entsprechenden Leitworte wurden dabei den Bedingungen der Störfall-Verordnung angepaßt.

### 3.1 Leitworte für betriebliche Gefahrenquellen nach HAZOP

Folgende Leitworte werden auf jede zu betrachtende Rohrleitung und den dazu gehörigen Apparat angewendet.

#### Leitworte:

- a - Mehr Durchfluß (hoher Flüssigkeitsstand)
- b - Weniger Durchfluß (niedriger Flüssigkeitsstand)
- c - Rückwärts
- d - Hohe Temperatur (auch Sonneneinstrahlung)
- e - Niedrige Temperatur (auch Wintertemperatur)
- f - Hoher Druck
- g - Niedriger Druck (Vakuum)
- h - Anderes Produkt (anderer Zustand/Verunreinigungen)
- i - Instrumentierung:
  - ausreichend
  - zu viel
  - richtiger Einbauort
  - richtige Sicherheitsstellung
- k - Prüfmöglichkeit:
  - Produkt
  - Anlagenteile
- l - Ausfall von Betriebsmitteln:
 

- Strom	- Brennstoff
- Luft	- Kühlung
- Wasser	- Computer/Prozeßleitsystem
- Vakuum	- Anderes



- m - Mechanische Beschädigung durch
  - äußere Einwirkungen
  - Schwingungen
- n - Maximaler Störfall (Freisetzung)
  - Stoff
  - Vordruck
  - Öffnungsquerschnitt
  - Austrittsdauer
  - im Anlagenteil befindliche Stoffmenge, die frei werden kann.

Aus praktischen Anwendungsfällen in der Industrie ist bekannt, daß mit den Leitworten a bis l die betrieblichen Probleme und Gefahrenquellen einer verfahrenstechnischen Anlage vollständig hinterfragt werden können.

Im Rahmen dieser PAAG/HAZOP-Studie wurden darüber hinaus zwei Leitworte (m und n) zusätzlich aufgenommen.

Auf diese Weise ergibt der Durchgang durch die Leitworte eine Analyse der betrieblichen Gefahrenquellen entsprechend der Störfall-Verordnung, und es werden Erkenntnisse über die Störfalleintritts-Voraussetzungen sowie über die störfallverhindernden und begrenzenden Vorkehrungen gewonnen.

### 3.2 Fragestellungen zu den Leitworten für betriebliche Gefahrenquellen

Wie bereits oben erwähnt, werden mittels der Leitworte Fragen formuliert, die geeignet sind, systematisch die potentiellen Probleme und Gefahren einer verfahrenstechnischen Anlage aufzudecken.

Generell lauten die Fragen pro Leitwort, bezogen auf ein abgegrenztes Anlagenteil, z. B. für ein Rohrleitungsstück mit evtl. angrenzenden Apparaten:

1. Was sind die Ursachen der mit dem Leitwort definierten Abweichung von den normalen bzw. zu erwartenden Betriebsbedingungen (Sollfunktion)?

Hierbei ist es sinnvoll, das Anlagenteil zuerst unter Außerachtlassung der vorhandenen Absicherungssysteme zu betrachten und danach zu beurteilen, ob die Absicherungssysteme ausreichend sind.

2. Was sind die Auswirkungen der Abweichung? Sind die Auswirkungen geeignet zu einem ungewünschten Ereignis zu führen?

Die zu betrachtenden "ungewünschten Ereignisse" werden üblicherweise vor der Durchführung der Studie definiert. Dabei kann eine Rangfolge festgelegt werden,

z. B.:

- Störfall im Sinne der Störfall-Verordnung,
- Schaden an einem Anlagenteil,
- Produktionsausfall.

Im Rahmen dieser Beispielstudie wurde im wesentlichen nach "Störfall ja/nein" gefragt.

3. Welche Gegenmaßnahmen bzw. Vorkehrungen müssen getroffen werden, um

- die möglichen Ursachen zu eliminieren
- die kritischen Auswirkungen zu verhindern
- den möglichen Störfall zu begrenzen?

Sind die vorhandenen Absicherungssysteme ausreichend?

Im folgenden sind die für die Leitworte spezifischen Fragen angegeben:

- Leitwort a bis h:

"Ich erwarte die in der Sollfunktion definierte Bedingung. Was kann der Grund dafür sein, daß ich dagegen eine von der Sollfunktion abweichende Bedingung entsprechend dem Leitwort habe (mögliche Ursachen)? Welche unerwünschte Situation ergibt sich daraus (Auswirkungen)?"

- Leitwort i bis k:

"Sind die in den Leitworten genannten Bedingungen (ja, nein, zu viel, zu wenig etc) gegeben bzw. gewährleistet? Was sind die Folgen, wenn nicht (Auswirkungen)?"

- Leitwort l:

"Welche Folgen sind zu erwarten (Auswirkungen)?"

(Dieses Leitwort ist meistens schon durch die Diskussion vorhergehender Leitworte abgearbeitet.)

## - Leitwort m:

"Ist die betrachtete Rohrleitung bzw. das zugehörige Anlagenteil prädestiniert für mechanische Beschädigungen durch äußere Einwirkungen oder Schwingungen?"

(z. B. viele kleine Meßstutzen oder Leitungsanschlüsse < 25 mm  $\phi$ )

## - Leitwort n:

"Welche der oben definierten Auswirkungen sind beim Versagen der vorhandenen "Gegenmaßnahmen" geeignet, einen Störfall im Sinne der Störfall-Verordnung hervorzurufen, und was sind dabei die Austritts- bzw. Ausbreitungsbedingungen des kritischen Stoffes?"

Dieses Leitwort resultiert aus der Fragestellung der 2. StörfallVwV nach Analyse der maximal möglichen Störfälle. Die Beantwortung des Leitwortes ist die Basis für die Berechnungen oder Abschätzungen im Rahmen der Angaben über Störfallauswirkungen.

### 3.3 Leitworte für umgebungsbedingte Gefahrenquellen nach HAZOP

Zur Durchführung der in der 2. StörfallVwV geforderten Analyse der umgebungsbedingten Gefahrenquellen wurden in der Beispielstudie die folgenden Leitworte angewandt:

#### Leitworte:

## o - Direkte Umgebung

- fliegende Teile
- Druckwellen
- Hitzestrahlung
- toxische oder korrosive Gaswolken
- explosible Gaswolken

## p - Verkehr:

- Reparaturfahrzeuge
- interner Werksverkehr
- externer Verkehr (Fahrzeug, Flugzeug, Schiff)

## q - Wetter:

- Sturm
- Schnee, Wasser, Hagel, Vereisung
- Blitz

## r - Boden:

- Hochwasser
- Erdbeben
- Setzungen

## s - Eingriff Unbefugter:

- Zugänglichkeit
- Verbergungsmöglichkeit

## t - Fluchtwege

## u - Topographie

Diese Leitworte werden auf den Lageplan der näheren und weiteren Umgebung der betrachteten Anlage bzw. auf den Aufstellungsplan angewendet.

### 3.4 Fragestellungen zu den Leitworten für umgebungsbedingte Gefahrenquellen

Die Fragen zu den umgebungsbedingten Gefahren lauten zu:

## - Leitwort o bis s:

"Sind Gefahren für die betrachtete Anlage durch die im Leitwort gegebenen Bedingungen möglich (vorhandene Ursachen)? Was können die Folgen sein (Auswirkungen)? Welche Vorkehrungen werden getroffen bzw. sind noch zu treffen (Gegenmaßnahmen)?"

Beim Leitwort p "Verkehr" ist es sinnvoll, den möglichen Verkehrsablauf insbesondere der Reparaturfahrzeuge und des internen Werksverkehrs zu beschreiben.

## - Leitwort t:

"Wie ist eine Fluchtmöglichkeit bei örtlich unterschiedlichen Störungen und unterschiedlichen Windverhältnissen gegeben?"

## - Leitwort u:

"Wie ist der Geländeverlauf? Sind topographisch bedingte Hauptausbreitungseinrichtungen bei Stofffreisetzung gegeben?"

## 4. Vorbereitung der Studie

### 4.1 Prüfungs-Team

Ein Prüfungs-Team sollte aus folgenden Spezialisten bestehen:

- Teamleiter
- Konstrukteur bzw. Projekt-Ingenieur
- Inbetriebnahme-Ingenieur oder Betriebsleiter
- Sicherheitstechnik-Ingenieur.

Abrufbereit sollten sein:

- Verfahrensingenieur
- Meß- und Regelungstechnik-Ingenieur.

Die Zusammensetzung des Prüfungs-Teams richtet sich in hohem Maße nach der Art und Größe der zu analysierenden Anlage. Häufig vereinigt sich das Wissen der oben aufgeführten Spezialisten in einer Person. Das Prüfungs-Team soll jedoch mindestens aus 3 Personen bestehen.

Das Prüfungs-Team setzte sich aus folgenden Mitgliedern zusammen:

- Teamleiter : Dr. Hoepffner Fa. LINDE AG
- Schriftführer : Hr. Zink Fa. LINDE AG
- Planungsingenieur: Hr. Lettmayer Fa. HKL
- 6 Mitglieder der Zentralstelle Störfall-Verordnung und gefährliche Stoffe (ZStVO) der LIS.

### 4.2 Unterlagen über die zu prüfende Anlage

Es wird hier davon ausgegangen, daß alle Informationen über die zu analysierende Anlage durch das Spektrum der Teilnehmer und deren spezifische Sachkenntnisse vorhanden sind. In diesen Fällen sind die nachfolgenden Schemata und Pläne erforderlich, von denen jeweils ein Exemplar zur allgemeinen Einsicht (Aufhängeexemplar) in der Größe DIN A 0 vorliegen sollte. Diese sogenannten Aufhängeexemplare dienen auch zur Aufnahme aller Änderungen und werden die "PAAG/HAZOP-Originale". Jeder Teilnehmer sollte davon ein verkleinertes Exemplar für eigene Eintragungen zur Verfügung haben.

#### 4.2.1 Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema (RI-Schema)

Das RI-Schema sollte auf dem neuesten Planungsstand sein und mindestens folgende Informationen enthalten (nach DIN 28004 bzw. DIN 19227):

- Rohrleitungen mit Nennweiten und Auslegungsdaten (Druck/Temperatur)
- Apparate mit Dimensionen und Auslegungsdaten
- Instrumentierung (MSR-Einrichtungen) mit Darstellung der funktionellen Zusammenhänge.
- Armaturen inklusive Rückschlagklappen
- Sicherheitsventile mit Angabe der Nennweiten und der betrachteten Abblasefälle
- Begleitbeheizungen
- u. a. m.

#### 4.2.2 Lageplan

- Lage der Apparate
- Lage der Rohrbrücken
- Lage der Straßen und Zugänge
- Lage der Anzahl der Feuerschutz- und Noteinrichtungen
- Lage der Ex-Zonen
- Lage und Anzahl der Gasetektoren
- Lage und Ausführung des Kanalsystems
- u. a. m.

#### 4.2.3 Plan der unmittelbaren und weiten Umgebung

- Verkehrswege
- Geländeformation
- Lage des Werkszaunes
- Lage der nächsten Besiedlung
- Hauptwindrichtung
- u. a. m.

### **4.3 Unterlagen für die Durchführung des PAAG/HAZOP-Verfahrens**

#### **4.3.1 Darstellung der Leitworte**

Jedes momentan diskutierte Leitwort soll dem Prüfungs-Team deutlich gezeigt werden. Dies geschieht beispielsweise durch Umlegekarten. (Einen Umlegekartenordner erhält man, wenn man die angegebenen Leitworte einzeln auf Karten der Größe DIN A5 notiert und diese in einen Ringordner einordnet.)

#### **4.3.2 Formulare**

In Anhang VIII befinden sich die Exemplare von folgenden Formularen, die zur Dokumentation der Studie erforderlich sind:

- Leitwort-Abfragetabelle
- Arbeitsblätter
- Liste der Arbeitsblätter
- Liste der erforderlichen Änderungen

## 5. Durchführung der Studie

Die Durchführung der PAAG/HAZOP-Studie besteht aus einer Diskussion der RI-Schemata, die durch vorgegebene Leitworte und die daraus resultierenden Fragen vom vorgenannten Prüfungs-Team systematisch durchgeführt wird. Es ist dabei jedoch unbedingt erforderlich, daß sich die Diskussion nicht an Detailfragen aufhält, die viel besser im kleineren Kreis oder von einzelnen Spezialisten geklärt werden können. Darauf zu achten ist Sache des Teamleiters. Es obliegt dem Geschick des Teamleiters, den optimalen Kurs zwischen "zuviel an Diskussion" und "zuviel Verschiebung von Fragen auf Arbeitsblätter" zu finden.

Wenn die Mitglieder des Prüfungs-Teams keine befriedigende Antwort zu einer Frage geben können, wird ein handgeschriebenes Arbeitsblatt mit der Definition des Problems erstellt, und es wird eine Person bestimmt, die für die Bearbeitung bzw. für die Problemlösung verantwortlich ist.

Eine wichtige Aufgabe des Teamleiters besteht darin, alle ausgegebenen Arbeitsblätter zu registrieren und wieder einzusammeln. Das Prüfungs-Team entscheidet über erforderliche Maßnahmen, die sich aus den Arbeitsblättern ergeben. Der Lösungsvorschlag zu einem Problem bedarf der Zustimmung des gesamten Teams.

### 5.1 Abgrenzung eines Anlagenteils

Grundsätzlich beginnt die eigentliche PAAG/HAZOP-Studie mit der kurzen Erklärung der Aufgabe und der Funktion der gesamten Anlage durch ein kompetentes Teammitglied. Für den Fortgang der Studie ist es dann sinnvoll, eine größere Anlage in kleinere, überschaubare Teilsysteme (Anlagenteile) aufzugliedern, die abgegrenzte Verfahrensabschnitte umfassen sollten.

Diese Anlagenteile werden jeweils detailliert bezüglich Aufgabe, Funktion und Stoffinhalt erklärt.



## 5.2 Beschreibung des An- und Abfahrens eines Anlagenteils

Nach der Erklärung der Funktion des zu betrachtenden Anlagenteils (Sollfunktion) wird von einem betriebserfahrenen Teammitglied dargelegt, wie das Anlagenteil nach Fertigstellung oder nach einer Revision in Betrieb genommen und wie es abgestellt werden kann. Die Funktionserklärung und die Darstellung des An- und Abfahrvorgangs sind meistens schon Grundlagen für Diskussionen im Hinblick auf praktikablen Betrieb und im Hinblick auf sicherheitstechnische Belange. Diese Diskussionen können bereits die ersten Änderungen oder Arbeitsaufträge nach sich ziehen.

## 5.3 Abgrenzung einer Leitung (Leitungsabschnitt)

Zur Festlegung der Grenzen der zu betrachtenden Leitung bzw. des Leitungsabschnittes folgt man sinnvollerweise bei einer kontinuierlich arbeitenden Anlage dem Hauptproduktstrom. Der Leitungsabschnitt mit eventuell anhängenden Apparaten ist so zu wählen, daß er keine wesentlichen Produktabzweigungen beinhaltet, d. h., die Grenzen werden vorzugsweise an größere Produktabzweigungen gelegt. Dies ist bei Kolonnen und Behältern meistens gegeben. Ein Leitungsabschnitt sollte sich nicht über mehr als zwei RI-Schemata erstrecken und als Ganzes übersichtlich sein.

Der gewählte Leitungsabschnitt wird vor dem Studium deutlich, z. B. mit gelbem Filzschreiber, im Aufhängeexemplar durch eine gestrichelte Linie markiert. Dabei wird auch entschieden, ob die begrenzenden Behälter zum betrachteten Leitungsabschnitt gezählt werden oder ob sie bei dem nachfolgenden Leitungsabschnitt untersucht werden sollen. Die in die Betrachtung einbezogenen Behälter werden mit gelbem Filzschreiber markiert.

Kleinere abzweigende Leitungen (z. B. Sicherheitsventilleitungen, Entleerung, Bypässe u. a.) werden zusammen mit dem betrachteten Leitungsabschnitt untersucht, wenn sie ausreichend übersichtlich sind. Andernfalls sollten sie als gesonderte Leitung betrachtet werden.

Nach erfolgtem Durchgang durch die Leitworte für einen Leitungsabschnitt wird dies mit dem Filzschreiber im Aufhängeexemplar durch eine durchgezogene Linie markiert, so daß verdeutlicht wird, welche Leitungen der PAAG/HAZOP-Studie bereits unterzogen wurden.

## 6. Dokumentation der Studie

Um die Nachvollziehbarkeit der Studie zu gewährleisten, wurden die einzelnen Prüfschritte dokumentiert.

### 6.1 Leitwort-Abfragetabellen

Zur Dokumentation der Studiendurchführung wird das Formblatt "Leitwort-Abfrage-tabelle" verwendet (siehe Muster im Anhang VIII).

Eine sinnvolle Anwendung dieser Tabelle ist für die Leitworte a bis h, l und o bis r gegeben. Für die übrigen, meist beschreibenden Leitworte dient die Tabelle im wesentlichen zum Nachweis der Beachtung des Leitwortes und zur Aufnahme von Bemerkungen wie Verweise auf das Betriebshandbuch oder Verweise auf Arbeitsblätter.

Im folgenden wird beschrieben, wie die Leitwort-Abfragetabelle auszufüllen ist. Es wird empfohlen, sich streng an ein bestimmtes Schema zu halten, um später jederzeit die Studie nachvollziehen zu können.

#### Wichtig:

Während der Prüfungssitzungen dringt man tief in die Problematik der vorliegenden Anlage ein. Bereits nach einigen Tagen ist es selbst für Teammitglieder schwer, die Studie in gleicher Tiefe nachzuvollziehen.

