

**Untersuchung  
der flugbetrieblichen Auswirkungen  
auf die Sicherheit  
und den Arbeitsschutz  
der Firmen Ticona und Infraseriv  
durch die bauliche Erweiterung  
des Flughafens Frankfurt**

RWTÜV Systems GmbH

Ein Unternehmen der  
RWTÜV Gruppe  
Langemarckstraße 20  
D-45141 Essen  
Postfach 10 32 61  
D-45032 Essen  
Telefon 02 01/8 25-0  
Telefax 02 01/8 25-25 17

Sitz: Essen  
AG Essen, HRB 9976  
Aufsichtsratsvorsitzender:  
Dr. Wilhelm Wick

Geschäftsführung:  
Volker Klosowski

Fachbereich Anlagentechnik

Revision A

**Auftraggeber:** Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und  
Landesentwicklung, Wiesbaden

Dieser Bericht umfasst 85 Seiten mit 4 Anlagen.

**Auftrags-Nr.:** 20 56 66 33      **Geschäfts-Nr.:** 1.2-131/02

**Erstellungsdatum:** 26 Juni 2003

Die Weitergabe und Verwertung unserer Leistung über den vertraglich festgelegten Zweck hinaus, insbesondere deren Veröffentlichung, ist nur mit unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung zulässig. Für die Einhaltung der für die Verwertung unserer Leistung geltenden gesetzlichen Bestimmungen (z. B. des Wettbewerbsrechts), insbesondere für den Inhalt von Werbeaussagen, ist ausschließlich der Kunde verantwortlich; er hat uns insoweit von sämtlichen Ansprüchen Dritter freizuhalten.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>0</b>	<b>VORBEMERKUNG ZUR REVISION A</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>56</b>
<b>2</b>	<b>BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN UND REFERENZUNTERLAGEN</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>KURZBESCHREIBUNG DES STANDORTS UND DER DORT BEFINDLICHEN ANLAGEN</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Beschreibung der räumlichen Anlagenanordnung</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>Produktionsanlagen</b>	<b>13</b>
3.2.1	Formaldehydanlage	13
3.2.2	Trioxananlage	13
3.2.3	Polymerisation	13
3.2.4	Granulierungsanlage	14
3.2.5	Ethylenverdichterstation	14
<b>4</b>	<b>GEFAHREN DURCH DEN FLUGVERKEHR</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Normbetriebliche Gefahren</b>	<b>15</b>
4.1.1	Normalbetrieblicher Fluglärm	15
4.1.2	Beeinträchtigung der Mess- und Regeltechnik durch den Flugverkehr	16
4.1.3	Beeinträchtigung durch flugverkehrsbedingte Abgasfahnen und Hitzewirkungen	17
4.1.4	Beeinträchtigung durch Wirbelschleppen	18
<b>4.2</b>	<b>Flugzeugabsturz</b>	<b>18</b>
4.2.1	Eintrittswahrscheinlichkeiten	18
4.2.2	Primärereignis des Flugzeugabsturzes	24
4.2.3	Folgeereignis eines Flugzeugabsturzes	24
4.2.4	Domino-Effekte	28
<b>4.3</b>	<b>Herabfallende Teile &amp; Blue Ice</b>	<b>29</b>

<b>5</b>	<b>AUSWIRKUNGEN DER GEFAHREN DURCH DEN FLUGVERKEHR</b>	<b>30</b>
<b>5.1</b>	<b>Normalbetriebliche Gefahren</b>	<b>30</b>
5.1.1	Normalbetrieblicher Fluglärm	30
5.1.2	Beinträchtigung der Mess- und Regeltechnik durch den Flugverkehr	33
5.1.3	Beeinträchtigung durch flugverkehrsbedingte Abgasfahnen und Hitzewirkungen	35
5.1.4	Beeinträchtigung durch Wirbelschleppen	36
<b>5.2</b>	<b>Flugzeugabsturz</b>	<b>37</b>
5.2.1	Vorbemerkung	37
5.2.2	Primärereignis	41
5.2.3	Folgeereignis	41
5.2.3.1	Direkte Folgen eines Flugzeugabsturzes	41
5.2.3.1.1	Zerstörung der Behälter für Bortrifluorid	43
5.2.3.1.2	Brand im Tanklager 84, 84N und 85	45
5.2.3.1.3	Explosion im Tanklager 84, 84N und 85	48
5.2.3.1.4	Brand in Produktionsanlagen	50
5.2.3.1.5	Brand in der Ethylenverdichterstation	50
5.2.3.2	Trümmerwurf	53
5.2.3.2.1	Zerstörung eines Behälters für Bortrifluorid	54
5.2.3.2.2	Zerstörung einer Rohrleitung für Bortrifluorid	55
5.2.3.2.3	Zerstörung eines Methanolbehälters mit Folgebrand	57
5.2.3.2.4	Abriss einer Ethylen-Rohrleitung mit Folgeexplosion	58
5.2.4	Domino-Effekte	62
5.2.5	Bewertung der Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes	65
<b>5.3</b>	<b>Herabfallende Teile &amp; Blue Ice</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>MAßNAHMEN</b>	<b>68</b>
<b>6.1</b>	<b>Normalbetriebliche Gefahren</b>	<b>68</b>
6.1.1	Normalbetrieblicher Fluglärm	68
6.1.2	Beinträchtigung der Mess- und Regeltechnik durch den Flugverkehr	69
6.1.3	Beeinträchtigung durch flugverkehrsbedingte Abgasfahnen und Hitzewirkungen	70
6.1.4	Beeinträchtigung durch Wirbelschleppen	70
<b>6.2</b>	<b>Flugzeugabsturz</b>	<b>71</b>
6.2.1	Allgemeines	71

6.2.2	Maßnahmen zur Verhinderung von Folgeereignissen	72
6.2.2.1	Ersatz gefährliche Stoffe und Vermeidung gefährlicher Mengen dieser Stoffe	72
6.2.2.2	Umfassender Schutz sämtlicher gefährlicher Stoffpotentiale	72
6.2.3	Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Folgeereignissen	73
6.2.3.1	Verhinderung von Schadenspropagation und Dominoeffekten	73
6.2.3.2	Zurückhaltung freigesetzter Stoffe	74
6.2.4	Organisatorische Maßnahmen	76
6.2.4.1	Organisatorische Maßnahmen auf dem Gelände des Betriebsbereiches	76
6.2.4.2	Organisatorische Maßnahmen außerhalb des Geländes des Betriebsbereiches	77
<b>6.3</b>	<b>Herabfallende Teile &amp; Blue Ice</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>80</b>
<b>8</b>	<b>GUTACHTENSEMPFEHLUNGEN (GE)</b>	<b>83</b>
	ANLAGE 1: ÜBERSICHTS-LAGEPLAN	86
	ANLAGE 2: LUFTBILD MIT SKIZZierter SICHERHEITSFLÄCHE	88
	ANLAGE 3: WERKSÜBERSICHTSPLAN TICONA / INFRASERV	90
	ANLAGE 4: STOFF- UND REAKTIONSKENNDATEN	92

## **0. Vorbemerkung zur Revision A**

Die am 09. April 2003 fertiggestellte Version dieses Gutachtens wurde dem Auftraggeber (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung) in der Sitzung des Arbeitskreises Flugsicherheit dieses Ministeriums am 22. April 2003 vorgestellt. Aus dieser ausführlichen Darstellung, Lesung und Diskussion des Gutachtens resultieren zu einigen Details der Gutachtensaussagen Ergänzungen, Erläuterungen und geringfügige Korrekturen aufgrund klarstellender Informationen der Firmen Ticona / InfraserV.

Trotz dieser Änderungen haben die bereits getroffenen Gutachtensaussagen an allen Stellen weiterhin Bestand.

Im Einzelnen ergeben sich folgende Änderungen:

- Kap. 5.1.1 (Normalbetrieblicher Fluglärm): Eine Ergänzung hinsichtlich der rechtlichen Einordnung der zugrunde gelegten Beurteilungsgrundlagen sowie eine Erklärung für die Außerachtlassung anderer Regelwerke erfolgte.
- Kap. 5.1.4 (Beeinträchtigung durch Wirbelschleppen): Eine Erläuterung zu den zugrunde gelegten Strömungsgeschwindigkeiten wurde ergänzt.
- Kap. 4.2.1 (Flugzeugabsturz – Eintrittswahrscheinlichkeit): Eine ausführliche Begründung zur Auswahl des verwandten Modell (DOE-Standard 3014) wurde ergänzt.
- Kap. 5.2.1 Beschreibung des stofflichen Gefahrenpotentials: Es erfolgte eine Modifizierung bezüglich der freisetzbaren Menge an Ethylen.
- Kap. 5.2.3.2.4 (Abriss einer Ethylen-Rohrleitung): Es wurden redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Alle inhaltlichen Änderungen der Revision A gegenüber der Version vom 09. April 2003 sind durch rechte Randstriche kenntlich gemacht; ausschließlich redaktionelle Änderungen in Zeilenabstand, -umbruch und Schriftgröße, die zur Beibehaltung ordnungsgemäßer Seitenumbrüche notwendig waren, sind nicht gekennzeichnet..

## **1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung**

Die Firmen Ticona / Infracore betreiben in Kelsterbach ein Chemiewerk mit Produktionsanlagen, Lagerbetrieb und Verwaltung.

Das Betriebsgelände befindet sich im Großraum Frankfurt unmittelbar nördlich des Autobahndreiecks Mönchshof an der Bundesautobahn A 3. Westlich schließt das Gelände der ehemaligen Raffinerie Caltex an. Weitere Industrie- und Gewerbeflächen schließen sich im Umfeld an, vgl. Lageplan (Anlage 1).

Der in kurzem Abstand zum Werksgelände im Osten gelegene Internationale Flughafen Frankfurt beabsichtigt, seine Kapazitäten durch Neubau einer weiteren Landebahn (sog. Landebahn Nord/West) zu erweitern. Derzeit verfügt der Flughafen über ein Bahnsystem 25 L/R, das für Starts und Landungen in beide Richtungen genutzt wird. Die Anflugkorridore beider Bahnen befinden sich südlich des Ticona / Infracore-Geländes. Bei Westbetrieb auf den Bahnen 25 wird das Gelände derzeit bei Starts von einem Großteil der startenden Flugzeuge überflogen.

Durch den Bau der geplanten Landebahn Nord/West wird das Betriebsgelände bei Ostbetrieb des Flughafens an seiner Nordspitze direkt von landenden Flugzeugen in geringer Höhe überflogen; diese Bahn ist nur zur Nutzung als Lande-, jedoch nicht als Startbahn vorgesehen, vergleiche Luftbild (Anlage 2).

Das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung hat die RWTÜV Systems GmbH im Zusammenhang mit den Raumordnungsverfahren für die „Ausbauvariante Nord/West“ mit der Untersuchung von flugbetrieblichen Auswirkungen auf die Sicherheit von Betriebsanlagen und den Arbeitsschutz der Firmen Ticona / Infracore in Kelsterbach beauftragt.

Näheres regelt die entsprechende Leistungsvereinbarung.

Demgemäß sollen folgende Untersuchungsschritte durchgeführt werden:

- Bestimmung der Störfälle sowie der Gefahren für die Beschäftigten, die durch den Flugverkehr in den Anlagen der Ticona und Infracore ausgelöst werden können
- Bestimmung der Bedingungen, die für den Eintritt der Gefahren von Bedeutung sind
- Bestimmung der Auswirkungen der Störfälle

- Darstellung, welche Maßnahmen zur Verhinderung dieser Störfälle oder zur Begrenzung ihrer Auswirkungen getroffen werden können und wie sich diese Verhinderungs- oder Auswirkungsbegrenzungsmaßnahmen auswirken würden.

Entsprechend der Vorbemerkung der Leistungsbeschreibung sind darüber hinaus Aussagen zur Eintrittswahrscheinlichkeit der betrachteten Ereignisse notwendig.

Auch sind insbesondere die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Beeinträchtigung der Mess- und Regeltechnik durch Funkverkehr/Bordelektronik der Flugzeuge
- Beeinträchtigung der Anlagensicherheit durch Fluglärm als Kommunikationshindernis
- Gefährdung durch herabfallende Teile oder Verbrennungsrückstände der Flugzeuge
- Gefährdung von Beschäftigten durch Abgasfahnen und Wirbelschleppen der Flugzeuge bei Höhenarbeiten.

Die vorliegende Untersuchung wurde durch folgende RWTÜV-Mitarbeiter durchgeführt:

- Dipl.-Ing. Jürgen Farsbotter\* (Konzeption und Redaktion, Kap. 1, 2, 4.2.1, 4.2.3, 4.2.4, 7 & 8)
- Dipl.-Ing. Matthias Ibing (Kap. 4.1.4, 5.1.4, 6.1.4)
- Dr.-Ing. Hans-Jürgen Lehmann (Projektleitung und Kap. 3 & 8)
- Dipl.-Ing. Erika Moch\* (Kap. 6.2 und 7)
- Dr.-Ing. Rainer Röder (Kap. 4.1.2, 5.1.2, 6.1.2)
- Dipl.-Phys.-Ing. Georg Spellerberg (Kap. 4.1.1, 5.1.1, 6.1.1)
- Dipl.-Ing. Gerhard Sprenger\* (Kap. 4.2.1)
- Dr.-Ing. Franz Stein\* (Kap. 5.2 und 7)
- Dipl.-Ing. Thomas Stephan\* (Kap. 6.2 und 7)
- Dr.-Ing. Vera van Wasen\* (Kap. 4.2.2, 5.2 und 7)
- Dipl.-Ing. Wilhelm Wüllscheidt\* (Kap. 4.3, 4.1.3, 5.3, 5.1.3, 6.3, 6.1.3 und 7)

Die mit \* gekennzeichneten Mitarbeiter sind als Sachverständige nach § 29a Abs. 1 BImSchG bekannt gegeben.

## 2 Beurteilungsgrundlagen und Referenzunterlagen

Die in dieser Untersuchung dokumentierten Ergebnisse und Beurteilungen basieren auf

- den allgemeinen Rechtsgrundlagen für nach dem BImSchG genehmigungsbedürftige Anlagen
  - Bundes-Immissionsschutzgesetz - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I Nr. 71 vom 04.10.2002 S. 3830)
  - Störfall-Verordnung - Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - (12. BImSchV) vom 26. April 2000 (BGBl. I Nr. 19 vom 02.05.2000, S. 603)
  - Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (zitiert als: 2. Störfall-VwV) vom 27. April 1982 (GMBI. Nr. 14 vom 06.05.1982, S. 205) zuletzt geändert am 20. September 1993 durch Nr. 6 der Ersten Allg. Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (1. Störfall-VwV) (GMBI. Nr. 33 vom 23.09.1993, S. 582)
  - Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (3. Störfall-VwV) vom 23. Oktober 1995 (GMBI. Nr. 38, S. 782)
- dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) vom 18.09.1998 BGBl. I S. 2882, zuletzt geändert am 07.05.2002 BGBl. I S. 1529, 1534
- dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm 30. März 1971, zuletzt geändert am 25. September 1990
- der Richtlinie 89/336/EWG des Rates vom 3. Mai 1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über elektromagnetische Verträglichkeit, Amtsblatt Nr. L 139 vom 23.05.1989 S. 0019 – 0026
- der Arbeitsstättenverordnung - Verordnung über Arbeitsstätten vom 20. März 1975 (BGBl. I Nr. 32 vom 25.03.1975, S. 729) zuletzt geändert am 27. September 2002 durch Artikel 7 der Verordnung zur Rechtsvereinfachung im Bereich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, der Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und der Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (BGBl. I Nr. 70 vom 02.10.2002, S. 3777)
- der BGV B 3 (bisher: VBG 121) Lärm vom 1. Januar 1990 in der Fassung vom 1. Januar 1997, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften

- folgenden Normen/ Empfehlungen/ Richtlinien Dritter
  - DIN 33404 Gefahrensignale für Arbeitsstätten, Akustische Gefahrensignale Teil 1 (Juli 1977), Teil 3 (Mai 1982), Beiblatt 1, Teil 1 (September 1978)
  - VDI-Richtlinie 2719 - Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen August 1987
  - VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 - Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen; Sicherheitsanalyse, Mai 1987
  - Erläuterungen des VCI zur 3. StörfallVwV 1995 Stand Mai 1996, Verband der chemischen Industrie e. V.
- den von den Firmen Ticona und Infraserb beigestellten Informationen über den Standort und die dort betriebenen Anlagen
  - Genehmigungsanträge nach BImSchG
    - Polymerisationsanlage (Stand 02/02)
    - Trioxan/ Dioxolan (Stand 03/02)
    - Granulieranlage (Stand 03/02)
    - Formaldehydanlage II (Stand 12/00)
    - Herstellung von 130.000 jato Hostaform (13.05.2002)
  - Sicherheitsberichte u.ä.
    - Übergeordneter Sicherheitsbericht Werk Kelsterbach (Stand 2002)
    - Anlagenbezogener Sicherheitsbericht Trioxan/ Dioxolan (Stand 03/02)
    - Anlagenbezogener Sicherheitsbericht Polymerisationsanlage (Stand 06/02)
    - Alarm- und Gefahrenabwehrplan des Werkes Kelsterbach (Stand 11/02)
- folgende Arbeitspapiere des Flughafenbetreibers Fraport AG für Gutachten zum Themenkomplex TICONA vom 13.01.03
  - Hindernisfreiheit und Betriebsdurchführung
  - Flugverläufe im Bereich Ticona
  - Auswirkungen Wirbelschleppen im Endanflug
  - Gefährdung durch herabfallende Teile und „Blue Ice“ (zitiert als: Stellungnahme „Blue Ice“)
  - Vogelflug und Vogelschlag
  - Untersuchungen zu EMV/EMVU
  - Akustischer Bericht über die Lärmbelastung des Betriebsgeländes der Ticona (zitiert als: Stellungnahme Lärm 1)

- Zusammenfassung über wesentliche akustische Problempunkte und Einschätzungen gem. den Vorschriften für die Sicherheit und Gesundheit der Arbeit (zitiert als: Stellungnahme Lärm 2)
- den folgenden Gutachten, Fachbeiträgen und Veröffentlichungen
  - G. F. Kinney, K. J. Graham, "Explosive Shocks in Air", Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1986
  - Frank P. Lees, "Loss Prevention in the Process Industries", Butterworth-Heinemann, Oxford, 1996
  - B.J.M. Ale, M. Piers „The assessment and management of third party risk around a major airport“, Journal of Hazardous Materials 71 (2000) 1-16
  - J. Meyer „Brandschutz auf Flughäfen“, Brandschutz/ Deutsche Feuerwehr-Zeitung 7/1972
  - Dierckze, "Theory and practice of air crash fire-fighting", Fire Engineers journal, Juni 1985, 13 – 14 (zitiert als: Dierckze)
  - Ortner, Hensler: "Beurteilung von Kunststoffbränden". Veröffentlichung des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz, abzurufen unter [www.bayern.de/lfu/luft/ku-braende](http://www.bayern.de/lfu/luft/ku-braende)
  - Rainer Konersmann „Sicherheitstechnische Betrachtungen zum Luftverkehr“, TÜ Bd. 43 Nr. 7/8 Juli/August 2002 (zitiert als: Konersmann)
  - Rainer Konersmann „Festlegung von Ausschlussflächen in Start- und Einfugschneisen von Flughäfen und Landeplätzen gemäß Störfallverordnung“, Forschungsbericht BAM Nr. 231, Juli 1998 (zitiert als: Konersmann-Ausschlussflächen)
  - DOE Standard „Accident analysis for aircraft crash into hazardous Facilities“, US Department of Energy, Washington DC 20585, DOE-STD-3014-96 October 1996 (zitiert als: DOE-Standard)
  - R.P. Stickles, G.A. Melhem, D.R. Eckhardt; „Improve the Design of Fire Emergency Relief Systems“, Chemical Engineering Progress, November 1995, Page 50 – 57
  - Herrick, J., Breathing Apparatus – A Part of Personal Protection, Fire Engineers Journal, Nov. 1999, S.24 ff
  - Prof. Dr.-Ing. G. Schänzer, "Intensität der durch Wirbelschleppen induzierten Strömungsgeschwindigkeiten in Bereich des TICONA Werksgeländes" (zitiert als: Schänzer-Wirbelschleppen)
  - Arbeitspapier zum Gutachten des RWTÜV "Untersuchungen von flugbetrieblichen Auswirkungen auf die Sicherheit von Betriebsanlagen und den Arbeitsschutz der

- Firmen Ticona und Infracerv"; Vorläufige Trendaussagen zum Risiko, Februar 2003, GfL (zitiert als: GfL Februar 2003)
- Prof. Dr.-Ing. G. Schänzer, "Einfluss von Triebwerksstrahlen von überfliegenden Flugzeugen auf die Anlagen der Ticona " (zitiert als: Schänzer-Triebwerksstrahlen)
  - Artikel „Die Verantwortung ist ebenso groß wie die Sicherheit“, ZS-Magazin 1/86 (zitiert als: ZS-Magazin 1/86)
  - Sicherheitstechnisches Gutachten zum möglichen Gefahrenpotential durch den Katastrophenfall Flugzeugabsturz auf die Fa. TICONA, Polymerwerke GmbH in Kelsterbach, RWTÜV, Juni 1991 (zitiert als: RWTÜV 1991)
  - sowie auf den im Hause RWTÜV vorliegenden Kenntnissen über die in Rede stehenden Anlagen aus verschiedenen sicherheitstechnischen Beratungen und Bewertungen und den Erkenntnissen aus den Standortbegehungen/Untersuchungen vor Ort
    - Begehung zur Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit von MSR - Einrichtungen am 10.02.03
    - Begehungen zur Beurteilung des Lärmschutzes im Februar 2003
    - Begehung zur Beurteilung des Standortes am 21.02.03

### **3 Kurzbeschreibung des Standorts und der dort befindlichen Anlagen**

Die Produktionsanlagen der Ticona (einschließlich der Ethylenverdichterstation der Infracerv Hoechst) auf dem Betriebsgelände am Standort Kelsterbach befinden sich nordwestlich des Mönchhof-Dreiecks (A 67/A3) und unmittelbar östlich an der B 43, vgl. Lageplan (Anlage 1). Nach Angaben der Fa. Ticona sind zur Zeit rund 900 Mitarbeiter sowie etwa 150 Personen von Fremdfirmen im Werk beschäftigt.

Das Werksgelände liegt bereits heute im Anflugbereich (§ 12, Abs. 1, Nr. 5 LuftVG) zur vorhandenen Nordbahn, d. h. innerhalb einer 4.000 m-Distanz gerechnet ab Beginn der Lande-/Startbahn (siehe 2. StörfallVwV).

Bei Realisierung der geplanten Landebahn wird das Gelände im Anflugbereich sowohl der vorhandenen Nord- als auch der geplanten Nordwest-Landebahn zu liegen kommen.

### **3.1 Beschreibung der räumlichen Anlagenanordnung**

(vgl. Werksübersichtsplan Anlage 3)

Auf der Südwestseite des Geländes liegen in Blickrichtung Nordwest folgende Bauwerke:

- Biologische Abwasserreinigungsanlagen (Geb. 22, 27, P109)
- Energieanlage I (Geb. 21, 23)
- Werkstatt, Feuerwehr (Geb. 24)
- Kantine, Wasch-Umkleidegebäude (Geb. 31, 32)
- Verwaltung (Geb. 33, 34, 35)

Im Nordosten des Geländes liegen in genannter Blickrichtung die Polyacetat-Produktionsanlagen:

- Granulierung (Geb. 40 bis 44)
- Polymerisation (Geb. 51, 57, 56)
- Trioxananlagen I, II mit Dioxalanlage (Geb. 58 bis 60)
- die Formaldehydanlagen (Geb. 61 bis 62)

Im Nordosten sind in der angegebenen Blickrichtung:

- die Straßentankwagen- und Bahnkesselentladestation
- das Tanklager (Geb. 82, 84, 85)
- die Energieanlage II (Geb. 25, 26)

und in Nordwesten in gleicher Blickrichtung

- das Granulatlager mit der Faserverbundwerkstoff-Anlage (Geb. P205, P208)

angeordnet.

Die Bebauung des anschließenden Feldes nach Nordosten (Blickrichtung Nordwest nach Südost) umfasst:

- die Kunststoffverarbeitungstechnik mit Feuerwache (Geb. P 250),
- die Ethylenverdichterstation mit Bürogebäude (Geb. P 257, P 267),
- der Caltex-Messkopf mit Methanol Pipeline (Geb. P 262),
- das Tanklager (Geb. P 255),
- die Energieanlagen (Geb. P 260, P 270, P 290),
- das Kesselhaus mit Nebengebäuden (Geb. R 250, R 260, R 270),
- und die Verwaltungsgebäude (Geb. R 269, R 279)

Die Produkte werden in folgenden Produktionsanlagen hergestellt:

- Formaldehydanlage

- Trioxan-, Dioxolan-Anlage
- Polymerisationsanlage
- Granulierung

## **3.2 Produktionsanlagen**

### **3.2.1 Formaldehydanlage**

Der Formaldehyd-Prozess ist auf drei Gebäudekomplexe mit folgenden Einzelanlagen aufgeteilt:

- Methanoltanklager (Geb. 85)
- Verdichtergebäude (Geb. 61a)
- Formaldehyd-Anlage I (Geb. 61)
- Formaldehyd-Anlage II (Geb. 61)

Im Methanoltanklager ist ein Tank mit einem Volumen von 1500 m<sup>3</sup> vorhanden.

### **3.2.2 Trioxananlage**

Der Trioxanprozess ist auf folgende fünf Gebäude verteilt:

- Formaldehyd-Tanklager (Geb. 84)
- Trioxan-Anlage I, II (Geb. 58, 59)
- Trioxanlagerbehälter (Geb. 59a)
- Wärmerückgewinnungsanlagen, Bürogebäude (Geb. 58, 58b, 60)

Die Anlage enthält zwei Doppeltanks für Methanol sowie drei Formaldehydtanks. Die Trioxananlagen I, II stehen in Stahlbetontassen. In die Trioxananlage II sind fünf Trioxan-Lagerbehälter mit 3 • 63 m<sup>3</sup> und 2 • 100 m<sup>3</sup> Inhalt wiederum in einer Stahlbetontasse stehend integriert.

### **3.2.3 Polymerisation**

Die Polymerisations-Anlage besteht aus:

- 3 Polymerisationsstraßen (Geb. 53, 57)
- 12 Pulversilos (Geb. 51)
- Tanklager (Geb. 84, 85)

- Sicherheitsgasometer (Geb. 82)
- Chemikalien-Fasslager

An der Südseite des Gebäudes 57 befinden sich in gemauerten Räumen drei Bortrifluorid-Versorgungskugeln (2 x 500 kg in Betrieb, eine in Reserve). Die 12 Pulversilos weisen 200 m<sup>3</sup> Inhalt auf. Prozessvorlagen für Methanol/Wasser-Gemisch (125 m<sup>3</sup> und 250 m<sup>3</sup> Inhalt) sowie Rein-Methanol (125 m<sup>3</sup> Inhalt) sind im Tanklager aufgestellt. Für das Chemikalien-Fasslager liegt eine Genehmigung für 30.800 Liter brennbarer Flüssigkeiten (VbF) vor.

### **3.2.4 Granulierungsanlage**

Diese Anlage besteht aus folgenden Teilanlagen:

- Granulierung (Geb. 42)
- Granulatlager I, II (Geb. 41, 44)
- Schweißgranulat (Geb. 40)
- Abgasreinigung, Bürogebäude (Geb. 41, 43)
- Fertigproduktlager (Geb. P 205)

Leicht entzündliche oder explosive Stoffe sind in dieser Anlage nicht vorhanden.

### **3.2.5 Ethylenverdichterstation**

Das Ethylen wird nach Kelsterbach gedrückt, der Betriebsdruck der Pipeline beträgt saugseitig ca. 25 bar bis 30 bar und druckseitig ca. 35 - 40 bar. In der Verdichterstation wird das Ethylen mit 4 Verdichtern über Saug- und Druckverteiler zum Industriepark Höchst bzw. zur BASF nach Ludwigshafen weiter verteilt.

## **4 Gefahren durch den Flugverkehr**

Entsprechend der vorgegebenen Aufgabenstellung sind neben dem schwerwiegendsten flugverkehrsbedingten Gefahrenmoment des „Flugzeugabsturzes“ auch weitere Beeinträchtigungen, die wenigstens zum Teil dem normalbetrieblichen Flugverkehr zuzurechnen sind, zu berücksichtigen. Folgende Gefahren finden Berücksichtigung:

- Normalbetriebliche Gefahrenmomente
  - Lärm
  - Beeinträchtigung der Mess- und Regeltechnik durch elektromagnetische Störungen
  - Abgasfahnen, Hitze der Flugzeuge

- Wirbelschleppen
- Störungen im Flugverkehr
- Flugzeugabsturz
- Herabfallende Teile / Eis

#### 4.1 Normbetriebliche Gefahren

##### 4.1.1 Normalbetrieblicher Fluglärm

Die Berechnungen und vergleichenden Messungen, die dieser Untersuchung zugrunde liegen, wurden von der Fraport AG (Frankfurt Airport Services), Abteilung AFP-US (Ausbau-programm Flughafen – Umweltstrategie) durchgeführt (Stellungnahmen Lärm 1 und 2).

Die Berechnungen wurden für vier Bezugspunkte RP 1 - 4 auf dem Gelände der Ticona / In-fraserv durchgeführt, die im Lageplan, Bild 1 im Anhang, dargestellt sind. Der Bezugspunkt RP 1 stellt für Landungen von Westen auf der geplanten Landebahn 07N den am stärksten betroffenen Punkt dar, der Bezugspunkt RP 2 für das bestehende Bahnsystem 25 L/R in Ab-flugrichtung Nord-West. Weitere Rechenpunkte wurden an die nördliche Gebäudekante des neuen Verwaltungsgebäudes (RP 3) sowie an die Nordseite des Lager- und Versandgebäu-des P205 (RP 4) sowie im Nachtrag direkt an den Messpunkt MP 2 (RP 2a) gelegt.

Die derzeitige Situation wird durch deutlich höhere Immissionspegel bei Westbetrieb (Start in Richtung Westen) bestimmt. Die folgende Aufstellung zeigt die Ergebnisse (LAeq(3)) der Berechnung für Ostbetrieb, Westbetrieb und die reale Betriebsrichtungsverteilung in dB(A).

Rechenpunkt	Tag			Nacht		
	Ost	West	Real	Ost	West	Real
RP 1 (=MP1)	49,5	64,0	62,7	45,9	55,7	54,8
RP 2	58,8	68,1	66,9	54,7	59,7	59,1
RP 3	53,7	67,0	65,7	49,7	58,5	57,7
RP 4	51,0	65,7	64,4	47,1	57,0	56,2

Nach Realisierung der Landebahn 07N wird die Immissionssituation durch die Landeanflüge zur Landebahn 07N in niedriger Höhe über dem Einfahrtbereich der Ticona AG bestimmt.

Die folgende Aufstellung zeigt die Ergebnisse (LAeq(3)) der Berechnung für Ostbetrieb, Westbetrieb und die reale Betriebsrichtungsverteilung in dB(A).

Rechenpunkt	Tag			Nacht		
	Ost	West	Real	Ost	West	Real
RP 1 (=MP1)	78,6	57,7	73,0	68,6	49,9	61,5
RP 2	56,9	61,1	60,3	48,9	53,4	52,8
RP 3	63,2	60,1	61,1	53,5	52,3	52,5
RP 4	70,7	58,7	65,7	60,7	50,6	54,9
RP 2a (=MP2)			66,7			55,8

Nach Realisierung der Landebahn 07N ergibt sich eine Verschiebung der Geräuschbelastung auf dem Ticona / InfraserV-Gelände. Im Vergleich vorher/nachher wird der Südteil des Ticona / InfraserV-Geländes weniger und der Nordteil stärker durch Lärm belastet. Der Südteil des Geländes wird in Zukunft aufgrund der Tatsache, dass er derzeit von einem Großteil der startenden Flugzeuge überflogen wird und diese Überflüge nach Erweiterung deutlich reduziert werden, weniger belastet. Sehr stark betroffen ist der nördliche Zipfel des Betriebsgeländes im Bereich der Werkseinfahrt. Dort sind bei Ostbetrieb wesentlich höhere Geräuschimmissionen zu erwarten.

Die Ergebnisse dieser von der Fraport durchgeführten Berechnungen und Messungen (Stellungen Lärm 1 und 2) wurden von uns auf Plausibilität geprüft. Die Ergebnisse sind demnach plausibel und nachvollziehbar.

#### **4.1.2 Beeinträchtigung der Mess- und Regeltechnik durch den Flugverkehr**

Elektromagnetische Verträglichkeit ist die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.

Zufriedenstellend Arbeiten bedeutet, dass die vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme in ihrer bestimmungsgemäßen Funktion nicht gestört werden (d. h. dass keine fehlerhaften Signale auftreten) oder gar Geräte zerstört werden.

Die elektrischen Anlagen (einschließlich MSR – Einrichtungen) des Werkes sind nach diesem Grundsatz für die innerhalb eines Werkes auftretenden und die in der Umgebung des Werkes vorhandenen Störquellen ausgelegt. Andere, insbesondere nicht ortsfeste und hochfrequente Störquellen (z. B. leistungsstarke Funkeinrichtungen, Mobilfunkgeräte) werden bei der Auslegung üblicherweise ausgeschlossen.

