

Gruppe Rüstung - VD 95

Grundlagen Wirkungsanalyse

## **Explosionsunglück im Munitionslager Blausee-Mitholz vom 19./20. Dezember 1947**

Auswertung der Schadenwirkungen im Anlagenvorgelände



Copyright © 2000 by GST/AIOS/SUR

<b>Titel</b>	<b>Explosionsunglück im Munitionslager Blausee-Mitholz vom 19./20. Dezember 1947 - Entwurf</b>
<b>Untertitel</b>	Auswertung der Schadenwirkungen im Anlagenvorgelände
<b>Auftraggeber</b>	Gruppe Rüstung - VD 95
<b>Auftragnehmer</b>	Bienz, Kummer & Partner AG
<b>Klassifikation</b>	Weitergabe nur mit Einwilligung der GST/AIOS/SUR
<b>Bericht-Nummer</b>	I 101-65
<b>Autoren</b>	P. Nussbaumer, P. Kummer, A. Bienz
<b>Berichtsdatum</b>	14. Dezember 2000
<b>Anzahl Seiten</b>	45
<b>Art des Berichtes</b>	Interner Bericht
<b>Zusammenfassung</b>	<p>Die im vorliegenden Bericht dokumentierte Auswertung der bei der Explosion der unterirdischen Munitionsanlage Blausee-Mitholz vom 19./20. Dezember 1947 im Vorgelände verzeichneten Verluste und Schäden wurde durch die aktuelle Revision der technischen Anhänge der TLM 75/Teil 2 ausgelöst. Dabei werden die Personen- und Gebäudeschäden sowie die Verteilung des Trümmerwurfes aus den Zugangsstollen ausgewertet und mit den Wirkungsmodellen aus den TLM 75/Teil 2 verglichen. Die Suche nach einschlägigen Daten und Informationen in verschiedenen Ablagen und Archiven hat sich gelohnt, hat die Auswertung doch viele, wenn auch weniger überraschende, so doch interessante Ergebnisse gebracht.</p> <p>Wichtigste Erkenntnis der mit beschränktem, aber adäquatem Aufwand durchgeführten Untersuchung ist, dass risikobasierte Sicherheitsbeurteilungen anhand der heutigen TLM 75/Teil 2 die Gefahren, die von unterirdischen Munitionslagern im Fels ausgehen, grundsätzlich korrekt erfassen. Andererseits zeigte sich, dass gerade die heutigen sehr einfachen Modelle für die Beschreibung der Trümmerausbreitung aus dem Zugangsstollen der Verbesserung bedürfen. Schliesslich wurden auch die Grenzen der Aussagekraft einer Risikoanalyse deutlich, indem mit einer solchen nicht ein bestimmter Unfall genau vorausgesagt oder nachvollzogen werden kann.</p>
<b>Deskriptoren</b>	Explosionsunglück, Felsanlage, Schadenwirkungen, Trümmerwurf, Luftstoss, Gebäudeschäden, Letalitäten, TLM 75/Teil 2
<b>Bemerkungen</b>	<p>Copyright © 2000 by GST/AIOS/SUR</p> <p>Der vorliegende Bericht enthält, im Unterschied zum TM 101-65A, keine Anhänge</p>

~~Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Berichtes darf ohne das schriftliche Einverständnis der GST/AIOS/SUR, 3003 Bern, in jeglicher Form weder vervielfältigt, gespeichert noch weitergegeben werden.~~

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
1.1 Rahmen und Anlass	3
1.2 Verwendete Grundlagen	4
1.3 Zum vorliegenden Bericht	5
1.4 Übersicht über die Anlage und das Explosionsunglück	6
2. Trümmerwurf- und Luftstosszonen	9
2.1 Beobachteter Trümmerwurf	9
2.2 Auswertung der Trümmerdichten anhand von Fotos	11
2.3 Berechnung der Luftstossausbreitung mit EXPLORISK	11
3. Auswertung der Gebäudeschäden	15
3.1 Beobachtete Gebäudeschäden	15
3.2 Nummerierung der Gebäude	15
3.3 Auswertung der Gebäudeschäden	18
4. Auswertung der Personenschäden	25
4.1 Beobachtete Personenschäden	25
4.2 Aussagen zum Ereignisablauf	25
4.3 Auswertung der Personenschäden	27
5. Vergleich der Schadenwirkungen mit den Berechnungsmodellen gemäss TLM 75/Teil 2	30
5.1 Problemstellung	30
5.2 Vergleich der Schadenwirkungen anhand von 4 Berechnungsfällen	31
5.3 Vergleich der beobachteten Opferzahlen mit dem rechnerisch ermittelten Ausmass im Ereignisfall	38
5.4 Schlussfolgerungen des Vergleiches	40
6. Zusammenfassung	42
Referenzen	44

Die folgenden Anhänge sind im vorliegenden Bericht nicht enthalten:

Anhang A: Dokumente zum Trümmerwurf	A-1
Anhang B: Dokumente zu den Gebäudeschäden	B-1
Anhang C: Dokumente zu den Personenschäden und zum Ereignisablauf	C-1
Anhang D: Abschätzung der Luftstoss- und Trümmerwurfzonen gemäss TLM 75/Teil 2 mittels EXPLORISK	D-1
Anhang E: Detaillierte Auswertung der Gebäudeschäden	E-1
Anhang F: Weitere Grundlagen	F-1

# 1. Einleitung

## 1.1 Rahmen und Anlass

Der vorliegende Bericht enthält eine umfassende, auf die Wirkungsanalyse von Explosionen in Felsanlagen ausgerichtete Auswertung der Schäden, welche das Explosionsereignis im Munitionslager "Blausee-Mitholz" (einer Felsanlage) vom 19./20. Dezember 1947 in der Umgebung verursachte.

Grosse Explosionen in Munitionslagern gehören zu den seltenen Ereignissen. Dasjenige von Blausee-Mitholz führte damals den Fachleuten und Verantwortlichen unerwartet, aber mit tragischer Deutlichkeit vor Augen, dass solche Ereignisse nie vollständig ausgeschlossen werden können. Unter dem Eindruck des Geschehens wurde das Unglück in der Folge mit grossem Aufwand und sehr ausführlich untersucht. Dabei wurde ein Schwergewicht auf die Erforschung der Ursachen gelegt. Die verschiedenen Institutionen, die sich mit dem Unglück befassten, dokumentierten aber auch mit teilweise beträchtlichem Aufwand die angerichteten Verluste und Schäden an Leben und Gut. Diese waren katastrophal, befand sich die Unglücksanlage doch sehr nahe beim Dorf Mitholz.

Bereits bei der Erarbeitung der ersten Grundlagen für die Risikoanalyse von Felsanlagen [1] und der früheren Versionen der TLM 75/Teil 2 waren die Schadenwirkungen von Blausee-Mitholz - insbesondere für den Trümmerwurf aus dem Zugangsstollen - verwendet worden, allerdings nur insoweit, als dass nur Information verwendet wurden, wie sie bei der damaligen GRD TUA 6 (heute GR FA 26) verfügbar waren [2]. Zur Zeit werden die technischen Anhänge der TLM 75/Teil 2 [3] revidiert, die mehrheitlich aus den frühen 70er-Jahren stammen. Die Arbeitsgruppe Grundlagen SUME VBS, welche sich langfristig mit den Grundlagen für die risiko-basierte Sicherheitsbeurteilung beim Umgang mit Munition und Explosivstoffen auseinandersetzt und das Korreferat für die TLM-Revision durchführt, sah sich deshalb veranlasst, die Suche nach bisher nicht verwendeten Dokumenten und Schadenbeschreibungen aufzunehmen. Die neuen Informationen und Daten sollten erlauben, die bisherigen Modelle in der aktuellen TLM 75/Teil 2 zu überprüfen und je nach Bedarf im Rahmen der laufenden Revision zu verbessern.

In der Tat wurde man nach akribischer Suche im Bundes- und im kantonalerischen Staats- sowie Zeitungsarchiven fündig. Von den gefundenen Informationen und Dokumenten erwiesen sich insbesondere die Angaben über getötete und verletzte Personen in den Gebäuden von grossem Wert, aber auch die Angaben über die aus einem realen Munitionslager ausgeworfenen Trümmermassen und die zahl-

reichen Fotografien, welche die Schäden, insbesondere an den Gebäuden, bildlich festhalten. Der vorliegende Bericht fasst die erfolgte Auswertung zusammen.

## 1.2 Verwendete Grundlagen

In den folgenden Sammlungen wurde nach einschlägigen Dokumenten recherchiert:

- Bundesarchiv (BK&P)
- Berner Staatsarchiv (SUR)
- Archive diverser Zeitungen (Bund, etc.) (SUR)
- Bibliothek BK&P (BK&P)
- Dokumentation bei der GR (Hsj. Rytz)

Dabei wurden viele vermutete Dokumente (wieder) gefunden. Bekannt war insbesondere, dass die Auswirkungen der Explosion(en) auf Gebäude in Plänen markiert und zum Teil fotografisch festgehalten worden sind, aber ausführlichere Beschriebe dieser Schäden und Fotos fast aller Gebäude wurden erst bei diesen Recherchen gefunden. Dabei kamen auch lange gesuchte Dokumente über den Standort der Opfer und die Art der Verletzungen zutage.

Auszugsweise Kopien der massgeblich für diese umfassende Auswertung verwendeten Dokumente sind in den Anhängen zu finden. Sie werden hier kurz vorgestellt:

### - Trümmerwurf:

Untersuchungsbericht der EMPA No. 57/1  
Auswurfbereiche - Feststellungen bis Anfang Februar 1948  
Beschrieb [4] und Plan 1:5000 [5]

### - Gebäudeschäden:

EMPA No. 57  
Übersicht der Gebäudeschäden - Beschrieb zu Anlage 2 [6]  
Anlage 2 - Zerstörung an Gebäuden 1:2000 [7]

Polizei-Bericht (mit Fotos) [8]

- **Personenschäden:**

Berichte des Untersuchungsrichters

Nr. 1 - Äusserer Hergang und Auswirkungen des Unglücks [9]

Nr. 3 - Die Person des Zeugwartes Karl Kast [10]

Hinzu kommt der Bericht "Zusammenfassende Darstellung der Explosionskatastrophe vom 19./20. Dezember 1947 in der unterirdischen Munitionsanlage Mitholz" [2], in welchem das Explosionsunglück in Mitholz durch die GR zusammenfassend dokumentiert worden ist. Allerdings sind in dem Bericht aus dem Jahre 1969 die Schäden in der Umgebung nur kurz dargestellt und ausgewertet, und erlauben weder ein Studium der Quellen noch eine weiterführende, detaillierte Auswertung.

Erwähnenswert sind ferner die Berichte "Analysis and Documentation of the "Mitholz" Underground Ammunition Storage Accidental Explosion in Switzerland" [11], welcher die Ereignisse und Auswirkungen ebenfalls (sehr kurz) zusammenfasst, und "Explosion Blausee-Mitholz - Beschrieb der Tätigkeiten nach dem Ereignis (Bericht Eichenberger)" [12], welcher mehr über die Schäden im Inneren der Anlage berichtet.

### **1.3 Zum vorliegenden Bericht**

Dieser Bericht schliesst die Auswertung der Schadenwirkungen in der Umgebung ab und enthält sämtliche dazu relevante Informationen. Im Unterkapitel 1.4 werden die Anlage und der Verlauf des Explosionsunglücks kurz beschrieben resp. rekapituliert. Kapitel 2 stellt die beobachteten Trümmerwurfdichten [Stück/m<sup>2</sup>] in den drei Portalbereichen wie auch von zwei kraterähnlichen Bereichen dar und vergleicht sie mit punktuellen Auswertungen anhand von Fotos. Ferner wird die gemäss TLM 75/Teil 2 berechnete Luftstossausbreitung präsentiert. In Kapitel 3 werden auf einer Seite unter anderem pro Gebäude anhand eines detaillierten Fotos und eines Kurzbeschriebes die Schäden festgehalten. Die Personenschäden werden anhand der letalen und der Hospitalisierung bedürftigen Verletzungen im 4. Kapitel dokumentiert. Schliesslich werden im 5. Kapitel die beobachteten Schadenwirkungen mit den Wirkungsmodellen in den TLM 75/Teil 2 verglichen. In den Anhängen finden sich Kopien der wichtigsten Dokumente sowie während der Auswertung erarbeitete Grundlagen (EXPLORISK-Outputs, etc.).



