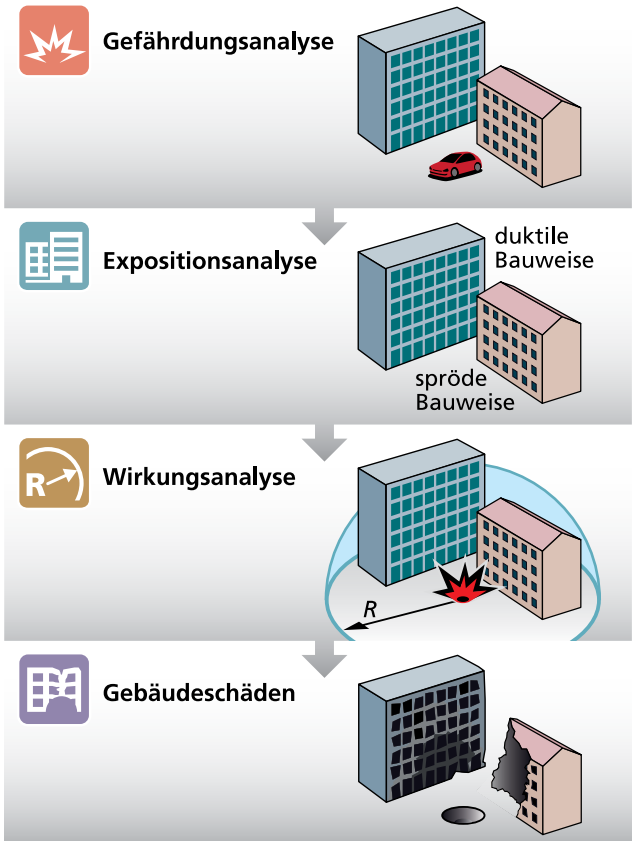
BESCHAFFUNG UND TECHNOLOGIE

Gebäudeschäden durch Explosionswirkungen

Terrorangriffe können eine relevante Bedrohung für Infrastruktureinrichtungen darstellen. Anschläge mit Explosivstoffen sind dabei aufgrund der grossen mechanischen sowie psychologischen Wirkung ein von Terroristen bevorzugtes Mittel. Die Gefährdungen und Wirkungen von Sprengsätzen – im englischen Sprachgebrauch als Improvised Explosive Devices (IED) bezeichnet – lassen sich mithilfe eines von der Studiengruppe Schutz Infrastruktur Militär (SG SIM) erarbeiteten Handbuchs abschätzen. Die Studiengruppe von armasuisse Immobilien ist das Fachkompetenzzentrum des VBS für den baulichen Schutz gegen Waffenwirkungen.

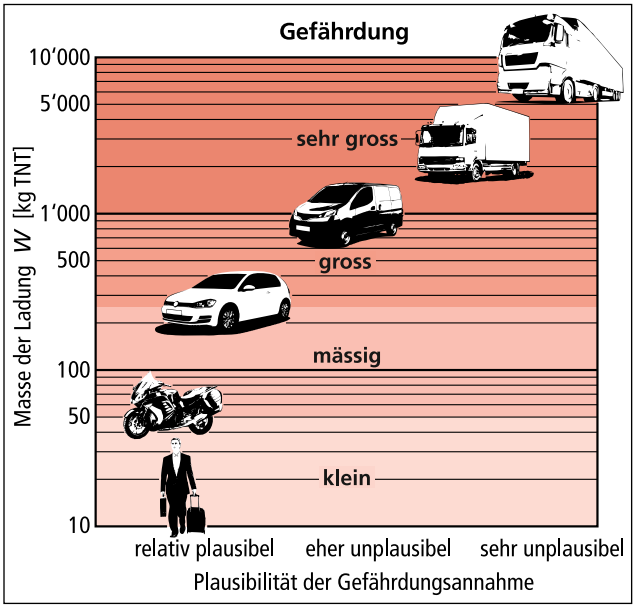
Die Wirkungen von Explosionen in urbanen Gebieten und die bei einem Anschlag mit einem IED zu erwartenden Gebäudeschäden lassen sich mit dem von der SG SIM erarbeiteten Handbuch einfach abschätzen. Bei einer differenzierten Analyse der Explosionsmechanik, der Luftstossausbreitung und der Strukturdynamik stellt die Prognose von Schäden an Hochbauten infolge von Explosionswirkungen ein komplexes Problem dar. Solche Analysen erfordern vertiefte, sehr spezifische Fachkenntnisse sowie umfangreiche Grundlagen. Sie sind darum äusserst aufwändig und für eine praktische Abschätzung kaum geeignet. Das nachfolgend vorgestellte Hilfsmittel ist anwendungsorientiert aufgebaut und ermöglicht es, die bei einer Explosion zu erwartenden Schäden an Infrastrukturbauten einfach und pragmatisch abzuschätzen. Das Handbuch ist damit eine praktische Grundlage sowohl für die Durchführung von Risikoanalysen als auch für die Planung von Schutzmassnahmen.



