



Badenerstrasse 47
Postfach
8021 Zürich
www.carbura.ch

Telefon 044 217 41 11
Telefax 044 217 41 10
Postcheck 80-21080-8
MWST-Nr. CHE-105.841.616 MWST

CARBURA–Richtlinien

Teil F — Brandschutz und Löschwesen

Vom Vorstand der CARBURA am 13. April 2021 beschlossen
und auf den 1. Juli 2021 in Kraft gesetzt

Zirk.-Nr. 24'215 d

Impressum

An dieser Richtlinie haben die folgenden Mitglieder der Arbeitsgruppe "Neue CARBURA-Richtlinie Brandschutz und Löschwesen" mitgewirkt:

Vertreter der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen, VKF:

Thomas Keller Gebäudeversicherung Kanton Zürich, GVZ
László Koller Basellandschaftliche Gebäudeversicherung, BGV

Vertreter der Feuerwehr Koordination Schweiz, FKS:

Jan Bauke Schutz & Rettung Zürich

Branchenvertreter:

Melchior Blatter Technische Kommission der CARBURA, c/o Osterwalder St. Gallen AG
Mauro Forni Technische Kommission der CARBURA, c/o BP
Ueli Roschi Technische Kommission der CARBURA, c/o Socar
Suzanne Blache CARBURA, 8021 Zürich
Martin Rahn CARBURA, 8021 Zürich

Technische Kommission der CARBURA (vorbereitende Kommission):

Melchior Blatter Osterwalder St. Gallen AG, 9000 St. Gallen
Mauro Forni BP Europa SE, ZN BP (Switzerland) Zug, 6300 Zug
Stefan Illi armasuisse Immobilien, p. A. tubus GmbH, 3608 Thun
Titus Kamermans Tankanlage AG Mellingen, 5507 Mellingen
René Ludwig TAMOIL SA, 1215 Genève 15 Dépôt
Renato Patelli Eni Suisse S.A., 9466 Sennwald
Ueli Roschi Socar Energy Switzerland GmbH, 8021 Zürich
Ralf Tscheulin Varo Energy Tankstorage AG, 4127 Birsfelden
Nevio Zampieri AGROLA AG, 8401 Winterthur
Suzanne Blache CARBURA, 8021 Zürich
Martin Rahn CARBURA, 8021 Zürich
Markus Zraggen CARBURA, 8021 Zürich

Inhaltsverzeichnis

0. Vorwort	6
1. Allgemeines	8
1.1 Grundsätze und Organisation.....	8
1.2 Geltungsbereich	8
1.3 Kenntlichmachung des Tankinhaltes	9
1.4 Aufgabenstellung	9
1.4.1 Brandverhütungsmassnahmen.....	9
1.4.2 Organisation Alarmierung.....	9
1.4.3 Brandbekämpfungsmethoden	10
1.5 Verkehrs- und Fluchtwege	10
1.6 Personalbestand	10
1.7 Anwendung auf bestehende Tankanlagen	10
2. Einsatzszenario, Bemessungsgrundlage und Einsatzbereitschaft	11
2.1 Einsatzszenario.....	11
2.2 Bemessungsgrundlage.....	11
2.3 Einsatzbereitschaft.....	11
3. Wasserbedarf	12
3.1 Einsatzzeiten.....	12
3.2 Ausgestaltung der Löschzentrale	12
3.3 Betriebsinterne Hydranten.....	12
3.4 Löschwasserrückhaltung.....	12
4. Tankkühlung	13
4.1 Stationäre Einrichtungen	13
4.2 Bemessung der Tankkühlung.....	13
5. Schaummittel und Beschäumungsleistungen	14
5.1 Schaummittel	14
5.1.1 Anforderungen an das Schaummittel	14
5.1.2 Referenzschaummittel	14
5.1.3 Verschäumungszahl	14
5.2 Beschäumungsleistungen	14
5.2.1 Festdachtanks	14
5.2.2 Tanks mit Schwimmdach oder innenliegender Schwimm-Membrane	15
5.2.3 Bassin und Auffangwannen.....	15
5.2.4 Entladestellen	16
5.2.5 Füllstellen.....	16
5.3 Schaummittelbedarf	16
6. Installationen für die Beschäumung	17
6.1 Beschäumungseinrichtungen	17
6.1.1 Stehtanks	17
6.1.2 Bassins	17
6.1.3 Auffangwannen und Entladestellen	17
6.1.4 Sprühfluranlagen für Füllstellen	17
6.1.5 Pumpenhäuser	17

6.2	Bedienung der Löscheinrichtungen	17
6.3	Leitungsnetz.....	18
6.3.1	Rohrleitungen	18
6.3.2	Zumischsysteme.....	18
6.3.3	Absperrorgane	18
6.3.4	Schaumzuführungsrohre für Stehtanks.....	18
6.4	Schaumerzeugung	18
6.4.1	Schaumeinführung für Stehtanks	18
6.4.2	Schaumleitelemente in Stehtanks	19
7.	Andere Löschverfahren und -einrichtungen	20
7.1	Einrichtungen an Schwimmdachtanks.....	20
7.2	Liegende zylindrische Tanks	20
7.3	Erdverlegte Tanks.....	20
7.4	Installationen im Schutzbauwerk.....	20
7.5	Mobile Geräte	20
7.6	Neue Löschverfahren.....	20
8.	Gaspendelungs- und Benzingasrückgewinnungsanlagen	21
9.	Kontrollen und Wartung der Brandschutzinstallationen.....	22
9.1	Tägliche Kontrollen	22
9.2	Monatliche Kontrollen und Wartungsarbeiten	22
9.2.1	Löschwasserpumpen und Notstromaggregate	22
9.2.2	Kontrollen in der Löschzentrale.....	22
9.3	Jährliche Kontrollen und Wartungsarbeiten	23
9.3.1	Überprüfen der Berieselungen inklusive Düsen.....	23
9.3.2	Stationäre Löscheinrichtungen.....	23
9.3.3	Mobiles Löschmaterial	23
9.3.4	Weitere Überprüfungen	23
9.4	Weitere Kontrollen und Wartungsarbeiten	23
9.4.1	Analyse des Schaummittels	23
9.4.2	Test des gesamten Schaumsystems und der Schaumproduktion.....	24
Anhang 1:	Berechnungsbeispiele	25
1.	Einleitung	25
2.	Berechnungen für Tankanlage A.....	26
2.1.	Tankbeschäumung.....	27
2.2.	Bassinbeschäumung.....	28
2.3.	Tankkühlung	29
2.4.	Bemessungssituation	31
2.4.1.	Wasserleistung und Wasserbedarf.....	31
2.4.2.	Schaummittelbedarf	32
2.5.	Feuerwehr.....	32
2.6.	Zusammenstellung.....	32
3.	Berechnungen für Tankanlage B.....	33
3.1.	Tankbeschäumung.....	34
3.2.	Bassinbeschäumung.....	34
3.3.	Tankkühlung	35

3.4.	Bemessungssituation	36
3.4.1.	Wasserleistung und Wasserbedarf.....	36
3.4.2.	Schaummittelbedarf	36
3.5.	Feuerwehr.....	37
3.6.	Zusammenstellung.....	37

0. Vorwort

Die ältesten bekannten Schweizer Richtlinien für den Brandschutz und das Löschwesen von Tankanlagen stammen aus dem Jahre 1953. Rund zwanzig Jahre später, im Januar 1974, wurden die überarbeiteten CARBURA-Richtlinien publiziert, darunter auch Teil F "Brandschutz und Löschwesen".

Weitere knapp zwanzig Jahre später, im Jahre 1992, wurde der Teil F "Brandschutz und Löschwesen" von Grund auf neu erarbeitet. Zentrale Elemente der Brandschutz-Richtlinie von 1992 waren:

- Gezielter Einsatz des Wassers «so wenig wie nötig, dafür mit der notwendigen spezifischen Leistung»
- Stationäre Bassinbeschäumung für Schutzbauwerke mit Tanks für Benzin und Flugpetrol
- Beschränkung auf Brandszenario in einem Teilbassin
- Mehrstufiger Einsatz: Zuerst Löschen eines Bassinbrandes und erst anschliessend Löschen eines Tankbrandes
- Basis für die Auslegung der Schauminstallation war der synthetische Mehrbereichsschaum. Für filmbildende Löschschäume war eine Reduktion der spezifischen Werte möglich.

Brandschutz in Tankanlagen aus einem Guss

Im Zuge dieser Bearbeitung wurde auch nach internationalen Richtlinien und Normen betreffend Brandschutz in Tankanlagen gesucht. Die Recherche zeigte, dass es sehr wohl Dokumente für Einzelaspekte gibt. Demgegenüber ist die vorliegende Richtlinie in dem Sinne einzigartig, dass sie in einem einzigen Dokument die wesentlichen Anforderungen an den Brandschutz in Tankanlagen abbildet, von der Beschäumung über die Kühlung bis hin zu Kontrollen und Wartung. Dies ermöglicht auch, die Beschäumung und die Kühlung optimal aufeinander abzustimmen und die in der Schweiz vorherrschenden Bedingungen zu berücksichtigen.

Neuerungen

Bei der aktuellen Überarbeitung zeigte sich, dass die wesentlichen Grundzüge der Richtlinie weiterhin Gültigkeit haben. Die überarbeitete Richtlinie enthält aber auch einige Neuerungen:

- Neu wurde ein Kapitel "Kontrollen und Wartung der Brandschutzinstallationen" eingefügt.
- Basis für die Beschäumung bildet nicht mehr der synthetische Mehrbereichsschaum, sondern filmbildender Löschschaum. Wegen der wesentlich besseren Löschwirkung konnten die spezifischen Beschäumungsleistungen teilweise reduziert werden.
- Bei den Anforderungen an die Installationen bei Umschlagstellen wurde klarer unterschieden zwischen Füllstellen und Entladestellen.
- Bei der Bassinbeschäumung wird nun mindestens eine Beschäumungsleistung von $3 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$ verlangt. Bisher bestand die Wahl zwischen $3 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$ bei einer Einsatzzeit von 60 Minuten und $6 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$ bei einer Einsatzzeit von 20 Minuten.

