


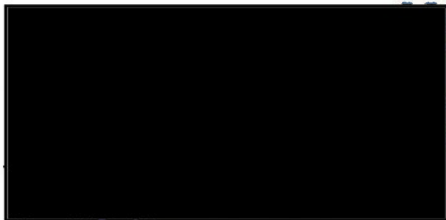

**Sicherheitstechnische Machbarkeitsstudie
zur Wasserstoffinfrastruktur auf dem
Busbetriebshof Gleisdreieck**

Umsetzung § 50 BImSchG und
genehmigungsrechtliche Konsequenzen

Für die
Hamburger Hochbahn AG, Hamburg

Bericht Nr. PS/8707/14
Hamm, 11. April 2014

Informationsseite

Bericht Nr.	PS/8707/14
Einstufung	Vertraulich (Informationsseite offen)
Titel	Sicherheitstechnische Machbarkeitsstudie zur Wasserstoffinfrastruktur auf dem Busbetriebshof Gleisdreieck - Umsetzung § 50 BImSchG und genehmigungsrechtliche Konsequenzen für die Hamburger Hochbahn AG, Hamburg
Verfasser	Dipl.-Chem. Ing. Raphael Müller, Dipl. Ing. Matthias Czeranka, Dipl. Ing. Stefan Janßen-Weetz, Dr. Ulrike Hermann
Zusammenfassung	<p>Auf dem neuen Busbetriebshof Gleisdreieck in Hamburg ist geplant eine Wasserstoffinfrastruktur zu errichten.</p> <p>Die INBUREX Consulting GmbH wurde beauftragt durch ihre bekannt gegebenen Sachverständigen nach § 29a Abs.1 BImSchG eine Machbarkeitsstudie aus sicherheitstechnischer Sicht zu erstellen. Dabei ist die Umsetzung des § 50 BImSchG zu beachten und anhand von Gestaltungsoptionen zu diskutieren. Zudem werden die genehmigungsrechtlichen Konsequenzen aufgezeigt. Der vorliegende Bericht dokumentiert das Ergebnis.</p>
Auftraggeber	Hamburger Hochbahn AG
Kontaktperson	
Auftragnehmer	INBUREX Consulting GmbH, Hamm
Fachbereich	Prozess-Sicherheit
Ort u. Datum	Hamm, 11. April 2014
Unterschriften	<div><div> Geschäftsführer</div><div> Projektleiter, Sachverständiger nach § 29a BImSchG</div></div>

Inhaltsverzeichnis

	Informationsseite	2
	Inhaltsverzeichnis.....	3
1	Aufgabenstellung	5
2	Unterlagen und Literatur	6
2.1	Betreiberunterlagen / Behördeninformation	6
2.2	Literatur und Normen.....	7
3	Kurzbeschreibung der Ist-Situation und der Planungen	8
3.1	Busbetriebshof Gleisdreieck	8
3.2	Störfallrechtliches Stoffpotential	9
3.3	Planung der Wasserstoffinfrastruktur	10
3.3.1	Variante 1 – Erzeugung des Wasserstoffes auf dem Betriebshof.....	10
3.3.2	Variante 2 – Anlieferung des Wasserstoffes mit konventionellen Trailern	11
3.3.3	Variante 3 – Anlieferung des Wasserstoffs mit Hochdrucktrailern	11
3.3.4	Variante 4 – Verschiedene Mischformen von Produktion und Anlieferung.....	11
4	Grundsätzliches Vorgehen zur Ermittlung von Achtungsgrenzen	13
4.1	Achtungsabstand ohne Detailkenntnisse	13
4.2	Angemessener Abstand mit Detailkenntnissen	13
5	Ermittlung der angemessenen Abstände.....	15
5.1	Szenario Umsetzungsvariante 1: Erzeugung des Wasserstoffs auf dem Betriebshof durch Elektrolyse und Verdichten auf 400 bar zur Lagerung im ortsfesten GH ₂ -Tank.....	17
5.1.1	Leckage auf der Saugseite des Verdichters	17
5.1.2	Leckage auf der Druckseite des Verdichters	19
5.2	Szenario Umsetzungsvariante 2: Anlieferung in 200 bar GH ₂ -Trailern und Verdichten auf 400 bar zur Lagerung im ortsfesten GH ₂ -Tank	20
5.2.1	Leitungsabriss Saugseite des Verdichters.....	20
5.2.2	Leckage Druckseite des Verdichters	22
5.3	Szenario Umsetzungsvariante 1 und 2: GH ₂ -Speichertank-Szenario	25
5.3.1	Freisetzung durch ein 80 mm ² Leck.....	25
5.4	Szenario Umsetzungsvariante 3: Anlieferung in 400 bar GH ₂ -Trailern	27
5.4.1	Abriss einer Leitung DN 25 am 400 bar GH ₂ -Trailer	27
5.5	Busbetankungsszenario: Betankung der Busse aus GH ₂ -Tank oder GH ₂ -Trailer	29

5.5.1	Abriss der TK-16-Kupplung während der Busbetankung	29
6	Bewertung der Planungen hinsichtlich der Abstandsempfehlung.....	31
7	Genehmigungsrechtliche Konsequenz.....	33
7.1	Vollversorgung des Betriebshofes (12,7 Tonnen Wasserstoff-Lagerung)	38
7.2	Reduktion der H ₂ -Lagermenge (Kombination von Erzeugung und Lagerung).....	38
7.3	Minimierung der Wasserstoff-Vorhaltung (tägliche Abnahme)	39
8	Erklärung zur Prüfung im Rahmen des § 29a BImSchG	40
9	Zusammenfassung	41
10	Anhang	42
10.1	Darstellung der angemessenen Abstandsbereiche um den Betriebsbereich	42

1 Aufgabenstellung

Die Hamburger Hochbahn AG möchte auf einem Grundstück im Bezirk Hamburg-Nord (Gleisdreieck) der Freien und Hansestadt Hamburg bis 2018 einen Busbetriebshof mit Wasserstofftankstelle in Betrieb nehmen. Im Zuge der Genehmigungsplanung soll eine Machbarkeitsstudie zur Wasserstoffinfrastruktur auf dem neuen Busbetriebshof Gleisdreieck aus sicherheitstechnischer Sicht erstellt werden.

Nach § 50 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sind bei raumbedeutsamen Planungen die für eine bestimmte Nutzung vorgesehen Flächen so zuzuordnen, dass schädliche Auswirkungen ausgehend vom Betriebsbereich so weit wie möglich vermieden werden.

Folgende Bereiche werden in diesem Zusammenhang betrachtet:

1. Umsetzung des § 50 BImSchG (Aspekt Bauleitplanung unter Berücksichtigung von KAS-18). Dabei sollen Gestaltungsoptionen aufgezeigt werden (Lagerort von Wasserstoff am Standort).
2. Genehmigungsrechtliche Konsequenzen der potentiell benötigten Wasserstoffmenge, ggf. unter Berücksichtigung von störfallrechtlichen Konsequenzen.

2 Unterlagen und Literatur

2.1 Betreiberunterlagen / Behördeninformation

- (1) Leistungsbeschreibung Gleisdreieck Untersuchung
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 17.02.2014]
- (2) Geheimhaltungsvereinbarung
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 17.02.2014]
- (3) Bebauungsplan Alsterdorf 22 Betriebshof ÖPNV
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 19.02.2014]
- (4) Vorstellung Gleisdreieck
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 11.03.2014]
- (5) Lageplan Betriebshof mit U-Bahnabstellung
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 11.03.2014]
- (6) Luftbild mit Erläuterung Nachbebauung
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 11.03.2014]
- (7) Lageplan Flughafenschutzbereich_2
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 11.03.2014]
- (8) Lageplan Flughafenschutzbereich_1
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 11.03.2014]
- (9) Stellungnahme TÜV
[Eingegangen per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 11.03.2014]
- (10) Layoutentwurf Betriebshof HH Siemens
[Eingang per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 17.03.2014]
- (11) Explosionsschutzdokument für die Wasserstoff-Hybridwerkstatt auf dem
Betriebsgrundstück der Hamburger Hochbahn AG
Lademannbogen 2, 22339 Hamburg
der TÜV Nord Systems
– [Eingang per E-Mail von hySOLUTIONS GmbH am 24.03.2014]

2.2 Literatur und Normen

BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz – vom 17.05.2013, Stand 02.07.2013
GESTIS	Gefahrstoffinformationssystem des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Handlungshilfe BMU	Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom März 2004
KAS-1	Bericht "Richtwerte für sicherheitsrelevante Anlagenteile (SRA) und sicherheitsrelevante Teile eines Betriebsbereiches (SRB)", Kommission für Anlagensicherheit, Stand 07./08.11.2006
KAS-18	Leitfaden "Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung – Umsetzung des § 50 BImSchG", Stand 26.11.2010
Statuspapier	Quelltermberechnung bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzungen in der Prozessindustrie – Methodenübersicht und industrielle Anwendung, Process-Net vom Oktober 2012
StörfallV	Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV) [i.d.F. vom 08.06.2005, zuletzt geändert 14.08.2013]
UBA Texte 15/00	Ermittlung und Berechnung von Störfallablaufszenarien nach Maßgabe der 3. Störfallverwaltungsvorschrift Band 1 und Berechnungsmethoden, aktuelle Modelle und Modellgleichungen Band 2 im Auftrag des Umweltbundesamtes Juni 2000

3 Kurzbeschreibung der Ist-Situation und der Planungen

3.1 Busbetriebshof Gleisdreieck

Auf dem Grundstück Gleisdreieck im Bezirk Hamburg-Nord der Freien und Hansestadt Hamburg soll ein neuer Busbetriebshof entstehen. In diesem soll auch eine Wasserstoff-tankstelle für die Busflotte der Hamburger Hochbahn AG enthalten sein.

Auf dem Betriebshof sind Abstellanlagen für Busse, Carports, Werkstattgebäude zzgl. Lagerflächen und Sozialräumen, Tankstellen, Verwaltungsgebäude sowie Technik zur Herstellung/Lagerung von Wasserstoff geplant. Langfristig wird im nördlichen Bereich eine U-Bahn Abstellung geplant. Dieser Bereich wird daher freigehalten. Die Zufahrt zum Betriebsgelände erfolgt über den Tessenowweg, sowie eine neue Brücke über die Güterumgehungsbahn im Süden des Betriebshofes. Im Umfeld des geplanten Betriebshofes befinden sich zurzeit die folgenden aufgeführten Schutzobjekte (Bestand).

Tabelle 3-1 Schutzobjekte im Umfeld des geplanten Betriebshofes

Richtung	Abstand	Objekt
Norden	50 m	Kinder- u. Jugendnotdienst
		Landesbetrieb Erziehung und Berufsbildung (geschlossene Unterbringung)
Westen	Ab 100 m	Krankenhaus/ Betreutes Wohnen ev. Stiftung Alsterdorf
	20 m	U-Bahn U1 mit Haltestelle
Süden	Ab 50 m	Berufsschule City Nord
		Behelfsheime
	Ab 100 m	Hafen City Universität
Osten	30 m	S-Bahn S1 mit Haltestelle
	Ab 50 m	Wohnbebauung (Wohngebietscharakter)

3.2 Störfallrechtliches Stoffpotential

Die hier genannten Stoffe und die im weiteren Verlauf angegebenen Stoffmengen berücksichtigen bereits eine realistische Standortentwicklung. Der Form halber sei auf die Erfüllung der entsprechenden Anforderungen aus dem Leitfaden KAS-18 hingewiesen.

