Waffenwirkung an Wohngebäuden

Text **Philipp Meuser**

Der Einsatz von Raketen und schweren Waffen im russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine führt zu Zerstörungen, die in Europa seit dem Zweiten Weltkrieg unbekannt waren. Während die Wucht der Detonationen eingeschossige Wohnhäuser oft komplett zerstört, dokumentieren Ingenieure an mehrgeschossigen Bauten und Hochhäusern Schadensbilder, die in der Literatur des Militärs oder des Zivilschutzes allenfalls abstrakt beschrieben sind. Die erforderlichen Lösungsansätze sind jedoch so individuell, dass die Nothelfer ihr Wissen über Statik, Brandschutz und materielle Sicherheit bündeln müssen. Bei vielen Wohnbauten stoßen sie bei ihren Maßnahmen aber auf den Widerstand der Bewohner. Denn nicht immer ist die Trägheit des Konstruktionssystems nach einem Raketentreffer sichtbar. Dann wird die Bewertung der Waffenwirkung zugleich ein Balanceakt zwischen der risikoreichen Weiternutzung und einer entbehrungsreichen Räumung der eigenen vier Wände.

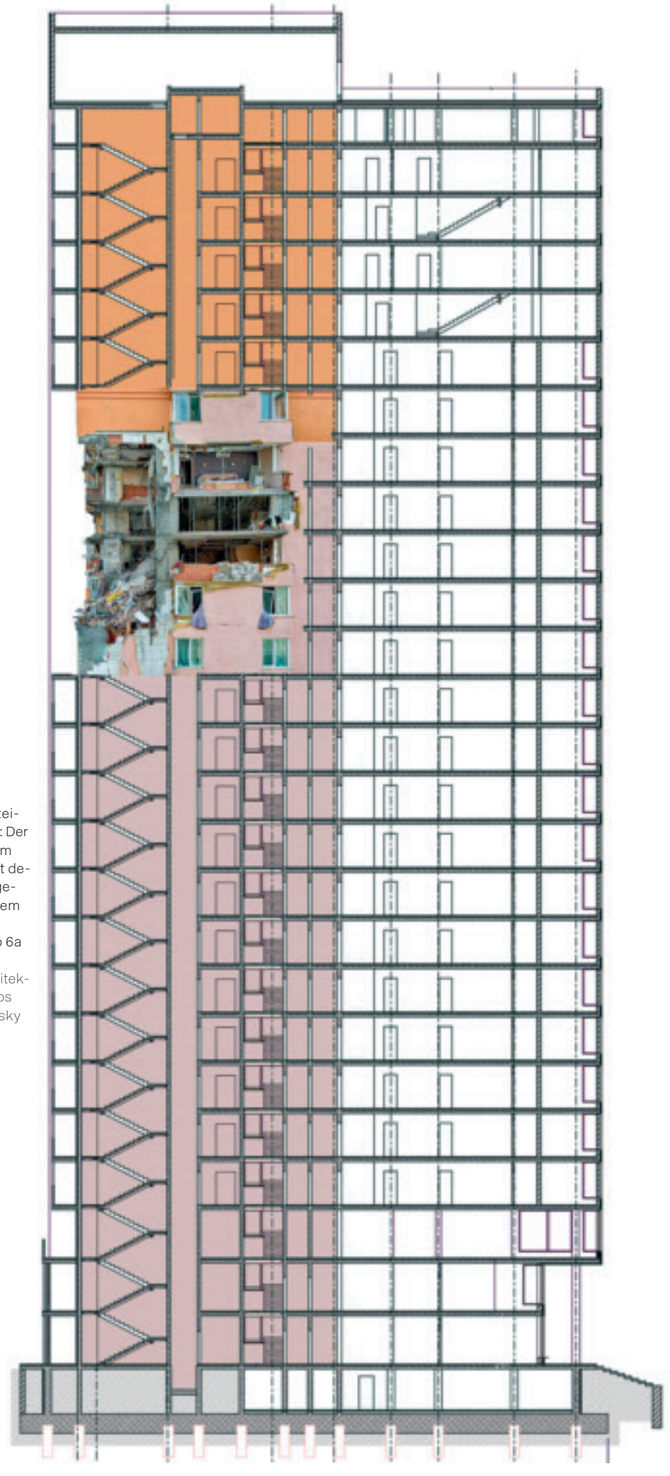
Am 26. Februar 2022 stand die russische Armee vor den Toren Kyjiws. Von Norden, von belarussischem Staatsgebiet waren Bodentruppen vorgerückt. Ziel war es, binnen weniger Tage die Flughäfen und Landebahnen rund um die ukrainische Hauptstadt einzunehmen, so dass weitere Verbände über den Luftweg in den Kampf geschickt werden konnten. Doch schon bald stellte sich heraus, dass die Zielunsicherheit der eingesetzten Waffen samt der Unerfahrenheit ihrer Bediener zu einer tödlichen Gefahr für Zivilisten werden konnte. An jenem Tage morgens um acht Uhr traf eine Rakete das Wohnhochhaus in der Lobanoskovskogo-Straße 6a. Der Flugbahn zufolge galt dieser Angriff dem Kyjiwer Stadtflughafen mit dem IATA-Code IEV, einen guten Kilometer Luftlinie südöstlich gelegen. Das Geschoss, möglicherweise ein Marschflugkörper des Typs Iskander, detonierte bei seinem Einschlag jedoch nicht. Das zeigen die fehlenden Brandspuren in den vier zerstörten Etagen auf Ebene 16 bis 19. Dass in Videos des Angriffs trotzdem ein Feuerblitz zu sehen ist, zeigt die Wucht samt einer Entladung der kinetischen Energie.