## 1.4 Übersicht über die Anlage und das Explosionsunglück

Während des 2. Weltkrieges wurde in der "Fluh" (einer ca. 100 m hohen Felswand) bei Mitholz im Kandertal (BE) eine Felsanlage für die Lagerung von Munition gebaut. Die sechs Kammern waren je gut 150 m lang, 10 m breit und knapp 7 m hoch und mündeten in einen senkrecht dazu verlaufenden Verladetunnel (Fig. 1). Dieser hatte drei Portale, zwei für die Lastwagen und einen für die Bahn. Die Felsüberdeckung gegen oben betrug zwar rund 100 m, der Kammerabstand hingegen bloss etwa 16 m und die Felsstärke der Fluh entlang dem Verladetunnel auch nur ca. 20 m.

In der Nacht vom 19. zum 20. Dezember 1947 nahm das Explosionsunglück seinen Lauf. Die verschiedenen Quellen [2, 9] ergeben zwar kein ganz einheitliches Bild der Vorkommnisse; klar ist aber, dass es sich nicht um eine einzige Explosion handelte, sondern um eine mehrtägige Abfolge von Explosionen und Bränden. Dabei waren zwei Explosionen zu Beginn derart stark, dass sie von Seismographen im über 100 km entfernten Zürich registriert wurden. Schon bei der ersten, schwächeren dieser beiden Grossexplosionen (ca. 23.30) wurden Häuser hauptsächlich durch den Trümmerwurf und den Luftstoss zerstört oder beschädigt. Kurz nach Mitternacht brachte die stärkere dieser beiden Grossexplosionen sogar grosse Teile der "Fluh" zum Einsturz. Inzwischen war jedoch ein grosser Teil der Bewohner von Mitholz geflüchtet. Der Ereignisablauf wird im Unterkapitel 4.2 im Detail beschrieben.

Die entstandenen Schäden können kurz wie folgt zusammengefasst werden:

Unter den ca. 227 Einwohnern von Mitholz waren

- **9 Todesopfer** (davon 8 in Gebäuden und 1 im Freien),
- **7 Mittel- bis Schwerverletzte** (davon 5 in Gebäuden und 2 im Freien) und
- **24 Leichtverletzte**

zu beklagen. Viele Einwohner sind nach der ersten grossen Explosion geflüchtet.

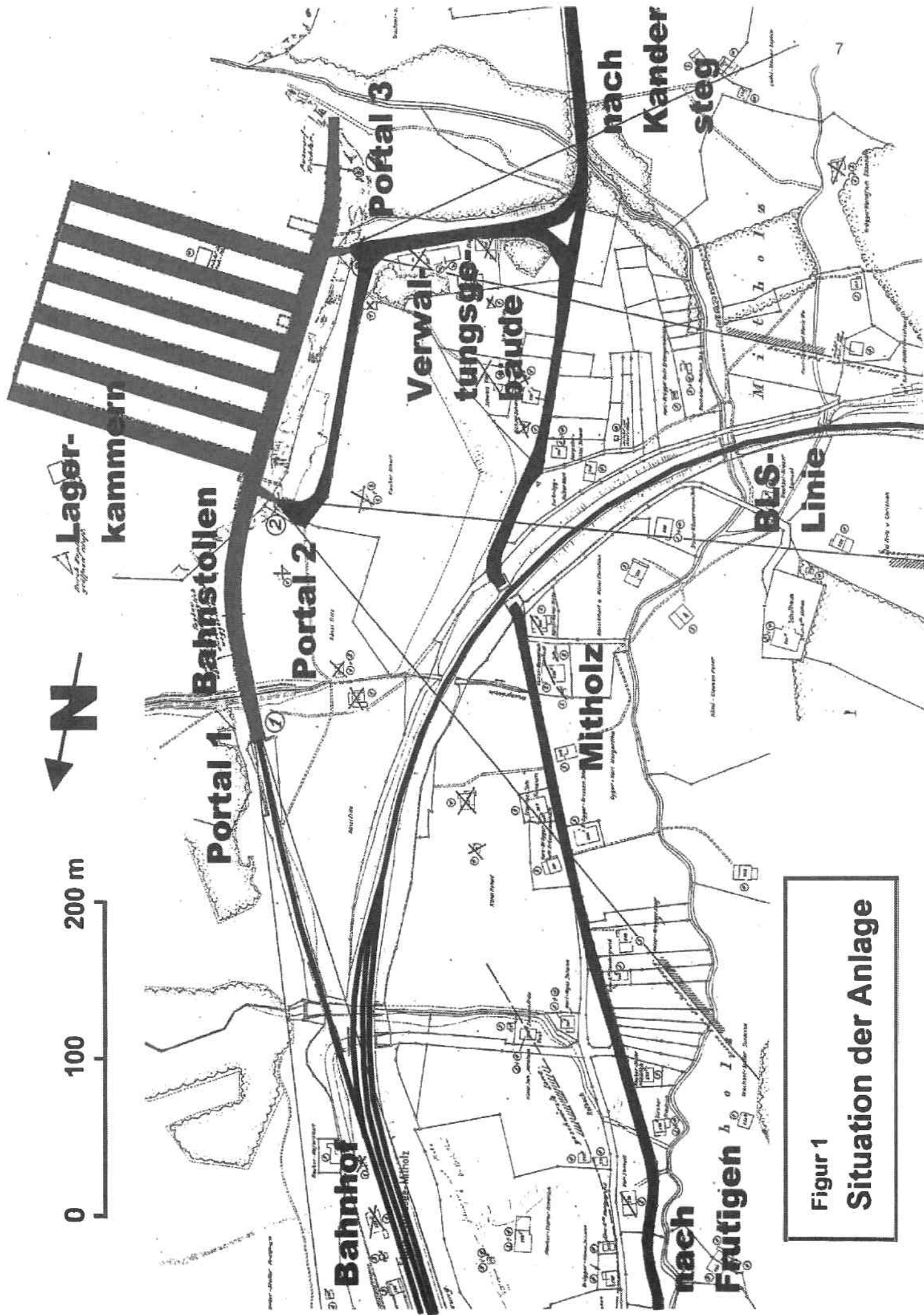
Ferner wurden

- **39 Gebäude total zerstört** (davon 4 durch Brand),
- **66 Gebäude schwer beschädigt** und
- **etwa 200 Personen obdachlos.**

Von den gelagerten 7000 Bruttotonnen Munition sind grob geschätzt knapp

- **3000 Bruttotonnen detoniert, deflagriert oder abgebrannt** und
- **400 Bruttotonnen in das Vorgelände geschleudert worden.** (Rest verschüttet)





Figur 1  
Situation der Anlage

Die Schäden sind hauptsächlich durch

- **Stollentrümmerwurf** und
- **Luftstoss**

entstanden. Kratertrümmerwurf spielte zusammen mit dem Einsturz der "Fluh" nur eine untergeordnete Rolle.

## 2. Trümmerwurf- und Luftstosszonen

### 2.1 Beobachteter Trümmerwurf

Als massgebende Grundlagen für die Ausmasse und Trümmerdichte der Trümmerwurfzonen wurden die folgenden zwei Dokumente (Kopien im Anhang A) verwendet:

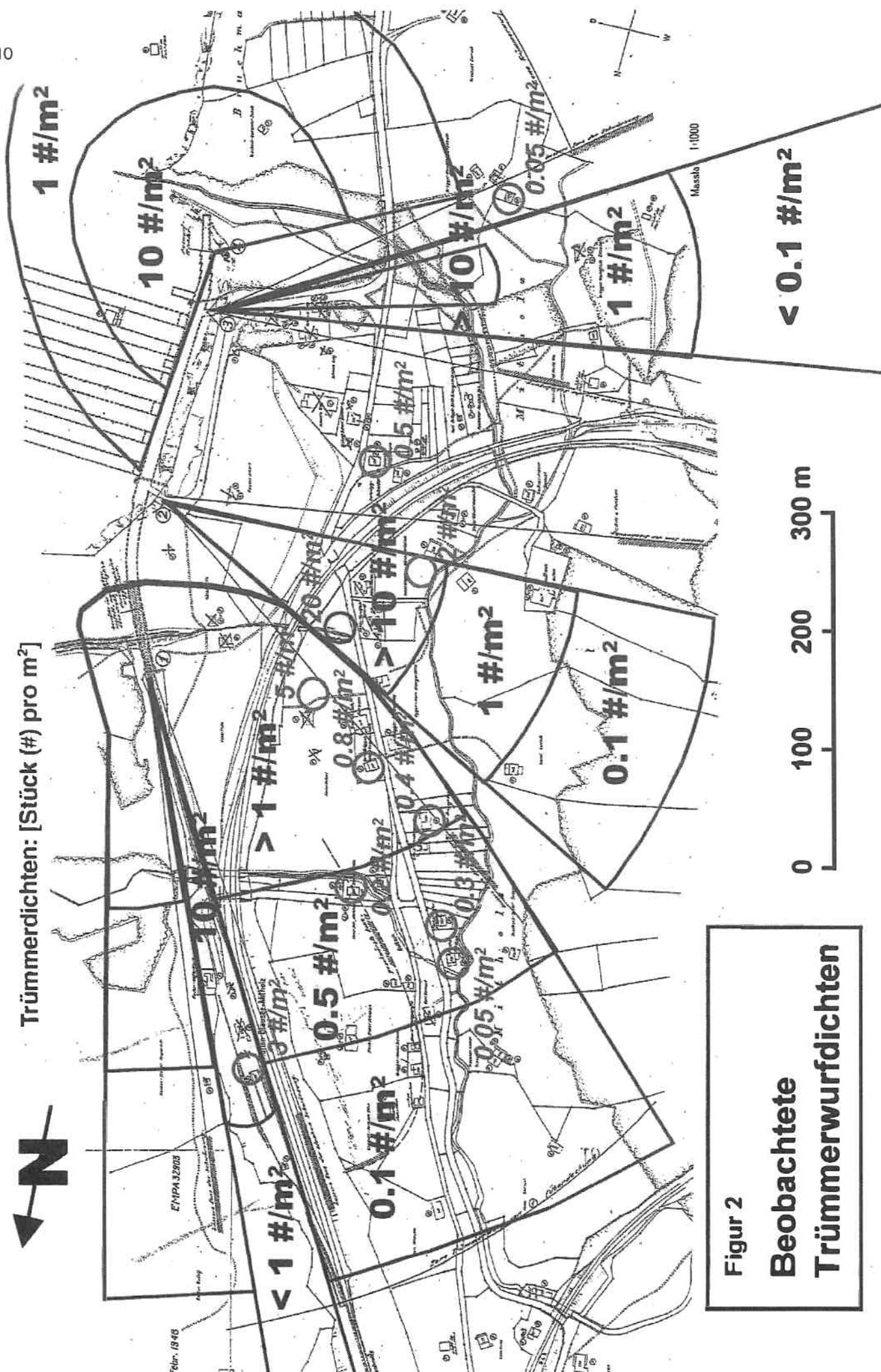
- Untersuchungsbericht der EMPA No. 57/1  
Auswurfbereiche - Feststellungen bis Anfang Februar 1948  
Beschrieb [4] und  
Plan 1:5000 [5]

Im Plan werden neben den Trümmerdichten, welche durch verschiedene Farben dargestellt sind, auch die Lage der Einzeltrümmer mit den weitesten Wurfdistanzen festgehalten. Im Beschrieb werden den verschiedenen Farben qualitative und quantitative Trümmerdichten zugeordnet.

In Figur 2 ist die Synthese dieser beiden Dokumente zu sehen (auf die Trümmerdichten in den blauen Kreisen wird in Abschnitt 2.2 eingegangen). Die angegebenen Trümmerdichten [Stück (#) pro m<sup>2</sup>] in den roten Zonen sind Schätzungen von BK&P, da der grössere Teil der Angaben der Trümmerdichten im Beschrieb der Auswurfbereiche [4] nur qualitativ vorlag. Der überwiegende Teil der Trümmer in den Bereichen mit hohen Trümmerdichten rührt von der ausgeworfenen Munition her, die restlichen Anteile setzen sich aus Gesteins-/Gebäude- und Holztrümmern zusammen.

Primär kann zwischen den fächerförmigen Trümmerwurfzonen aus den Portalen und den mehr oder weniger unförmigen Trümmerwurfzonen aus den kraterähnlichen Bereichen unterschieden werden. Der Trümmerwurf aus dem Portal 1 bestrich einen schmalen, aber längeren Fächer als derjenige aus den Portalen 2 und 3, weil zumindest am Anfang der Ereignisse (1. Grossexplosion) der eigentliche Zugangstollen (Bahnstollen) noch vorhanden war, welcher den Trümmerstrahl bündeln konnte. Auch die Zonen bei den anderen beiden Portalen sind verhältnismässig schmal, da diese zwar kurze Stollen, aber auch kleine Stollenquerschnitte aufwiesen.

Zu einem späteren Zeitpunkt im Ereignisablauf brach dann der vordere, im Tagbau erstellte Bereich des Bahnstollens auf, was zu dem nach NW gerichteten, bogenförmigen Trümmerwurf vergleichsweise geringer Dichte führte (gegen O ist die



Trümmerwurfzone durch den Hang begrenzt). Die Zonen ganz im S der Anlage stammen ebenfalls von kraterähnlichem Trümmerwurf aus einer mehr oder weniger vertikalen Kluft, welche sich während der Ereignisse öffnete.