Wasserstoff

Wasserstoff ist ein farb- und geruchloses sowie geschmackfreies Gas. Wasserstoff hat unter Gasen den höchsten Diffusionskoeffizienten und breitet sich aufgrund der geringen Dichte (etwa 14-mal leichter als Luft) rasch nach oben aus.

Es ist hochentzündlich und bildet mit Luft in einem weiten Konzentrationsbereich (4 Vol.-% bis 77 Vol.-% Wasserstoff, Brandes-Möller) explosionsfähige Gemische, welche bereits durch einen wenig energiereichen Funken zur Explosion gebracht werden können. In Luft beträgt die Zündenergie 0,017 mJ. Die maximale Flammengeschwindigkeit von Wasserstoff ist ca. acht Mal größer als ein auf Kohlenwasserstoffen basierendes Gas.

Wasserstoff wird als Ziffer 38 dem Anhang I der Störfallverordnung direkt zugeordnet, zudem ist die Kategorie 8 (hochentzündlich) relevant.

Dieselmotorkraftstoff

Diesel wird als konventioneller Kraftstoff für den Bus-Betrieb benötigt und wird ebenfalls vorgehalten. Dieselmotorkraftstoff besteht aus einem komplexen Kohlenwasserstoffgemisch (Alkane, Cycloalkane, aromatische Kohlenwasserstoffe). Er ist eine schwer entzündliche Flüssigkeit mit einem Flammpunkt oberhalb von 55°C. Die Dämpfe sind schwerer als Luft und können mit Luft nur beim Erhitzen des Stoffes ein explosionsfähiges Gemisch bilden.

Zudem kann der Stoff akut oder chronisch die Gesundheit gefährden. Die in Wasser weitgehend unlösliche Flüssigkeit ist als Wassergefährdend (WGK 2) eingestuft.

Dieselmotorkraftstoff wird der Ziffer 13.3 (den Gasölen) im Anhang I der Störfallverordnung zugeordnet.

Weitere Störfallstoffe

Nach heutigem Kenntnisstand ist nicht von weiteren störfallrelevanten Stoffen auf dem Betriebsgelände auszugehen.

Weitergehende Betrachtungen im Rahmen dieser Studie

Für die weitergehende Betrachtung wird, aus störfallrechtlicher Sicht, lediglich Wasserstoff berücksichtigt, da dieser, verglichen mit dem Dieselmotorkraftstoff, das wesentlich größere

Gefahrenpotential (geringere Zündenergie, niedrige Zündtemperatur, etc.) aufweist. Der Dieselmotorkraftstoff wird im Hinblick auf die vorliegende Fragestellung daher nicht weiter betrachtet.

3.3 Planung der Wasserstoffinfrastruktur

Zur sukzessiven Umstellung der Fahrzeugflotte auf Wasserstoffbetrieb wird auf dem neugeplanten Betriebshof eine Versorgung mit Wasserstoff benötigt. Diese kann entweder über eine Erzeugung vor Ort (Elektrolyse) oder die Anlieferung per LKW-Trailer realisiert werden.

Zurzeit ist noch nicht bekannt welche Art der Versorgung realisiert wird. Unabhängig davon ist für die Versorgung der Fahrzeugflotte in jedem Fall ein Speicher für Wasserstoff am Betriebshof Gleisdreieck zu installieren.

Es wird davon ausgegangen, dass unabhängig von der Versorgungsart, gasförmiger Wasserstoff zu speichern ist, da der Einsatz von flüssigem Wasserstoff aus wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll erscheint.

Am Standort sollen maximal 12.700 kg Wasserstoff bevorratet werden, die die Versorgung des täglichen Bedarfs (etwa 4.300 kg) für drei Tage sicherstellen.

Versorgungskonzepte

Die möglichen Versorgungskonzepte bedingen unterschiedliche technische Umsetzungen, die jeweils gesondert, hinsichtlich der Genehmigungsfähigkeit des Projektes, zu bewerten sind.

Im Folgenden werden mögliche Varianten dargestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass es darüber hinaus weitere Varianten geben mag. An dieser Stelle werden lediglich die von der Planungsgesellschaft angedachten Varianten näher betrachtet.

Für jede Variante soll zunächst eine Untersuchung des Störfallpotentials vorgenommen werden und anhand dessen die Machbarkeit.

3.3.1 Variante 1 – Erzeugung des Wasserstoffes auf dem Betriebshof

Der Wasserstoff des täglichen Bedarfs (4.300 kg) wird auf dem Betriebshof mittels Elektrolyse hergestellt. Um bei Anlagenausfällen von bis zu drei Tagen die Versorgung mit Wasserstoff sicherstellen zu können wird eine Lagermenge von insgesamt 12.700 kg am Standort benötigt. Abhängig von der Verfügbarkeit der Wasserstoff erzeugenden Anlage, kann die Lagermenge an Wasserstoff auch geringer ausfallen. Dies ist mit dem Hersteller abzustimmen.

Zusätzlich zu Elektrolyse und Lagertank(s) sind die notwendigen Anlagen für die Druckerhöhung und die Betankung der Busse aufzubauen.

3.3.2 Variante 2 – Anlieferung des Wasserstoffes mit konventionellen Trailern

Der Wasserstoff (Nebenprodukt chemischer Prozesse) wird in einem konventionellen Trailer mit einem Fassungsvermögen von 400 kg und einem Druckniveau von 200 bar angeliefert. Am Betriebshof wird der Wasserstoff in einen örtlichen Speicher mit 400 bar überführt. Am Standort ist eine Speicherkapazität zu installieren die den Gesamtbedarf an Wasserstoff von drei Tagen deckt. Nach Vorgabe des Planers sind dies 12.700 kg Wasserstoff.

Zusätzlich zum Lagertank wird ein Verdichter notwendig, der den Druck von Trailerniveau (200 bar) auf den Lagerdruck von etwa 400 bar erhöht. Als Ablasszeit der Trailer (Betankung des Gasspeichers) werden bis zu 3 Stunden abgeschätzt, so dass Ablassstellen redundant vorhanden sein müssen.

Wie schon in Variante 1 beschrieben, sind hier ebenfalls Anlagen zur Betankung der Busse vorzusehen.

3.3.3 Variante 3 – Anlieferung des Wasserstoffs mit Hochdrucktrailern

In der Industrie werden aktuell neue Konzepte für Wasserstoff-Trailer entwickelt. Hierbei wird Wasserstoff (Nebenprodukt chemischer Prozesse) in einem Trailer mit einem Fassungsvermögen von bis zu 1.000 kg und einem Druckniveau von 450 bar transportiert. Der Trailer dient in diesem Falle als Lagereinrichtung, so dass auf einen zusätzlichen Lagertank verzichtet werden kann. Am Standort sind entsprechende Stellflächen für diese Hochdruck-Trailer vorzusehen.

Zusätzlich zu den ausgewiesenen Stellflächen sind Anlagen zur Betankung der Busse notwendig. Insgesamt kann durch die Lagerung in Hochdruck-Trailern die am Standort Gleisdreieck zu bevorratende Menge reduziert werden, da ein direkter Zugriff auf Wasserstoff bei entsprechendem Druck möglich ist und der Austausch leerer gegen voller Trailer schnell zu realisieren ist.

3.3.4 Variante 4 – Verschiedene Mischformen von Produktion und Anlieferung

Diese Variante hat zum Ziel eine optimale Verteilung von Wasserstoff-Produktion am Standort und externer Wasserstoff-Anlieferung zu ermitteln, so dass der notwendige Flächenbedarf minimiert wird. Sie stellt also eine Mischung der Varianten 1 und 2 bzw. 3 dar.

Hierbei kann die Versorgungssituation dem sukzessiv wachsenden Anteil an Wasserstoff nutzenden Fahrzeugen angepasst werden. Zusätzlich wird eine größere Sicherheit bei der Bereitstellung des Wasserstoffs erreicht.

Für diese Variante sind Elektrolyse, Lagertank(s), Verdichter und Betankungsvorrichtungen notwendig.

4 Grundsätzliches Vorgehen zur Ermittlung von Achtungsgrenzen

4.1 Achtungsabstand ohne Detailkenntnisse

Die Ermittlung eines Achtungsabstandes ohne Detailkenntnisse wird entgegen der Empfehlung des KAS-18 in der Praxis oft als erste Annäherung an eine solche Grenze auch für bestehende Betriebsbereiche angewendet. In Ermangelung eines detaillierten Gutachtens bietet dieses Vorgehen einen ersten Hinweis auf dieser allgemein als konservativ angesehenen Entscheidungsgrundlage.

Bei diesem Vorgehen wird der im Betriebsbereich tatsächlich vorkommende und als relevant beurteilte Stoff einem Leitstoff des KAS-18 zugeordnet und der damit einhergehende Abstand wird als Achtungsabstand ohne Detailkenntnisse definiert.

In der KAS-18, Anhang 1 ist der, am Standort Gleisdreieck, störfallrelevante Stoff Wasserstoff keinem der aufgeführten Leitstoffe zuzuordnen.

Als Leitstoff für eine Gasexplosion ist in KAS-18 Propan berücksichtigt, das mit einem Abstand von ca. 130 m angegeben ist. Es erfolgt eine Zuordnung zu Abstandsklasse I. Daraus ergibt sich ein Achtungsabstand von 200 m.

Hinweis: Die Zuordnung zum Leitstoff Propan im Zuge der Ermittlung eines Achtungsabstandes ist allenfalls als erste Näherung auf Wasserstoff übertragbar, da Propan im Vergleich zu Wasserstoff ein geringeres inhärentes Gefahrenpotential und eine höhere Zündtemperatur besitzt.

4.2 Angemessener Abstand mit Detailkenntnissen

Im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung wird bei bestehenden Betriebsbereichen mit konkreter Planung im Umfeld das Vorgehen zur Ermittlung eines angemessenen Abstandes mit Detailkenntnissen entsprechend der Empfehlung des KAS-18 angewendet.

Zusammenfassend sind dies die Umgebungstemperatur (20°C), eine mittlere Wetterlage nach VDI-Richtlinie 3783 mit einer indifferenten Temperaturschichtung und ohne Inversion oder die ortsüblich mittlere Wetterlage.

Als Beurteilungswerte des abdeckenden Ereignisses wird für die Stoffausbreitung der ERPG-2 Wert, für die Wärmestrahlung 1,6 kW/m² und für den Druck 0,1 bar definiert.

Der interessierende ERPG-2 Wert der Emergency Response Planning Guidelines bezeichnet die Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden können, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. diese auch nicht entwickeln. Die Fähigkeit Schutzmaßnahmen zu ergreifen ist nicht beeinträchtigt.

Für Wasserstoff sind keine ERPG bzw. AEGL-Werte verfügbar, d.h. der Stoff nicht als toxisch eingestuft ist.

Damit sind lediglich die Abstände zu ermitteln, in denen die Wärmestrahlung und der Druck entsprechende Werte (s.o.), im Falle eines Wasserstoff-Austritts mit anschließender Zündung / Explosion, erreichen und somit von einer Schädigung von Personen auszugehen ist.

5 Ermittlung der angemessenen Abstände

Nachfolgend werden die relevanten Gefahrenschwerpunkte auf dem Betriebshof näher untersucht, die durch die verschiedenen Umsetzungsoptionen entstehen können (s. Kapitel 3.3). Sie werden hinsichtlich der Auswirkungen im Fall der Entzündung bzw. Explosion des freigesetzten Wasserstoffs näher betrachtet.

Dazu wurden Ausbreitungsrechnungen mit dem Simulationsprogramm PHAST Version 6.7 (Det Norske Veritas) durchgeführt.