Ein absolut konsequentes Ausfüllen der Abfragetabellen entsprechend einem vorgegebenen Schema ist jedoch sehr mühsam und zeitaufwendig. Da der Schriftführer selbst ständig nachfragen muß, um die Problematik voll zu erfassen, kann die Prüfungssitzung stark in die Länge gezogen werden.

Die vorliegenden Leitwort-Abfragetabellen zeigen daher einen typischen Freiheitsgrad, der so lange erlaubt ist, wie die Studie nachvollziehbar ist.

### 6.1.1 Kopf der Leitwort-Abfragetabellen

Der Tabellenkopf enthält u. a. folgende Angaben:

- Anlage: Bezeichnung der gesamten Anlage
- Anlagenteil: Durchnumerierte Bezeichnung des betrachteten Anlagenteils
- Leitung: Durchnumerierter betrachteter Leitungsabschnitt eines Anlagenteils.

Als erste Leitworte werden dann gewählt:

- "Beschreibung des Anlagenteils"  
Aufgaben und Funktion des Anlagenteils sowie die darin befindlichen Stoffe werden durchgearbeitet
- "Anfahren"
- "Abstellen".

Nach Abschluß der Erklärung der An- und Abfahrvorgänge wird die erste Leitung dieses Anlagenteils definiert und auf einer neuen Leitwort-Abfragetabelle mit ihren Betrachtungsgrenzen beschrieben. Eine Kurzdefinition des Anlagenteils und der jeweiligen Leitung erfolgt auf jeder neuen Leitwort-Abfragetabelle. Darüber hinaus werden auf dem Kopf jeder Tabelle die im betrachteten Leitungsabschnitt zu erwartenden Stoffe aufgelistet.

### 6.1.2 Spalten der Leitwort-Abfragetabellen

- Leitwort:

Hier werden alle Leitworte in der in Kap. 3.1 gegebenen Reihenfolge notiert, auch wenn keine möglichen Ursachen für kritische Auswirkungen festgestellt werden.

- Mögliche Ursachen:

Hier werden alle möglichen Ursachen notiert, die zu einer Abweichung entsprechend dem Leitwort führen. Der Strich bedeutet: "Eine Abweichung ist hier nicht gegeben".

- Auswirkungen:

Hier werden die möglichen kritischen Auswirkungen notiert, die aus einer Abweichung gemäß "mögliche Ursachen" resultieren können. Folgende Eintragungen sind möglich:

- Definition der möglichen Auswirkung
- "unbed." für unbedenklich, wenn die möglichen Auswirkungen keine Gefahr für die Anlage und die Umgebung bedeuten, z. B.: eine Wasservorlage läuft über
- Strich (-) für "nicht relevant",  
z. B.: das Leitwort "Druckanstieg" auf einen zur Atmosphäre offenen Behälter angewendet gibt keinen Sinn.

- Störfall:

Falls die in der Spalte "Auswirkungen" definierte Gefahr zu einem Störfall im Sinne der Störfall-Verordnung führen könnte, ist in dieser Spalte ein Kreuz zu machen.

- Gegenmaßnahmen:

Hier werden alle Maßnahmen aufgelistet, die getroffen wurden, um eine Gefahr abzuwenden, bzw. die vorgenommen wurden, um einen Störfall zu begrenzen.

Weitere Hinweise in dieser Spalte:

- Hinweis auf ein erstelltes Arbeitsblatt mit Angaben der Nummer
- Hinweis auf besondere Vermerke im Betriebshandbuch, die während der Studie aufgelistet werden, wenn zu erwarten ist, daß sie noch nicht oder nicht routinemäßig im Betriebshandbuch zu finden sind.

## 6.2 Schemata

Ein Satz der bei der Studie verwendeten Schemata (Aufhängeexemplare) dient zur Aufnahme der Änderungen und Ergänzungen. Er wird dem Team während der Prüfungssitzungen gut sichtbar präsentiert. Es hat sich bewährt, alle Änderungen, die nicht aus der Studie resultieren, sowie Berichtigungen offensichtlicher Fehldarstellungen in blauer Farbe vorzunehmen und Änderungen aufgrund der Studie in roter Farbe darzustellen. Nach Beendigung der Studie sollten die Schemata vom Teamleiter unterschrieben werden, um zu dokumentieren, daß diese dem analysierten Stand entsprechen. Später vorgenommene Änderungen erfordern ein weiteres Prüfverfahren.

## 7. Literatur

- [1] Lawley, H. G.:  
Chem.Engng.Progr., 70 (1974), 4, P. 45/56.
- [2] A Guide to HAZARD and OPERABILITY STUDIES. Chemical Industrie Safety and Health Council of the Chemical Industries Association, London (1977).
- [3] Der Störfall im chemischen Betrieb, Verhütung durch Prognose, Auffinden der Ursache, Abschätzung der Auswirkungen, Gegenmaßnahmen. Internationale Vereinigung für soziale Sicherheit (IVSS), Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg (1980), Broschüre 56 S.
- [4] Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung) - 12.BImSchV - vom 27.06.1980, BGBl. I, S. 772; Neufassung vom 19.05.1988, BGBl. I, S. 625
- [5] Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (2.StörfallVwV) vom 27.04.1982, GMB1. S. 205
- [6] Flothmann, D., W. Gramatte, R.A. Hintz, H. Nikodem, E. Schimetschka, W. Witt:  
Vergleich verschiedener Methoden zur Risikoabschätzung bei Verfahrensanlagen, Battelle Institut e. V., Frankfurt, Endbericht an den BMFT (1985).
- [7] DIN 66241: Entscheidungstabellentechnik, (01.1979), Beuth Verlag, Berlin-Köln.
- [8] DIN 25424: Fehlerbaumanalyse (Faulttreeanalysis, FTA), (09.1981), Beuth Verlag, Berlin-Köln.
- [9] DIN 25448: Ausfalleffektanalyse, (06.1980), Beuth Verlag, Berlin-Köln.
- [10] Dow Fire & Explosion Index, Hazard Classification Guide, 5 th Edition (10.1980), Dow Chemical Company.

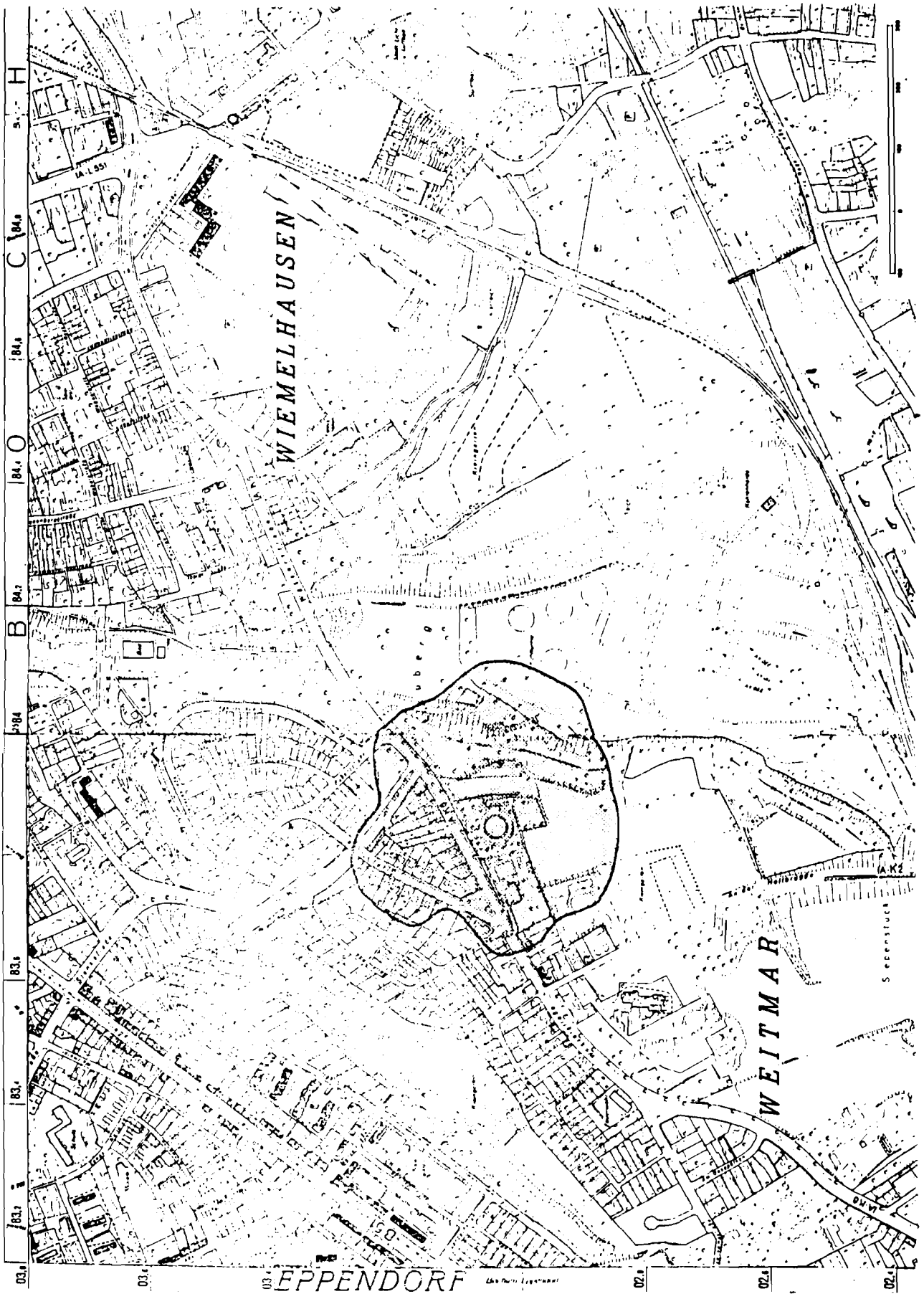
- [11] DIN 25419: Störfallablaufanalyse,  
Teil 1: Störfallablaufdiagramm, Methode und Bildzeichen, (06.1977),  
Teil 2: Auswertung des Störfallablaufdiagramms mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung, (02.1979),  
Beuth Verlag, Berlin-Köln.
- [12] Lawley, H. G.: Operability Studies and Hazard Analysis, American Institut of Chemical Engineers, in Loss Prevention, Vol. 8 (1974),  
P. 105/116, New York.
- [13] Bewertung sicherheitsanalytischer Methoden für chemische und verfahrenstechnische Anlagen, Chem.-Ing.-Tech., 59 (1987), Nr. 1, S. A10 - A14.
- [14] Bewertung sicherheitsanalytischer Methoden für chemische und verfahrenstechnische Anlagen, Teil 2, Chem.-Ing.-Tech., 59 (1987), Nr. 12, S. A624 - A629.
- [15] Pilz, V.:  
Sicherheitsanalysen zur systematischen Überprüfung von Verfahren und Anlagen-Methoden, Nutzen und Grenzen,  
Chem.-Ing.-Tech., 57 (1985), Nr. 4, S. 289 - 307.
- [16] Thumer, H.:  
Entscheidungstabellen, Aufbau, Anwendung, Programmierung,  
VDI-Verlag, Düsseldorf (1972).
- [17] Flothmann, D., A. Mjaavatten:  
Qualitative Methoden der Störfallidentifikation  
- praktische Erfahrungen aus der Anwendung auf Flüssiggaslagerung,  
Der Maschinenschaden, 3 (1985), S. 90.

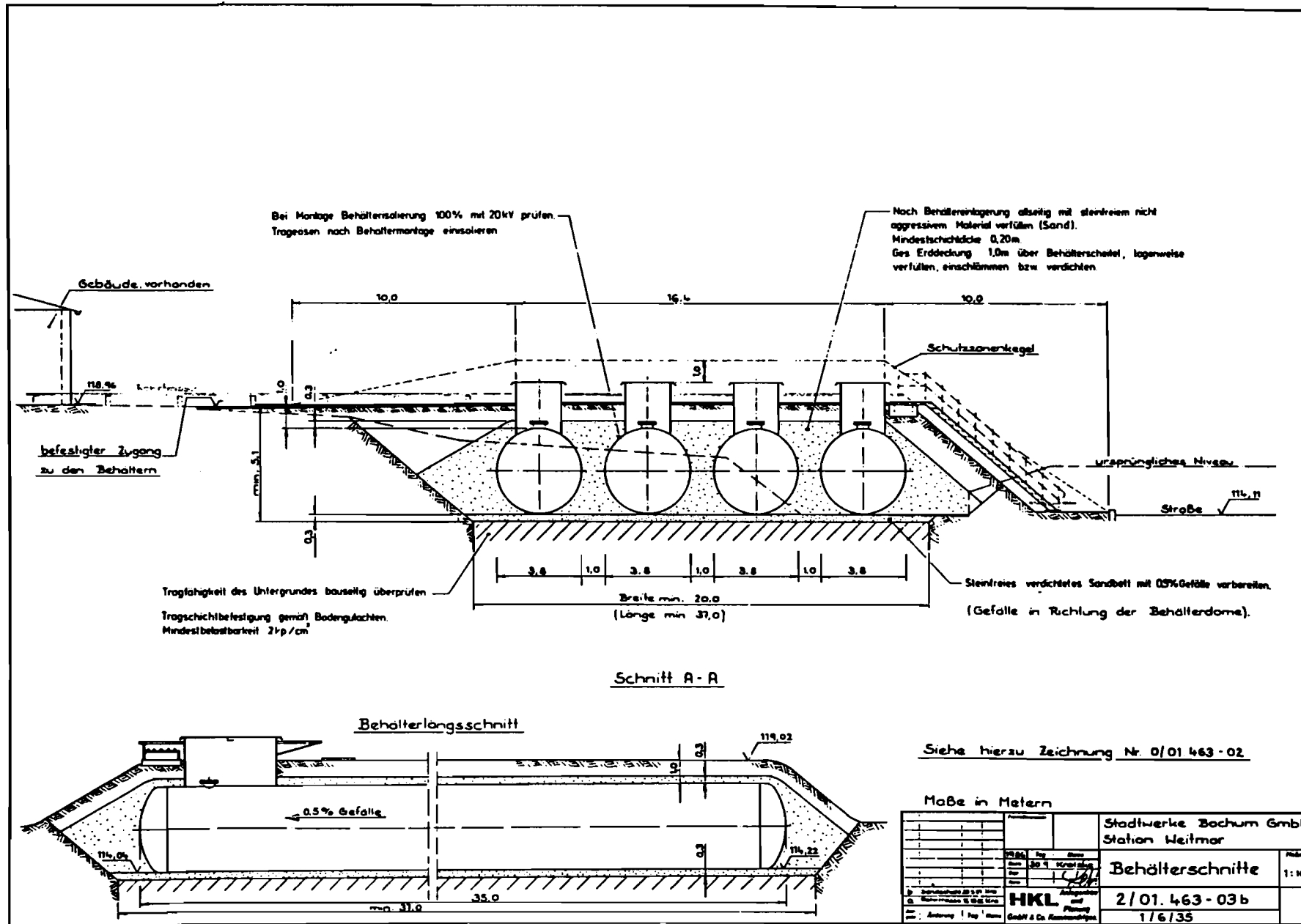
Anhang I

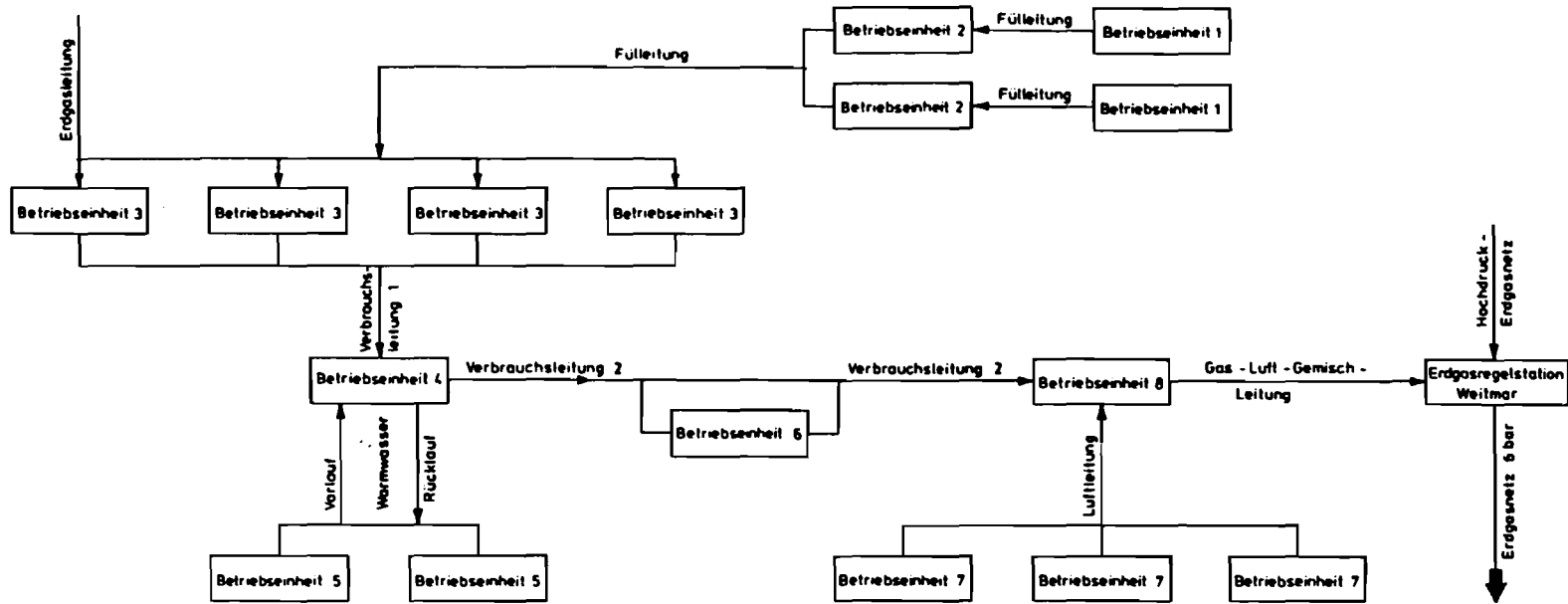


Anhang IBasisunterlagen für die Studie

- Deutsche Grundkarte Bochum Weitmar/-Wiemelshausen  
(vervielfältigt mit Genehmigung des Vermessung- und  
Katasteramtes Bochum vom 24.01.1989, Nr. 3/89
- Behälterschnitte, Z.-Nr. 2/01-463-03 b
- Blockschaltbild, Z.-Nr. 2/01-463-04
- Fließschema, Z.-Nr. 2/01-463-01 c
- Lageplan, Z.-Nr. 2/01-463-02 b