Elemente der Risikoanalyse

Gefährdungsanalyse

Damit im Rahmen von Risikoanalysen die Gebäudeschäden infolge von Explosionswirkungen abgeschätzt werden können, müssen in einem ersten Schritt die Gefährdungen beurteilt und festgelegt werden. Sie werden mit der zur Explosion gebrachten Explosivstoffmenge W (Ladung) beschrieben. Bei Sprengsätzen, welche von Personen am Körper, in Taschen oder Rucksäcken getragen werden – sogenannte Person-Borne Improvised Explosive Devices (PBIED) – ist von Ladungen von 10 bis 30 kg TNT-Äquivalent auszugehen. Bei Fahrzeugbomben bzw. Vehicle-Borne Improvised Explosive Devices (VBIED) sind Ladungen von einigen hundert (Personenwagen) bis einigen tausend (Lastwagen) Kilogramm TNT denkbar.



Gefährdungsanalyse

Expositionsanalyse

Die durch die Luftstossbelastung bei einer Explosion zu erwartenden Gebäudeschäden sind massgeblich von der Gebäudekonstruktion abhängig. Da es im Rahmen einer Risikoanalyse kaum möglich sein wird, für alle Bauten in einem urbanen Gebiet die Konstruktionsarten zu eruieren und entsprechend zu berücksichtigen, werden im Sinne des einfachen und pragmatischen Ansatzes nur Gebäude mit duktiler (zäher) und solche mit spröder Bauweise unterschieden. Üblicherweise

Gebäude mit duktiler Bauweise

Gebäude mit spröder Bauweise

Bauweisen von Gebäuden

können dabei Stahlbeton- und Stahlbauten als vorwiegend duktil bezeichnet werden, während sich Gebäude mit Tragwerkselementen aus Mauerwerk normalerweise spröde verhalten. Diese Unterscheidung kann in den meisten Fällen bereits anhand einer visuellen Beurteilung erfolgen, wobei beispielsweise moderne Gebäude im Allgemeinen als duktil, ältere und historische Bauten oft als spröde einzustufen sind.