Für alle Berechnungen gilt: $T = 15^{\circ}\text{C}$ (falls keine andere Temperaturangabe gemacht wird), Wetterkategorie 3/D (Pasquillklasse D und Windgeschwindigkeit 3 m/s). Diese Wetterkategorie entspricht einer mittleren Wetterlage ohne Inversion, wie sie in KAS-18 gefordert wird. Die Dauer der Freisetzung wurde mit 10 Minuten veranschlagt.

Als Störfallbeurteilungswerte werden für die Wärmestrahlung $1,6 \text{ kW/m}^2$ (nachteilige Wirkung auf Personen) und für den Druck 0,1 bar definiert. Der ERPG-2 Wert wird hier nicht berücksichtigt, da Wasserstoff nicht als toxisch eingestuft ist.

Anhand des nachfolgenden Auszugs aus Anhang 4 KAS-18 werden die Auswirkungen bei Wirksamwerden der hier anzusetzenden Störfallbeurteilungswerte besser abschätzbar:

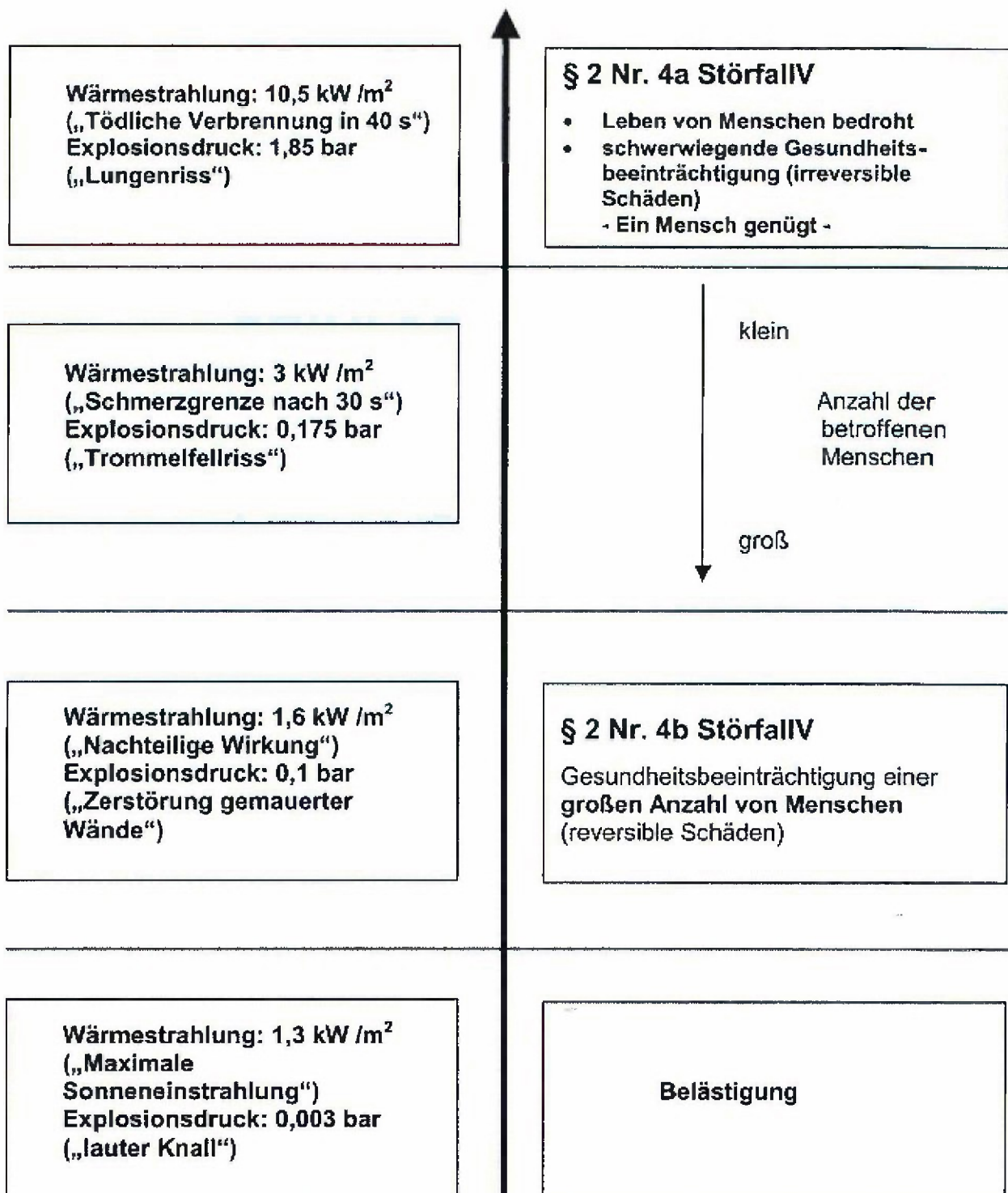
Hinweis: auf Grund der Durchführung der vorliegenden Studie in einem sehr frühen Stadium des Projektes liegen keine konkreten Informationen über die mögliche Anlagenaufstellung und die Anlagentechnik vor. Die nachfolgenden Berechnungen basieren ausschließlich auf Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten.

Die im Folgenden dargestellten Störfallszenarien werden allesamt als "Dennoch"- Störfälle auf Grundlage vernünftigerweise auszuschließender Gefahrenquellen aufgefasst. Dabei sind die Auswirkungen bei Wirksamwerden der Gefahrenquelle als für die vorliegende Fragestellung (Umsetzungsvariante) abdeckend anzusehen.

Beispielsweise werden im Anlagenverbund der Herstellungsanlage von Wasserstoff die Auswirkungen einer Störung im Sinne des KAS-18 bei der Elektrolyse von Wasserstoff geringer eingeschätzt, als die Auswirkungen einer Leckage am Verdichter. Insofern sind in Kapitel 5.1 im Themenkomplex zur Erzeugung von Wasserstoff die abdeckenden Szenarien "Leckage auf der Saugseite bzw. auf der Druckseite des Verdichters" dargestellt und diskutiert.

Grenzwerte: Strahlung/Druck

StörfallIV (Ernste Gefahr)



5.1 Szenario Umsetzungsvariante 1: Erzeugung des Wasserstoffs auf dem Betriebshof durch Elektrolyse und Verdichten auf 400 bar zur Lagerung im ortsfesten GH₂-Tank

Bei der Erzeugung des Wasserstoffs durch Elektrolyse mit nachfolgender Verdichtung auf 400 bar wird eine Leckage auf der Saug- oder Druckseite des Verdichters unterstellt. Zur Berechnung der Freisetzung werden typische Werte aus vergleichbaren Einrichtungen der Wasserstoffversorgung herangezogen.

5.1.1 Leckage auf der Saugseite des Verdichters

Auf der Saugseite des Verdichters befindet sich der durch Elektrolyse hergestellte Wasserstoff, Annahme: 291,7 kg/h werden produziert, Annahme DN 40, Druck 35 bar,

Eingabedaten in PHAST:

Temperatur: 60°C, Druck: 35 bar, Massenstrom: 291,7 kg/h, Leckdurchmesser: 9 mm, Ausflusskoeffizient: 0,62, Freisetzungshöhe 1 m, horizontale Richtung

Die Gaswolkenexplosion wurde mit dem Modell Multi energy Kurve 7 (für eine mittlere Verdämmung) berechnet.

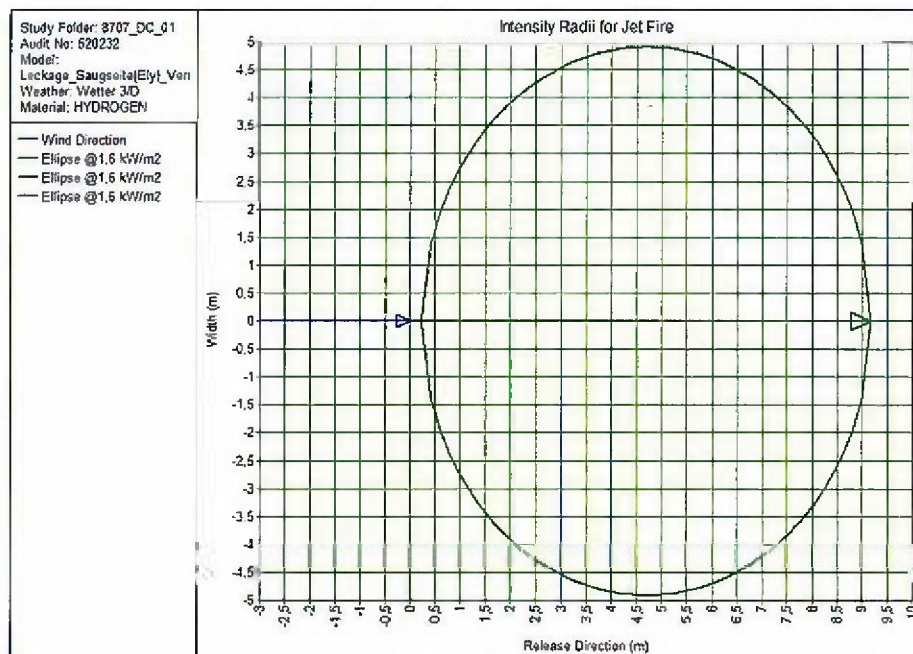
Ergebnisse:

Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre:

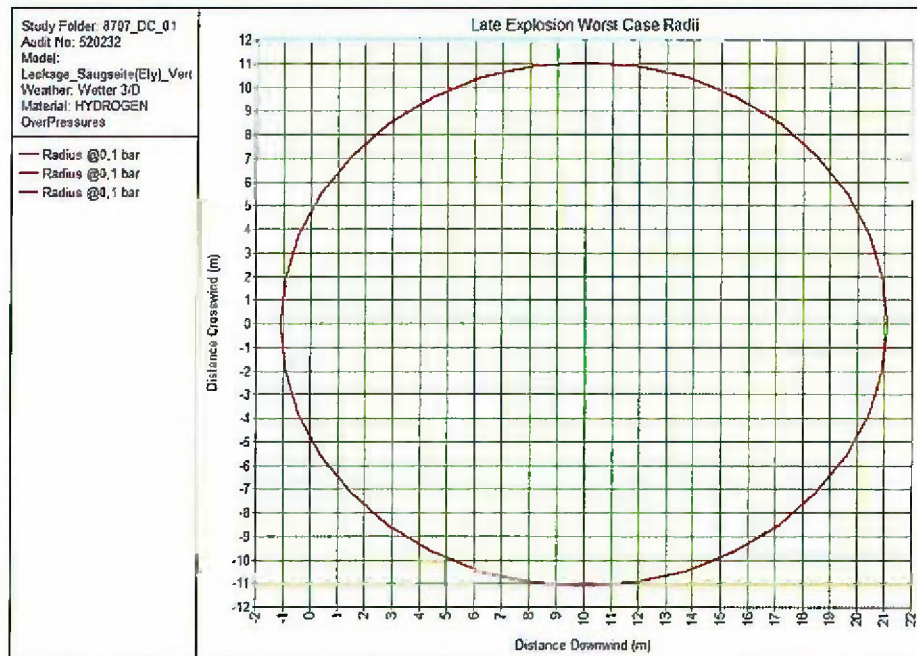
blaue Kontur 50% UEG, grüne Kontur 100% UEG, rote Kontur OEG



Reichweite für Wärmestrahlung von 1,6 kW/m²



Reichweite für Explosionsüberdruck von 0,1 bar



Hinweis: die Berechnung des Explosionsüberdrucks basiert auf sehr konservativen Annahmen, die im Berechnungsmodell hinterlegt sind. Erfahrungen aus Explosionsereignissen habe gezeigt, dass auf Grund der sehr geringen Masse im explosionsfähigen Bereich ($<1\text{kg}$) kein nennenswerter Explosionsüberdruck zu erwarten ist.