Beim Ausbau des Flughafens Frankfurt wird das Werksgelände der Ticona GmbH in Kels-terbach in Zukunft von Flugzeugen in geringer Höhe überflogen. Die daraus resultierende Änderung der elektromagnetischen Umwelt (z. B. durch Funkverkehr, Radarsignale) wurde bei der seinerzeitigen Auslegung der elektrischen Anlagen des Werkes nicht aktiv berück-sichtigt.

Schwerpunktmäßig wird deshalb im nachfolgenden Kap. 5.1.2 die Störfestigkeit (d. h. die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, während einer elektromagne-tischen Störung ohne Funktionsbeeinträchtigung zu arbeiten) hinsichtlich elektromagneti-scher Störungen der MSR – Einrichtungen des Werkes durch den Flugverkehr (nicht ortsfeste hochfrequente Störungsquellen mit relativ hoher Intensität) betrachtet. In Kap. 6.1.2 werden Maßnahmen vorgeschlagen.

Eine Störungseinstrahlung ist dabei in allen Bereichen (auch in Explosionsschutzzonen) und auch bei allen Einrichtungen (Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen) und allen Komponen-ten der MSR – Einrichtungen (Signalleitungswege, Energieversorgungswege und elektroni-sche Komponenten) zu unterstellen.

#### **4.1.3 Beeinträchtigung durch flugverkehrsbedingte Abgasfahnen und Hitze-wirkungen**

Der Einfluss von Triebwerksstrahlen von überfliegenden Flugzeugen wurde in der Untersu-chung „Schänzer-Triebwerksstrahlen“ betrachtet. Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Temperaturen im Triebwerksstrahl lediglich ca. 60 – 70 °C betragen. In Anbetracht der räumlichen Entfernung (minimal 50 m Überflughöhe) sind diese Temperaturen als offen-sichtlich sowohl für die Beschäftigten als auch für Prozessanlagen unkritisch – auch unter den Gesichtspunkten des Explosionsschutzes - anzusehen.

Es wird ferner plausibel dargelegt, dass bei einem typischen Triebwerksdurchmesser von ca. 3 m bereits ca. 300 m hinter dem Flugzeug die Strahlgeschwindigkeit in der Größe der

Rotationsgeschwindigkeit der Wirbelschleppen liegt. Bevor die Triebwerksstrahlen die Gebäude erreichen können, sind sie von den Wirbelschleppen vollständig eingerollt und werden damit gleichzeitig weiter abgekühlt und verdünnt. Bezüglich möglicher Einwirkungen auf Personen oder Einrichtungen auf dem Betriebsgelände der Ticona / InfraserV sind Triebwerksstrahlen daher nicht separat zu betrachten. Wirbelschleppen stellen den abdeckenden Fall dar, hierzu siehe Punkt 4.1.4.

#### **4.1.4 Beeinträchtigung durch Wirbelschleppen**

Durch Ablösevorgänge an den Tragflächen entstehen hinter jedem fliegenden Flugzeug zwei gegenläufig rotierende Luftmassen mit hohen Windgeschwindigkeiten. Dieser Bereich mit turbulenter Strömung hinter einem Flugzeug bezeichnet man "Wirbelschleppe". Bei landenden oder startenden Flugzeugen sind in Bodennähe die Auswirkungen dieser Turbulenzen durch Schäden an Gebäuden bekannt.

Die entsprechenden Effekte sind allgemein und für den hier in Rede stehenden konkreten Fall umfassend untersucht (siehe „Schänzer-Wirbelschleppen“).

Ein Viertel des Werksgeländes Ticona/InfraserV liegt in der Anflugfläche der in Rede stehenden neuen Landebahn; der übrige Bereich in der seitlichen Übergangsfläche. Das Werksgelände wird in geringer Höhe überflogen werden (< 100 m).

Aus diesen Gründen ist generell mit Auswirkungen von Wirbelschleppen auf das Werksgelände zu rechnen.

## **4.2 Flugzeugabsturz**

### **4.2.1 Eintrittswahrscheinlichkeiten**

Ein Flugzeugabsturz kann selbstverständlich allerorten stattfinden; das Risiko eines solchen Ereignisses steigt proportional zur Anzahl der Flugbewegungen in einem Betrachtungsbereich sowie überproportional in der Nähe von Flughäfen, da eben dort die kritischsten Flugphasen des Starts und der Landung abgewickelt werden.

Die Absturzhäufigkeit von Flugzeugen auf eine Fläche in der Umgebung eines Flughafens wird bestimmt durch:

- die Absturzwahrscheinlichkeit pro Flugbewegung (differenziert nach Starts und Landungen)
- die Anzahl der Flugbewegungen in dem betrachteten Anflug-/Abflugbereich

- die Lage der Fläche bezogen auf die Start-/Landebahn(en)
- die Größe der Fläche.

Zur Ermittlung der Absturzhäufigkeit auf das Ticona / Infraserb-Gelände wird die im DOE-Standard 3014 "Accident Analysis for Aircraft Crash into Hazardous Facilities", 1996 dargelegte Vorgehensweise angewandt. Die erforderlichen Daten wurden insbesondere den Tabellen des Appendix B "Guidance and Data for Impact Frequency Calculation" entnommen. Die Anwendung des konservativen Beurteilungsmodells dieses DOE-Standards ist nach Ansicht der Gutachter aus folgenden Gründen sinnvoll und gerechtfertigt:

- Der Standard aus dem Jahre 1996 ist hinreichend aktuell und verfügt insbesondere über eine ausreichend große Datenbasis, um verlässlich Wahrscheinlichkeiten und Lokalisationen abschätzen zu können.
- Der Standard wurde vom Department of Energy der USA entwickelt und zuerst zur Gefährdungsermittlung sensibler Objekte auf Militärischen Stützpunkten durch (militärischen) Flugverkehr eingesetzt. Den spezifischen Randbedingungen des zivilen Flugverkehrs wird bereits von vornherein durch jeweils unterschiedliche spezifische Faktoren und Verteilungen für verschiedene Typen ziviler und militärischer Luftfahrzeuge in der Norm selbst Rechnung getragen; insoweit ist eine Anwendung des Standards auch auf die Zivilluftfahrt vorgesehen und möglich.

Die hier zugrunde gelegten Faktoren und Verteilungen für „Air Carrier“ (d.h. vereinfacht Flugzeuge im Linien- oder Charterverkehr mit mehr als 30 Sitzplätzen oder mehr als 3400 kg Nutzlast) berücksichtigen ausdrücklich – siehe B 8 des Standards – die Verwendung von Instrumentenlandesystemen (ILS bzw. IFR „Instrument Flight Rules“) anstelle VFR „Visual Flight Rules“.

- Der Standard ist – trotz der großen Beurteilungsfläche von einer Quadratmeile – für die Beurteilung der Gefährdung auf kleinräumigeren Arealen geeignet. (Siehe bspw. C. Y. Kimura : Aircraft Crash Frequency Analysis of the Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL); June 9-13, 1997 Safety Analysis Workshop, Oakland, CA.) Die hier betrachtete NIF-Anlage hat Abmessungen von etwa 200 Metern an 130 Metern.

Die in dem vorliegenden Gutachten nicht vorgenommene Ermittlung der tatsächlichen Schadensfläche (Effective Area) zugunsten der Beibehaltung der großen Beurteilungsfläche des Standards (1 sqmi) und die damit einher gehende Modellvereinfachung ergibt ebenso wie die Nichtberücksichtigung von (schwer bis kaum zu erfassenden) Effekten aufgrund allgemeiner technischer Fortschritte im Flugverkehr und bei Landeverfahren im besonderen insgesamt eine obere (konservative) Abschätzung. Diese konservativen

Vereinfachungen bzw. diese Außerachtlassung der genannten Effekte ist in sicherheitstechnischen Fragestellungen allgemein übliche und akzeptierte Gutachterpraxis.

#### Absturzwahrscheinlichkeit:

Aus der Tabelle B-1 im DOE-Standard ist - basierend auf US-amerikanischen Unfallstatistiken - eine Absturzwahrscheinlichkeit für "Air Carrier" - also für kommerzielle Verkehrsflugzeuge - von  $1,9 \cdot 10^{-7}$  für Starts und von  $2,8 \cdot 10^{-7}$  für Landungen zu entnehmen. Für "Air Taxis" - also kleinere Zubringerflugzeuge o. ä. - werden Absturzhäufigkeiten von  $1,0 \cdot 10^{-6}$  für Starts und  $2,3 \cdot 10^{-6}$  für Landungen angegeben. Für den vorliegenden Untersuchungsfall werden - entsprechend der vorgesehenen überwiegenden Nutzung - für die neue Landebahn die Werte für "Air Carriers" als relevant eingestuft und im Weiteren verwendet.

Im Gutachten G13 des Raumordnungsverfahrens werden ebenfalls Absturzwahrscheinlichkeiten als Basis für die dort angestellten Risikobetrachtungen genannt. Die entsprechenden Zahlen sind  $0,44 \cdot 10^{-6}$  für Starts und  $0,65 \cdot 10^{-6}$  für Landungen (ohne Differenzierung nach Flugzeugkategorien). Diese Zahlen liegen in der gleichen Größenordnung wie die entsprechenden Zahlen des DOE-Standards. Ergänzend dazu soll darauf hingewiesen werden, dass in dem Arbeitspapier der GfL vom Februar 2003 "Vorläufige Trendaussage zum Risiko" eine Absturzwahrscheinlichkeit für den An- und Abflugbereich des Flughafens Frankfurt von  $10^{-7}$  bis  $10^{-8}$  angegeben wird. Dieser Wert ist nicht endgültig abgesichert.

#### Anzahl der Flugbewegungen:

Die erwartete Anzahl/Flugbewegungen nach dem Ausbau des Flughafens Frankfurt beträgt nach Tabelle 4 des Gutachtens G13 656.000 pro Jahr, davon entfällt jeweils die Hälfte - also 328.000 - auf Starts bzw. Landungen.

Für die Abschätzung der Gefährdung des Ticona / InfraserV-Geländes sind die Anzahl der Landungen auf der Bahn Nord-West sowie die Starts in westlicher Richtung mit nordabdrehemdem Kurs von Bedeutung. Entsprechend dem Gutachten G13 entfallen 13,1 % - das sind ca. 43.000/a Landeanflüge - auf Landungen auf Ostkurs mit Überfliegen bzw. Berühren des Ticona / InfraserV-Geländes. Auf Landungen auf Westkurs auf der geplanten Start-/Landebahn - also ohne Überfliegen des Ticona / InfraserV-Geländes - entfallen 38,6 % der Landungen, das sind ca. 125.000 Landungen/Jahr.

Auf die Starts in westlicher Richtung mit nordabdrehendem Kurs entfallen nach dem neuen Betriebskonzept (Information Fraport APF-KE vom 13.01.03) 1,6 %, das sind ca. 5.000 Starts/Jahr.

Auf Starts in westlicher Richtung mit südabdrehendem Kurs entfallen 33,3 %, das sind ca. 120.000 Starts.

Auf Landungen in östlicher Richtung auf der vorhandenen Landebahn in Betriebsrichtung 07R entfallen 13,3 %, das sind 43.600 Landungen.

#### Lage der Fläche:

Für die Ermittlung der ortsbezogenen Wahrscheinlichkeit eines Flugzeugabsturzes werden im DOE-Standard Appendix B entsprechende Wertetabellen differenziert nach Starts bzw. Landungen und Flugzeugkategorien zur Verfügung gestellt. In diesen Tabellen werden gerastert für Flächen von einer square mile (ca. 2,6 km<sup>2</sup>) in Abhängigkeit von der Entfernung von der Mitte der Landebahn und dem seitlichen Versatz in Bezug auf die Landebahn- bzw. Flugrichtung Absturzwahrscheinlichkeiten genannt.

Für das Ticona / InfraserV-Gelände ergibt sich daraus für Landungen in östlicher Richtung auf der geplanten Landebahn eine Wahrscheinlichkeit von 0,1 bis 0,15 bezogen auf ein Unfallereignis.

Für Landungen in westlicher Richtung können aus den o. g. Tabellen für das Ticona / InfraserV-Gelände keine Werte entnommen werden. Bei Landungen in westlicher Richtung wird das Ticona / InfraserV-Gelände nicht überflogen, so dass lediglich im Fall eines zu späten Aufsetzens auf die Landebahn das Ticona / InfraserV-Gelände grundsätzlich gefährdet ist. Diese Gefährdung ist aber voraussichtlich so gering, dass sie in der hier vorgenommenen relativ groben Abschätzung unberücksichtigt bleiben kann.

Für Starts in westlicher Richtung mit Überfliegen des Ticona / InfraserV-Geländes ergibt sich eine Absturzwahrscheinlichkeit von ca. 0,05 bezogen auf ein Unfallereignis.

Für Starts in westlicher Richtung mit südabdrehendem Kurs - also vom TICONA-Gelände weggerichtet - ergibt sich eine Absturzwahrscheinlichkeit von ca. 0,005 bezogen auf ein Unfallereignis. Für Landungen in Betriebsrichtung 07R beträgt die Absturzwahrscheinlichkeit ca. 0,001 pro Unfallereignis.

#### Größe der Fläche:

Die im DOE-Standard Appendix B angegebenen Absturzwahrscheinlichkeiten sind auf Flächen von jeweils einer square mile, also etwa 2,6 km<sup>2</sup> bezogen. Das Ticona / InfraserV-

Gelände umfasst etwa 20 % dieser Fläche. Auch wenn berücksichtigt wird, dass auch Abstürze in der Nähe des Ticona / InfraserV-Geländes vergleichbare Auswirkungen haben, wie ein Absturz innerhalb des Geländes, so ergibt sich durch den modellbedingten Ansatz einer 2,6 km<sup>2</sup> großen Bezugsfläche eine merkliche Überschätzung des Risikos. Diese wird hier einstweilen nicht weiter berücksichtigt.

In dem bereits erwähnten Arbeitspapier der GfL "Vorläufige Trenderaussage zum Risiko" werden Absturzwahrscheinlichkeiten für das TICONA-Gelände bezogen auf eine Rastergröße von 200 x 200 m angegeben. Das zugrunde liegende Datenmaterial und die angewandte Vorgehensweise zur Berechnung der Absturzwahrscheinlichkeiten werden nicht spezifiziert und sind dementsprechend nicht nachvollziehbar, so dass eine Verwendung der entsprechenden Zahlen an dieser Stelle zur Zeit nicht infrage kommt.

#### Ergebnis:

Unter Verwendung des o. g. Datenmaterials und unter Anwendung der Vorgehensweise gemäß Appendix B des DOE-Standards ergibt sich für das Ticona / InfraserV-Gelände eine Absturzhäufigkeit von ca.  $1,8 \cdot 10^{-3}$  / Jahr für Landungen in östlicher Richtung. Landungen in westlicher Richtung werden nicht explizit berücksichtigt, da von ihnen nur eine geringe Zusatzgefährdung ausgeht. Für Starts in westlicher Richtung mit Abdrehen auf nördlichen Kurs errechnet sich eine gegenüber dem ersten Wert gleichfalls untergeordnete zu addierende Absturzhäufigkeit von ca.  $5 \cdot 10^{-5}$  / Jahr für das Ticona / InfraserV-Gelände.

Für Starts in westlicher Richtung mit südabdrehendem Kurs errechnet sich eine Absturzhäufigkeit von ca.  $1 \cdot 10^{-4}$ /Jahr. Für Landungen in Betriebsrichtung 07R liegt die ermittelte Absturzhäufigkeit bei ca.  $1 \cdot 10^{-5}$ /Jahr. In Summe ergibt sich eine Absturzhäufigkeit von 1,9 bis  $2,0 \cdot 10^{-3}$ /Jahr für das Gelände der TICONA/InfraserV.

Aufgrund der hier vorgelegten Untersuchungen für das Ticona / InfraserV-Gelände ist mit einem Unfallereignis innerhalb von ca. 500 Jahren zu rechnen. Die tatsächlich zu erwartende Unfallrate dürfte deutlich geringer sein, da seit 50 Jahren (mit Ausnahme eines Absturzes in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts) kein Absturz auf dem Gelände des Flughafens Frankfurt/Main aufgetreten ist und zwischenzeitlich deutlich verbesserte Technik für den Landeanflug vorhanden ist.

Eine entsprechende Differenzierung nach Landeanflugverfahren ist in dem DOE-Standard nicht enthalten.

### Vergleich mit der Ist-Situation

Zum Vergleich der ermittelten Absturzhäufigkeit nach Ausbau des Flughafens Frankfurt wurde für den Ist-Zustand (Bezugsjahr: 2000) auf Basis der Zahlen über Flugbewegungen im Bereich des Frankfurter Flughafens gemäß Tabelle 4 aus dem Gutachten G13 und unter Anwendung der Vorgehensweise gemäß DOE-Standard die Absturzhäufigkeit für das TICONA-Gelände ermittelt. Dabei wurden für Starts die Betriebsrichtungen 25R und 25L und für Landungen die Betriebsrichtungen 07L und 07R berücksichtigt. Basiswert für die Rechnungen sind 500.000 Flugbewegungen, davon entfällt jeweils die Hälfte auf Starts bzw. Landungen.

Für die Betriebsrichtung 25 R werden 26,4 % der Starts, das sind 66.000/Jahr angesetzt. Die ortsbezogene Absturzwahrscheinlichkeit beträgt ca.  $3 \cdot 10^{-2}$  pro Absturzereignis, so dass sich eine Absturzhäufigkeit von ca.  $3,8 \cdot 10^{-4}$  ergibt. Dabei ist berücksichtigt, dass bei der Mehrzahl der Starts in Betriebsrichtung 25 auf nordabdrehenden Kurs das TICONA-Gelände überflogen wird.

Für die Betriebsrichtung 25L betragen die entsprechenden Zahlen 3,4 %, 8500 Starts, ortsbezogene Absturzhäufigkeit  $1,6 \cdot 10^{-5}$ /Jahr.

Für Landungen in Betriebsrichtung 07L und 07R betragen die Zahlen 13,6 % bzw. 12,7 %, 34000 bzw. 31750 Landungen, ortsbezogene Absturzwahrscheinlichkeit  $6,6 \cdot 10^{-4}$  bzw.  $0,9 \cdot 10^{-5}$ /Jahr.

Für den Ist-Zustand ergibt sich daraus für das TICONA-Gelände eine Absturzhäufigkeit von ca.  $1,1 \cdot 10^{-3}$ /Jahr, dies entspricht einem Unfallereignis in ca. 900 Jahren.

Diese Absturzhäufigkeit ist ca. ein bis zwei Größenordnungen höher als die im Gutachten RWTÜV 1991 zum Flugzeugabsturz auf das Ticona-Gelände angegebene. Der Unterschied folgt offensichtlich aus der Konservativität der DOE-Standards. Wir stufen die mit diesem Standard ermittelte Absturzhäufigkeit als Bezugswert ein, solange keine belastbaren anderweitigen Werte vorliegen.

### Anmerkungen:

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass in der Untersuchung „Konersmann Ausschlussflächen“ eine Vorgehensweise entwickelt wurde, die grundsätzlich eine genauere lokale Spezifizierung der Trefferwahrscheinlichkeit bei einem Flugzeugabsturz in der Start- bzw. Landephase ermöglicht als dies der hier verwendete DOE-Standard erfasst. In der o.g. Un-

tersuchung von Konersmann beträgt die Minimalgröße der Betrachtungsfläche 1745 m<sup>2</sup>, während im DOE-Standard mit einem Flächenraster von ca. 2,6 km<sup>2</sup> gearbeitet wird.

Die o. g. Untersuchung von Konersmann beruht auf deutschem Datenmaterial über Unfallereignisse in der Start- und Landephase von Flugzeugen der Startgewichtsklassen D (2,0-5,7 t) und E (<2 t), das sind kleinere Sport- und Reiseflugzeuge. Charakteristisch für die Flugbewegungen über dem Gelände der Ticona / InfraserV sind jedoch Flugzeuge der Startgewichtsklasse A (>20 t), so dass eine direkte Anwendung der Ergebnisse der o.g. Konersmann-Untersuchung nicht zulässig ist.

#### **4.2.2 Primärereignis des Flugzeugabsturzes**

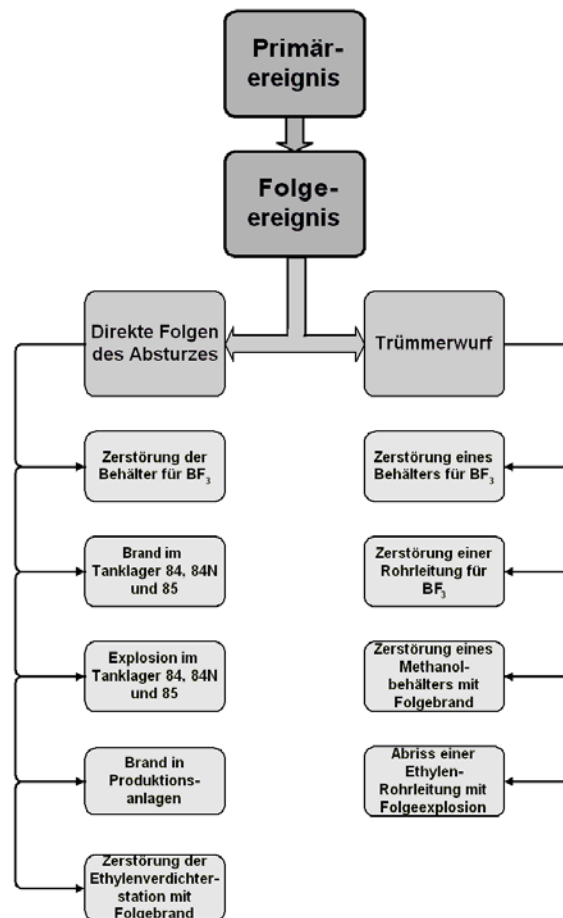
Das Primärereignis Flugzeugabsturz bedeutet unabhängig vom Ort des Absturzes grundsätzlich eine akute Gefährdung der Personen innerhalb des Flugzeugs. Die Gefährdung von Personen innerhalb des Flugzeugs ist jedoch nur insoweit Gegenstand dieser Untersuchung, dass die Rettung der Insassen durch Folgeereignisse (siehe nachfolgendes Kapitel) erschwert wird. Darüber hinaus wird im Rahmen der Betrachtung des Primärereignisses berücksichtigt, in wie weit auf dem Werksgelände der Ticona/ InfraserV Orte mit hoher Personenkonzentration existieren, so dass durch den Absturz neben den Flugzeuginsassen auch eine hohe Anzahl an Personen außerhalb des Flugzeugs unmittelbar akut gefährdet sind (siehe Kap. 5.2.2).

#### **4.2.3 Folgeereignis eines Flugzeugabsturzes**

Als Folgeereignis werden Schäden definiert, die durch direkte Folgen eines Absturzes auf gefahrstoffführende Anlagenteile sowie durch Trümmerwurf verursacht werden. Im Falle der Anlagen der Ticona/InfraserV ist dabei insbesondere mit Folgebränden und Freisetzung von toxischen Stoffen aus zerstörten Anlagenteilen zu rechnen.

Diese Ereignisse werden in Kap. 5.2.3 untersucht.

Zur Übersicht über die betrachteten Szenarien und die Art und Weise wie diese aufeinander aufbauen dient die folgende Grafik:



Das Kriterium zur Bestimmung des Schadensausmaßes eines Absturzereignisses ist die Festlegung der durch Treibstoffbrand und Trümmerwurf betroffenen Fläche. Die Größe dieser Fläche wird durch die Größe und Gewicht des Flugzeuges, die mitgeführte Treibstoffmenge und den Auftreffwinkel bestimmt. Diese Schadensfläche ist für jedes Absturzereignis spezifisch und nicht exakt vorhersehbar.

Es existieren verschiedene Methoden, mit denen versucht wird, diese Schadensfläche näherungsweise zu bestimmen. Zu nennen sind die folgenden mit den dargestellten beispielhaften Ergebnissen:

- eine auf der Auswertung tatsächlicher Absturzereignisse basierende Methoden weist Schadensflächen zwischen einigen tausend m<sup>2</sup> und über hunderttausend m<sup>2</sup> für Abstürze im Landeanflug aus
- weitere Methoden zur Festlegung von Schadensflächen basieren auf dem Gewicht des Flugzeuges. Die Festlegung des Unfallgebietes erfolgt hier durch Angabe einer Kennziffer, welche die Schadensfläche in Abhängigkeit von Gebäudetyp und vom Gewicht des Flugzeuges definiert. Sie beträgt für bebauten Gelände 200 m<sup>2</sup>/Mg Flugzeuggewicht.

Nimmt man zur Berechnung der Schadensfläche bei einem Absturz auf das Gelände der Fa. Ticona und Infraserb konservativ ein Flugzeug mit einem Landegewicht von 220 Mg (in etwa ein Airbus A340-600 mit weitgehend leeren Treibstofftanks) ergäbe dies eine Schadensfläche von 44.000 m<sup>2</sup>.

- gleichfalls ist eine Abschätzung alleine über die mitgeführte Treibstoffmenge möglich. Hier entspräche 17 Mg / 20 m<sup>3</sup> Treibstoff (etwa 10 % der Treibstoffmenge des o. g. Flugzeugs) eine Schadensfläche von 5.000 m<sup>2</sup>; ein vollgetanktes Flugzeug dieser Größe ergibt etwa 25.000 m<sup>2</sup>.

Diese Abschätzungsmethoden weisen allesamt ganz beträchtliche Modellunsicherheiten auf. Trüge man diesen Unsicherheiten in konservativer Weise durch eine obere Abschätzung Rechnung ergäben sich zweifelsohne Schadensflächen in der Größenordnung nahe 100.000 m<sup>2</sup>. Obwohl diese Zahl durchaus einer möglichen realen Situation entsprechen könnte, soll sie doch im vorliegenden Fall nicht für ein Störfallszenario samt Auswirkungsbetrachtung und daraus abzuleitende Gegenmaßnahmen genutzt werden und allenfalls unter dem Aspekt „Domino-Effekt“ betrachtet werden. Die vorgenannten Modelle berücksichtigen nicht das am Absturzort Ticona / Infraserb bereits vorhandene Gefahrenpotential und dessen Aktivierung mit den daraus resultierenden Sekundärfolgen, die eine beträchtliche Schadensausweitung bewirken können. Würden bezüglich der aus dem Flugzeugabsturz resultierenden Folgen (Brand und Trümmerflug) und damit der Schadensausweitung wiederum konservative Abschätzungen angewandt ergäbe dies die Freisetzung des gesamten Stoffinventars innerhalb einer derart großen Schadensfläche sowie dessen Inbrandgeraten – mithin letztendlich ein Brand auf der gesamten Schadensfläche. Dies ergäbe ein Gesamtszenario, welches dem weitgehenden Totalverlust der wesentlichen Werksanlagen ohne Betrachtung der inneren Abläufe in und Wechselwirkungen zwischen Werksteilen entspräche. Auf dieser streng konservativen Basis ist eine Ableitung von werksinternen Maßnahmen als wesentlicher Bestandteil dieser Untersuchung nicht möglich. Demgegenüber können werks-externe Maßnahmen (bspw. des Katastrophenschutzes) auch anhand kleinerer und insbesondere gestufter Szenarien entwickelt werden. Es erscheint also weder notwendig noch sinnvoll, an dieser Stelle ein solches „einfaches“, größtmögliches und wenig aussagekräftiges Szenario zu betrachten.

Aus diesem Grunde wird die Ableitung von Szenarien, abweichend von der üblichen Praxis, am „unteren“ Ende der Skala eines möglichen Schadensausmaßes begonnen, um zu er-

mitteln, ob und ggf. welche auswirkungsbegrenzenden und schadenseindämmenden Maßnahmen sinnvoll möglich sind.

Dem Ansatz folgend wird eine minimale Schadensfläche definiert, die durch die Abmessungen des Flugzeugs selbst bestimmt ist. Für einen Airbus A340-600 ergäben sich ca. 64 m an 75 m, mithin größenordnungsmäßig 5000 m<sup>2</sup>. Mindestens eine Fläche dieser Größenordnung würde im Falle eines Flugzeugabsturzes regelmäßig derart in Mitleidenschaft gezogen, dass hier eine Freisetzung des gesamten Stoffinventars aus den Anlagen der Ticona / Infraserb anzusetzen ist, jedenfalls soweit keine besonderen Schutzmaßnahmen ergriffen oder außerordentlich glückliche zufällige Umstände eintreten würden. In erster Näherung dürfte die Schadensfläche deutlich länger (in Flugrichtung) als breit (quer zur Flugrichtung) sein, da die Restgeschwindigkeit des Flugzeuges ein mehr oder minder langes Rutschen auch in eng bebautem Gelände bewirkt. Die hier abgeleitete minimale Schadensfläche liegt ein gutes Stück unter der nach DOE-Standard berechenbaren und ist somit tatsächlich als unterste Abschätzung an zu sehen.

Innerhalb dieser Schadensfläche ist der in erster Linie zu berücksichtigende Effekt der auftretende Brand von Treibstoffen sowie den aus den Anlagenkomponenten freigesetzten Brandlasten. Um hier zu einer Abschätzung zu gelangen wird folgendermaßen vorgegangen:

- Treibstoff: Die geplante Landebahn Nord / West wird ausschließlich als Landebahn genutzt. Landende Flugzeuge des Langstreckenverkehrs (und in großen Teilen des Mittelstreckenverkehrs) werden vor dem Start angepasst an Flugstrecke und Flugbedingungen (bspw. Mit- oder Gegenwind) optimiert betankt mit dem Ziel der „Ballast“-Minimierung, so dass eine Restfüllmenge von 10 % der Tankkapazität bei einer regelgerechten Landung als sinnvolle obere Abschätzung dienen kann. Dies ergibt – wiederum bei einem Airbus A340-600 – eine Menge von ca. 20.000 Litern (17 Mg).

Durch diese Menge ist der Fall des Mittel- und Kurzstreckenverkehrs, der nicht bei jeder Landung einen Tankstopp einlegt, mit abgedeckt, denn typische Mittel-/Kurzstreckenflugzeuge (bspw. Airbus A 320, Reichweite < 3000 km) weisen Tankvolumina < 25.000 Liter auf.

Nicht abgedeckt durch diesen Fall sind unplanmäßige Landungen des Langstreckenverkehrs, bspw. eine Rückkehr zum Startflughafen wegen technischer Probleme kurz nach dem Start. Dieser seltene Fall wird, da an dieser Stelle ja gerade keine konservative obere Abschätzung durchgeführt wird, hier nicht weiter betrachtet.

- Brandlasten der Anlagen: Zur Ermittlung der Brandlasten der Anlagen werden abdeckende Fälle betrachtet, d. h. die minimalen Schadensflächen mit der größten Brandlast.

In der das Methanol-Tanklager umfassenden Fläche (s. Kap. 5.2.3.1.2) ergeben sich nach Addition der Brandlasten aus dem Treibstoff und aus der Anlage Gesamtbrandlasten von ca. 2000 m<sup>3</sup> (leicht) entzündliche Flüssigkeiten, größtenteils aus dem Lagergut. In der die Produktionsanlagen umfassenden Fläche (s. Kap. 5.2.3.1.4) ergeben sich analog mind. 600 m<sup>3</sup> für drei Gebäude, wiederum größtenteils aus den vor Ort vorhandenen Stoffen.

Diese sind im Wesentlichen Flüssigkeiten, die sich entsprechend den örtlichen Verhältnissen ausbreiten und verbrennen. Die Folgen dieses Geschehens werden nachstehend in Kap. 5.2.3 untersucht.

Innerhalb der betrachteten minimalen Schadensfläche ist der Effekt des Trümmerflugs zweitrangig, da hier ohnehin eine weitgehende Zerstörung der Anlage durch die direkte Einwirkung des auftreffenden Flugzeugs sowie durch Brand zu unterstellen ist. Sie werden deshalb nicht weiter betrachtet.

Außerhalb der betrachteten minimalen Schadensfläche auftretender Trümmerflug entzieht sich einer verlässlichen Quantifizierung; der Trümmerflug erstreckt sich aber jedenfalls auf die gesamte tatsächliche Schadensfläche (die – u. U. weit - über die minimale Fläche hinausgeht) mit abnehmender Wirkstärke nach außen hin. Seine Wirkungen sind

- hinsichtlich eventueller Brände und deren Folgen sowie hinsichtlich der Freisetzung toxischer Stoffe durch die Betrachtungen für die minimale Schadensfläche bzw. durch die Domino-Effekte abgedeckt
- hinsichtlich mechanischer Einwirkungen sind jedoch andere Auswirkungen (wie bspw. die Freisetzung und Explosion hochentzündlicher Gase) zu erwarten.

Entsprechende Einzel-Szenarien werden in Kap. 5.2.3.2 betrachtet.

#### **4.2.4 Domino-Effekte**

Ausgehend von einem Primär- und Folgeereignis auf der oben definierten minimalen Schadensfläche ergeben sich Auswirkungen auf die angrenzenden Flächen. Diese sind in erster Linie bestimmt durch die Wärmestrahlung des Feuers sowie ggf. durch fliegende Bruchstücke auch aus Sekundärexplosionen.

Hierzu werden im Detail Überlegungen im Kap. 5.2.4 angestellt.