Das 25-geschossige Hochhaus ist seitdem unbewohnt. Die von der Stadtverwaltung beauftragten Statiker empfahlen die sofortige Räumung aufgrund einer Einsturzgefahr. Inzwischen trug eine Abrissfirma die Fassaden und Innenwände über der Einschlagstelle ab. Wären nicht die fehlenden Stellen im Wärmedämmverbundsystem der unteren Geschosse sowie die unter der Last bereits verbogenen Stahlstütze als Notfallmaßnahme – ein baufachlich ungeübtes Auge würde die Szenerie als Baustelle oder Umbaumaßnahme wahrnehmen. Ein Besuch des 18. Obergeschosses zeigt das Ausmaß der Zerstörung. Die 40 Zentimeter dicken Wandscheiben, die die Lasten vertikal abtragen, sehen nach der Havarie wie Gabionenkörbe aus. Nur die Stahlbewehrung hält die zerbrochenen Betontrümmer noch zusammen. Dass das Haus trotz der fehlenden Ecke, die wie herausgebissen aussieht, nicht zusammengebrochen ist, hängt mit dem direkten Tragsystem des Hochhauses zusammen. Um einen starren Kern sind Wandscheiben angeordnet, die dem Gebäude eine innere Steifigkeit verleihen. Diese Konstruktionselemente zu ersetzen, ist nun vorrangiges Ziel dieser neuen Bauaufgabe lokaler Ingenieure und Baufirmen. Die Kosten, die über einen Fond der Kyjiwer Stadtverwaltung finanziert werden, schätzt der Architekt Bohdan Kryzhanovsky auf umgerechnet etwa eine halbe Million Euro. Sein Vater, der in einer der zerstörten Wohnungen lebte, hatte an jenem Morgen Glück – er war bereits zur Arbeit aufgebrochen. Zwei Nachbarn überlebten jedoch nicht. Nun will Kryzhanovsky mit Hilfe von Anwälten vor ein Kriegsgericht ziehen, wenn auch mit geringer Aussicht auf Erfolg: „Wenn Russland wieder in die internationale Gemeinschaft zurückkehren möchte, werden sie für ihre Verbrechen zahlen müssen. Derzeit geht es nur darum, weiterzuarbeiten und nichts zu erwarten."

Die Grenzen der materiellen Sicherheit

Wer sich als Fachplaner mit der Gefahrenabwehr bei Gebäuden befasst, konzentriert sich auf die materielle Sicherheit. Während der Objektschutz mit Hilfe von Überwachungstechnik sowie Personal gewährleistet ist und der Lage angepasst werden kann, muss die materielle Sicherheit vor Planungsbeginn auf ein definiertes Szenario ausgerichtet sein. Da sich die Gefahr aber kurzfristiger ändern kann, als Planung und Errichtung eines Gebäudes darauf reagieren können, müssen Architekten und Ingenieure vom Worst-Case-Szenario ausgehen. Dabei geht es wie im Brandschutz immer darum, die Havarie oder den Angriff zu verzögern und den Schutzsuchenden möglichst viel Zeit zur Flucht oder zur Zuflucht zu gewähren. Für den in der Ukraine eingetretenen Kriegsfall erfüllen jedoch nur die wenigsten Bauten die Anforderungen gegen Bomben und Raketen. Auch wenn die Bauordnung die Kellergeschosse der Wohnhäuser seit der Sowjetzeit als Luftschutzräume definiert, sind die Menschen den plötzlichen Einschlägen nahezu hilflos ausgeliefert. Gegen Raketen schützen nur Spezialkonstruktionen aus Panzerstahl – aber auch diese versagen bei einem Direkttreffer. Die beste Verteidigung gegen einen Raketenangriff ist deshalb nicht die maximale Härtung der Fassade, sondern die Möglichkeit, einem solchen Angriff auszuweichen – durch vorherige Flucht oder einen psychologisch belastenden Daueraufenthalt in einem unterirdischen Bunker entsprechender Bauart und Tiefe.