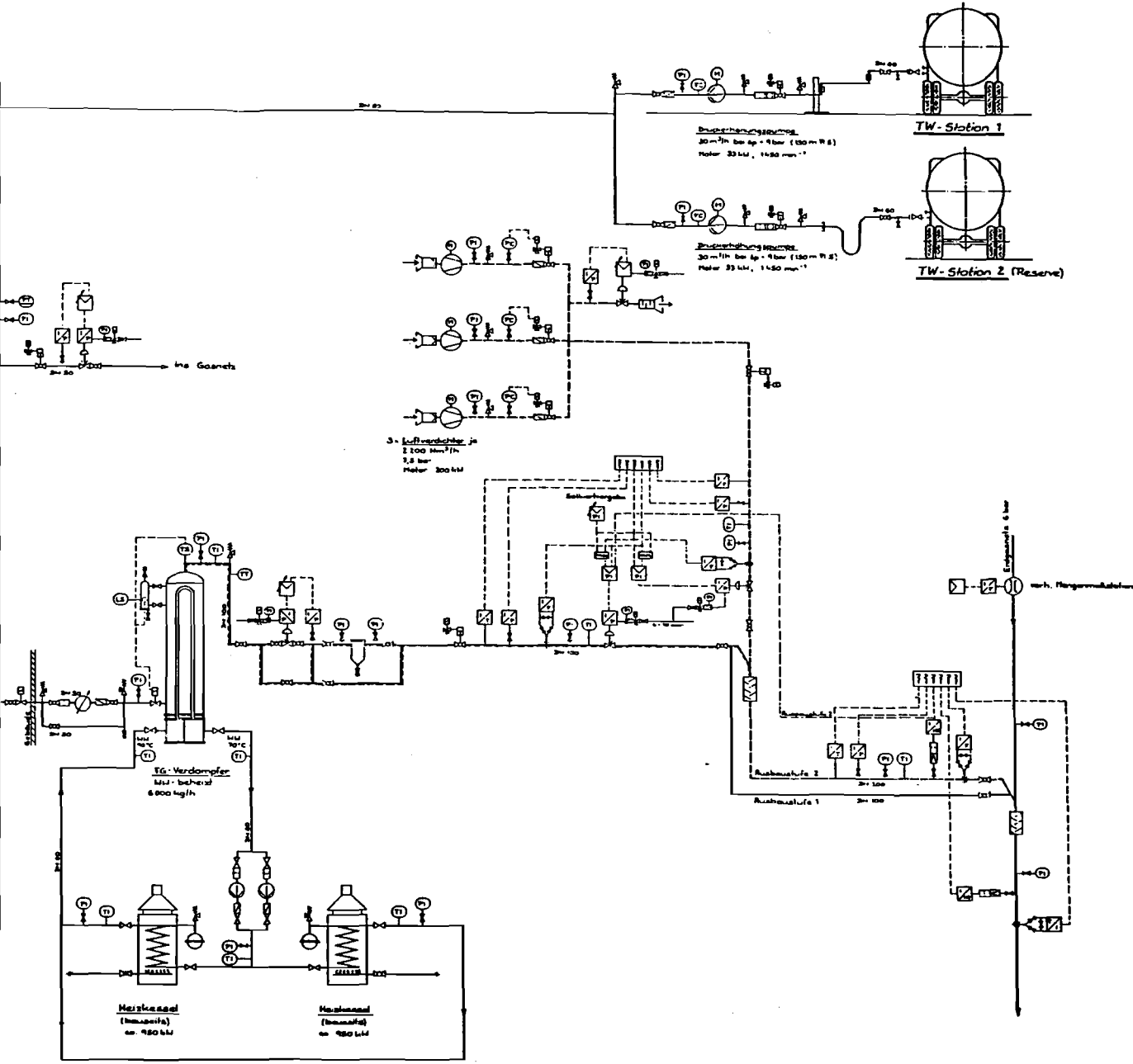
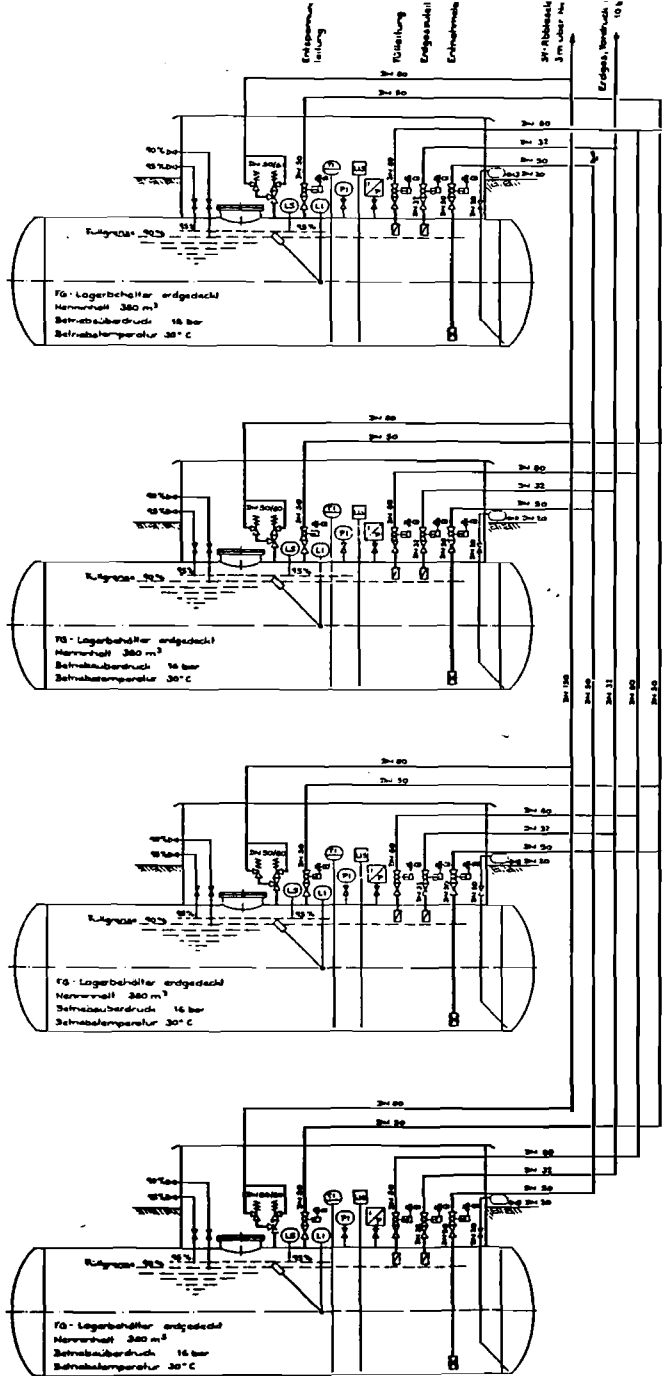




Abzweigung	Medium	Durchfluß m³/h	Betriebs-überdruck	Anlegungs-überdruck	Betriebs-temperatur	Normweite
Füllung	Flüssiges-flüssig	30 m³/h	7 - 11 bar	25 bar	Umgebungs-temperatur	DN 80
Erdgas-zuführung	Erdgas	12 m³/h	7 - 10 bar	25 bar	-	DN 32
Verbrauchs-leitung 1	Flüssiges-flüssig	12 m³/h	7 - 10 bar	25 bar	-	DN 50
Verbrauchs-leitung 2	Flüssiges-gasförmig	3000 Nm³/h	7 - 10 bar	25 bar	80°C	DN 100
Wärme-wasser-Vorlauf/Rücklauf	Wasser	40 m³/h	1 - 2,5 bar	6 bar	90°C 78°C	DN 80 DN 80
Luftleitung	Luft	4400 Nm³/h	7 - 8 bar	16 bar	40°C	DN 100
Gas-Luft-Gemisch	Gas-Luft-Gemisch	6000 Nm³/h	6 bar	16 bar	50°C	DN 200

Betriebs-einheit	Bezeichnung	besteht aus	Betriebs-größe	Betriebs-überdruck (max.)	Betriebs-überdruck (min.)	Betriebs-temperatur
1	Strahlentank-wagenstation	7 Armaturen-gruppen	30 m³/h	2-11 bar	25 bar	Umgebungs-temperatur
2	Druckerhöhung-station	2 Pumpen	30 m³/h	2-9 bar	25 bar	-
3	Lagerbehälter	4 Stück	700 m³	0-10 bar	16 bar	-
4	Verdampfer-station	1 Verdampfer	4000 kg/h	7-8 bar	25 bar	100°C
5	Wärme-wasser-bereitung	2 Kessel	950 kW	1-2 bar	2,5 bar	90°C
6	Gas-Druckregelung	1 Regler	6000 kg/h	Pe = 10 bar Pa = 7 bar	16 bar	20°C
7	Luft-Verdichter	3 Schrauben-verdichter	2200 Nm³/h	7 bar	7,5 bar	50°C
8	Gas-Luft-mischenlage	1 Mischstruck	6000 m³/h	Pe = 2,5bar Pa = 2,5bar	16 bar	40 - 80°C

Stadtwerte Bochum GmbH Gasversorgungsstation Weimar	
Blockschaltbild	
2/01.463-04	
1/6/35	



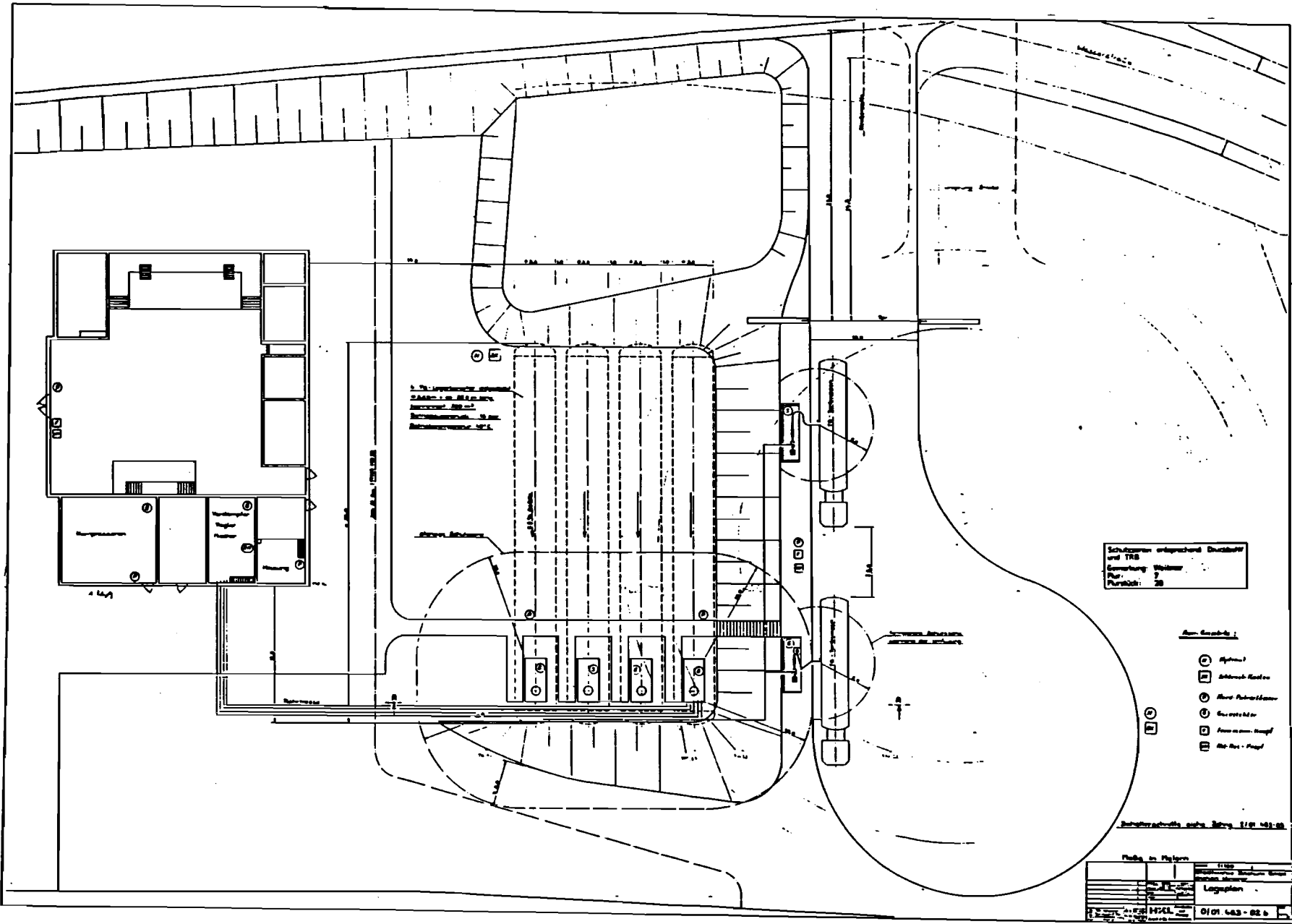
**Ausbauleite 1:**

V-Gasstrom max. 30.000 Nm<sup>3</sup>/h mit N<sub>2</sub> = 10 ltr/h/Nm<sup>3</sup>, 6 bar,  
 Flüssiggasverflüssigung zur Heizwertenergie auf N<sub>2</sub> = 12,2 ltr/h/Nm<sup>3</sup>  
 Umwärmung max. 4.300 kg/h Flüssiggas

**Ausbauleite 2:**

Talhalomerasts von H-Edgas mit N<sub>2</sub> = 12,2 ltr/h/Nm<sup>3</sup>  
 Flüssiggas-Luft-Einspeisung mit ca. 10% bis ca. 20% des Gasstromes.  
 Max. Leistung der Anlage = 6.000 kg/h Flüssiggas  
 6.000 Nm<sup>3</sup>/h Flüssiggas-Luft-Gemisch mit N<sub>2</sub> = 12,2 ltr/h/Nm<sup>3</sup>  
 6.000 kg/h Propan 2 3.000 Nm<sup>3</sup>/h mit N<sub>2</sub> = 12,2 ltr/h/Nm<sup>3</sup> 3.000 Nm<sup>3</sup>/h Luft.  
 6.000 kg/h Butan 2 2.200 Nm<sup>3</sup>/h mit N<sub>2</sub> = 12,2 ltr/h/Nm<sup>3</sup> 2.200 Nm<sup>3</sup>/h Luft.