Zudem wurde die Richtlinie redaktionell überarbeitet, so dass die einzelnen Kapitel besser aufeinander abgestimmt sind und die einschlägigen Begriffe konsequent verwendet werden.

Geltungsbereich und Verbindlichkeit

Die vorliegende Richtlinie bildet die Basis für die Brandschutzinstallationen in den Grosstankanlagen, die im Zusammenhang mit der Pflichtlagerhaltung von flüssigen Treib- und Brennstoffen stehen. Die Richtlinie kann auf andere Tankanlagen übertragen werden. Wie weit sie anwendbar ist, hängt von der Struktur, der Nutzung und den gelagerten Produkten ab. Im Einzelfall ist die Anwendung mit den zuständigen Vollzugsbehörden abzusprechen.

Künftige Entwicklung

Die Verfasser der Richtlinie sind sich bewusst, dass eine Richtlinie in verschiedenen Punkten eine Momentaufnahme ist. Dies bezieht sich einerseits auf die technische Entwicklung und somit auf eine Veränderung der Regeln der Technik sowie andererseits auf allfällige neue Lagerprodukte oder Komponenten. Falls diese wesentlich andere Eigenschaften in Bezug auf das Löschwesen haben, sind die entsprechenden Ziffern der Richtlinie zu überarbeiten oder zu ergänzen.

Dank

Alle, die bei der Überarbeitung dieser Richtlinie mitgearbeitet haben, verdienen unseren Dank. Vorweg gilt dieser der Arbeitsgruppe und der Technischen Kommission der CARBURA. Weiter sei aber auch allen herzlich gedankt, die im Rahmen der Vernehmlassung mit ihren Hinweisen zum guten Gelingen beigetragen haben.

1. Allgemeines

Die vorliegende Richtlinie gilt sowohl für die Erstellung wie auch für den Betrieb und die Erneuerung von Tankanlagen zur Lagerung und zum Umschlag von flüssigen Treib- und Brennstoffen.

1.1 Grundsätze und Organisation

Betriebe, welche flüssige Treib- und Brennstoffe sowie andere entzündbare Flüssigkeiten lagern, umschlagen oder verarbeiten, haben sich gegen den Ausbruch von Bränden zu schützen und für deren Bekämpfung zweckmässig auszurüsten.

a) Betriebsvorschrift

Eine Betriebsvorschrift für die Löscheinrichtungen, die die nötigen Angaben zur Inbetriebnahme, Überwachung und Wartung enthält, ist auszuarbeiten. Das Personal ist bei der Anstellung und zusätzlich periodisch darüber zu informieren. An geeigneten Orten, beispielsweise in der Löschzentrale, ist durch bildhafte und kurz gefasste Anweisungen die Handhabung der Einrichtungen in Erinnerung zu rufen.

b) Alarm- und Einsatzplan

Für jede Anlage muss ein Alarm- und Einsatzplan vorhanden sein. Dieser ist durch den Betreiber in Anlehnung an das VKF-Brandschutzmerkblatt "Brandschutzpläne - Flucht- und Rettungswegpläne - Feuerwehrpläne" und unter Berücksichtigung der Vorgaben der kantonalen Behörden sowie unter Einbezug der zuständigen Feuerwehrorganisationen zu erstellen und enthält insbesondere zu den folgenden Punkten detaillierte Angaben:

- Alarmierung des Betriebspersonals und der zuständigen Feuerwehr;
- Organigramm und Kompetenzregelung im Ereignisfall;
- Situations- und Ökologieplan (Entwässerungsplan);
- Zufahrts- und Fluchtwege;
- Liste der gelagerten Stoffe (Lagerliste);
- Standorte und Inventar des vorhandenen (mobilen) Löschmaterials;
- beispielhafte Brandszenarien;
- Angaben zu den technischen Einrichtungen und Bedienungselementen für die Feuerwehr.

Anweisungen und die für die rasche und sichere Aufnahme der Verbindungen notwendigen Telefonnummern (eventuell Anlehnung an Alarmorganisation) sind gut sichtbar anzubringen.

c) Einsatzübungen

Der Einsatz der bereitgestellten Mittel, deren Funktionstüchtigkeit sichergestellt werden muss, soll von der Belegschaft der Anlage analog zum Ernstfallszenario eingeübt sein. Die Zusammenarbeit mit den Orts- und benachbarten Betriebs-, Stützpunkt- und Berufsfeuerwehren ist zu organisieren.

1.2 Geltungsbereich

Diese Richtlinie ist für Tankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe, in denen Mitglieder der CARBURA Verfügungsrechte besitzen, verbindlich. Für andere Tankanlagen mit flüssigen Treib- und Brennstoffen kann die Richtlinie sinngemäss angewendet werden.

Diese Richtlinie gilt für Lager mit entzündbaren Flüssigkeiten der Kategorien 1 bis 3 gemäss GHS (= Entz. Fl. 1 bis 3) sowie für brennbare Stoffe ohne Klassierung. Den Kategorien 1 oder 2 gehört beispielsweise Benzin an; Flugpetrol gehört der Kategorie 3 an. Dieselöl und Heizöl sind bei der Anwendung dieser Richtlinie als brennbare Stoffe ohne Klassierung zu betrachten. Für weitere Produkte kann die Richtlinie fallweise angewendet werden.

1.3 Kenntlichmachung des Tankinhaltes

Ein Belegungsschema, welches an zentraler Stelle (beispielsweise in der Löschzentrale oder am Hauptzugang zum Tanklager) platziert ist, muss unmissverständlich aufzeigen, in welchem Tank welches Produkt gelagert wird. Die Tanks sind mit gut sichtbaren Nummern zu versehen.

1.4 Aufgabenstellung

Die Massnahmen umfassen:

a) Brandverhütung

- Verhindern, dass ein Brand im Betrieb selbst entsteht.
- Verhindern, dass ein Brand von aussen auf den Betrieb übergreift.

b) Alarm

Bei weitläufigen und/oder unübersichtlichen Betrieben sind, neben den Verbindungen nach aussen gemäss Ziffer 1.1, auch interne Alarm- oder Feuermeldeeinrichtungen zu erstellen.

c) Brandbekämpfung

- Verhindern, dass sich ein Brand ausbreiten kann.
- Löschen eines im Betrieb ausgebrochenen Brandes.

1.4.1 Brandverhütungsmassnahmen

Die Brandverhütungsmassnahmen sind den Verhältnissen der einzelnen Betriebe anzupassen. Die Massnahmen sind mit Hinweis- oder Verbotstafeln anzuzeigen.

Ausserordentliche Arbeiten in einer Tankanlage wie das Entgasen, das Reinigen von Tanks und Reparaturen dürfen nur unter kompetenter technischer Leitung durchgeführt werden. Die technische Leitung entscheidet von Fall zu Fall, ob vor Beginn der Arbeiten die zuständige Feuerwehr zu orientieren ist. Für solche Arbeiten stellt der Tanklagerbetreiber in der Regel vorgängig Arbeitsbewilligungen aus.

1.4.2 Organisation Alarmierung

Wichtige technische Alarmer wie Leitwertsonden und Gassensoren müssen während der Betriebszeit optisch und akustisch erfolgen, so dass eine Intervention ausgelöst werden kann. Brandalarmer (beispielsweise Brandmelder, Handtaster) werden während der Betriebszeit optisch und akustisch angezeigt. Die Brandmeldeanlage kann während den Betriebszeiten mit Anwesenheitsverzögerung betrieben werden.

Ausserhalb der Betriebszeiten sind Brandalarmer an eine Einsatzzentrale zu leiten. Technische Alarmer sind an eine betriebsinterne Pikettstelle, die jederzeit reaktionsfähig ist, oder an eine ständig besetzte Stelle zu leiten.

1.4.3 Brandbekämpfungsmethoden

- a) Luftabschluss (Ersticken) mit Schaum, Pulver (antikatalytische Wirkung) oder inertem Gas, aber auch durch weitere geeignete Löschmittel;
- b) Kühlung (unter den Flammpunkt) durch Wasser, Wasserdampf, Umwälzen des Tankinhaltes usw. Dabei ist bei Rohölen, schweren und mittelschweren Heizölen etc. auf die Gefahr eines Boilovers zu achten.
- c) Dem Feuer die Nahrung entziehen durch Umlagern des Brandgutes in verfügbare Auffangbehälter.

Die Brandbekämpfungsmethoden gemäss a), b) und c) können miteinander kombiniert werden.

1.5 Verkehrs- und Fluchtwege

Auf dem Areal einer Anlage, insbesondere bei den Umschlagstellen und Gebindelagern, sind die für die Brandbekämpfung notwendigen Rettungs- und Interventionswege, Aktionsräume und die Fluchtwege freizuhalten (Schneeräumung organisieren). Es wird eine unmissverständliche Markierung der freizuhaltenden Flächen empfohlen; sie dürfen nicht mit Fahrzeugen belegt werden.

Die Vorgaben gemäss "Richtlinie für Feuerwehrezufahrten, Bewegungs- und Stellflächen" der FKS sind einzuhalten.

1.6 Personalbestand

Die Sicherheit der Anlage und die Alarmierung müssen jederzeit gewährleistet sein. Bei einer entsprechenden technischen Ausrüstung (beispielsweise Videoüberwachung, Alarmer) kann auf anlageseitiges Personal verzichtet werden. Jeder Umfüllvorgang mit entzündbaren Flüssigkeiten der Kategorien 1 bis 3 muss von entsprechend geschulten Personen überwacht werden.

1.7 Anwendung auf bestehende Tankanlagen

Tankanlagen, deren Brandschutzkonzept den Richtlinien von 1992 entspricht und die vor Inkrafttreten dieser Richtlinie erstellt wurden, müssen nicht angepasst werden. Bei grösseren Erneuerungen und Anpassungen ist eine verhältnismässige Angleichung an die aktuellen Anforderungen aus dieser Richtlinie erforderlich.

2. Einsatzszenario, Bemessungsgrundlage und Einsatzbereitschaft

Stehetanks im Geltungsbereich dieser Richtlinie sind in aller Regel zu mehr als 50% gefüllt. Somit können die Tanks mit dem gelagerten Produkt grosse Wärmemengen aufnehmen. Aus diesem Grunde und um ein Überlaufen des Brandgutes zu vermeiden, wird ein zu mehr als 50% gefüllter Tank, der in einem brennenden Teilbassin steht, nicht gekühlt.