### **4.3 Herabfallende Teile & Blue Ice**

Die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte zeigen auf, dass schwerwiegende Gefahrenmomente durch herab fallende Flugzeugteile ausgesprochen selten auftreten, jedoch naturgemäß nicht mit letzter Sicherheit auszuschließen sind. Gemäß nachvollziehbarer Stellungnahme „Blue Ice“ der Fraport AG treten die höchsten mechanischen Belastungen im allgemeinen während der Startphase auf (Stöße durch Unebenheiten der Startbahn/ Vibrationen, aerodynamische Lasten bei ausgefahrenem Fahrwerk und Klappen, größte Masse des betankten Flugzeugs und höchste Schubleistung der Triebwerke). Da die Landebahn Nord-West im bestimmungsgemäßen Betrieb ausschließlich für Landungen genutzt werden soll, ist das Gefährdungspotential aufgrund herab fallender Flugzeugteile daher als gering einzustufen.

Im Gegensatz zu den herab fallenden Flugzeugteilen, ereignen sich Vorfälle aufgrund herab fallender Eisbrocken überwiegend bei landenden Maschinen. Die Ursache liegt in undichten Dichtungen an den nur am Boden von außen zu öffnenden Ablassventilen der Flugzeugtoiletten begründet. Eine solche Undichtigkeit kann insbesondere in großen Höhen auftreten, da dort der Druckunterschied zwischen Flugzeuginnenraum und der Atmosphäre besonders groß ist. Die ggf. austretenden Abwassertropfen vereisen während des Fluges in höheren, kälteren Luftschichten am Flugzeugrumpf und können letztlich zu Eisbrocken (sog. „Blue Ice“) mit einem Durchmesser in der Größenordnung von etwa 10 cm führen.

Beim Sinkflug in wärmere Luftschichten können sich diese Eisbrocken lösen und herabfallen; somit ist letztlich eine gewisse Gefährdung von Menschen und Sachwerten nicht von vornherein grundsätzlich auszuschließen – wenngleich nach hiesiger Kenntnis durch „Blue Ice“ hervorgerufene ernsthafte Schäden in Europa bislang nicht aufgetreten sind. Die Fraport AG gibt an, dass im Zeitraum 1996 bis 2002 bei mehr als 3 Millionen Flugbewegungen insgesamt nur 11 Blue-Ice-Fälle für ihren Flughafen offiziell gemeldet wurden.

Bezogen auf Personen und Anlagen, die sich auf dem Ticona / InfraserV- Werksgelände befinden, ist ferner zu bedenken, dass in weit überwiegenden Fällen die Ablösung von Eisbrocken vom Flugzeugrumpf bereits während der Sinkflugphase und nicht erst im Endanflug in einer Entfernung von deutlich mehr als 2 km zur Landebahn und damit außerhalb des hier zu betrachtenden Ticona / InfraserV- Werksgeländes erfolgt. Zudem beträgt der Anteil der möglicherweise gefährdeten Anlagenteile bzw. Personen nur einen sehr kleinen Bruchteil

der Fläche des Werksgeländes. Aufschläge auf größere Anlagenteile, Rohrleitungen, Bühnen und Straßen dürften kaum zu ernsthaften Schädigungen führen.

Nach hiesiger Meinung ist eine ernste Gefährdung des Betriebspersonals oder der Prozessanlagen auf dem Betriebsgelände der Ticona / InfraserV daher nicht zu erwarten.

## **5 Auswirkungen der Gefahren durch den Flugverkehr**

### **5.1 Normalbetriebliche Gefahren**

#### **5.1.1 Normalbetrieblicher Fluglärm**

Für die Auswirkungen von Fluglärm auf Industrie- und Gewerbeflächen liegen keine allgemein gültigen Bewertungskriterien vor. Die für Wohngebiete eingeführten und angewendeten Maßstäbe können aufgrund der deutlich geringeren Empfindlichkeit der Industrie- und Gewerbeflächen nicht auf diese übertragen werden. Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) ist im vorliegenden Fall nicht anwendbar.

In §15 der Arbeitsstättenverordnung sind folgende Angaben zum Lärm am Arbeitsplatz enthalten:

(1) In Arbeitsräumen ist der Schallpegel so niedrig zu halten, wie es nach der Art des Betriebes möglich ist. Der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz in Arbeitsräumen darf auch unter Berücksichtigung der von außen einwirkenden Geräusche höchstens betragen:

1. bei überwiegend geistigen Tätigkeiten 55 dB(A),
2. bei einfachen oder überwiegend mechanisierten Bürotätigkeiten und vergleichbaren Tätigkeiten 70 dB(A),
3. bei allen sonstigen Tätigkeiten 85 dB(A); soweit dieser Beurteilungspegel nach der betrieblich möglichen Lärminderung zumutbarerweise nicht einzuhalten ist, darf er bis zu 5 dB(A) überschritten werden.

(2) In Pausen-, Bereitschafts-, Liege- und Sanitätsräumen darf der Beurteilungspegel höchstens 55 dB(A) betragen. Bei Festlegung des Beurteilungspegels sind nur die Geräusche der Betriebseinrichtungen in den Räumen und die von außen in die Räume einwirkenden Geräusche zu berücksichtigen.

Neben der Arbeitsstättenverordnung sind auch die Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit der Chemie-Berufsgenossenschaft mit den entsprechenden Durchführungsanweisungen

gen zu berücksichtigen. Gemäß § 1 der BGV Lärm ist diese anzuwenden, wenn im Betrieb Versicherte der Berufsgenossenschaft unter Lärmgefährdung beschäftigt werden. In § 2 der BGV Lärm ist die Lärmgefährdung wie folgt definiert:

(1) Lärmgefährdung im Sinne dieser BG-Vorschrift ist die Einwirkung von Lärm auf Versicherte, die zur Beeinträchtigung der Gesundheit, insbesondere im Sinne einer Gehörgefährdung führen kann oder zu einer erhöhten Unfallgefahr führt.

Durchführungsanweisung: Werden Versicherte in Lärmbereichen beschäftigt, ist grundsätzlich die Gefahr einer Gehörschädigung gegeben. Während bei Beurteilungspegeln von 85 dB(A) bis 89 dB(A) Gehörschäden nur bei langdauernder Lärmbelastung auftreten können, nimmt bei Beurteilungspegeln von 90 dB(A) und mehr die Schädigungsgefahr deutlich zu. Bei Lärm mit Beurteilungspegeln von weniger als 85 dB(A) sind lärmbedingte Gehörschäden nicht wahrscheinlich. Bleibende Hörminderungen als Vorstufe von Gehörschäden können dagegen auch schon auftreten, wenn der Beurteilungspegel von 85 dB(A) geringfügig unterschritten wird.

In der VDI 2719 sind Anhaltswerte für Innenschallpegel auch für Arbeitsräume angegeben, die nicht überschritten werden sollten. Demnach sollten in Unterrichtsräumen, ruhebedürftigen Einzelbüros u.ä. Mittelungspegel von 30 – 40 dB(A) und mittlere Maximalpegel von 40 - 50 dB(A) nicht überschritten werden. Für Büros für mehrere Personen sind Mittelungspegel von 35 – 40 dB(A) und Maximalpegel von 45 – 55 dB(A), für Großraumbüros Mittelungspegel von 40 – 50 dB(A) und Maximalpegel von 50 – 60 dB(A) angegeben.

§ 12 der BGV Lärm sagt zur Signalerkennung folgendes aus:

(1) Wird durch Lärm die Wahrnehmung akustischer Signale, Warnrufe oder gefahrankündigender Geräusche beeinträchtigt und entsteht hierdurch eine erhöhte Unfallgefahr, muss der Unternehmer den Lärm nach den fortschrittlichen, in der Praxis bewährten Regeln der Lärminderungstechnik so vermindern, dass Signale, Warnrufe oder gefahrankündigende Geräusche in ausreichendem Maße wahrgenommen werden können.

(2) Ist eine ausreichende Verminderung des Lärms nicht möglich, hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass die Signalgeber entsprechend verbessert werden.

Die vorgenannten, in diesem Gutachten für die Beurteilung der Geräuschimmissionen beim Überflug landender Flugzeuge herangezogenen Vorschriften, Richtlinien und Normen entsprechen der aktuellen Rechtslage und repräsentieren nach unserer Ansicht den Stand der Technik hinsichtlich der Anforderungen an den Schallschutz an Arbeitsplätzen. Es ist daher nicht sachgerecht, die Vorgaben der TA Lärm oder anderer Regelungen, die der Beurteilung

von Anlagen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes dienen, zur Beurteilung heranzuziehen, da es sich bei Luftfahrzeugen nicht um solche Anlagen handelt.

Bei der Beurteilung ist zwischen drei Berechnungsvarianten Ostbetrieb, Westbetrieb und realer Betriebsrichtungsverteilung zu unterscheiden. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Verteilung von 75 % Westbetrieb und 25 % Ostbetrieb nicht zeitlich festlegen lässt, also durchaus z. B. auch längere Phasen reinen Ostbetriebs auftreten können, legen wir für die Beurteilung der Geräuschimmissionen den Ostbetrieb mit den höheren Immissionspegeln im bisher weniger betroffenen Nordteil des Betriebsgeländes zugrunde.

Wir gehen also davon aus, dass innerhalb von Büros und Warten ein maximaler Beurteilungspegel von 55 dB(A) entsprechend §15 (1).1 der ArbStättVO, im Bereich der Werkseinfahrt ein maximaler Beurteilungspegel von 70 dB(A) entsprechend §15 (1).2 der ArbStättVO zugrunde zu legen ist. In den meisten übrigen Bereichen ist ein Maximalwert von 85 dB(A) zugrunde zu legen. Ergänzend ist die VDI 2719 zu berücksichtigen.

Der - für die Betriebsanlagen selbst - in der Arbeitsstättenverordnung und in der BGV Lärm genannte Mittelwert von 85 dB(A) wird durch den Fluglärm an keinem Punkt auf dem Betriebsgelände überschritten. Dabei wird vorausgesetzt, dass im Mittel über die 8-stündige Beurteilungszeit im Wesentlichen die gleichen Mittelungspegel vorherrschen wie über die in den Berechnungen der Fraport angegebenen 16 Stunden während der Tageszeit.

Folgende Punkte sind unseres Erachtens dennoch als kritisch anzusehen und in detaillierteren Untersuchungen zu berücksichtigen.

- Der Bereich der Werkseinfahrt ist der von der Erweiterung am stärksten betroffene Bereich. Dort werden zwar die o.g. Werte nicht überschritten, jedoch ist bei der großen Anzahl Überflüge in sehr geringer Höhe (ca. 50 m) bei Ostbetrieb eine deutliche Einschränkung zumindest der Kommunikationsfähigkeit im Freien zu erwarten.
- Auf Basis der Annahme, dass die Schalldämmung der Fassadenelemente und der Fenster ausreichend sind, wird im Innern des Verwaltungsgebäudes R 300 insbesondere auch aufgrund der Klimatisierung der Räume der in der Arbeitsstättenverordnung genannte Wert von 55 dB(A) eingehalten.
- Das Gebäude P267 wird zur Zeit renoviert und anschließend wieder als Bürohaus eingerichtet. Eine Überprüfung der tatsächlichen Dämmwerte von Fassadenelementen ist auch dort anzuraten. Dies auch im Hinblick auf die in der VDI 2719 genannten mittleren und maximalen Innenpegel.

- Im Gebäude P 250 (Werksfeuerwehr) sind Schlaf- und Ruheräume für die Werksfeuerwehr untergebracht. Nach der Arbeitsstättenverordnung (§15(2)) ist in Ruhe-, Bereitschafts- und Liegeräumen ein Beurteilungspegel von 55 dB(A) einzuhalten. Die DIN 4109 gibt für die Einwirkung von Gewerbebetrieben auf Schlaf- und Arbeitsräume einen Maximalwert an von 35 dB(A) für die Tageszeit an. Dieser Wert sollte unseres Erachtens auch für die Schlafräume der Werksfeuerwehr angesetzt werden.
- In mehreren weiteren Gebäuden mit Büroräumen gelten die gleichen Anforderungen wie bei den o.g. Bürogebäuden. Insbesondere sind die Gebäude P205, P210, P211, P 215, P228, R250, R260, R269 und R279 zu berücksichtigen. Auch hier werden auf Grundlage der von der Fraport berechneten Immissionspegel die maximal zulässigen Beurteilungspegel von 55 dB(A) für überwiegend geistige Tätigkeiten (nach Arbeitsstättenverordnung) nicht überschritten.

Nach DIN 33404 sind akustische Gefahrensignale dann sicher hörbar, wenn ihr A-bewerteter Schallpegel den A-bewerteten Störschallpegel um 15 dB oder mehr übersteigt. Wenn sich der Zeitverlauf und/oder die Frequenz des akustischen Gefahrensignals deutlich vom Störschall unterscheiden, kann ein geringerer Schallpegel des Signals ausreichen. Es steht zu erwarten, dass bei einer derzeit demgemäßen Auslegung lokal Bereiche auftreten, innerhalb derer zukünftig eine Wahrnehmung der derzeitigen Gefahrensignale zeitweilig (während des Überflugs) nicht mehr möglich ist, insbesondere in derzeit „leisen“ Anlagenbereichen. Analoges gilt für die betriebsüblichen Kommunikationseinrichtungen / Wechselsprechanlagen.

Es wird darauf hingewiesen, dass sich auf den zur Zeit unbebauten Flächen im Nordteil des Ticona / Infraserb-Geländes aufgrund der recht hohen Geräuschemissionsbelastung insbesondere bei Ostbetrieb der Landebahn Nutzungs- und somit gegebenenfalls Vermarktungseinschränkungen ergeben können.

### **5.1.2 Beinträchtigung der Mess- und Regeltechnik durch den Flugverkehr**

Zur Ermittlung der von der Anlagenausführung abhängigen tatsächlichen Gefährdung, wurden beispielhaft die Ausführung der MSR – Einrichtungen für die Anlagen zur Trioxanherstellung, zur Polymerisation mit Silo und Tanklager und zur Granulierung besichtigt. Dabei wurde stichprobenweise nur das Konzept der EMV – gerechten Auslegung geprüft. Eine

Prüfung aller installierten MSR – Einrichtungen war im Rahmen dieser Begutachtung nicht möglich.

Prüfgrundlage waren dabei das EMVG und die Richtlinie 89/336/EWG (Elektromagnetische Verträglichkeit); geprüft wurde ausschließlich die Störfestigkeit im Sinne von Richtlinie 89/336/EWG Artikel 1 Nr. 3 hinsichtlich elektromagnetischer Störungen der MSR – Einrichtungen des Werkes durch vom Flugverkehr ausgehende elektromagnetische Wellen. Andere Gesichtspunkte des EMVG und der Richtlinie 89/336/EWG wurden nicht betrachtet.

Zur Trioxanherstellung und zur Polymerisation gehört jeweils ein Gebäude, in dem die zentralen Komponenten der Energieversorgung und der MSR – Einrichtungen angeordnet sind. Die verfahrenstechnischen Komponenten dieser beiden Anlagen sind in Metallkonstruktionen mit teilweiser Überdachung in der Nähe der jeweiligen Gebäude angeordnet. Die Granulierung ist vollständig in einem Gebäude untergebracht. Folgende Detailergebnisse wurden ermittelt:

- Die einzelnen Gebäude sind untereinander leitend (mittels Erdseilen) verbunden, die Metallkonstruktionen und verfahrenstechnischen Komponenten (u. a. wegen des erforderlichen Explosionsschutzes) über den Potentialausgleich an Erder angeschlossen.
- Gebäudewände und geerdete metallische Komponenten können zwar die hochfrequenten elektromagnetischen Felder schwächen, aber – vor allem bei einem sich über das Gelände bewegendem relativ starken Sender – nicht so stark verringern, dass störende Einflüsse auf die Leitungswege und die elektronischen Geräte immer sicher ausgeschlossen werden können. Dies gilt insbesondere für Leitungswege an den Außenseiten der Metallkonstruktionen und Leitungswege zu hoch gelegenen Komponenten.
- Die datentechnischen Verbindungen zwischen zentralen MSR – Einrichtungen sind teilweise mittels Lichtwellenleitern realisiert. Dies ist auch bei einigen Verbindungen zu Verteilern in den Metallkonstruktionen (Feldverteiler) der Fall. Störungen durch Funkwellen werden in diese Leitungsanlagen nicht eingekoppelt.
- Die mehradrigen Leitungsverbindungen von der zentralen MSR – Technik zu den Feldverteilern sind geschirmt. Der Schirm ist aber meist einseitig bei der zentralen MSR – Technik im Gebäude mittels Schirmzopf auf Erdpotential aufgelegt, die Ausführung also für hochfrequenztechnische Anforderungen nicht EMV – gerecht. Die Leitungslängen sind bei den im Flugverkehr verwendeten Frequenzen als lang anzusehen (d. h. nicht kurz gegenüber der Wellenlänge). Eine Einkopplung von Störungen in die Leitungen kann daher aufgrund der Antennenwirkung nicht ausgeschlossen werden.

- Potentialentkoppelnde Einrichtungen an den Ein- und Ausgängen von Leitungen können die Störungseinkopplung auf den Leitungswegen nicht verhindern. Entkopplungsbau- steine sollen primär eine Zerstörung der Geräte durch eingekoppelte Störsignale verhin- dern, sind jedoch kein Schutz im Sinne der EMV.
- Die Feldverteiler sind großteils mit Kunststoffgehäusen eingehaust. Auch hier lässt sich eine Störungseinkopplung durch Funkwellen nicht ausschließen. Eine Ausnahme bilden dabei zwei Feldstationen in der Polymerisation, die geerdete Metallgehäuse besitzen und bei denen der Kabelschirm EMV – gerecht aufgelegt ist.
- Die Signalleitungen zu den Messumformern sind ebenso wie die 24V – Leitungen der Energieversorgung ungeschirmt verlegt. Eine Störungseinkopplung durch Funkwellen lässt sich auch bei diesen Leitungen nicht ausschließen.
- Die Messumformer sind metallisch eingehaust, das Gehäuse hat eine leitende Verbin- dung zu den verfahrenstechnischen Komponenten. Eine direkte Einwirkung von Funk- wellen auf die Elektronik der Messumformer ist deshalb unwahrscheinlich.
- EMV – Zertifikate über die Störungsfestigkeit der MSR – Geräte bezüglich leitungs- geführter Störgrößen oder direkter Feldeinstrahlung lagen nicht vor.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Leitungs- und Schirmverlegung der MSR-Einrichtungen den üblichen Vorgaben der Gerätehersteller für den Anschluss ihrer Ge- räte in solchen Anlagen zwar entspricht, dass dabei aber die Anforderungen bei einer Ein- strahlung hochfrequenter Funkwellen aus geringer Höhe nicht berücksichtigt sind. Grund- sätzlich lässt sich die Einkopplung von Störungen durch Funkwellen in die MSR-Technik bei ungeschirmter und/oder nicht EMV-gerechter und nicht hochfrequenzgeeigneter Leitungs- und Schirmverlegung nicht ausschließen.

### **5.1.3 Beeinträchtigung durch flugverkehrsbedingte Abgasfahnen und Hitzewirkungen**

Entsprechend dem Ergebnis der Betrachtungen im Kapitel 4.1.3 sind Auswirkungen durch Abgasfahnen nicht einzeln zu betrachten, da Wirbelschleppen diesbezüglich den abdecken- den Fall darstellen, siehe Kapitel 5.1.4. Auswirkungen aufgrund der Abgastemperaturen von Düsentriebwerken sind offensichtlich (vgl. Kapitel 4.1.3) auszuschließen.

#### 5.1.4 Beeinträchtigung durch Wirbelschleppen

In dem vorliegenden Gutachten (Schänzer-Wirbelschleppen) wird der Einfluß der Wirbelschleppen auf das im An- und Abflugsektors des erweiterten Flughafens Frankfurt liegende Werksgelände der Ticona/InfraserV untersucht. In diesem Gutachten wurde bei einer Überflughöhe von 60 m eine resultierende Strömungsgeschwindigkeit am Gebäude von 25 m/s ermittelt. Dieser von uns akzeptierte Wert sollte als möglicher Extremwert für das gesamte Gelände angesetzt werden, da dies zu einem Viertel in der Anflugfläche und der übrige Bereich in der seitlichen Übergangsfläche liegt. Dieser Wert für die Strömungsgeschwindigkeit stimmt – unabhängig von der theoretischen Herleitung im o. g. Gutachten - mit den Beobachtungen von durch Wirbelschleppen in der Praxis verursachten Bauschäden überein, insoweit ist nach Ansicht der Gutachter ein Wert von 25 m/s für die Strömungsgeschwindigkeit als Grundlage für die nachfolgenden Aussagen als belegt anzusehen. Der Wert von 25 m/s entspricht einem Staudruck von  $q = \rho \cdot v^2 / 2 = v^2 / 1600 = 0,39 \text{ kN/m}^2$  (DIN 1055 Teil 4 Gl.(6)). Auswirkungen können relevant sein für Baulichkeiten und Personen.

- Für die verschiedenen Baulichkeiten auf dem Werksgelände ergeben sich differenzierte Beurteilungen:
  - Bei der Auslegung von Massivbauten des Hochbau (in der Regel bspw. Bürogebäude, Hallen usw.) wird die DIN 1055 Teil 4 für die Lastannahmen aus Wind zugrundegelegt, in der ein Staudruck in Bodennähe (0 bis 8 m) von  $0,5 \text{ kN/m}^2$  anzusetzen ist. Der Auslegungswinddruck liegt somit oberhalb des zu erwartenden Staudrucks aus Wirbelschleppen. Die globale Standsicherheit der Hochbauten ist somit nicht gefährdet, was Schäden an nichttragenden Bauteilen, wie Verkleidungen, nicht ausschließt.
  - Im Gegensatz zu den Massivbauten des Hochbau werden bei der Auslegung von anlagentechnischen Bauwerken ( Tanks, Kolonnen, Rohrleitungen) auch die dynamischen Wirkungen des Windes und lokale Besonderheiten berücksichtigt, da diese Bauwerke anfällig für windinduzierte Schwingungen und für Bauteilbeulen bei lokal begrenzten Druckkräften sind.
  - Schlanke Anlagenbauteile wie Kolonnen, Schornsteine und Rohrleitungen werden i. a. nach DIN 4133 ("Schornsteine aus Stahl") für Windbeanspruchungen ausgelegt. Dabei werden die Effekte aus konstantem Winddruck (statische Beanspruchung in Windrichtung), aus Wirbelablösung (dynamische Windbeanspruchung senkrecht zur Windrichtung) und aus Böen (dynamische Beanspruchung in Windrichtung) berücksichtigt. Bei Wirbelkernradien in der Größe von 1,0 m bis

3,0 m sind kurzzeitig und lokal begrenzt Winddruckspitzen zu erwarten, die durch die Auslegung nach DIN 4133 nicht erfasst werden und zu unzulässigen Beanspruchungen der Bauteile führen können. Eine besonders hohe dynamische Anregung ist zu erwarten, wenn die Frequenz der Wirbel aus der Wirbelschlepp mit der Ablösefrequenz übereinstimmt.

- Lagertanks mit großen Durchmessern werden nach DIN 4119 ausgelegt. Dynamische Untersuchungen sind in dieser Norm nicht vorgesehen. Auch bei dieser Art von Bauwerken können kurzzeitig und lokal begrenzt Winddruckspitzen zu unzulässigen Beanspruchungen und zu einer Gefahr lokalen Beulens führen.

Aus diesem Grunde sind detaillierte Untersuchungen der einzelnen Anlagen erforderlich um langfristig Schäden zu vermeiden.

- Hinsichtlich der Gefährdung für Personen (insbesondere bei Höhen- und Dacharbeiten) ist fest zu stellen, dass die in Spitzen mögliche Windgeschwindigkeit von 25 m/s bei der Beaufortskala an der Grenze zwischen den Windstärken 8 und 9 liegt. Diese Windstärke wird mit "erschwert erheblich das Gehen im Freien" beschrieben. Es ist somit zu erwarten, dass Arbeiten in größeren Höhen und auf ungeschützten geneigten Flächen eine Gefährdung für die Personen darstellen.

## **5.2 Flugzeugabsturz**

### **5.2.1 Vorbemerkung**

Um einen Überblick über das stofflich bedingte Gefahrenpotential des Standorts Ticona / InfraserV und die daraus resultierenden möglichen gefahrerhöhenden Momente hinsichtlich Flugzeugabsturz zu erhalten, wird nachfolgend eine Übersicht über das Inventar an störfallrelevanten Stoffen auf dem Gelände gegeben.

In dieser Auflistung sind die nach Umsetzung der Hostaform-Erweiterung in der Anlage vorhandenen Stoffmengen bereits berücksichtigt. Der Hold-up in den Tanklagern bleibt konstant, während der Hold-up in den beiden Anlagen (Polymerisation, Trioxan-Anlage) geringfügig zunimmt.

Dies hat keinen Einfluss auf die betrachteten Szenarien.

Stoff	Stoffeigenschaften	Menge [t]
Bortrifluorid	Sehr giftig beim Einatmen	1,2
Formaldehyd 25 - 80 Gew. %	Giftig beim Verschlucken, Einatmen und bei Berührung mit der Haut, brennbare Flüssigkeit	740
Methanol 10 - 100 Gew. %	Giftig beim Verschlucken, Einatmen und bei Berührung mit der Haut, leichtentzündliche Flüssigkeit	2100
Dioxolan, Methylal	Leichtentzündliche Flüssigkeit	120
Triethylamin	Leichtentzündliche Flüssigkeit	40

Darüber hinaus ist auf dem Werksgelände als weiterer störfallrelevanter Stoff auch Ethylen (hochentzündliches Gas) vorhanden. Hier ist zur Abschätzung des Gefahrenpotentials jedoch nicht die auf dem Werksgelände vorhandene Menge relevant, sondern die potentiell bei einem massiven Schadensereignis freisetzbare Menge. Die Leitungen von und zur Ethylenverdichterstation lassen sich in verschiedenen Entfernungen zur Verdichterstation absperrern. Sämtliche Absperrarmaturen sind manuell fernbedienbar, eine automatische Abschottung (z. B. über eine als MSR-Schutzeinrichtung ausgeführte Abschaltung bei unzulässigem Druckabfall PZ-) ist nur unmittelbar auf der Saugseite des Verdichters als Schutz vor zu hohen Eingangsdrücken vorhanden. Da zum einen bei den Absperrarmaturen im Nahbereich der Verdichter nach einem massiven Schadensereignis wie einem Flugzeugabsturz technische Defekte nicht grundsätzlich auszuschließen sind und zum anderen die schnelle und zielgerichtete Aktion von Personen auf dem Werksgelände (hier: Betätigen der Auslöseeinrichtungen für die Absperrarmaturen) nicht sicher vorausgesetzt werden kann wird unterstellt, dass über einen längeren Zeitraum keine Absperrung erfolgt und Ethylen unbegrenzt nachgefördert wird.

Die von diesen Stoffen ausgehenden Gefahren sind aus den entsprechenden Szenarien ersichtlich, im einzelnen steht

- die Freisetzung des gesamten Stoffinventars an Bortrifluorid in Kap. 5.2.3.1.1 abdeckend für die Gefahren durch sehr giftige Stoffe,
- der Brand des gesamten Inventars an Methanol in den Tanklagern 84, 84N und 85 in Kap. 5.2.3.1.2 abdeckend für die Gefahren durch leicht entzündliche Flüssigkeiten bezüglich der Brandauswirkungen,

- die Zerstörung der Ethylen-Verdichterstation mit nachfolgendem Brand in Kap. 5.2.3.1.5 abdeckend für die Gefahren durch hochentzündliche Gase bezüglich der Brandauswirkungen,
- die Explosion des gesamten Inventars an Methanoldämpfen in den Tanklagern 84, 84N und 85 in Kap. 5.2.3.1.3 abdeckend für die Gefahren durch leicht entzündliche Flüssigkeiten bezüglich der Explosionsauswirkungen sowie
- die Explosion von Ethylen bei maximaler Freisetzungsmenge in Kap. 5.2.3.2.4 abdeckend für die Gefahren durch hochentzündliche Gase.

Die Ausbreitungsrechnung soll Informationen liefern, die es erlauben, Beeinträchtigungen für Mensch und Umwelt in der Umgebung des Emissionsortes abzuschätzen und zu bewerten. Sie wurde nach der speziell für störfallbedingte Freisetzungen geschaffenen VDI-Richtlinie 3783 (Blatt 1, Neutralgase) durchgeführt. Die Anwendung des Neutralgasmodells für die Freisetzung von Bortrifluorid, das ein deutlich höheres Molekulargewicht als das durchschnittliche Molekulargewicht der Luft aufweist, ist insofern gerechtfertigt, da die Freisetzung stark impulsbehaftet erfolgt.

Die Berechnung der Auswirkungen durch Brand und Explosion von Stoffen erfolgt mit den Programmpaketen WHAZAN II bzw. EFFECTS. Das Programmpaket WHAZAN II (World Bank Hazard Analysis) wurde speziell zur Abschätzung der Folgen von Unfallereignissen entwickelt. Dies trifft auch auf das vom niederländischen Bureau for Industrial Safety TNO entwickelte Programmpaket EFFECTS zu.

Zur Bewertung der in der Umgebung des Werks durch Stofffreisetzungen auftretenden Schadstoffimmissionen hinsichtlich ihres toxischen Potentials wurden in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der Störfall-Kommission die ERPG-2-Werte als Vergleichswerte herangezogen (siehe Bericht SFK-GS-17). Der ERPG-2 Wert ist definiert als die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Darüber hinaus wurden zur Bewertung der Schadstoffkonzentrationen ebenso die AEGL-Werte berücksichtigt. Die AEGL-Werte (wie die ERPG-Werte) stellen Referenzwerte für im

Notfall zu treffenden Schutzmaßnahmen. Sie basieren ebenfalls auf der differenziert zu betrachtenden möglichen gesundheitlichen Schädigung bei unterschiedlichem Ausmaß der Exposition (nach Höhe der Konzentration und Zeitdauer). Die AEGL-Werte sind wie folgt definiert:

- AEGL-2 ist die luftgetragene Stoff-Konzentration (ausgedrückt in ppm oder mg/l) ab der die allgemeine Bevölkerung, inklusive empfindliche aber exklusiv hyperempfindliche Individuen, irreversible oder andere schwerwiegende langandauernde Schädigungen oder eingeschränkte Fluchtmöglichkeiten erleiden können. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-2-Wertes aber oberhalb AEGL-1-Wertes repräsentieren Expositionsschwellen, die spürbares Unwohlsein hervorrufen können.
- AEGL-3 ist die luftgetragene Stoff-Konzentration (ausgedrückt in ppm oder mg/l) ab der die allgemeine Bevölkerung, inklusive empfindliche aber exklusiv hyperempfindliche Individuen, lebensbedrohende Schädigungen oder Tod erleiden können. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-3-Wertes aber oberhalb AEGL-2-Wertes repräsentieren Expositionsschwellen, die irreversible oder andere schwerwiegende langandauernde Schädigungen oder eingeschränkte Fluchtmöglichkeiten hervorrufen können.

Im Gegensatz zu den ERPG-Werten, deren Anwendung sich nur auf den betrieblichen Störfall richtete und die ferner hauptsächlich dafür gedacht waren, den Nachbarschutz zu gewährleisten, sind in das AEGL-Konzept als Notfallplanungskonzept sowohl die Nachbarschaft als auch die Betriebsbelegschaft und die Rettungskräfte einbezogen. Weder die AEGL noch die ERPG-Werte haben den Charakter von Grenzwerten. Sie sind als Referenzwerte für die zu treffenden Notfallmaßnahmen anzusehen. Sie sind daher nicht anzuwenden auf die Bewertung zur konkreten Aussage über einen Gesundheitsschaden.

Darüber hinaus wurde zur ergänzenden Bewertung der IDLH-Wert herangezogen. Der IDLH-Wert definiert die Konzentration eines Stoffes, die nach einer Einwirkungszeit von bis zu 30 Minuten nicht zu irreversiblen Gesundheitsschäden oder zu solchen Gesundheitsschäden, die die Flucht aus dem Gefahrenbereich verhindern (z. B. schwere Augenreizungen), führt. Insofern ist die Definition des IDLH-Werts mit der des ERPG-2-Werts faktisch vergleichbar, jedoch auf einen kürzeren Expositionszeitraum bezogen, so dass bei kurzen Expositionszeiten der IDLH-Wert ein realistischerer Beurteilungswert ist.

In der nachfolgenden Tabelle sind die AEGL-2- und AEGL-3-Werte von Bortrifluorid sowie der ERPG-2-Wert aufgeführt. Der IDLH-Wert von Bortrifluorid liegt bei 70 mg/m<sup>3</sup> (25 ppm).

	10 Minuten	30 Minuten	60 Minuten		60 Minuten
	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>		mg/m <sup>3</sup>
AEGL-2	21	21	16	ERPG-2	30
AEGL-3	49	49	39		

Zur Bewertung der Auswirkungen durch Brand oder Explosion wurden je nach Sachverhalt verschiedene Beurteilungswerte herangezogen, die jeweils bei den betrachteten Szenarien erläutert sind.

### 5.2.2 Primärereignis

Der Absturz des Flugzeugs auf das Werksgelände der Ticona/ Infracore führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Brand des mitgeführten Kerosins. Nach einer Auswertung von mehr als 100 Absturzereignissen (siehe Dierckze) entwickelt sich der Kerosinbrand nach ca. 140 Sekunden zu einem Vollbrand.