5.1.2 Leckage auf der Druckseite des Verdichters

Hierzu wird auf das Szenario "Leckage Druckseite" in der nachfolgenden Umsetzungsvariante 2 verwiesen.

5.2 Szenario Umsetzungsvariante 2: Anlieferung in 200 bar GH₂-Trailern und Verdichten auf 400 bar zur Lagerung im ortsfesten GH₂-Tank

Für die Verdichtung des mit 200 bar angelieferten Wasserstoffs auf 400 bar werden typische Werte aus vergleichbaren Einrichtungen der Wasserstoffversorgung herangezogen. Die maximale Verdichterleistung wird mit 2.200 Nm³/h angenommen. Es wird eine Leckage auf der Saug- oder Druckseite des Verdichters unterstellt.

5.2.1 Leitungsabriss Saugseite des Verdichters

Annahme Rohrleitung DN 25, p = 200 bar, Vorrat an H₂: 400 kg entsprechend 4.444 Nm³ im GH₂-Trailer

Eingabedaten in PHAST:

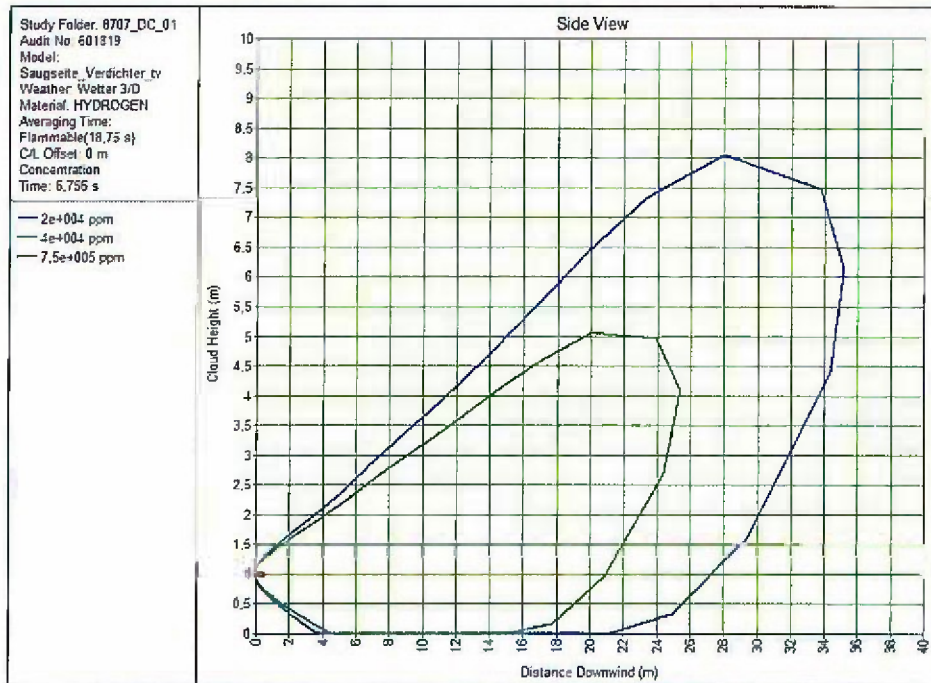
Druck: 200 bar, Menge: 400 kg, Leckdurchmesser: 26,5 mm, Ausflusskoeffizient: 0,62, Freisetzungshöhe 1 m, horizontale Richtung

Die Simulation wurde als zeitabhängiges Ausströmen aus dem 200 bar GH₂-Trailer auf der Saugseite des Verdichters durchgeführt; die Gaswolkenexplosion wurde mit dem Modell Multi energy mit einem Anteil von 50% an mittlerer Verdämmung (Kurve 7) und 50% an geringer Verdämmung (Kurve 3) berechnet.

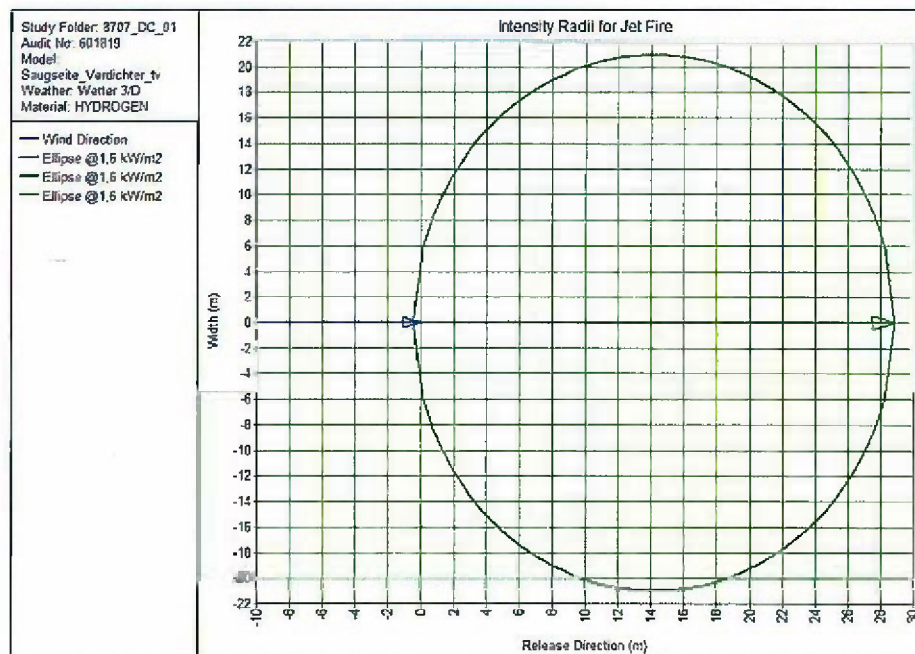
Ergebnisse:

Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre:

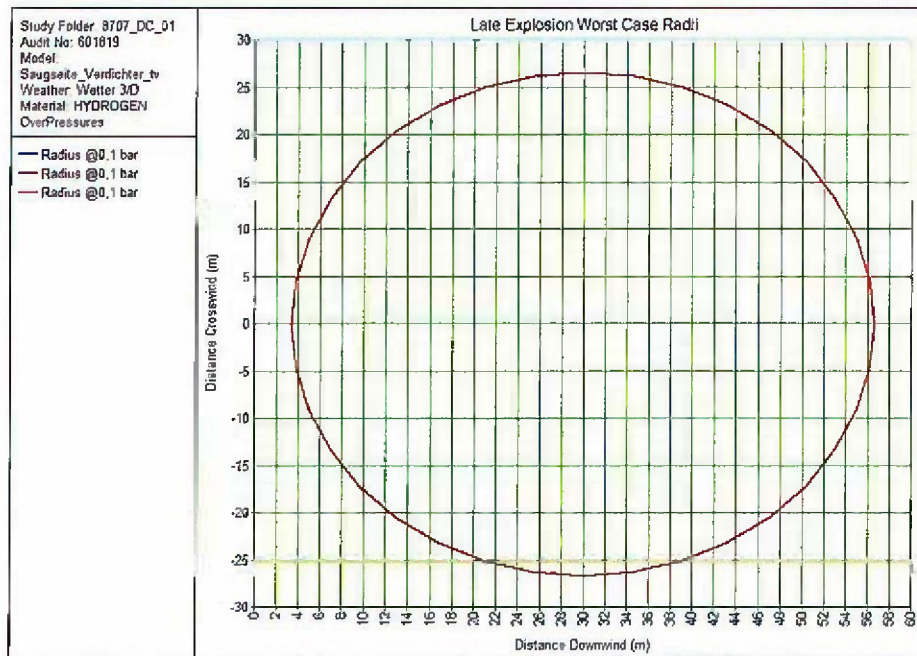
blaue Kontur 50% UEG, grüne Kontur 100% UEG, rote Kontur OEG



Reichweite für Wärmestrahlung von $1,6 \text{ kW/m}^2$



Reichweite für Explosionsüberdruck von 0,1 bar



5.2.2 Leckage Druckseite des Verdichters

Annahme Rohrleitung DN 15, Druck 400 bar, die maximale Freisetzungsrate entspricht der maximalen Verdichterleistung von unterstellten 2.200 Nm³/h

Eingabedaten in PHAST:

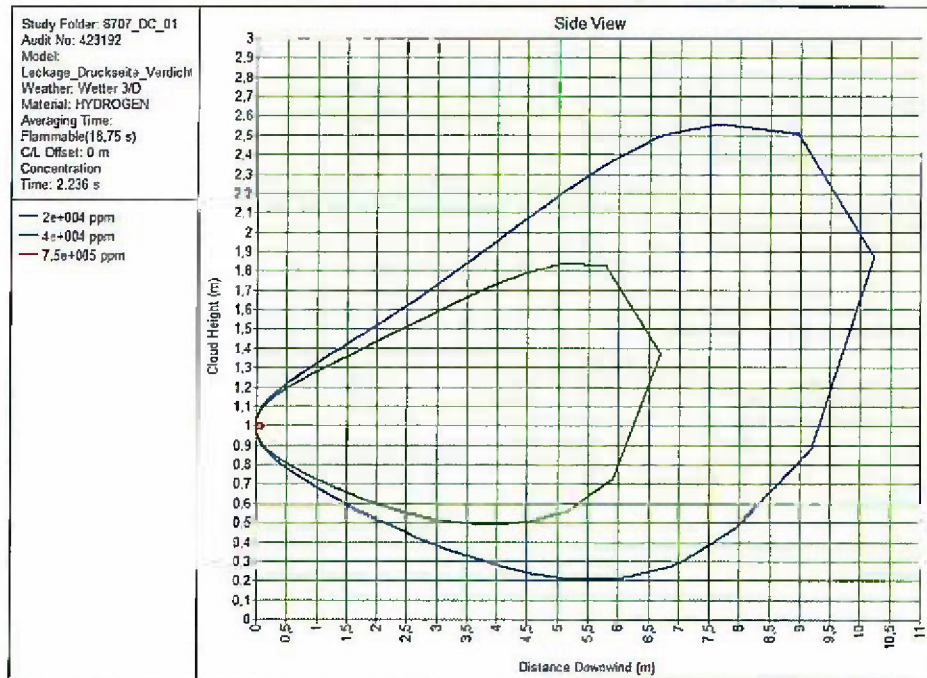
Druck: 400 bar, freigesetzte Menge wird begrenzt durch maximale Verdichterleistung von 2.200 Nm³/h, Leckdurchmesser: 2,26 mm, Ausflusskoeffizient: 0,62, Freisetzungshöhe 1 m, horizontale Richtung

Simulation: Gaswolkenexplosion mit Multi energy Kurve 7 (mittlere Verdämmung)