In diesem Zusammenhang kann auch erwähnt werden, dass der Bereich unmittelbar W der Anlage bis in die Nähe der Strasse durch die sekundäre Wirkung der eingestürzten Fluh bedeckt war. Ein eigentlicher Kratertrümmerwurf in diese Richtung fand jedoch nicht statt.

## **2.2 Auswertung der Trümmerdichten anhand von Fotos**

Schon bevor die Unterlagen mit den Trümmerwurfzonen (vgl. 2.1) in den Archiven gefunden wurden, war versucht worden, Trümmerdichten durch die Auswertung von Fotos abzuschätzen. Durch das Auszählen von Ein- und Durchschlägen in Dächern resp. von am Boden liegenden Trümmern und deren Bezug auf eine Referenzfläche waren die an den in Figur 2 blau eingekreisten Orten aufgeführten Trümmerdichten bestimmt worden.

In erster Näherung stimmen diese punktuellen Trümmerdichten gut mit denjenigen der im Anhang A dokumentierten Zonen überein (ein gewisser Unterschied muss dabei infolge der unpräzisen Grundlagen in Kauf genommen werden). Tendenziell zeigt sich, dass die Trümmerdichten seitlich der verlängerten Stollenachsen relativ rasch abnehmen.

## **2.3 Berechnung der Luftstossausbreitung mit EXPLORISK**

Anders als der Trümmerwurf hinterlässt der Luftstoss nach einer Explosion keine einfach auszuwertenden direkten Spuren. Damit die Schäden an den Gebäuden aber möglichst detailliert ausgewertet werden können, müssen sowohl der Luftstoss wie auch die Trümmerdichte bekannt sein. Zu diesem Zweck wurde die Luftstossausbreitung mit dem auf den Modellen der TLM 75/Teil 2 basierenden Computerprogramm EXPLORISK berechnet. Alle Unterlagen und Resultate sind im Anhang D aufgeführt.

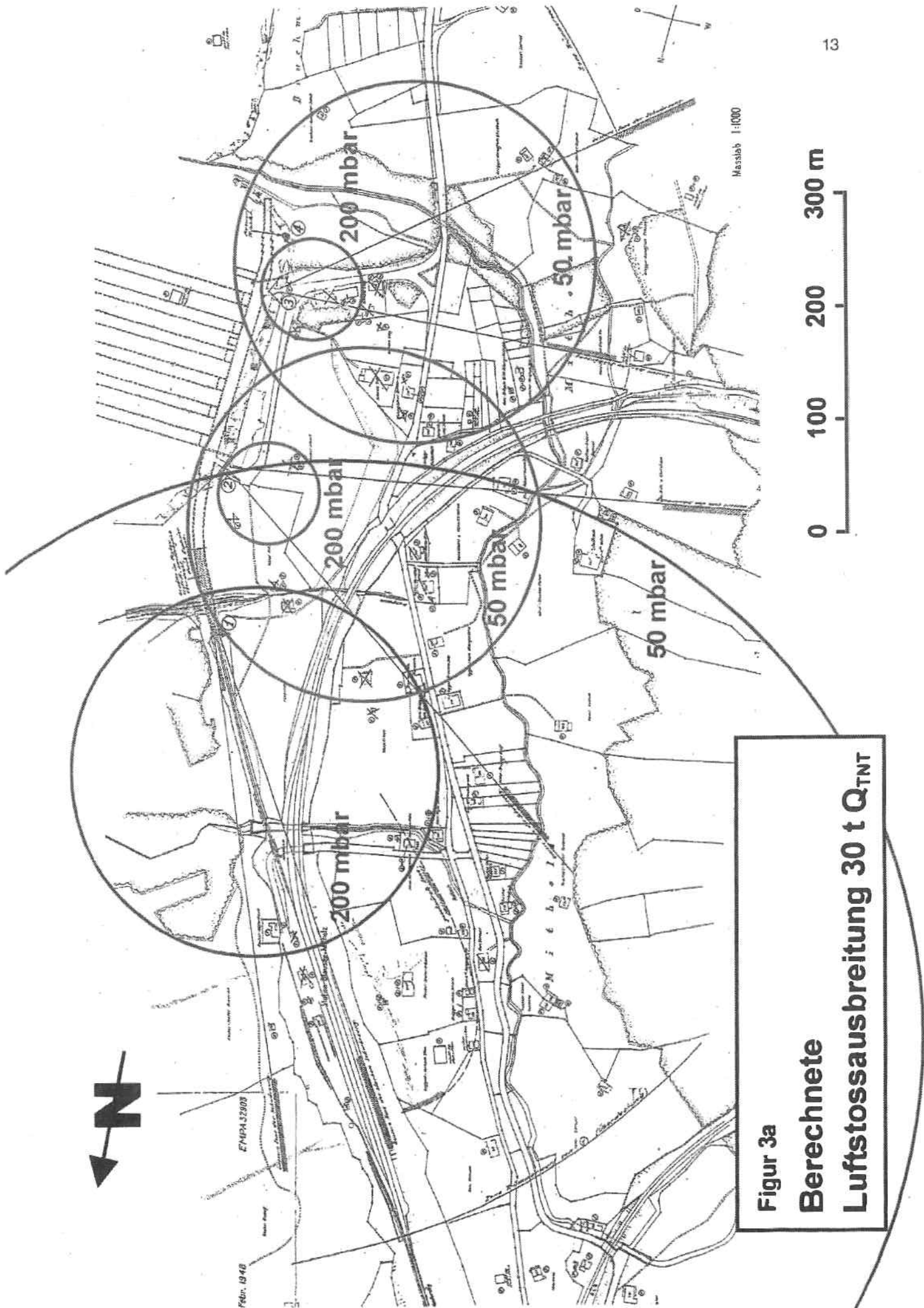
Um den Aufwand für die komplizierte Berechnung des Luftstosses in Stollensystemen mit vielen Elementen und Portalen in Grenzen zu halten, wurde die kompli-

zierte Geometrie der Anlage auf die relevanten Elemente reduziert. Ferner wurde auf die Eingabe der Objekte in der Umgebung verzichtet.

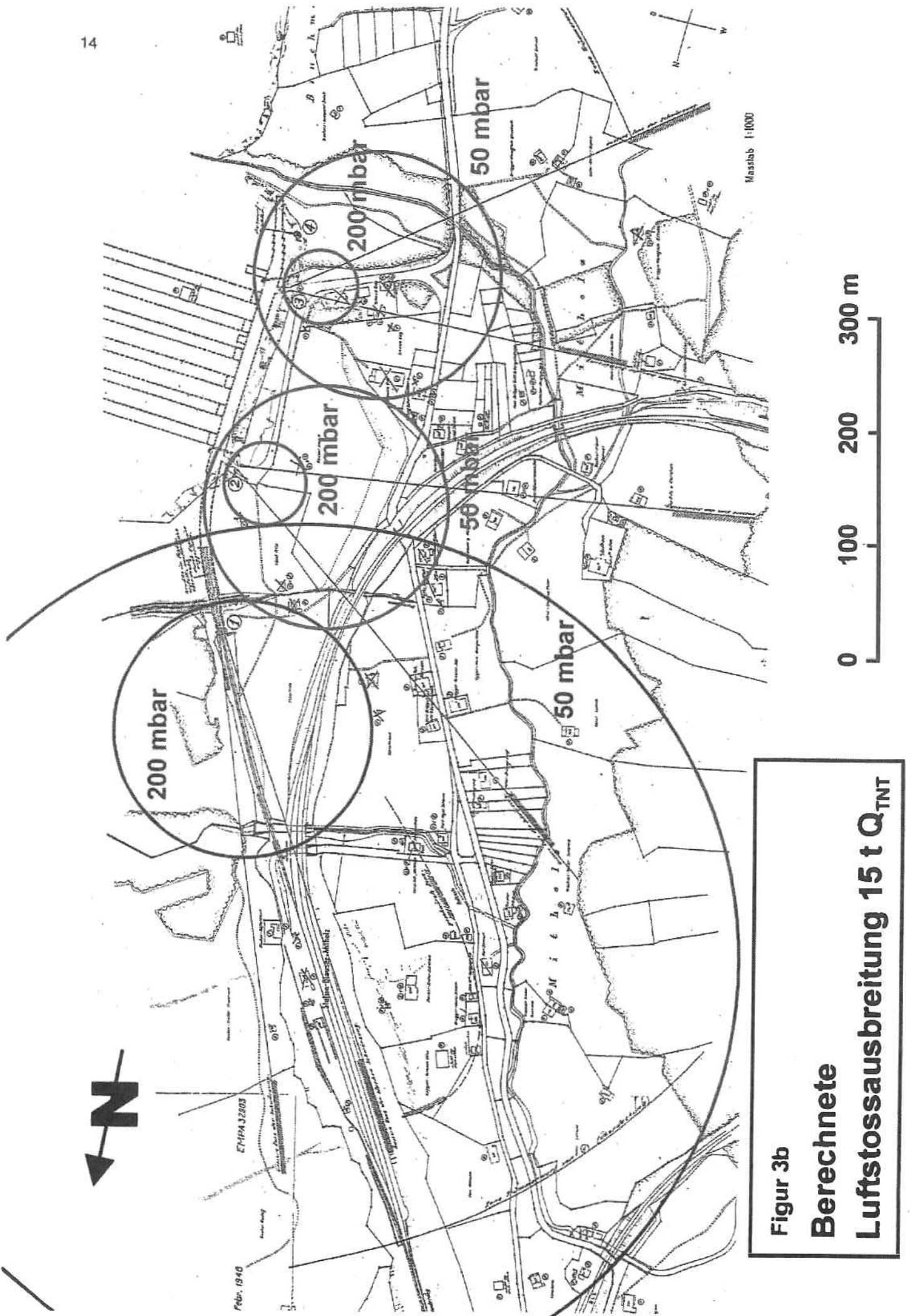
Die Explosivstoffmenge der beiden Grossexplosionen ist nur näherungsweise bekannt (aus den seismografischen Aufzeichnungen). So wurde für die EXPLORISK-Berechnung die kleinere der Grossexplosionen mit 15 t und die grössere mit 30 t  $Q_{\text{TNT}}$  modelliert. Ferner wurde die Ladung in der Mitte der Anlage plazierte, obwohl der Ausgangspunkt der Ereignisse in einer der nördlichen Kammern vermutet wird. Allerdings hat die Platzierung der Ladung keinen massgebenden Einfluss auf den Luftstoss.

Die Figuren 3a und 3b stellen die berechneten Luftstosszonen für 30 t resp. 15 t  $Q_{\text{TNT}}$  in Form der 50-mbar- und 200-mbar-Isobaren dar. Ein Luftstoss von 50 mbar (5 kPa) führt zu leichten Gebäudeschäden wie dem Bruch von Fensterscheiben und dem Abdecken von Dachziegeln. Bei 200 mbar hingegen ist bereits mit starken Schäden, z. B. dem Einsturz von nichttragenden Holz- und Mauerwerkswänden, zu rechnen.









### 3. Auswertung der Gebäudeschäden

#### 3.1 Beobachtete Gebäudeschäden

Als massgebende Grundlagen für die Gebäudeschäden sind die folgenden drei Dokumente verwendet worden (Kopien im Anhang B):

- EMPA No. 57  
Übersicht der Gebäudeschäden - Beschrieb zu Anlage 2 [6]  
Anlage 2 - Zerstörung an Gebäuden 1:2000 [7]
- "Polizei-Bericht" mit Fotos [8]

Im Plan [7] wird jedem Gebäude ein Wert einer 5-stufigen Schadenskala zugeordnet. Im Beschrieb [6] dazu wird der Schaden an jedem Gebäude in Worten dargestellt. Als Ergänzung dient der Polizei-Bericht [8], in welchem detaillierte Fotos vieler dieser Gebäude zu finden sind.

