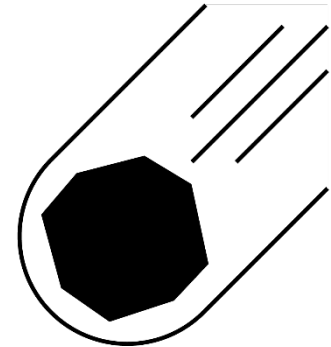




Meteoriteneinschlag



Dieses Gefährdungsdossier ist Teil
der nationalen Risikoanalyse
«Katastrophen und Notlagen Schweiz»

Definition

Ein Meteoroid ist ein natürliches Objekt, meist aus Gestein oder Metall, das sich auf einer Ellipsenbahn um die Sonne bewegt. Meteoroiden weisen eine Masse von wenigen Milligramm bis zu tausenden Tonnen auf. Damit sind sie grösser als der interplanetare Staub, aber kleiner als Asteroiden (Kleinplaneten).

Tritt ein Meteoroid in die Erdatmosphäre ein, beginnt er aufgrund der starken Reibung an der Atmosphäre zu verglühen und wird dadurch als Meteor (Sternschnuppe) sichtbar. Häufig kommt es aufgrund der Erhitzung zum Zerplatzen. Die meisten Meteore verglühen oder verdampfen vollständig in der Atmosphäre, bevor sie die Erdoberfläche erreichen.

Erreicht ein nicht verdampfter Rest eines Meteors die Erdoberfläche, wird dieser als Meteorit bezeichnet. Je nach Grösse und Gewicht des Meteoriten bilden sich beim Aufschlag auf Landflächen Krater.

Beobachtet werden jährlich etwa 5 Meteoritenfälle. Da jedoch ein grosser Teil ins Meer oder auf unbesiedelte Gebiete fällt, muss von einer viel höheren tatsächlichen Fallrate ausgegangen werden. Eine Abschätzung aus fotografisch aufgezeichneten Meteorbahnen geht von insgesamt 19 000 Fällen über 0,1 kg auf die Erde und 5800 Fällen auf Landflächen aus.

November 2020





Ereignisbeispiele

Stattgefundene Ereignisse tragen dazu bei, eine Gefährdung besser zu verstehen. Sie veranschaulichen die Entstehung, den Ablauf und die Auswirkungen der untersuchten Gefährdung.

15. Februar 2013 Ural (Russland) Tscheljabinsk	Die Masse des Meteoroiden wird auf rund 13 000 Tonnen und einen Durchmesser von 20 Metern geschätzt. Er zerplatzte in der Atmosphäre, der grösste gefundene Meteorit war über 570 Kilogramm schwer. Die durch das Zerplatzen hervorgerufene Druckwelle verursachte zahlreiche Schäden, vor allem zerbrochene Fenster. Über 7300 Gebäude wurden beschädigt, dies bis zu einer Distanz von 100 km vom projizierten Ort der Explosion entfernt. Über 1600 Personen mussten sich in Spitälern behandeln lassen.
12. Februar 1947 Sibirien (Russland) Sikhote-Alin	Ein Eisenmeteoroid mit einer ungefähren Masse von 200 Tonnen trat mit einer Geschwindigkeit von 50 000 km/h in die Erdatmosphäre ein. Er raste über das sibirische Sikhote-Alin-Gebirge (Ostsibirien, 500 Kilometer nördlich von Wladiwostok) hinweg, wobei er eine Rauchspur von mehr als 30 Kilometern Länge hinter sich herzog. Er zerplatzte schliesslich, wobei mehrere tausend Bruchstücke als Meteoritenschauer innerhalb eines elliptischen Streufelds von 4 Kilometern Breite und 12 Kilometer Länge niedergingen. Dabei entstanden mehr als 120 Krater; der grösste war 6 Meter tief und hatte einen Durchmesser von 28 Metern.
30. Juni 1908 Sibirien (Russland) Tunguska-Ereignis	Es wird vermutet, dass es sich bei diesem Ereignis um die Explosion eines Meteoroiden von etwa 50 bis 100 Metern Durchmesser in einer Höhe von ca. 10 000 Metern handelte. Die meisten Augenzeugen berichten von einer Explosion, einige jedoch auch von mehreren Explosionen. Bei dem Ereignis wurden Bäume bis in etwa 30 Kilometer Entfernung entwurzelt und Fenster und Türen in der 65 Kilometer entfernten Siedlung Wanawara eingedrückt. Es wird geschätzt, dass auf einem Gebiet von über 2000 km ² rund 60 Millionen Bäume umgeknickt wurden. Aufgrund der dünnen Besiedlung des Gebiets gibt es keine verlässlichen Berichte über Verletzte oder Tote.