Ist ein Tank im brennenden Teilbassin zu weniger als 50% gefüllt, ist dieser Tank in Phase 1 des Auslegungsszenarios von Ziffer 2.1 zu kühlen.

2.1 Einsatzszenario

Im Auslegungsszenario brennen ein Teilbassin und ein in diesem Teilbassin stehender Tank.

Ziel des Einsatzes ist es, die vorhandenen Wasser- und Schaummengen sowie die Wasser- und Schaumleistungen optimal zu nutzen. Deshalb erfolgt der Löscheinsatz als sogenannter gestaffelter Einsatz:

Phase 1: Beschäumung des brennenden Teilbassins und gleichzeitige Kühlung exponierter Tanks in benachbarten Teilbassins (bis Brand im Teilbassin gelöscht)

Zwischenphase: Kühlung exponierter Tanks in benachbarten Teilbassins

Phase 2: Beschäumung des brennenden Tanks und gleichzeitige Kühlung exponierter Tanks in benachbarten Teilbassins (bis Tankbrand gelöscht)

2.2 Bemessungsgrundlage

Für die Bemessung der Bassinbeschäumung ist, sofern wirksame Bassinunterteilungen vorhanden sind, die Fläche des Teilbassins massgebend, in allen anderen Fällen die Fläche des Bassins.

Eine Bemessungssituation besteht aus:

- einem Teilbassin;
- dem darin stehenden Tank mit dem grössten Bedarf;
- den zu kühlenden exponierten Tanks beim Brand des Teilbassins.

Massgebend ist die Situation mit dem grössten Bedarf. Es ist möglich, dass für die Leistung, die Wassermenge und die Schaummenge verschiedene Situationen massgebend sind.

Für den Einsatz der Feuerwehr wird eine Leistungsreserve von mindestens 2'500 l/min empfohlen. Der Bedarf ist anlagespezifisch mit der Feuerwehrinstanz festzulegen. Falls die stationären Löschanlagen durch betriebseigene Wasservorräte gespeisen werden, ist es zulässig, die Wasserreserve für die Feuerwehr aus dem öffentlichen Wasserversorgungsnetz zu speisen.

2.3 Einsatzbereitschaft

Die Löschanlagen sind so zu bemessen und zu gestalten, dass die Einsatzspanne möglichst kurz ist. Von der Inbetriebsetzung der Löschanlage an gerechnet bis zum Beginn des Einfließens von Wasser für die Berieselung resp. von Schaum in das Tankbassin sollten bei stationären Installationen als Richtwerte nicht mehr als 5 Minuten vergehen.

3. Wasserbedarf

Zum Löschen und Kühlen muss der berechnete Wasserbedarf nach Menge und Druck für den Einsatz der stationären Kühl- und Löscheinrichtungen und für den Feuerwehreinsatz (Wasserreserve für die Feuerwehr) gesichert sein. Basis für die Berechnung der notwendigen Mengen bildet die Bemessungsgrundlage gemäss Ziffer 2.2. Diese setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

- stationäre Schaumlöschanlage für Tanks und Bassins;
- stationäre Berieselungs- oder Tankkühleinrichtungen;
- erforderlicher zusätzlicher Feuerwehreinsatz;
- allfällige Wasservorlage, welche die Dichtheit des Bassins gewährleistet.

3.1 Einsatzzeiten

Der Wasserbedarf ist abhängig von der Einsatzdauer der einzelnen Löscheinrichtungen. Diese Wassermenge muss die geforderte Leistung im massgebenden Teilbassin mindestens für die folgenden Einsatzzeiten gewährleisten (siehe auch Ziffern 4.2 und 5.2):

- | | |
|---|-------------|
| • Tankbeschäumung | 20 Minuten |
| • Tankkühlung | 120 Minuten |
| • Feuerwehr | 120 Minuten |
| • Bassinbeschäumung: mit mindestens 3 l/(min x m ²) | 60 Minuten |

Die über diese Zeiten hinaus erforderliche Wassermenge ist in Absprache mit den zuständigen Behörden und Fachstellen einzuplanen.

3.2 Ausgestaltung der Löschzentrale

Es ist sicherzustellen, dass die geforderte Wasserleistung für das Wasser- und Schaumverteilnetz ausfallsicher bereitgestellt wird. Dies wird durch eine sinnvolle Aufteilung der Leistungen der einzelnen Löschwasserpumpen und durch zusätzliche Anschlüsse mittels Storzkupplungen für die Einspeisung sowie für die Entnahme von Wasser und Schaum gewährleistet.

3.3 Betriebsinterne Hydranten

Die Ausgestaltung der Hydrantenanlage ist zusammen mit den zuständigen Behörden und Fachstellen festzulegen.

3.4 Löschwasserrückhaltung

Die Rückhaltung von Löschwasser ist in geeigneter Form sicherzustellen (siehe Teil I "Gewässerschutz"). Die fachgerechte Entsorgung bedarf der Freigabe durch die zuständige Fachbehörde.

4. Tankkühlung

Die Tankkühlung ist eine vorbeugende Massnahme zur Verhinderung der Brandausbreitung. Sowohl die Tanks mit entzündbaren Flüssigkeiten der Kategorien 1 bis 3 als auch die Tanks mit brennbaren Stoffen ohne Klassierung sind mit einer Tankkühlung auszurüsten. Bei einzelnen, isoliert aufgestellten Tanks für brennbare Stoffe ohne Klassierung, die durch die angrenzenden Bereiche nicht gefährdet sind, kann auf eine Kühlung verzichtet werden.

4.1 Stationäre Einrichtungen

Die Bedienungseinrichtungen der stationären Berieselung sind gegen Brandeinwirkung zu schützen und ausserhalb der Tankbassins anzuordnen.

4.2 Bemessung der Tankkühlung

Die Tankkühlung erfordert mindestens 50 Liter Wasser pro Stunde und Quadratmeter der Mantelfläche. Eine gleichmässige Benetzung der zu kühlenden Dach- und Mantelflächen ist durch eine zweckmässige Verteilung der Düsen sicherzustellen. Die Düsenanordnung ist gegebenenfalls durch Versuche festzulegen (Teilung und Abstand vom Tank).

Bewährt haben sich beispielsweise Dralldüsen mit relativ grossen Bohrungen bei entsprechend geringem Druck, da sie auf Verunreinigungen wenig empfindlich sind und eine allzu feine Zerstäubung verhindern (Windeinfluss).

5. Schaummittel und Beschäumungsleistungen

5.1 Schaummittel

5.1.1 Anforderungen an das Schaummittel

Bei der Wahl des Schaummittels ist die Eignung für alle gelagerten Produkte zu berücksichtigen. Dabei ist von jedem gelagerten Produkt die Polarität zu beachten. Ausserdem ist sicherzustellen, dass das Schaummittel Rückzündungen wirkungsvoll verhindert und dass der Einsatz jederzeit und bei jeder Temperatur gewährleistet ist.

5.1.2 Referenzschaummittel

Die in Ziffer 5.2 geforderten Beschäumungsleistungen (Wasserleistung) basieren auf der Schaumqualität und der Wirksamkeit von fluorhaltigen und filmbildenden Schaummitteln (AFFF).

Andere Schaummittel können eingesetzt werden, wenn sie mindestens dieselbe Löschwirkung erzielen und Rückzündungen wirkungsvoll verhindern. Die entsprechenden Nachweise sind vom Anlagebetreiber bzw. dem Hersteller zu erbringen.

5.1.3 Verschäumungszahl

Für die Tankbeschäumung ist in der Regel ein Schwerschaum (Verschäumungszahl ≤ 20) zu verwenden. Für die Bassinbeschäumung kann ein Schwer- oder Mittelschaum verwendet werden, wobei der Mittelschaum die Verschäumungszahl von 100 nicht überschreiten sollte.

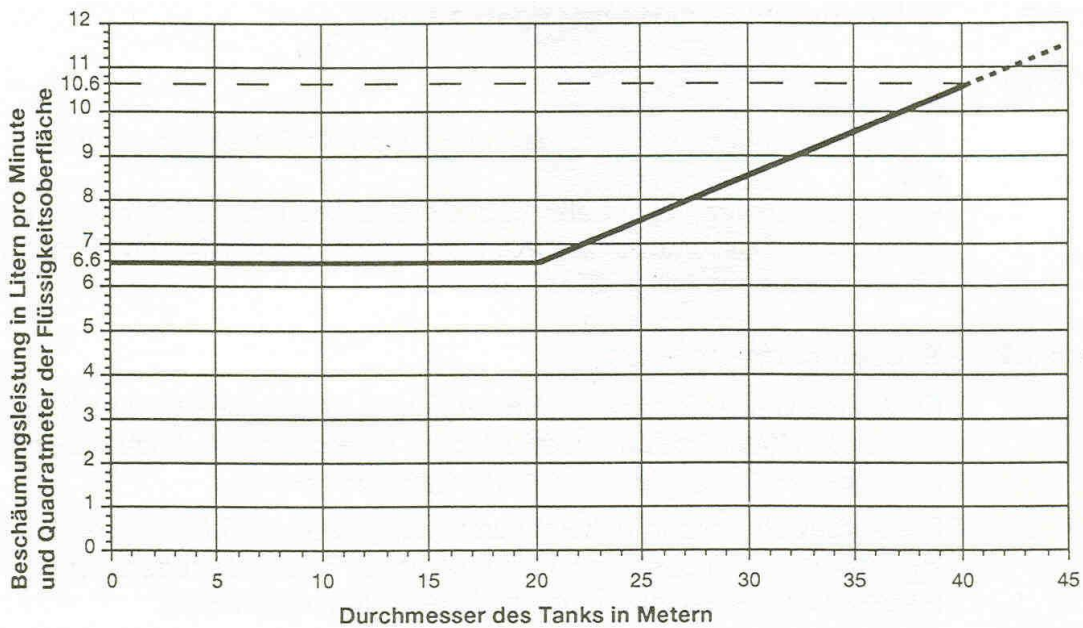
Die Angaben der Lieferanten - insbesondere in Bezug auf die Schaummittelzumischung - sind zu beachten.