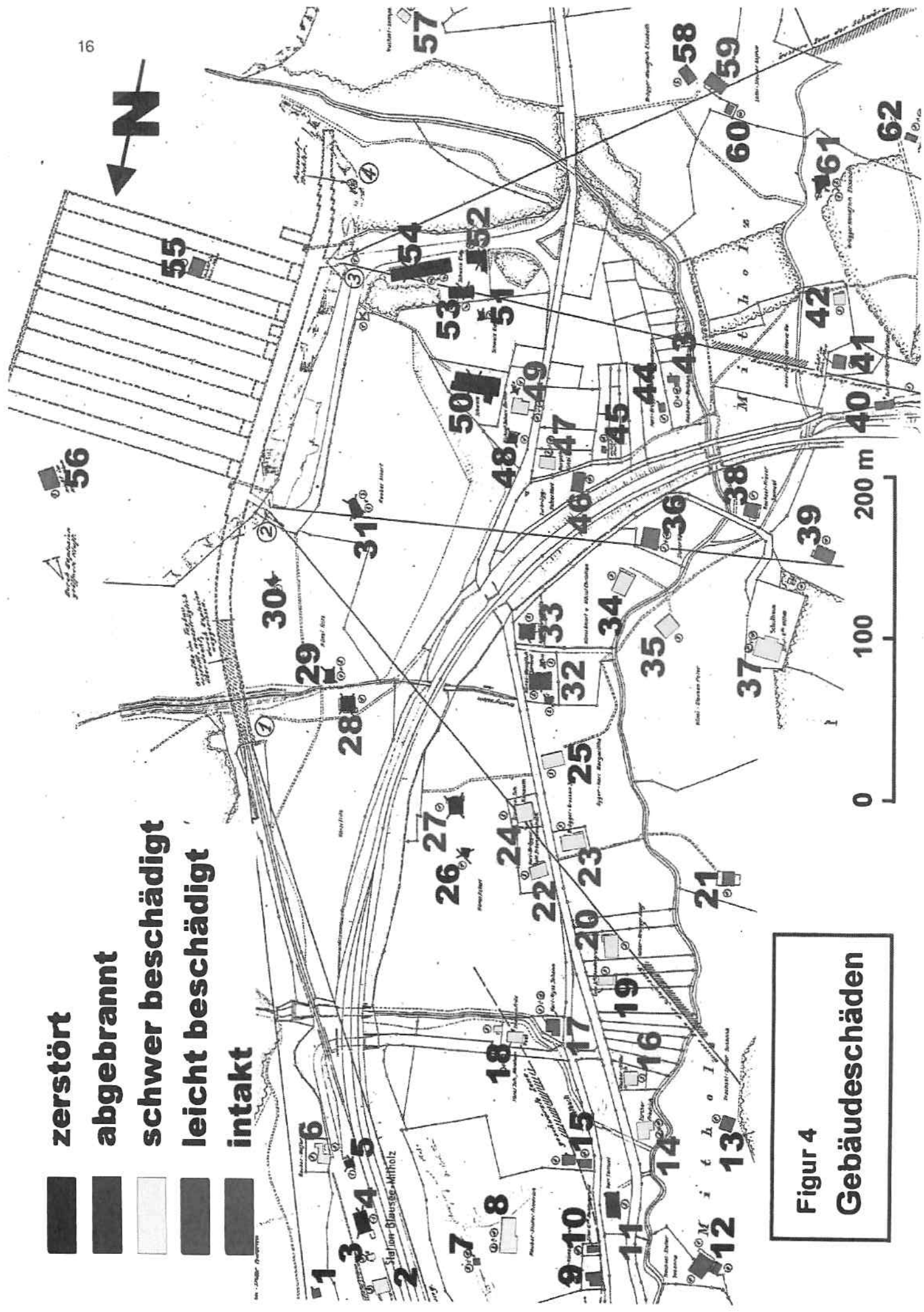
In Figur 4 sind die Werte dieser Schadenskala (vgl. Anlage 2 im Anhang B) farbig dargestellt, um den Überblick zu erleichtern (auf die Nummerierung wird im Abschnitt 3.2 eingegangen). Wie erwartet ist ersichtlich, dass die schwereren Schäden vergleichsweise näher bei der Anlage und in der verlängerten Stollenachse liegen.

#### 3.2 Nummerierung der Gebäude

Bei der Auswertung der Gebäudeschäden zeigte sich, dass eine eindeutige Nummerierung der Gebäude unerlässlich ist. Als Grundlage dafür taugten aber weder die auf den Plänen noch die im Polizei-Bericht verwendeten Nummern, weil sie entweder unlesbar klein sind oder nicht alle Gebäude umfassen. Darum mussten die in diesem Rahmen interessierenden Gebäude neu nummeriert werden.

In der Tabelle 5 werden die neue Nummer, der Name des Eigentümers, die Nummer aus Anlage 2 und die Nummer aus dem Polizei-Bericht für alle Gebäude pro Zeile aufgelistet. Die grau hinterlegten, und in Figur 4 rot nummerierten Gebäude sind einer detaillierten Auswertung unterzogen worden (vgl. Abschnitt 3.3 und Anhang E).

- zerstört
- abgebrannt
- schwer beschädigt
- leicht beschädigt
- intakt



Figur 4  
Gebäudeschäden

Nr.	Name Eigentümer/Bewohner	Ass. Nr.	Pollzel-Nr.
1	-	234 H	-
2	Station Blausee-Mitholz	234 F	-
3	"	234 E	-
4	" / TP	234 D	1
5	"	234 G	-
6	Rauber-Wafler Albert	-	-
7	-	233 B	-
8	Rauber-Stoller Friedrich	233 C	-
9	Brügger-Künzi Johann	233	-
10	Einw.-Gde. Kandergrund	233 A	-
11	Hari Samuel	235	11
12	Trachsel-Stoller Susanna	236/237	-
13	"	236 B	-
14	Zürcher Friedrich	235 B	-
15	-	239 A	-
16	Rauber-Stoller Friedrich	235 C	-
17	Hari-Wyss Johann	241 A	35
18	Post / Zwahlen Fritz	239 B	32
19	Einw.-Gde. Kandergrund	240 B	-
20	Holzer-Brügger Adolf	240	-
21	Künzi Gottlieb	242	-
22	Hari-Brügger Gottl. Erbgemeinschaft	241	34
23	Brügger-Grossen Ida / Wirtschaft	240 A	30
24	Konsum / TJ	243	31
25	Gyger-Hari Margaritha	244	29
26	Künzi Robert	241 B	33
27	"	245	33
28	Künzi Fritz	247	-
29	"	249 A	-
30	"	-	-
31	Rauber Albert	249	-
32	KS	244 A	9
33	KF	244 B	9
34	Künzi Albert u. Christian	259	36
35	Künzi-Glausen Peter	251	37
36	Stoller-Häusermann Joh.	258	-
37	Schulhaus Mitholz (Lehrer Marti)	251 A	25

Tabelle 5a: Nummerierung der Gebäude (Fortsetzung folgt)  
(grau hinterlegte Gebäude wurden detailliert ausgewertet)



Nr.	Name Eigentümer/Bewohner	Ass. Nr.	Polizei-Nr.
38	Trachsel-Krazer Samuel	252 B	-
39	Künzi Fritz u. Christian	252	-
40	Fuhrer-Müller Christian	253 A	23
41	-	-	-
42	Hari-Trachsel Marie Ww.	253	24
43	Racheter-Reichen Jak.	258 C	7
44	Hari-Brügger Gottl. Erbgemeinschaft	258 H	-
45	-	-	-
46	Zurbrügg-Holzer Karl	258 A	28
47	Gempeler-Künzi Johann	258 B	18
48	Bichsel-Schori Bertha	258	-
49	*	258 E	17
50	Schweiz. Eidg.	-	-
51	*	-	-
52	* / KK	258 J	-
53	*	258 M	-
54	*	258 K	-
55	-	-	-
56	-	-	-
57	Trachsel-Gempeler Jakob	259 A	-
58	Brügger-Wandfluh Elisabeth	255 C	-
59	Lüthi Steiner Sophie	256	8
60	*	255 A	8
61	Brügger-Wandfluh Elisabeth	254	10
62	-	-	-

Tabelle 5b: Nummerierung der Gebäude (Schluss)  
(grau hinterlegte Gebäude wurden detailliert ausgewertet)

### 3.3 Auswertung der Gebäudeschäden

Insgesamt sind 23 der 62 nummerierten Gebäude einer detaillierten Auswertung unterzogen worden. Das Hauptkriterium dafür war, ob ein detailliertes Foto davon existiert (aus dem Polizei-Bericht), so dass die beschriebenen Schäden mit einem Bild in Relation gebracht werden können.

Auf den folgenden Seiten sind diejenigen vier Gebäude ausgewertet, in welchen Todesopfer und schwerwiegendere Verletzungen zu beklagen waren. Für die restlichen 19 Gebäude wird auf den Anhang E verwiesen.

Folgende Informationen wurden bei der detaillierten Auswertung gesammelt:

Zuerst wird die Nummer des Gebäudes, die Richtung aus welcher die Foto aufgenommen wurde, das nächstgelegene Portal und die Distanz davon angegeben, der Gebäudetyp, welcher einen Hinweis auf die Funktion des Gebäudes gibt, und die Baumaterialien.

Der Schadengrad wurde anhand einer neuen Schadenskala bestimmt, welche in einem im Rahmen der Revision der technischen Anhänge der TLM 75/Teil 2 in Arbeit befindlichen Bericht vorgestellt werden wird. Die sechs Schadensgrade werden darin erstmals klar definiert (Schäden bei einzelnen Gebäudestrukturelementen), und zwar aus der Sicht des Risikoanalytikers im Hinblick auf die zu erwartenden Letalitäten (zusammenfassende Tabelle untenstehend). Ein Vergleich dieser Bewertung mit derjenigen aus Anlage 2 (Plan) [7] im Anhang B (vgl. 3.1) zeigt keine relevanten Unterschiede. Der Beschrieb der Schäden wurde aus dem Beschrieb zur Anlage 2 [6] übernommen.

Definition der Schadensgrade: (Provisorisch)

Schadengrad	Kurzbeschrieb	Letalität [%]
0	keine Schäden	0
I	marginale Schäden	< 0.1
II	geringe Schäden	> 1
III	grosse Schäden	10
IV	Gebäude abbruchreif	< 50
V	Gebäude zerstört	90

**Wichtig:**

Bei einer späteren Auswertung der Gebäudeschäden muss beachtet werden, dass die Summe mehrerer Explosionen zum Schaden auf dem Foto geführt haben.

Die Anzahl der Bewohner sowie deren Verletzungsgrad werden als nächstes aufgezählt (nur sofern bekannt), gefolgt von der Trümmerdichte (Synthese aus dokumentierten Werten und eigenen Abschätzungen) und dem berechneten Luftdruck (kleinerer Wert für 15 t, grösserer Wert für 30 t  $Q_{TNT}$ ). Zuletzt wird angegeben, ob es zu einem Brand gekommen ist, welche Explosionswirkung die wahrscheinliche Ur-

sache für die Verletzungen/Gebäudeschäden gewesen ist und allfällige relevante Bemerkungen gemacht.





Nummer / Fotorichtung:	4	S
Portal / Distanz:	1	310 m
Gebäudetyp /-material:	Station	Mauerwerk, Holz
Schadengrad / Beschrieb:	V - zerstört	Bis auf Mauerreste weggefeht
Bewohner / Letalität:	3	2 tödliche, 1 mittlere Verletzung(en)
Trümmerdichte / Luftstoss:	10 #/m <sup>2</sup>	100-200 mbar
Brand / Hauptwirkung:	Nein	Verletzungen durch Gebäudetrümmen
Bemerkung:	-	



Nummer / Fotorichtung:	32	NW
Portal / Distanz:	2	200 m
Gebäudetyp /-material:	Wohnhaus	Mauerwerk, Holz
Schadengrad / Beschrieb:	(V)-zerstört	Abgebrannt
Bewohner / Letalität:	6	4 tödliche, 1 mittlere Verletzung(en)
Trümmerdichte / Luftstoss:	> 10 #/m <sup>2</sup>	50-100 mbar
Brand / Hauptwirkung:	Ja	Infolge Brand unklar
Bemerkung:	Hinter Bahndamm; Kleinkind ev. unverletzt gerettet	



Nummer / Fotorichtung:	33	S
Portal / Distanz:	2	180 m
Gebäudetyp /-material:	Wohnhaus	Mauerwerk, Holz
Schadengrad / Beschrieb:	(IV)-abbru.	Abgebrannt
Bewohner / Letalität:	3	1 leichte, 2 mittlere Verletzung(en)
Trümmerdichte / Luftstoss:	> 10 #/m <sup>2</sup>	50-100 mbar
Brand / Hauptwirkung:	Ja	Verletzungen infolge Gebäudetrümmer
Bemerkung:	Hinter Bahndamm	



Nummer / Fotorichtung:	52	S
Portal / Distanz:	3	85 m
Gebäudetyp /-material:	Verwaltung	Mauerwerk, Holz
Schadengrad / Beschrieb:	V - zerstört	Durch Trümmerstrahl und Luftstoss vollständig weggerissen, Brandspuren
Bewohner / Letalität:	2	2 tödliche Verletzungen
Trümmerdichte / Luftstoss:	> 10 #/m <sup>2</sup>	100-200 mbar
Brand / Hauptwirkung:	(Ja)	Trümmerwurf
Bemerkung:	Zeugwart	

## 4. Auswertung der Personenschäden

### 4.1 Beobachtete Personenschäden

Bezüglich der Verletzungen sind die folgenden zwei Dokumente (Kopien im Anhang C) relevant:

- Berichte des Untersuchungsrichters
  - Nr. 1 - Äusserer Hergang und Auswirkungen des Unglücks [9]
  - Nr. 3 - Die Person des Zeugwartes Karl Kast [10] (nur auszugsweise)

Im Bericht Nr. 1 des Untersuchungsrichters werden neben dem Ablauf der Explosionen auch sämtliche tödlichen und hospitalisierungsbedürftigen Verletzungen, mit Ausnahme derjenigen des Ehepaars Kast (Bericht Nr. 3), im Detail aufgeführt.