Einflussfaktoren

Diese Faktoren können Einfluss auf die Entstehung, Entwicklung und Auswirkungen der Gefährdung haben.

- Gefahrenquelle
- Typ: Stein- oder Eisenmeteoroid
 - Grösse
 - Dichte
 - Einfallswinkel
 - Geschwindigkeit
 - Objekt vorher entdeckt, Bahndaten bekannt
-

- Zeitpunkt
- Jahreszeit
 - Tageszeit
-

- Ort / Ausdehnung
- Auftreffen im Meer oder auf Land
 - Besiedlungsdichte und Landnutzungsform des betroffenen Gebiets
-

- Ereignisablauf
- Verhalten in der Atmosphäre: Zerplatzen ja/nein
 - Reaktion der Bevölkerung auf die Schutzanweisungen
 - Verursachte Schäden durch Druckwelle und Einschlag



Intensitäten von Szenarien

Abhängig von den Einflussfaktoren können sich verschiedene Ereignisse mit verschiedenen Intensitäten entwickeln. Die unten aufgeführten Szenarien stellen eine Auswahl von vielen möglichen Abläufen dar und sind keine Vorhersage. Mit diesen Szenarien werden mögliche Auswirkungen antizipiert, um sich auf die Gefährdung vorzubereiten.

-
- | | |
|---------------|---|
| 1 – erheblich | <ul style="list-style-type: none">– Meteoroid mit einem Durchmesser von 4,5 m und einem Gewicht von ca. 100 t.– Der Meteoroid zerplatzt in der Luft und verursacht eine Druckwelle.– Es schlagen viele Meteoriten (Bruchstücke des Meteoroids) in ländlichem Gebiet innerhalb eines elliptischen Streufelds von 3 km Breite und 8 km Länge auf. Diese verursachen kaum oder nur sehr kleine Krater. |
|---------------|---|
-
- | | |
|-----------|--|
| 2 – gross | <ul style="list-style-type: none">– Meteoroid mit einem Durchmesser von 20 m und einem Gewicht von ca. 10 000 t.– Auftreffen an frühem Wintermorgen.– Der Meteoroid zerplatzt und führt zu einer Druckwelle, die bis zu einer Distanz von 100 km Häuser beschädigen kann.– Es schlagen Tausende Meteoriten in besiedeltem Gebiet innerhalb eines elliptischen Streufelds von 6 km Breite und 75 km Länge auf.– Der Meteoritenschauer führt zu zahlreichen kleineren und mittleren Kratern bis 6 m Tiefe und 30 m Breite. |
|-----------|--|
-
- | | |
|------------|--|
| 3 – extrem | <ul style="list-style-type: none">– Eisenmeteoroid mit einem Durchmesser von 50 m und einem Gewicht von ca. 70 000 t.– Absturz in Nachbarland der Schweiz.– Erschütterungen durch Aufschlag führt zu Auswirkungen eines schwachen Erdbebens in weiten Teilen der Schweiz.– Durch Aufschlag werden grosse Mengen von kleinsten Partikeln in die obere Atmosphäre geschleudert.– Verringerung der Sonnenstrahlung auf Erdoberfläche und Abkühlung über mehrere Monate. |
|------------|--|



Szenario

Das nachfolgende Szenario basiert auf der Intensitätsstufe «gross».