Projektnummer: 0101.463-01c Blatt: 1 von 1 Datum: 1989		Hochdruck-System GmbH Chemische Anlagen <b>Fließschema</b> 1/1
MFKL Maschinenfabrik Kassel		0101.463-01c 1/1



Anhang II

Anhang IILeitwort-Abfragetabellen mit Auflistung

- Liste der Leitwort-Abfragetabellen
- Leitwort-Abfragetabellen, Blatt 1 - 47



Liste der Leitwort-Abfragetabellen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Blatt

<u>1. Anlagenteil:</u>	Befülleitung vom Tankfahrzeugstutzen bis einschl. Rückschlagklappe im Lagerbehälter	1
1.1 Leitung:	Von Kupplung der Tankwagenstation I bis einschl. Rückschlagklappe der Befülleitung im Lagerbehälter	2-6
1.2 Leitung:	Lagerbehälter mit angeschlossenen Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer	7
<u>2. Anlagenteil:</u>	Von Kupplung der Tankwagenstation II bis Einbindung in gemeinsame Fülleitung	8-9
2.1 Leitung:	Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer einschließlich Lagerbehälter	10-13
2.2 Leitung:	Wasserzapfleitung	14-16
2.3 Leitung:	Peilleitung	17
2.4 Leitung:	Sicherheitsventilleitung zur Abblasung	18-21
2.5 Leitung:	Leitung zum Gasnetz für gasförmiges Propan	22-23
2.6 Leitung:	Erdgaszuleitung	24-25
<u>3. Anlagenteil:</u>	Heizung	26
3.1 Leitung:	Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz	27-29
<u>4. Anlagenteil:</u>	Kompletter Warmwasserkreislauf	30-31

4.1 Leitung:	Gasleitungssystem (flüssig) vom Gebäudeeintritt bis Notabspernung in Gasleitung (gasförmig)	32-35
4.2 Leitung:	Gesamtanlage	36-39
<u>5. Anlagenteil:</u>	Propangas- und Luftleitung mit Mischung	40-47

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 1 von 47

Datum: 01.03.88

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

1 Anlagenteil: Befüllleitungen vom Tankfahrzeugsutzen bis einschließlich Rückschlagklappe im Lagerbehälter

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Beschreibung des Anlagenteiles <ul style="list-style-type: none"> <li>. Aufgaben</li> <li>. Funktion</li> <li>. Stoffe</li> </ul>	siehe Anlagenbeschreibung siehe Anlagenbeschreibung Propan	brennbar; starke Abkühlung bei Entspannung		
Anfahren	zu schnelles Einfüllen von Propan in N <sub>2</sub> -Atmos- phäre	Abkühlen der Leitung/Behäl- ter auf Temperatur <-10 °C		Versprüheinrichtung im Lager- behältereintritt Betriebehandbuch (BIB): Langsames Befüllen vorschreiben (siehe Arbeitsblatt Nr. 1)
Abstellen	---	unbedenklich		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 2 von 47

Datum: 01.03.88

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

1 Anlagenteil: Befüllleitungen vom Tankfahrzeugsutzen bis einschließlich Rückschlagklappe im Lagerbehälter

1.1 Leitung: Von Kupplung der Tankwagenstation I bis einschl. Rückschlagklappe der Befüllleitung im Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	hoher Tankwagendruck	unbedenklich		
	zwei Tankwagen gleich- seitig	unbedenklich		lt. BIB nicht zulässig
	Entspannungsventil offen	Gas strömt ins Freie	X	Alarm durch Gaswarngerät
	Entspannungsventil un- dicht	Gas strömt ins Freie	X	Alarm durch Gaswarngerät
Weniger Durchfluß	Pumpe mit geringer Leistung	unbedenklich		
	Filter verstopft	Kavitation der Pumpe		Pumpe wird über FSA abge- schaltet
	Ventil nicht voll ge- öffnet	unbedenklich		Pumpe wird über FSA abge- schaltet

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 3 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

1 Anlagenteil: Befüllleitungen von Tankfahrzeugtutzen bis einschließlich Rückschlagklappe im Lagerbehälter

1.1 Leitung: Von Kupplung der Tankwagenstation I bis einschl. Rückschlagklappe der Befüllleitung im Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Weniger Durchfluß	Gasblasenförderung, wenn Tankwagen leer und FSA-defekt			Pumpenmotor wird über Leistungsschalter abgeschaltet
	Lagerbehälter voll			
Rückwärts	Ausfall der Pumpe	Rückströmung in Tankwagen		Rückschlagklappe; Absperrsystem (Schnellschlußventile) nach Befüllvorgang betätigt
Hohe Temperatur	Sonneneinstrahlung auf Tankwagen	Hoher Druck im Tankwagen		siehe "Mehr Durchfluß"
Niedrige Temperatur	Falsches Anfahren	siehe "Anfahren"		
Hoher Druck	Max. Förderdruck der Pumpe und hoher Tankwagendruck	Lagerbehälter-Sicherheitsventil (SV) bläst ab	X	Gasdetektor im Domschacht meldet SV-Ansprechen

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 4 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

1 Anlagenteil: Befüllleitungen von Tankfahrzeugtutzen bis einschließlich Rückschlagklappe im Lagerbehälter

1.1 Leitung: Von Kupplung der Tankwagenstation I bis einschl. Rückschlagklappe der Befüllleitung im Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Hoher Druck	Tankwagenpumpe zusätzlich in Betrieb	unbedenklich		
Niedriger Druck	Leerer Tankwagen	siehe "Weniger Durchfluß"		---
Andere Produkt	Buten-Tankwagen	bei Auslegung bereits berücksichtigt		---
	anderer Zustand	Falscher Tankwagen	keine, da andere Anschlüsse	---
Verunreinigung	Wasser im Propan	Rohrbruch bei Einfrieren		Konstruktive Maßnahmen (siehe Arbeitsblatt Nr. 2: Vermeidung von Wasserpfropfen)
Instrumentierung	Kein Personal vor Ort	Optische Kontrolle der Anlage nicht vorhanden		Kameraüberwachung (siehe Arbeitsblatt Nr. 3): Darlegung der Überwachung der Anlage über TV-Kamera

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 5 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

1 Anlagenteil: Befüllleitungen vom Tankfahrzeuguteten bis einschließlich Rückschlagklappe im Lagerbehälter

1.1 Leitung: Von Kupplung der Tankwagenstation I bis einschl. Rückschlagklappe der Befüllleitung im Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
. Sicherheitsstellung				Autom. Ventile gehen in Sicherheitsstellung
Prüfmöglichkeit . Produkt	Wasser im Produkt	siehe "Verunreinigung"		siehe auch "Wasserspflutung" am Lagerbehälter
. Anlagenteile	Nichteinhalten von Prüfvorschriften und Bedienungshandbuch	Korrosion, Verschleiß		Überprüfung der Anlage alle 10 Jahre; regelmäßige Kontrollgänge; Gaswarngeräte
Ausfall von Betriebsmitteln . Stromausfall		unbedenklich		Ventile gehen in Sicherheitsstellung; Pumpe im Stillstand Anmerkung: Not-Aus-System wird nicht über Computer ausgelöst
. Instrumentenluft				Sicherheitsstellung der Anlage

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 6 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

1 Anlagenteil: Befüllleitungen vom Tankfahrzeuguteten bis einschließlich Rückschlagklappe im Lagerbehälter

1.1 Leitung: Von Kupplung der Tankwagenstation I bis einschl. Rückschlagklappe der Befüllleitung im Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Mechanische Beschädigung . Äußere Einwirkung	Abreißen des Sicherheitsventile bzw. der Leitung	Gaswolke (Rohrleitungsinhalt wird frei)	X	
	SV zwischen Absperrventil und Lagerbehälter bläst ab	Gaswolke	X	
Maximaler Störfall	Max. Menge von ca. 140 kg	(240 l) werden spontan frei (Rohrleitungsinhalt)		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragelabelle

Blatt: 7 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

1 Anlagenteil: Befüllleitungen vom Tankfahrzeugstutzen bis einschließlich Rückschlagklappe im Lagerbehälter

1.2 Leitung: Von Kupplung der Tankwagenstation II bis Einbindung in gemeinsame Fülleitung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
<p>Auf die Untersuchung dieses Leitungstückes wird verzichtet, da es sich zum vorhergehenden Leitungstück nur durch das Verbindungsstück "Schlauch" gegenüber "Gelenkarm" unterscheidet.</p> <p>Dem System wird die gleiche Sicherheit beigemessen.</p>				

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragelabelle

Blatt: 8 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Beschreibung des Anlagenteiles . Aufgaben . Funktion . Stoffe	siehe Anlagenbeschreibung siehe Anlagenbeschreibung Propan Wasser	Propan und Wasser gehen keine chemische Reaktion miteinander ein		
Anfahren	Einbringen von Flüssigpropan in N <sub>2</sub> -Atmosphäre	Niedrige Temperatur der Behälterwand		Versprüheinrichtung am Einfüllstutzen zum schnellen Aufbau der Propanatmosphäre (Propanpartialdruck); BIB: langsames Befüllen
		Hoher Druck		Druckalarm bei 10 bar; Druckregler zum Gasnetz (Einstelldruck 8 bar)

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragelabelle

Blatt: 9 von 47

Datum: 01.03.88

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

- 2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer  
Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Anfahren (fortgesetzt)	Rückströmung vom Gasnetz in den Lagerbehälter	unbedenklich		Druckhaltung ist bei niedrigem Behälterdruck geschlossen
Abstellen				Spülen des Lagerbehälters mit N2 über Wasserpfeifeitung mög- lich

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragelabelle

Blatt: 10 von 47

Datum: 01.03.88

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

- 2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer  
2.1 Leitung: Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer einschließlich Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	Höhere Abnahme	unbedenklich		
	Rohrbruch	Gaswolke	X	Rohrbruchventil schließt; Schnellechlußauslösung über Gasdetektoren
Hoher Stand	Überfüllen des Behälters	Unzulässiger Überdruck im Behälter		Stand-Hoch-Abschaltung LISA mit Alarm; Unabhängige Stand-Hoch-Abschal- tung LSA mit Alarm; Druck-Hoch-Abschaltung; Druck- regler ins Gasnetz geöffnet
		Ablassen des SV (DN 50/80) bei 16 bar	X	SV-Größe ändern auf DN 32/50
		<u>Anmerkung:</u> Überfüllen wird durch die o. a. Überfülleicherungen ausgeschlossen; durch Wegfall dieses SV-Auslegungsfalles kann die Größe der SV von DN 50/80 auf DN 32/50 reduziert werden. siehe Arbeitsblatt 6		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 11 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiges-Tanklager

Stoffe: Propan, Wasser

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.1 Leitung: Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer einschließlich Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Weniger Durchfluß	Rohrbruchventil geschl.	unbedenklich		
	Andere Ventile geschl.	unbedenklich		
Niedriger Stand	Lagerbehälter leer	Störung: Gemangel		Lagerbehälter umschalten
Rückwärts	Rückströmung vom Verdampfer	unbedenklich, teilweise Betriebsbedingung		Rückschlagklappe
	Ausgleichsströmung zwischen den Behältern	Gleicher Stand stellt sich in den Behältern ein (kommunizierendes System)		Verhinderung durch Betriebssteuerung
Hohe Temperatur	Sonneneinstrahlung	hoher Druck		thermische SV
Niedrige Temperatur	irrelevant	---		
Hoher Druck	siehe "Hohe Temperatur"	---		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 12 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Wasser

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.1 Leitung: Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer einschließlich Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Niedriger Druck	irrelevant	---		
Andere Produkt	Wasser	Rohrbruch durch Einfrieren		Konstr. Maßnahmen (siehe Arbeitsblatt Nr. 2); BMB: nach jedem Befüllvorgang wird der Behälter auf Wasseransammlung geprüft
Instrumentierung	Wasserprüfeinrichtung nicht in Ordnung	Austritt von Flüssigpropan in die Atmosphäre	X	Bedienung lt. BMB; siehe Betrachtungen zur "Wassersapf- leitung"
Prüfmöglichkeit		unbedenklich		
Ausfall von Betriebsmitteln	---	unbedenklich		Automatische Armaturen gehen in Sicherheitsstellung



## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 13 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Wasser

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.1 Leitung: Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer einschließlich Lagerbehälter

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Störfall	Gegenmaßnahmen
Mechanische Beschädigung - Äußere Einwirkung	umfallende Bäume			Siehe Arbeitsblatt Nr. 5
Maximaler Störfall	Leitung wird beschädigt	Austritt des Leitungsinhaltes (DN 50) von 65 kg Propan		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 14 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Wasser (Luft)

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.2 Leitung: Wasserspüleleitung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Störfall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	therm. Flüssigkeitsausdehnung bei eingeblocktem System	Leitungsbruch	X	Gaspolster in der Leitung immer vorhanden; BIB: Bedienung nur durch ausgebildetes Personal
	Einfrieren bei Wassereinschluß	Leitungsbruch	X	Hinweise auf Vereisungsgefahr ins BHB
	beide Ventile offen durch Fehlbedienung	Wasser tritt aus und gefriert; Auslaßventil versetzt bzw. Propan tritt aus	X	Ventil im Dom wird geschlossen (der Einsatz eines Totmann-Ventile wird nicht für notwendig erachtet)  Einsatz einer zusätzlichen Absperrarmatur, angesteuert über das Not-Aus-System

## PAAG / HAZOP - Studie

Blatt: 15 von 47  
Datum: 01.03.88

Leitwort - Abfragetabelle

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Wasser (Luft)

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.2 Leitung: Wasserspflleitung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Störfall	Gegenmaßnahmen
Weniger Durchfluß	Leitung verstopft	Nichtentwässerung (ist kein Störfall)		
	Vereisung in der Rohrleitung			
	Ventile nicht zu öffnen			
Rückwärts	---			
Hohe Temperatur	---			
Niedrige Temperatur	siehe "Mehr Durchfluß"			
Hoher Druck	---			
Niedriger Druck	---			

## PAAG / HAZOP - Studie

Blatt: 16 von 47  
Datum: 01.03.88

Leitwort - Abfragetabelle

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Wasser (Luft)

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.2 Leitung: Wasserspflleitung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Störfall	Gegenmaßnahmen
Anderes Produkt . Verunreinigung	Rost im Absperrventil	Ventil nicht schließbar		Not-Absperrarmatur (Kugelhahn) schließt dicht
Instrumentierung	ausreichend			2. Absperrarmatur vorhanden
Prüfmöglichkeit	ausreichend			
Ausfall von Betriebsm.	---			
Mechanische Beschädigung . Äußere Einwirkung	keine, da stabile Konstruktion			stabile Konstruktion
Maximaler Störfall	Bruch der Leitung	Austritt von Flüssiggas bei einem Druck von 8 bar für 1 Minute; Querschnitt DN 20		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 17 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

- 2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer  
 2.3 Leitung: Peilleitungen

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	Fehlbedienung	Gasaustritt		Begrenzung des Querschnitts im Leitungsteil innerhalb des Behälters auf $\varnothing 2$ mm
Weniger Durchfluß	Füllstandsmeßeinrichtung ist verstopft	unbedenklich		BIB: Hinweis, daß entweder Gas oder Flüssigkeit erscheinen muß
Alle weiteren Leitworte		Leitworte wurden überblickt und keine kritischen Auswirkungen aufgrund des begrenzten Querschnitts festgestellt!		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 18 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

- 2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer  
 2.4 Leitung: Sicherheitsventilleitung zur Abblasung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	Undichtigkeit eines SV	Abblasen, d. h. Gaswolke		Gaswarngeräte im Dom (Gasaustritt durch Drainagebohrung in der Austrittsleitung unmittelbar hinter dem SV); Ventil auswechseln
	Federbruch in einem SV	Abblasen, d. h. Gaswolke	X	Gaswarngeräte im Dom (Gasaustritt durch Drainagebohrung in der Austrittsleitung unmittelbar hinter dem SV); Ventil auswechseln siehe Arbeitsblatt 7
	2 SV pro Behälter blassen gleichzeitig ab durch Mittelstellung des 3-Wege-Vorabsperrventils	Abblasen, d. h. Gaswolke		BIB: Anweisung zur Durchstellung des 3-Wege-Ventils auf nur 1 SV
	4 Ventile von 4 Lagerbehältern blassen ab	Abblasen, d. h. Gaswolke		nicht möglich, da jeweils nur ein Lagerbehälter befüllt werden kann

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 19 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.4 Leitung: Sicherheitsventilleitung zur Abbläsung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Weniger Durchfluß	SV defekt	Überdruck im Behälter		Auswechsel des SV; EIB: Ausbau des SV <u>nur</u> im Austauschverfahren; Eintrittsstutzen in das ausgebauten SV darf bei Ausbau nicht blindgeflanscht werden um sicherzustellen, daß der Weg zum Reserve-SV frei ist
	Verstopfung des Ausbläsrohres (Deflektor)	Überdruck im Behälter		Abbläsrohr mit leicht überprüfbarer Kunststoffkappe versehen anstelle des Deflektors; Kappe springt bei Ansprechen des SV weg
Rückwärts	---			
Hohe Temperatur	Zündung an der Abbläsleitung	Gasflamme mit Hitzeabstrahlung auf Gebäude und Dome		ausreichende Entfernung zu kritischen Orten geben

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 20 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.4 Leitung: Sicherheitsventilleitung zur Abbläsung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Niedrige Temperatur	Frost	Wasser in Abbläsleitung gefriert und verstopft Austrittsleitung		Konstruktive Maßn. (siehe Arbeitsblatt Nr. 2); Drainagebohrung nach SV in Rohrleitung; Kunststoffkappe auf Ausbläsrohr
Hoher Druck	---			
Niedriger Druck	---			
Anderes Produkt	---			
Instrumentierung	---			
Prüfmöglichkeit	---			
Ausfall von Betriebsmittel	---			

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 21 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

- 2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer  
 2.4 Leitung: Sicherheitsventilleitung zur Abblaugung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Mech. Beschädigung	—			
Maximaler Störfall	Abblasen des SV bei Federbruch Berechnungsbedingungen: Betriebsdruck 8 bar bei vollem SV-Austrittsquerschnitt (DN 32/50) (siehe Arbeitsblatt Nr. 7)			

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 22 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

- 2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer  
 2.5 Leitung: Leitung zum Gasnetz für gasförmiges Propan

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	Ausfall der Regelung (Druckhaltung zum Gas- nets)	Unfreiwilliges Entspannen und damit Temperaturabsenkung		Tiefalarm über PICA; Schließen des Handventils im Dom; NB: Beachten von AD-W 10
Weniger Durchfluß	Störung an Druckhaltung zum Gasnetz	Druckanstieg im Lagerbehälter		Befüllung wird über PICA abge- schaltet
		SV bläst ab	X	vergl.: "Befüllung/Hoher Druck"
Rückwärts		unbedenklich		
Hohe Temperatur		unbedenklich		
Niedrige Temperatur		unbedenklich		
Hoher Druck				Alarm; Abschaltung

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 23 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.5 Leitung: Leitung zum Gasnetz für gasförmiges Propan

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Niedriger Druck		unbedenklich		
Anderes Produkt	---			
Instrumentierung . Sicherheits- stellung	ausreichend			Sicherheitsstellung: su
Prüfmöglichkeit	---			
Ausfall von Betriebsmitteln	---	unbedenklich		Anlage geht in Sicherheits- stellung
Mechanische Be- schädigung	Anfahren von Fahrzeugen	Beschädigung der Leitung, Leckage		siehe Straßenführung und Anfahrerschutz
Maximaler Störfall	SV bläst ab; Abblasedruck 16 bar bei vollem SV- Austrittsquerschnitt für 1/2 Minute			

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 24 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Erdgas

2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmeleitung bis vor den Verdampfer