### 4.2 Aussagen zum Ereignisablauf

Die Beurteilung resp. Auswertung von Personenschäden infolge von Explosionsunfällen setzt in der Regel Kenntnisse über den genauen Standort der Personen zum Ereigniszeitpunkt voraus. Dies ist insbesondere bei sogenannt nichtmassenreagierenden Ereignissen, bei welchen sich das Gesamtgeschehen aus einer Anzahl von zumeist kleineren Ereignissen zusammensetzt, von Bedeutung.

Das Explosionsgeschehen beim Unglück in Mitholz - bei welchem es sich um ein typisches nichtmassenreagierendes Ereignis handelte - setzte sich aus einer grossen Anzahl von kleineren und wenigen grösseren Ereignissen zusammen. Dabei ist von Bedeutung, dass das grösste Ereignis nicht zuerst auftrat. Damit die Personenschäden im Gesamtrahmen besser beurteilt werden können, wird im Folgenden ein kurzer chronologischer Überblick gegeben (vgl. Ref. [9]). Zahlen in eckigen Klammern ([.]) beziehen sich auf die Gebäudenummern.

#### 19. Dezember 1947

- 23.10 - Beobachtung erster "Lichterscheinungen", Flammen aus Bahnstollen und Ventilationsöffnung bei Lastwagentor Nord (Portal 2).
- Die meisten Einwohner von Mitholz schlafen.



- 23.15 - "Donnergrollen" aus der Anlage.  
 - Einzelne Einwohner von Mitholz erwachen.  
 - 2 von 3 Bewohnern von [4] treten ans Fenster und beobachten das Geschehen.
- 23.30 - Erste grössere Explosion, Austritt von bis zu 30 m langen Stichflammen aus allen Toren.  
 - Die meisten Einwohner von Mitholz erwachen.  
 - Bewohner von [4] ziehen sich vom Fenster zurück.  
 - 3 von 5 Bewohnern (2 Erwachsene und 1 Kind) von [49] erwachen und machen sich unverzüglich auf die Flucht als sie den Flammenaustritt aus den Stollen sahen.
- 23.35 - Erste Grosseexplosion mit einer Stärke von ca. 15 t TNT (Schätzung). Stichflammen aus allen Portalen bis 70 m.  
 - 2 Bewohner von [4] werden getötet, eine Person schwer verletzt, das Gebäude wird zertrümmert.  
 - 2 Bewohner von [52] werden noch im Schlafzimmer von der ersten Grosseexplosion überrascht und kommen ums Leben.  
 - Posthalter in [18] wird durch Explosion geweckt.  
 - Vermutlich macht sich jetzt ein Grossteil der Einwohner von Mitholz auf die Flucht. Einige unverzüglich ohne sich anzuziehen oder etwas mitzunehmen, andere versuchen offenbar auch das Vieh in Sicherheit zu bringen.
- 23.40 - Zweite grössere Explosion, Wirkungen offenbar vor allem aus dem nördlichen Lastwagentor (Portal 2).  
 - Bei [33] wird Ostfront aufgerissen, oberes Logis wegrasiert und ein Bewohner mit heisser Masse bedeckt.  
 - Je ein Bewohner ist noch in [11] und [33].  
 - Bei [11], [23], [33] werden Fenster, Türen eingedrückt und Frontwände stark beschädigt  
 - [32], [33] und [61] geraten in Brand
- 24.00 - Die 2 Bewohner von [24] verlassen das Haus und machen sich Richtung Norden auf die Flucht.

## 20. Dezember 1947

- 00.10 - Zweite Grosseexplosion mit einer Stärke von ca. 30 t TNT (Schätzung). Stichflammen von 150 - 200 m Länge aus allen Toren. Wahrscheinlich "Kraterbildung" am südlichen Ende des Bahnstollens. Einsturz der Fluh.  
 - Die 2 Bewohner von [24] befinden sich nun in der Nähe des Hauses 17 im Freien. Einer wird durch Trümmerwurf getötet, der zweite verletzt.  
 - Eine Person wird im Freien in der Nähe von [60] durch Trümmerwurf und Luftstoss verletzt.  
 - Fenster bei [37] eingedrückt.  
 - Eine Person (Lehrer) befindet sich immer noch in [37], ein Grossteil der Bevölkerung ist jedoch auf der Flucht oder schon in Sicherheit.  
 - [11] gerät in Brand.
- 00.10-06.30 - Weitere kleinere und grössere Explosionen. Einzelne Geschosse detonieren im Anlagevorgelände. Die Fluh steht in Flammen.
- 04.00 - Der Lehrer verlässt [37] zusammen mit einem Bewohner von [32], der sich jedoch nicht in seinem Haus befand als das Ereignis anfang.

- 05.00 - Alle Einwohner von Mitholz befinden sich in Sicherheit.
- 06.30 - Dritte Grossexplosion
- 06.30-24.00 - Fortdauer des Explosionsgeschehens während des ganzen Tages

#### 21. - 28. Dezember 1947

- Abnahme der Explosionstätigkeit. Starke Brände in der Nacht vom 20. auf den 21. Dezember
- Weitere Felsstürze in der Fluh
- Letzte Explosionen in der Nacht vom 27. auf den 28. Dezember

### 4.3 Auswertung der Personenschäden

Die Personenschäden sind in den Kästchen in Figur 6 zusammengefasst. Detaillierte Angaben über die Todesursachen resp. Verletzungen sind in Tabelle 7 enthalten. Bezüglich der Verletzungen und Standorte von Personen, welche nicht der Spitalpflege bedurften, ist praktisch nichts bekannt. Die rot eingefärbten Gebäude markieren Wohnhäuser, in welchen sich zu Beginn der Ereignisse wahrscheinlich Personen aufgehalten haben.

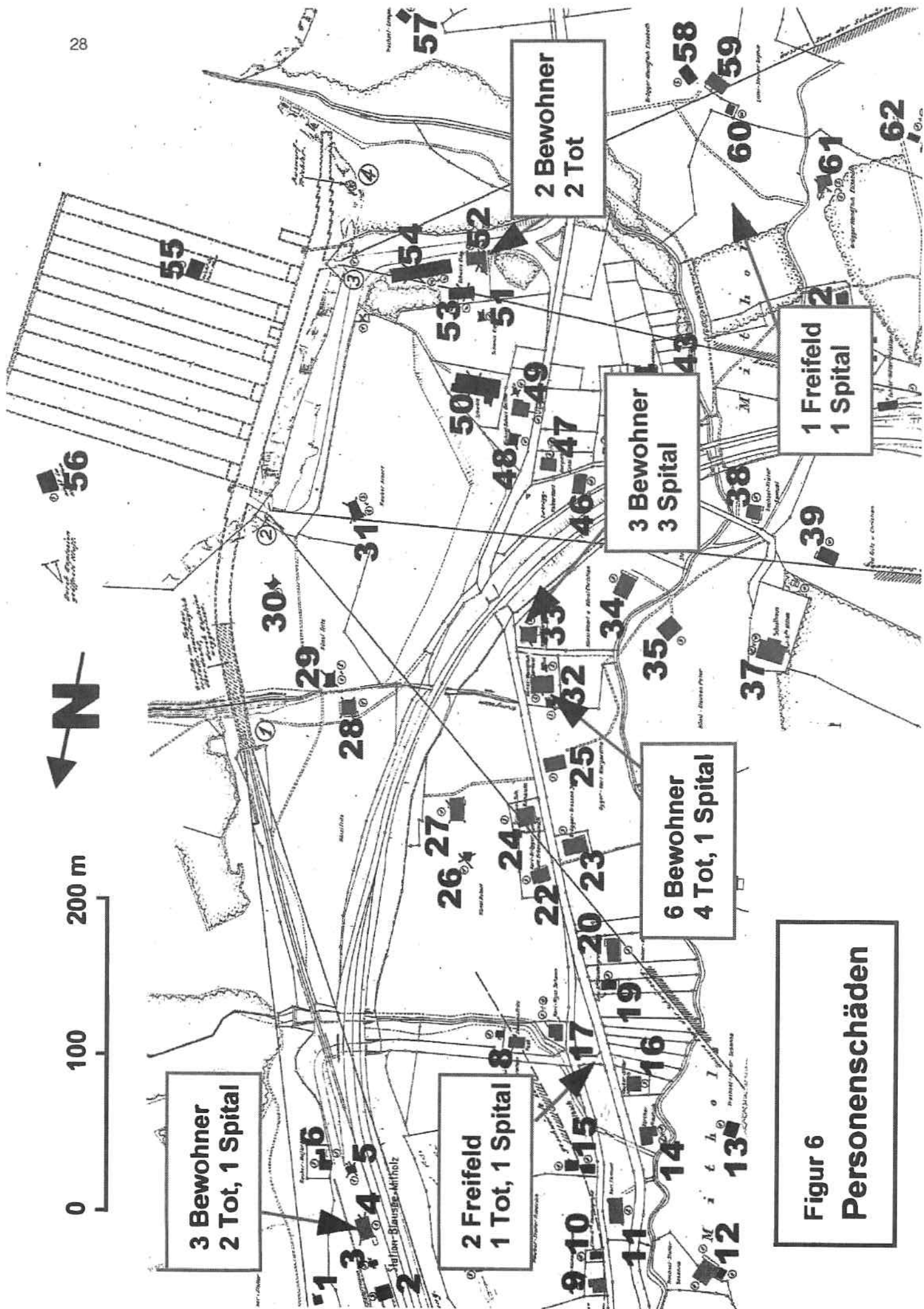
In Tabelle 7 werden die Angaben über die 9 Todesopfer und die 7 Spitalpatienten nach Gebäuden geordnet zusammengefasst. Der Verletzungsgrad wird in Tabelle 8 genau definiert.

	Lebensgefahr	Heilungsdauer	Invalidität
leicht	nein	< 3 Wochen	nein
mittel	möglich	< 6 Wochen	ev. gering
schwer	wahrscheinlich	wenige Monate	ja

Tabelle 8: Definition der Verletzungsgrade

Auffallend sind die Todesopfer infolge Brand eines Gebäudes. Bei der Erarbeitung eines neuen Letalitätsmodelles für Personen in Gebäuden muss diese Folgewirkung eines Explosionsereignisses diskutiert werden.





**Figur 6**  
**Personenschäden**

Geb.-Nr.	Name	Alter	Verletzungsart	Beschrieb	Ursache
4	TP	56	Tod	Brustkorbzertrümmerung	Gebäudeeinsturz
4	TH	15	"	Blutverlust nach Beinbruch	"
4	TR	46	mittel	Mit Brustkorbquetschungen eingeklemmt	"
bei 17	TM	52	Tod	Offener Schädelbruch	Trümmerwurf
bei 17	TJ	53	schwer	Durch Stein zertrümmertes Knie	"
32	KA	72	Tod	stark verbrannt	? + Brand
32	KS	6	"	"	"
32	KL	4	"	"	"
32	KC	14	"	"	"
32	KL	32	leicht-mittel	starke Blutung am Hinterkopf	?
32	K?	<	?unverletzt?	-	-
33	BR	41	leicht	-	Gebäudeeinsturz
33	BM	8	mittel	Schädelbruch	"
33	KF	64	leicht-mittel	-	"
52	KK	38	Tod	U. a. mehrere Inf.-Geschosse im Rumpf	Trümmerwurf
52	KV	28	"	U. a. offener Schädelbruch	Gebäudeeinsturz
bei 60	BF	39	schwer	Ellbogen-/Handbruch, Brustkorbquetschungen und Gehörschaden	?

Tabelle 7: Personenschäden

## 5. Vergleich der Schadenwirkungen mit den Berechnungsmodellen gemäss TLM 75/Teil 2

### 5.1 Problemstellung

Die bei Mitholz beobachteten Schadenwirkungen waren bei der Erarbeitung von Modellen für die Wirkungsanalyse in den TLM 75/Teil 2 von Anfang an herangezogen worden. Allerdings standen damals weit weniger Informationen und Daten zur Verfügung.