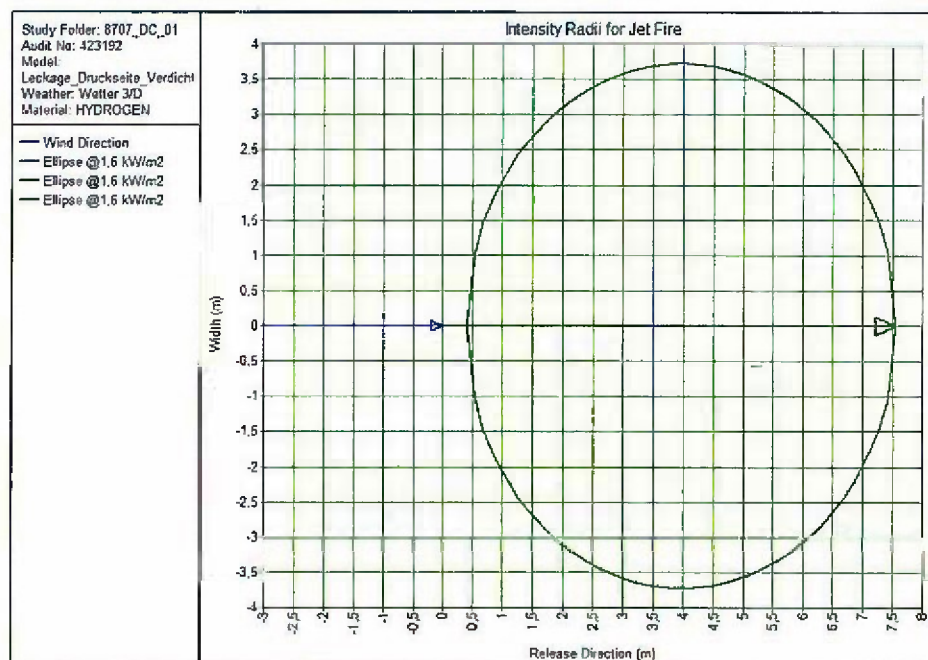
Ergebnisse

Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre:

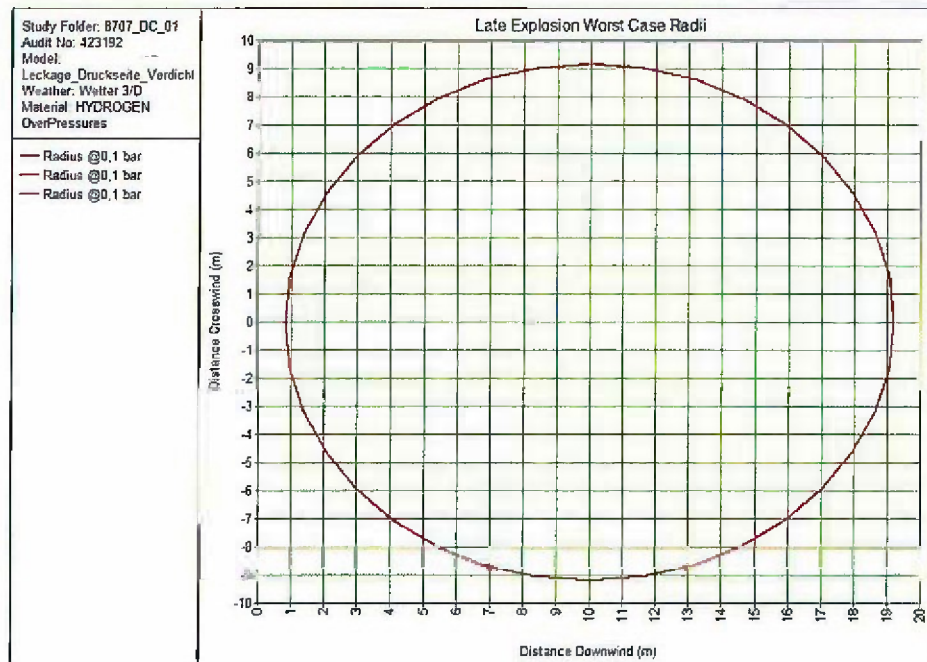
blaue Kontur 50% UEG, grüne Kontur 100% UEG, rote Kontur OEG



Reichweite für Wärmestrahlung von $1,6 \text{ kW/m}^2$



Reichweite für Explosionsüberdruck von 0,1 bar



Hinweis: die Berechnung des Explosionsüberdrucks basiert auf sehr konservativen Annahmen, die im Berechnungsmodell hinterlegt sind. Erfahrungen aus Explosionsereignissen habe gezeigt, dass auf Grund der sehr geringen Masse im explosionsfähigen Bereich ($\ll 1\text{kg}$) kein nennenswerter Explosionsüberdruck zu erwarten ist.

5.3 Szenario Umsetzungsvariante 1 und 2: GH₂-Speichertank-Szenario

Es wird eine störfallbedingte Freisetzung durch ein 80 mm² Leck (entspricht einem Durchmesser von 10 mm) aus dem 400 bar GH₂-Speichertank unterstellt.

5.3.1 Freisetzung durch ein 80 mm² Leck

Eingabedaten in PHAST:

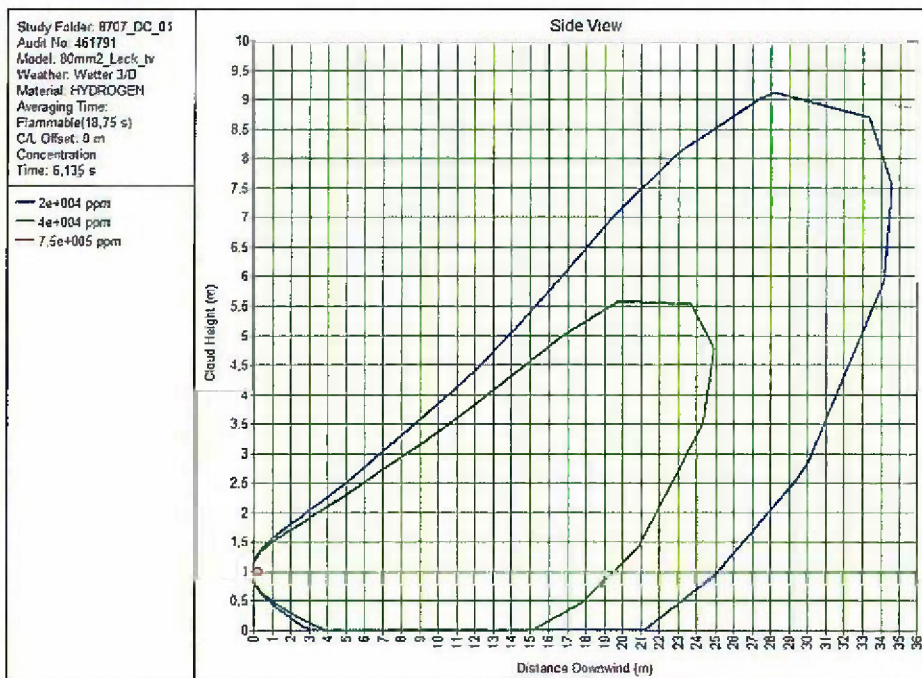
Druck: 400 bar, Volumen: 50 m³ (entspricht 1.300 kg), Leckdurchmesser: 10 mm,
Ausflusskoeffizient: 0,62, Freisetzungshöhe 1 m, horizontale Richtung

Die Simulation wird als zeitabhängiges Ausströmen aus dem GH₂-Speichertank (über ca. 10 min) simuliert; die Gaswolkenexplosion wurde mit dem Modell Multi energy mit einem Anteil von 50% an mittlerer Verdämmung (Kurve 7) und 50% an geringer Verdämmung (Kurve 3) berechnet.

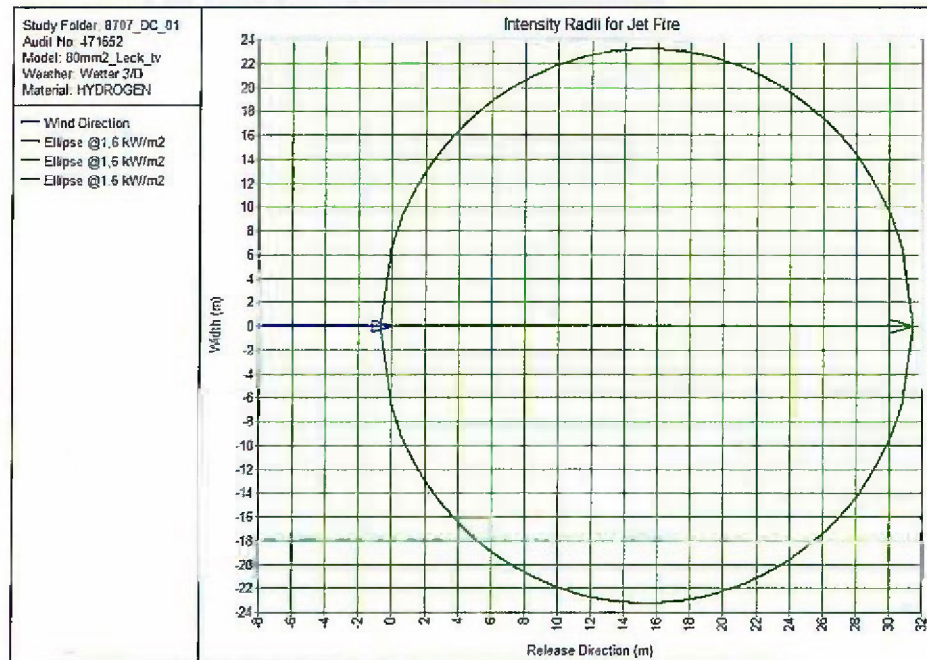
Ergebnisse:

Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre:

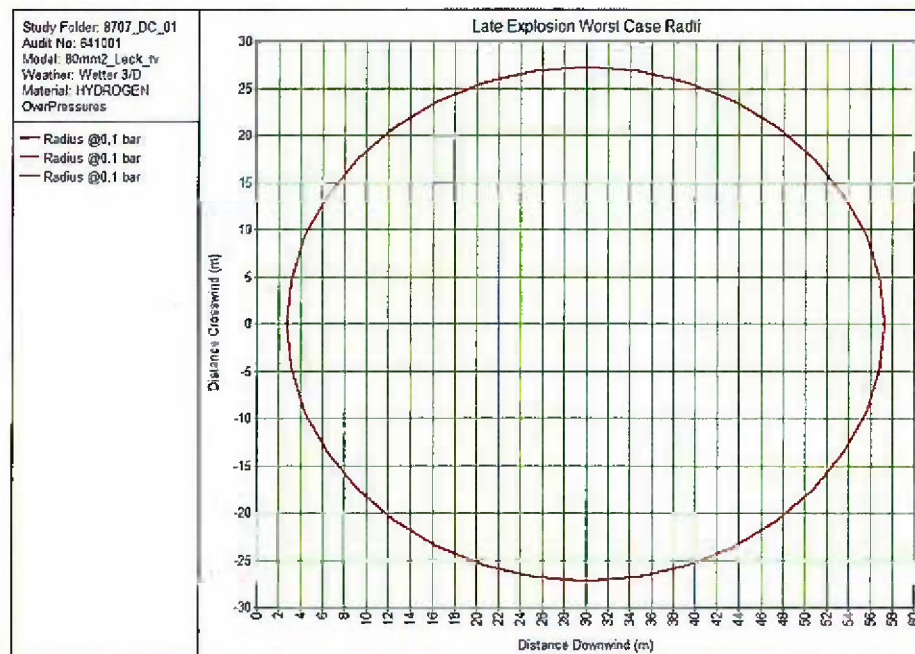
blaue Kontur 50% UEG, grüne Kontur 100% UEG, rote Kontur OEG



Reichweite für Wärmestrahlung von $1,6 \text{ kW/m}^2$



Reichweite für Explosionsüberdruck von 0,1 bar



5.4 Szenario Umsetzungsvariante 3: Anlieferung in 400 bar GH₂-Trailern

Bei dieser Umsetzungsmöglichkeit wird der Wasserstoff bereits in 400 bar GH₂-Trailern angeliefert. Als Störfallszenario wird ein Abriss einer Leitung mit DN 25 angenommen (das entspricht einem 490 mm² Leck).