2.6 Leitung: Erdgasleitung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	Ausfall der Regelung	Druckanstieg, aber kein Er- reichen des SV-Abblasedruckes		Abschaltung über PICA
Weniger Durchfluß	geringer Druck im Gasnetz	unbedenklich		
Rückwärts	---	unbedenklich		Rückschlagklappe
Hohe Temperatur	---	unbedenklich		
Niedrige Temperatur	---	unbedenklich		
Hoher Druck	---	unbedenklich		
Niedriger Druck	---			
Anderes Produkt	auszuschließen			

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 25 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Erdgas

- 2 Anlagenteil: Lagerbehälter mit angeschloss. Leitungssystemen einschl. Flüssigentnahmelitung bis vor den Verdampfer  
2.6 Leitung: Erdgasleitung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Instrumentierung	---			
Prüfmöglichkeit	---			
Ausfall von Betriebsmitteln		unbedenklich		
Mech. Beschädigung	möglich, da kleine DN	Freisetzung von Propan/ Erdgas	X	Notabsperrraum in Einspei- sung; Anfahrerschutz an Leitung
Maximaler Störfall	15 m Erdgasleitung (DN 32) antepennt zur Atmosphäre	wird bei 10 bar für 1 Minute		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 26 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Wasser, Heizgas

- 3 Anlagenteil: Heizung  
Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Beschreibung des Anlagenteiles				
. Aufgaben	siehe Anlagenbeschreibung			
. Funktion	siehe Anlagenbeschreibung			
. Stoffe	Wasser Heizgas	brennbar		
Anfahren		unbedenklich		
Abstellen		unbedenklich		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 27 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Wasser, Heizgas

3 Anlagenteil: Heizung

3.1 Leitung: Kompletter Warmwasserkreislauf

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	2 Pumpen in Betrieb	unbedenklich (Kavitation tritt nicht ein, da geschlossenes System)		
Weniger Durchfluß	Pumpenausfall oder Ventile geschlossen	zu hohe Temperatur im Kessel		Sicherheitsbechtung spricht an
Rückwärts	---			
Hohe Temperatur	Pumpenausfall oder Ventile geschlossen	Siedetemperatur des Wassers wird erreicht		Absicherung des Kessels lt. TRD
Niedrige Temperatur	geringe Heizleistung	unbedenklich (siehe Verdampferuntersuchung)		BIB: Heizungswasser bis -20 °C mit Frostschutzmittel versehen
	unvorhergesehene Entspannen im Verdampfer	Einfrieren des Wassers		
Hoher Druck	siehe "Hohe Temperatur"			Absicherung des Kessels lt. TRD

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 28 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Wasser, Heizgas

3 Anlagenteil: Heizung

3.1 Leitung: Kompletter Warmwasserkreislauf

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Niedriger Druck	---			
Anderes Produkt	Rohrbruch im Verdampfer	Propan im Heizwasser, SV bläst ab	X	SV mit Abblasleitung ins Freie; Gasdetektor; Berechnung der Menge: siehe Arbeitsblatt Nr. 8
. Anderer Zustand	Dampf/Eis	Leitungsbruch		Abschaltung/Frostschutzmittel
Instrumentierung	ausreichend			
Prüfmöglichkeit				
Ausfall von Betriebsmitteln				Anlage geht in Sicherheitsstellung
Mech. Beschädigung				Schutz durch Gebäude



## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 29 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Wasser, Heisgas

3 Anlagenteil: Heizung

3.1 Leitung: Kompletter Warmwasserkreislauf

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Maximaler Störfall	Ablassen des SV mit ca. 25 kg Gasaustritt entspr. dem Inhalt des Verdampfers			Gaswarngerät löst Abschaltung aus

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 30 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Wasser, Luft

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Beschreibung des Anlagenteiles . Aufgaben . Funktion . Stoffe	siehe Anlagenbeschreibung siehe Anlagenbeschreibung Propan Wasser Luft			
Anfahren	Heizkesselstörung	Tiefe Temperatur bei Einspeisung von Flüssigpropan in den drucklosen Verdampfer		BIB: Funktionskontrolle der Heizung; Frostschutz bis -20 °C
	Luft wird ins Gasnetz gefahren	zuviel Luft, d. h. Mischung bewegt sich in Richtung auf explosives Gemisch		Meß- und Regelkreise zur Luftzumischung sind in Betrieb; Gemenge ist Führungsgröße, d. h. die Luftmenge wird abhängig von der Gemenge nachgeführt; Heizwert-Meßgerät mit Alarm und Abschaltung (zweifach redundante Ausführung)

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 31 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan, Wasser, Luft

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Abstellen	Luft strömt ins Netz bzw. Gasventil wird ge- schlossen	Explosibles Gemisch		die Luftmenge wird vor der Gasmenge reduziert, d. h. die Luftmenge ist Führungsgröße

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 32 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

4.1 Leitung: Gasleitungssystem (flüssig) vom Gebäudeeintritt bis Notabperrung in Gasleitung (gasförmig)

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	Höherer Druck im Lager- behälter	Flüssigkeitsdurchbruch		Schwimmer- bzw. Temperaturschalter schließt Schnellschlußventil vor Verdampfer
Weniger Durchfluß	eines der Ventile in der Gasleitung wird ge- schlossen (z. B. Ab- stellung, Not-Aus)	Druckaufbau im Verdampfer durch weiterlaufende Heizung		Rückstromventil in Bypass- Leitung über Durchflußanzeiger vor Eintritt in Verdampfer
Rückwärts	irrelevant, da Verdichterdruck höher als Gasdruck	Luft strömt ein		Überwachungen und Abschaltungen sind in den Verdichter-Units integriert
Hohe Temperatur	zu starke Verdampferleistung	unbedenklich		

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 33 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

4.1 Leitung: Gasleitungssystem (flüssig) vom Gebäudeeintritt bis Notabsperrung in Gasleitung (gasförmig)

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Niedrige Temperatur	siehe "Anfahren"			
	Heizkessel fällt aus	Stand im Verdampfer steigt; Flüssigpropan in Gasleitung		Ventil vor Verdampfer schließt über LS und TS am Verdampfer- kopf
	Heizkessel ausfall und SV leckt	Verdampfer wird kalt (-10 °C)		BHB: Bei Ansprechen des SV (= Abkühlung) muß vor neuer In- betriebnahme angewärmt werden
Hoher Druck	abgesperrter und beheiz- ter Verdampfer (100 % Leistung) sowie blockier- te Rückströmung	SV bläst ab (Druck: 25 bar)	X	Abstellen der Heizung im "Not-Aus-Fall"; Gasedetektor in der Luftzufüh- rung zum Kessel mit Kesselsch- altfunktion
Niedriger Druck	siehe "Niedrige Temperatur"			

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 34 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

4.1 Leitung: Gasleitungssystem (flüssig) vom Gebäudeeintritt bis Notabsperrung in Gasleitung (gasförmig)

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Anderes Produkt . Verunreinigung	Wasser	unbedenklich		
	Aerosole, Öl im Gas	Negative Beeinflussung der Meßgeräte		Ölabscheider
	. Anderer Zustand	Kondensiertes Gas in Gasleitung	Negative Beeinflussung der Meßgeräte	Begleitheizung der Gasleitung
Instrumentierung	keine Änderung erforderlich			
Prüfmöglichkeit . Anlagenteil	Abnehmender Wirkungsgrad			Überprüfung der Temperatur vor und nach dem Taucher
Ausfall von Betriebsmitteln				sichere Stellung

## PAAG / HAZOP - Studie

Blatt: 35 von 47

Datum: 01.03.88

Leitwort - Abfragetabelle

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

4.1 Leitung: Gasleitungssystem (flüssig) vom Gebäudeeintritt bis Notabsperrung in Gasleitung (gasförmig)

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Mech. Beschädigung				Schutz durch Gebäude
Maximaler Störfall	SV (DN 25/40) bläst ab	Berechnungsbedingungen: eingesperrter Verdampfer- inhalt = 50 kg		

## PAAG / HAZOP - Studie

Blatt: 36 von 47

Datum: 01.03.88

Leitwort - Abfragetabelle

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

4.2 Leitung: Propangas- und Luftleitung mit Mischung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Mehr Durchfluß	mehr Gas	unbedenklich		Heiswert-Meßgerät echaltet Anlage bei zu "fettem" Gemisch ab
	mehr Luft: Regler fährt fehlerhafterweise auf	explosibles Gemisch im Gasnetz beim Durchfahren des Ex-Bersiches		Schnellschluß in Luftleitung und nach Verdichter schließt durch Signal vom Heiswert-Meßgerät
	Fehler in der Mischverhältnis-Regelung	explosibles Gemisch im Gasnetz		Messung und Abschaltung durch Heiswert-Meßgerät in Gasleitung  Unabhängige Messung und Abschaltung durch Heiswert-Meßgerät im Gasnetz  "Fettes" Gemisch im Gasnetz durch Zumischung von Erdgas

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 37 von 47  
Datum: 01.03.88

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

4.2 Leitung: Propangas- und Luftleitung mit Mischung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Weniger Durchfluß	Weniger Luft	unbedenklich		
	Weniger Gas	siehe "Mehr Durchfluß"		
Rückwärts	Ausfall der Verdichter	Gas strömt in Verdichter und Verdichterraum		Absperrung der Verdichterdruck- leitung und der Luftabblaseung bei niedrigem Druck (Redun- dante Ausführung: siehe Arbeitsblatt Nr. 11  Rückschlagklappe in der Sammel- leitung nach Absperrventil
Hohe Temperatur		unbedenklich		Auslegungstemperatur der Leitung: 110 °C
Niedrige Temperatur	niedrige Umgebungstem- peratur	kondensierendes Gas verur- sacht Fehlmessung		Begleitheizung der Leitung

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 38 von 47  
Datum: 01.03.88

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudeeintritt bis Einspeisung ins Erdgasnetz

4.2 Leitung: Propangas- und Luftleitung mit Mischung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör-fall	Gegenmaßnahmen
Hoher Druck	---			
Niedriger Druck	---			
Anderes Produkt	Ansaugung von Gas durch die Verdichter	Explosibles Gemisch im Ver- dichterraum		Luftansaugung auf dem Dach, d. h. Gasansammlung dort nicht möglich; Gasedetektor mit Ab- schaltung in der Luftansaugung
Instrumentierung . Ausreichend				siehe Arbeitsblatt Nr. 11: Detaillierte Darstellung der redundanten Abschaltung
Prüfmöglichkeit . Produkt	mittels Heiswert- Meßgerät möglich			
Ausfall von Betriebsmitteln				sichere Stellung

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 39 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

4 Anlagenteil: Verdampfer mit Flüssiggasleitung vom Gebäudesintritt bis Einpeisung ins Erdgasnetz

4.2 Leitung: Propangas- und Luftleitung mit Mischung

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Mech. Beschädigung		Schutz durch Gebäude		
Maximaler Störfall	untergeordnet			

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 40 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

5 Anlagenteil: Gesamtanlage

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Direkte Umgebung fliegende Bruch- stücke	Bäume	Beschädigung von Leitungen. etc.		Arbeitsblatt Nr. 14: Schutz vor umfallenden Bäumen
	Gessexplosion in einem Mohnhaus an der Wasser- straße	keine (Auswirkungen nur bis zu 20 m Umkreis relevant)		
	Blindgänger aus 2. Welt- krieg	Explosion		Blindgänger auf dem Gelände werden während der Bauarbeiten gefunden! - Blindgänger außer- halb des Geländes sind un- kritisch, daher kein Suchtrupp erforderlich
	Spielende Kinder	unbedenklich		Gelände ist eingesäunt

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 41 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager  
 5 Anlagenteil: Gesamtanlage  
 Leitung:

Stoffe: Propan

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
. fliegende Bruchstücke ff.	Feuerwerkskörper	Feuer		mit gleichzeitiger Gaswolke ist nicht zu rechnen (Alarm durch Gasverngeräte)  Arbeitsblatt Nr. 12: Tankwagen darf nicht ohne Aufsicht abgestellt werden
	vorhandene Kraftwerk	KSP (Kraftwerk außer Betrieb)		
	Explosion im Betriebsgebäude mit Erdgasverteiler und -regelanlage	Beschädigung der Anlage		bereite exgeschützte Ausführung; siehe Arbeitsblatt Nr. 13 Darlegung der Sicherheitsbeurteilung betr. Betriebsgebäude
. Druckwellen	Explosion in Erdgasverteileranlage	siehe "fliegende Bruchstücke"		Bearbeitung im Rahmen des Arbeitsblattes Nr. 13; Schutz des Tankfahrzeugs durch Erdwall

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 42 von 47

Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager  
 5 Anlagenteil: Gesamtanlage  
 Leitung:

Stoffe: Propan

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
. Hitzeabstrahlung	Wohnhausbrand	---		ausreichende Entfernung
	Schrebergärten	---		ausreichende Entfernung
	Waldbrand			Arbeitsblatt Nr. 15: Darlegung der Vorkehrungen gegen Waldbrandgefahr
. Toxische oder korrosive Gaswolken	durch Tankfahrzeuge auf der Wasserstraße	unbedenklich		ausreichende Entfernung
. explosive Gaswolken	Betriebsgebäude	siehe "fliegende Bruchstücke"		

## PAAG / HAZOP - Studie

Blatt: 43 von 47

Datum: 01.03.88

Leitwort - Abfragetabelle

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

5 Anlagenteil: Gesamtanlage

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Störfall	Gegenmaßnahmen
Verkehr · Reparaturfahrzeug	Gabelstapler, sonstige Fahrzeuge	Beschädigung von Anlagenteilen		Verkehr nur auf befestigten Wegen möglich, d. h. kein Anfahren von sicherheitsrelevanten Teilen denkbar; sicherheitsbedeutsame Räume nicht befahrbar
		Beschädigung der senkr. Rohrtrasse vor dem Gebäude		Anfahr- bzw. Ramschutz; Höhenbegrenzung der Fahrzeuge durch Betreibervorschrift und Aufsicht; Reparaturdurchführung nur unter Aufsicht
· Interner Werksverkehr	Autos von Betriebsangehörigen	Beschädigung von Anlagenteilen		Betreiberregelung bzgl. Einfahrerlaubnis
	Tankfahrzeugbewegungen	Beschädigung von Anlagenteilen		Arbeitsblatt Nr. 16: Darlegung der An- und Abfahrbedingungen; Rufanlage am Tor; Torbedienung von der Zentrale; Ebener Platz

## PAAG / HAZOP - Studie

Blatt: 44 von 47

Datum: 01.03.88

Leitwort - Abfragetabelle

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

5 Anlagenteil: Gesamtanlage

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Störfall	Gegenmaßnahmen
· Interner Werksverkehr ff.		Tankwagen kollidiert mit Befüllstation		Radabweiser vorhanden
	Tankfahrzeugentleerung: · undichter Anschluß	Austritt von Flüssiggastropfen		Nachschlagen der Kupplungsver-schraubung per Hammer
	· Entspannungsventil offen und Fahrzeug-Bodenventil offen und Bedienerausfall und Abwesenheit der 2. Bedienungsperson · Tankwagen rollt weg, Schlauch reißt ab	Tank des Fahrzeugs läuft aus bei 8 bar Vordruck für 30 Sekunden Austrittsmenge: 2 kg/s		Handarmatur; vorgechaltetes Tankwagen-Bodenventil mit Reißleine; Arbeitsblatt Nr. 17: Darlegung der Sicherheitsfunktion der Reißleine; Reißleine wird in Not-Aus-System integriert
	· Tankwagenkollision			Arbeitsblatt Nr. 18: Darlegung der Verladeorganisation



## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 45 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

5 Anlagenteil: Gesamtanlage

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Externer Verkehr	Einfahrt Ungefuhrter			siehe Arbeitsblatt Nr. 16
	Fahrzeuge auf der Wasserstraße	Unfälle auf der Straße		geschützt durch Böschung
	Fässer auf der Straße	Erschütterungen		---
	Flugzeuge	unwahrscheinlich		
	Schiffe, Eisenbahn	nicht vorhanden		
Wetter · Sturm  · Schnee, Meeres, Hagel		Bäume fallen um		siehe Arbeitsblatt Nr. 14
		Beschädigung von Anlagen- teilen		konstr. Auslegung
				konstr. Auslegung

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 46 von 47  
Datum: 01.03.88

## LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

5 Anlagenteil: Gesamtanlage

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
· Sonneneinstrahlung				konstr. Auslegung
· Kälte				konstr. Maßnahmen (siehe Arbeitsblatt Nr. 2)
· Blitz		Bäume werden getroffen		siehe Arbeitsblatt Nr. 14
		Anlage wird getroffen		Erdung; Blitzschutzanlagen
Boden · Hochwasser  · Setzungen  · Erdbeben	---			
				Bodengutachten liegt vor
	---			

## PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: 47 von 47

Datum: 01.03.88

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Stoffe: Propan

5 Anlagenteil: Gesamtanlage

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen
Fluchtwege				Arbeitsblatt Nr. 19: Darlegung der Fluchtwege; evtl. zusätzliche Treppe am Tor Richtung Gebäude; Notschlussel am Gebäude für oberes Tor
Eingriff Unbefugter	Annahmen: a) Terroristen werden ausgeschlossen b) Unbefugter = Person ausgestattet mit Hammer und Feuerzeug			Anlage ist beleuchtet; Bewachung über TV-Kamera mit permanentem Betriebsmonitor
Schutz/Bewachung				Arbeitsblatt Nr. 20: Darlegung zusätzlicher Bewachungsmaßnahmen Arbeitsblatt Nr. 21: Entlasten der Leitungen während der Stillstandphasen