Ausgangslage / Vorphase

Ein grosser Meteoroid mit einem Durchmesser von rund 20 m und einem Gewicht von ca. 10 000 t befindet sich auf Kollisionskurs mit der Erde. 14 Tage vor Auftreffen auf die Erde wird der Meteoroid entdeckt. Medien berichten über die erwartete Kollision. Am Tag nach der Entdeckung meldet die ESA der NAZ, dass der Meteoroid mit der Erde kollidieren wird und dass die Schweiz getroffen werden kann. Rund 7 Tage vor Auftreffen kann die ESA die erwartete Absturzzeit auf 20 Sekunden genau angeben und die Absturzstelle auf ein Gebiet von 60 x 2 km im Schweizer Mittelland einschränken. Die Überlagerung des Schadensgebiets von Tscheljabinsk mit der Unsicherheit der Prognose ergibt ein durch die Druckwelle gefährdetes Gebiet von 150 x 200 km. In diesem Gebiet weisen die zuständigen Behörden die Bevölkerung an, einen fensterlosen Raum für den Aufenthalt von zwei Stunden vorzubereiten und diesen eine Stunde vor dem Ereignis aufzusuchen. ABC-Betriebe in diesem Gebiet werden angewiesen, Massnahmen zur Sicherung der Anlagen zu treffen.

In der Folge erhalten Behörden auf Stufe Bund und Kantone ununterbrochen Anfragen von den Medien und der Bevölkerung für weitere Informationen. Im benannten Gebiet beginnt die Bevölkerung, ihre Häuser und Gebäude zu schützen und Fenster zu verbarrikadieren. Viele Menschen verlassen das Gebiet. Die Einsatzkräfte bereiten sich auf das Ereignis vor.

Ereignisphase

Der Meteoroid tritt an einem frühen Wintermorgen wie berechnet in stumpfem Winkel in die Erdatmosphäre ein. Er zerplatzt in der Atmosphäre in viele tausend Einzelteile. Dies führt zu einer enormen Druckwelle, die auf einer Fläche von 200 x 75 km zu Schäden führt. Eine Vielzahl von unterschiedlich grossen Meteoriten schlägt in besiedeltem Gebiet innerhalb eines elliptischen Streufelds von 6 km Breite und 75 km Länge auf. Auch eine kleine Stadt liegt im betroffenen Bereich. Der Meteoritenschauer führt zu zahlreichen kleineren und mittleren Kratern bis max. 6 m Tiefe und 30 m Breite.

Die Druckwelle und die einschlagenden Meteoriten führen zu erheblichen Sachschäden, v. a. an Fenstern von Gebäuden. Da es sich um besiedeltes Gebiet handelt, verursacht die Druckwelle auch einige Dutzend Personenschäden, v. a. durch splitterndes Glas.

Viele Personen stehen aufgrund des ungewöhnlichen Ereignisses unter Schock.

Kurz nach dem Einschlag bricht das Mobilfunknetz im ganzen östlichen Mittelland wegen Überlastung zusammen, Verbindungen übers Internet sind deutlich verlangsamt.

Direkt nach dem Ereignis beginnen die Einsatzkräfte mit der Arbeit und verschaffen sich ein Bild der Lage. Erste Massnahmen werden ergriffen.

Da die betroffene Fläche sehr gross ist und die Telefonie aufgrund Überlastung nur eingeschränkt möglich ist, können die Rettungskräfte nicht in allen Fällen gleich verständigt werden, so dass einige Verletzte auf eine Erstversorgung aus der Bevölkerung angewiesen sind. Innerhalb von rund 12 Stunden sind alle Verletzten geborgen und versorgt. Care-Teams kümmern sich um Personen, welche Hilfe benötigen.