Innerhalb des Werksgeländes stellt insbesondere das neue Bürogebäude (Bau R300) einen Ort mit hoher Personenkonzentration dar. Hier sind auf einer Fläche von ca. 50 x 100 m (umhüllende Linie des Gebäudekomplexes) während der normalen Arbeitszeit ca. 300 Mitarbeiter beschäftigt. Diese Mitarbeiter sind bei einem Flugzeugabsturz direkt auf das Gebäude durch mechanische Einwirkung und dem nachfolgenden Treibstoffbrand unmittelbar lebensbedrohend gefährdet.

### 5.2.3 Folgeereignis

#### 5.2.3.1 Direkte Folgen eines Flugzeugabsturzes

Als Folge eines Flugzeugabsturzes wird unterstellt, dass alle in einem Gebiet von 5000 m<sup>2</sup> liegenden Anlagenteile durch das Primärereignis vollständig zerstört sind.

Im Sinne einer konservativen Folgenabschätzung sind hinsichtlich der Auswirkungen

- Freisetzung toxischer Gase
- Wärmestrahlung
- Explosionsdruck

die folgenden Ereignisse zu betrachten:

- Zerstörung sämtlicher Behälter für Bortrifluorid (gemeinsame Aufstellung am Gebäude 57) als abdeckendes Ereignis für die Freisetzung toxischer Gase
- Zerstörung sämtlicher Behälter in den Tanklagern 84, 84N und 85 sowie ergänzend die
- Zerstörung von Produktionsanlagen.

Sämtliche der vorgenannten Ereignisse umfassen in ihrem Ausgangsstadium Flächen, die noch unterhalb der gesetzten minimalen Schadensfläche liegen, sie sind also „sichere“ Folgen eines Flugzeugabsturzes auch unter Außerachtlassung von Trümmerwurfeffekten. Die Flächen für die drei vorgenannten Fälle betragen unter 100 m<sup>2</sup>, 2500 m<sup>2</sup> resp. etwa 5000 m<sup>2</sup>.

Toxische Brandgase können sowohl aus dem Brand der Störfallstoffe (hier brennbare Flüssigkeiten) als auch aus dem Brand nicht störfallrelevanter Stoffe (insbesondere brennbare Kunststoffe) entstehen.

Die auf dem Werksgelände gehandhabten brennbaren Flüssigkeiten sind mit Ausnahme des Triethylamins Kohlenwasserstoffe, die keine weiteren Heteroatome wie Chlor oder Schwefel enthalten und die daher wesentlich zu Kohlendioxid und Wasser verbrennen. Die - wie bei jedem Hausbrand auch - gebildeten Mengen an Kohlenmonoxid sowie die im Falle des Brandes von Triethylamin gebildeten Mengen an Stickoxiden sind aufgrund der vergleichsweise geringen Konzentration im Brandgas und des großen thermischen Auftriebs bei den zu unterstellenden Brandereignissen nicht störfallrelevant.

An nicht störfallrelevanten Stoffen werden auf dem Werksgelände Ticona/ Infracore insbesondere große Mengen an Kunststoffen gelagert. Hierbei handelt es sich um Polyoxymethylen (Hostaform, Elementarbestandteile C, H, O), Polyester (Vectra, Elementarbestandteile C, H, O), Polyphenylsulfon (Ceramer, Elementarbestandteile C, H, O, S), glasfaserverstärkte Kunststoffe (Celstran, Elementarbestandteile C, H, N, O) sowie Polyphenylsulfid (Fortron, Elementarbestandteile C, H, S).

An relevanten Elementarbestandteilen hinsichtlich der Bildung toxischer Stoffe im Brandfall sind die Kunststoffe mit Schwefelanteil (Bildung von Schwefeldioxid) zu betrachten. Die Bildung von Stickoxiden bei stickstoffhaltigen Kunststoffen ist durch die Betrachtung von Schwefeldioxid abgedeckt, da die Elementarkonzentration an Stickstoff und die Bildungsrate an Stickoxiden gegenüber der Bildung von Schwefeldioxid deutlich geringer sind.

Das Polyphenylsulfid hat mit einem Massenanteil von ca. 30 % gegenüber dem Polyphenylsulfon mit einem Massenanteil von ca. 23 % einen höheren Schwefelgehalt, so dass die Betrachtung eines Brandes im Lagerbereich von Polyphenylsulfid hinsichtlich der

Bildung toxischer Brandgase abdeckend ist. Polyphenylensulfid ist nur schwer entflammbar, kann jedoch im Falle eines Flugzeugabsturzes direkt auf den Lagerbereich für Fortron im Geb. P205 (Lagerung von bis zu 1000 Tonnen) durch den Brand von Treibstoff mitverbrennen bzw. über Zersetzungstemperatur erhitzt werden. Zur Berechnung der Konzentration an Schwefeldioxid im Umfeld der Brandstelle sind Angaben zu Heizwert und Abbrand- bzw. Zersetzungsrate des Fortrons erforderlich. Angaben zur Abbrand- bzw. Zersetzungsrate liegen den Sachverständigen derzeit nicht vor, so dass eine Ausbreitungsrechnung nicht durchgeführt werden kann. Nach Abschätzungen von Ortner und Hensler wird bei einem Vollbrand - jedoch unter Annahme sehr vereinfachter Randbedingungen - der ERPG-2 Wert für Schwefeldioxid von  $8 \text{ mg/m}^3$  noch in einer Entfernung von mehr als 1 km vom Brandherd überschritten. Somit kann auch unter Berücksichtigung der sehr vereinfachten Randbedingungen für die Modellrechnung nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, dass bei Unterfeuerung des Fortrons durch Flugzeugtreibstoff eine Gefährdung von Personen auch im weiteren Umfeld des Lagergebäudes gegeben ist.

#### **5.2.3.1.1 Zerstörung der Behälter für Bortrifluorid**

Am Gebäude 57 sind maximal 3 Behälter für Bortrifluorid mit jeweils einem Fassungsvermögen von 500 kg vorhanden. Da jedoch die Behälter nie alle gleichzeitig vollständig gefüllt sind, beträgt der maximale Hold-Up an gasförmigem Bortrifluorid 1250 kg.

Bortrifluorid ist nicht brennbar, so dass das Gas in jedem Fall vollständig freigesetzt wird. Die Freisetzung ist aufgrund der spontanen Entspannung des Gases von 120 bar auf Umgebungsdruck stark impulsbehaftet, so dass Schwergaseffekte nicht auftreten. Darüber hinaus wurde der mit dem hohen Anfangsimpuls der Freisetzung verbundene Auftrieb dahingehend berücksichtigt, dass die Quellhöhe mit 20 m angesetzt ist. Die Thermik über dem Gelände durch die im Umfeld der Lagerbehälter vorhandenen Brände wurde dahingehend berücksichtigt, dass die Sperrschicht im Falle der ungünstigsten Ausbreitungssituation nicht wie üblich mit 20 m sondern mit 100 m unterstellt wurde.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung für die spontane Freisetzung von 1250 kg Bortrifluorid sind in Abb. 5-1 dargestellt. Der ERPG-2 Wert von  $30 \text{ mg/m}^3$  wird bei ungünstigster Ausbreitungssituation in einer Entfernung von ca. 3.250 m, der IDLH-Wert von  $70 \text{ mg/m}^3$  in einer Entfernung von ca. 1.900 m vom Freisetzungsort unterschritten. Der hinsichtlich der Personen außerhalb des Werksgeländes relevante Beurteilungswert AEGL-3 (Bezugszeit 10

(Bezugszeit 10 Minuten) wird in einer Entfernung von 2.300 Metern vom Freisetzungsort unterschritten.

Gleiche Ergebnisse erhält man auch, wenn die Freisetzung von 1250 kg  $\text{BF}_3$  auf eine Zeit von 10 bis 100 Sekunden gestreckt angenommen wird.

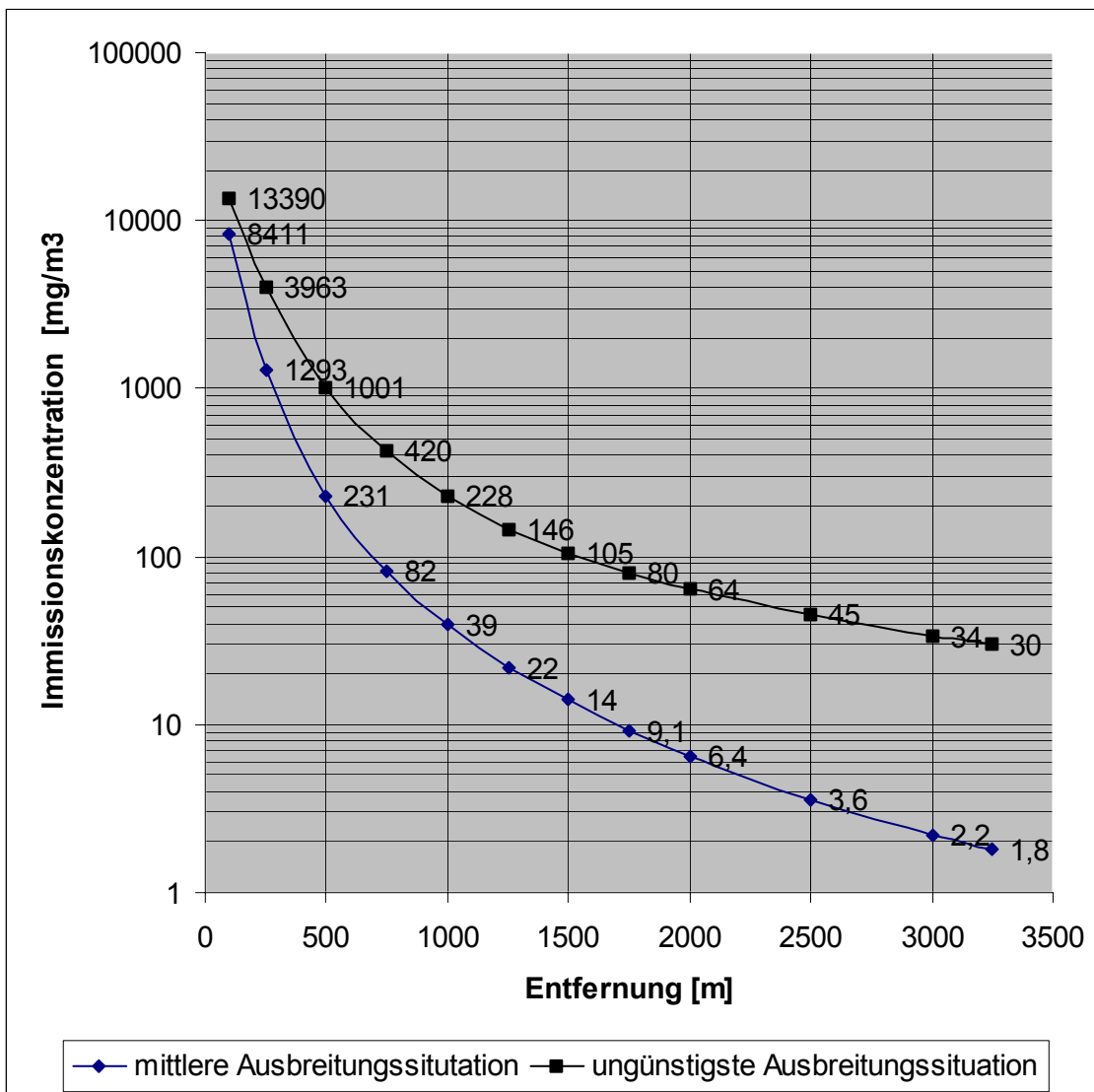


Abb. 5-1: Spontane Freisetzung von 1250 kg Bortrifluorid

### **5.2.3.1.2 Brand im Tanklager 84, 84N und 85**

Es wird unterstellt, dass als Folge eines Flugzeugabsturzes sämtliche Methanoltanks in den Tanklagern 84, 84N und 85 zerstört werden. Das auslaufende Methanol bildet eine Lache und wird entzündet.

Die Gesamtmenge an Methanol in den Lagertanks beträgt bei weitgehender Tankfüllung ca. 1.500 m<sup>3</sup>. Hinsichtlich der Lachengröße wird unterstellt, dass die beiden Tanktassen Gebäude 84 und 84N mit einer Gesamtfläche von ca. 900 m<sup>2</sup> vollständig gefüllt sind und das restliche überlaufende Methanol zusammen mit dem Methanol des Behälters B730.0 im Tanklager 85 eine stetig anwachsende Lachenoberfläche bildet. Auch unter Berücksichtigung der Bodenrauigkeiten infolge der Zerstörungswirkung durch den Aufprall des Flugzeugs ist davon auszugehen, dass die durch freies Auslaufen von Methanol gebildete Lachenoberfläche 3000 m<sup>2</sup> erreichen kann.

Die Wärmestrahlung in bestimmter Entfernung zur Brandstelle ist stark von Windstärke und Windrichtung abhängig. Hinsichtlich der Beurteilung der Gefahren für Personen, die sich zum Zeitpunkt der Freisetzung und Entzündung von Methanol zufällig im Bereich der Brandstelle aufhalten, ist der Aufenthalt in Windrichtung ungünstig. Ein Feuerwehrangegriff würde bei Wind jedoch von der windabgewandten Seite her erfolgen, so dass für die Bewertung der Gefahren für die Einsatzkräfte die Betrachtung des Brandes bei Windstille konservativ ist. Daher wurden die Berechnungen mit zwei verschiedenen Windgeschwindigkeiten durchgeführt.

Die Berechnung der Wärmestrahlung erfolgt mit dem Programm Whazan II. Die Angaben zur Flammenintensität (Surface Emissive Power) von Methanol sind in der allgemeinen Literatur uneinheitlich. Der höchste gemessene Wert beträgt nach Stickles 70 kW/m<sup>2</sup> und wurde im Sinne einer konservativen Betrachtung verwendet. Als Windgeschwindigkeit wurden 1,0 und 3,0 m/s gewählt.

In Abb. 5-2a und 5-2b ist das Ergebnis der Berechnung für fortschreitende Lachenoberflächen von 900 - 3900 m<sup>2</sup> dargestellt.

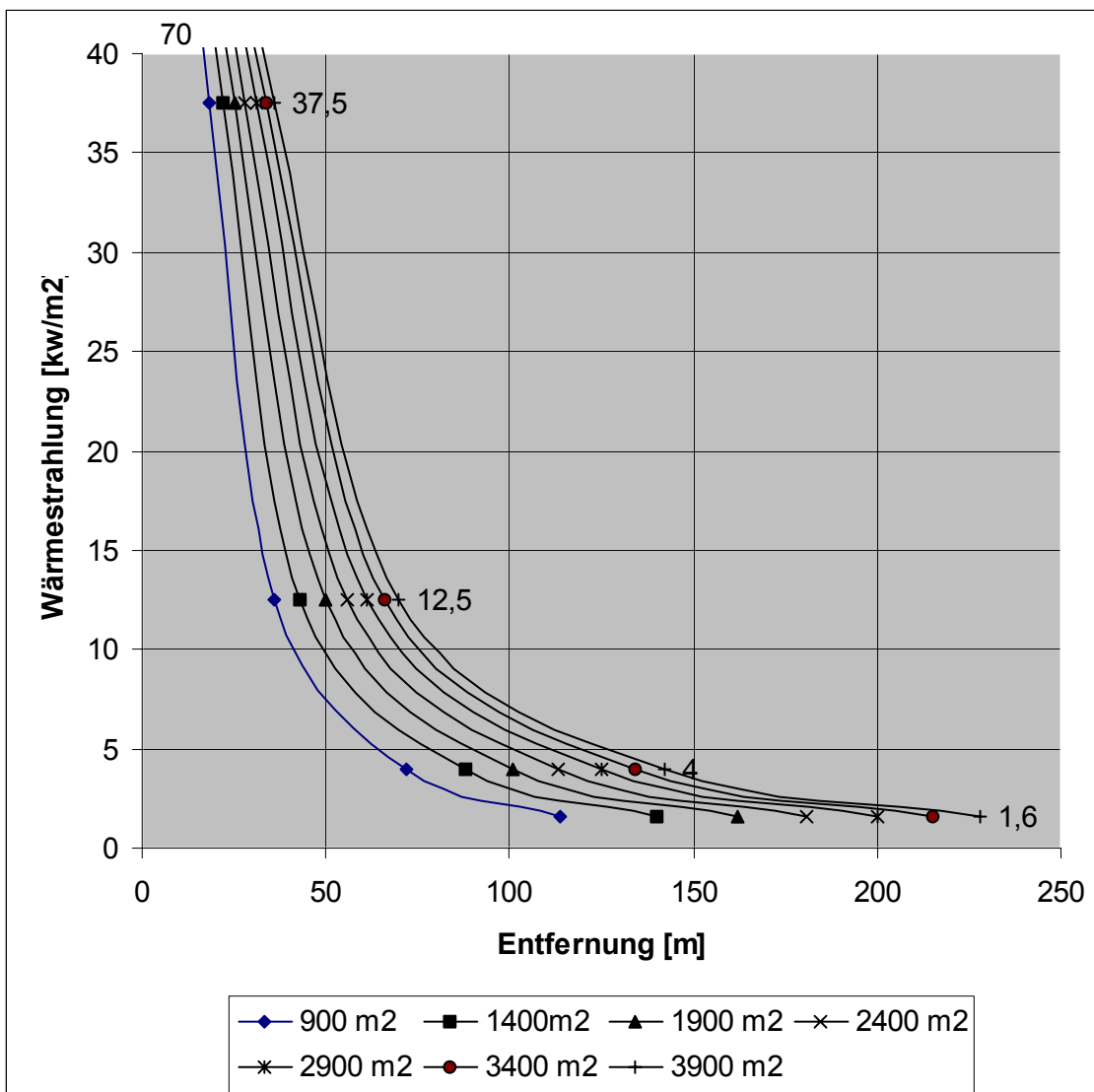


Abb. 5-2a: Brand von Methanol auf Flächen zwischen 900 und 3900 m<sup>2</sup> bei Windgeschwindigkeit 1 m/s

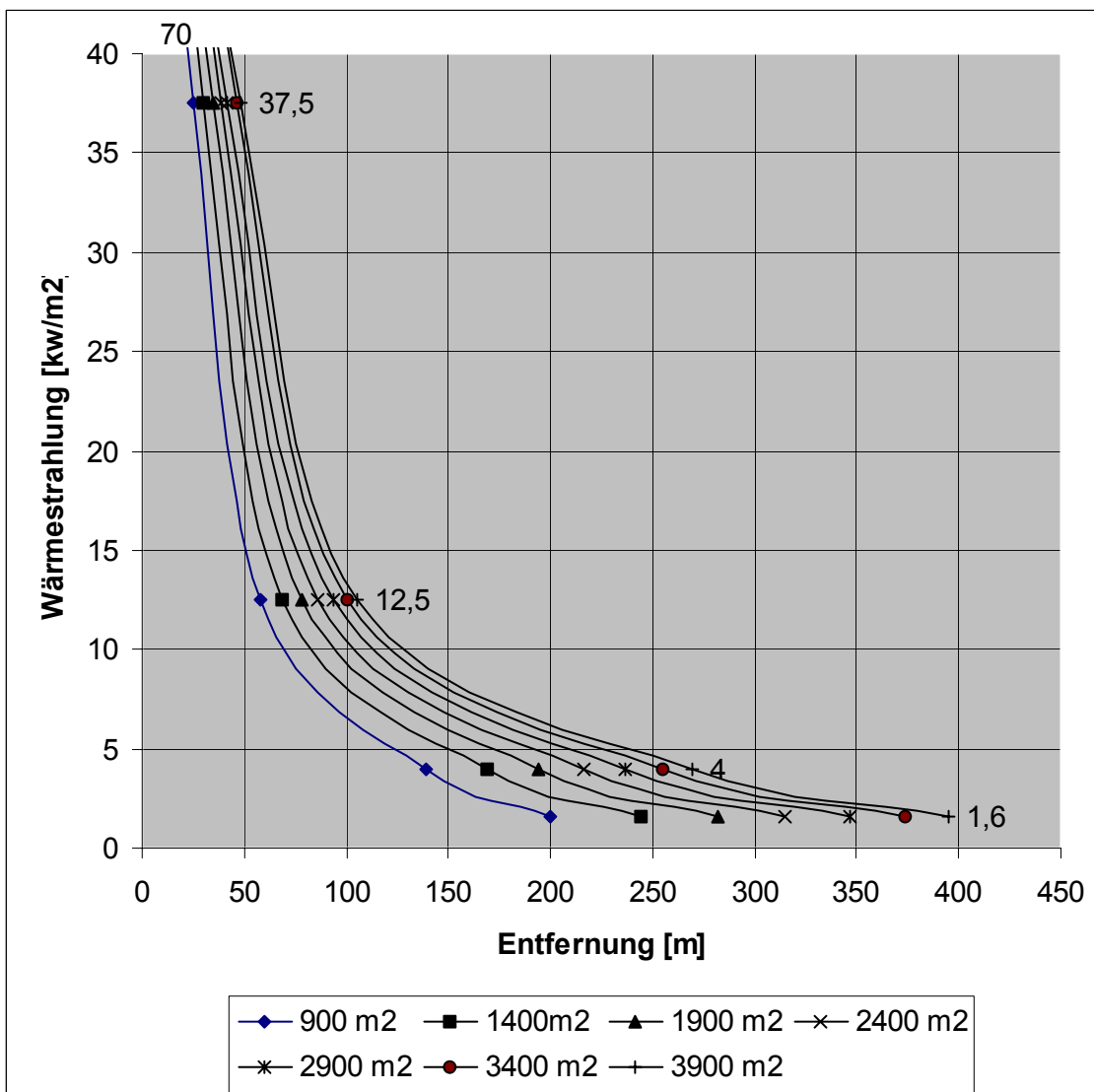


Abb. 5-2b: Brand von Methanol auf Flächen zwischen 900 und 3900 m<sup>2</sup> bei Windgeschwindigkeit 3 m/s

Einwirkung der Wärmestrahlung auf das Personal:

Betrachtung eines Brandes bei einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s: Eine Wärmestrahlungsintensität von 5 kW/m<sup>2</sup> wird in einer Entfernung von etwa 125 - 250 m zur Brandstelle unterschritten. Bei dieser Wärmestrahlungsintensität tritt bei unbedeckter Haut nach 15 Sekunden Schmerz, nach ca. 30 Sekunden Hautverletzungen auf. Tödliche Verletzungen treten bei Bestrahlungsstärken von ca. 40 kW/m<sup>2</sup> (Einwirkungszeit 10 Sekunden) bzw. ca. 20 kW/m<sup>2</sup> (Einwirkungszeit 20 Sekunden) auf. Diese Bestrahlungsstärken werden in einer Entfernung von etwa 25 - 45 m bzw. etwa 45 - 75 m zur Brandstelle erreicht.

Betrachtung eines Brandes bei einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s: Die Wärmestrah-

lungsintensität, die längere Zeit von Feuerwehrleuten mit entsprechender Feuerwehrsutzbekleidung ertragen wird, liegt bei  $3 \text{ kW/m}^2$ , kurzzeitig (1 Minute) auch bis zu  $10 \text{ kW/m}^2$ . Die Entfernung bei der eine Wärmestrahlungsintensität von  $3 \text{ kW/m}^2$  unterschritten wird, liegt bei etwa 80 - 160 m. Ein Feuerwehreinsatz in besonderer Schutzkleidung ist bei Bestrahlungsstärken bis zu  $8 \text{ kW/m}^2$  möglich. Dies entspricht einer Entfernung von ca. 50 - 95 m.

#### Einwirkung der Wärmestrahlung auf benachbarte Anlagenteile

Zur Abschätzung, bis zu welcher Entfernung zu dem brennenden Tanklager Geb. 84, 84N und 85 die Standfestigkeit von Anlagenteilen beeinträchtigt wird, sind die kritischen Bestrahlungsstärken für Tanks und Gebäudeteile relevant.

Als kritische Bestrahlungsstärke für Lagertanks sind je nach Ausführung hinsichtlich Material und Wanddicke sowie Kühlung durch Berieselung Werte zwischen  $10$  und  $37,8 \text{ kW/m}^2$  genannt. Als kritische Bestrahlungsstärke für Fabrikgebäude werden Werte von  $8 - 12,6 \text{ kW/m}^2$  angegeben. Die kritische Bestrahlungsstärke für als Druckbehälter ausgeführte Anlagenteile liegt im oberen Bereich der Werte für Lagertanks bei  $37,5 \text{ kW/m}^2$ . Stahlkonstruktionen versagen bei einer kritischen Bestrahlungsstärken von  $42 \text{ kW/m}^2$  nach einer Zeit  $> 15$  Minuten.

Für dünnwandige drucklose nicht gekühlte Lagertanks ist ein Versagen aufgrund der Wärmestrahlung in einer Entfernung von der Brandstelle bis zu ca. 70 - 110 m nicht auszuschließen. Der Radius für eine potentielle Zerstörung von Gebäuden in der Anlage ist in etwa identisch. Die für Stahlkonstruktionen kritische Bestrahlungsstärke wird in Abhängigkeit von der zugrunde gelegten Lachenoberfläche in einem Abstand von 25 m für die kleinste betrachtete Lache bis zu ca. 45 m Abstand für die größte betrachtete Lache erreicht. Ein Versagen von Stahlkonstruktionen als tragende Bestandteile für Druckbehälter ist innerhalb der genannten Radien daher nicht auszuschließen.

#### **5.2.3.1.3 Explosion im Tanklager 84, 84N und 85**

Bei weitgehend entleerten Tanks in den Tanklagern ist nicht der Brand, sondern die Explosion das kritische Ereignis als Folge eines Flugzeugabsturzes. Das freie Volumen der Methanoltanks wird in Summe zu  $1.500 \text{ m}^3$  angenommen. In diesem Volumen befinden sich bei einem Dampfdruck von ca. 130 hPa und einer Dampfdichte von ca.  $1,3 \text{ kg/m}^3$  ca. 250 kg Methanoldampf.

Die Berechnung des Explosionsüberdrucks erfolgt mit dem Programm Whazan II. Die Ergebnisse der Berechnung sind in Abb. 5-3 dargestellt.

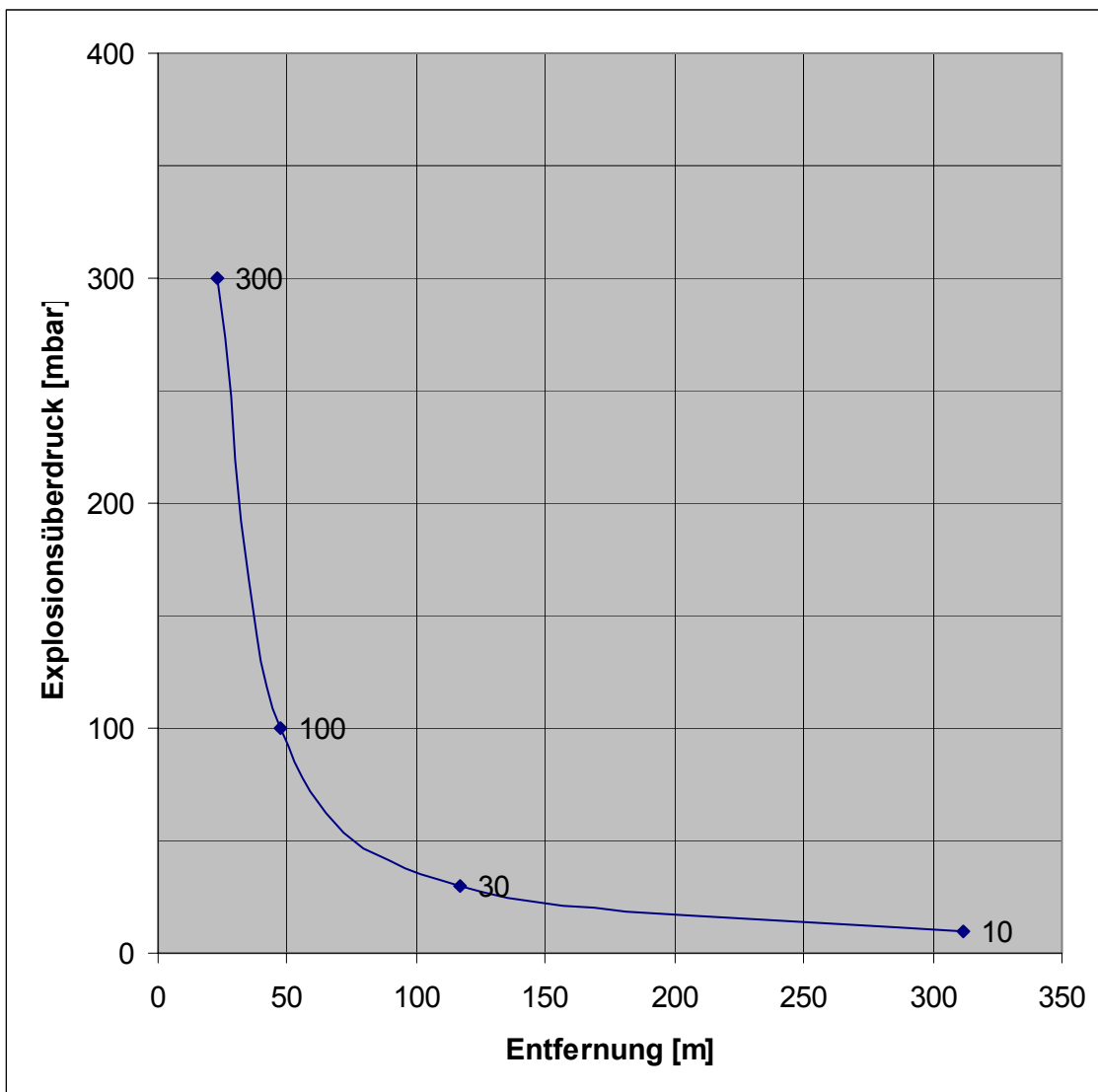


Abb. 5-3: Explosion von 250 kg Methanoldampf

Ein Explosionsüberdruck von 300 mbar wird in einer Entfernung von ca. 23 m erreicht. Bei diesem Überdruck sind mittlere bis schwere Gebäudeschäden zu erwarten. Reparable Gebäudeschäden sind bis zu einer Entfernung von ca. 47 m nicht auszuschließen (Explosionsüberdruck 100 mbar). Mit Glasbruch und entsprechenden Folgeverletzungen ist bis zu einer Entfernung von ca. 117 m (Explosionsüberdruck 30 mbar, ca. 50 % Glasbruch) bzw. bis ca. 312 m (Explosionsüberdruck 10 mbar, ca. 10 % Glasbruch) zu rechnen.

#### **5.2.3.1.4 Brand in Produktionsanlagen**

Als Folge eines Flugzeugabsturzes wird unterstellt, dass alle im Bereich der Gebäude 53, 57 sowie 58 liegenden Anlagenteile durch das Primärereignis vollständig zerstört sind. Die in den Anlagen vorhandenen Stoffe treten aus und geraten in Brand. Zur Abschätzung der zu berücksichtigenden Brandfläche werden die Geschossflächen (EG) der drei zu betrachtenden Gebäude 53, 57 und 58 addiert.

Die Polymerisationsanlage besteht aus zwei Betriebsgebäuden (Geb. 53 und 57) mit jeweils einer Abmessung von 79 m X 24 m, die Geschossfläche (EG) des Betriebsgebäudes 53 umfasst ca. 1200 m<sup>2</sup>, die des Betriebsgebäudes 57 beträgt ca. 1000 m<sup>2</sup>

Die Trioxan/Dioxolan-Anlage I und II besteht aus den in großen Teilen als Freianlage errichteten Gebäuden 58 und 59. Gebäude 58 hat eine Abmessung von 110 m X 22 m, die Geschossfläche in der Freianlage liegt bei etwa 1500 m<sup>2</sup>.

Die in dieser Betrachtung zu berücksichtigende Brandfläche liegt bei ca. 3700 m<sup>2</sup>.

Das Rückhaltevolumen in den drei Betriebsteilen (Geb. 53, 57 und 58) liegt bei jeweils etwa 200 m<sup>3</sup>.

In beiden Gebäuden (Geb. 53 und 57) werden im wesentlichen leichtentzündliche Flüssigkeiten gehandhabt, von denen Methanol mit > 90% den größten Anteil ausmacht. In der weiteren Betrachtung wird daher auf die Unterscheidung der einzelnen leichtentzündlichen Flüssigkeiten (Methanol, Dioxolan und Methylal) verzichtet. Der Hold-up an leichtentzündlichen Flüssigkeiten im Gebäude 53 und im Geb. 57 liegt jeweils bei etwa 200 t. In der Trioxan-Anlage I (Geb. 58) liegt der Hold-up an leichtentzündlichen Flüssigkeiten bei etwa 40 t, an Formaldehyd > 55% sind etwa 40 t vorhanden.

Die Wärmestrahlung des zu betrachtenden Ereignisses liegt im Bereich des bereits im Tanklager Gebäude 84, 84N und 85 berechneten Brandereignisses. Aus den in Abb. 5-3 a/b dargestellten Ergebnissen lässt sich ableiten, dass ein Brandübertrag durch Wärmestrahlung in die benachbarte Trioxan-Anlage II aufgrund der geringen Entfernung zwischen den Anlagen und der hohen Wärmebelastung sehr wahrscheinlich ist.