5.2 Beschäumungsleistungen

Für die Beschäumungsleistung der Anlage ist der Tank beziehungsweise das Teilbassin mit dem grössten Bedarf massgebend.

5.2.1 Festdachtanks

Die minimale Beschäumungsleistung in Litern pro Minute und Quadratmeter der Flüssigkeitsoberfläche ist abhängig vom Tankdurchmesser und ist im folgenden Diagramm festgehalten:



Die Beschäumungsleistung für Tanks beträgt $P_{\text{Tank}} = (D - 20\text{m}) \times 0.2 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^3) + 6.6 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$, mind. aber $6.6 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$.

5.2.2 Tanks mit Schwimmdach oder innenliegender Schwimm-Membrane

Beim Löscheinsatz bei Schwimmdächern sowie bei innenliegenden Schwimm-Membranen ist darauf zu achten, dass das Dach bzw. die Membrane nicht infolge zu viel Wassereintrags sinkt. Ein entsprechender Hinweis ist im Einsatzplan anzubringen.

a) Schwimmdach

Bei Schwimmdachtanks ist der Ringraum zwischen dem Tankmantel und dem auf dem Dach angebrachten Stauring (Schaumbord) mit Schaum zu füllen. Die Beschäumungsleistung ist abhängig vom Abstand zwischen der Tankwand und dem Schaumbord auf dem Schwimmdach. Die spezifische Beschäumungsleistung beträgt $6.6 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$. Somit beträgt die Wasserleistung für Schwimmdachtanks:

$$P_{\text{Schwimmdach}} = m * U * 6.6 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$$

mit m = Abstand zwischen Mantel und Schaumbord / m = mindestens 1 m

U = Umfang des Tanks am Mantel

b) Tanks mit innenliegender Schwimm-Membrane

Ist die Schwimm-Membrane gasdicht, liegt sie vollflächig auf dem Lagergut auf und ist sie mit einem Stauring (Schaumbord) versehen, entsprechen die Anforderungen dem Absatz a). In allen anderen Fällen wird die Beschäumungsleistung wie für Festdachtanks berechnet.

5.2.3 Bassin und Auffangwannen

Für die Beschäumung von Bassins und Auffangwannen soll die Beschäumungsleistung mindestens $3 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$ betragen. Für die Bassinbeschäumung ist die Fläche nach Abzug der Tankflächen der Stehtanks massgebend.

5.2.4 Entladestellen

Entladestellen entsprechen bezüglich Beschäumungsleistung den Auffangwannen. Massgebend ist dabei die als Wanne ausgebildete Fläche der Entladestelle.

5.2.5 Füllstellen

Die Beschäumungsleistung der Sprühflutanlagen im Bereich von Füllstellen soll mindestens $6.6 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$ betragen.

5.3 Schaummittelbedarf

Der durch den Tanklagerbetreiber vorzuhaltende Schaummittelbedarf für den unmittelbaren Einsatz errechnet sich aus:

- der prozentualen Zumischung des Schaummittels zum Wasser;
- den Beschäumungsleistungen für die massgebende Bemessungssituation mit Teilbassin und Tank;
- den Einsatzzeiten.

Es ist eine Gesamtmenge an Schaummittel für dieselbe Einsatzdauer wie für den Wasserbedarf bereitzuhalten (siehe Ziffer 3.1). Massgebend ist die Bemessungssituation mit dem grössten Bedarf.

Die Aufbewahrungsart der Schaummittel und die Zufuhr-Verhältnisse zur Einsatzstelle müssen den reibungslosen Betrieb der Löscheinrichtungen bei jeder Witterung und zu jeder Zeit gewährleisten.

Bei ungünstigen Nachschubverhältnissen kann eine grössere Schaummittelmenge gefordert werden.

6. Installationen für die Beschäumung

6.1 Beschäumungseinrichtungen

6.1.1 Stehtanks

Stehtanks zur Lagerung von entzündbaren Flüssigkeiten der Kategorien 1 bis 3 sind mit stationären Beschäumungseinrichtungen auszurüsten, die bis ausserhalb des Bassins zu führen sind. Die dem Anschluss von Löscheinrichtungen dienenden Armaturen müssen gegen Hitzeeinwirkung abgeschirmt und auch bei einem Brand im Bassin bedienbar sein.

Stehen im gleichen Bassin ausnahmsweise sowohl Stehtanks mit entzündbaren Flüssigkeiten der Kategorien 1 bis 3 als auch Stehtanks mit brennbaren Stoffen ohne Klassierung, so sind sämtliche Tanks, d. h. auch diejenigen mit brennbaren Stoffen ohne Klassierung, mit stationären, bis ausserhalb des Bassins führenden Schaumleitungen auszurüsten.

6.1.2 Bassins

Alle Bassins mit Tanks, für welche stationäre Schaumzuführungen erforderlich sind, müssen mit einer Bassinbeschäumung ausgestattet sein. Für die Beschäumung der Bassins sind stationäre Schaumerzeuger vorzusehen. Diese sind so anzuordnen, dass jedes Teilbassin flächendeckend beschäumt werden kann.

6.1.3 Auffangwannen und Entladestellen

Für Auffangwannen (z. B. Leitungskanäle) und Entladestellen ist eine mobile oder stationäre Beschäumung vorzusehen, sofern entzündbare Flüssigkeiten der Kategorien 1 bis 3 vorhanden sein können. Bei Entladestellen sind stationäre Installationen vorzuziehen.

6.1.4 Sprühflutanlagen für Füllstellen

Füllstellen für entzündbare Flüssigkeiten der Kategorien 1 bis 3 sind mit Sprühflutanlagen auszustatten. Dem Sprühflutwasser ist ein Schaummittel beizumischen. Füllstellen für brennbare Stoffe ohne Klassierung sind mit Sprühflutanlagen auszustatten, wenn sie neben Füllstellen stehen, an denen entzündbare Flüssigkeiten der Kategorien 1 bis 3 umgeschlagen werden.

Es wird empfohlen, die Auslösung sowohl automatisch als auch manuell zu ermöglichen.

6.1.5 Pumpenhäuser

Pumpenhäuser und Umschlagseinrichtungen sind beim Betrieb gefährdet, weil mit zündfähigen Gas-/Luft-Gemischen gerechnet werden muss. Es sind Massnahmen zu treffen und Einrichtungen für die Brandbekämpfung vorzusehen, so dass ein Brand gelöscht, die Ausbreitung des Brandes wirksam verhindert sowie Fluchtwege offen gehalten werden können.

6.2 Bedienung der Löscheinrichtungen

In jeder Anlage müssen die stationären Löscheinrichtungen zu jeder Tages- oder Nachtzeit sofort in Betrieb genommen werden können. Der Standort der Steuerungsinstrumente muss jederzeit

gefahrlos erreicht werden können. Insbesondere darf die unter Umständen wirkende Wärmeeinstrahlung den Zutritt nicht verhindern.

6.3 Leitungsnetz

6.3.1 Rohrleitungen

Rohrleitungen der Löschanlage sind so zu gestalten, dass sie nach Gebrauch einwandfrei durchgespült, leicht entleert und einfach überprüft werden können. Der Möglichkeit von Innenkorrosion ist Rechnung zu tragen.

Es können an geeigneten Stellen des Rohrleitungsnetzes Anschlüsse zum Einspeisen von Schaum oder Schaummittel und Wasser aus mobilen Geräten angebracht werden.

Rohrleitungen stationärer Kühl- und Löscheinrichtungen sind gegen Brandeinwirkung zu schützen und in der Regel ausserhalb der Tankbassins anzuordnen.

6.3.2 Zumischsysteme

Bei stationären Beschäumungsanlagen hat die Beigabe des Schaummittels zum Wasser durch stationäre Zumischung zu erfolgen.

6.3.3 Absperrorgane

Um ihre Bedienung jederzeit zu gewährleisten und um eine Beschädigung auszuschliessen, sind Absperrorgane (Verteilventile, Schieber, etc.) entweder in der Löschzentrale oder im Aussenbereich übersichtlich und geschützt anzubringen.

Es soll stets erkennbar sein, ob die Absperrorgane offen oder geschlossen sind.

6.3.4 Schaumzuführungsrohre für Stehtanks

Die Anzahl stationärer Schaumzuführungsrohre bei Stehtanks errechnet sich nach einer regelmässigen Umfangsteilung, wobei die maximale Distanz zwischen den einzelnen Zuführungsrohren 25 Meter beträgt. Für Tanks mit einem Durchmesser unter 10 Meter genügt ein Zuführungsrohr.

6.4 Schaumerzeugung

Die Anzahl und Leistung der Schaumerzeuger errechnet sich aus der nach der Ziffer 5.2 bestimmten Beschäumungsleistung.

6.4.1 Schaumeinführung für Stehtanks

Die Schaumeintritts- und Leitorgane müssen am Tank so befestigt sein, dass sie bei einer Zerstörung des Behälterdaches nicht beschädigt werden. Ein Eindringen brennbarer Gase bzw. von Lagerflüssigkeit aus dem Tankraum in die Schaumleitungen und damit eventuell über die Luftansaugöffnungen der Schaumerzeuger ins Freie muss durch Sicherheitsarmaturen verhindert werden.

Bei Einführung des Schaumes mittels aufschwimmender Schläuche oder direkt durch das Lagergut («Subsurface Injection») ist auf eine möglichst gleichmässige Verteilung zu achten.

6.4.2 Schaumleitelemente in Stehtanks

Im Tankinnern sind Schaumleitelemente vorzusehen, die ein freies Fallen des Schaumes verhindern.

7. Andere Löschverfahren und -einrichtungen

7.1 Einrichtungen an Schwimmdachtanks

Der Ringraum zwischen Tankmantel und Schwimmdach kann auch mit selbsttätig auslösenden Löscheinrichtungen geschützt werden, sofern diese einer Beschäumung gleichwertig sind.

7.2 Liegende zylindrische Tanks

Die Kühlung von liegenden zylindrischen Tanks erfordert eine Leistung von 50 Liter Wasser pro Stunde und Quadratmeter für die gesamte Mantelfläche. Um dem Aufwärmen durch Unterfeuerung vorzubeugen, sind liegende zylindrische Tanks auch dann zu kühlen, wenn es im Teilbassin, in dem sie stehen, brennt.