5.4.1 Abriss einer Leitung DN 25 am 400 bar GH₂-Trailer

Eingabedaten in PHAST:

Druck: 400 bar, Menge: 1000 kg, Leckdurchmesser: 28,5 mm, Ausflusskoeffizient: 0,62, Freisetzungshöhe 1 m, horizontale Richtung

Die Simulation wird als zeitabhängiges Ausströmen aus dem GH₂-Trailer durchgeführt; die Gaswolkenexplosion wurde mit dem Modell Multi energy mit einem Anteil von 50% an mittlerer Verdämmung (Kurve 7) und 50% an geringer Verdämmung (Kurve 3) berechnet.

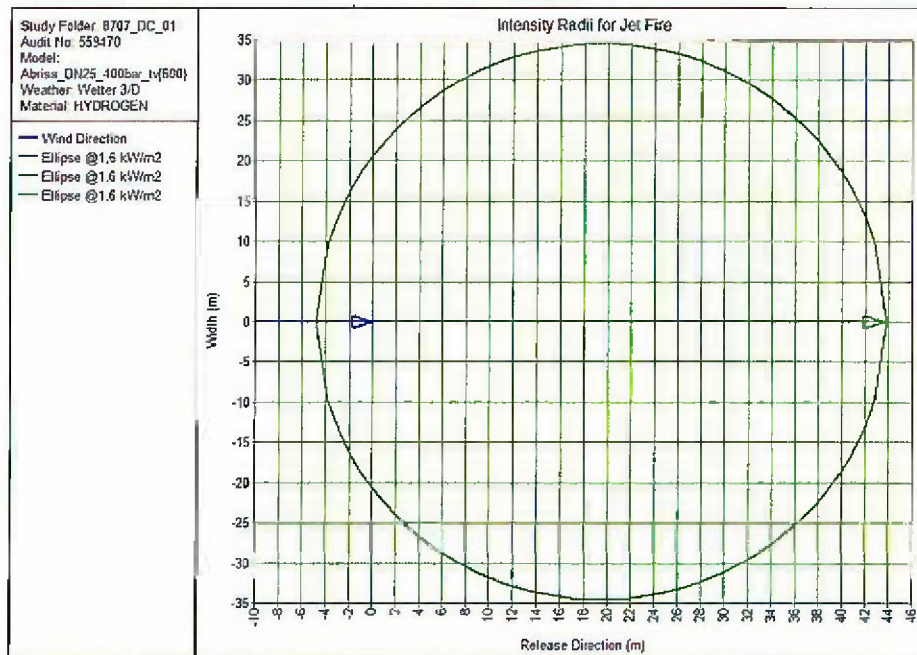
Ergebnisse:

Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre:

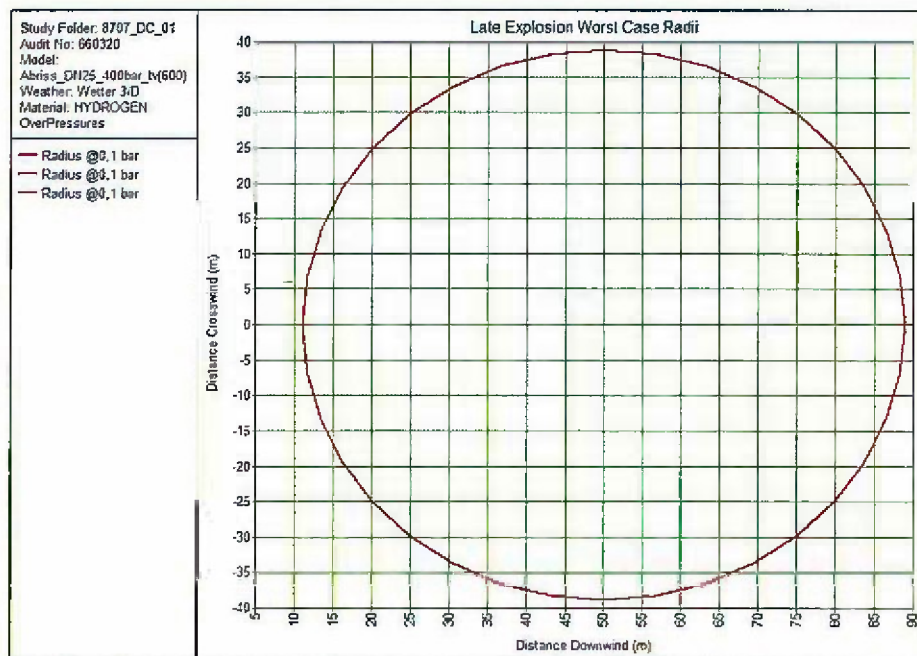
blaue Kontur 50% UEG, grüne Kontur 100% UEG, rote Kontur OEG



Reichweite für Wärmestrahlung von $1,6 \text{ kW/m}^2$



Reichweite für Explosionsüberdruck von 0,1 bar



5.5 Busbetankungsszenario: Betankung der Busse aus GH₂-Tank oder GH₂-Trailer

5.5.1 Abriss der TK-16-Kupplung während der Busbetankung

Es wird ein Abriss der TK-16-Kupplung während des Betankens unterstellt.

Eingabedaten in PHAST:

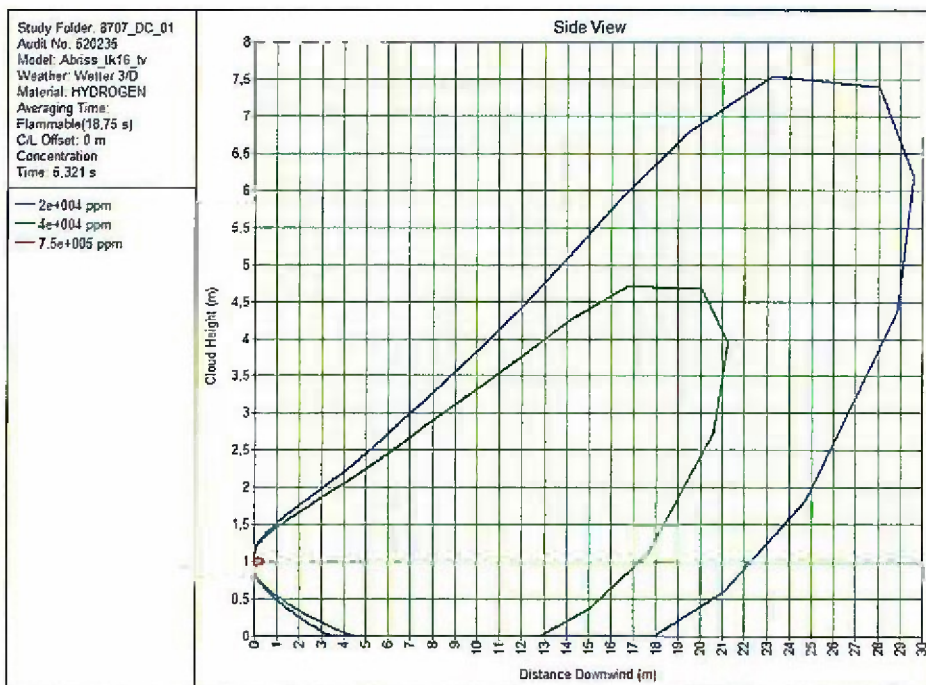
Druck: 400 bar, Leckdurchmesser: 8 mm, Ausflusskoeffizient: 0,62, Freisetzungshöhe 1 m, horizontale Richtung

Die Simulation wird als zeitabhängiges Ausströmen aus GH₂-Speichertank bzw. Trailer (über ca. 10 min) durchgeführt, die Gaswolkenexplosion wurde mit dem Modell Multi energy mit einem Anteil von 50% an mittlerer Verdämmung (Kurve 7) und 50% an geringer Verdämmung (Kurve 3) berechnet.

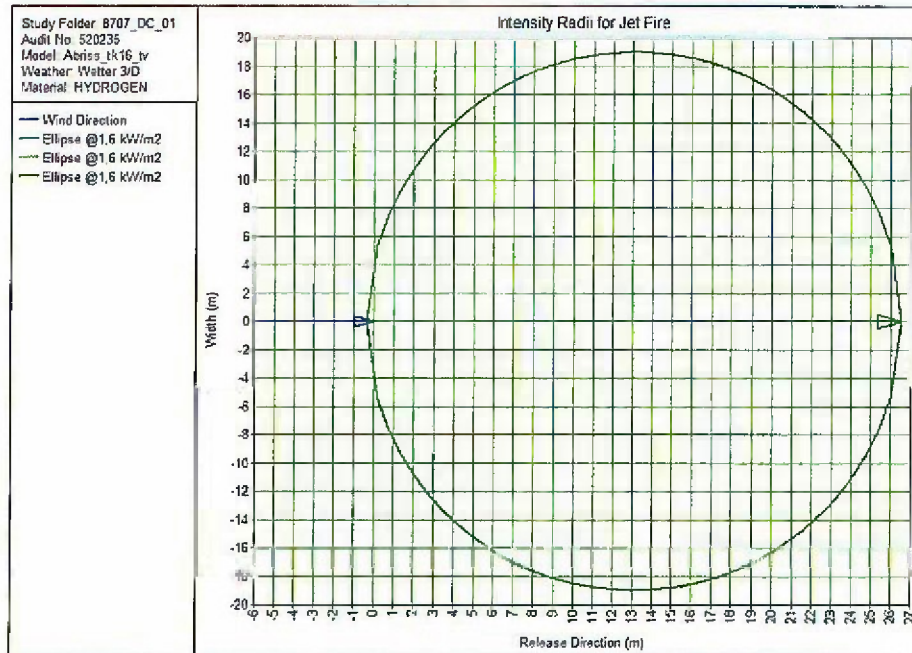
Ergebnisse:

Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre:

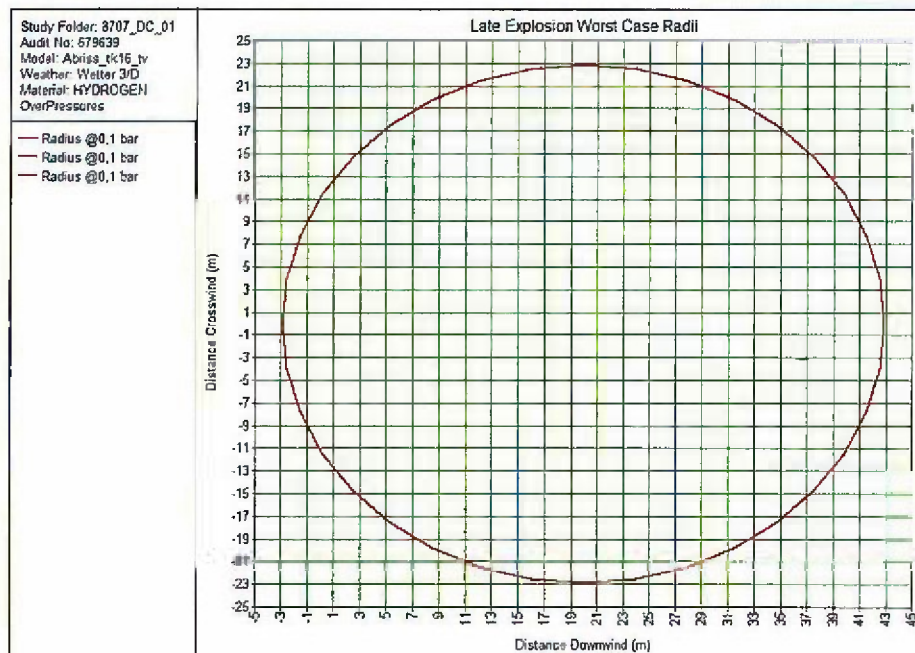
blaue Kontur 50% UEG, grüne Kontur 100% UEG, rote Kontur OEG