Regenerationsphase Die Schäden an Gebäuden, die durch die Druckwelle entstanden sind, werden zunächst provisorisch repariert. Fenster und Türen müssen abgedichtet werden, um die Häuser vor Eindringen der winterlichen Temperaturen zu schützen. Es dauert mehrere Monate, bis alle Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen beseitigt sind.

Das Ereignis und vor allem dessen Folgen werden von mehreren Personen gefilmt und die Filme werden rasch weltweit verbreitet.

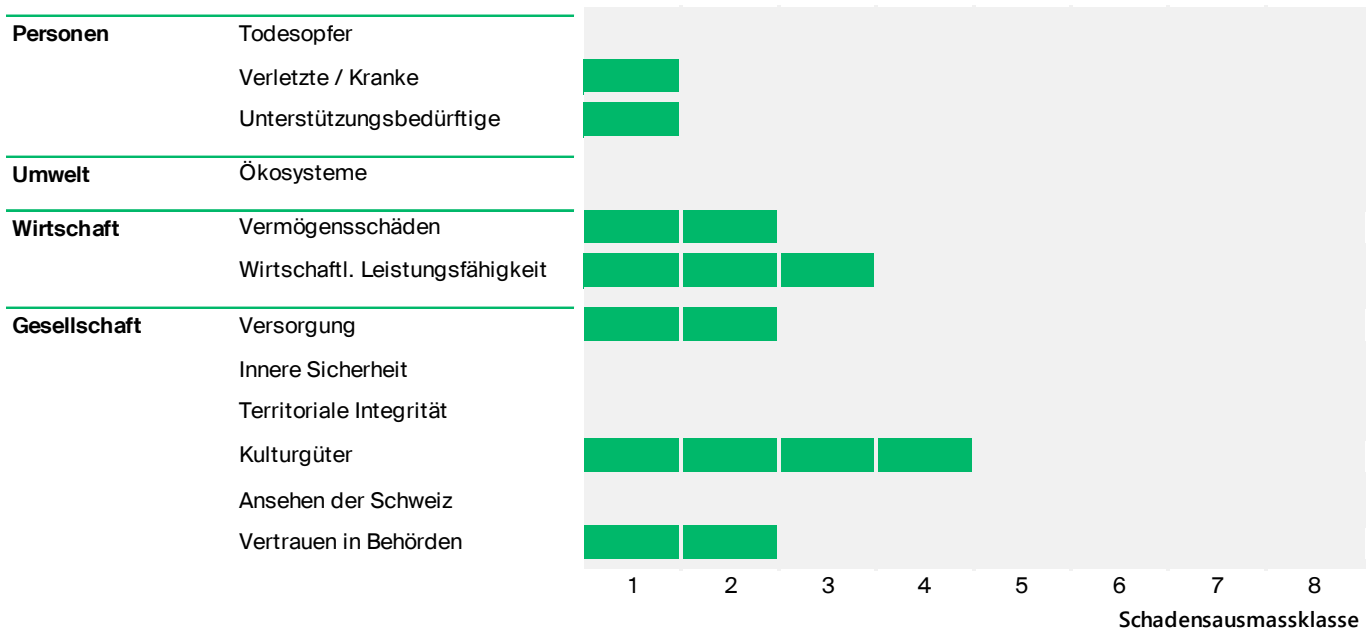
Zeitlicher Verlauf Die Ereignisphase dauert rund 12 Stunden. Die Regenerationsphase dauert inkl. des Wiederaufbaus zerstörter Gebäude und Infrastrukturanlagen mehrere Monate.

Räumliche Ausdehnung Die Einwirkung durch die Meteoriten beschränkt sich auf ein elliptisches Streufeld von 6 km Breite und 9 km Länge. Die Druckwelle führt auf einer Fläche von 200 x 75 km zu Schäden vor allem an Fenstern, Dächern und Fassaden.