Es ist darauf zu achten, dass der Schaumfilm im Schutzbauwerk durch die Kühlung nicht beeinträchtigt wird. Eine Kühlung mittels Schaumeinspeisung hat sich bewährt.

Des Weiteren ist eine Reduktion des Auffangvolumens zu beachten und das Einbringen des Schaums ins Bassin darf durch den liegenden Tank nicht behindert werden.

Liegende zylindrische Tanks sind gegen das Aufschwimmen zu sichern.

7.3 Erdverlegte Tanks

Bei unterirdischer Lagerung sind die Vorgaben gemäss Teil E "Ausrüstungs- und Sicherheitseinrichtungen" einzuhalten. Spezielle Löscheinrichtungen sind an den Lagerbehältern nicht erforderlich.

7.4 Installationen im Schutzbauwerk

Installationen in Schutzbauwerken wie Entwässerungspumpen müssen keinen eigenen Brandschutz aufweisen. Die Anforderungen an das Schutzbauwerk genügen.

Es ist darauf zu achten, dass solche Installationen den Vorschriften des Explosionsschutzes genügen.

7.5 Mobile Geräte

An strategischen Orten sind Handfeuerlöcher oder fahrbare Löscheräte so zu platzieren, dass sie jederzeit einsatzbereit sind. Bei Heissarbeiten sind Löscheräte und, wo nötig, geeignete Gaswarngeräte (bspw. Explosimeter) bereitzustellen. Die notwendigen Sicherheitsvorkehrungen bei Heissarbeiten sind durch den Tanklagerbetreiber in der Arbeitsbewilligung schriftlich festzuhalten.

7.6 Neue Löschverfahren

Neue Löschverfahren können nach erbrachtem und anerkanntem Eignungsnachweis zugelassen werden, sofern sie dieselbe Löschwirkung erreichen wie die vorgeschlagenen Standard-Löschverfahren.

8. Gaspendelungs- und Benzingasrückgewinnungsanlagen

Für die Gaspendelungs- bzw. die Benzingasrückgewinnungsanlage sind die notwendigen Brandschutzmassnahmen zu treffen. Insbesondere sind die einzelnen Objekte gegenseitig mit Detonationssicherungen zu trennen. Durchgänge nach aussen sind mit dauerbrandsicheren Flammensperren zu versehen.

Die Festlegung der erforderlichen Kühl- und Löscheinrichtungen hat in Absprache mit der zuständigen Brandschutzbehörde zu erfolgen.

9. Kontrollen und Wartung der Brandschutzinstallationen

Die Brandschutzinstallationen müssen jederzeit betriebsbereit sein. Sie sind deshalb regelmässig zu kontrollieren und zu warten. Durchgeführte Kontrollen sind zu dokumentieren. Massgebend für die notwendigen Kontrollen und den Umfang der Wartungsarbeiten sind die Angaben der Lieferanten.

Im Folgenden werden wesentliche Kontrollen und Wartungsaufgaben aufgeführt, die unter Umständen von den Empfehlungen der Lieferanten abweichen. In diesen Fällen haben die Angaben der Lieferanten Priorität.

9.1 Tägliche Kontrollen

Die täglichen Kontrollgänge sollen an wichtigen Brandschutzinstallationen (beispielsweise Löschzentrale und Löschposten) vorbeiführen, so dass eine optische Kontrolle erfolgen kann.

9.2 Monatliche Kontrollen und Wartungsarbeiten

9.2.1 Löschwasserpumpen und Notstromaggregate

Löschwasserpumpen sollen monatlich für mindestens 30 Minuten in Betrieb genommen werden. Dies kann einzeln oder in Gruppen erfolgen. Die Testläufe sind entweder im Rundlauf oder mit Last durchzuführen. Damit kann die gemäss LRV maximal zulässige Betriebszeit von 50 Stunden pro Jahr eingehalten werden.

Notstromaggregate sind analog zu den Löschwasserpumpen monatlich in Betrieb zu nehmen.

Bei diesen Testläufen sind insbesondere auch folgende Kontrollen durchzuführen:

- Ölstand der Motoren;
- Stand des Dieselöls im Vorratstank (mind. Vorrat für 2 h Betriebsdauer);
- Zustand der Batterie;
- Kühlwasser;
- Starterheizung, sofern vorhanden.

9.2.2 Kontrollen in der Löschzentrale

Innerhalb der Löschzentrale sind, sofern diese Elemente vorhanden sind, folgende Kontrollen vorzunehmen:

- Zwangsbelüftung des Raumes;
- Absperrorgane innerhalb der Löschzentrale (Stellung AUF / ZU), bis und mit Schaummittel-zumischung;
- Funktionskontrolle des Blindschaltbildes.

9.3 Jährliche Kontrollen und Wartungsarbeiten

9.3.1 Überprüfen der Berieselungen inklusive Düsen

Die Berieselungen an den Tanks sind in der Regel im Frühjahr zu überprüfen. Dazu wird die Berieselungsanlage im Testmodus in Betrieb genommen. Es ist zu prüfen, ob alle Düsen durchgängig sind. Verstopfte Düsen sind zu reinigen und bei Bedarf zu ersetzen.

Sind mehr als 10% der Düsen verstopft, ist der Berieselungstest nach erfolgter Düsenreinigung im Folgemonat zu wiederholen.

Sind auf Grund der lokalen Verhältnisse immer wieder zahlreiche Düsen verstopft, ist das Intervall auf halbjährlich bis quartalsweise zu verkürzen.

9.3.2 Stationäre Löscheinrichtungen

Folgende Wartungs- und Kontrollarbeiten sind jährlich an den stationären Installationen durchzuführen:

- Funktionskontrollen der Brandmelder, der Handtaster sowie der akustischen und optischen Alarmierung (inkl. Alarmübertragung bis Alarmstellen);
- Funktionskontrolle der Armaturen inner- und ausserhalb der Löscheinrichtungen (Gängigkeit der Armaturen);
- Funktionskontrolle der Schaummittelpumpe;
- Füllstand der Tanks mit Schaummittel;
- Gängigkeit der Hydranten;
- Berstscheibe in Schaumtöpfen;
- Bassinbeschäumung sowie Beschäumung der Füllstellen und der Entladestellen (mit Wasser aber ohne Schaum).

9.3.3 Mobiles Löschmaterial

Wasserwerfer, Schlauchmaterial und anderes mobiles Löschmaterial sollen in aller Regel einmal im Jahr überprüft werden.

9.3.4 Weitere Überprüfungen

- Kontrolle der Fluchtwege und Rettungszeichen;
- Kontrolle des Alarmplans (inkl. Telefonnummern);
- Einsatzplan auf Änderungen prüfen;
- Kontrolle der Installationen für die Wasserrückhaltung.

9.4 Weitere Kontrollen und Wartungsarbeiten

9.4.1 Analyse des Schaummittels

Es wird empfohlen, das Schaummittel spätestens nach 5 Jahren einer Laboranalyse gemäss Angaben des Lieferanten zu unterziehen.

Die Folgeanalysen sind nach den Empfehlungen des Labors oder des Lieferanten vorzunehmen, spätestens jedoch nach Ablauf von jeweils 2 Jahren.

9.4.2 Test des gesamten Schaumsystems und der Schaumproduktion

Alle 10 Jahre soll das gesamte Schaumsystem von der Zumischung bis zu den Schaumtöpfen am Tank mit Wasser getestet werden.

Parallel dazu ist die Schaumproduktion gemeinsam mit der Feuerwehr mittels einer praktischen Übung zu testen. Der Schaum kann in eine Auffangwanne oder in ein grosses mobiles Becken eingeleitet werden oder aber in ein leicht zu reinigendes Schutzbauwerk, welches genügend gross ist für die Lagerung des Wasser-/Schaum-Gemisches bis zur Freigabe zur Entsorgung.

Anhang 1: Berechnungsbeispiele

1. Einleitung

In diesem Anhang wird die Anwendung des Teils F der Richtlinien zur Berechnung des Wasser- und Schaummittelbedarfs sowie der Wasserleistung anhand von zwei unterschiedlichen Tankanlagen illustriert.

Tankanlage A

Bei der Tankanlage A gilt es speziell zu erwähnen, dass alle 25 Tanks eine innenliegende Schwimm-Membrane mit Stauring (Schaumbord) haben, die vollflächig und gasdicht auf dem Lagergut aufliegt. Im Weiteren stehen alle Tanks in eigenen Teilbassins.

Tankanlage B

Die Tankanlage B besteht aus 11 Tanks, wobei lediglich einer über eine vollflächige und gasdichte Schwimm-Membrane mit Stauring (Schaumbord) verfügt (Tank 8). In den einzelnen Bassins stehen ein bis vier Tanks. Die Bassins sind nicht in Teilbassins unterteilt.