Anhang III

Anhang IIIArbeitsblätter mit Auflistung

- Listen der Arbeitsblätter
- Arbeitsblatt, Nr. 1-21

## PAAG / HAZOP - Studie

Liste der Arbeitsblätter

Blatt: 1 von 2  
Datum: 30.11.87

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager (FGT)

Arbeitsblatt Nr.	Titel	Bearbeiter	Ausgabe	Datum bearb.	Datum genehm.	Aktion durchgeführt
1	Eretbefüllung bei N2-Atmosphäre	Dr. Hoepffner	25.11.87	2.1.88		
2	Vermeidung von Wasserpfropfen	Lettmayer	25.11.87	7.1.88		
3	Überwachung über TV-Kamera	Lettmayer	25.11.87	7.1.88		
4	Begehungsintervalle	Lettmayer	25.11.87	7.1.88		
5	Äußere Einwirkungen (Bäume)	Lettmayer	25.11.87	7.1.88		
6	Neuberechnung d. SV-Abblaseleitg.	Lettmayer	26.11.87	7.1.88		
7	Federbruch des SV	Lettmayer	26.11.87	7.1.88		
8	Rohrbruch im Verdampfer	Dr. Hoepffner	26.11.87	1.12.87	15.12.87	
9	Heisereelauslegung auf 6 bar	Lettmayer	26.11.87	7.1.88		
10	SV-Auslegung am Verdampfer	Lettmayer	27.11.87	7.1.88		

## PAAG / HAZOP - Studie

Liste der Arbeitsblätter

Blatt: 2 von 2  
Datum: 30.11.87

LIS-Essen

Anlage: Flüssiggas-Tanklager (FGT)

Arbeitsblatt Nr.	Titel	Bearbeiter	Ausgabe	Datum bearb.	Datum genehm.	Aktion durchgeführt
11	Redundanz der Luftabperrung	Lettmayer	27.11.87	7.1.88		
12	Sicherstellung der TW-Aufsicht	Lettmayer	30.11.87	7.1.88		
13	Sicherheit des Gebäudes	Lettmayer	30.11.87			
14	Schutz vor umfallenden Bäumen	Lettmayer	30.11.87	7.1.88		
15	Vorkehrung gegen Waldbrand	Lettmayer	30.11.87	7.1.88		
16	An- und Abfahrbeding. für TW	Lettmayer	30.11.87			
17	Sicherh.-Funktion der Reifflaine	Lettmayer	30.11.87	7.1.88		
18	Verladeorganisation	Lettmayer	30.11.87	7.1.88		
19	Darlegung der Fluchtwege	Lettmayer	30.11.87	7.1.88		
20	Zusätzliche Bewachungsmaßnahmen	Lettmayer	30.11.87			
21	Entleeren d. Ltg. bei Stillstand	Lettmayer	30.11.87	7.1.88		

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	25.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Euteneuer
Blatt Nr.:	1

Anlage: FGTTitel: Erstbefüllung in N<sub>2</sub>-AtmosphäreZu beantworten bis: 15.12.87

Beschreibung des Problems:

N<sub>2</sub>-Druck im Behälter ist höher als der Dampfdruck des Propan's:

- Gibt es Abkühl effekte?
- Welcher Gesamtdruck stellt sich ein?

Antwort:

"Der Dampfdruck einer Flüssigkeit ist abhängig vom Partialdruck der Gasphase über der Flüssigkeit".

Bei ruhender Flüssigkeit bildet sich über der Oberfläche eine annähernd reine Dampfschicht aus, so daß der Dampfdruck der Flüssigkeit mit dem Gesamtdruck der Gasphase korrespondiert. Ist die Dampfschicht jedoch gestört, -z.B. bei Tropfen, die durch ein artfremdes Gas fallentendiert das System zu obigem Leersatz.

Unter den gegebenen Verhältnissen wurden Temperaturen von -60 °C gemessen, Die Druckerhöhung ist minimal.

Das Befüllen muß langsam, unter ständiger Beobachtung der Temperatur durchgeführt werden.

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: Datum: 2.1.88

Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	25.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	2

Anlage: FGT

Titel: Vermeidung von Wassertropfen - Einfriergefahr

Zu beantworten bis: 15.12.87

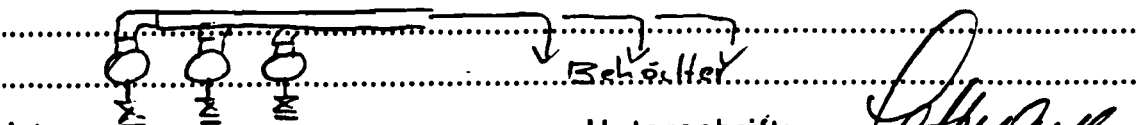
Beschreibung des Problems:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*Lege die konstruktiven Maßnahmen zur Vermeidung von Wasseransammlungen in Tiefpunkten dar. Das Einfrieren solcher "Nassen-Säcke" kann zum Bersten von Leitungen führen.*

Antwort:

..... Die Sticleitungen zu den Behältern .....  
..... werden von den Sammelleitungen .....  
..... abgeführt. Der tiefste Punkt der .....  
..... Sammelleitung erhält eine Entleerungs-  
..... armatur mit Blindstopfen. ....  
..... - In der Bedienungsanweisung wird ein .....  
..... Entwässern des Behältersumpfes nach .....  
..... der Befüllung gefordert - .....



Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: *Schäfer*  
Datum: 7/11.1988

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	25. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	3

Anlage: FGTTitel: Überwachung mit KameraZu beantworten bis: 15. 12. 87

## Beschreibung des Problems:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Lege Standpunkt der Überwachungs-Kameras  
dar. Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

1. Tor muß überwacht werden können
2. Befüllvorgang überwachen
3. Domschächte müssen einsehbar sein

## Antwort:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Festlegung im Lageplan Nr. 0/01.463-02.  
Kamera so angeordnet, daß durch  
Schwenke der gesamte Lagerbereich  
einsehbar ist.

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: LettmayerDatum: 7. 1. 1988



## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	25. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Betreiber
Blatt Nr.:	4

Anlage: FGTTitel: BegehungsplanZu beantworten bis: 5. 1. 88

Beschreibung des Problems:

Stelle einen Begehungsplan für die Anlage auf.  
 Welche zeitlichen Intervalle werden festgelegt

Antwort:

- a) Anlage ist in Betrieb:  
 tägliches Begehen der Verdampfer- und  
 Mischanlage, Kontrolle der Sicherheits-  
 undblaseleitung, Kontrolle der Domschicht-  
 abdeckung auf ordnungsgemäßen Verschluss.  
 Kontrolle der Gaswanngeräte im Staltskranz.
- b) Anlage außer Betrieb:  
 Fernkontrolle über Gaswanngeräte,  
 monatliche Kontrolle der Domschicht auf  
 Schmelzwasser.

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: SchulzeDatum: 7.1.88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	25.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	5

Anlage: FGTTitel: Äußere Einwirkungen auf die RohrbrückeZu beantworten bis: 15.12.87

## Beschreibung des Problems:

Welche Maßnahmen wurden getroffen um äußere Einwirkungen auf die Rohrbrücke zu vermeiden

1. Bäume können auf die Rohrbrücke fallen
2. inner seitlicher Verkehr

## Antwort:

- 1.) Bäume im Fallbereich der Rohrtrassen entfernt bzw. Schutz der Rohrleitungen vor erhaltungswürdigen Bäumen durch Schutzbügel in ausreichender Bewässerung.
- 2.) Anfahrtschutz durch ausreichend hohe Bordkante oder ggf. Leitplanken.

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: LettmayerDatum: 7.1.88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	26. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	6

Anlage: FGTTitel: Neuberechnung der AbblaseleitungZu beantworten bis: 15.12.87

## Beschreibung des Problems:

..... Eine geänderte Auslegung der Sicherheitsventile  
 ..... am Behälter erfordert eine Neuberechnung der  
 ..... Durchmesser der Abblaseleitung. Gebe neue  $\varnothing$  an.  
 .....  
 .....  
 .....

## Antwort:

..... Die zur Druckerhöhung führende Volumenänderung  
 ..... besteht aus der Pumpenleiste von  $2 \times 35 \text{ m}^3/\text{h} = 70 \text{ m}^3/\text{h}$   
 .....  $\approx 1,200 \text{ m}^3/\text{h}$  bei 16 bar u. Die Abblaseleitung  
 ..... von DN100 bei relativisch 40m Länge bewirkt  
 ..... einen Widerstand von  $< 15\%$  des Einstell-  
 ..... druckes auf (1,5 bar).

..... - neuer Durchmesser DN100 -  
 .....

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: LettmayerDatum: 7/1.88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	26. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	7

Anlage: FGTTitel: Federbruch im Behälter-SicherheitsventilZu beantworten bis: 15. 12. 87

## Beschreibung des Problems:

Definiere max. Störfall bei Federbruch im SV  
 der Fa. Leser Typ 441 (Hochhub) 32/50

- Ist Federbruch möglich?

- Auf welchen Druck sieht der Ausspreck- / Schließdruck?

## Antwort:

Federbruch ist laut Aussage der Fa. Leser  
 bei ruhenden Sicherheitsventilen nicht bekannt.  
 (bei abblasenden Ventilen 1 Federbruch auf ca.  
 100.000 Ventile dankbar).

Über den Restanspreckdruck bei Federbruch kann  
 keine Aussage gemacht werden.

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: SchwarzDatum: 7. 1. 88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	26.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Dr. Hoepffner
Blatt Nr.:	8

Anlage: FGTTitel: Rohrbruch im WärmetauscherZu beantworten bis: 15.12.87

## Beschreibung des Problems:

..... Ist ein Rohrbruch im Wärmetauscher (Verdampfer)  
 ..... anzunehmen?  
 .....

..... Prüfe das Regelwerk darauf hin  
 .....

siehe TRB 403 Seite 2

Werknorm SN 036.00.5 Teil 3

## Antwort:

- ..... 3. Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung .....
- ..... 3.1 Druckbehälter oder Druckräume, deren zulässiger Betriebs-  
 ..... überdruck größer als der atmosphärische Druck ist, müssen  
 ..... mit einer für den Betriebszweck geeigneten Sicherheitsein-  
 ..... richtung ausgerüstet sein, die ein Überschreiten des zulässi-  
 ..... gen Betriebsüberdruckes um mehr als 10% selbsttätig ver-  
 ..... hindert.

..... Das deutsche Regelwerk verlangt nicht ausdrücklich eine Absicherung  
 ..... für Rohrbruch im Wärmetauscher wie z.B. die US-API 521. Im  
 ..... Deutschen wird die Forderung globaler gefaßt, wobei mehr an das ingenieur-  
 ..... mäßige Denken appelliert wird.

..... Im vorliegenden Fall muß Rohrbruch in Betracht gezogen werden

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: [Signature]Datum: 1.12.87

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	26. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	H. Lettmayer
Blatt Nr.:	9

Anlage: FBTTitel: HeizkesselanlageZu beantworten bis: 15.12.87

## Beschreibung des Problems:

Sind Heizkessel für einen Betriebsdruck von  
6 bar auf dem Markt erhältlich?  
(ca. 950 kW Heizleistung.)

## Antwort:

Heizkessel für 6 bar sind lieferbar.

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: SchwarzDatum: 7.1.88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	27. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	10

Anlage: FGTTitel: Sicherheitsventilauslegung am VerdampferZu beantworten bis: 15. 12. 87

## Beschreibung des Problems:

Überprüfe die Auslegung des SV am Verdampfer  
 Daten: SV 25/40  
 7560 kg/h  
 25 bar

## Antwort:

Sicherheitsventil - Abblasemenge  
 ist richtig:

Verdampferleistung	6.000 kg/h
SV-Abblasemenge	7.560 kg/h

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: SchulzeDatum: 7.1.1988

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	27. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	11

Anlage: FGTTitel: Redundanz des Not-Aus in LuftzuführungZu beantworten bis: 15. 12. 87

Beschreibung des Problems:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Lege die Ausführung der Redundanz des  
Not-Aus bei der Luftzuführung dar.

Antwort:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

1) Absicherung über Druckwächter  
2) Absicherung über Heizwertgrenzschalter

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: Datum: 7.1.88



Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	12

Anlage: FGT

Titel: Sicherstellung der Tkw-Aufsicht

Zu beantworten bis: 5. 1. 88

Beschreibung des Problems:

..... Wie wird sichergestellt, daß kein Tkw ohne  
 ..... Fahren auf dem Betriebsgelände abgestellt  
 ..... wird?  
 .....  
 .....  
 .....

Antwort:

..... - Dienstausscheidung -  
 ..... - Überwachung von der Warte aus -  
 ..... - Lieferanweisung an Transportunternehmen  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: Lettmayer  
 Datum: 7. 1. 88

Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	13

Anlage: FGT

Titel: Sicherheitsbetrachtungen zum Erdgasverteilungs-  
gebäude

Zu beantworten bis: 5.1.88

Beschreibung des Problems:

Hole Auskunft bei dem GAA ein über Sicherheits-  
betrachtungen der Erdgasverteilungsstation zur  
Abschätzungen der möglichen Auswirkungen dieser Station  
auf die FGT-Anlage

Antwort:

— noch offen —

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: Lehrer

Datum: 7.1.88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmeyer
Blatt Nr.:	14

Anlage: FGTTitel: Gefährdung durch BäumeZu beantworten bis: 5.1.87

## Beschreibung des Problems:

Wie wird sichergestellt, daß umstürzende Bäume die Anlage nicht gefährden?

.....

.....

.....

.....

.....

## Antwort:

durch entsprechende Entfernung zu Bäumen bzw. durch geeignete Stahlanker bei erhaltungswürdigen Bäumen.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: Datum: 7.1.88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr Lettmayer
Blatt Nr.:	15

Anlage: FGTTitel: Vorkehrungen gegen WaldbrandgefahrZu beantworten bis: 5.1.88

## Beschreibung des Problems:

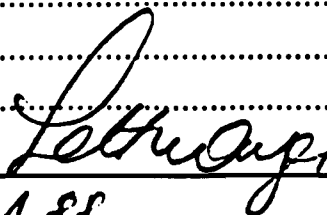
Erkläre welche Vorkehrungen getroffen werden  
um eine Gefährdung durch Waldbrand zu verhinder-  
den.

## Antwort:

Nach Überprüfung des Waldstückes  
ist aufgrund der Zugaffenheit  
wie Baumabstand, Flächengröße  
und Unterholz eine Waldbrandgefahr  
nicht gegeben. ?

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift:



Datum:

7.1.88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	16

Anlage: FGTTitel: An- und Abfahrt der TkwZu beantworten bis: 31.1.87

## Beschreibung des Problems:

- Erkläre wie eine sichere An- und Abfahrt der Tkw gewährleistet ist. (Wintu, Steigung, usw)
- Durch welche Beschilderung ist eine gefahrlose Ein- und Ausfahrt zur öffentlichen Straße (Wasser-Straße) gewährleistet?

## Antwort:

- z.Z. nicht geklärt -

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: LettmayerDatum: 7.1.88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	17

Anlage: FGTTitel: Reißleine am Not-Aus SystemZu beantworten bis: 5.1.88

## Beschreibung des Problems:

Konzipiere ein System, bei dem die Reißleine des ThW mit in das Not-Aus System integriert ist

Funktion: - Freigabe der Befüllung nur bei eingehängter Reißleine  
- automatische Betätigung der Reißleine im Falle einer Not-Aus-Betätigung

## Antwort:

- vorhandenes (lieferbares) System kann die Reißleine auslösen. Automatischs Freigabesystem nicht sinnvoll, jedoch Dienstausweisung über Bedienung und Überwachung durch Werte über Monitor.

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	18

Anlage: FBTTitel: VerladeorganisationZu beantworten bis: 5. 1. 88

## Beschreibung des Problems:

..... Lege die Regeln der Verlade sequenz (Lastwagen-  
 ..... abfertigung) dar. Ist eine Begradigung der Wende-  
 ..... hammer nose möglich?  
 .....  
 .....  
 .....

## Antwort:

..... für weitere Planung ist vorgesehen:  
 1) der Wendehammer Auslauf wird begradigt,  
 2) die 2 Verladestationen werden von der Straße  
 weg in Richtung auf den Wendehammer  
 verlegt (dadurch auch kürzere Füllleitungen).  
 .....  
 .....  
 .....

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: *[Signature]*Datum: 7. 1. 88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	19

Anlage: FGTTitel: FluchtwegeZu beantworten bis: 15.12.87

## Beschreibung des Problems:

Beschreibe die Fluchtwege unter Berücksichtigung der schweren Gase, u.a:

- Zusätzliche Fluchttreppe im nördlichen Gelände
- Notschlüssel für oberes Tor

## Antwort:

- 1.) Bänder in Nähe des Tors erhält Türöffner auf der höher gelegenen Seite zum Gelände hin
- 2.) Ein NOT-Schlüssel für oberes Tor wird an der gegenüberliegenden Gebäudewand in einem NOT-Schlüsselkasten eingehängt.

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: [Signature]Datum: 7.1.88



## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30. 11. 87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	20

Anlage: FGTTitel: Schutz gegen Eingriffe UnbefugterZu beantworten bis: 5. 1. 88

Beschreibung des Problems:

Annahme: - konstante Fernsehüberwachung  
 - ständige Beleuchtung  
 Erkläre, durch welche zusätzlichen Maßnahmen eine  
 ständige Überwachung der Anlage gewährleistet ist.  
 z.B. Bewegungsmelder

Antwort:

- z.Z. nicht zu klären -

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: Datum: 7. 1. 88

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:	30.11.87
Zeichn.Nr.:	01c
Gerichtet an:	Hr. Lettmayer
Blatt Nr.:	21

Anlage: FGTTitel: Entleerung der Leitungen während längerer BetriebspausenZu beantworten bis: 15.12.87

Beschreibung des Problems:

Prüfe die Möglichkeit der Entleeren sämtlicher Leitungen während längerer Betriebspausen. Wie kann dies ohne zusätzliche Gefahrenquellen erreicht werden?