#### **5.2.3.1.5 Brand in der Ethylenverdichterstation**

Als direkte Folge eines Flugzeugabsturzes wird unterstellt, dass die Ethylenverdichterstation zerstört wird. In diesem Fall wird sich das austretende Ethylen sofort entzünden und abbrennen. Es wird unterstellt, dass der Verdichter vollständig funktionsunfähig ist und das Ethylen mit Saugdruck (ca. 30 bar) aus zwei Leitungen DN 150 austritt. Die Strahlrichtung ist

nicht vorhersehbar, jedoch wird konservativ von einer horizontalen Strahlrichtung ausgegangen.

Die Berechnung der Wärmestrahlung durch die sich ausbildende Jetflamme erfolgte mit dem Modell WHAZAN II. Vereinfachend wurden für die Modellrechnung die beiden Jets aus den 2 Leitungen DN 150 zu einem Jet zusammengefasst. Die Strahlungskonturen sind in den Abb 5-4 bis 5-7 dargestellt.

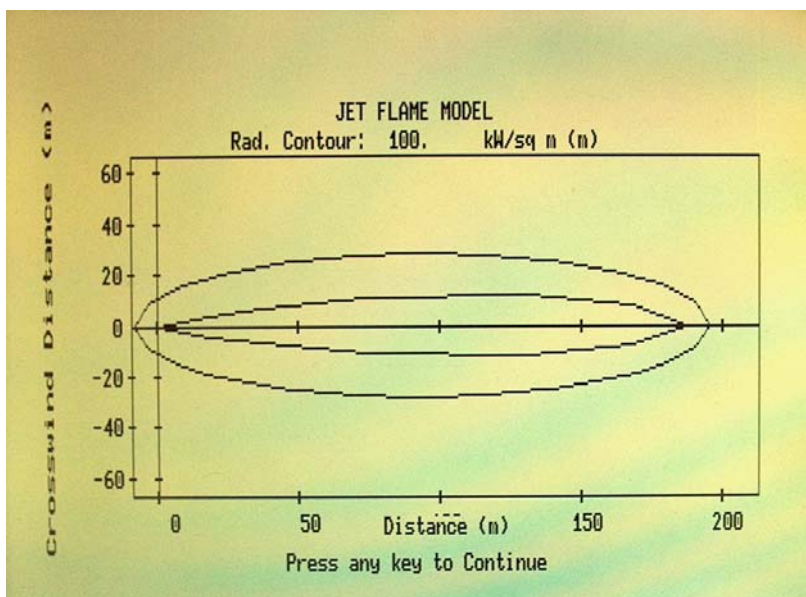


Abb. 5-4: Kontur der Strahlungsintensität 100 kW/m<sup>2</sup>

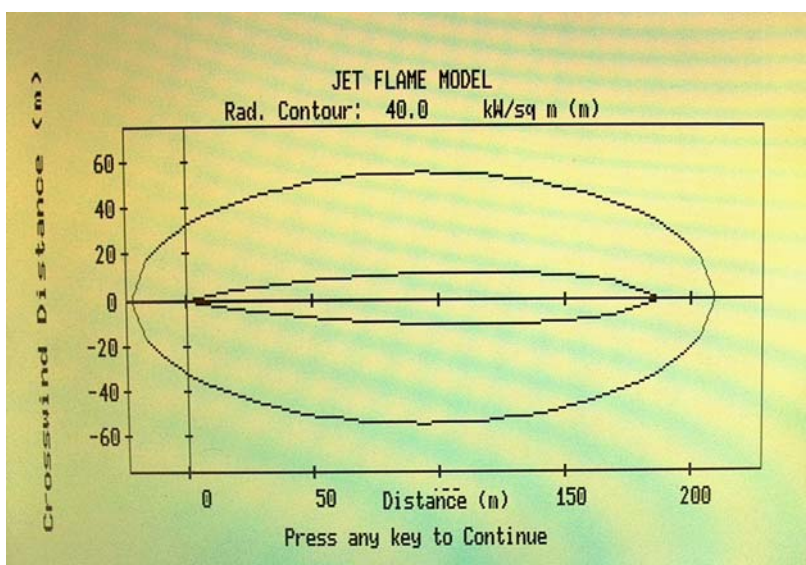


Abb. 5-5: Kontur der Strahlungsintensität 40 kW/m<sup>2</sup>

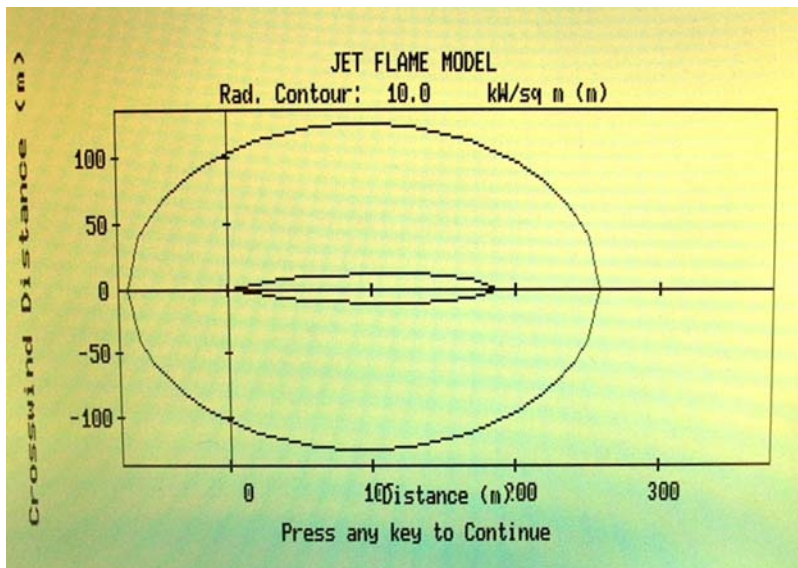


Abb. 5-6: Kontur der Strahlungsintensität 10 kW/m<sup>2</sup>

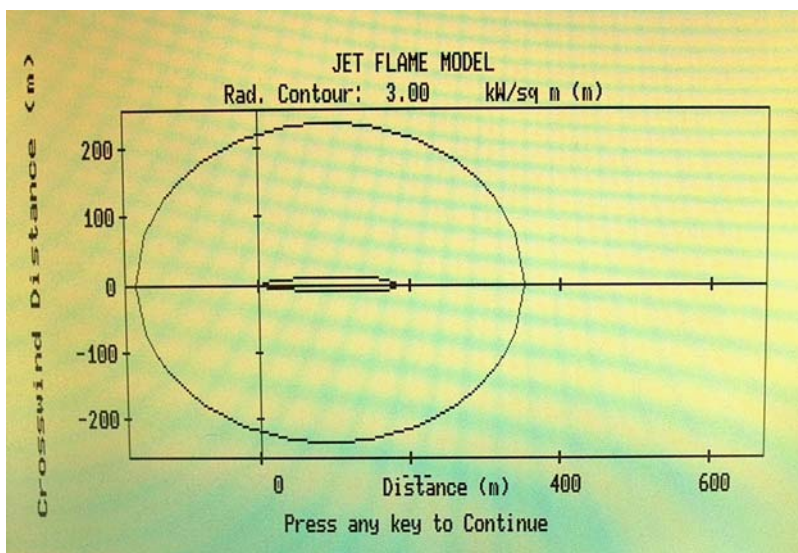


Abb. 5-7: Kontur der Strahlungsintensität 3 kW/m<sup>2</sup>

#### Einwirkung der Wärmestrahlung auf das Personal:

Eine Wärmestrahlungsintensität von 5 kW/m<sup>2</sup> wird in einer Entfernung von etwa 300 m in Strahlrichtung und in ca. 180 m in Seitenrichtung unterschritten. Bei dieser Wärmestrahlungsintensität tritt bei unbedeckter Haut nach 15 Sekunden Schmerz, nach ca. 30 Sekunden Hautverletzungen auf. Tödliche Verletzungen treten bei Bestrahlungsstärken von ca. 40 kW/m<sup>2</sup> (Einwirkungszeit 10 Sekunden) bzw. ca. 20 kW/m<sup>2</sup> (Einwirkungszeit 20 Sekunden) auf. Diese Bestrahlungsstärken werden in Strahlrichtung / in Seitenrichtung in einer Entfernung von etwa 210 / 55 m bzw. etwa 230 / 85 m zum Jetfeuer erreicht.

Die Wärmestrahlungsintensität, die längere Zeit von Feuerwehrleuten mit entsprechender

Feuerwehrsutzhleidung ertragen wird, liegt bei  $3 \text{ kW/m}^2$ , kurzzeitig (1 Minute) auch bis zu  $10 \text{ kW/m}^2$ . Die Entfernung, bei der eine Wärmestrahlungsintensität von  $3 \text{ kW/m}^2$  unterschritten wird, liegt in Strahlrichtung / in Seitenrichtung bei etwa 350 / 235 m. Ein Feuerwehreinsatz in besonderer Schutzkleidung ist bei Bestrahlungsstärken bis zu  $8 \text{ kW/m}^2$  möglich. Dies entspricht einer Entfernung in Strahl- bzw. Seitenrichtung von ca. 270 bzw. 140 m.

#### Einwirkung der Wärmestrahlung auf benachbarte Anlagenteile

Zur Abschätzung, bis zu welcher Entfernung zu dem Jetfeuer die Standfestigkeit von Anlagenteilen beeinträchtigt wird, sind die kritischen Bestrahlungsstärken für Tanks und Gebäudeteile relevant.

Als kritische Bestrahlungsstärke für Lagertanks sind je nach Ausführung hinsichtlich Material und Wanddicke sowie Kühlung durch Berieselung Werte zwischen  $10$  und  $37,8 \text{ kW/m}^2$  genannt. Dies entspricht einer Entfernung in Strahlrichtung / in Seitenrichtung von 260 / 125 bis 210 / 55 m. Als kritische Bestrahlungsstärke für Fabrikgebäude werden Werte von  $8$  –  $12,6 \text{ kW/m}^2$  angegeben. Die kritische Bestrahlungsstärke für als Druckbehälter ausgeführte Anlagenteile liegt im oberen Bereich der Spanne für Lagertanks bei  $37,5 \text{ kW/m}^2$ . Stahlkonstruktionen versagen bei einer kritischen Bestrahlungsstärke von  $42 \text{ kW/m}^2$  nach einer Zeit über 15 Minuten. Ein Versagen von Stahlkonstruktionen als tragende Bestandteile für Druckbehälter etc. ist somit innerhalb einer Entfernung in Strahlrichtung / in Seitenrichtung von ca. 200 / 50 m nicht auszuschließen.

#### **5.2.3.2 Trümmerwurf**

Durch umherfliegende Teile (Trümmerwurf) ist mit Einzelschäden wie der Zerstörung eines Behälters oder dem Abriss einer Rohrleitung zu rechnen. Nachfolgend werden die abdeckenden Ereignisse hinsichtlich

- Freisetzung toxischer Stoffe
- Wärmestrahlung infolge Brand
- Explosionsüberdruck

betrachtet.

Abdeckendes Ereignis für die Freisetzung toxischer Stoffe ist die Zerstörung eines Behälters für Bortrifluorid oder der Abriss einer Bortrifluorid-Rohrleitung.

Die Zerstörung eines Behälters für 55 %-ige Formaldehydlösung bzw. für Methanol führt zur Freisetzung der Flüssigkeiten in die jeweilige Behältertasche mit nachfolgender Lachenver-

dampfung. Diese Ereignisse sind bereits als fiktive Störfälle im anlagenbezogenen Sicherheitsbericht für die Trioxananlage bzw. Polymerisationsanlage behandelt, so dass sie in dieser Untersuchung nicht weiter betrachtet werden.

Abdeckendes Ereignis für die Auswirkungen durch Wärmestrahlung ist die Zerstörung eines Methanoltanks im Tanklager 84N.

Hinsichtlich der Auswirkungen einer Explosion ist der Abriss der Rohrleitung mit dem größten Innendruck an der Ethylenverdichterstation zu betrachten.

#### **5.2.3.2.1 Zerstörung eines Behälters für Bortrifluorid**

Das Inventar an gasförmigem Bortrifluorid in einem Behälter beträgt maximal 500 kg. Bei Trümmerflug ist je nach Werkstoffeigenschaften und Energie der mechanischen Einwirkung (abhängig von der Masse des Trümmerteils und der Aufprallgeschwindigkeit) mit Rissbildung bzw. Behälterversagen zu rechnen. Konservativ wird unterstellt, dass das Stoffinventar von 500 kg spontan freigesetzt wird.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung für die spontane Freisetzung von 500 kg Bortrifluorid sind in Abb. 5-8 dargestellt. Der ERPG-2 Wert von  $30 \text{ mg/m}^3$  wird bei ungünstigster Ausbreitungssituation in einer Entfernung von ca. 1.850 m, der IDLH-Wert von  $70 \text{ mg/m}^3$  in einer Entfernung von ca. 1.150 m vom Freisetzungsort unterschritten. Der hinsichtlich der Personen außerhalb des Werksgeländes relevante Beurteilungswert AEGL-3 (Bezugszeit 10 Minuten) wird in einer Entfernung von ca. 1.300 Metern vom Freisetzungsort unterschritten.

Gleiche Ergebnisse erhält man auch, wenn die Freisetzung von 500 kg  $\text{BF}_3$  auf eine Zeit von bis zu 100 Sekunden gestreckt angenommen wird. Die Freisetzungsrates einer über 100 Sekunden gestreckten Freisetzung von 5 kg/s stellt sich bei einer Leckagefläche von ca.  $1,5 \text{ cm}^2$  unter Anfangsbedingungen ein. Insofern ist die Betrachtung von Rissen mit einer Querschnittsfläche  $> 1,5 \text{ cm}^2$  bis hin zu Spontanversagen ohne signifikante Auswirkung auf das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung.

Hinsichtlich der Berücksichtigung des Anfangsimpulses der Freisetzung und der Thermik über dem Gelände durch Brand wurden die gleichen Modellansätze wie in Kap. 5.2.3.1.1 beschrieben gewählt.

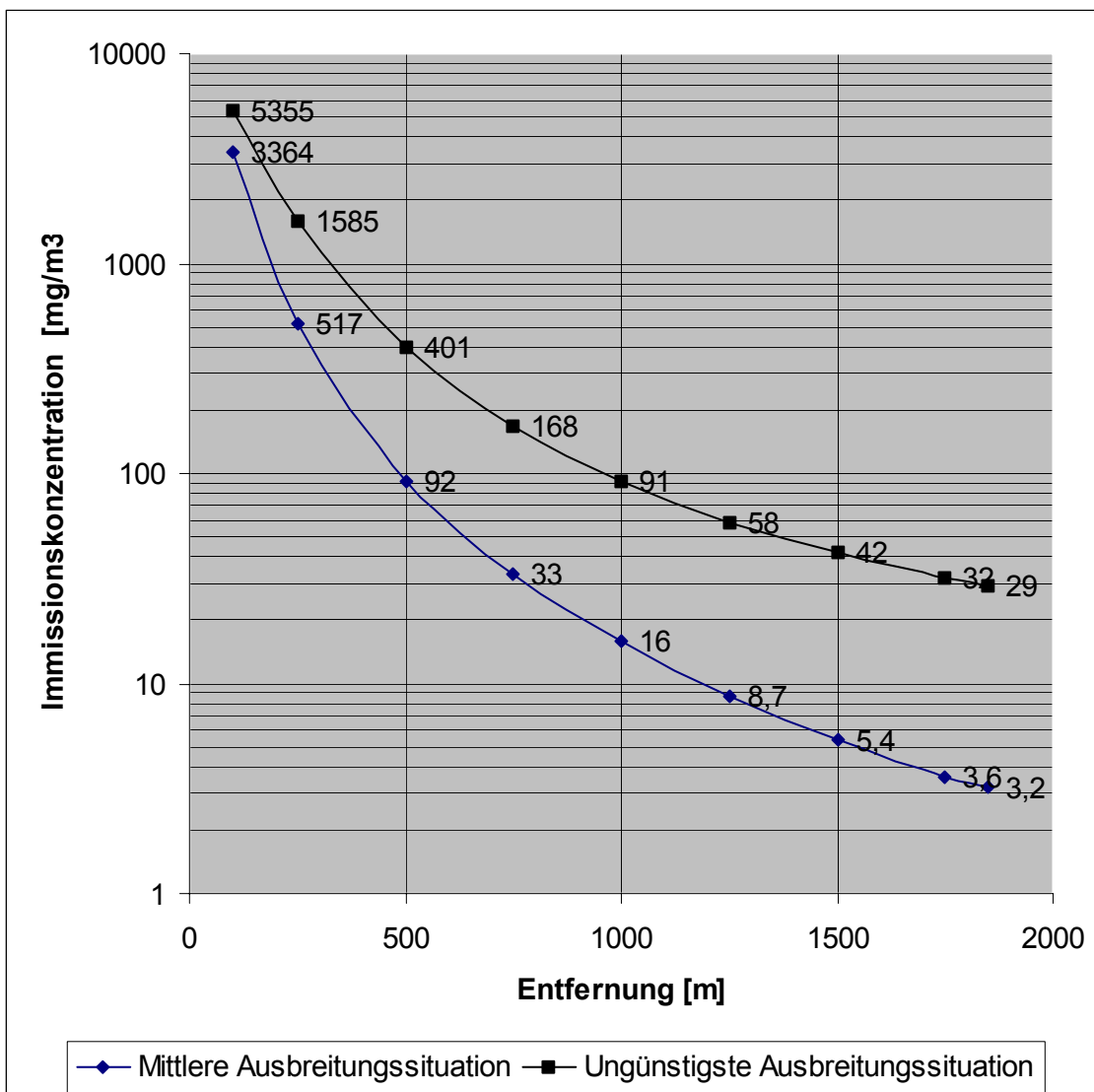


Abb. 5-8: Spontane Freisetzung von 500 kg Bortrifluorid

### 5.2.3.2.2 Zerstörung einer Rohrleitung für Bortrifluorid

Es wird unterstellt, dass die vorhandenen Schnellschlussarmaturen in der Rohrleitung ansprechen und kein  $B_{F3}$  aus der Kugel nachströmt.

Die Rohrleitung wird in drei Druck-Bereiche mit unterschiedlichen Längen unterteilt.

	Länge	Durchmesser innen	Volumen	Dichte	Masse $BF_3$
	m	m	$m^3$	$kg/m^3$	kg
Niederdruckbereich	75	0,01	0,024	10	0,236
Mitteldruckbereich	0,15	aufgrund des geringen Volumens nicht betrachtet			
Hochdruckbereich	10,5	0,004	$0,53 \cdot 10^{-3}$	800	0,422

Es ist zu erkennen, dass die freisetzbare Menge an Bortrifluorid im Hochdruckbereich zwischen der BF<sub>3</sub>-Kugel und dem 1. Druckminderer am größten ist. Es wird unterstellt, dass der gesamte Inhalt der Rohrleitung an BF<sub>3</sub> im Hochdruckbereich spontan freigesetzt wird.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung für die spontane Freisetzung von 422 g Bortrifluorid sind in Abb. 5-9 dargestellt. Der ERPG-2 Wert von 30 mg/m<sup>3</sup> wird bei ungünstigster Ausbreitungssituation in einer Entfernung von ca. 60 m vom Freisetzungsort unterschritten.

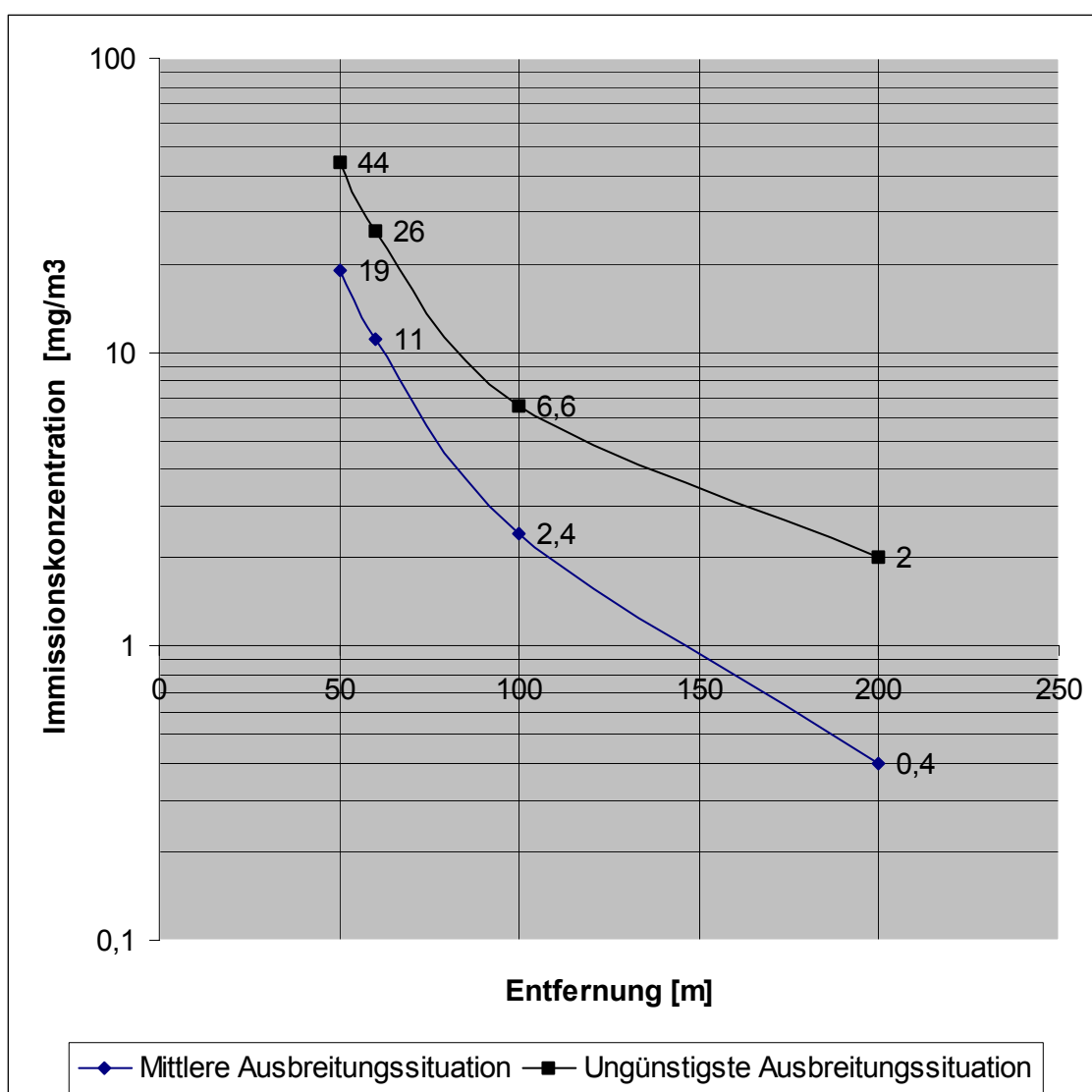


Abb. 5-9: Spontane Freisetzung von 422g Bortrifluorid

### **5.2.3.2.3 Zerstörung eines Methanolbehälters mit Folgebrand**

Es wird die Zerstörung eines Lagerbehälters für Methanol in der größten Tanktasse (Gebäude 84N) mit nachfolgendem Brand angenommen. Die Tanktasse ist vollständig mit Methanol bedeckt. Die Fläche der Tanktasse beträgt  $462 \text{ m}^2$  ( $21 \text{ m} \times 22 \text{ m}$ ) ohne Berücksichtigung der vorhandenen Einbauten (Lagertanks).

Die Wärmestrahlung in bestimmter Entfernung zur Brandstelle ist stark von Windstärke und Windrichtung abhängig. Hinsichtlich der Beurteilung der Gefahren für Personen, die sich zum Zeitpunkt der Freisetzung und Entzündung von Methanol zufällig im Bereich der Brandstelle aufhalten, ist der Aufenthalt in Windrichtung ungünstig. Ein Feuerwehrangegriff würde bei Wind jedoch von der windabgewandten Seite her erfolgen, so dass für die Bewertung der Gefahren für die Einsatzkräfte die Betrachtung des Brandes bei Windstille konservativ ist. Daher wurden die Berechnungen mit zwei verschiedenen Windgeschwindigkeiten durchgeführt.

Die Berechnung der Wärmestrahlung erfolgt mit dem Programm Whazan II. Die Flammenintensität (Surface Emissive Power) beträgt  $70 \text{ kW/m}^2$  (siehe Kap. 5.2.3.1.2). Als Windgeschwindigkeit wurden  $1,0$  und  $3,0 \text{ m/s}$  gewählt.

Die Ergebnisse der Berechnung sind in Abb. 5-10 (Folgesseite) dargestellt.

#### Einwirkung der Wärmestrahlung auf das Personal:

Betrachtung eines Brandes bei einer Windgeschwindigkeit von  $3 \text{ m/s}$ : Eine Wärmestrahlungsintensität von  $5 \text{ kW/m}^2$  wird in einer Entfernung von etwa  $85 \text{ m}$  zur Brandstelle unterschritten. Bei dieser Wärmestrahlungsintensität tritt bei unbedeckter Haut nach  $15$  Sekunden Schmerz, nach ca.  $30$  Sekunden Hautverletzungen auf. Tödliche Verletzungen treten bei Bestrahlungsstärken von ca.  $40 \text{ kW/m}^2$  (Einwirkungszeit  $10$  Sekunden) bzw. ca.  $20 \text{ kW/m}^2$  (Einwirkungszeit  $20$  Sekunden) auf. Diese Bestrahlungsstärken werden in einer Entfernung von etwa  $15 \text{ m}$  bzw. etwa  $30 \text{ m}$  zur Brandstelle erreicht.

Betrachtung eines Brandes bei einer Windgeschwindigkeit von  $1 \text{ m/s}$ : Die Wärmestrahlungsintensität, die längere Zeit von Feuerwehrleuten mit entsprechender Feuerwehrschutzkleidung ertragen wird, liegt bei  $3 \text{ kW/m}^2$ , kurzzeitig ( $1$  Minute) auch bis zu  $10 \text{ kW/m}^2$ . Die Entfernung bei der eine Wärmestrahlungsintensität von  $3 \text{ kW/m}^2$  unterschritten wird, liegt bei etwa  $60 \text{ m}$ . Ein Feuerwehreinsatz in besonderer Schutzkleidung ist bei Bestrahlungsstärken bis zu  $8 \text{ kW/m}^2$  möglich. Dies entspricht einer Entfernung von ca.  $35 \text{ m}$ .

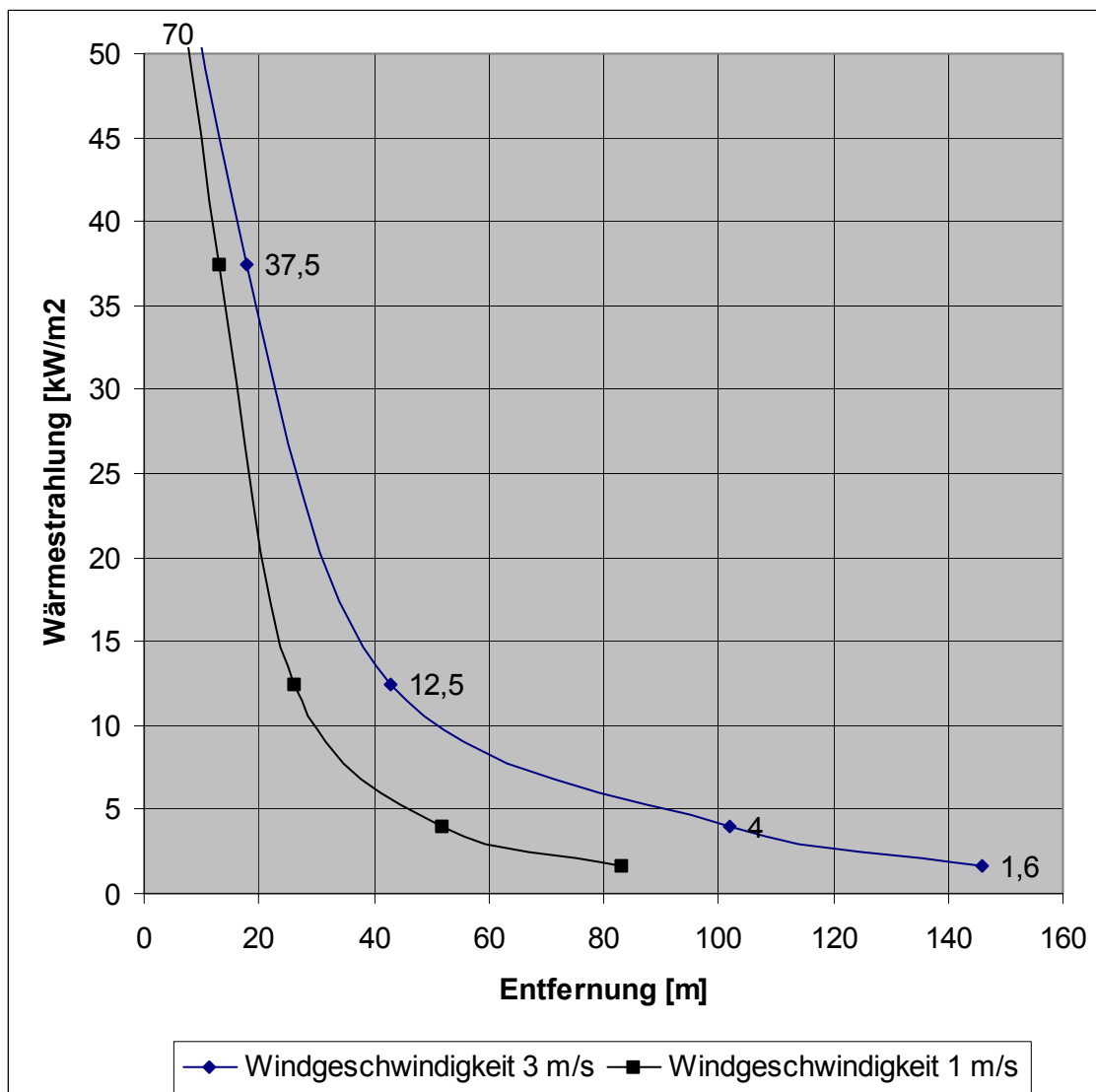


Abb. 5-10: Brand von Methanol auf einer Fläche 460 m<sup>2</sup>

#### 5.2.3.2.4 Abriss einer Ethylen-Rohrleitung mit Folgeexplosion

Die Rohrleitungen von und zur Ethylen-Verdichterstation sind überwiegend unterirdisch verlegt mit einer Erdeckung von ca. 1 m, so dass diese Leitungen als gegen Trümmerflug weitgehend geschützt angesehen werden können. Oberirdisch sind Leitungen auf der Saugseite der Verdichterstation an der Südostseite des Geb. P257 und im Geb. P257 sowie auf der Druckseite der Verdichterstation im Geb. P257 und auf der Nordwestseite und der Südseite des Geb. P257 geführt. Da der Druck auf der Druckseite der Verdichterstation höher ist als auf der Saugseite bei gleichen Rohrleitungsdurchmessern, ist im Sinne einer konservati-

ven Abschätzung einer Ethylenfreisetzung durch Trümmerflug die Betrachtung der Druckseite der Verdichterstation abdeckend.

Durch umherfliegende Trümmer sind insbesondere folgende Rohrleitungsabschnitte gefährdet:

1. Rohrleitung außen an der Nordwestwand des Gebäudes P257, waagrecht austretend und über 90 ° Krümmer in den Boden geführt, DN 150 mit maximal 40 bar Arbeitsdruck,
2. Rohrleitung an der Südseite des Geb. P257 (Molchschleuse), parallel zum Geb. P257 verlaufend mit Blindverschluss an der Südostseite, DN 200 mit maximal 40 bar Arbeitsdruck,
3. Druckverteiler innerhalb des Geb. P257, Leitungen senkrecht nach oben geführt, in direkter Nachbarschaft 3 Leitungen DN 200 mit maximal 40 bar Arbeitsdruck.