Wasser- und Schaummittelbedarf

Für die folgenden Einsätze wird Wasser und Schaummittel benötigt:

- Tankbeschäumung [Ziffer 3.1, 5.2, 5.2.1 & 5.2.2, 5.3]
- Bassinbeschäumung [3.1, 5.2, 5.2.3, 5.3]
- Tankkühlung (nur mit Wasser) [3.1, 4.2]
- Feuerwehr [2.2, 3.1]

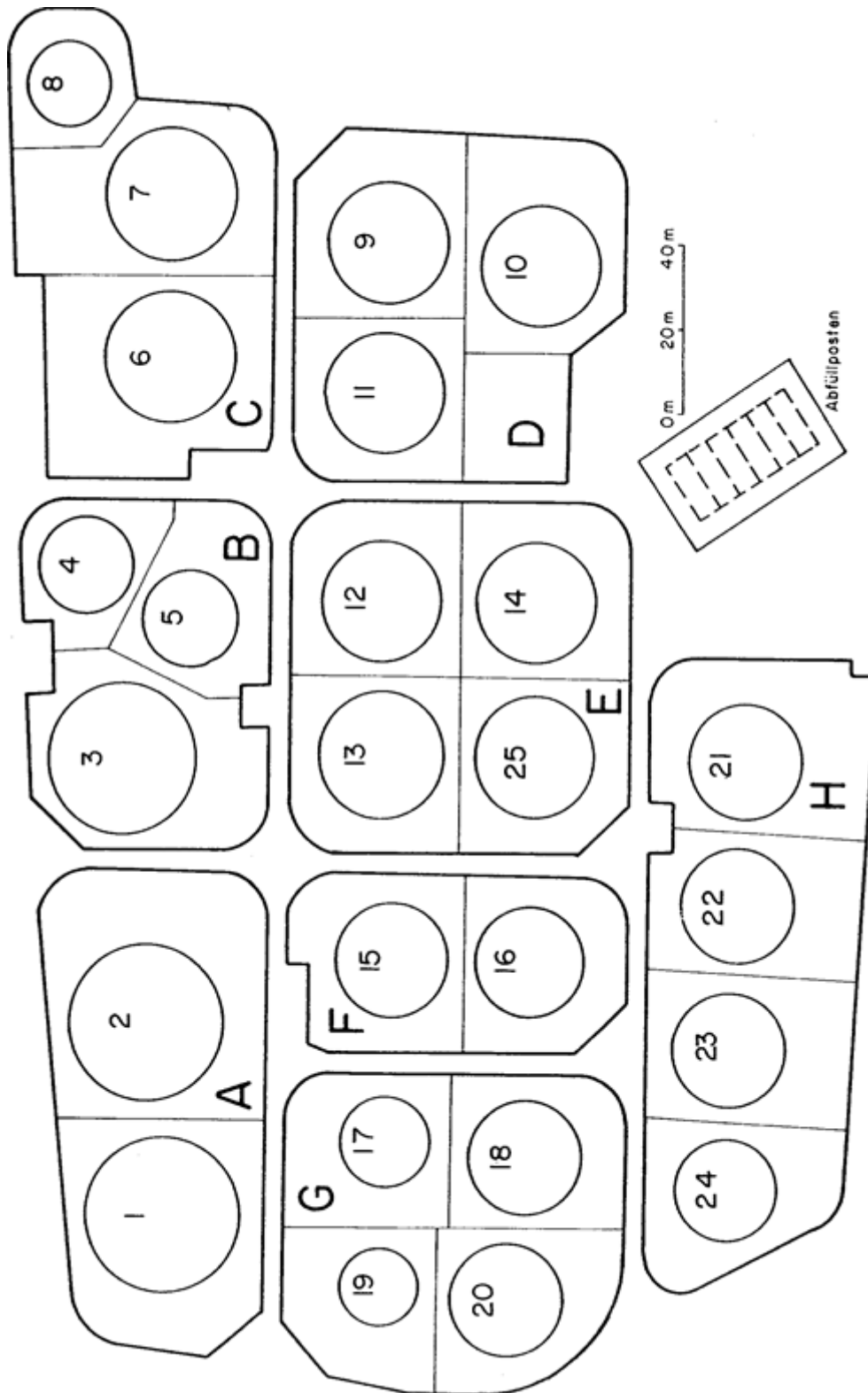
Die Beschäumung von Füll- und Entladestellen sowie von Auffangwannen [5.2.3, 5.2.4, 5.2.5] fällt für die Berechnung nicht in Betracht. Für Ereignisse dieser Art stehen in jedem Falle genügend Wasser und Schaummittel zur Verfügung.

Wasserleistung

Für die Berechnung der Wasserleistung ist der gleichzeitige Einsatz ausschliesslich der folgenden Einrichtungen zu beachten [3.1]:

- Bassinbeschäumung, in Ausnahmen Tankbeschäumung (vgl. Tankanlage B)
- Tankkühlung
- Feuerwehr

2. Berechnungen für Tankanlage A



Figur 1: Situationskizze der Tankanlage A

2.1. Tankbeschäumung

Allgemein

1. Schritt: Für Festdachtanks die Flüssigkeitsoberfläche bestimmen und für Tanks mit innenliegender Schwimm-Membrane (gasdicht, vollflächig und mit einem Stauring versehen) den Umfang sowie den Abstand zwischen Mantel und Schaumbord.
2. Schritt: Für jeden Tank die Beschäumungsleistung pro Minute [5.2.1/5.2.2] bestimmen.
3. Schritt: Für jeden Tank die gesamte Wasserleistung sowie die Wassermenge (Leistung mal Zeit) berechnen. Die Einsatzdauer beträgt 20 Minuten [3.1].

Tankanlage A

Bei der Tankbeschäumung für die Tankanlage A gilt es zu beachten, dass die Tanks 6 bis 8 und 15 bis 20 nicht beschäumt werden müssen, da in den Bassins C, F und G ausschliesslich Stehtanks mit brennbaren Stoffen ohne Klassierung stehen [6.1.1]. In der Tabelle 1 sind diese Tanks entsprechend markiert (*).

Tanknummer	Durchmesser [m]	Umfang [m]	Beschäumungsleistung Schwimm-dach-tanks [l/(min x m ²)]	Abstand Schaumbord [m]	Wasserleistung(**) [l/min]	Wassermenge für 20 Min. [m ³]
1	38	119	6.6	1.2	950	19.0
2	38	119	6.6	1.2	950	19.0
3	36	113	6.6	1.2	900	18.0
4	23	72	6.6	1.2	580	11.5
5	23	72	6.6	1.2	580	11.5
6(*)	32	100				
7(*)	32	100				
8(*)	20	63				
9	30	94	6.6	1.2	750	15.0
10	30	94	6.6	1.2	750	15.0
11	30	94	6.6	1.2	750	15.0
12	30	94	6.6	1.2	750	15.0
13	30	94	6.6	1.2	750	15.0
14	30	94	6.6	1.2	750	15.0
15(*)	27	85				
16(*)	27	85				
17(*)	22	69				
18(*)	28	88				
19(*)	20	63				
20(*)	28	88				
21	28	88	6.6	1.2	700	14.0
22	28	88	6.6	1.2	700	14.0
23	28	88	6.6	1.2	700	14.0
24	25	79	6.6	1.2	630	12.5
25	30	94	6.6	1.2	750	15.0

Tabelle 1: Wasserleistung und Wassermenge für jeden Tank

(*) Tanks mit brennbaren Stoffen ohne Klassierung (Heizöl/Dieselöl)

(**) Die Wasserleistung für die Tankbeschäumung errechnet sich wie folgt:

$$P_{\text{Schwimmdach}} = m \times U \times 6.6 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2)$$

m = Abstand zwischen Mantel und Schaumbord

U = Umfang des Tanks am Mantel

2.2. Bassinbeschäumung

Allgemein

1. Schritt: Für jedes Teilbassin ist die Nettofläche (= Bruttofläche minus Tankflächen) zu bestimmen [5.2.3].
2. Schritt: Für jedes Teilbassin die gesamte Wasserleistung sowie die Wassermenge berechnen (Leistung mal Zeit).

Tankanlage A

In der Tabelle 2 sind die einzelnen Teilbassins mit ihrer Nettofläche aufgelistet. Zudem sind für die Bassinbeschäumungsleistung von 3 Litern pro Minute und Quadratmeter die Wasserleistung pro Minute und die Wassermenge für die ganze Einsatzdauer aufgelistet. Für Bassins, deren Tanks keine Tankbeschäumung brauchen [6.1.1], ist keine Bassinbeschäumung notwendig [6.1.2].

Teilbassin	Nettofläche [m ²]	Beschäumungsleistung [3 l/(min x m ²)]	
		Leistung [l/min]	Wassermenge für 60 Min. [m ³]
1	1'468	4'410	265
2	1'976	5'930	356
3	1'261	3'790	227
4	637	1'920	115
5	913	2'740	165
6	1'858		
7	1'520		
8	563		
9	1'063	3'190	192
10	1'249	3'750	225
11	913	2'740	165
12	969	2'910	175
13	997	3'000	180
14	996	2'990	180
15	1'108		
16	1'067		
17	1'064		
18	921		
19	1'029		
20	984		
21	1'547	4'650	279
22	1'141	3'430	206
23	1'127	3'390	203
24	1'099	3'300	198
25	996	2'990	180

Tabelle 2: Wasserleistung pro Minute und Wassermenge für die gesamte Einsatzdauer für jedes Teilbassin

2.3. Tankkühlung

Allgemein

1. Schritt: Berechnen des Kühlwasserbedarfes für jeden Tank [3.1, 4.2].
2. Schritt: Bestimmen der exponierten Tanks, insbesondere in benachbarten Teilbassins [2.2]. Dabei ist zu beachten, dass ein Brand sich bis an den Rand des Teilbassins ausbreiten kann.
3. Schritt: Berechnen der gesamten Kühlwassermenge aus Schritt 1 und 2 für jeden Tank bzw. jedes Teilbassin.

Tankanlage A

Der Bedarf für einen Tank errechnet sich aus seiner Mantelfläche und einer Leistung von 50 Litern pro Stunde und Quadratmeter. In Tabelle 3 ist für jeden Tank die erforderliche Kühlwassermenge aufgelistet.

Tanknummer	Durchmesser [m]	Tankhöhe [m]	Mantelfläche [m ²]	Kühlwasserleistung [l/min]	Kühlwassermenge für 120 Min. [m ³]
1	38	25.0	2'985	2'490	299
2	38	25.0	2'985	2'490	299
3	36	25.5	2'884	2'410	289
4	23	25.5	1'843	1'540	185
5	23	25.5	1'843	1'540	185
6	32	25.5	2'564	2'140	257
7	32	25.5	2'564	2'140	257
8	20	25.5	1'602	1'340	161
9	30	26.3	2'479	2'070	248
10	30	26.3	2'479	2'070	248
11	30	26.3	2'479	2'070	248
12	30	26.3	2'479	2'070	248
13	30	26.3	2'479	2'070	248
14	30	26.3	2'479	2'070	248
15	27	26.3	2'231	1'860	224
16	27	26.3	2'231	1'860	224
17	22	26.3	1'818	1'520	182
18	28	26.3	2'313	1'930	232
19	20	26.3	1'652	1'380	166
20	28	26.3	2'313	1'930	232
21	28	27.3	2'401	2'010	241
22	28	27.3	2'401	2'010	241
23	28	27.3	2'401	2'010	241
24	25	27.3	2'144	1'790	215
25	30	26.3	2'479	2'070	248

Tabelle 3: Kühlwasserleistung und Kühlwassermenge für jeden Tank

Im nächsten Schritt muss festgelegt werden, welche Tanks bei einem Brand exponiert sind. In der Tabelle 4 sind die exponierten Tanks sowie die zur Kühlung dieser exponierten Tanks erforderlichen Wasserleistungen und Wassermengen aufgelistet. Ob ein Tank als exponiert zu betrachten ist, kann nur aus der Situation (Distanz, gegenseitige Anordnung, etc.) beurteilt werden. Brennt es beispielsweise im Teilbassin von Tank 13, wird Tank 2 auf Grund seiner Distanz nicht gekühlt.