Reichweite für Wärmestrahlung von $1,6 \text{ kW/m}^2$



Reichweite für Explosionsüberdruck von 0,1 bar



6 Bewertung der Planungen hinsichtlich der Abstandsempfehlung

Aus der Berechnung der Auswirkungsradien der hier relevanten Störfallszenarien ergeben sich zusammengefasst die folgende Abstandsempfehlungen:

Tabelle 6-1: Abstände bis zum Erreichen von 50% UEG, 1,6 kW/m², 0,1 bar

Berechnung in Kapitel	Kenngröße	Abstand vom Austrittspunkt
Kapitel 5.1: Szenario Umsetzungsvariante 1 Erzeugung des Wasserstoffs auf dem Betriebshof durch Elektrolyse und Verdichten auf 400 bar zur Lagerung im ortsfesten GH ₂ -Tank		
Kapitel 5.1.1 Leckage auf der Saugseite des Verdichters	50 % UEG	12,5 m
	1,6 kW/m ²	9,5 m
	0,1 bar	21 m
Kapitel 5.1.2 Leckage auf der Druckseite des Verdichters	50 % UEG	10,5 m
	1,6 kW/m ²	7,5 m
	0,1 bar	19 m
Kapitel 5.2: Szenario Umsetzungsvariante 2 Anlieferung in 200 bar GH ₂ -Trailern Trailern und Verdichten auf 400 bar zur Lagerung im ortsfesten GH ₂ -Tank		
Kapitel 5.2.1 Leitungsabriss Saugseite des Verdichters	50 % UEG	35 m
	1,6 kW/m ²	29 m
	0,1 bar	57 m
Kapitel 5.2.2 Leckage auf der Druckseite des Verdichters	50 % UEG	10,5 m
	1,6 kW/m ²	7,5 m
	0,1 bar	19 m
Kapitel 5.3: Szenario Umsetzungsvariante 1 und 2: GH ₂ -Speichertank-Szenario		
Kapitel 5.3.1 Freisetzung durch ein 80 mm ² Leck	50 % UEG	35 m
	1,6 kW/m ²	32 m
	0,1 bar	58 m
Kapitel 5.4: Szenario Umsetzungsvariante 3: Anlieferung in 400 bar GH ₂ -Trailern		
Kapitel 5.4.1 Abriss einer Leitung DN 25 am 400 bar GH ₂ -Trailer	50 % UEG	52 m
	1,6 kW/m ²	44 m
	0,1 bar	90 m
Kapitel 5.5: Busbetankungsszenario: Betankung der Busse aus GH ₂ -Tank oder GH ₂ -Trailer		
Kapitel 5.5.1 Abriss der TK 16-Kupplung während der Busbetankung	50 % UEG	30 m
	1,6 kW/m ²	27 m
	0,1 bar	43 m

Sofern die in Kapitel 5 festgelegte jeweilige Abstandsempfehlung keine der in Kapitel 3.1 dargestellten schutzbedürftigen Gebiete tangiert bzw. überdeckt, ist das betreffende Anlagenteil auf dem Betriebshof zulässig.

Die Zulässigkeit richtet sich also nach dem Aufstellungsort des jeweiligen Anlagenteils in Bezug zum schützenswerten Objekt in der Nachbarschaft.

Konkret ergeben sich aus den genannten Abstandsempfehlungen die in Bezug zum Schutzobjekt empfohlenen Bereiche, in denen auf die Verwendung von Wasserstoff verzichtet werden sollte. Die Bereiche in den Abständen von etwa 20 m ausgehend von den Schutzobjekten sind nicht dargestellt, da der kleinste Abstand (U-Bahn Trasse) diesen Wert bereits übersteigt.

Zum leichteren Verständnis sind Abstände von 45 m, 60 m und 90 m grafisch in der im Anhang 10.1 beigelegten Karte skizziert.

7 Genehmigungrechtliche Konsequenz

Der Umgang mit Wasserstoff bedingt aufgrund der Stoffeigenschaften von Wasserstoff insbesondere die Beachtung der nachfolgend aufgeführten Rechtgebiete, die im Genehmigungsantrag bzw. zur Inbetriebnahme relevant sind. Zum Teil sind diese Anforderungen abhängig von der potentiell benötigten Wasserstoffmenge. Sofern relevant, werden die Schwellenwerte in den Unterkapiteln zu Kapitel 7 dargestellt und erläutert.

Immissionsschutzrecht:	Anlagenbegriff – 4. BImSchV – Ziffer Lagerung – UVP
Störfallrecht:	Betriebsbereich – Grundpflicht – erweiterte Pflicht
Arbeitsschutzrecht:	Arbeitsplatz – Gefährdungsanalyse – BetrSichV Druck, (Ex-Schutz atm.)
Gefahrstoffrecht:	Gefährdungsanalyse stoffbezogen (Ex-Schutz, Kälte)
Gefahrenabwehr:	FSHG (Brandschutz), Flucht und Rettungswege

Im Folgenden werden die genannten Schlagworte kurz erläutert:

Immissionsschutz – Anlagenbegriff

Anlagen im Sinne § 3 (5) des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sind:

1. Betriebsstätten und sonstige ortsfeste Einrichtungen,
2. Maschinen, Geräte und sonstige ortsveränderliche technischen Einrichtungen sowie Fahrzeuge, soweit sie nicht der Vorschrift des § 38 BImSchG unterliegen, und
3. Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, die Emissionen verursachen könne, ausgenommen öffentliche Verkehrswege.

Immissionsschutz – 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV)

Diese Verordnung definiert, wann eine Anlage als genehmigungsbedürftig einzustufen ist. Im Anhang 1 zur 4. BImSchV ist eine Auflistung möglicher genehmigungsbedürftiger Anlagen zu finden, in der eine weitere Unterscheidung nach Menge des gehandhabten Stoffes getroffen wird. Abhängig von der angegebenen Menge sind unterschiedliche Verfahren zur Genehmigung zu berücksichtigen:

- G: Genehmigungsverfahren gemäß § 10 BImSchG (mit Öffentlichkeitsbeteiligung)
- V: Vereinfachtes Verfahren gemäß § 19 BImSchG (ohne Öffentlichkeitsbeteiligung)

- E: Anlage gemäß § 3 IED (Anlage nach der Industrieemissions-Richtlinie)
- kein Buchstabe: die Anlage ist nicht genehmigungsbedürftig

Immissionsschutz – Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)

Das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) regelt die Notwendigkeit die Auswirkungen eines Vorhabens auf die Umwelt, während der Planung, zu klären. Zunächst wird ist festzustellen, ob überhaupt eine UVP-Pflicht besteht. Anschließend sind die Schritte zur Durchführung einer UVP festgelegt.

In der Anlage 1 zum UVPG ist eine Liste mit UVP-pflichtigen Vorhaben aufgeführt und eine Zuordnung des Verfahrens zu folgenden Fällen kann getroffen werden:

- X: Vorhaben ist UVP-pflichtig
- A: allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls: siehe § 3c Satz 1 UVPG
- S: standortbezogene Vorprüfung des Einzelfalls: § 3c Satz 2 UVPG

Störfallrecht – Betriebsbereich

Im BImSchG § 3 (5a) wird der Betriebsbereich definiert als der gesamte unter der Aufsicht eines Betreibers stehende Bereich, in dem gefährliche Stoffe, in einer oder mehreren Anlagen einschließlich gemeinsamer oder verbundener Infrastrukturen und Tätigkeiten einschließlich Lagerung in entsprechender Menge tatsächlich vorhanden sind oder vorhanden sein werden.

Störfallrecht – Grundpflichten

Die Grundpflichten sind definiert in §§ 3-8 der Störfallverordnung. Sie gelten für Betriebsbereiche bei Überschreitung der Mengenschwelle aus Anhang I Spalte 4 der Störfallverordnung, jedoch Unterschreiten der Mengenschwelle Spalte 5 unter Beachtung der Quotientenregel.

- Allgemeine Betreiberpflichten
- Anforderungen zur Verhinderung von Störfällen
- Anforderungen zur Begrenzung von Störfallauswirkungen
- Ergänzende Anforderungen
- Anzeige (gegenüber der zuständigen Behörde)
- Konzept zur Verhinderung von Störfällen

Nach der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) sind die erweiterten Pflichten (§§ 9-12) für Betriebsbereiche mit entsprechenden Störfallstoffpotential zusätzlich zu den Grundpflichten zu erfüllen.

- Sicherheitsbericht
- Alarm- und Gefahrenabwehrpläne
- Informationen über Sicherheitsmaßnahmen
- Sonstige Pflichten

Arbeitsschutzrecht – Arbeitsplatz

Der Arbeitsplatz ist der Platz im Betrieb, an dem ein Beschäftigter innerhalb eines betrieblichen Arbeitssystems mit Arbeitsmitteln und –gegenständen zusammenwirkt. Der Arbeitsplatz ist die kleinste räumliche Struktureinheit eines Betriebes. Die am Arbeitsplatz auftretenden Gefahren sind analytisch zu untersuchen und zu dokumentieren.

Arbeitsschutzrecht – Gefährdungsanalyse

Die Gefährdungsanalyse bzw. –beurteilung ist das zentrale Element im betrieblichen Arbeitsschutz. Sie ist Grundlage für ein systematisches und erfolgreiches Sicherheits- und Gesundheitsmanagement.

Nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1 bzw. GUV-V A1) sind alle Arbeitgeber – unabhängig von der Anzahl der Mitarbeiter/innen dazu verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen.

- § 5 ArbSchG regelt die Pflicht des Arbeitgebers zur Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen und konkretisiert mögliche Gefahrenursachen und Gegenstände der Gefährdungsbeurteilung.
- § 6 ArbSchG verpflichtet Arbeitgeber, das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung, die von ihm festgelegten Arbeitsschutzmaßnahmen und das Ergebnis ihrer Überprüfung zu dokumentieren. Der Arbeitgeber kann die Gefährdungsbeurteilung selbst durchführen oder andere fachkundige Personen, z. B. Führungskräfte, Fachkräfte für Arbeitssicherheit oder Betriebsärzte, damit beauftragen, wobei die Verantwortung für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und die Umsetzung der Ergebnisse beim Arbeitgeber verbleibt.

Die Gefährdungsbeurteilung (wie oben beschrieben) ist zu erweitern, wenn an einem Arbeitsplatz bspw. überwachungsbedürftige Anlagen nach BetrSichV betrieben werden. In

diesen Fällen ist zu klären, welches zusätzliche Gefahrenpotential von der entsprechenden Anlage ausgeht. Mögliche Gefahren, die sich ergeben, können sein:

- Druck – eine Anlage (bspw. ein Lagertank) steht unter erhöhtem Druck gegenüber der Atmosphäre. Hier ist sicherzustellen, dass die Anlage den betriebsmäßig auftretenden Lasten standhält.
- Ex-Schutz atm. – befindet sich innerhalb einer Anlage ein brennbarer Stoff, kann es im Schadensfall dazu kommen, dass dieser Stoff in die Atmosphäre gelangt. Hier ist dann zu klären, ob der Stoff in der Mischung mit Luft, explosionsfähige Gas/Dampf/Luft-Gemische bilden kann. Ist dies der Fall, so sind spezielle Schutzmaßnahmen zu treffen (Vermeidung der Bildung gefährlicher Atmosphären, Vermeidung von wirksamen Zündquellen, organisatorisch Maßnahmen, Dokumentation der Vorgehensweise in einem Explosionsschutzdokument).