Bei Abriss der Leitung durch Trümmerflug bildet sich ein Jet aus, der durch die Leitungsführung eine wahrscheinliche Richtung wie folgt aufweist:

Zu 1.: Je nach Bruchstelle horizontal Richtung Bahnlinie bis senkrecht zum Boden hin, konservativ ist hier die Betrachtung horizontal Richtung Bahnlinie

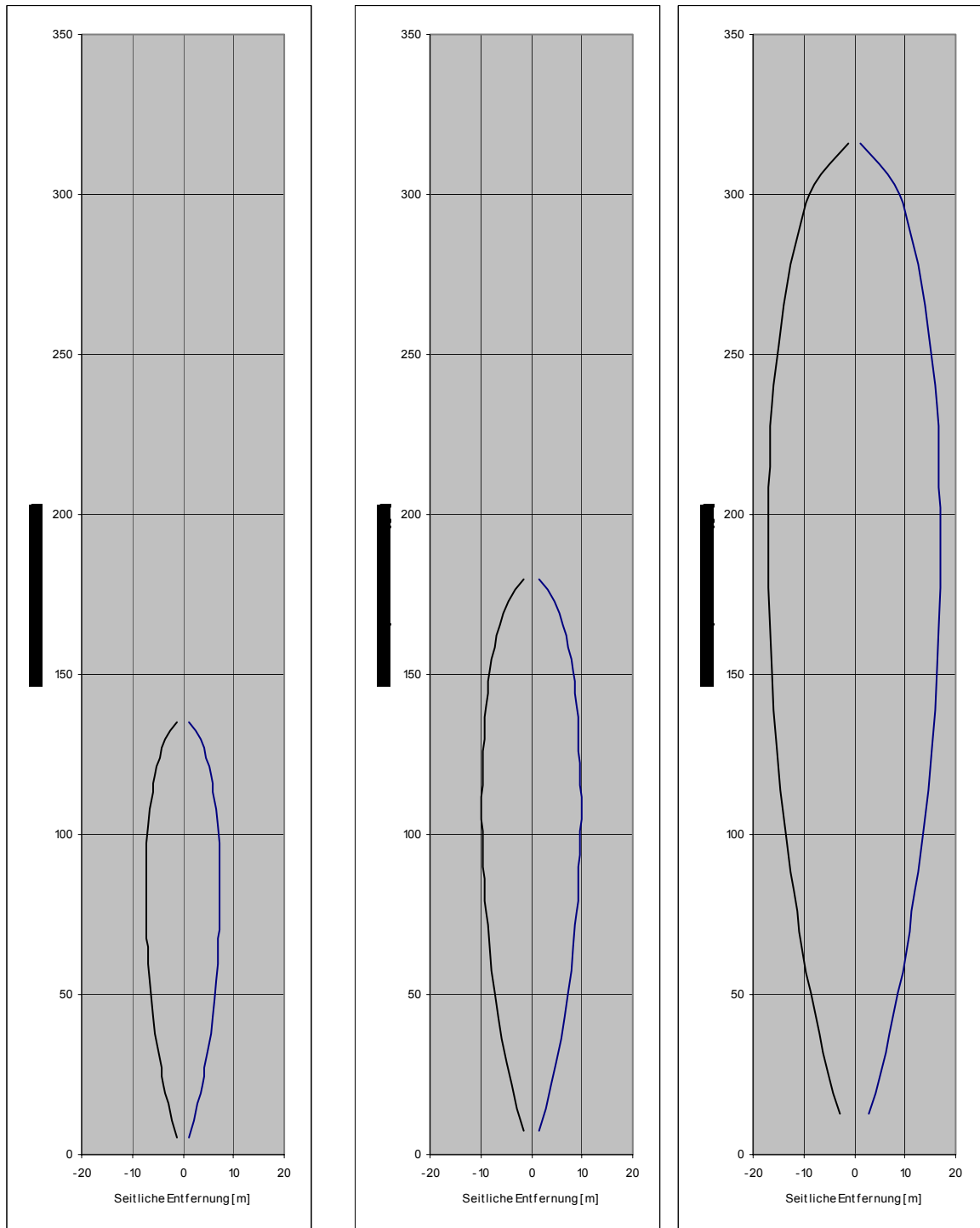
Zu 2.: Parallel zum Gebäude P257 in Südostrichtung (zum Gebäude P267)

Zu 3.: Senkrecht nach oben, soweit das Dach des Gebäudes P275 unbeschädigt ist diffuses Ausströmen aus dem Gebäude über die baulich nicht geschlossene Südseite.

Mit dem Programm EFFECTS wurde für die drei potentiellen Freisetzungsfälle die Kontur der Isokonzentrationslinie der unteren Explosionsgrenze (UEG, 2,7 Vol %) des Jets berechnet. Der Kontraktionskoeffizient wurde konservativ zu 0,8 gesetzt. Die Ergebnisse der Berechnung sind in Abb. 5-11 (Folgeseite) dargestellt.

Im Schadensereignis Nr. 1 ist der Jet direkt in Richtung der ca. 65 m entfernt liegende Bahnlinie gerichtet. Die Zugstrecke führt somit durch den explosionsgefährdeten Bereich, in dem die Ethylenkonzentration noch innerhalb der Explosionsgrenzen liegt. Somit ist davon auszugehen, dass bei Zündung der Ethylenwolke durch den Zug selbst dieser entgleist und stark beschädigt wird.

Im Schadensereignis Nr. 2 liegt das Gebäude P267 (Ethylen-Messwarte und Bürogebäude Dyneon) mit der Südseite im explosionsgefährdeten Bereich, der somit durch das Gebäude begrenzt wird. Im Falle einer Zündung der Wolke sind somit schwerste Beschädigungen des Gebäudes bis hin zum Einsturz zu unterstellen.



1)

2)

3)

Abb. 5-11: Isokonzentrationslinie der UEG eines Jets durch Abriss einer Ethylenleitung, 40 bar Innendruck, Durchmesser 1) 150 mm, 2) 200 mm, 3) 3 x 200 mm

Im Schadensereignisfall 3 liegen bei diffuser Freisetzung über die Südseite des Geb. P257 zumindest die Behälter im Geb. P255 innerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs. Diese Behälter werden derzeit als Abwasserbehälter genutzt bzw. stehen leer, so dass in Folge einer Zerstörung keine weiteren Gefahrstoffe freigesetzt werden<sup>\*</sup>. Bei längerer Freisetzungsdauer ist nicht auszuschließen, dass sich der explosionsgefährdete Bereich über die Geb. P250 (Verarbeitungstechnikum) und 24V/W/X/Y (Lagergebäude) ausdehnt, so dass im Falle einer Explosion auch diese schwer beschädigt bis vollständig zerstört würden. Die weitere Ausbreitung der Druckwelle wurde ebenfalls mit dem Programm EFFECTS berechnet. Die Ergebnisse sind in Abb.5-12 (Folgeseite) dargestellt, wobei die Entfernungen jeweils vom Zentrum des Jets und nicht von der Freisetzungsstelle aus zu sehen sind.

Ein Explosionsüberdruck von 300 mbar wird im Falle des Schadensereignisses 1/ 2/ 3 in einer Entfernung von ca. 35/ 45/ 80 m erreicht. Bei diesem Überdruck sind mittlere bis schwere Gebäudeschäden zu erwarten. Reparable Gebäudeschäden sind bis zu einer Entfernung von ca. 100/ 135/ 240 m nicht auszuschließen (Explosionsüberdruck 100 mbar). Mit Glasbruch und entsprechenden Folgeverletzungen ist bis zu einer Entfernung von ca. 340/ 450/ 790 m (Explosionsüberdruck 30 mbar, ca. 50 % Glasbruch) bzw. bis ca. 1000/ 1350/ 2370 m (Explosionsüberdruck 10 mbar, ca. 10 % Glasbruch) zu rechnen.

Im Nachgang zu der Explosion ist von einem Folgebrand des Ethylenjets auszugehen. Die Berechnung der Strahlungsintensität mit dem Programm WHAZAN II zeigt, dass an der Bahnlinie über eine Strecke von ca. 23 m ein Wert von 100 kW/ m<sup>2</sup> erreicht wird. Bei dieser Strahlungsintensität ist ein vollständiges Versagen der Waggons sowie der Tod der Insassen nach wenigen Sekunden zu unterstellen. Eine Strahlungsintensität von 40 kW/ m<sup>2</sup> wird an der Bahnlinie über eine Strecke von ca. 45 m überschritten. Bei dieser Strahlungsintensität ist das Versagen von Stahlkonstruktionen nach ca. 15 Minuten zu unterstellen, der Tod von Personen ist bereits nach einer Einwirkungsdauer von 10 Sekunden nicht auszuschließen. Die Bestrahlungsintensität von 8 kW/ m<sup>2</sup>, bis zu der Feuerwehrleute in besonderer Schutzkleidung noch eingesetzt werden können, wird bis zu einer Entfernung von ca. 220 m in Strahlrichtung und ca. 115 m in Seitenrichtung überschritten.

---

<sup>\*</sup> Es liegt eine Gesamtgenehmigung für die Umnutzung von Behältern in P 2655 zur Methanolversorgung (Tank P255, Tankwagenentladung P253 nebst Rohrleitungssystem) vor. Die Inbetriebnahme des Rohrleitungssystems wurde am 10.12.2001 angezeigt. Für die Behälter wurde bislang keine Fertigstellungsmeldung vorgenommen. Daher ist auch keine Füllgenehmigung vorhanden.

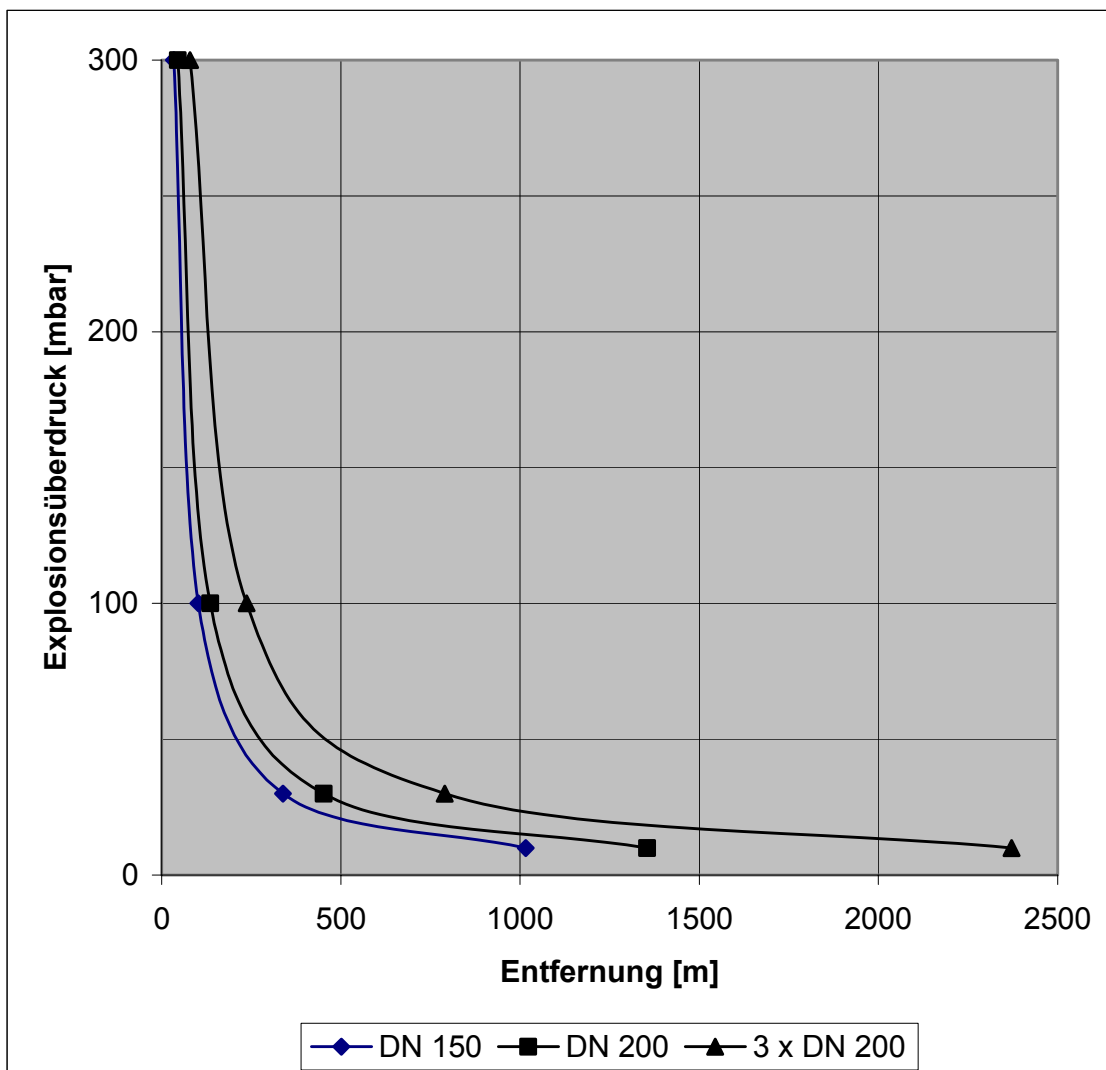


Abb. 5-12: Explosion von Ethylen bei Freisetzung aus einer Rohrleitung DN 150, DN 200 bzw. 3 Rohrleitungen DN 200

#### 5.2.4 Domino-Effekte

Domino -Effekte innerhalb des Werksgeländes können insbesondere infolge auslaufender brennender Flüssigkeiten, Wärmestrahlung, Explosionsüberdruck und Trümmerflug durch berstende Behälter auftreten.

Bei Zerstörung der Lagerbehälter in den Geb. 84, 84N und 85 fließen die brennbaren Flüssigkeiten aufgrund der Geländegeometrie insbesondere in Richtung der Produktionsanlagen und auf die in nordöstlicher Richtung gelegene Freifläche. In den Produktionsanlagen können Behälter mit brennbaren Flüssigkeiten infolge Unterfeuerung bzw. Brandausbildung in

unmittelbarer Nachbarschaft zerstört werden. Damit ist eine Brandausweitung in die Produktionsanlagen der Geb. 53 und 57 (Polymerisation) sowie 58 und 59 (Trioxananlagen) denkbar. Auf der nordöstlich gelegenen Freifläche werden brennbare Kunststoffgranulate (Hostaform) gelagert, die somit ebenfalls in Brand geraten können. In diesem Fall würde sich die Brandfläche über einen Bereich von ca. 250 x 180 m = 45.000 m<sup>2</sup> ausdehnen.

Bei einem Flugzeugabsturz in die Produktionsanlagen mit nachfolgendem Brand hängt die Brandausweitung wesentlich von den Einsatzmöglichkeiten der Feuerwehr ab. Die Randbedingungen für einen Feuerwehreinsatz stellen sich wie folgt dar:

- In einem Abstand von 80 bis 160 m von der Außenkante des Brandherds treten Wärmestrahlungen auf, die nur mit Feuerweherschutzbekleidung zu ertragen sind, mit spezieller Schutzkleidung sinken die Einsatzdistanzen auf 50 bis 95 m. Im Umkehrschluss ist fest zu stellen, dass eine Brandbekämpfung mit der notwendigen größeren Personalstärke incl. nicht speziell ausgerüsteter externer Kräfte auf geringere Distanz als etwa 100 m kaum möglich sein dürfte. Für diese Entfernungen sind feuerwehribliche Gerätschaften nicht geeignet.

Im übrigen schließt die Gefahr, dass der Wärmestrahlung ausgesetzte Druckbehälter infolge Materialerweichung und / oder Innendrucksteigerung versagen könnten, ohnehin eine Brandbekämpfung aus geringer Distanz aus.

- In einem Abstand von größenordnungsmäßig 100 Metern von der Außenkante des Brandherds treten Wärmestrahlungen auf, bei denen das Versagen einfacher druckloser Lagertanks nicht auszuschließen ist. Das Versagen tragender Stahlkonstruktionen nach ca. 15 Minuten ist in einer Entfernung von ca. 25 - 45 m zu unterstellen. Somit ist eine Brandausweitung auf die Tanklager 84, 84N und 85 mit den oben beschriebenen Folgen nicht auszuschließen.

In einer Entfernung von 45 m von der Ethylen-Verdichterstation sind häufig Fahrzeuge mit Wasserstofftanks abgestellt. Bei einem Brand oder einer Explosion in der Verdichterstation ist die Zerstörung der Wasserstoffbehälter nicht auszuschließen, so dass dann erhebliche Folgeexplosionen auftreten können.

Bei einer Explosion im Methanoltanklager sind Explosionsüberdrücke, die wesentliche Schäden an Gebäuden oder Konstruktionen verursachen, auf einen Bereich < 23 m be-

schränkt. In diesem Bereich sind keine kritischen Anlagenteile vorhanden, so dass eine Schadensausweitung infolge der Explosion kaum zu befürchten ist.

Berücksichtigt man ergänzend

- die Effekte durch Trümmerflug,
  - die ggf. auftretenden Erschwernisse durch  $\text{BF}_3$  und
  - die personellen und logistisch-technischen Probleme bei der Bekämpfung mehrerer gleichzeitiger Brände in einem großflächig zerstörten und / oder (bspw. durch die Möglichkeit des Versagens geschädigter Behälter und Strukturen) gefährdenden Umfeld
- so sind die Einsatzmöglichkeiten der Rettungskräfte stark eingeschränkt.

Hinsichtlich der potentiellen Gefahr, dass die Auswirkungen der Folgeereignisse auf dem Werksgelände Ticona/ Infraserb zu weiteren Ereignissen im Umfeld der Anlage führen, sind die Bahnstrecke westlich des Werksgeländes und die Autobahn zu betrachten. Auf der Bahnstrecke südlich des Werksgeländes findet kein Gütertransport statt.

Ein Domino-Effekt auf der Autobahn wäre gegeben, wenn ein Gefahrguttransporter derart beschädigt würde, dass die transportierten Stoffe freigesetzt werden. Insofern sind die Auswirkungen durch Brand oder Explosion zu bewerten. Bei einem ausgedehnten Brand über drei Produktionsgebäude würde bei ungeschützter Ausbreitung im Bereich der Autobahn eine maximale Bestrahlungsstärke von knapp  $3 \text{ kW/m}^2$  erreicht, in einem Abschnitt von ca. 500 m eine Bestrahlungsstärke von ca.  $2 \text{ kW/m}^2$  erreicht. Bei diesen Bestrahlungsstärken ist nicht mit der Zerstörung von transportrechtlich zugelassenen Gefahrgutfahrzeugen zu rechnen. Darüber hinaus wird die Bestrahlungsstärke real durch Bebauung und Vegetation noch gemindert.

Der Überdruck infolge einer Explosion liegt im Bereich der Autobahn bei weniger als 30 mbar, so dass auch hier mit der Zerstörung von transportrechtlich zugelassenen Gefahrgutfahrzeugen nicht zu rechnen ist.

Eine Zerstörung der Transportbehälter durch Trümmerflug der Folgeereignisse (z. B. Zerknall unterfeuerter Druckbehälter) ist grundsätzlich nicht auszuschließen, jedoch entziehen sich die Auswirkungen einer begründbaren Abschätzung.

Analoge Betrachtungen sind auch für die westlich gelegene Bahnstrecke durchzuführen. Ein Brand des gesamten Methanols im ca. 160 m entfernten Tanklager führt zu Bestrahlungsstärken von ca.  $3 - 8 \text{ kW/m}^2$ . Diese Bestrahlungsstärke ist für die Festigkeit von Gefahrgut-

behältnissen unter Berücksichtigung der kurzen Einwirkungsdauer als unkritisch zu bewerten. Dies trifft auch auf die Auswirkungen bei einer Explosion im Tanklager zu, die zu einem Explosionsüberdruck an der Bahnstrecke von ca. 25 mbar führt und somit für eine Zerstörung von transportrechtlich zugelassenen Gefahrgutbehältnissen nicht ausreicht.

Im Falle einer Explosion bzw. des Brandes in der Ethylen-Verdichterstation, insbesondere bei Auslösung der Explosion durch den Zug selbst, ist eine Zerstörung von Gefahrgutbehältnissen mit den entsprechenden Auswirkungen zu unterstellen.

Für den Fall, dass ein Lokführer durch die Einwirkung von Bortrifluorid starken Tränenfluss und Atemnot erleiden sollte und somit ggf. nicht mehr zum kontrollierten Führen des Zugs in der Lage ist, greifen die üblichen Sicherheitsmaßnahmen der Bahn AG.

### **5.2.5 Bewertung der Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes**

In den vorstehenden Kapiteln wurden die Ereignisabläufe eines Flugzeugabsturzes, ausgehend von dem Primärereignis über die Ausbreitung auf einer minimalen Schadensfläche (Folgeereignis) bis hin zu Domino-Effekten untersucht.

Dabei wurden die Effekte jeweils durch errechnete oder abgeschätzte physikalische Größen (Wärmestrahlung, Druck, Konzentration) charakterisiert und diesen Vergleichswerte gegenüber gestellt.

Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich folgende Bewertung:

#### Gefährdung für Anlagen und Gebäude:

Wie ausführlich in den voranstehenden Kapiteln dargelegt sind hinsichtlich Anlagen und Gebäuden schwerwiegende Effekte durch Brand, Explosion, Wärmestrahlung und Trümmerflug zu erwarten. Für den zentralen Bereich der Lager und Produktionsanlagen ist, soweit dieser in das Ausgangsereignis involviert ist oder durch schweren Trümmerflug getroffen wird, durch permanente Schadensausweitung infolge Lachenausbreitung und Wärmestrahlung sowie schwer behinderter Brandbekämpfung / - eingrenzung, ein Totalverlust nicht auszuschließen. Nur in günstigen Fällen hinsichtlich Lage des Ausgangsereignisses und Trümmerflug ist eine Eingrenzung des Schadensereignisses möglich.

#### Gefährdung für Personen innerhalb des Werksbereiches:

- Bei Absturz des Flugzeugs in einen Bereich mit höherer Personenkonzentration (insbesondere Bürotrakte und Verwaltungsgebäude) sind Personen innerhalb des Gebäudes akut lebensbedrohend gefährdet. Im ungünstigsten Fall sind schon durch das Primärer-

- eignis alleine hier im Verwaltungsgebäude R300 zu Normalarbeitszeiten ca. 300 Personen betroffen.
- Innerhalb des Anlagenbereichs der Ticona/Infraserb wird bei Zerstörung von einer oder drei Bortrifluorid-Behältern der AEGL-3 Wert in Windrichtung in jedem Fall bis zur Werksgrenze deutlich überschritten, so dass sämtliche sich in diesem Bereich aufhaltende Personen dahingehend gefährdet sind, dass schwere Verletzungen bis hin zum Tod nicht auszuschließen sind.
  - Im Falle eines Brandes im Produktionsbereich bzw. in den Tanklagern 84, 84N und 85 sind Personen, die sich in den Geb. 53, 57, 58 und 59 und ggf. auch in angrenzenden Gebäuden aufhalten, durch Flammeneinwirkung, Wärmestrahlung und Rauchgase akut lebensbedrohend gefährdet.
  - Im Falle einer Explosion bzw. eines Brandes in der Ethylen-Verdichterstation sind Personen im Geb. P267 (ca. 45 Personen während der Normalarbeitszeit) durch Explosionswirkungen (Zerstörung des Gebäudes) sowie Flammeneinwirkung und Wärmestrahlung akut lebensbedrohend gefährdet.
  - Darüber hinaus sind Personen im gesamten Werksbereich auch durch Trümmerwurf gefährdet.

#### Gefährdung für Personen außerhalb des Werksbereiches:

- Personen außerhalb des Werksgeländes sind insbesondere durch toxische Gase im Falle der Zerstörung von Behältern für Bortrifluorid gefährdet. Hier ist der Bereich, in dem der AEGL-3 Wert überschritten wird zu betrachten, da in diesem Bereich schwere Verletzungen bis hin zum Tod von Personen nicht auszuschließen sind. Dieser Bereich beträgt im Falle der Zerstörung eines Lagerbehälters für Bortrifluorid 1.300 m, im Falle der Zerstörung aller drei Lagerbehälter für Bortrifluorid 2.300 m vom Freisetzungsort. Zur Abschätzung der Anzahl der im Nahbereich außerhalb des Werksgeländes (d. h. insbesondere auf der nahe gelegenen Autobahn A3) von der Freisetzung von Bortrifluorid unmittelbar betroffenen Personen wird konservativ davon ausgegangen, dass sich in beiden Fahrtrichtungen der Autobahn ein Stau gebildet hat. Ausgehend von einer Fahrzeugdichte von 10 Fahrzeugen auf einer Fahrbahnlänge von 100 m, einer mittleren Belegung der Fahrzeuge mit 1,5 Personen und acht Fahrspuren errechnet sich eine Anzahl von ca. 120 Personen. Bei verschiedenen auch häufigeren Witterungsbedingungen wird der AEGL-3 Wert innerhalb eines Abschnittes von 180 m Länge über eine Einwirkungszeit von 100 - 300 Sekunden überschritten, so dass schwere Verletzungen bis hin zum

Tod nicht auszuschließen sind. Bei speziellen Witterungsbedingungen (labile Temperaturschichtungen) beträgt dieser Bereich ca. 280 m. Dies bedeutet, dass etwa 200 – 300 Personen stark gefährdet sind.

Personen in Zügen der benachbarten Bahnstrecken sind aufgrund der schnellen Durchquerung des Gefahrenbereichs in weitaus geringerem Maße gefährdet als Personen auf der Autobahn im Falle eines Staus. Bei langsameren Zügen ist bei geöffneten Zugfenstern eine Beeinträchtigung von Insassen wie Tränenfluss nicht grundsätzlich auszuschließen, ernste Verletzungen sind jedoch kaum zu erwarten.

- Bei einem ausgedehnten Brand über drei Produktionsgebäude würde bei ungeschützter Ausbreitung im Bereich der Autobahn und der südlichen Bahnstrecke eine maximale Bestrahlungsstärke von knapp  $3 \text{ kW/m}^2$ , in einem Abschnitt von ca. 500 m eine Bestrahlungsstärke von ca.  $2 \text{ kW/m}^2$  erreicht. Bei diesen Bestrahlungsstärken würden bei einer Einwirkungszeit  $> 1$  Minute bereits Schmerzen auftreten. Aufgrund der Bebauung sowie des Bewuchses ist jedoch nicht zu unterstellen, dass derartige Bestrahlungsstärken real erreicht werden, so dass die Folgen eines Brandes kaum zu einer ernsten Gefährdung für Personen auf der Autobahn führen dürften. Personen innerhalb eines Zugs sind durch diese Bestrahlungsstärken nicht gefährdet.

Ein Brand des gesamten Methanols im ca. 160 m entfernten Tanklager führt an der westlichen Bahnstrecke zu Bestrahlungsstärken von ca.  $3 - 8 \text{ kW/m}^2$ . Diese Bestrahlungsstärke ist für Personen innerhalb eines Zugs sowie auch für die Festigkeit des Zugs selber unter Berücksichtigung der kurzen Einwirkungsdauer als unkritisch zu bewerten.

- Im Falle einer Freisetzung von Ethylen aus der Verdichterstation in Richtung der westlichen Bahnlinie ist nicht auszuschließen, dass die Ethylenwolke durch den Zug gezündet wird und der Zug schwer beschädigt entgleist. In diesem Fall sind Personen im Zug durch den Explosionsüberdruck sowie die nachfolgende Brandeinwirkung hochgradig lebensbedrohend gefährdet, zumal aufgrund der hohen Wärmestrahlung die Einsatzmöglichkeiten für Rettungskräfte allenfalls eingeschränkt gegeben sind.
- Der Überdruck infolge einer Explosion im Tanklager liegt im Bereich der Autobahn bei weniger als 30 mbar, so dass auch hier unter Berücksichtigung der Verwendung von Sicherheitsglas als Autoscheiben nicht mit ernstlichen Verletzungen von Personen zu rechnen ist. Analog ist auf der parallel zur Autobahn verlaufenden Bahnstrecke nicht mit Personenschäden durch Explosionsüberdruck zu rechnen.

Der Explosionsüberdruck an der westlichen Bahnstrecke beträgt ca. 25 mbar. Bei diesen Explosionsüberdrücken sind Personenschäden ebenfalls nicht zu unterstellen.

### **5.3 Herabfallende Teile & Blue Ice**

Wie im Detail im Kapitel 4.3 dargelegt, sind Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. Schadensausmaß durch herabfallende Teile / Eis als sehr gering einzustufen, so dass die Auswirkungen dieser möglichen Gefahrenpotentiale insgesamt im Rahmen dieses Gutachtens als vernachlässigbar angesehen werden können.

## **6 Maßnahmen**

### **6.1 Normalbetriebliche Gefahren**

#### **6.1.1 Normalbetrieblicher Fluglärm**

Hinsichtlich Maßnahmen ergibt sich folgendes Bild:

- Der in der Arbeitsstättenverordnung und in der BGV Lärm genannte Mittelwert von 85 dB(A) wird durch den Fluglärm an keinem Punkt auf dem Betriebsgelände überschritten. Insoweit sind für die Betriebsanlagen keine Maßnahmen geboten.
- Für die am stärksten betroffene Werkseinfahrt sind (wenn denn keine Verlegung erfolgt) lärmschützende Maßnahmen vor zu sehen. Dies könnte zum Beispiel eine großflächige Überdachung des Einfahrtbereiches sein oder alternativ eine Verlegung der Werkseinfahrt in nördliche Richtung. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass eine Verdoppelung des Abstandes zur Geräuschquelle eine Pegelreduzierung von 6 dB(A) bewirkt, ergibt sich bereits bei einer Verlegung um 200 m eine deutliche Verbesserung.
- Im Verwaltungsgebäude R 300 wird bei ordnungsgemäßer Schalldämmung der Fassadenelemente und der Fenster insbesondere auch aufgrund der Klimatisierung der Räume der Wert von 55 dB(A) eingehalten. Es sollten die tatsächlichen Dämmwerte der Fassadenelemente ermittelt werden. Dies auch im Hinblick auf die in der VDI 2719 genannten mittleren und maximalen Innenpegel.
- Das Gebäude P267 wird zur Zeit renoviert und anschließend wieder als Bürohaus eingerichtet. Eine Überprüfung der tatsächlichen Dämmwerte von Fassadenelementen ist auch dort anzuraten. Dies auch im Hinblick auf die in der VDI 2719 genannten mittleren und maximalen Innenpegel. Gegebenenfalls sollten die Räume klimatisiert werden, um offene Fenster zu vermeiden.

Analoges gilt für weitere ähnlich genutzte Räume wie in Gebäude P205, P210, P211, P215, P228, R250, R260, R269 und R279.

- Für das Gebäude P 250 (Werksfeuerwehr) ist der Zielwert 35 dB(A); dessen Einhaltung ohne weitere Maßnahmen erscheint zweifelhaft. Eine Überprüfung der tatsächlichen Dämmwerte von Fassadenelementen ist demnach anzuraten. Gegebenenfalls sollten die Räume klimatisiert werden, um offene Fenster zu vermeiden.

Der tatsächliche Gesamtumfang der evtl. notwendigen Sanierung kann nur im Rahmen von Detailuntersuchungen der jeweiligen Gebäude erfolgen. Hierbei kann sich zeigen, dass neben Sanierungsmaßnahmen auch Nutzungsänderungen möglich sind.

Die akustischen Signaleinrichtungen auf dem Betriebsgelände sollten unter Berücksichtigung der Geräuschvorbelastung **und** der auftretenden Geräuschbelastung nach Bau der Landebahn angepasst werden. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass bei einem Schallpegelanstieg von mehr als 30 dB in 0,5 s mit Schreckreaktionen zu rechnen ist, was möglicherweise spezielle Anforderungen (umgebungslärmabhängige Lautstärkeregelung) für Signalgeber in betriebsmäßig „leisen“ Anlagenbereichen ergibt. Für betriebsüblichen Kommunikationseinrichtungen ist vermehrt eine Unterbringung innerhalb schalldämmender Einhausungen (wie derzeit in „lauten“ Anlagenbereichen) vorzusehen, um eine ungehinderte Kommunikation in jeder Situation zu ermöglichen. Fallweise können auch, wie andernorts in Lärmbereichen, akustische durch optische Signalgeber ersetzt werden.

Auch hier kann der tatsächliche Gesamtumfang der evtl. notwendigen Sanierung nur im Rahmen von Detailuntersuchungen der jeweiligen Anlagen erfolgen.

### **6.1.2 Beinrächigung der Mess- und Regeltechnik durch den Flugverkehr**

Es wurde, wie in 5.1.2 ausgeführt, festgestellt, dass die Leitungs- und Schirmverlegung der MSR-Einrichtungen den üblichen Vorgaben der Gerätehersteller für den Anschluss ihrer Geräte in solchen Anlagen entspricht, dass dabei aber die Anforderungen bei einer Einstrahlung hochfrequenter Funkwellen aus geringer Höhe nicht berücksichtigt sind. Nur in wenigen Ausnahmefällen war eine unter dem Gesichtspunkt der elektromagnetischen Verträglichkeit genügende Konstruktion vorhanden.

Um die Einkopplung von Störungen durch Funkwellen in die MSR-Technik auszuschließen sind technische Verbesserungsmaßnahmen geboten. Hierzu ist es erforderlich, die Leitungs- und Schirmverlegungen EMV-gerecht auszuführen und die einzelnen Komponenten entsprechend störungsfest auszulegen.

Nähere Untersuchungen seitens des Anlagenbetreibers können hier zu einer Beschränkung oder Priorisierung der Maßnahmen dahingehend führen, dass nur ein Teil der EMR-Technik (insbesondere soweit sicherheitsrelevant) jetzt ertüchtigt und dem Stand der Technik angepasst wird.

### **6.1.3 Beeinträchtigung durch flugverkehrsbedingte Abgasfahnen und Hitzewirkungen**

Die gegen Wirbelschleppen, Kapitel 6.1.4, zu treffenden Maßnahmen sind abdeckend auch gegen Abgasfahnen. Gegen Hitzeeinwirkungen sind nach hiesiger Meinung keine weitergehenden Maßnahmen erforderlich.

### **6.1.4 Beeinträchtigung durch Wirbelschleppen**

In 5.1.4 dieser Untersuchung wurde ausgeführt, dass die im Bereich des Werksgeländes der Ticona / Infracore maximal auftretenden Wirbelschleppen eine Gefährdung bestimmter Baulichkeiten und von Personen bei Dach- und Höhenarbeiten nicht ausschließen.