Auswirkungen

Um die Auswirkungen eines Szenarios abzuschätzen, werden zwölf Schadensindikatoren aus vier Schadensbereichen untersucht. Das erwartete Schadensausmass des beschriebenen Szenarios ist im Diagramm zusammengefasst und im nachfolgenden Text erläutert. Pro Ausmassklasse nimmt der Schaden um den Faktor drei zu.



Personen Die Meteoriten, herumfliegende Trümmer, Glassplitter oder Gegenstände verletzen Dutzende Personen, welche die Warnung der Behörden ignorierten und die Verhaltensmassnahmen nicht befolgten. Die Verletzungen sind z. T. lebensgefährlich. Wenige Personen, die das Ereignis beobachteten, erleiden durch den grellen Lichtblitz bei der Explosion des Meteoriten Schäden an den Augen.

Ein Teil der Bewohner des betroffenen Gebiets muss übergangsweise bei Bekannten oder in Notunterkünften untergebracht werden.

Todesopfer sind aufgrund der Warnung und Vorinformation keine zu beklagen. Es kommt aber zu einigen Dutzend Verletzten. Wenige Personen müssen während weniger Tage betreut werden.

Umwelt Durch die Druckwelle entstehen Schäden an Wald und Grünanlagen. Für die Ökosysteme stellen diese Einwirkungen zwar Störungen, aber keine eigentlichen Schäden dar. Störfälle mit Gefahrgütern werden nicht ausgelöst.

Wirtschaft Betriebe und Geschäfte im benannten Schadensgebiet treffen vor dem Ereignis Massnahmen, um ihre Geschäftstätigkeit auch nach dem Ereignis möglichst



sicherzustellen. Am Tag des Ereignisses werden die meisten Geschäfte und Betriebe im erwarteten Schadensgebiet geschlossen.

Bei der Explosion des Meteoriten entstehen durch die Druckwelle, die Meteoriten und herumfliegende Gegenstände Schäden an Gebäuden und Fahrhabe. Auch Infrastrukturen wie Strassen etc. werden im Streufeld durch Meteoriten beschädigt.

Verschiedene im Streufeld der Einschläge lokalisierte Gewerbebetriebe erleiden Einbussen infolge von Schäden, Personalausfällen oder Einschränkungen bei der An- oder Auslieferung.

Die gesamten Bewältigungskosten und Vermögensschäden werden auf rund 60 Mio. CHF geschätzt. Aufgrund von Betriebsunterbrüchen und gesperrten Verkehrswegen wird mit einer Reduktion der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit von rund 270 Mio. CHF gerechnet.

Gesellschaft

Der Zeitraum von der Bekanntgabe des Ereignisses bis zum Eintritt des Meteoroids in die Erdatmosphäre ist geprägt von Nervosität in der Bevölkerung. An den Darstellungen der Behörden und den vorgeschlagenen Verhaltensmassnahmen wird öffentlich gezweifelt. Die Bevölkerung ist verunsichert. Es kommt auch zu panischen Reaktionen. Das Sicherheitsdispositiv im betroffenen Gebiet wird erhöht.

Am Ereignistag wird der öffentliche Verkehr im erwarteten Schadensgebiet eingestellt. Auch interregionale Zugverbindungen, die durch das potenzielle Schadensgebiet führen, werden für den Verkehr unterbrochen, der Fernverkehr umgeleitet. Der Luftraum ist gesperrt. Flüge werden umgeleitet oder annulliert.

Während des Ereignisses ist das Mobilnetz im Gebiet wegen Überlastung vorübergehend unterbrochen.

Verschiedene Strassen und Bahnlinien sind auch nach dem Ereignis vorübergehend nicht passierbar, da Bäume oder Gegenstände infolge der Druckwelle die Verkehrswege blockieren und zuerst weggeräumt werden müssen. Vereinzelt sind die Infrastrukturen auch von Meteoriten-Einschlägen beschädigt.