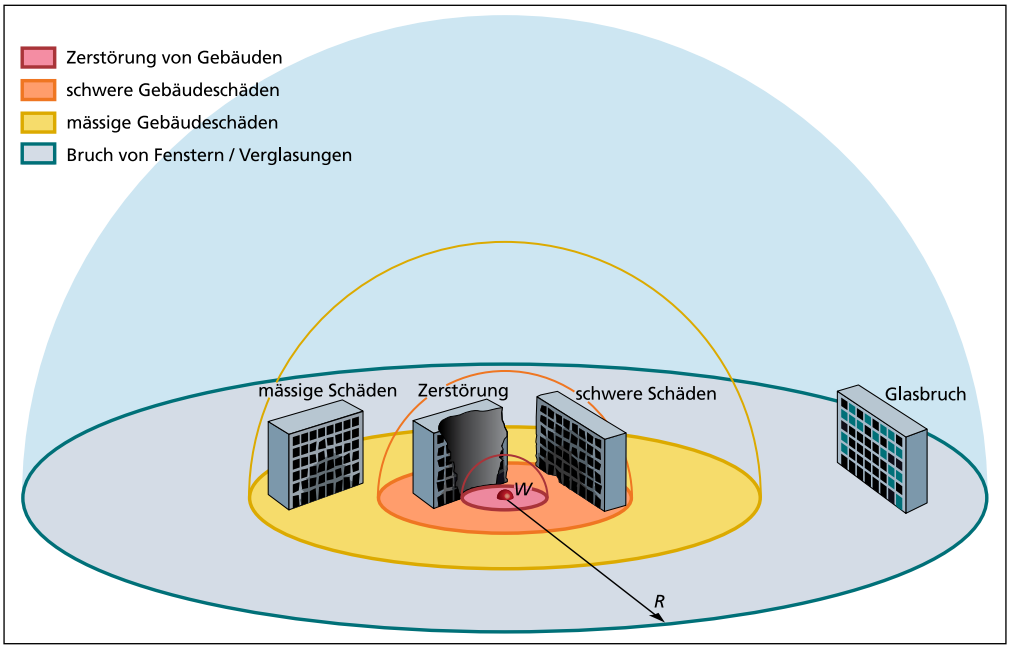
Wirkungsanalyse

Die Wirkungsbereiche, in denen die Luftstossbelastung einer Explosion Gebäudeschäden verursacht, werden durch Schadenradien definiert. Mithilfe des Handbuchs können die mit R bezeichneten Schadenradien in Abhängigkeit des TNT-Äquivalents der Explosion (Masse der Ladung W) mittels Diagrammen bestimmt werden. Es werden dabei Schadenradien für unterschiedlich schwere Gebäudeschäden angegeben, wobei die folgenden Schadengrade definiert sind:

- Zerstörung von Gebäuden
- Schwere Gebäudeschäden
- Mässige Gebäudeschäden
- Bruch von Fenstern und Verglasungen

Bei zerstörten Bauten ist die Gebäudehülle vollständig zerstört beziehungsweise weggerissen. Das Gebäudetragwerk weist sehr schwere Schäden auf und hat teilweise oder ganz versagt. Auch nicht eingestürzte Gebäude sind stark einsturzgefährdet. Eine Reparatur ist nicht möglich und derart beschädigte Bauten müssen abgerissen werden.

Bei schwer beschädigten Gebäuden ist die Gebäudehülle, insbesondere auf der Explosionsseite, sehr schwer beschädigt. Das Tragwerk weist partiell erhebliche Schäden auf, hat jedoch nicht versagt. Gebäude mit schweren Schäden müssen