Brennendes Teilbassin (bzw. Tank)	Zu kühlende Tanks	Wasserleistung [l/min]	Wassermenge für 120 Min [m ³]
1	2,17,19	5'380	646
2	1,3,13,15,17	10'340	1'240
3	2,4,5,12,13	9'700	1'163
4	3,5,6	6'080	730
5	3,4,6,11,12,13	12'280	1'473
6	4,5,7,9,11	9'340	1'121
7	6,8,9,11	7'610	913
8	7	2'140	257
9	6,7,10,11	8'410	1'009
10	9,11	4'140	496
11	6,7,9,10,12,14	12'540	1'505
12	3,5,11,13,14,25	12'210	1'465
13	3,5,12,14,15,16,25	13'860	1'663
14	11,12,13,21,25	10'270	1'232
15	2,13,16,17,18,25	11'930	1'431
16	13,15,17,18,22,23,25	13'440	1'613
17	1,2,15,16,18,19,20	13'930	1'671
18	15,16,17,19,20,23,24	12'330	1'479
19	1,17,18,20	7'860	943
20	17,18,19,24	6'610	793
21	14,22,25	6'140	736
22	16,21,23,25	7'930	952
23	16,18,22,24	7'580	909
24	18,20,23	5'860	703
25	12,13,14,15,16,21,22	13'920	1'671

Tabelle 4: Zu kühlende Tanks und die entsprechenden Wasserleistungen und Wassermengen

2.4. Bemessungssituation

Um den Maximalbedarf für die Tankanlage berechnen zu können, ist es notwendig, das Bemessungsszenario mit dem maximalen Bedarf [2.2] zu eruieren.

2.4.1. Wasserleistung und Wasserbedarf

In der Spalte "Total-Leistung" ist pro Tank die Summe aus der Tankkühlung und dem höheren Wert aus Tank- bzw. Bassinbeschäumung aufgeführt.

Brennendes Teilbassin (bzw. Tank)	Tankbeschäumung [Tabelle 1]		Bassinbeschäumung [Tabelle 2]		Tankkühlung exp. Tanks [Tabelle 4]		Total	
	Leistung [l/min]	Menge für 20 Min. [m ³]	Leistung [l/min]	Menge für 60 Min. [m ³]	Leistung [l/min]	Menge für 120 Min. [m ³]	Leistung [m ³ /min]	Menge für 120 Min. [m ³]
1	950	19.0	4'410	265	5'380	646	9.8	930
2	950	19.0	5'930	356	10'340	1'240	16.3	1'620
3	900	18.0	3'790	227	9'700	1'163	13.5	1'410
4	580	11.5	1'920	115	6'080	730	8.0	860
5	580	11.5	2'740	165	12'280	1'473	15.1	1'650
6					9'340	1'121	9.4	1'130
7					7'610	913	7.7	920
8					2'140	257	2.2	260
9	750	15.0	3'190	192	8'410	1'009	11.6	1'220
10	750	15.0	3'750	225	4'140	496	7.9	740
11	750	15.0	2'740	165	12'540	1'505	15.3	1'690
12	750	15.0	2'910	175	12'210	1'465	15.2	1'660
13	750	15.0	3'000	180	13'860	1'663	16.9	1'860
14	750	15.0	2'990	180	10'270	1'232	13.3	1'430
15					11'930	1'431	12.0	1'440
16					13'440	1'613	13.5	1'620
17					13'930	1'671	14.0	1'680
18					12'330	1'479	12.4	1'480
19					7'860	943	7.9	950
20					6'610	793	6.7	800
21	700	14.0	4'650	279	6'140	736	10.8	1'030
22	700	14.0	3'430	206	7'930	952	11.4	1'180
23	700	14.0	3'390	203	7'580	909	11.0	1'130
24	630	12.5	3'300	198	5'860	703	9.2	920
25	750	15.0	2'990	180	13'920	1'671	17.0	1'870

Tabelle 5: Wasserleistung und Wassermenge für die Bemessungssituation

Resultate

Aus der Tabelle 5 lässt sich die jeweilige Bemessungssituation pro Teilbassin (Tank) herauslesen. Die Tabelle 5 zeigt, dass sowohl für die Wasserleistung als auch für die Wassermenge das Teilbassin 25 massgebend ist.

2.4.2. Schaummittelbedarf

Der Schaummittelbedarf ergibt sich aus der Beschäumung von Bassin und Tank innerhalb einer Bemessungssituation. Für die Berechnung wird eine Schaummittelzumischung von 3% angenommen.

Brennendes Teilbassin (bzw. Tank)	Tankbeschäumung Schaummittelmenge für 20 Minuten [l]	Bassinbeschäumung Schaummittelmenge für 60 Minuten [l]	Totale Schaummittelmenge [l]
1	570	7'930	8'500
2	570	10'680	11'250
3	540	6'810	7'350
4	350	3'440	3'790
5	350	4'940	5'290
6			
7			
8			
9	450	5'750	6'200
10	450	6'750	7'200
11	450	4'940	5'390
12	450	5'240	5'690
13	450	5'390	5'840
14	450	5'380	5'830
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21	420	8'360	8'780
22	420	6'170	6'590
23	420	6'090	6'510
24	380	5'940	6'320
25	450	5'380	5'830

Tabelle 6: Schaummittelmengen für die Bemessungssituationen bei einer Zumischung von 3%

Es zeigt sich, dass für die Schaummittelmenge die Bemessungssituation 2 massgebend ist.

2.5. Feuerwehr

Die Aufgabe der Feuerwehr liegt in einer optimalen Steuerung der vorhandenen stationären Löscheinrichtungen. Um bei Bedarf eingreifen zu können, muss für die Feuerwehr eine minimale Wassermenge zur Verfügung gestellt werden. Der Bedarf ist anlagenspezifisch festzulegen, soll aber mindestens 2'500 l/min betragen [2.2]. Für die Tankanlage A ist dies genügend. Dies ergibt somit eine Wassermenge von zusätzlich 300 m³ während 120 Minuten.

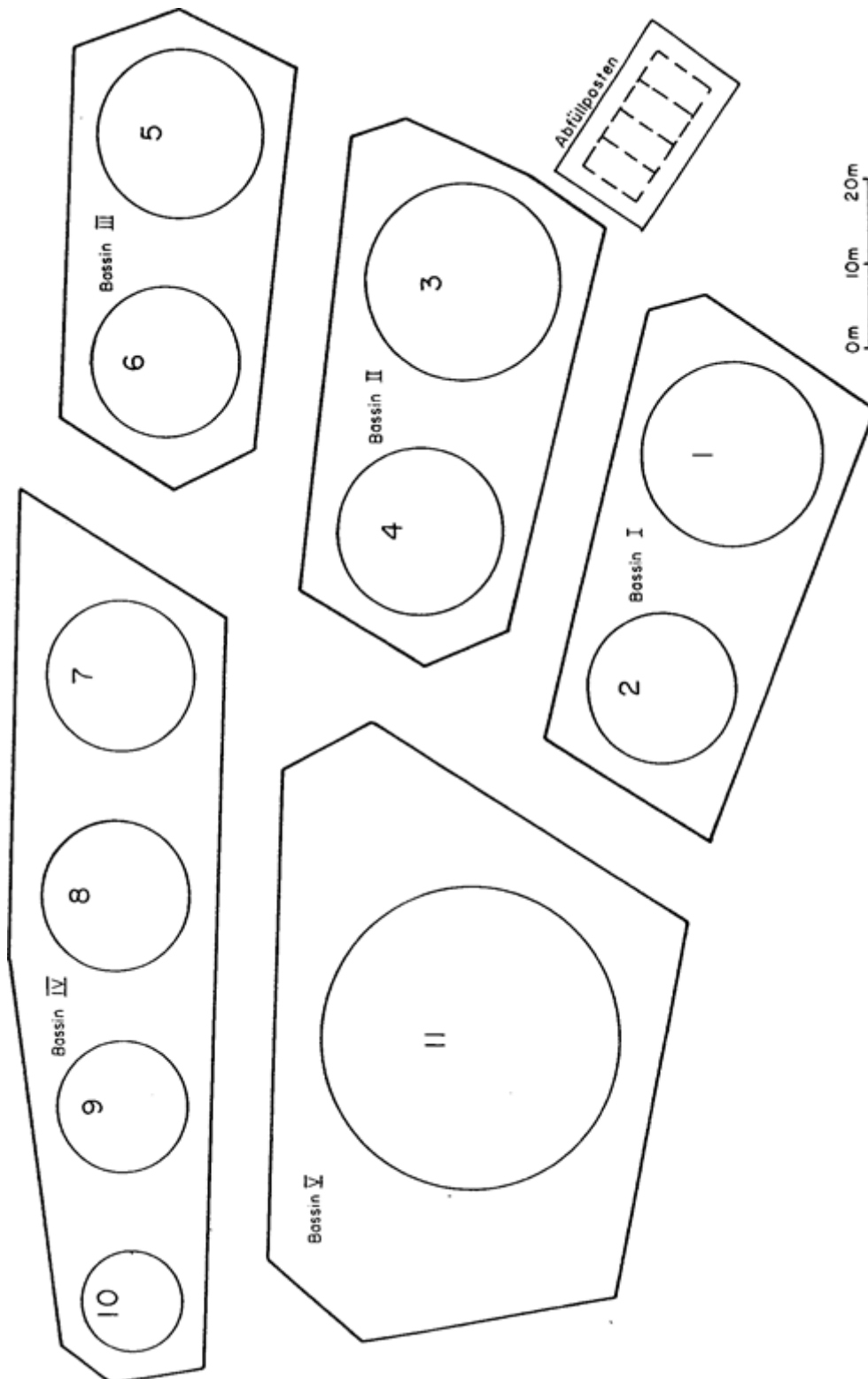
2.6. Zusammenstellung

Nachstehend ist der maximale Bedarf für die Tankanlage A zusammengefasst. Die Zahlen beinhalten den Bedarf der Feuerwehr.