Antwort:

Entleerung durch Fachpersonal über geeignete Fachel außerhalb der Schutzzone für Füllleitungen und Flüssigphasenleitungen.  
(Entleerung max. auf Gasphase sinnvoll, damit Korrosionsschutz gewährleistet ist.)

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: LettmayerDatum: 7.1.88

Anhang IV

Ergänzungen zum Betriebshandbuch

- Liste der Änderungen und Ergänzungen zum Betriebshandbuch (BHB)

Liste der Änderungen und Ergänzungen zum Betriebshandbuch (BHB)1. zu: Gesamtanlage

Bei versehentlicher Entspannung einzelner Anlagenteile mit Temperaturreduktion unter  $-10^{\circ}\text{C}$  ist das Anlagenteil vor Wiederaufbringung des Druckes erst über die Temperatur von  $-10^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen (siehe AD W 10).

2. zu: Befüllung

- 2.1 Zur Verhinderung von Unterkühlung beim Befüllen Ventil sehr langsam öffnen, bis sich Druckausgleich eingestellt hat.
- 2.2 Nach jedem Befüllvorgang ist der Behälter auf Wasseransammlung zu prüfen.

3. zu: Behälter

- 3.1 - Wasserentleerung mit 2 ausgebildeten Personen vornehmen.
  - Die Bedienungspersonen sind über das mögliche Einfrieren der Wasserentleerungsleitungen zu informieren.
  - Die Wasserentleerung ist unbedingt so lange durchzuführen, bis kein Wasser mehr aus dem Behälter gedrückt wird.
- 3.2 Beim Peilen (Peilventile 90 % und 95 %) ist zu kontrollieren, ob bei fehlender Flüssigphase auf jeden Fall Gasphase austritt (Kontrolle, daß Leitungen nicht verstopft sind).
- 3.3 Der 3-Wege-Hahn am Sicherheitsventil darf nicht in Mittelstellung stehen.
- 3.4 Beim Ausbau eines Sicherheitsventils darf der Anschluß nicht blindgeflanscht werden. Der Ausbau der Sicherheitsventile darf nur im Austausch erfolgen.
- 3.5 Beim Kontrollgang sind die Schutzkappen auf den Abblaseleitungen der Sicherheitsventile zu kontrollieren.

4. zu: Verdampfer

- 4.1 Vor Inbetriebnahme des Verdampfers ist sicherzustellen, daß die Heizung die Betriebstemperatur erreicht hat.

4.2 Bei ungewolltem Abblasen des Sicherheitsventils muß der Verdampfer vor erneuter Inbetriebnahme auf Betriebstemperatur gebracht werden.

5. zu: Heizung

Das Wasser im Heizkreislauf ist mit einem Frostschutzmittel zu versehen, das bis mind.  $-20^{\circ}\text{C}$  Frostfreiheit garantiert.

Anhang V

Anhang V

Liste der erforderlichen Änderungen an der überprüften  
Anlage

## Liste der erforderlichen Aktionen

LIS-Essen

Blatt: 1 von 1  
Datum: 16.05.88

Anlage: Flüssiggas-Tanklager

Lfd. Nr.	Aktion	Bemerkung	Aktion durchgef.
1	Befülleitung: FC hinter der Pumpe wird zu FSA		
2	SV am Lagerbehälter: Reduzierung der Größe von DN 50/80 auf DN 32/50		
3	Wasserzapfleitung: Einbau eines Schnellschlußventils, gesteuert über Not-Aus		
4	Heizung: 2 SV im Wasserkreis mit Sammelleitung sowie Abscheiderohr und Gasdetektor außerhalb des Gebäudes		
5	Gasleitung vor Verdampfer: Rückströmventil über Handventil in der Bypassleitung zum Durchflußzähler; Ansprechdifferenzdruck >2,5 bar		
6	Gasdetektor in der Zuluftöffnung zum Heizkessel		
7	Rückschlagklappe in der Luft-Sammelleitung nach dem Schnellschlußventil		
8	Gasleitung vor Verdampfer: Hinter dem Durchflußzähler ein zusätzliches Sicherheitsventil		
9	TSA_ 40 °C und TA+ 90 °C am Verdampferausgang vorsehen		

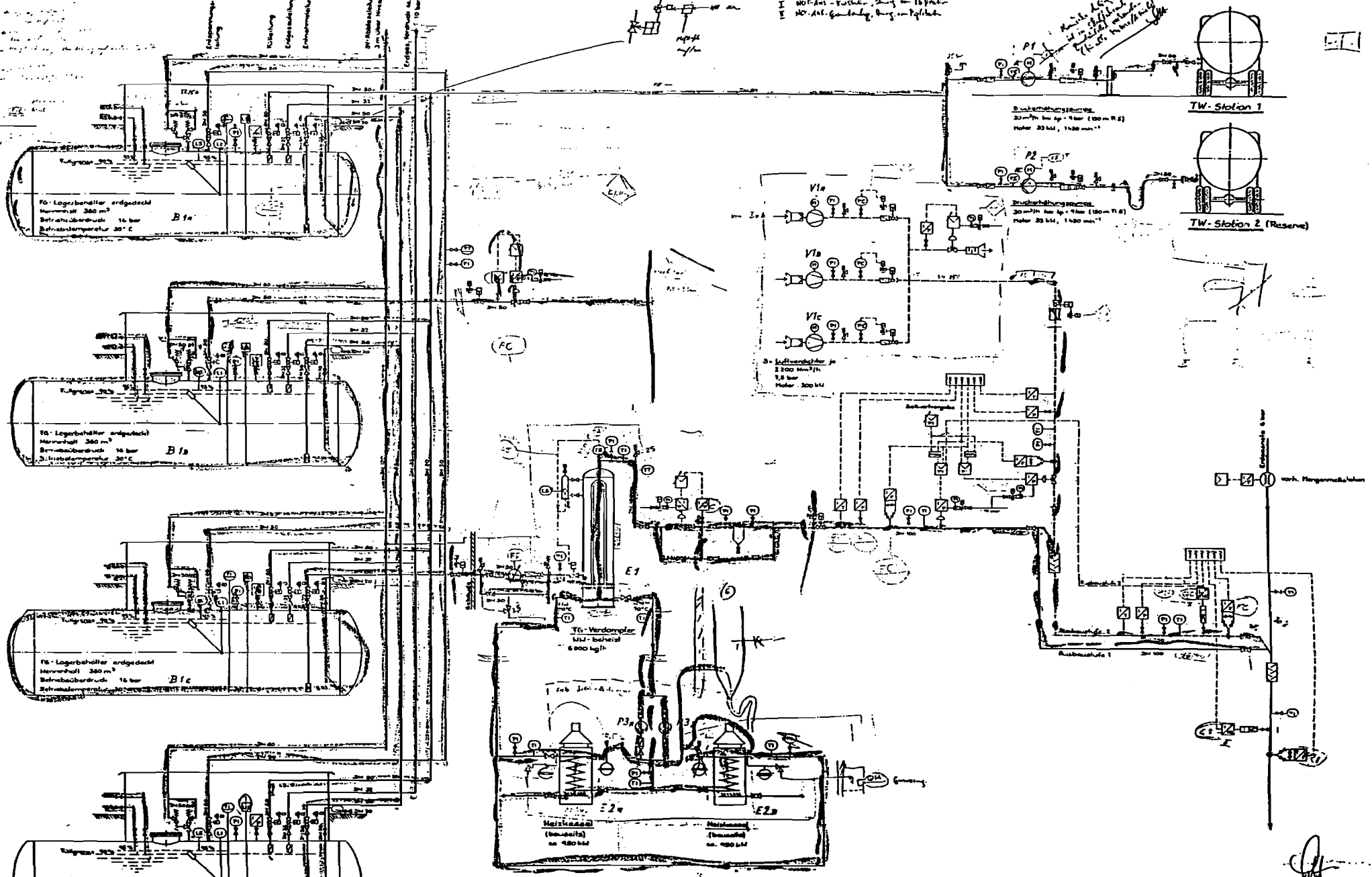


Anhang VI

Anhang VIPAAG/HAZOP-Originalschemata(Aufhängeexemplare)

- Fließschema, Z.-Nr. 2/01-463-01 c\*
- Lageplan, Z.-Nr. 2/01-463-02 b\*

I WOP-As - Vorkühler, Heizung - BPAH  
 II WOP-As - Gabelheber, Heizung - BPAH



B1a - Lagerbehälter erdgedeckt  
 Nenninhalt 360 m<sup>3</sup>  
 Betriebsüberdruck 16 bar  
 Betriebstemperatur 30° C

B1b - Lagerbehälter erdgedeckt  
 Nenninhalt 360 m<sup>3</sup>  
 Betriebsüberdruck 16 bar  
 Betriebstemperatur 30° C

B1c - Lagerbehälter erdgedeckt  
 Nenninhalt 360 m<sup>3</sup>  
 Betriebsüberdruck 16 bar  
 Betriebstemperatur 30° C

B1d - Lagerbehälter erdgedeckt  
 Nenninhalt 360 m<sup>3</sup>  
 Betriebsüberdruck 16 bar  
 Betriebstemperatur 30° C

E1 - T0-Verdampfer  
 MW-beheizt  
 6.000 kg/h

E2a - Heizkessel (beheizt)  
 ca. 480 kW

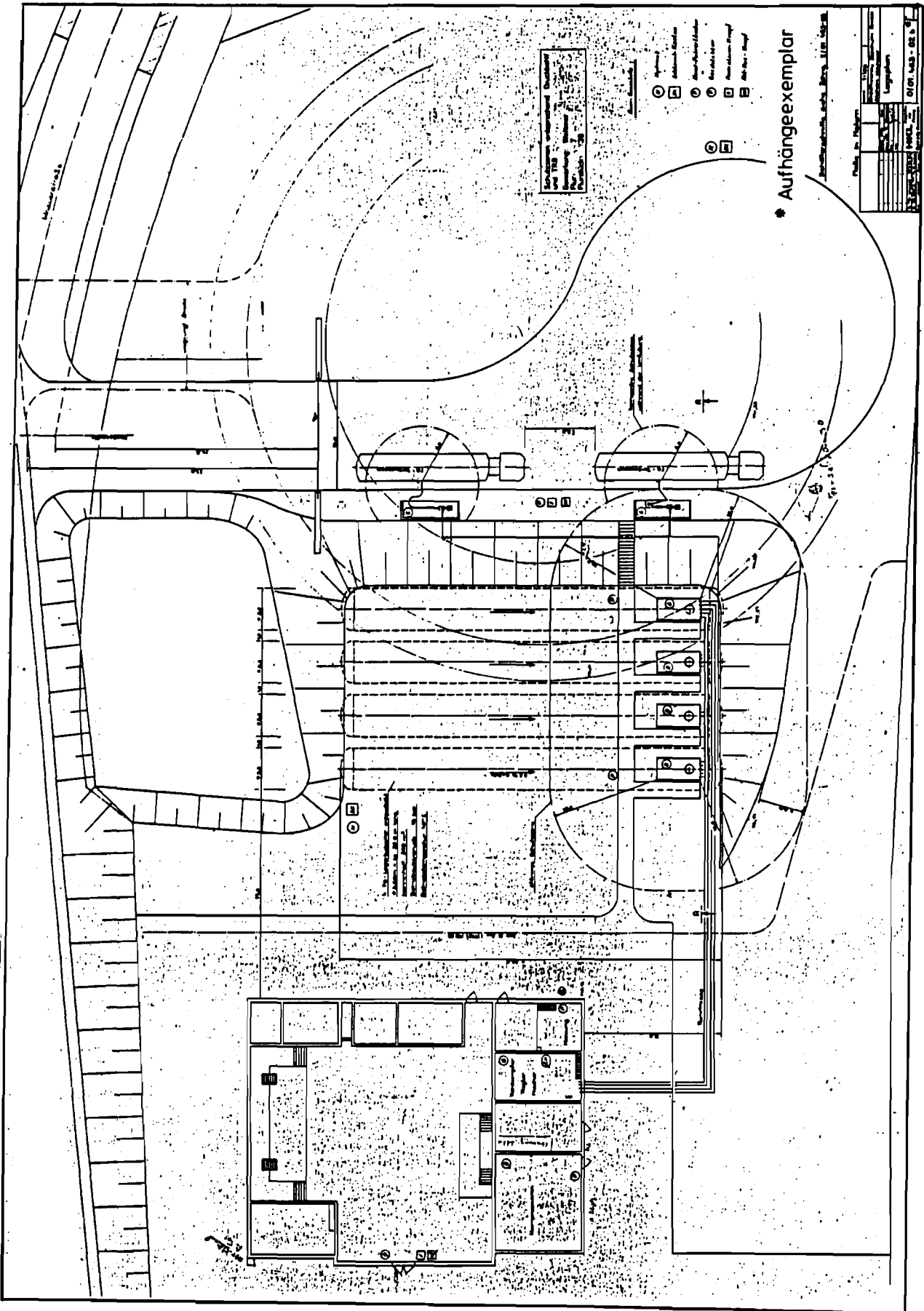
E2b - Heizkessel (beheizt)  
 ca. 480 kW

Rubauslaufe 1:  
 V-Gasstrom max. 80.000 m<sup>3</sup>/h mit N<sub>2</sub>-TU 1000 m<sup>3</sup>/h, 6 bar,  
 Flüssiggasversorgung zur Heizgasferhebung auf N<sub>2</sub>-TU 1000 m<sup>3</sup>/h  
 Lurchung max. 4.200 kg/h Flüssiggas.

Rubauslaufe 2:  
 Teilstromsatz von H<sub>2</sub>-Erdses mit N<sub>2</sub> = 12,2 t/h/h<sup>2</sup>  
 Flüssiges Luft-Einspeisung mit ca. 10% bis ca. 20% des Gasstromes.  
 Max. Leistung der Anlage = 6.000 kg/h Flüssiggas  
 8.600 m<sup>3</sup>/h Flüssiges-Luft-Gemisch mit N<sub>2</sub> = 12,2 t/h/h<sup>2</sup>  
 6.000 kg/h Propan S 8.000 m<sup>3</sup>/h mit N<sub>2</sub>-Sättigung 8.000 m<sup>3</sup>/h Luft  
 6.000 kg/h Butan S 2.200 m<sup>3</sup>/h mit N<sub>2</sub>-Sättigung 6.000 m<sup>3</sup>/h Luft