Wirkungsanalyse mit Schadenradien für verschieden schwere Gebäudeschäden

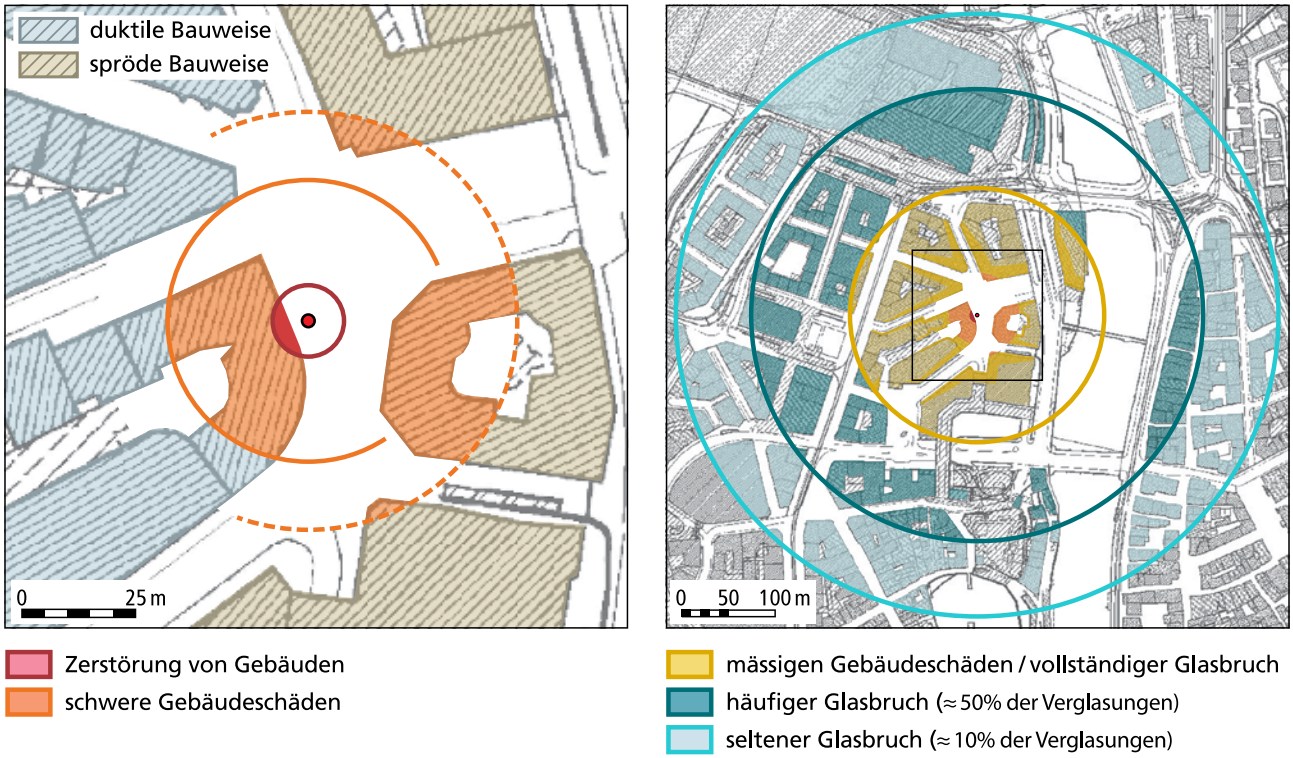
BESCHAFFUNG UND TECHNOLOGIE

in zahlreichen Fällen abgerissen werden, da eine Instandsetzung aufwändig und oft nicht wirtschaftlich machbar ist.

Mässig beschädigte Gebäude weisen Schäden an der Gebäudehülle, primär an der gegenüber der Explosion exponierten Fassade, auf. Das Tragwerk weist dagegen keine die Tragsicherheit gefährdenden Schäden auf. Das Gebäude kann vorübergehend aber nicht genutzt werden, da es überprüft, repariert und instand gesetzt werden muss.

Das Modell zur Prognose des bei einer Explosion zu erwartenden Schadenbilds an Gebäuden basiert auf einer schweizerischen respektive europäischen Bauweise und Bebauungsstruktur. In den abgebildeten Kartenausschnitten ist beispielhaft das bei der Explosion einer Fahrzeugbombe (VBIED) in einem Personenwagen im Zentrum einer Schweizer Stadt zu erwartende Schadenbild dargestellt. Im Beispiel erkennt man, dass die Gebiete, in denen mit dem Bruch von Fenstern und Verglasungen zu rechnen ist, sehr ausgedehnt sind. Dies ist insbesondere auch deshalb von Bedeutung, weil Splitter von geborstenen Verglasungen eine der Hauptursachen für Verletzungen von Personen darstellen.

Das Handbuch «Gebäudeschäden durch Explosionswirkungen in urbanen Gebieten» ist ein unkompliziert und praktisch nutzbares Hilfsmittel, mit welchem Risikobeurteilungen für Infrastrukturbauten durchgeführt und Schutzmassnahmen geplant werden können. Das Handbuch wurde von der Studiengruppe Schutz Infrastruktur Militär (SG SIM) erarbeitet.



Beispiel für die infolge der Explosion einer Fahrzeugbombe (VBIED) im Zentrum einer Schweizer Stadt zu erwartenden Gebäudeschäden

Markus Jaun und Daniel Schuler