Nachdem es nun gelungen ist, weitere Daten zu erhalten und diese auszuwerten, drängt sich ein Vergleich mit den Berechnungsmodellen in der TLM 75/Teil 2 auf. Dieser erlaubt es, mögliche Schwachstellen bei den Wirkungsmodellen, resp. deren Anwendbarkeit im Falle einer geometrisch relativ komplizierten Anlage wie Mitholz zu erkennen.

Allerdings sind die Resultate solcher Vergleiche generell mit Vorsicht zu geniessen. Mit den Wirkungsmodellen der TLM 75/Teil 2, deren Resultate einen statistischen Erwartungswert wiedergeben, lässt sich weder ein zukünftiges Ereignis exakt vorhersagen, noch ein geschehenes Ereignis genau nachrechnen. Die Vergleiche bedürfen deshalb verschiedener Interpretationen und Vorbehalte.

Bei der konkreten Anwendung der TLM 75/Teil 2 auf die Anlage Mitholz sind nun die folgenden Probleme aufgetreten:

- Hinsichtlich des Ereignisablaufes gehen die Berechnungsmodelle der TLM 75/Teil 2 von einem einzigen massgebenden Ereignis (dem grösstmöglichen Teilereignis) aus. Für die Berechnung der Auswirkungen resp. Risiken ist deshalb entscheidend, wo sich die Exponierten zum Zeitpunkt dieses zufälligen Ereignisses befinden können. Beim Unglück in Mitholz bestand das Ereignis aber aus einer Folge von zahlreichen Einzelexplosionen und Bränden, wobei die Schäden im wesentlichen auf die beiden beobachteten Grossereignisse in der Unglücksnacht zurückzuführen sind. Für einen stichhaltigen Vergleich mit der TLM 75/Teil 2 bestand das Problem nun darin auseinanderzuhalten, welche der beobachteten Schäden auf welches Grossereignis zurückzuführen sind. Dies gelang aufgrund der Beschreibungen des Unglücksherganges recht gut. Von den im folgenden Unterkapitel betrachteten vier Fällen befassen sich die beiden ersten mit dem ersten Grossereignis (15 t  $Q_{TNT}$ ), die beiden anderen mit dem zweiten Grossereignis (30 t  $Q_{TNT}$ ) resp. mit der Superposition der beiden Grossereignisse.

- In den TLM 75/Teil 2 wird nichts über die Aufteilung des Trümmerwurfes auf mehrere Portale ausgesagt; hingegen sind Angaben über die Aufteilung des Luftstosses (implizit) vorhanden. Bei der risikomässigen Beurteilung von bestehenden Anlagen mit mehreren Portalen ist bis anhin per Konvention im konservativen Sinne auf eine Reduktion der Trümmerdichte verzichtet worden. Dieses Problem wird in den untenstehenden Fällen 1 und 2 diskutiert.
- Bezüglich der Gebäudetypen geben die TLM 75/Teil 2 nur vage Beschreibungen: Riegelhäuser werden als normale, Schuppen als leichte Konstruktionen klassiert. Die meisten Wohnhäuser in Mitholz dürften weder zum einen noch zum anderen Typ gehören. Im konservativen Sinne sind die untenstehenden Fälle 1 und 2 sowie das erwartete Ausmass (vgl. 5.2.6) in EXPLORISK mit dem Gebäudetyp "Building light" (BL) gerechnet worden.
- Beim Trümmerwurf aus dem Zugangsstollen von Felsanlagen werden mit den TLM 75/Teil 2 direkt Letalitäten berechnet; der Zwischenschritt über die Trümmerdichten ist infolge mangelnder Unterlagen (vgl. 1.1) nicht möglich. Folglich können die Vergleiche zwischen beobachteten und gemäss TLM 75/Teil 2 berechneten Schadenwirkungen nicht auf der Stufe der Trümmerdichten, sondern nur auf derjenigen der Letalitäten geführt werden (vgl. 5.2.4).
- Auf die Durchführung einer vergleichenden Ereignisanalyse gemäss TLM 75 musste verzichtet werden. Was die Bezeichnung der Ereignisgrösse (TNT-Ersatzmenge) anbetrifft, hätte man dazu die Munitionskennwerte des damaligen Lagergutes benötigt. Ferner hätte man sich intensiv mit der Frage der Übertragung von Kammer zu Kammer auseinandersetzen müssen. Für die vorliegende Untersuchung ging man deshalb von 15 t und 30 t aus, die bereits früher anhand der seismografischen Aufzeichnungen abgeschätzt worden waren. Schliesslich machten Überlegungen bezüglich Eintretenswahrscheinlichkeit anhand der auf die heutigen Munition und Lagerbedingungen zugeschnittenen Berechnungsmodelle angesichts eines eingetretenen Ereignisses keinen Sinn.

## **5.2 Vergleich der Schadenwirkungen anhand von 4 Berechnungsfällen**

### **5.2.1 Definition der 4 Fälle**

Auf Grund des in Unterkapitel 4.2 beschriebenen Ereignisablaufs lassen sich klar zwei Phasen unterscheiden:



- In der ersten Phase, vor und während der ersten Grossexplosion mit ca. 15 t  $Q_{TNT}$ , befanden sich die Bewohner von Mitholz in ihren Häusern. Von einigen Gebäuden ist die Anzahl der Bewohner sowie diejenige der Todesopfer und Verletzten aufgrund des 15 t Ereignisses bekannt (vgl. 4.3). Somit können für diese Gebäude punktuell die Letalitäten der aus den gemäss TLM 75/Teil 2 für ein 15 t Ereignis berechneten Zonen mit den beobachteten Letalitäten verglichen werden. Im Fall 1 wurde die Letalität infolge Trümmerwurf aus dem Zugangsstollen streng nach TLM 75/Teil 2 berechnet. Im Fall 2 dagegen wurden diese Letalitäten um einen Faktor 3 reduziert, um zu berücksichtigen, dass nicht nur aus einem, sondern aus drei Zugangsstollen Trümmer ausgeworfen wurden. Dabei wurde vereinfacht angenommen, die gesamte ausgeworfene Trümmermasse habe sich gleichmässig auf die drei Portale verteilt und somit seien dreimal weniger Trümmer resp. in erster Näherung eine dreimal kleinere Letalität zu verzeichnen.
- In der zweiten Phase, vor und während der zweiten Grossexplosion mit ca. 30 t  $Q_{TNT}$ , befanden sich viele Bewohner von Mitholz auf der Flucht (Freifeldexposition). Der Standort der Flüchtenden ist nur in zwei Fällen bekannt (vgl. 4.3), womit kein sinnvoller statistischer Vergleich der Letalitäten mit den gemäss TLM 75/Teil 2 berechneten Zonen durchgeführt werden kann. Hingegen können aus einer Kombination der beobachteten Trümmerzonen (Figur 2) mit dem Trümmerdichten-Letalitäts-Diagramm (Anhang F) aus dem im Rahmen der laufenden Revision der technischen Anhänge der TLM 75/Teil 2 erarbeiteten Bericht "Letalität von Personen infolge Trümmerwurf aus Stollen von Felsanlagen" (TM 150-8) [13] die Letalitätszonen auf freiem Feld bestimmt und mit den gemäss TLM 75/Teil 2 berechneten Zonen verglichen werden. Die Fälle 3 und 4 dokumentieren diesen Vergleich, wobei bei letzterem im konservativen Sinne von einer Explosivstoffmenge von 45 t  $Q_{TNT}$  ausgegangen wird (Summe der beiden Grossereignisse).

### 5.2.2 Fall 1: Letalität in Gebäuden - Trümmerwurf nicht reduziert

Die Letalitätszonen für leichte Gebäude (Expositionstyp "Building light" (BL)) und eine TNT-Ersatzmenge von 15 t sind im Anhang D als EXPLORISK-Output dargestellt. In der folgenden Tabelle 8 werden die beobachteten und die gemäss TLM 75/Teil 2 berechneten Letalitäten in Gebäuden verglichen (fett für diejenigen mit bekannter Anzahl Personen).

Insgesamt ergibt sich in diesem konservativen Fall eine zufriedenstellende Übereinstimmung der beobachteten und der gemäss TLM 75/Teil 2 berechneten Letalitäten. Die berechneten Werte erwiesen sich als tendenziell etwas überschätzt.

Haus Nr.	Anzahl Bewohner	Todesopfer	Verletzte	$\lambda_{\text{Beobachtet}}$ [%]	$\lambda_{\text{TLM Total}}$ [%]	$\lambda_{\text{TLM Trüm.}}$ [%]	$\lambda_{\text{TLM Luftst.}}$ [%]
4	3	2	1	> 66	2.0	1	1
11	> 1*	0	0	0	0.2	0.1	0.1
18	> 1*	0	0	0	1.1	0.1	1
24	2	0	0	0	1.1	0.1	1
32	6	4	1	> 66	50.1	50	0.1
33	3	0	3	> 0	50	50	0
37	> 1*	0	0	0	10	10	0
49	5	0	0	0	0	0	0
52	2	2	0	100	100	100	1

Tabelle 8: Vergleich der beobachteten Personenschäden mit den nach TLM 75/Teil 2 berechneten Letalitäten ( $\lambda$ ) in Gebäuden  
 ( $Q_{\text{TNT}} = 15 \text{ t}$ , Trümmerwurf nicht reduziert => konservativ)  
 \*: nicht genau bekannt

Eine Ausnahme betrifft das Gebäudes Nr. 4 (Bahnhof): Dort zeigt sich, dass die Kriterien für die Grösse des Öffnungswinkels des Trümmerwurfes in den TLM 75/Teil 2 problematisch sind, weil wegen des relativ grossen Durchmessers des Bahnstollens (ca. 6 m) mit breiten Streuwinkel gerechnet werden muss, obwohl der Bahnstollen eigentlich ein grosses Länge/Durchmesser-Verhältnis aufweist, was zu schmalen Winkeln führen würde. Der beobachtete "Trümmerstrahl" hat sogar extrem schmale Öffnungswinkel, möglicherweise weil die Trümmer durch den steilen Abhang auf der östlichen Seite konzentriert worden sind.

Ferner kann am Beispiel der Gebäude 32 und 33 gezeigt werden, wie heikel derartige Vergleiche vom statistischen Standpunkt sind. In einem Gebäude werden die beobachteten Letalitäten durch die gemäss TLM 75/Teil 2 berechneten Letalitäten leicht unterschätzt, im anderen Gebäude überschätzt. Alles in allem ist die Übereinstimmung der Beobachtung mit der "statistischen Prognose" aber zufriedenstellend.

### 5.2.3 Fall 2: Letalität in Gebäuden - Trümmerwurf reduziert

Der Fall 2 geht von denselben Grundlagen wie der Fall 1 aus; allerdings wird die nach TLM 75/Teil 2 bestimmte Letalität infolge Trümmerwurf im progressiven Sinne entsprechend der Anzahl Portale gedrittelt. In der folgenden Tabelle 9 werden die beobachteten und die gemäss TLM 75/Teil 2 berechneten (Trümmerwurf reduziert)

Letalitäten in Gebäuden verglichen (fett für diejenigen mit bekannter Anzahl Personen).

Insgesamt sind die (unter Berücksichtigung der Aufteilung der Trümmermasse auf die Portale) berechneten Letalitäten kleiner als die beobachteten Letalitäten. Die Übereinstimmung ist schlechter als im konservativen Fall 1.

Haus Nr.	Anzahl Bewohner	Todesopfer	Verletzte	$\lambda_{\text{Beobachtet}}$ [%]	$\lambda_{\text{TLM Total}}$ [%]	$\lambda_{\text{TLM Trüm.}}$ [%]	$\lambda_{\text{TLM Luftst.}}$ [%]
<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>&gt; 66 %</b>	1.3	0.3	1
11	> 1*	0	0	0 %	0.1	0.03	0.1
18	> 1*	0	0	0 %	1.0	0.03	1
<b>24</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0 %</b>	1.0	0.03	1
<b>32</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>&gt; 66 %</b>	16.8	16.7	0.1
<b>33</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>&gt; 0 %</b>	16.7	16.7	0
37	> 1*	0	0	0 %	3.3	3.3	0
<b>49</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0 %</b>	0	0	0
<b>52</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>100 %</b>	33.4	33.3	1

Tabelle 9: Vergleich der beobachteten Personenschäden mit den nach TLM 75/Teil 2 berechneten Letalitäten ( $\lambda$ ) in Gebäuden  
 ( $Q_{\text{TNT}} = 15 \text{ t}$ ,  $\lambda$  infolge Trümmer um Faktor 3 reduziert => progressiv)  
 \*: nicht genau bekannt

Die Bemerkungen zum Fall 1 (Gebäude 4, resp. 32 und 33) behalten auch hier ihre Gültigkeit. Zusätzlich kann zum Gebäude 52 bemerkt werden, dass eine Reduktion der Letalität infolge Trümmerwurf von 100 % (im Fall 1) auf 33.3 % wahrscheinlich zu progressiv ist. Möglicherweise war die Trümmerdichte im Fall 1 derart gross (die resultierende theoretische Letalität > 100 %), dass auch eine Reduktion um einen Faktor 3 eine Letalität von deutlich mehr als 33.3 % ergäbe.