Hinsichtlich Baulichkeiten sind aus diesem Grunde

- bei im Grunde ungefährdeten Massivbauten des Hochbau vorab Kontrollen hinsichtlich eventuell gefährdeter Leichtbauteile, ungenügend befestigter Dachelemente etc. vorzunehmen und hier ggf. Verbesserungen durchzuführen; bei Ausführung der Arbeiten entsprechend der guten Handwerkspraxis mit besonderem Augenmerk auf „Sturmsicherheit“ sowie regelmäßigen Kontrollen der Baulichkeiten dürften keine Schäden zu erwarten sein.
- bei Bauteilen der Anlagentechnik im Freien (insbes. schlanken Bauteilen wie Kolonnen oder dünnwandigen Behältern) detaillierte Untersuchungen der einzelnen Anlagen erforderlich um langfristig Schäden zu vermeiden.

Zum Schutz von Personen bei Dach- und Höhenarbeiten – insbes. in Bereichen mit direkter Absturzgefahr (bspw. Dächern ohne Geländer, Plattformen oder Steigleitern mit potentiellen Absturzstellen) – sind technische Sicherungsmaßnahmen geboten.

## **6.2 Flugzeugabsturz**

### **6.2.1 Allgemeines**

Störfälle, ausgehend von den im Rahmen von Folgeereignissen einer Einwirkung eines Flugzeuges freigesetzten gefährlichen Stoffen können prinzipiell verhindert werden durch

- Verhinderung des Primärereignisses,
- Ersatz dieser Stoffe durch weniger gefährliche oder ungefährliche,
- Begrenzung der Mengen gefährlicher Stoffe oder
- Schutz dieser gefährlichen Stoffmengen mittels technischer Maßnahmen derart, dass das Primärereignis zu keiner relevanten Freisetzung führen kann.

Eine Begrenzung der Auswirkungen dieser Ereignisse kann erzielt werden durch

- Verhinderung einer Schadenspropagation,
- Zurückhaltung freigesetzter Stoffe,
- Organisatorische Maßnahmen.

Grundsätzlich sind verhindernde Maßnahmen den begrenzenden vorzuziehen, soweit sie für den vorliegenden Fall geeignet und realisierbar sind. Maßnahmen zur Verhinderung des Primärereignisses sind gemäß Aufgabenstellung nicht Gegenstand dieses Gutachtens. Es werden deshalb die Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen sowie zur Begrenzung ihrer Auswirkung diskutiert, die als Folgeereignis auftreten können.

Sowohl die Maßnahmen zur Verhinderung als auch die zur Auswirkungsbegrenzung sind im Rahmen einer detaillierten Planung hinsichtlich ihrer Angemessenheit und Effektivität zu bewerten.

Grundsätzlich gilt, dass technische verminderte Maßnahmen nur wirksam sein können, wenn sie auch nach Eintritt des Primär- und aller Folgeereignisse noch wirksam bleiben. Mindestens auf dem durch das Primärereignis betroffenen Teil des Werksgeländes, dessen technische Einrichtungen bei dem unterstellten Szenario zerstört werden, ist von einer Wirksamkeit aktiver technischer Einrichtungen nicht mehr auszugehen. Die Wirksamkeit passiver Maßnahmen kann zumindest eingeschränkt werden (z.B. Zerstörung der Wandung von Auffangwannen).

In den folgenden Abschnitten werden Maßnahmen zur Verhinderung anlagenspezifischer Folgeereignisse und zur Begrenzung ihrer Auswirkungen diskutiert.

## **6.2.2 Maßnahmen zur Verhinderung von Folgeereignissen**

### **6.2.2.1 Ersatz gefährliche Stoffe und Vermeidung gefährlicher Mengen dieser Stoffe**

Prinzipiell gehört der Ersatz von gefährlichen Stoffen durch ungefährliche Stoffe oder weniger gefährliche Stoffe zum grundlegenden Sicherheitskonzept industrieller Anlagen.

Ein Ersatz von gefährlichen Stoffen durch andere Stoffe ist im vorliegenden Fall für die genehmigten Anlagen und Verfahren in den Anlagen Ticona / InfraServ nicht Gegenstand dieser Betrachtung, dies betrifft ebenfalls die Vermeidung der Akkumulation gefährlicher Stoffe. Es ist davon auszugehen, dass entsprechende Überlegungen im Rahmen der Erstellung der Sicherheitsanalysen / Sicherheitsberichte bereits angestellt worden sind und, soweit sinnvoll und realisierbar, Eingang in das Sicherheitskonzept und dessen Umsetzung gefunden haben. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass die diesbezüglichen Potentiale weitgehend ausgeschöpft sind.

### **6.2.2.2 Umfassender Schutz sämtlicher gefährlicher Stoffpotentiale**

Als technische Maßnahmen zum direkten Schutz von großen Mengen gefährlicher Stoffe mit dem Ziel, Freisetzungen zu verhindern, kommt nur die Unterbringung in flugzeugabsturz-sicheren Bunkern bzw. containmentartigen Strukturen, ggf. in unterirdischer Anordnung, in Frage. Da im Falle eines Flugzeugabsturzes grundsätzlich jeder störfallrelevante Bereich bzw. jede große Menge an gefährlichen Stoffen in den Anlagen des Betriebsbereiches betroffen sein kann, müsste ein Schutz für sämtliche relevante Anlagenteile vorgesehen werden. Für den Betriebsbereich Kelsterbach sind dies insbesondere die Anlagenteile, die  $\text{BF}_3$ , Methanol und Ethylen beinhalten einschließlich ihrer verbindenden Rohrleitungen. Im vorliegenden Fall eines flächig ausgedehnten Betriebsbereiches mit einer Vielzahl derart zu schützender Objekte würde die Realisierung dieser Maßnahme weitgehend einem Neubau der sicherheitsrelevanten Teile des Betriebsbereiches gleichkommen. Darüber hinaus stellt der Bau entsprechend widerstandsfähiger Strukturen einen unverhältnismäßig hohen Aufwand dar.

## **6.2.3 Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Folgeereignissen**

### **6.2.3.1 Verhinderung von Schadenspropagation und Dominoeffekten**

Wie in Kapitel 5.2.4 bereits dargelegt, ist im Falle eines Flugzeugabsturzes unter den gegenwärtigen Gegebenheiten mit einer Schadenspropagation zu rechnen.

Die Auswirkungsbetrachtungen in Kapitel 5.2 zeigen, dass im Falle einer Freisetzung von  $\text{BF}_3$  die schwerwiegendsten Auswirkungen zu erwarten sind, so dass der Schutz vor den Auswirkungen der  $\text{BF}_3$ - Freisetzung vorrangiges Ziel sein muss. Eine Freisetzung von  $\text{BF}_3$  ist, sofern nicht von einem Flugzeugabsturz direkt ausgelöst, als eine Folge von Trümmerwurf oder Brandeinwirkung (Unterfeuerung, Wärmestrahlung) möglich.

Zur Verhinderung einer Schadenspropagation durch eine  $\text{BF}_3$ -Freisetzung wird der Schutz aller  $\text{BF}_3$ -Kugeln durch bauliche Maßnahmen vorgeschlagen, die zumindest gegen Trümmerwurf und Brandeinwirkung schützen, z. B. einen unterirdischen Bunker. Darüber hinaus kann durch entsprechende Ausführung dieser baulichen Maßnahmen in Anbetracht der relativ geringen Abmessungen einer  $\text{BF}_3$ -Kugel ggf. ein Schutz gegen die direkte Einwirkung beim Absturz eines Flugzeugs erreicht werden, wodurch das stoffliche Gefährdungspotential des Betriebsbereiches wesentlich reduziert würde.

Weiterhin sind schwerwiegende Auswirkungen zu erwarten für den Fall einer Beschädigung der Ethylenverdichterstation durch Trümmerwurf (siehe Kapitel 5.2.3.2.4). Hier ist eine Zündung explosionsgefährlicher Atmosphäre z. B. durch Züge auf der nahe der Werksgrenze gelegenen Bahnstrecke und damit eine Zerstörung des Zuges mit einer möglicherweise großen Anzahl Verletzten und u. U. Toten zu unterstellen. Im Falle der Zerstörung eines Zuges, der Gefahrstoffe transportiert, wäre hier das Eintreten eines Dominoeffektes durch Freisetzung weiterer gefährlicher Stoffe nicht auszuschließen. Aus diesem Grund empfehlen die Gutachter den Schutz der Ethylenverdichterstation durch bauliche Maßnahmen, die zumindest gegen Trümmerwurf und Brandeinwirkung schützen, z.B. einen unterirdischen Bunker. Darüber hinaus kann durch entsprechende Ausführung dieser baulichen Maßnahmen ggf. ein Schutz gegen die direkte Einwirkung beim Absturz eines Flugzeugs erreicht werden.

Im Sinne der Verhinderung einer Schadenspropagation durch Brandausbreitung auf nicht unmittelbar vom Primärereignis betroffene Anlageteile und die damit verbundene Freisetzung von Gefahrstoffen durch Zerstörung von Anlageteilen ist das Konzept der brand-

schutztechnischen Entkopplung dahingehend zu prüfen, inwieweit es bei einer Zerstörung größerer Teile des Betriebsbereiches noch wirksam ist.

Verbesserungspotentiale bestehen grundsätzlich in

- verbesserter räumlicher Trennung bestehender Brandlasten, z. B. durch Brandschneisen und/oder Verlagerung von Anlageteilen; insbesondere sollte hier ein angemessener Abstand zwischen Tank- und Granulatlager geschaffen werden,
- Errichtung zusätzlicher Brandwände.

Weiterhin sollten Brandschutzbeschichtungen an allen Stahlkonstruktionen, die Anlageteile mit gefährlichen Stoffen tragen und/oder stützen, vorgesehen werden.

#### **6.2.3.2 Zurückhaltung freigesetzter Stoffe**

Es sind Maßnahmen vorzusehen, die einen Übertritt von auf dem Betriebsbereich in das Kanalnetz gelangten Gefahrstoffen in den Main (Ticona ist Direkteinleiter) verhindern. Die Maßnahmen müssen auch in dem hier betrachteten Fall – also ohne Vorwarnzeit und ohne manuelle Eingriffsmöglichkeit vor Ort - wirksam sein. Beispielsweise kann hier eine grundsätzliche Trennung der Kanalnetze des Betriebsbereiches vom Einleitkanal vorgesehen werden.

Über die vorhandenen Auffangräume hinaus sind Auffangmöglichkeiten zu schaffen, die auch im Falle eines Flugzeugabsturzes und ohne aktives Eingreifen des Personals wirksam sind und im Sinne einer zusätzlichen Schutzbarriere wirken. Dies bedeutet z. B. die Schaffung zusätzlicher Aufkantungen in räumlicher Entfernung von bestehenden Auffangräumen oder Wälle, z. B. am tiefsten Punkt des Betriebsbereiches zum Main hin, sowie die Einrichtung zusätzlicher Auffangräume.

Im Falle eines Flugzeugabsturzes kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Energiearten an allen Stellen des Betriebsbereiches ausfallen. Deshalb wird als weitere Maßnahme zur Begrenzung der Mengen freigesetzter Stoffe die Unterbrechung der Energieversorgung aller Anlageteile, die durch diese Maßnahme in den sicheren Zustand gebracht werden können, vorgeschlagen. Diese Unterbrechung muss für alle entsprechenden Anlageteile von gut zugänglichen und geschützten Stellen durchführbar sein. Diese Stelle sollte der Feuerwehr bekannt und für diese zugänglich sein.

Dies erfordert, dass für den gesamten Betriebsbereich alle Anlagenteile, die energielos in den sicheren Zustand gebracht werden können, identifiziert werden und die ggf. zusätzlich erforderlichen technischen Maßnahmen zur Erreichung dieses Ziels festgelegt werden.

Um Stofffreisetzungen über beschädigte Rohrleitungen (dies gilt sowohl für Rohrleitungen, die brennbare Stoffe führen als auch für  $\text{BF}_3$ -Rohrleitungen) zu begrenzen, müssen diese durch geeignete Abschottungsmaßnahmen von den jeweiligen Behältern getrennt werden. Diese Maßnahme sollte ohne aktives Eingreifen und ohne das Vorhandensein von Energie oder durch eine entsprechend geschützte Energieversorgung wirksam sein. Diese Maßnahme ist zusätzlich für Rohrleitungen, die brennbare Stoffe führen, für die Verhinderung einer Brandausbreitung von wesentlicher Bedeutung.

Vor dem Hintergrund der schweren, in Kapitel 5.2.5 dieses Gutachtens dargestellten, potentiellen Auswirkungen einer Zerstörung der Ethylenverdichterstation oder ihrer Rohrleitungen sind insbesondere die Leitungen für Ethylen, die die Ethylenverdichterstation mit dem Industriepark Höchst verbinden und die Ethylenfernleitungen zur Versorgung der Verdichterstation zu betrachten. Die Gutachter empfehlen deshalb in den Leitungen Schnellschlussarmaturen mit definierter Sicherheitsstellung „geschlossen“, die auch energielos erreicht wird, einzubauen. Es sollte geprüft werden, ob das Schließen der Armaturen von Druckabfallüberwachungen ausgelöst werden kann, so dass durch die Ausführung der Absperrung inklusive ihrer Auslösung sichergestellt ist, dass in dem betrachteten Fall (siehe Kapitel 5.2.3.2.4) die großen Ethylenmengen in dem Leitungssystem sicher in kürzester Zeit von der Leckagestelle abgesperrt sind. Die Anordnung der Absperrarmaturen sollte entweder durch bauliche Maßnahmen geschützt oder in räumlicher Entfernung zur Verdichterstation erfolgen, so dass sie auch in dem betrachteten Fall wirksam bleiben. Sie sollten jedoch im Sinne der Minimierung der in dem vorliegenden Fall nicht zu verhindernden Stofffreisetzung unter Berücksichtigung des vorgenannten Aspektes möglichst nahe der Verdichterstation liegen.

Für den Fall, dass ein umfassender Schutz (flugzeugabsturzsicher) der  $\text{BF}_3$ -Behälter nicht realisiert wird, empfehlen die Gutachter als begrenzende technische Maßnahme die Einrichtung von Wasserschleibern. Die Versorgung der Sprührohre muss derart erfolgen, dass auch bei einem Flugzeugabsturz und damit verbundener Zerstörung eines Teiles des Systems der nicht zerstörte Teil weiterhin mit Wasser versorgt werden kann und funktionsfähig bleibt. Die Aktivierung dieses Systems muß ebenfalls auch nach dem Eintritt aller Folgereignisse möglich sein.

## **6.2.4 Organisatorische Maßnahmen**

### **6.2.4.1 Organisatorische Maßnahmen auf dem Gelände des Betriebsbereiches**

Die Werkfeuerwehr des Werkes Kelsterbach ist Teil der Werkfeuerwehr InfraServ GmbH, Industriepark Höchst. Sie ist eine Freiwillige Feuerwehr mit insgesamt 90 Einsatzkräften, wovon mindestens 7 Einsatzkräfte rund um die Uhr einsatzbereit sind.

Die Feuerwache Werk Kelsterbach ist für die Bekämpfung von Großschadensereignissen weder personell noch technisch ausgelegt.

Die Werkfeuerwehr in Höchst, die für eine Bekämpfung von Großschadensereignissen angemessen ausgerüstet ist, kann 12 bis 15 Minuten nach Alarmierung mit dem Einsatz im Werk Kelsterbach beginnen.

Die Alarmierung der Werkfeuerwehr in Höchst erfolgt entweder über automatische Alarmierungseinrichtungen wie Feuermelder oder Gaswarnanlagen, die sowohl auf die Feuerwache in Kelsterbach als auch auf die Meldezentrale der Werkfeuerwehr InfraServ im Industriepark Höchst aufgeschaltet sind oder über Telefon oder Funk.

Da im Fall eines Flugzeugabsturzes mit den unterstellten Folgeereignissen dem Einsatz von Gefahrenabwehrkräften und somit ihrer zielgerichteten und frühzeitigen Alarmierung besondere Bedeutung zukommt, empfehlen die Gutachter die Einrichtung einer geschützten Kommunikationsverbindung zwischen dem Werk Kelsterbach und der Meldezentrale der Werkfeuerwehr InfraServ Industriepark Höchst. Die Anforderungen an eine geschützte Kommunikationsverbindung sind in Nr. 3 der Dritten Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung vom 23. Oktober 1995 festgelegt. (Die Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung ist zwar mit Inkrafttreten der Störfall-Verordnung 2000 nicht mehr gültig, die materiellen Anforderungen gelten jedoch inhaltlich auch weiterhin). Diese Verbindung muss auch in im Fall eines Flugzeugabsturzes bestehen bleiben. Diese Anforderung gilt auch für eine mögliche alarmierende Stelle (Raum), die das eingetretene Ereignis und seine möglichen Folgen genauer beschreiben kann, als dies vom Tower des Flughafens aus geschehen könnte.

Alternativ sollte die Alarmierung der Werkfeuerwehr InfraServ Industriepark Höchst im Fall eines Flugzeugabsturzes auf das Werksgelände Kelsterbach in den Alarmplan des Flughafens/ der Flugaufsicht aufgenommen werden.

Eine Rettung der Flugzeuginsassen sowie betroffener Personen außerhalb des Flugzeuges würde durch den Absturz eines Flugzeuges auf das Werksgelände Kelsterbach durch die zu erwartenden Folgeereignisse erheblich erschwert. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass

nach „ZS-Magazin 1/86“ (Zivilschutz- Magazin) ein Flugzeug einem intensiven Brand nur bis zu 3 Minuten widersteht, empfehlen die Gutachter zu prüfen, ob und durch welche zusätzliche Maßnahmen die Flughafenfeuerwehr Frankfurt sinnvoll in den Notfallplan einbezogen werden kann.

#### **6.2.4.2 Organisatorische Maßnahmen außerhalb des Geländes des Betriebsbereiches**

Insbesondere für den Fall, dass ein umfassender Schutz (flugzeugabsturz sicher) für die BF<sub>3</sub>-Behälter und auch für die Ethylenverdichterstation nicht realisiert wird oder nicht realisiert werden kann, empfehlen die Gutachter die Realisierung der nachfolgend aufgeführten, die Auswirkung begrenzenden Maßnahmen.

Die Untersuchung des Szenarios des gleichzeitigen Versagens aller drei BF<sub>3</sub>- Lagerbehälter ergibt eine Unterschreitung des ERPG-2 Wertes in ca. 3250 m Entfernung von der Unglücksstelle sowie eine Unterschreitung des AEGL-3 – Wertes in 2300 m Entfernung von der Unglücksstelle. In einem Umkreis von 3250 m wohnen ca. 26000 Menschen und im Umkreis von 2300 m wohnen ca. 5 000 Menschen, von denen jeweils die, die sich in Lee der Unglücksstelle befinden, betroffen sind.

Insbesondere ist hier in dem Bereich bis zur Unterschreitung des AEGL –3 – Wertes damit zu rechnen, dass von den potentiell betroffenen Menschen viele Schwerstverletzte bis hin zu Toten zu beklagen sein werden.

Bei den unterstellten konservativen Ausbreitungsbedingungen ergeben sich für die einzelnen Ortschaften, bezogen auf den nächsten Ortsrand, sowie für den Main ungefähr folgende Vorwarnzeiten:

-	Main	15 min
-	Schleuse Eddersheim	18 min
-	Eddersheim	21 min
-	Okriftel	35 min
-	Raunheim	40 min

Die Gutachter empfehlen zu prüfen, welche Maßnahmen unter Berücksichtigung der Vorwarnzeiten für die Bevölkerung in den potentiell betroffenen Ortschaften in Abhängigkeit der Windrichtung vorbereitet werden können und diese Maßnahmen bei der Katastrophenschutzplanung zu berücksichtigen, z. B. Warnung über vorbereitete Laut-

sprecherdurchsagen. Die Schifffahrt auf dem Main (Schiffe mit bis zu 500 Passagieren) kann mittels UKW-Kanal 10 vor Einfahrt in den potentiell betroffenen Mainabschnitt gewarnt werden.

Bei der Planung dieser Maßnahmen ist auch die Vielzahl potentiell betroffener Fahrzeuginsassen im Falle eines Staus auf der Autobahn mit einzubeziehen, für die keine Vorwarnmöglichkeit besteht und für die auch im günstigsten Falle nur eine Vorwarnmöglichkeit mit extrem kurzer (geringer Abstand) Vorwarnzeit geschaffen werden könnte.

Der naheste beurteilungsrelevante Aufpunkt ist die Bahnlinie für Personen und Güterverkehr in ca. 180 m Entfernung von der BF<sub>3</sub>-Lagerung und in ca. 70 m von der Ethylenverdichtestation. Hier sind entsprechende Maßnahmen mit dem Betreiber der Bahnlinie abzustimmen und bei der externen Notfallplanung zu berücksichtigen, z. B. Verhinderung der Einfahrt von Zügen in den entsprechenden Streckenabschnitt. Das gleiche gilt für die ICE-Strecke parallel zur Autobahn in ca. 300 m Entfernung von der BF<sub>3</sub>-Lagerung.

Ein weiterer beurteilungsrelevanter Aufpunkt ist das Autobahndreieck Mönchhof in einer Entfernung von ca. 400 m. Die Autofahrer befinden sich in der Regel nur relativ kurzzeitig (bis zu wenigen Minuten) in dem betroffenen Gebiet, befinden sich andererseits jedoch in einer gefahrerhöhenden Situation, so dass mögliche Beeinträchtigungen durch die reizende Wirkung von BF<sub>3</sub> bei Fahrzeugführern kritischer zu bewerten sind. Aus diesem Grund empfehlen die Gutachter, Maßnahmen (z. B. eine Ampelanlage oder ferngesteuerte Verkehrszeichen) für die Autobahnen vorzusehen, die in vorher festzulegenden Fällen die Sperrung der Autobahnen derart ermöglichen, dass kein Fahrzeug nach Auslösung des entsprechenden Alarmfalls mehr in den gefährdeten Bereich einfährt.

In jedem Fall ist zu untersuchen, ob die für die Einsatzfälle zur Verfügung stehenden Rettungskräfte und – Mittel zur Bekämpfung der unterstellten Szenarien insgesamt ausreichend sind. Die persönliche Schutzausrüstung aller Einsatzkräfte und die ausreichende Anzahl von körperlich geeigneten (Arbeiten unter Atemmaske oder Vollschutz) Einsatzkräften muss sichergestellt sein.

Im Rahmen der externen Notfallplanung muss sichergestellt werden, dass ausreichende medizinische Einrichtungen, auch Transportmöglichkeiten, verfügbar sind, was im Notfall

auch die schnelle Umwidmung von normalerweise für andere Zwecke benutzte Einrichtungen bedeuten kann.

Es muss weiterhin sichergestellt werden, dass die erforderlichen Gegenmittel und sonstigen Maßnahmen zur Behandlung von einer größeren Personenzahl, die durch Chemikalien verletzt sind, zur Verfügung stehen.

### **6.3 Herabfallende Teile & Blue Ice**

Aus den vorstehend dokumentierten Überlegungen resultiert, dass keine Notwendigkeit für diesbezügliche Maßnahmen auf dem Betriebsgelände der Ticona / InfraserV besteht.

## 7 Zusammenfassung

Die RWTÜV Systems GmbH wurde im Zusammenhang mit dem Raumordnungsverfahren für die „Ausbauvariante Nord/West“ des Flughafens Frankfurt mit der Untersuchung von flugbetrieblichen Auswirkungen auf die Sicherheit und den Arbeitsschutz der Firmen Ticona / Infracore in Kelsterbach beauftragt. Neben den Auswirkungen eines möglichen Flugzeugabsturzes wurden dabei auch normalbetriebliche Effekte (wie Lärm, Wirbelschleppen u. a.) betrachtet.

Für einen Flugzeugabsturz (Primärereignis) wurde aufgrund statistischer Daten eine Eintrittswahrscheinlichkeit hinsichtlich des betrachteten Geländes von größenordnungsmäßig einem Ereignis in 500 Jahren abgeschätzt; die für die Zukunft zu erwartenden Werte sollten, insbesondere infolge deutliche verbesserten Techniken des Landeanflugs, deutlich darunter liegen.

Ausgehend von einer durch einen Flugzeugabsturz (Primärereignis) voraussichtlich - betroffenen minimalen Schadensfläche, für die eine vollständige Freisetzung des Stoffinventars mit nachfolgender Explosion, Brand und Freisetzung toxischer Stoffe (Folgeereignisse) angenommen wurde, wurden Auswirkungsbetrachtungen (Ausbreitungsrechnungen) durchgeführt. Diese nicht konservative Vorgehensweise wurde gewählt, um so ausgehend von dem derart vergleichsweise kleinflächig begrenzten Primärereignis abschätzen zu können, ob bereits auf dieser Ebene direkt mit schwerwiegenden Auswirkungen zu rechnen ist. Hätte man von vornherein die von einem Primärereignis betroffene Fläche wie üblich streng konservativ abgeschätzt, so hätte dies der Annahme eines weitgehenden Verlustes der weitaus meisten Einrichtungen des Werksgeländes und der damit verbundenen großen Anzahl an Toten und Schwerverletzten entsprochen. Auf dieser Basis wären Überlegungen zu den in einem weniger ungünstigen Fall möglicherweise doch noch sinnvollen Maßnahmen von vornherein ausgeschlossen worden.

Zusammenfassend ergibt sich aus den auf dieser Basis durchgeführten Untersuchungen:

- Bereits das Primärereignis des Flugzeugabsturzes auf Bereiche mit hoher Personenkonzentration, insbesondere Verwaltungsgebäude R300 oder den Bereich der Werks-

kantine/Sozialgebäude, führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer erheblichen Anzahl an Toten und Schwerverletzten auf dem Werksgelände

- Wesentliche durch den Absturz auf die Anlagen der Ticona / Infracore bedingten Gefährdungen im Zuge von Folgeereignissen sind
  - die Freisetzung großer Mengen Bortrifluorid mit Gefährdungsbereichen von 1300 bis zu 2300 Metern
  - Großbrände im Methanoltanklager und / oder in den Produktionsanlagen sowie in der Ethylen-Verdichterstation mit Wärmestrahlungseffekten als bedeutsamster Folge
  - Freisetzung großer Mengen Ethylen mit nachfolgender Explosion und Brand.

Auch bei einem – hypothetisch – kleinflächig begrenzten Folgeereignis sind schwerwiegende Auswirkungen durch die Freisetzung toxischer Stoffe zu erwarten. Darüber hinaus führen Domino-Effekte, vor allem aufgrund der Wärmestrahlung der Großbrände und der Ausbreitung brennender Flüssigkeitslachen, die eine Brandbekämpfung extrem behindern, zu einer erheblichen Schadensausweitung.

Insbesondere aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten zur Brandbekämpfung und Rettung von Personen ist somit auch durch die Folgeereignisse eine akut lebensbedrohende Gefährdung einer großen Anzahl von Personen innerhalb und außerhalb des Werksgeländes zu besorgen.

Darüber hinaus sind auch Domino-Effekte außerhalb des Werksgeländes mit dann unkontrollierbarer Schadensausweitung nicht auszuschließen.

Es wurden mögliche Maßnahmen diskutiert, die einer Schadensverhinderung zum einen und einer Schadensbegrenzung zum anderen dienen. Diese Maßnahmen wurden im jetzigen Stadium primär unter dem Gesichtspunkt der organisatorischen und ingenieurtechnischen Machbarkeit und praktischen Realisierung in vergleichbaren Fällen (Stand der Technik) betrachtet.

Ein umfassender Schutz sämtlicher relevanter Gefahrenpotentiale und Gebäuden mit hoher Personenkonzentration käme weitgehenden baulichen Maßnahmen gleich, deren Realisierung kaum möglich erscheint. Als primäre Maßnahmen wurden jedoch für begrenzte Bereiche entsprechende bauliche Maßnahmen vorgeschlagen.

Bei Umsetzung der vorgeschlagenen primären Maßnahmen für die Bortrifluorid-Station und die Ethylen-Verdichterstation kann eine Gefährdung der Personen außerhalb des Werksge-

länden minimiert werden. Hinsichtlich der Gefährdung von Personen innerhalb des Werks- geländes sind für wesentliche Schadensereignisse kaum primäre Maßnahmen ableitbar.

Weitere nicht dem normalen Flugbetrieb zugeordnete Effekte (wie herabfallende Teile aus Flugzeugen) wurden gleichfalls betrachtet, sind jedoch – wenn überhaupt relevant - hinsicht- lich des Schadensausmaßes weit unterhalb denen des Flugzeugabsturzes anzusiedeln. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist ebenfalls nicht größer, in einigen Unterfällen sogar vernach- lässigbar klein. Die diesbezüglich vorstellbaren anlagenseitigen Schutzmaßnahmen ent- sprechen denen hinsichtlich Flugzeugabsturz.

Für normalbetriebliche Effekte wurden analog die Situation der Anlagen erhoben, die Gefah- ren ermittelt und Maßnahmen erarbeitet. Hier ergab sich die Notwendigkeit

- hinsichtlich Wirbelschleppengefährdung
  - für bestimmte, insbesondere hohe, schlanke Bauteile einen erneuten rechnerischen Nachweis zu führen und ggf. Ertüchtigungsmaßnahmen vorzusehen und
  - für Menschen an Höhenarbeitsplätzen vorbeugende Schutzmaßnahmen zu ergreifen
- hinsichtlich Fluglärm
  - in einigen Bereichen, insbesondere Pförtnerlogen, Bürogebäuden und Ruheräumen schalltechnische Verbesserungen vorzusehen
  - in den Anlagenbereichen fallweise optische Alarmierungs- und Kommunikationsein- richtungen der veränderten Situation anzupassen
- hinsichtlich elektromagnetischer Verträglichkeit eine Verbesserung insbesondere der si- cherheitsrelevanten MSR-Technik vorzusehen.

## 8 Gutachtensempfehlungen (GE)

Wie in den vorangehenden Unterkapiteln des Abschnitts 6 dieses Gutachtens ausgeführt bestehen Notwendigkeiten zu weitergehenden Untersuchungen und / oder zur Umsetzung von Maßnahmen, um flugbetriebliche Auswirkungen auf das Personal sowie die Anlagen der Tivona / InfraserV zu vermeiden bzw. zu begrenzen.

Hinsichtlich der Gefahren durch den normalbetrieblichen Flugverkehr (Kap. 6.1 dieses Gutachtens) werden folgende Gutachtensempfehlungen ausgesprochen; die entsprechenden Nachweise sind zu erbringen:

### GE1

- Zur Absicherung gegen windinduzierte Schwingungen und Bauteilbeulen aufgrund lokaler Druckwirkung durch Wirbelschleppen sind detaillierte Berechnungen an anlagentechnischen Bauwerken durchzuführen.
- Die zulässige Wirkung windinduzierter Schwingungen ist für schlanke Bauteile wie Kolonnen, Schornsteine, Rohrleitungen etc. zu ermitteln.
- Für Lagertanks größeren Durchmessers ist die zulässige Beanspruchung insbesondere durch lokales Beulen infolge von Winddruckspitzen nachzuweisen.

Die Nachweise können abdeckend vorgenommen werden, indem die einzelnen Anlagenbauteile in bauteiläquivalente Kategorien eingeteilt werden, für die jeweils der abdeckende Nachweis geführt wird.

### GE2

Durch auftretende Wirbelschleppen ist eine Gefährdung des Personals durch herabfallende Teile (Verkleidungen an Gebäuden etc.) sowie bei Höhen- und Dacharbeiten nicht auszuschließen. Aufgrund dessen sind Kontrollen auf unzureichend befestigte Leichtbauteile an Gebäuden und technischen Anlagen durchzuführen. Zum Schutz des Personals an Höhenarbeitsplätzen sind vorbeugende Schutzmaßnahmen zu ergreifen bzw. Schutzkonstruktionen vorzusehen.

### GE3

Zur Begrenzung des Fluglärms in Bezug auf Kommunikationsfähigkeit und Innenschallpegel für Arbeits-, Pausen- und Ruheräume sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- im Bereich der Werkseinfahrt sind Lärmschutzvorrichtungen vorzusehen oder es ist eine Verlegung der Werkseinfahrt in Betracht zu ziehen,
- am Verwaltungsgebäude R300 sind zwecks Erreichung eines Rauminnenpegels  $\leq 55$  db(A) die tatsächlichen Dämmwerte der Fassadenelemente zu ermitteln. Analoge Messungen sind für die Gebäude P201, P210, P211, P215, P228, R250, R260, R269 und R279 durchzuführen.  
Für das Gebäude P250 (Werksfeuerwehr) ist der Zielwert 45 db(A) nachzuweisen.  
Die akustischen Signaleinrichtungen auf dem Betriebsgebäude sind den auftretenden Geräuschbelastungen nach Bau der Landebahn entsprechend anzupassen.