\* Aufhängeexemplar

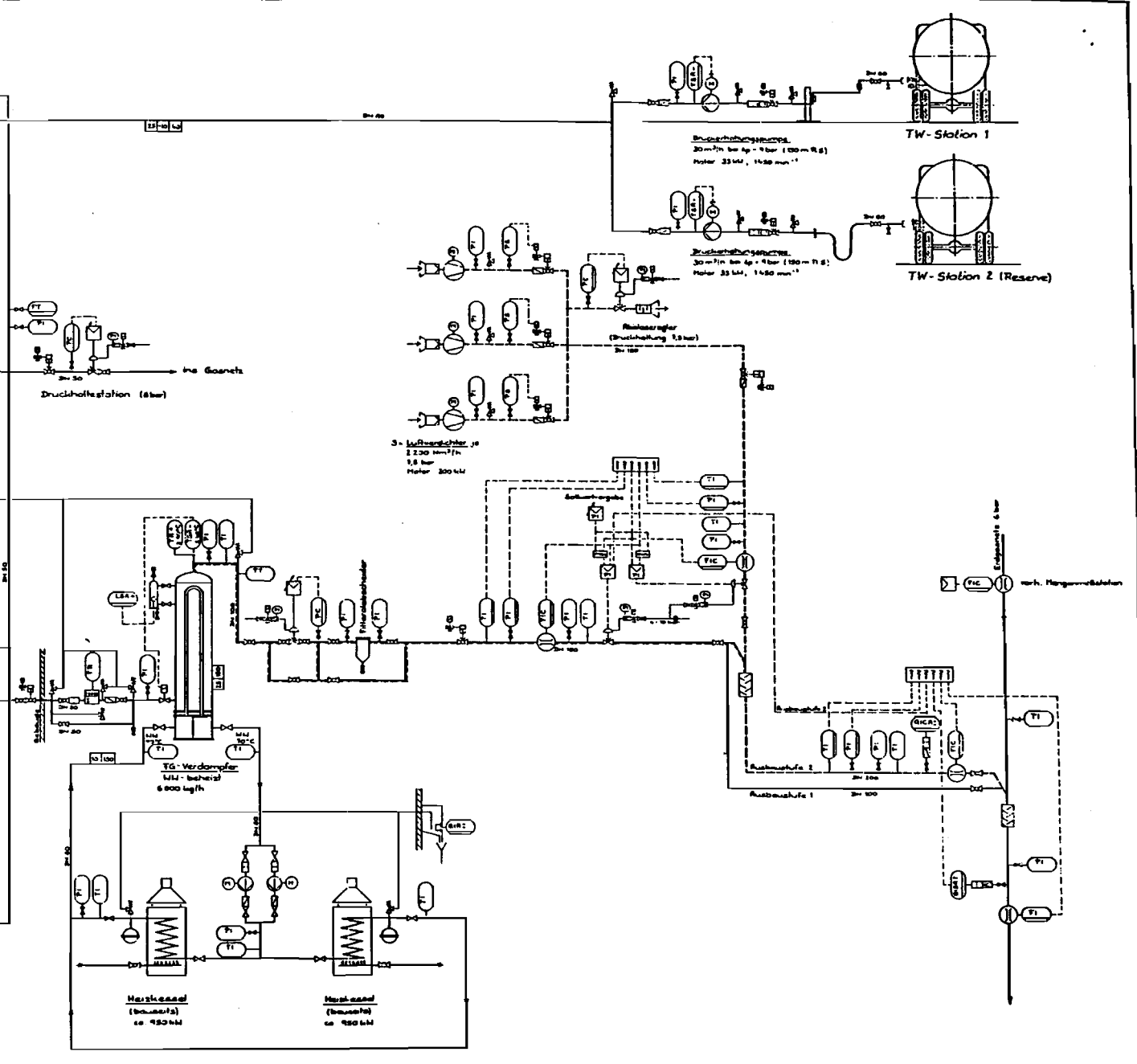
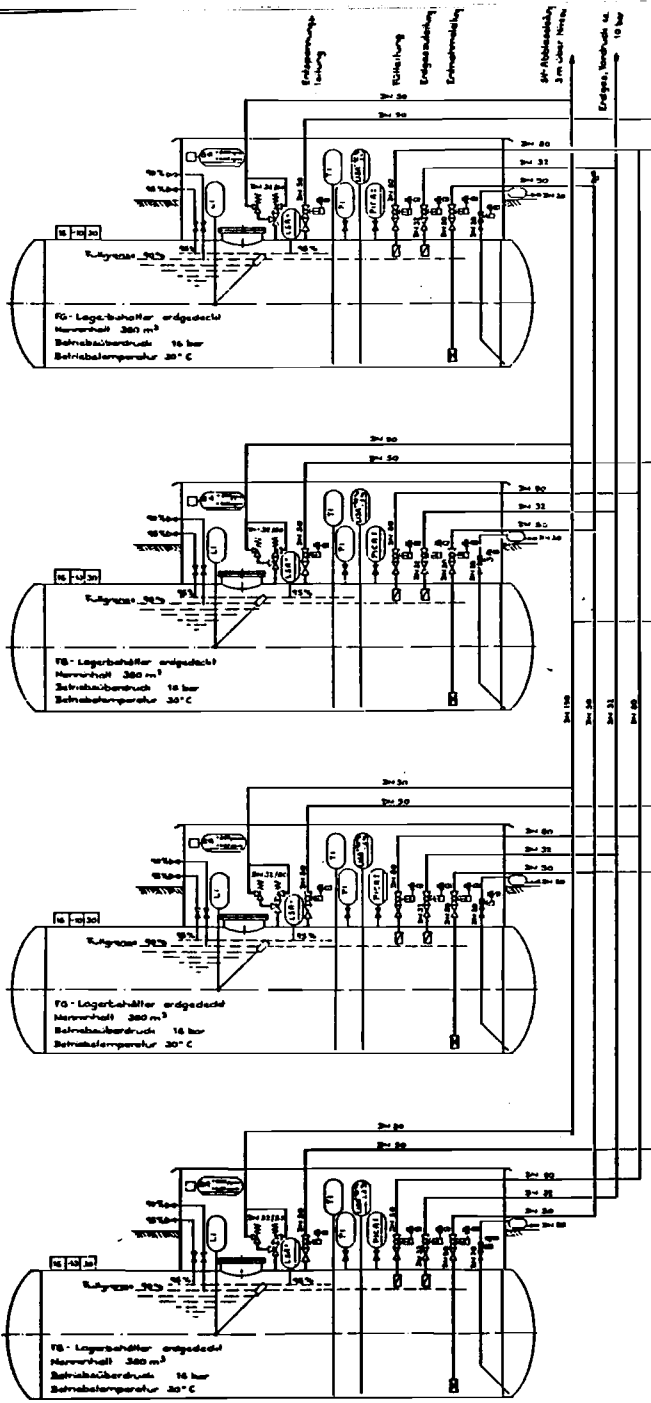
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
--	--	--	--



Anhang VII

Anhang VIIRevidierte Schemata

- RI-Fließschema, Z.-Nr. 2/01-463-01 d
- Lageplan, Z.-Nr. 2/01-463-02 d

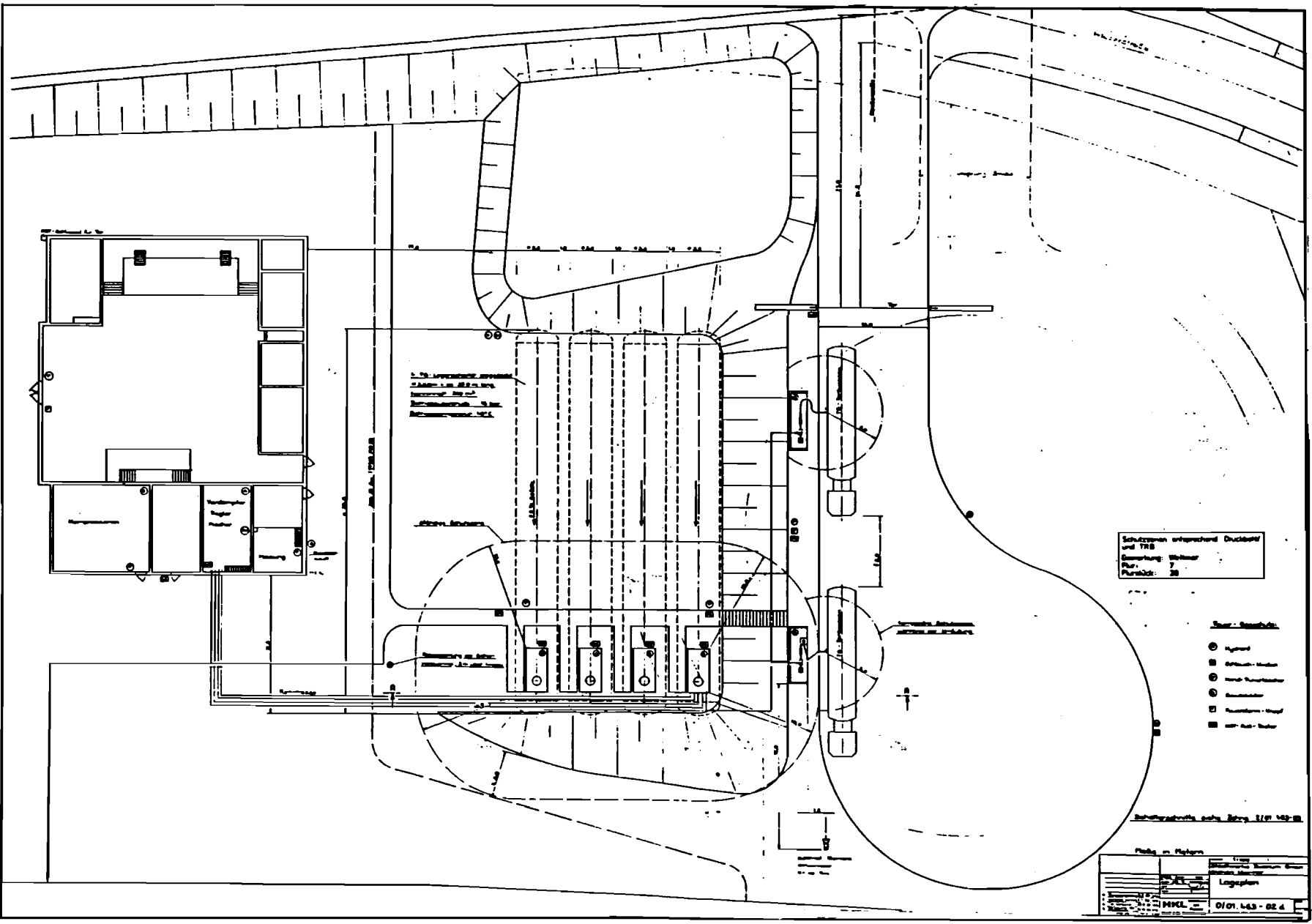


**Ausbauhilfe 1:**  
 V-Gasstrom max 80 000 m³/h mit  $H_2 = 10 \text{ kWh/Nm}^3$ , 6 bar,  
 Flüssiggasversorgung zur Heizerartenhebung auf  $H_2 = 12,2 \text{ kWh/Nm}^3$   
 Zumischung max 4 300 kg/h Flüssiggas

**Ausbauhilfe 2:**  
 Totstromeratz von N-Edgas mit  $H_2 = 12,2 \text{ kWh/Nm}^3$   
 Flüssiggas-Luft-Erzeugung mit ca 10% bis zu 30% des Gasstromes  
 für Lösung der Brüge - 6 000 kg/h Flüssiggas  
 2 600 m³/h Flüssiggas-Luft-Gemisch mit  $H_2 = 12,2 \text{ kWh/Nm}^3$   
 6 000 kg/h Propan + 3 000 m³/h mit  $H_2 = 12,2 \text{ kWh/Nm}^3$  + 400 m³/h Luft  
 6 000 kg/h Butan + 2 200 m³/h mit  $H_2 = 12,2 \text{ kWh/Nm}^3$  + 600 m³/h Luft

Flüssiggas-Luft-Mechanik zur  
 Spitzenlastdeckung in der Erdgasversorgung

Projekt: ... Zeichner: ... Geprüft: ... Datum: ...		Instandhaltung ... ... ...
HNK		0/01 463-01d



Schutzgruppen entsprechend Druckluft  
und TRB  
Spannung: 230V  
Punkt: 7  
Punkt: 28

Strom-Symbole

- ⊕ Hygiene
- ⊕ Elektrische Anlage
- ⊕ Wasserversorgung
- ⊕ Abwasser
- ⊕ Lüftung
- ⊕ Sonstige

Bezugsgröße siehe Blatt 1/1/152-III

Plan in Metern

Projekt	1100
Blatt	1/1/152-III
Titel	Loggplan
Standort	MIKL 01/01 4-53 - 02.4



Anhang VIII

**Anhang VIII**

**Formulare**

# PAAG / HAZOP - Studie

Leitwort - Abfragetabelle

Blatt: von

Datum:

**LIS-Essen**

Anlage:

Stoffe:

Anlagenteil:

Leitung:

Leitwort	Mögliche Ursachen	Auswirkungen	Stör- fall	Gegenmaßnahmen

# PAAG / HAZOP - Studie

Liste der Arbeitsblätter

Blatt: von  
Datum:

LIS-Essen

Anlage:

Arbeitsblatt Nr.	Titel	Bearbeiter	Ausgabe	Datum bearb.	Datum genehm.	Aktion durchgeführt

LIS-Berichte Nr. 88 (1989)

# PAAG / HAZOP - Studie

## Arbeitsblatt

LIS - Essen

Datum:
Zeichn.Nr.:
Gerichtet an:
Blatt Nr.:

Anlage: \_\_\_\_\_

Titel: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Zu beantworten bis: \_\_\_\_\_

Beschreibung des Problems:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Antwort:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Genehmigt: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

**PAAG / HAZOP - Studie**

Liste der erforderlichen Aktionen

LIS-Essen

Blatt: von

Datum:

Anlage:

Lfd. Nr.	Aktion	Bemerkung	Aktion durchgef.

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Anforderungen sind zu richten an die



- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:  
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.  
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:  
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:  
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:  
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:  
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:  
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:  
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:  
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:  
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:  
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes PH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:  
(vergriffen) Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:  
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:  
(vergriffen) Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
(vergriffen) Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:  
(vergriffen) Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:  
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:  
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleitungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmisionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:  
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:  
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:  
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immisionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:  
(vergriffen) Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionschutzgutachten in Beulaitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:  
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATHANN:  
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).



- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:  
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-  
Meßplätze im Meßnetz LINES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:  
(vergriffen) Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft  
(1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:  
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:  
(vergriffen) Ermittlung von Verkehrsergüß-Immissionen  
- zum tageszeitlichen Verlauf des Ergüßpegels und des Verkehrsaufkommens an  
Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:  
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und  
der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:  
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von  
Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
(vergriffen) Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:  
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahmezeit des IRMA-Gerätes bei verschiedenen  
Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:  
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:  
(vergriffen) Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene  
Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:  
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:  
(vergriffen) Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießergüßmessungen im  
Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:  
(vergriffen) Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der  
Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:  
(vergriffen) Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.  
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen.  
(1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:  
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der  
Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:  
(vergriffen) Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser  
Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:  
(vergriffen) Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:  
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse -. (1984)
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:  
(vergriffen) Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet Rheinachene-Süd für die Jahre 1985 und 1990. (1984)
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:  
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.  
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-  
Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der  
neuartigen Waldschäden. (1984)
- Berichte-Nr. 50: GOLDBERG, K.H.:  
(vergriffen) Untersuchungen zu Schießlärmminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: HERPERTZ, E., J. ASSMANN, D. KRANE, E. HARTMANN, B. STECK, E. BREWIG und  
(vergriffen) J. KROCHMANN:  
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:  
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.  
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions- Meß- und Erhebungsstellen in der  
Bundesrepublik Deutschland (STIMES).  
Ergebnisse für die Komponenten SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:  
(vergriffen) Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Polychlorierte Dibenzodioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der  
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger  
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:  
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.  
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).  
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITTGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:  
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von  
Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: PRINZ, B., J. HRADEZKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖTTL und H.-K. LICHTENTHALER:  
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:  
Untersuchung über die Eignung des Korrelationspektrometers Cospec V zur  
Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:  
(vergriffen) Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von  
Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 60: MANNS, H. und H. GIES:  
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AB  
(1986).
- Berichte-Nr. 61: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Messung und Beurteilung von Erschütterungsmissionen - Vergleich verschiedener  
Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:  
(vergriffen) Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzop-Dioxine und Dibenzofurane in  
Nordrhein-Westfalen. (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:  
Measurements of Polychlorinated Dibenzop-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor  
Air. (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62).  
(1987).

- Berichte-Nr. 63: GIEBEL, J.:  
Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-Modell) für die Praxis der Immissions-Simulation. (1986)
- Berichte-Nr. 64: WINKLER, H.D.:  
(vergriffen) Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen - (1986).
- Berichte-Nr. 65: WIETLAKE, K.H.:  
(vergriffen) Erschütterungseinwirkung durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch Direktabfederung. (1986)
- Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am 8. und 9.10.1986 in der LIS, Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 67: ASSMANN, H.:  
(vergriffen) Hinweise zur Prognose von Geräuschemissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionschutzgesetz. (1986)
- Berichte-Nr. 68: MANNS, H. und H. GIES:  
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes PH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h für die automatisierte Immissionsmessung. (1986)
- Berichte-Nr. 69: BEINE, H.:  
Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen - Umweltrelevanz und luftanalytische Bestimmung. (1987)
- Berichte-Nr. 70: BUCK, M. und H.-U. PFEFFER:  
Air quality surveillance in the state North-Rhine-Westphalia (Federal Republic of Germany). (1987)
- Berichte-Nr. 71: WEFERS, H. und H. KATZER:  
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken. (1987)
- Berichte-Nr. 72: BEIER, R., J. KOHLERT und M. BUCK:  
(vergriffen) Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte in Essener Norden in den Jahren 1984-1986. (1987)
- Berichte-Nr. 73: SCHADE, H.:  
(vergriffen) Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost. (1987)
- Berichte-Nr. 74: BEIER, R. und M. BUCK:  
Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft. (1988)
- Berichte-Nr. 75: KOCH, E. und P. ALTENBECK:  
Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes. (1988)
- Berichte-Nr. 76: J. GIEBEL:  
Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation. (1988)
- Berichte-Nr. 77: KÜLSKE, S., R. BEIER und H.-U. PFEFFER:  
Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987 in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen. (1988)

- Berichte-Nr. 78:** Geueke, K.-J. und H. Niesenhaus:  
Bestimmung von Benzol in Abgasen. (1988)
- Berichte-Nr. 79:** Wietlake, K.-H.:  
Geräuschminderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern. (1988).
- Berichte-Nr. 80:** Krause, G.H.M. und B. Prinz:  
Experimentelle Untersuchungen der LIS zur Aufklärung möglicher Ursachen der  
neuartigen Waldschäden. (1988)  
(In Vorbereitung)
- Berichte-Nr. 81:** Goldberg, K.H.:  
Untersuchungen zur Geräuschemission und -ausbreitung von Schußsignalen bei  
Klein-kaliberschießständen. (1988).
- Berichte-Nr. 82:** Buck, M. und K. Ellermann:  
Die Immissionsbelastung durch Benzol in Nordrhein-Westfalen. (1988).
- Berichte-Nr. 83:** Wefers, H., S. Delling und T. Schulz:  
Hinweise zur Erstellung und Prüfung von betrieblichen Alarm- und Gefahren-  
abwehrplänen nach der Störfall-Verordnung. (1988).
- Berichte-Nr.84:** Wefers, H., T. Schulz und R. John:  
Hinweise und Suchstrategien zu den Stoffen der Störfall-Verordnung.(1988).
- Berichte-Nr. 85:** Krause, G.H.M.:  
Untersuchungen zum Vegetationszustand im Umgebungsbereich der nordrhein-  
westfälischen Aluminiumhütten mit Hilfe der Falschfarbenfotografie. (1988).
- Berichte-Nr. 86:** Katzer, H. und R. John:  
Einsatz von Ammoniakwasser in katalytischen DeNO<sub>x</sub>-Anlagen - Ergebnisse an ei-  
ner Versuchsanlage -. (1989).
- Berichte-Nr. 87:** Kirschmer, P. und A. Gerlach:  
Immissionsmessungen von Chlorkohlenwasserstoffen - Probenahme, Analyse,  
Ergebnisse -. (1989).