### 5.2.4 Fall 3: Letalität auf freiem Feld - 30 t TNT-Ersatzmenge

Aus den in Figur 2 dargestellten Trümmerwurfzonen lassen sich mit Hilfe des Trümmerdichten-Letalitäts-Diagramm (Anhang F) aus dem Bericht "Letalität von Personen infolge Trümmerwurf aus Stollen von Felsanlagen" (TM 150-8) [13] die Letalitätszonen auf freiem Feld bestimmen. Diese können mit den Letalitätszonen für den Expositionstyp "Freifeld" (FF) und eine TNT-Ersatzmenge von 30 t (EXPLO-



RISK-Output im Anhang D) verglichen werden. In Figur 10 wird dieser Vergleich grafisch dargestellt. In der folgenden Tabelle 11 werden die qualitativen Resultate dieses Vergleiches pro Portal zusammengefasst:

Stollen	TLM-Zonen sind in		Bemerkungen
	Längsrichtung	Querrichtung	
1 (Bahnstollen)	viel zu kurz	viel zu breit	vgl. 5.2.2
2 (Lw-Portal N)	OK	zu schmal	"unsichere Seite"
3 (Lw-Portal S)	zu kurz	OK	"unsichere Seite"

Tabelle 11: Vergleich der Beobachtungen mit den nach TLM 75/Teil 2 berechneten Letalitätszonen auf freiem Feld  
( $Q_{\text{TNT}} = 30 \text{ t} \Rightarrow$  progressiv, da nur grösstes Ereignis berücksichtigt)

Die Übereinstimmung der aus den beobachteten Trümmerdichten berechneten Letalitätszonen mit denjenigen gemäss TLM 75/Teil 2 ist (mit Ausnahme des Bahnstollens) an sich nicht schlecht; jedoch liegen die Letalitätszonen gemäss TLM 75/Teil 2 leicht auf der "unsicheren Seite". Die Annahme einer Ereignisgrösse von

30 t TNT-Ersatzmenge ist allerdings als progressiv einzustufen, weil die in Figur 2 dargestellten Trümmerdichten nicht nur vom 2. Grossereignis, sondern auch von allen anderen Explosionen stammen.

#### 5.2.5 Fall 4: Letalität auf freiem Feld - 45 t TNT-Ersatzmenge

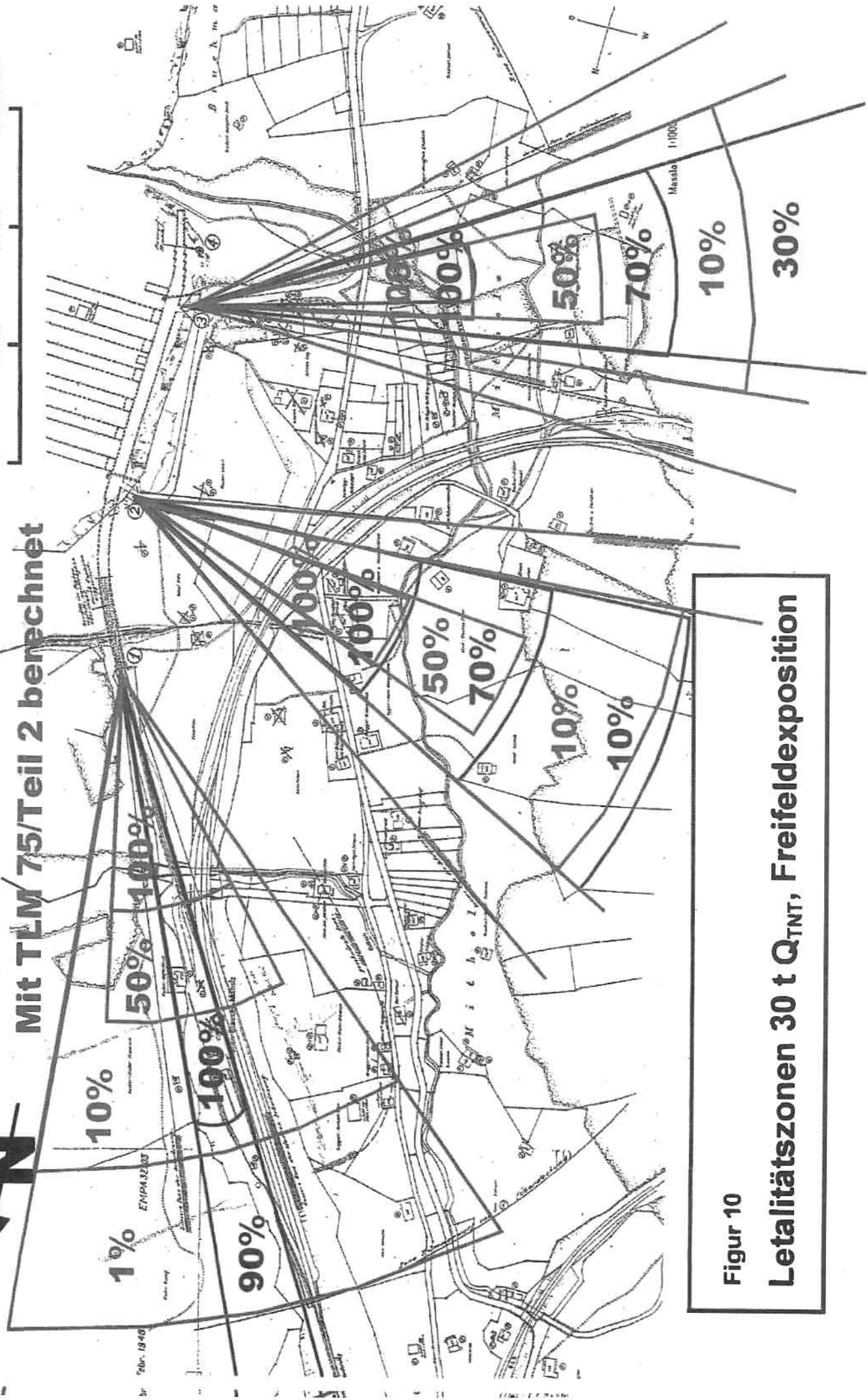
Der Fall 4 stimmt bis auf die TNT-Ersatzmenge von 45 t für die Berechnung der Letalitätszonen gemäss TLM 75/Teil 2, welche eher als konservativ zu Werten ist, mit dem Fall 3 überein. In Figur 12 wird dieser Vergleich grafisch dargestellt. In der folgenden Tabelle 13 werden die qualitativen Resultate dieses Vergleiches pro Portal zusammengefasst.

Die Übereinstimmung der aus den beobachteten Trümmerdichten berechneten Letalitätszonen mit denjenigen gemäss TLM 75/Teil 2 ist (mit Ausnahme des Bahnstollens) ist für diesen konservativen Fall (die TNT-Ersatzmengen der beiden Grossereignisse wurden addiert) relativ gut. Allerdings liegen die Letalitätszonen gemäss TLM 75/Teil 2 immer noch leicht auf der "unsicheren Seite", aber weniger stark als im progressiven Fall 3.

Mit Fig. 2 und [13] berechnet

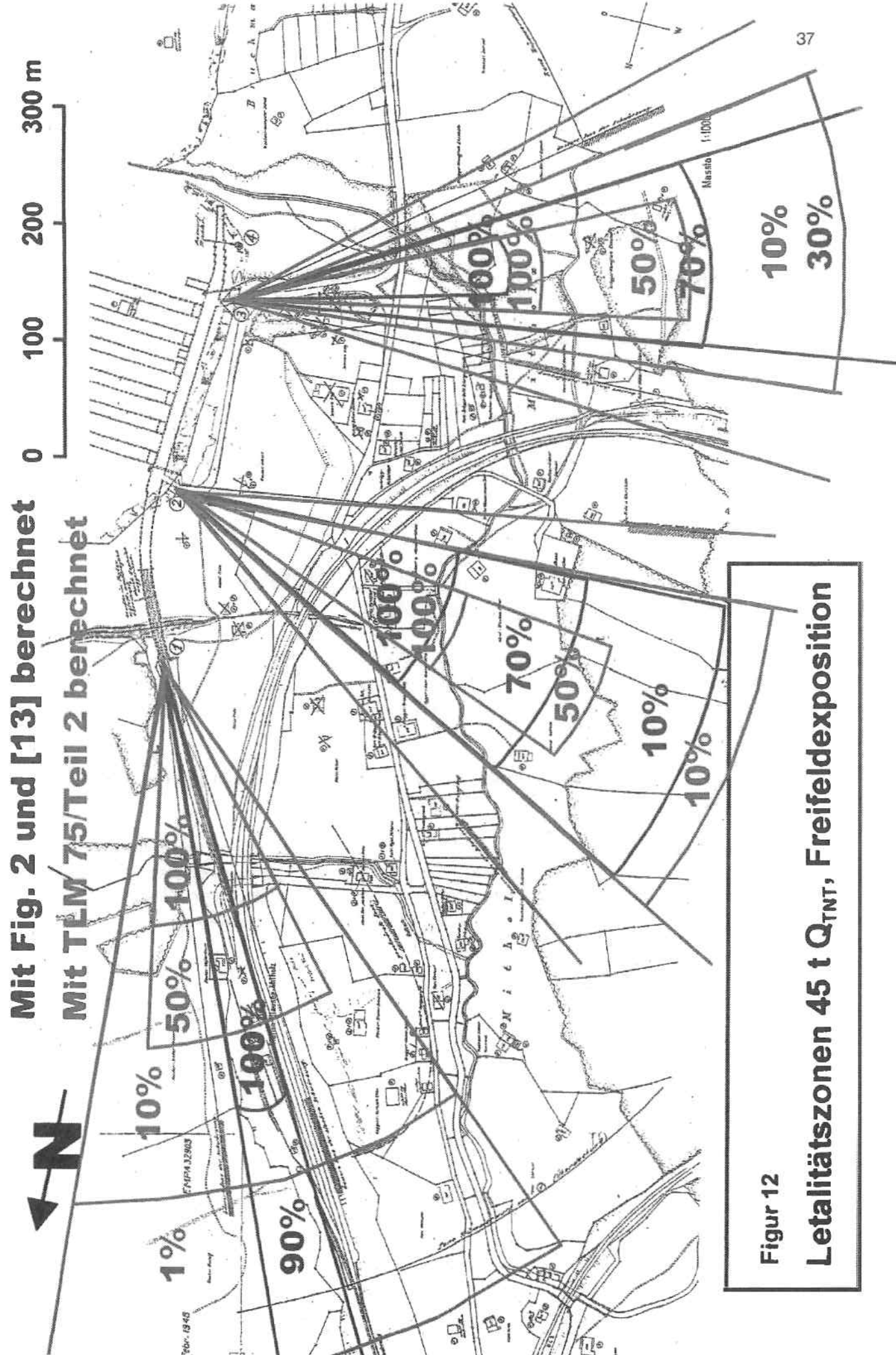
Mit TLM 75/Teil 2 berechnet

36  
300 m  
200  
100  
0



Figur 10

Letalitätszonen 30 t  $Q_{TNT}$ , Freifeldexposition



Stollen	TLM-Zonen sind in		Bemerkungen
	Längsrichtung	Querrichtung	
1 (Bahnstollen)	viel zu kurz	viel zu breit	vgl. 5.2.2
2 (Lw-Portal N)	leicht zu lang	zu schmal	"unsichere Seite"
3 (Lw-Portal S)	leicht zu kurz	OK	"unsichere Seite"

Tabelle 13: Vergleich der Beobachtungen mit den nach TLM 75/Teil 2 berechneten Letalitätszonen auf freiem Feld  
( $Q_{\text{TNT}} = 45 \text{ t} \Rightarrow$  konservativ, da Summe der zwei Grossereignisse)

### 5.3 Vergleich der beobachteten Opferzahlen mit dem rechnerisch ermittelten Ausmass im Ereignisfall

In der Tabelle 14 wird das gemäss TLM 75/Teil 2 berechnete erwartete Ausmass an Todesopfern im Dorf Mitholz für leichte Gebäude (Exposition "Building light") und die entsprechende TNT-Ersatzmenge von 15 t den beobachteten Todesopfern und Verletzten gegenübergestellt.

Generell wurde von 5 anwesenden Personen pro Gebäude ausgegangen; die fett gedruckten Werte hingegen sind genau bekannt.

Insgesamt stimmt das erwartete Ausmass von 10 Todesopfern recht gut mit den beobachteten Todesopfern überein. Sensitivitätsüberlegungen bestätigen dieses Resultat: Mit generell 4 Personen pro Gebäude (genau bekannten Werte (fett) unverändert) würde das erwartete Ausmass gut 9 Todesopfer betragen.