#### **GE4**

Zur Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit der elektronischen Geräte und Komponenten sind folgende Maßnahmen erforderlich:

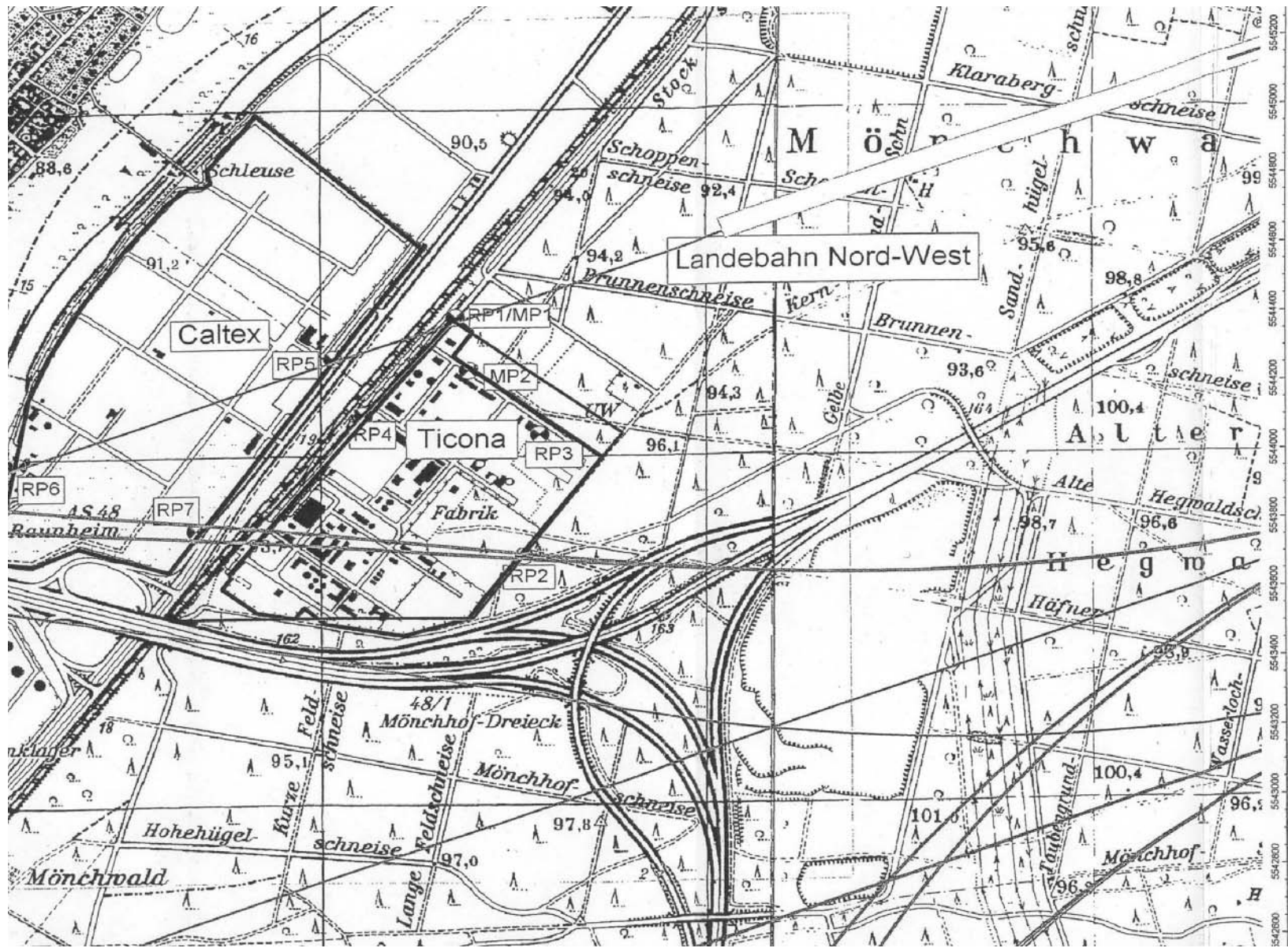
- Die vorhandene Schirmung der Komponenten und Leitungswege ist hochfrequenztechnisch nicht ausreichend, also sind Nachrüstungen erforderlich.
- Als Auslegungsnachweis für die vorhandenen Geräte und Komponenten sind die EG-Konformitätserklärungen und die jeweiligen Anschlussbedingungen der Geräte- und Komponentenhersteller heranzuziehen. Den Auslegungsangaben der Hersteller sollten die gängigen EMV-Standards (z. B. DIN 50081, DIN 50082) zugrunde liegen. Die Einhaltung der vom Hersteller angegebenen EMV-gerechten Anschlussbedingungen ist vor Ort in der Anlage zu kontrollieren. Falls keine ausreichenden Auslegungsnachweise geführt werden können und in der Dokumentation des Errichters keine Angaben zur EMV-gerechten Auslegung enthalten sind, können Ersatzmaßnahmen (z. B. Einbau in EMV-gerechte metallische Einhausungen, die an den Potentialausgleich angeschlossen sind) getroffen werden.
- Zur Signalübertragung über metallische Leitungen sind geschirmte Leitungen zu verwenden.
- Die zu verwendenden an den Potentialausgleich angeschlossenen metallischen Gehäuse der Komponenten (Verteiler, insbesondere Feldverteiler sowie Gehäuse von Messumformern und zentralen Einrichtungen) müssen für eine hochfrequenztechnische Schirmung und EMV-gerechte Leitungseinführung geeignet sein.

- Leitungseinführungen sind mittels EMV-gerechter Einführung so aufzubauen, dass der Leitungsschirm mit dem Metallgehäuse allseitig gut leitend verbunden ist (z. B. für EMV-qualifizierte PG-Verschraubungen).
- In zentralen Steuerschränken sind die Leitungsschirme mit für EMV-qualifizierten Bügelschellen allseitig gut leitend mit an den Potentialausgleich angeschlossenen Schirmschienen zu verbinden.
- Die Gesichtspunkte des Explosionsschutzes bei Arbeiten an den Schirmungen sind nach Betriebsicherheitsverordnung für die jeweiligen Bereiche in einem Explosionsschutzdokument darzustellen.

Hinsichtlich der möglichen Maßnahmen gegen die Gefahrenquelle des Flugzeugabsturzes wird auf die Ausführungen in Kap. 6.2 dieses Gutachtens verwiesen.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass sämtliche in Kapitel 6.2 aufgeführten Maßnahmen zwar die potentiellen Auswirkungen dieses Ereignisses insbesondere außerhalb des Werksgeländes der Ticona/ Infracore begrenzen, jedoch nicht die Gefahr des Flugzeugabsturzes selbst. Somit verbleibt auch nach Umsetzung der Maßnahmen im Kapitel 6.2 die Gefährdung einer größeren Anzahl von Personen innerhalb des Werksgeländes mit der Folge schwerer Verletzungen bis hin zum Todesfall. Aus diesem Grunde wird auf eine Auflistung der möglichen Maßnahmen gegen die Gefahrenquelle des Flugzeugabsturzes in Form von Gutachtensempfehlungen an dieser Stelle verzichtet.

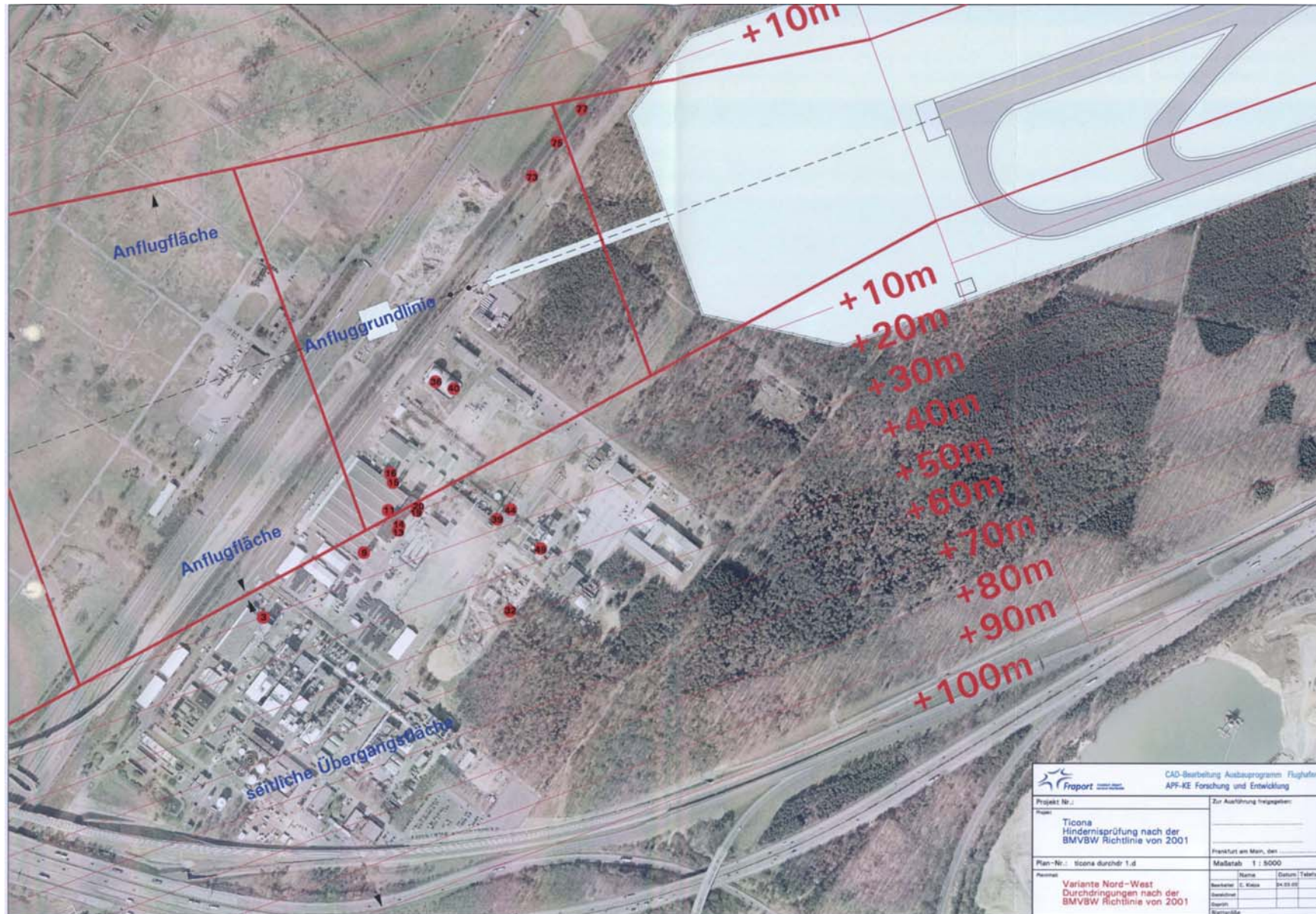
## Anlage 1: Übersichts-Lageplan




5546200  
5546000  
5544800  
5544600  
5544400  
5544200  
5544000  
5543800  
5543600  
5543400  
5543200  
5543000  
5542800  
5542600  
5542400

Ausba  
Flugh:  
Lages  
Ticon:  
Gelän  
Maßstab  
Frapp  
Ausbau  
Umwelt  
APF-US  
Prograr  
Cadna/A

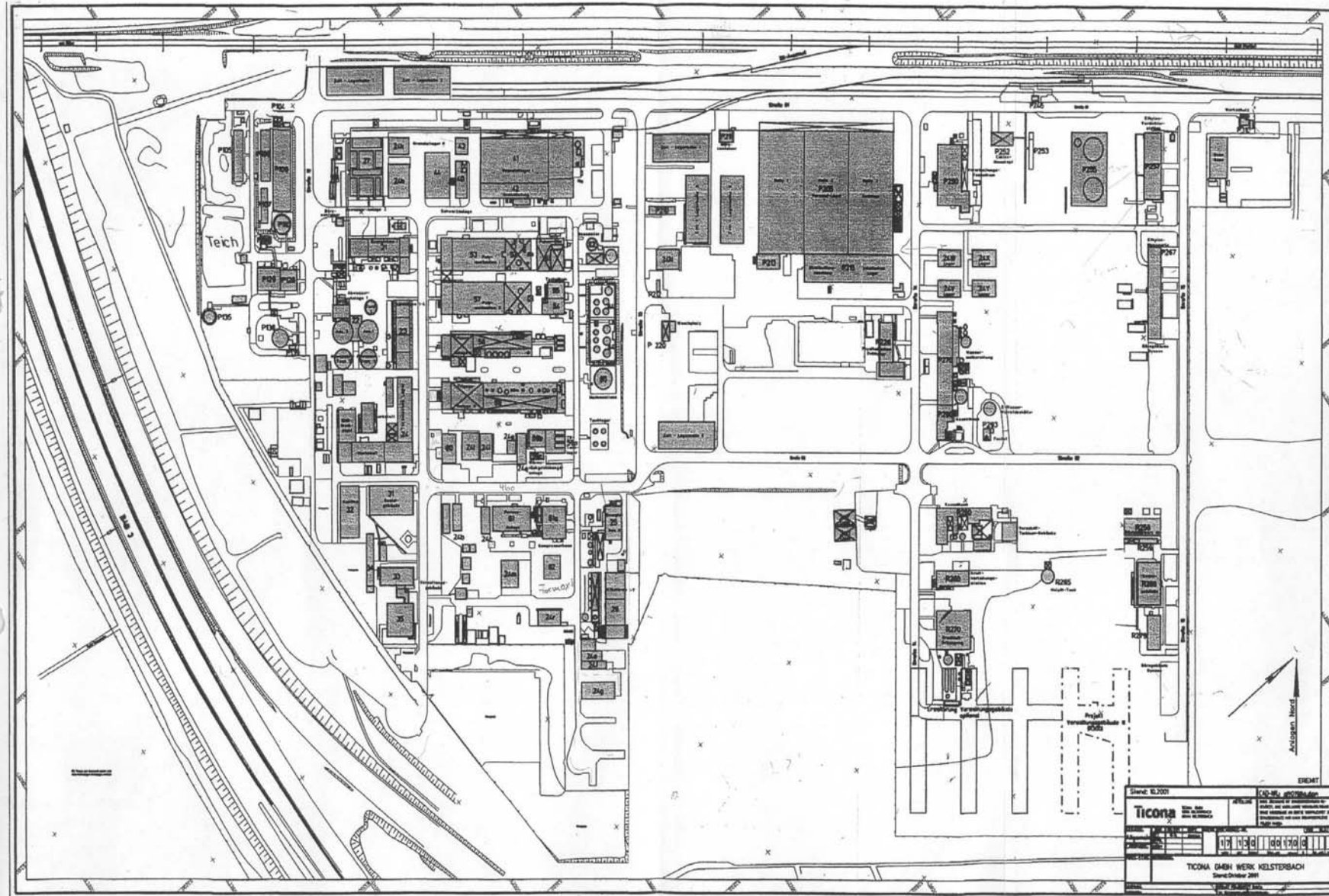
Anlage 2: Luftbild mit skizzierter Sicherheitsfläche



 CAD-Bearbeitung Ausbauprogramm Flughafen APF-KE Forschung und Entwicklung																
Projekt Nr.: Name: Ticona Hindernisprüfung nach der BMVBW Richtlinie von 2001	Zur Ausführung freigegeben: Freigegeben am Mon., den:															
Plan-Nr.: Icoona durchdr 1.d	Maßstab 1 : 5000															
Revision: Variante Nord-West Durchdringungen nach der BMVBW Richtlinie von 2001	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Datum</th> <th>Tätigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Name	Datum	Tätigkeit												
Name	Datum	Tätigkeit														



## Anlage 3: Werksübersichtsplan Ticona / Infraseriv



Stand: 11.2001

**Ticona**

TICONA GMBH WERK KELSTERBACH  
Stand Oktober 2001

## Anlage 4: Stoff- und Reaktionskenndaten

Stoffbezeichnung **Formaldehyd > 50%**

CAS-Nummer 50-00-0

**1. Physikalische Stoffdaten****Quelle:**

Aggregatzustand bei 20 °C	-	flüssig	UBA-Handbuch
Molgewicht	g/mol	30,03	UBA-Handbuch
Festpunkt/Erstarrungsber.	° C	-15	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Kochpunkt/Siedeber. (1 bar)	° C	97	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Dichte	kg/m <sup>3</sup>	1150	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Dampfdruck bei 20 °C	hPa	1,3	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Verdampfungswärme bei 20 °C	kJ/mol		

**2a. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Feststoff (gemäß VDI 2263, Blatt 1)**

Brennbarkeit (nach DIN)	BZ	n.a.	
Selbstentzündung	° C	n.a.	
exotherme Zersetzung (DTA)	° C	n.a.	
Schlagempfindlichkeit	ja/nein	n.a.	
Staubexplosionsfähigkeit	ja/nein	n.a.	

**2b. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Flüssigkeit oder Gas**

Flammpunkt (nach DIN)	° C	79-85	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Gefahrenklasse	-	n.a.	
Explosionsgrenze u. Ex.	g/m <sup>3</sup> ,V%	7 Vol%	UBA-Handbuch
o. Ex.	g/m <sup>3</sup> ,V%	73 Vol%	UBA-Handbuch
Zündtemperatur (nach DIN)	° C	430	UBA-Handbuch
Explosionsgruppe (nach DIN)	-		
exotherme Zersetzung (DTA)	° C		

**3. Bekannte toxikologische Wirkungsdaten, akute toxische Wirkung**

orale LD <sub>50</sub> (Formald. 100%)	mg/kg	800	Ratte UBA-Handbuch
inhalative LC <sub>50</sub> (Formald. 100%)	mg/m <sup>3</sup>	590	Ratte UBA-Handbuch
dermale LD <sub>50</sub> (Formald. 100%)	mg/kg	420	Ratte UBA-Handbuch

Stoffbezeichnung **Formaldehyd > 50%**  
 CAS-Nummer 50-00-0

#### 4. Gesundheitsschädliche Eigenschaften (Einstufung nach Gefahrstoffverordnung)

krebserzeugend K	K3	TRGS 905
erbgutverändernd M	nein	TRGS 905
fortpflanzungsgefährdend R <sub>E</sub> /R <sub>F</sub>	nein	TRGS 905
Hautresorption/Sensibilisierung	H, S	TRGS 900
Hautwirkung	ätzend	BIA-Report 2002
andere gesundheitsgefährliche Eigenschaften, z. B. mögliche Organwirkung	Schädigung der Leber, Nieren; Lungenödem; Zellgift	Kühn-Birett

#### 5. Arbeitsschutz

MAK-/TRK-Wert	mg/m <sup>3</sup>	0,62	TRGS 900
Spitzenbegrenzungswert	-	=1=	TRGS 900
BAT-Wert/Material	mg/kg	nein	TRGS 903

#### 6. Wasserverträglichkeit

Wassergefährdungsklasse	WGK	2	KBWS-Nr. 112
Fischtoxizität LC <sub>50</sub>	mg/l	15	Hommel
Bakterientoxizität EC <sub>10</sub>	mg/l	15	Hommel
biologische Abbaubarkeit	-		

#### 7. sonstige Angaben

Einstufung	T (giftig)	BIA-Report 2002
Gefahrenhinweise (R-Sätze)	23/24/25-34-40-43	BIA-Report 2002
Sicherheitshinweise (S-Sätze)	26-36/37/39-45-51	BIA-Report 2002
Vorsorgeuntersuchungen	nein	BIA-Report 2002
Warnsymptome	Starke Reizwirkung	UBA-Handbuch

Stoffbezeichnung **Methanol**  
 CAS-Nummer 67-56-1

### 1. Physikalische Stoffdaten

Quelle:

Aggregatzustand bei 20 °C	-	flüssig	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Molgewicht	g/mol	32	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Festpunkt/Erstarrungsber.	° C	-98	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Kochpunkt/Siedeber. (1 bar)	° C	64,5	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Dichte	kg/m <sup>3</sup>	796	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Dampfdruck bei 20 °C	hPa	128	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Verdampfungswärme bei 20 °C	kJ/mol	38,48	UBA-Handbuch

### 2a. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Feststoff (gemäß VDI 2263, Blatt 1)

Brennbarkeit (nach DIN)	BZ	n.a.	
Selbstentzündung	° C	n.a.	
exotherme Zersetzung (DTA)	° C	n.a.	
Schlagempfindlichkeit	ja/nein	n.a.	
Staubexplosionsfähigkeit	ja/nein	n.a.	

### 2b. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Flüssigkeit oder Gas

Flammpunkt (nach DIN)	° C	11	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Gefahrenklasse	-	B	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Explosionsgrenze u. Ex.	g/m <sup>3</sup> ,V%	73/5,5	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
o. Ex.	g/m <sup>3</sup> ,V%	590/31	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Zündtemperatur (nach DIN)	° C	455	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Explosionsgruppe (nach DIN)	-	II A	Nabert/Schön
exotherme Zersetzung (DTA)	° C	*	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt

\* stabil bis zum Siedepunkt

### 3. Bekannte toxikologische Wirkungsdaten, akute toxische Wirkung

orale LD <sub>50</sub>	mg/kg	5628	Ratte UBA-Handbuch
inhalative LC <sub>50</sub>	mg/m <sup>3</sup>	64000/4h	Ratte UBA-Handbuch
dermale LD <sub>50</sub>	mg/kg		

Stoffbezeichnung **Methanol**  
 CAS-Nummer 67-56-1

#### 4. Gesundheitsschädliche Eigenschaften (Einstufung nach Gefahrstoffverordnung)

krebserzeugend K	nein	TRGS 905
erbgutverändernd M	nein	TRGS 905
fortpflanzungsgefährdend R <sub>E</sub> /R <sub>F</sub>	nein	TRGS 905
Hautresorption/Sensibilisierung	H	TRGS 900
Hautwirkung	reizend	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
andere gesundheitsgefährliche Eigenschaften, z. B. mögliche Organwirkung	Nach Verschlucken Erblindung möglich	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt

#### 5. Arbeitsschutz

MAK-/TRK-Wert	mg/m <sup>3</sup>	270	TRGS 900
Spitzenbegrenzungswert	-	4	TRGS 900
BAT-Wert/Material	mg/l	30	Harn / TRGS 903

#### 6. Wasserverträglichkeit

Wassergefährdungsklasse	WGK	1	KBWS-Nr. 145
Fischtoxizität	mg/l	250	Goldfisch / Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Bakterientoxizität	mg/l	6600	Pseudomonas
biologische Abbaubarkeit	-	*	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt

\* sehr leicht abbaubar

#### 7. sonstige Angaben

Einstufung	F (leichtentzündlich) / T (giftig)	BIA-Report 2002
Gefahrenhinweise (R-Sätze)	11-23/24/25-39/23/24/25	BIA-Report 2002
Sicherheitshinweise (S-Sätze)	7-16-36/37-45	BIA-Report 2002
Vorsorgeuntersuchungen	BG-Grundsatz G10	BIA-Report 2002
Warnsymptome	typischer Geruch, Geruchsschwelle: 5 ppm	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt / UBA-Handbuch

Stoffbezeichnung **Triethylamin**  
CAS-Nummer 121-44-8

**1. Physikalische Stoffdaten****Quelle:**

Aggregatzustand bei 20 °C	-	flüssig	Gestis-Stoffdatenbank
Molgewicht	g/mol	101,2	Gestis-Stoffdatenbank
Festpunkt/Erstarrungsber.	° C	-114,7	Gestis-Stoffdatenbank
Kochpunkt/Siedeber. (1 bar)	° C	89,3	Gestis-Stoffdatenbank
Dichte	kg/m <sup>3</sup>	727,5	Gestis-Stoffdatenbank
Dampfdruck bei 20 °C	hPa	71	Gestis-Stoffdatenbank
Verdampfungswärme bei 20 °C	kJ/mol		

**2a. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Feststoff (gemäß VDI 2263, Blatt 1)**

Brennbarkeit (nach DIN)	BZ	n.a.	
Selbstentzündung	° C	n.a.	
exotherme Zersetzung (DTA)	° C	n.a.	
Schlagempfindlichkeit	ja/nein	n.a.	
Staubexplosionsfähigkeit	ja/nein	n.a.	

**2b. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Flüssigkeit oder Gas**

Flammpunkt (nach DIN)	° C	-7	Gestis-Stoffdatenbank
Gefahrenklasse	-	B	Gestis-Stoffdatenbank
Explosionsgrenze u. Ex.	g/m <sup>3</sup> ,V%	50 / 1,2	Gestis-Stoffdatenbank
o. Ex.	g/m <sup>3</sup> ,V%	340 / 8,0	Gestis-Stoffdatenbank
Zündtemperatur (nach DIN)	° C	249	Gestis-Stoffdatenbank
Explosionsgruppe (nach DIN)	-	IIA	Nabert-Schön
exotherme Zersetzung (DTA)	° C		

**3. Bekannte toxikologische Wirkungsdaten, akute toxische Wirkung**

orale LD <sub>50</sub>	mg/kg	460	Ratte, UBA-Handbuch
inhalative LC <sub>50</sub>	mg/m <sup>3</sup>	6000/2h	Maus, UBA-Handbuch
dermale LD <sub>50</sub>	mg/kg	570	Kaninchen, UBA-Handbuch

Stoffbezeichnung **Triethylamin**

CAS-Nummer 121-44-8

#### 4. Gesundheitsschädliche Eigenschaften (Einstufung nach Gefahrstoffverordnung)

krebserzeugend K	nein	TRGS 905
erbgutverändernd M	nein	TRGS 905
fortpflanzungsgefährdend R <sub>E</sub> /R <sub>F</sub>	nein	TRGS 905
Hautresorption/Sensibilisierung	H	BIA-Report 2002
Hautwirkung	ätzend	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
andere gesundheitsgefährliche Eigenschaften, z. B. mögliche Organwirkung		

#### 5. Arbeitsschutz

MAK-/TRK-Wert	mg/m <sup>3</sup>	4,2	TRGS 900
Spitzenbegrenzungswert	-	=1=	TRGS 900
BAT-Wert/Material	mg/kg	nein	TRGS 903

#### 6. Wasserverträglichkeit

Wassergefährdungsklasse	WGK	1	KBwS-Nr. 556
Fischtoxizität LC <sub>50</sub> (24h)	mg/l	>5000	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Bakterientoxizität	mg/l	-	
biologische Abbaubarkeit	-	*	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt

\* biologisch abbaubar

#### 7. sonstige Angaben

Einstufung	F (leichtentzündlich), C (ätzend)	BIA-Report 2002
Gefahrenhinweise (R-Sätze)	11-20/21/22-35	BIA-Report 2002
Sicherheitshinweise (S-Sätze)	3-16-26-29-36/37/39-45	BIA-Report 2002
Vorsorgeuntersuchungen	keine	BIA-Report 2002
Warnsymptome	starker ammoniakähnlicher Geruch	Hommel

Stoffbezeichnung **Bortrifluorid**

CAS-Nummer 7637-07-2

### 1. Physikalische Stoffdaten

Quelle:

Aggregatzustand bei 20 °C	-	gasförmig	Hommel
Molgewicht	g/mol	67,8	RTECS 1989
Festpunkt/Erstarrungsber.	° C		Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Kochpunkt/Siedeber. (1 bar)	° C	-100	Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Dichte	kg/m <sup>3</sup>	3	Gestis-Stoffdatenbank
Dampfdruck bei 20 °C	hPa	10 <sup>5</sup>	Gestis-Stoffdatenbank
Verdampfungswärme bei 20 °C	kJ/mol		

### 2a. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Feststoff (gemäß VDI 2263, Blatt 1)

Brennbarkeit (nach DIN)	BZ	n.a.	
Selbstentzündung	° C	n.a.	
exotherme Zersetzung (DTA)	° C	n.a.	
Schlagempfindlichkeit	ja/nein	n.a.	
Staubexplosionsfähigkeit	ja/nein	n.a.	

### 2b. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Flüssigkeit oder Gas

Flammpunkt (nach DIN)	° C	n.a.	
Gefahrenklasse	-	n.a.	
Explosionsgrenze u. Ex.	g/m <sup>3</sup> , V%	n.a.	
o. Ex.	g/m <sup>3</sup> , V%	n.a.	
Zündtemperatur (nach DIN)	° C	n.a.	
Explosionsgruppe (nach DIN)	-	n.a.	
exotherme Zersetzung (DTA)	° C		

### 3. Bekannte toxikologische Wirkungsdaten, akute toxische Wirkung

orale LD <sub>50</sub>	mg/kg		
inhalative LC <sub>50</sub>	mg/m <sup>3</sup>	1180/4h	Ratte Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
dermale LD <sub>50</sub>	mg/kg		

Stoffbezeichnung      **Bortrifluorid**  
 CAS-Nummer            7637-07-2

#### 4. Gesundheitsschädliche Eigenschaften (Einstufung nach Gefahrstoffverordnung)

krebserzeugend K	nein	TRGS 905
erbgutverändernd M	nein	TRGS 905
fortpflanzungsgefährdend R <sub>E</sub> /R <sub>F</sub>	nein	TRGS 905
Hautresorption/Sensibilisierung	nein	BIA-Report 2002
Hautwirkung	ätzend	Hommel
andere gesundheitsgefährliche Eigenschaften, z. B. mögliche Organwirkung	Lungenödem möglich	Hommel

#### 5. Arbeitsschutz

MAK-/TRK-Wert	mg/m <sup>3</sup>	3	TRGS 900
Spitzenbegrenzungswert	-	=1=	TRGS 900
BAT-Wert/Material	mg/kg	ja	BGV A4

#### 6. Wasserverträglichkeit

Wassergefährdungsklasse	WGK	1	KBWS-Nr. 2786
Fischtoxizität LC <sub>50</sub> (24h)	mg/l	1800	Gambius affinis Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
Bakterientoxizität	mg/l	231	Ps.putida Hersteller-Sicherheitsdatenblatt
biologische Abbaubarkeit	-		

#### 7. sonstige Angaben

Einstufung	T+ (sehr giftig), C (ätzend)	BIA-Report 2002
Gefahrenhinweise (R-Sätze)	14-26-35	BIA-Report 2002
Sicherheitshinweise (S-Sätze)	9-26-28-36/37/39-45	BIA-Report 2002
Vorsorgeuntersuchungen	G 34	BGV A4
Warnsymptome	Starke Reizwirkung	Hommel

Stoffbezeichnung **Ethylen**  
 CAS-Nummer 74-85-1

### 1. Physikalische Stoffdaten

Quelle:

Aggregatzustand bei 20 °C	-	gasförmig	Hommel
Molgewicht	g/mol	28,1	UBA-Handbuch
Festpunkt/Erstarrungsber.	° C	-170	Gestis-Stoffdatenbank
Kochpunkt/Siedeber. (1 bar)	° C	-104	UBA-Handbuch
Dichte	kg/m <sup>3</sup>	1,26	Gestis-Stoffdatenbank
Dampfdruck bei 20 °C	hPa	51.000	Gestis-Stoffdatenbank
Verdampfungswärme bei 20 °C	kJ/mol	13,5	UBA-Handbuch

### 2a. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Feststoff (gemäß VDI 2263, Blatt 1)

Brennbarkeit (nach DIN)	BZ	n.a.	
Selbstentzündung	° C	n.a.	
exotherme Zersetzung (DTA)	° C	n.a.	
Schlagempfindlichkeit	ja/nein	n.a.	
Staubexplosionsfähigkeit	ja/nein	n.a.	

### 2b. Sicherheitstechnische Stoffdaten für Flüssigkeit oder Gas

Flammpunkt (nach DIN)	° C	- 136	UBA-Handbuch
Gefahrenklasse	-	n.a.	
Explosionsgrenze u. Ex.	g/m <sup>3</sup> ,V%	34 / 2,7	UBA-Handbuch
o. Ex.	g/m <sup>3</sup> ,V%	90 / 31	UBA-Handbuch
Zündtemperatur (nach DIN)	° C	425	UBA-Handbuch
Explosionsgruppe (nach DIN)	-	IIB	Nabert-Schön
exotherme Zersetzung (DTA)	° C		

### 3. Bekannte toxikologische Wirkungsdaten, akute toxische Wirkung

orale LD <sub>50</sub>	mg/kg		
inhalative LC <sub>50</sub>	mg/m <sup>3</sup>	*	UBA-Handbuch
dermale LD <sub>50</sub>	mg/kg		

\* wenig toxisches Gas

Stoffbezeichnung **Ethylen**  
 CAS-Nummer 74-85-1

**4. Gesundheitsschädliche Eigenschaften (Einstufung nach Gefahrstoffverordnung)**

krebserzeugend K	nein	TRGS 905
erbgutverändernd M	M3	TRGS 905
fortpflanzungsgefährdend R <sub>E</sub> /R <sub>F</sub>	nein	TRGS 905
Hautresorption/Sensibilisierung	nein	TRGS 900
Hautwirkung	keine	BIA-Report 2002
andere gesundheitsgefährliche Eigenschaften, z. B. mögliche Organwirkung	Dämpfe wirken narkotisch	BIA-Report 2002

**5. Arbeitsschutz**

MAK-/TRK-Wert	mg/m <sup>3</sup>	nein	TRGS 900
Spitzenbegrenzungswert	-	nein	TRGS 900
BAT-Wert/Material	mg/kg	nein	TRGS 903

**6. Wasserverträglichkeit**

Wassergefährdungsklasse	WGK	Keine	KBwS-Nr. 742
Fischtoxizität	mg/l	22-65	UBA-Handbuch
Bakterientoxizität	mg/l		
biologische Abbaubarkeit	-		

**7. sonstige Angaben**

Einstufung	F+ (hochentzündlich)	BIA-Report 2002
Gefahrenhinweise (R-Sätze)	12	BIA-Report 2002
Sicherheitshinweise (S-Sätze)	9-16-33	BIA-Report 2002
Vorsorgeuntersuchungen	nein	BIA-Report 2002
Warnsymptome	süßlicher Geruch	Hommel