Insbesondere Gewerbegebäude, deren Glastüren und Fenster durch die Druckwelle zerstört wurden, müssen temporär bewacht werden, um Diebstählen vorzubeugen.

Im Nachgang des Ereignisses wird in den Medien diskutiert, ob die Absturzstelle im Vorfeld nicht genauer hätte identifiziert werden können und ob eine Evakuierung nicht angebracht gewesen wäre.

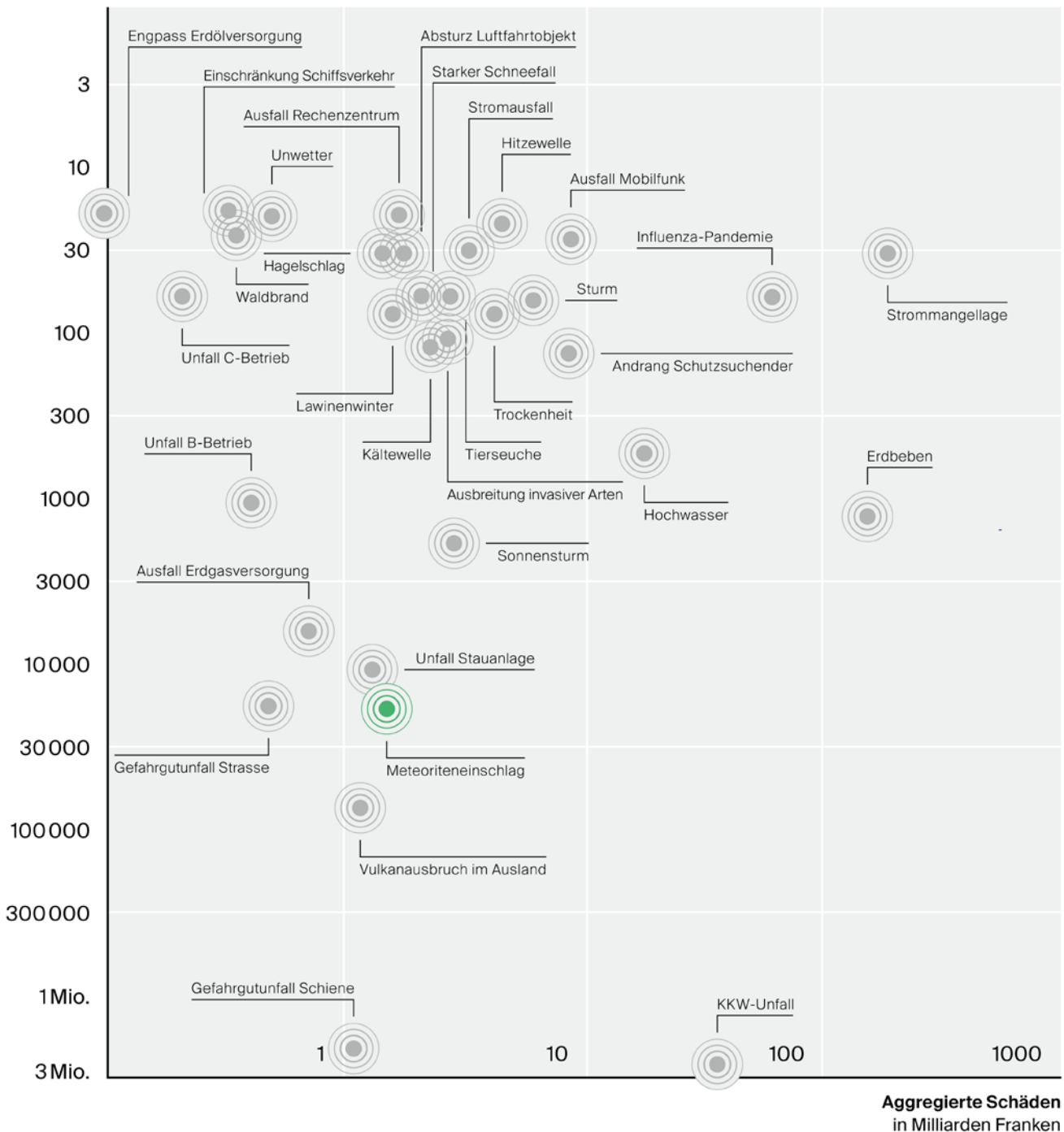
Durch das Ereignis werden auch Kulturgüter beschädigt.