Haus Nr.	Anzahl Bewohner	$\lambda_{\text{Trümmer}}$ [%]	$\lambda_{\text{Luftstoss}}$ [%]	$\lambda_{\text{Total}}$ [%]	Ausmass (TLM)	Todesopfer	Verletzte
4	3	1	1	2.0	0.06	2	1
8	5	1	0.5	1.5	0.08		
9	5	0.1	0.1	0.2	0.01		
11	5	0.1	0.1	0.2	0.01		
12	5	0.1	0.1	0.2	0.01		
14	5	0	0.1	0.1	0.01		
16	5	0	0.1	0.1	0.01		
17	5	0	1	1.0	0.05		
18	5	0.1	1	1.1	0.05		
20	5	0	1	1.0	0.05		
22	5	0	1	1.0	0.05		
23	5	0.1	1	1.1	0.05		
24	2	0.1	1	1.1	0.02	0	0
25	5	10	0.5	10.5	0.53		
27	5	0	10	10.0	0.50		
28	5	0	10	10.0	0.50		
32	6	50	0.1	50.1	3.01	4	2
33	3	50	0	50.0	1.50	0	3
34	5	0.1	0	0.1	0.01		
35	5	10	0	10.0	0.50		
36	5	0	0	0.0	0.00		
37	5	10	0	10.0	0.50		
38	5	0	0	0.0	0.00		
46	5	0	0	0.0	0.00		
47	5	0	0	0.0	0.00		
49	5	0	0	0.0	0.00	0	0
52	2	100	1	100.0	2.00	2	0
59	5	0.1	0	0.0	0.00		
61	5	10	0	10.0	0.50		
	136				10.0	8	6

Tabelle 14: Abschätzung des Ausmasses an Todesopfern in Gebäuden (15 t  $Q_{\text{TNT}}$ )



## 5.4 Schlussfolgerungen des Vergleiches

### 5.4.1 Generell

Insgesamt sind die gemäss TLM 75/Teil 2 berechneten Letalitäten

- in Gebäuden ungefähr gleich gross wie die beobachteten Letalitäten,
- auf freiem Feld etwas kleiner als die aus den beobachteten Trümmerdichten abgeleiteten Letalitäten ("unsicheren Seite").

Diese relativ gute Übereinstimmung ist nicht weiter erstaunlich, da die Letalitäten infolge der massgebenden Wirkung, des Trümmerwurfes aus dem Zugangsstollen, in den Grundlagenberichten für die TLM 75/Teil 2 (vgl. 1.1) zur Hauptsache aus dem Explosionsereignis von Mitholz abgeleitet worden sind. Allerdings sind für die in Unterkapitel 5.1 aufgeführten und die im Vergleich der 4 Fälle erkannten Problemkreise differenziertere Betrachtungen nötig.

### 5.4.2 Anzahl der Portale

Die Anlage von Mitholz mit den drei Portalen kann nicht als typische Anlage für den Gültigkeitsbereich der TLM 75/Teil 2 gelten. Insbesondere der obige Fall 2 zeigt klar, dass eine Reduktion der Trümmermasse infolge der Aufteilung auf die drei Portale zu Letalitäten führt, welche auf der "unsicheren Seite" liegen. Umgekehrt werden bei Anlagen mit nur einem Portal die Letalitäten infolge Trümmerwurf aus dem Zugangsstollen mit den TLM 75/Teil 2 wahrscheinlich unterschätzt, d.h. sie liegen auf der "unsicheren Seite".

### 5.4.3 Wahl des Gebäudetypus

Die Wahl des Gebäudetypus "normales Gebäude" (Exposition "Building normal" (BN)) anstatt des leichten Gebäudetypus würde zu kleineren Letalitäten (infolge Trümmerwurf und Luftstoss) und somit ebenfalls zu auf der "unsicheren Seite" liegenden Resultaten führen.



#### **5.4.4 Kriterien für den Öffnungswinkel**

Der absolute Durchmesser des Stollenportals ist als Kriterium für die Bestimmung der Grösse der Öffnungswinkel des Trümmerwurfes fraglich. Vielmehr ist das Länge/Durchmesser-Verhältnis des letzten geraden Stollenstückes vor dem Portal von entscheidender Bedeutung.

#### **5.4.5 Ereignisart und -verlauf**

Mit der nichtmassenreagierenden Reaktionsart ist die Anlage in Mitholz eher untypisch für den Gültigkeitsbereich der TLM 75/Teil 2. Inwieweit ein nichtmassenreagierendes Ereignis mehr Trümmer produziert als ein massenreagierendes Ereignis, und inwiefern dies die obige Frage der Aufteilung der Trümmermasse beeinflusst, ist wohl sehr schwierig zu beantworten.

#### **5.4.6 Sekundäre Wirkungen**

Beim Explosionsunglück in Mitholz sind sekundäre Wirkungen, wie das Aufbrechen des Tagbaubereiches des Bahnstollens, das Öffnen der Kluft im Süden der Anlage und der Einsturz der Fluh vorgekommen, welche mit den TLM 75/Teil 2 nicht erfasst werden können. Allerdings sind solche sekundäre Wirkungen zu standortbezogen, als dass sich in den TLM 75/Teil 2 mit vernünftigem Aufwand allgemein gültige Wirkungsmodelle bereitstellen liessen.

#### **5.4.7 Fazit**

Insgesamt stimmen die mit den TLM 75/Teil 2 ermittelten Letalitäten nicht schlecht mit den in Mitholz beobachteten Letalitäten überein. Allerdings ergeben sich bei der Anwendung der TLM 75/Teil 2 gewisse Probleme wie

- Trümmerwurfreduktion bei mehreren Portalen,
- Kriterien für den Öffnungswinkel und
- Definition der Gebäudetypen,

welche bei der Revision der technischen Anhänge der TLM 75/Teil 2 angegangen werden sollten.

## 6. Zusammenfassung

Die im vorliegenden Bericht dokumentierte Auswertung der bei der Explosion in der unterirdischen Munitionsanlage Blausee-Mitholz im Vorgelände verzeichneten Verluste und Schäden wurde durch die aktuelle Revision der technischen Anhänge der TLM 75/Teil 2 ausgelöst, anhand welcher Risikoanalysen von solchen Munitionsanlagen durchgeführt werden. Dass die Suche nach einschlägigen Daten und Informationen in verschiedenen Ablagen und Archiven trotz verschiedener widriger Umstände nie aufgegeben worden war, hat sich schliesslich gelohnt, hat die Auswertung doch viele, wenn auch weniger überraschende, so doch interessante Ergebnisse gebracht.

Wichtigste Erkenntnis der mit beschränktem, aber adäquatem Aufwand durchgeführten Untersuchung ist, dass risikobasierte Sicherheitsbeurteilungen anhand der heutigen TLM 75/Teil 2 die Gefahren, die von unterirdischen Munitionslagern im Fels ausgehen, grundsätzlich korrekt erfassen. Andererseits zeigte sich, dass gerade die heutigen sehr einfachen Modelle für die Beschreibung der Trümmerausbreitung aus dem Zugangsstollen der Verbesserung bedürfen. Schliesslich wurden auch die Grenzen der Aussagekraft einer Risikoanalyse deutlich, indem mit einer solchen nicht ein bestimmter Unfall genau vorausgesagt oder nachvollzogen werden kann.

Daneben hat die vertiefte Auseinandersetzung mit den detaillierten Aufzeichnungen der angerichteten Schäden und Verluste auf der Empfindungsebene tiefe Eindrücke bei den mit der Untersuchung Betrauten hinterlassen, auch wenn sich diese teilweise seit 30 Jahren auf der ganzen Breite mit der Sicherheit gegenüber Explosionsereignissen beim Umgang mit Munition auseinandergesetzt haben. Die Opfer tragen nun Namen, der Ablauf des Geschehens hat konkrete Gestalt bekommen, der Schrecken, die Ungewissheit und die Ausweglosigkeit der mitten in einer Winternacht von der Katastrophe Betroffenen erzeugen Betroffenheit und Mitgefühl. Angesichts dessen kann voll nachempfunden werden, dass dieses Unglück die Bevölkerung im Kandergrund geprägt hat und ihr auch heute noch geläufig ist, auch wenn seither über ein halbes Jahrhundert vergangen ist.

Damit hat die Explosionskatastrophe der unterirdischen Munitionsanlage von Blausee-Mitholz als Inbegriff des "unerwünschten Ereignisses" nichts an Aktualität verloren. Schon aus der Sicht der Schuldigkeit gegenüber den Opfern lässt sich deshalb der Aufwand für diese Auswertung rechtfertigen, welche letzten Endes die Sicherheit von Munitionslagern verbessern helfen soll. Daher überrascht auch nicht, aber beeindruckt sehr, mit welchem Aufwand und mit welcher Intensität der Unfall schon damals von den Behörden und der Untersuchungskommission aufgezeichnet und für die damaligen Bedürfnisse ausgewertet wurde.

Mit den Erkenntnissen aus der Untersuchung haben auch das Verantwortungsgefühl und die Argumentationen ("Es darf keine Katastrophe passieren" und "Mit allererster Priorität ist der Entstehung einer Explosion überhaupt vorzubeugen" (Zitat aus TLM 75/Teil 2 Version 1979)) der Mitglieder der ehemaligen Untersuchungskommission und späteren "Studienkommission für Munitionslagerung" für die sich seit Jahrzehnten mit der SUME befassenden Fachleute (wieder) sehr realen Hintergrund bekommen. Die Untersuchung hat aber auch die Motivation und die Ernsthaftigkeit der mit der Untersuchung Betrauten und der übrigen Mitglieder der Arbeitsgruppe "Grundlagen SUME VBS" bei ihren Anstrengungen für die Verbesserung der Sicherheit beim Umgang mit Munition und Explosivstoffen gestärkt.

## Referenzen

- 1 **Studie über die Belegbarkeit unterirdischer Munitionslager**  
**2. Teil: Grundlagen zur Sicherheitsbeurteilung bestehender Anlagen**  
 Studienkommission für Munitionslagerung des EMD / Techn. Unterabteilung 6  
 Basler & Hofmann AG, Zürich  
 Bericht B 151-2, 01.07.1972  
 VERTRAULICH
  
- 2 **Zusammenfassende Darstellung der Explosionskatastrophe vom 19. und 20. Dezember 1947 in der unterirdischen Munitionsanlage Mitholz**  
 Gruppe für Rüstungsdienste, TUA 6, Thun / CH  
 Cruchaud, M.  
 C 37509-00, 30.05.1969  
 KLASSIFIZIERT
  
- 3 **Technische Vorschriften für die Lagerung von Munition (TLM 75)**  
**Teil 2 (Rev 90): Sicherheitsbeurteilung von Munitionslagern**  
 Schweizerische Armee  
 01.07.1992  
 KLASSIFIZIERT
  
- 4 **Untersuchungsbericht der EMPA No. 57/1**  
**Auswurfbereiche - Feststellungen bis Anfang Februar 1948**  
**Beschrieb**
  
- 5 **K.M.V. Anlage 1**  
**Auswurfbereiche - Feststellungen bis Anfang Februar 1948**  
**Plan 1:5000**
  
- 6 **EMPA No. 57**  
**Übersicht der Gebäudeschäden**  
**Beschrieb zu Anlage 2**
  
- 7 **K.M.V. Anlage 2**  
**Zerstörung an Gebäuden**  
**Plan 1:1000**
  
- 8 **Polizei-Bericht (mit Fotos)**
  
- 9 **Berichte des Untersuchungsrichters**  
**Nr. 1 - Äusserer Hergang und Auswirkungen des Unglücks**
  
- 10 **Berichte des Untersuchungsrichters**  
**Nr. 3 - Die Person des Zeugwartes Karl Kast (auszugsweise)**
  
- 11 **Analysis and Documentation of the "Mitholz" Underground Ammunition Storage Accidental Explosion in Switzerland**  
 Defence Technology and Procurement Agency, Bern / Bakhtar Associates, Newport Beach / CA  
 Rytz, Hansjörg; Bakhtar, Khosrow  
 DDESB 1996, 20.08.1996
  
- 12 **Explosion "Blausee-Mitholz"**  
**Beschrieb der Tätigkeiten nach dem Ereignis**  
**"Bericht Eichenberger"**  
 Eichenberger, Paul; Rytz, Hansjörg  
 27.03.1998
  
- 13 **Letalität von Personen infolge Trümmerwurf aus Stollen von Felsanlagen**  
**TLM 75 / Teil 2 - Revision technische Anhänge**  
**Personen im Freien**  
 Generalstab - Sektion SUR  
 Bienz, Kummer & Partner AG  
 Willi, W.  
 TM 150-8, 01.11.1999