Leistung [m ³ /min] (inkl. 2.5 m ³ /min für Feuerwehr)	Wassermenge [m ³] (inkl. 300 m ³ für Feuerwehr)	Schaummittelmenge [l]
19.5	2'170	11'250

Tabelle 7: Zusammenzug der Resultate der Tabellen 5 und 6 sowie des Feuerwehrbedarfs

3. Berechnungen für Tankanlage B



Figur 2: Situationskizze der Tankanlage B

3.1. Tankbeschäumung

Bei der Tankanlage B gilt es zu beachten, dass nur Tank 8 eine gasdichte und vollflächig auf dem Lagergut aufliegende Schwimm-Membrane mit Stauring hat. In der Tabelle 8 sind die Wasserleistung sowie die Wassermenge für jeden Tank aufgeführt.

Tank-nummer	Durchmesser [m]	Flüssigkeitsoberfläche [m ²]	Umfang [m]	Beschäumungsleistung ^(**) [l/(min x m ²)]	Abstand Schaumbord [m]	Wasserleistung ^(***) [l/min]	Wassermenge für 20 Min. [m ³]
1 ^(*)	20	314					
2 ^(*)	18	254					
3 ^(*)	24	452					
4 ^(*)	20	314					
5 ^(*)	20	314					
6 ^(*)	18	254					
7	18	254		6.6		1'680	34
8	18		57	6.6	1.2	450	9
9	16	201		6.6		1'330	27
10	12	113		6.6		750	15
11	36	1'018		9.8		9'980	200

Tabelle 8: Wasserleistung und Wassermenge für jeden Tank

(*) Tanks mit brennbaren Stoffen ohne Klassierung (Heizöl/Dieselöl)

(**) Die Beschäumungsleistung für Festdachtanks errechnet sich wie folgt:

$$P_{\text{Festdachtank}} = (D - 20m) \times 0.2 \text{ l/(min x m}^3\text{)} + 6.6 \text{ l/(min x m}^2\text{)}, \text{ mindestens } 6.6 \text{ l/(min x m}^2\text{)}$$

D = Durchmesser Tank

(***) Die Wasserleistung für die Tankbeschäumung errechnet sich wie folgt:

$$P_{\text{Festdachtank-Total}} = \text{Flüssigkeitsoberfläche} \times P_{\text{Festdachtank}}$$

$$P_{\text{Schwimmdach}} = m \times U \times 6.6 \text{ l/(min x m}^2\text{)}$$

m = Abstand zwischen Mantel und Schaumbord
U = Umfang des Tanks am Mantel

3.2. Bassinbeschäumung

In der Tabelle 9 sind die einzelnen Bassins mit ihren Nettoflächen aufgelistet. Zudem sind für die Bassinbeschäumungsleistung von 3 Litern pro Minute und Quadratmeter die Wasserleistung pro Minute und die Wassermenge für die ganze Einsatzdauer aufgelistet. Für Bassins, deren Tanks keine Tankbeschäumung brauchen [6.1.1], ist keine Bassinbeschäumung notwendig [6.1.2].

Bassin	Nettofläche [m ²]	Beschäumungsleistung [3 l/(min x m ²)]	
		Leistung [l/min]	Wassermenge für 60 Min. [m ³]
I	912		
II	920		
III	670		
IV	1'370	4'110	247
V	1'673	5'020	302

Tabelle 9: Wasserleistung pro Minute und Wassermenge für die gesamte Einsatzdauer für jedes Bassin

3.3. Tankkühlung

In Tabelle 10 ist für jeden Tank die erforderliche Kühlwassermenge aufgelistet.

Tank-nummer	Durchmesser [m]	Tankhöhe [m]	Mantelfläche [m ²]	Kühlwasserleistung [l/min]	Kühlwassermenge für 120 Min. [m ³]
1	20	20	1'257	1'050	126
2	18	20	1'131	950	114
3	24	20	1'508	1'260	151
4	20	20	1'257	1'050	126
5	20	20	1'257	1'050	126
6	18	20	1'131	950	114
7	18	20	1'131	950	114
8	18	20	1'131	950	114
9	16	20	1'005	840	101
10	12	20	754	630	76
11	36	20	2'262	1'890	227

Tabelle 10: Kühlwasserleistung und Kühlwassermenge für jeden Tank

In der folgenden Tabelle 11 sind für jeden Tank diejenigen Tanks aufgeführt, die bei einem Brand als exponiert zu betrachten sind sowie die entsprechend erforderlichen Wasserleistungen und Wassermengen.

Entsprechend der allgemeinen Anleitung unter 2.3 (Anhang 1) wird angenommen, dass es auch im Bassin des brennenden Tanks brennt und dass die Flammenfront am Bassinrand steht. Tanks, die im brennenden Bassin stehen, sollen nur in Ausnahmesituationen gekühlt werden, um die Ausdehnung der Brandfläche nicht zu begünstigen (vergleiche auch 3.5, Anhang 1).

Brennendes Bassin (bzw. Tank)	Zu kühlende Tanks	Wasserleistung [l/min]	Wassermenge für 120 Min [m ³]
1 (I)	3,4,11	4'190	503
2 (I)	3,4,11	4'190	503
3 (II)	1,2,5,6,7	4'930	591
4 (II)	1,2,5,6,7	4'930	591
5 (III)	3,4,7	3'250	390
6 (III)	3,4,7	3'250	390
7 (IV)	4,6,11	3'880	465
8 (IV)	4,6,11	3'880	465
9 (IV)	4,6,11	3'880	465
10 (IV)	4,6,11	3'880	465
11 (V)	2,4,7,8,9,10	5'350	641

Tabelle 11: Zu kühlende Tanks und die entsprechenden Wasserleistungen und Wassermengen

3.4. Bemessungssituation

Um den Maximalbedarf für die Tankanlage berechnen zu können, werden in der Tabelle 12 die Tabellen 8, 9 und 11 zusammengefasst zu den Bemessungssituationen [2.2].

3.4.1. Wasserleistung und Wasserbedarf

In der Spalte "Total-Leistung" ist pro Tank die Summe aus der Tankkühlung und dem höheren Wert aus Tank- bzw. Bassinbeschäumung aufgeführt.

Brennendes Bassin (bzw. Tank)	Tankbeschäumung [Tabelle 8]		Bassinbeschäumung [Tabelle 9]		Tankkühlung exp. Tanks [Tabelle 11]		Total	
	Leistung [l/min]	Menge für 20 Min. [m ³]	Leistung [l/min]	Menge für 60 Min. [m ³]	Leistung [l/min]	Menge für 120 Min. [m ³]	Leistung [m ³ /min]	Menge für 120 Min. [m ³]
1 (I)					4'190	503	4.2	510
2 (I)					4'190	503	4.2	510
3 (II)					4'930	591	5.0	600
4 (II)					4'930	591	5.0	600
5 (III)					3'250	390	3.3	390
6 (III)					3'250	390	3.3	390
7 (IV)	1'680	34	4'110	247	3'880	465	8.0	750
8 (IV)	450	9	4'110	247	3'880	465	8.0	730
9 (IV)	1'330	27	4'110	247	3'880	465	8.0	740
10 (IV)	750	15	4'110	247	3'880	465	8.0	730
11 (V)	9'980	200	5'020	302	5'350	641	15.4	1'150

Tabelle 12: Wasserleistung und Wassermenge für die Bemessungssituation

Resultate

Aus der Tabelle 12 lässt sich die jeweilige Bemessungssituation pro Tank herauslesen. Die Tabelle 12 zeigt, dass sowohl für die Wasserleistung als auch für die Wassermenge der Tank 11 (Bassin V) massgebend ist. Bei Tank 11 ist zu beachten, dass sich die Total-Leistung aus der Leistung "Tankbeschäumung" und der Leistung "Tankkühlung" zusammensetzt.

3.4.2. Schaummittelbedarf

Der Schaummittelbedarf ergibt sich aus der Beschäumung von Bassin und Tank innerhalb einer Bemessungssituation. Für die Berechnung wird eine Schaummittelzumischung von 3% angenommen.

Tank (Bassin)	Tankbeschäumung Schaummittelmenge für 20 Minuten [l]	Bassinbeschäumung Schaummittelmenge für 60 Minuten [l]	Totale Schaummittelmenge [l]
1 (I)			
2 (I)			
3 (II)			
4 (II)			
5 (III)			
6 (III)			
7 (IV)		1'010	7'400
8 (IV)		270	7'400
9 (IV)		800	7'400
10 (IV)		450	7'400
11 (V)		5'990	9'040
			15'030

Tabelle 13: Schaummittelmengen für die Bemessungssituationen bei einer Zumischung von 3%

Es zeigt sich, dass für die Schaummittelmenge die Bemessungssituation 11 massgebend ist.

3.5. Feuerwehr

In der Tankanlage B gilt es bei der Bestimmung der Leistung für die Feuerwehr zu beachten, dass in den Bassins bis zu vier Tanks stehen. Bei der Berechnung der Kühlwassermenge werden Tanks, die im selben Bassin wie der brennende stehen, nicht berücksichtigt. Die Feuerwehr muss nun aber spezifisch eingreifen können. Dazu braucht sie zusätzliches Wasser. Für die Feuerwehr soll in der Tankanlage B eine Wasserleistung von 5'000 l/min zur Verfügung gestellt werden. Dies ergibt über 120 Minuten eine Wassermenge von 600 m³.

3.6. Zusammenstellung

Nachstehend ist der maximale Bedarf für die Tankanlage B zusammengefasst. Die Zahlen beinhalten den Bedarf der Feuerwehr.

Leistung [m ³ /min] (inkl. 5.0 m ³ /min für Feuerwehr)	Wassermenge [m ³] (inkl. 600 m ³ für Feuerwehr)	Schaummittelmenge [l]
20.4	1'750	15'030

Tabelle 14: Zusammenzug der Resultate der Tabellen 12 und 13 sowie des Feuerwehrbedarfs