Risiko

Das Risiko des beschriebenen Szenarios ist zusammen mit den anderen analysierten Szenarien in einer Risikomatrix dargestellt. In der Risikomatrix ist die Eintrittswahrscheinlichkeit als Häufigkeit (1-mal in x Jahren) auf der y-Achse (logarithmische Skala) und das Schadensausmass aggregiert und monetarisiert in CHF auf der x-Achse (ebenfalls logarithmische Skala) eingetragen. Das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass stellt das Risiko eines Szenarios dar. Je weiter rechts und oben in der Matrix ein Szenario liegt, desto grösser ist dessen Risiko.

Häufigkeit
einmal in x Jahren





Rechtliche Grundlagen

- | | |
|-------------------------------|---|
| Gesetz | – Bundesgesetz über den Bevölkerungsschutz und den Zivilschutz (Bevölkerungs- und Zivilschutzgesetz, BZG) vom 20. Dezember 2019; SR 520.1. |
| Verordnung | – Verordnung über den Zivilschutz (Zivilschutzverordnung, ZSV) vom 5. Dezember 2003; SR 520.11.
– Verordnung über den Bundesstab Bevölkerungsschutz (VBSTB) vom 2. März 2018; SR 520.17. |
| Weitere rechtliche Grundlagen | – Revidiertes Übereinkommen zwischen bestimmten Mitgliedstaaten der Europäischen Weltraumorganisation und der Europäischen Weltraumorganisation über das Sondervorhaben Esrange und Andøya betreffend den Start von Höhenforschungsraketen und -ballonen.; SR 0.425.11.
– Vertrag über die Grundsätze zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums einschliesslich des Mondes und anderer Himmelskörper; SR 0.790. |



Weiterführende Informationen

- Zur Gefährdung
- Bühler, R. W. (1988): Meteorite. Urmaterie aus dem interplanetaren Raum. Birkenhäuser, Basel.
 - Chapman, C. R. (2013): Calibrating Asteroid Impact. Science Vol 342.
 - Collins, G. S. / Melosh, H. J. / Marcus, R. A. (2005): Earth Impact Effects Program. A Web-based computer program for calculating the regional environmental consequences of meteoroid impact on Earth. Meteoritics & Planetary Science, Vol. 40 / 6.
 - Drolshagen, G. / Koschny, D. (2013): Asteroid Hazards. European Space Operation Center (ESOC), Darmstadt.
 - Grady, M. M. (2000): The Catalogue of Meteorites. Cambridge University Press, Cambridge.
 - Popova, O. P. / Jenniskens, P. u. a. (2013): Chelyabinsk Airburst, Damage assessment, Meteorite Recovery, and Characterization. Science Vol. 342.
 - Schultz, L. / Schlüter, J. (2012): Meteorite. Primus Verlag, Darmstadt.

-
- Zur nationalen Risikoanalyse
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2020): Bericht zur nationalen Risikoanalyse. Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020. BABS, Bern
 - Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2020): Methode zur nationalen Risikoanalyse. Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020. Version 2.0. BABS, Bern.
 - Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2020): Welche Risiken gefährden die Schweiz? Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020. BABS, Bern.
 - Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2019): Katalog der Gefährdungen. Katastrophen und Notlagen Schweiz. 2. Auflage. BABS, Bern.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS

Guisanplatz 1B
CH-3003 Bern
risk-ch@babs.admin.ch
www.bevoelkerungsschutz.ch
www.risk-ch.ch