Gefahrstoffrecht – Gefährdungsanalyse stoffbezogen (Ex-Schutz)

Wird in einer Anlage mit einem Stoff umgegangen, der unter das Gefahrstoffrecht fällt, so ist die Gefährdungsbeurteilung um eine Betrachtung der möglichen Gefahren, die von diesem Stoff ausgehen, zu erweitern. Hierrunter fallen bspw.:

- Toxizität des Stoffes – Klärung der Frage, ob der Stoff eine Gefahr für den Mensch/ die Umwelt darstellt.
- Ex-Schutz – Klärung der Frage, ob von dem Stoff eine Explosionsgefahr ausgeht. (Es gelten die Angaben, wie sie unter dem Punkt Arbeitsschutzrecht (Ex-Schutz atm.) gemacht wurden.)

Gefahrenabwehr – FSHG (Brandschutz), Flucht und Rettungswege

Aus der Gefährdungsbeurteilung, wie sie in den vorangegangenen Punkten beschrieben wurde, resultieren Maßnahmen, um eine Gefährdung von Mitarbeitern am Arbeitsplatz zu minimieren.

Kommt es zu einem nicht auszuschließenden Schadensfall, so gehen von der Anlage bzw. dem Stoff ggf. größere Gefahren für die Mitarbeiter / Menschen / Umwelt / etc. aus. Der Betreiber einer Anlage hat für solche Fälle Maßnahmen zu ergreifen, die solcher Ereignisse verhindern, im Schadensfall die Auswirkungen begrenzen und die Sicherheit gewährleisten.

Im Gesetz über den Feuerschutz und die Hilfeleistung bei Unglücksfällen und öffentlichen Notständen (FSHG) sind die Aufgaben des Betreibers und der Feuerwehr geregelt.

Im FSHG sind u.a. Angaben zu finden über:

- Vorbeugender Brandschutz
- Feuerwehren (Berufsfeuerwehr, Werksfeuerwehr, etc.)
- Vorzuhaltende Einrichtungen und vorbereitende Maßnahmen
- Durchführung der Abwehrmaßnahmen

Die besonderen Anforderungen an Betriebsbereiche mit erweiterten Pflichten (Erstellen eines internen Alarm- und Gefahrenabwehrplans) bleiben unberührt.

7.1 Vollversorgung des Betriebshofes (12,7 Tonnen Wasserstoff-Lagerung)

Die maximal auf dem Betriebsgelände vorhandene Menge an Wasserstoff beträgt in diesem Planungsfall 12,7 Tonnen.

Tabelle 7-1 Konsequenz bei 12,7 t Wasserstoff im Betrieb

Rechtsgebiet	Anforderung	Trifft zu	Begründung
Immissions- schutzrecht	Genehmigungsbedürftige Anlage	Ja	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 $\geq 3t H_2$
	Genehmigungsverfahren	V	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 $\geq 3t H_2$
	UVP	S	UVPG Ziffer 9.3.3 $3t H_2$ bis $30t H_2$
	IED	Nein	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 $\geq 3t H_2$ trifft nicht zu
Störfallrecht	Erweiterte Pflicht	Nein	12.BImSchV Ziffer 38 $\geq 50t H_2$ trifft nicht zu
	Grundpflicht	Ja	12.BImSchV Ziffer 38 $5t$ bis $50t H_2$
Arbeitsschutz	Gefährdungsanalyse (Allgemein, Druck, Explosion)	Ja	Arbeitsplatz im Umgang mit H_2
Brandschutz, Gefahrenabwehr	Alarmplan, Brandschutzkonzept	Ja	Umgang mit H_2

7.2 Reduktion der H_2 -Lagermenge (Kombination von Erzeugung und Lagerung)

Ausgehend von Tabelle 7-1 sind die Änderungen **Fett** dargestellt.

Tabelle 7-2 Konsequenz bei 3 t bis weniger als 5 t Wasserstoff im Betrieb

Rechtsgebiet	Anforderung	Trifft zu	Begründung
Immissions- schutzrecht	Genehmigungsbedürftige Anlage	Ja	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 $\geq 3t H_2$
	Genehmigungsverfahren	V	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 $\geq 3t H_2$
	UVP	S	UVPG Ziffer 9.3.3 $3t H_2$ bis $30t H_2$
	IED	Nein	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 $\geq 3t H_2$ trifft nicht zu
Störfallrecht	Erweiterte Pflicht	Nein	12.BImSchV Ziffer 38 $\geq 50t H_2$ trifft nicht zu
	Grundpflicht	Nein	12.BImSchV Ziffer 38 $5t$ bis $50t H_2$ trifft nicht zu
Arbeitsschutz	Gefährdungsanalyse (Allgemein, Druck, Explosion)	Ja	Arbeitsplatz im Umgang mit H_2
Brandschutz, Gefahrenabwehr	Alarmplan, Brandschutzkonzept	Ja	Umgang mit H_2

7.3 Minimierung der Wasserstoff-Vorhaltung (tägliche Abnahme)

Ausgehend von Tabelle 7-1 bzw. 7-2 sind die Änderungen **Fett** dargestellt.

Tabelle 7-3 Konsequenz bei weniger als 3 t Wasserstoff im Betrieb

Rechtsgebiet	Anforderung	Trifft zu	Begründung
Immissions- schutzrecht	Genehmigungsbedürftige Anlage	Nein Baurecht beachten	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 \geq 3t H ₂ trifft nicht zu
	Genehmigungsverfahren	Nein	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 \geq 3t H ₂ trifft nicht zu
	UVP	Nein	UVPG Ziffer 9.3.3 3t H ₂ bis 30t H ₂ trifft nicht zu
	IED	Nein	4.BImSchV Ziffer 9.3.2 \geq 3t H ₂ trifft nicht zu
Störfallrecht	Erweiterte Pflicht	Nein	12.BImSchV Ziffer 38 \geq 50t H ₂ trifft nicht zu
	Grundpflicht	Nein	12.BImSchV Ziffer 38 5t bis 50t H ₂ trifft nicht zu
Arbeitsschutz	Gefährdungsanalyse (Allgemein, Druck, Explosion)	Ja	Arbeitsplatz im Umgang mit H ₂
Brandschutz, Gefahrenabwehr	Alarmplan, Brandschutzkonzept	Ja	Umgang mit H ₂

8 Erklärung zur Prüfung im Rahmen des § 29a BImSchG

Bei Planung, Errichtung oder Änderung der Anlage war der unterzeichnende Sachverständige nicht beratend tätig. Ferner bestehen zum Betreiber keine personen- oder gesellschaftsrechtlichen Verbindungen.

9 Zusammenfassung

Die Hamburger Hochbahn AG plant auf einem Grundstück im Bezirk Hamburg-Nord (Gleisdreieck) der Freien und Hansestadt Hamburg bis 2018 einen Busbetriebshof mit Wasserstofftankstelle in Betrieb nehmen. Es wurden seitens des Auftraggebers verschiedene Umsetzungsvarianten zur Diskussion gestellt.

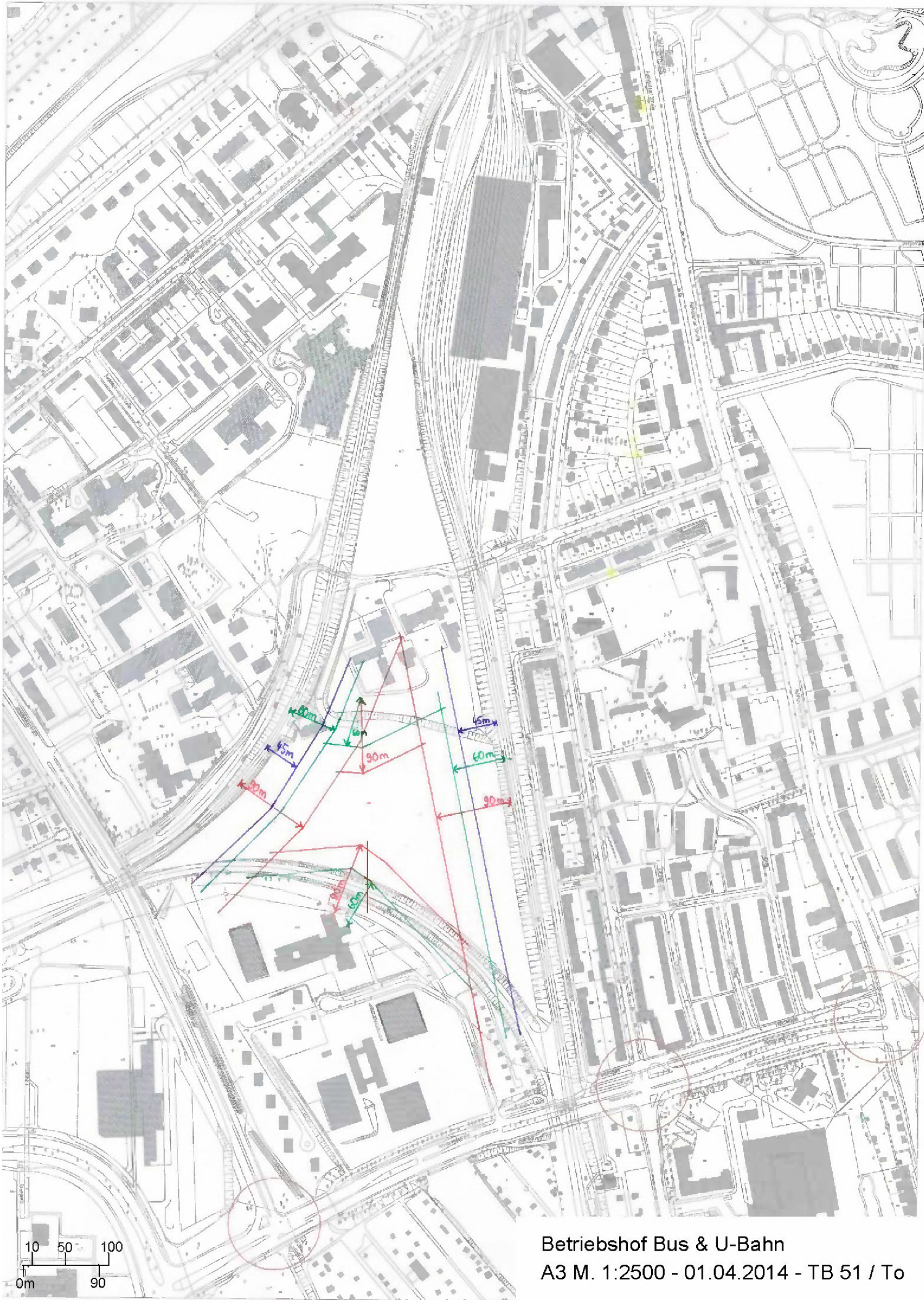
Der vorliegende Bericht ist als Entscheidungshilfe im Abwägungsprozess zur Zulässigkeit raumbedeutsamer Planung in Bezug zum Busbetriebshof als Störfallbetrieb für die zuständige Behörde konzipiert.

Das vorliegende Gutachten belegt in Anwendung des KAS 18 der Kommission für Anlagensicherheit die grundsätzliche Machbarkeit einer solchen Anlage am vorgegebenen Standort. Dabei können aus Sicht des Unterzeichners und unter Beachtung der im Gutachten ermittelten angemessenen Abstände aus sicherheitstechnischer Sicht die vorgestellten Umsetzungsvarianten geplant werden.

In einem zweiten Schritt sind im vorliegenden Gutachten die genehmigungsrechtlichen und störfallrechtlichen Konsequenzen unter Berücksichtigung der potentiell benötigten Wasserstoffmenge aufgeführt.

10 Anhang

10.1 Darstellung der angemessenen Abstandsbereiche um den Betriebsbereich



Betriebshof Bus & U-Bahn
A3 M. 1:2500 - 01.04.2014 - TB 51 / To