Allgemeingültige Richtlinien oder Empfehlungen für den Schutz gegen explodierende Kriegswaffen zu formulieren, stellen eine besondere Herausforderung dar. Selbst bei Bauten gleicher Konstruktionsart hängt das Ausmaß der Zerstörungen von der Art der Waffe, des Sprengstoffs, der Trefferanzahl und der genauen Einschlagstelle ab. Hinzu kommt der bauliche Zustand des getroffenen Hauses. Auch wenn sich das Gros des ukrainischen Wohnungsbestands auf gut ein Dutzend weit verbreiteter Serientypen und Konstruktionsweisen reduzieren lässt, lassen sich Erfahrungen aus einer Stadt nicht auf eine andere Stadt übertragen. Die statischen Berechnungen eines Wohngebäudes sind allenfalls für das Tragverhalten bei einer Gasexplosion oder einem Feuer ausgelegt. Es gibt keine standardmäßige Simulation für den Einschlag eines Marschflugkörpers oder eine Fliegerbombe mit 500 Kilo Sprengkraft, die eine 2,5 Meter dimensionierte Stahlbetondecke durchschlägt. Die Waffenwirkung hängt dabei nicht linear von der Sprengkraft ab. Selbst eine Bombe mit der halben Sprengkraft durchschlägt noch eine zwei Meter dicke Stahlbetonplatte. Einer solchen Druckwelle und der durch die verursachte Explosion verursachten Hitze mit hochtemperiertem Feuer kann keine zivile Gebäudekonstruktion standhalten. Aber durch eine intelligente Planung und Anlage sondergeschützer Bauteile kann das Risiko der Letalität reduziert werden. Deutlich wird dies bei einem Vergleich von Schutzräumen im israelischen Wohnungsbau. Während nach Staatsgründung Bunker gegen Luftangriffe auf öffentlichen Plätzen positioniert wurden, sahen die Bauvorschriften ab den Siebzigerjahren die Ausbildung der Kellergeschosse als Luftschutzbunker vor. Heute gehört es zum Standard, dass innerhalb der eigenen Wohnung ein Bereich als Refugium mit Stahlbetonwänden ausgebildet wird.



Starrer Kern mit aussteifenden Wandscheiben: Der Raketentreffer, bei dem die Sprengladung nicht detonierte, biss eine viergeschossige Ecke aus dem Wohnhochhaus in der wul. Lobanoskovskogo 6a in Kyjiw.
Montage: Meuser Architekten auf Basis eines Fotos von Bohdan Kryzhanosky

Dass in einer Novellierung der ukrainischen Bauordnung eine vergleichbare Regelung getroffen wird, glaubt der Architekt Mykola Morozov: „Zukünftig werden wir Shelter besser direkt in den Apartments einplanen, nicht im Keller oder in der Tiefgarage. Wir müssen auf das Verhalten der Menschen bei wiederholten Luftalarmen eingehen.“ Als Projektleiter im Kyjiwer Büro Arkhimatika ist er verantwortlich für die Wohnanlage Fayna Town, unweit des Antonow-Werksflughafens im Nordwesten der ukrainischen Stadt. Am frühen Morgen des 23. März 2022 zerstörte eine russische Rakete drei Apartments. Ein halbes Jahr später sind die Schäden in dieser typischen ukrainischen Wohnimmobilie zwar nicht mehr sichtbar, aber der Schock sitzt den Bewohnern noch immer in den Knochen. Fayna Town gehört zu den Investitionsprojekten für die wachsende Mittelschicht mit aufwändig gestalteten Außenanlagen, Kinderspielplätzen sowie eigenen Sportanlagen und einem Freibad. Auch wenn die Stellplätze in der Tiefgarage unter den bis zu 20 Geschossen hohen Bauten von den Eigentümern mit Matratzen, Campingzelten und Wasserflaschen ausgelegt sind, verbringen nur noch wenige Personen die Nacht im unterirdischen Schutzraum. Die täglichen Alarmsirenen nehmen die Menschen in Kyjiw derzeit nur noch aktionslos wahr. Doch selbst ein Refugium auf der eigenen Etage, da ist sich Architekt Morozov sicher, kann nicht gegen jedes Szenario, etwa gegen einen Raketendirekttreffer schützen. „Aber ein solcher Raum in der vertrauten Umgebung hilft, ruhiger zu schlafen.“

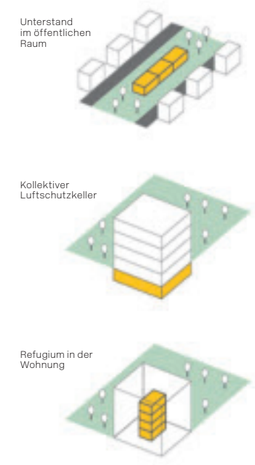
Zwei zerstörte Wohnbauten des Serientyps I-464A in der wul. Bogatyrska 20-21 in Kyjiw (oben) und in der wul. Zentralna 247a in Borodjanka (rechts). Während der Raketentreffer in der Plattenbau-Variante nur drei Panele und zwei Zwischendecken zertrümmerte, versagte in der Mauerwerks-Variante eine halbe Sektion. Montage: Meuser Architekten

Zerstörung auch abhängig von der Konstruktion

Grundsätzlich hängt der Zerstörungsgrad bei identischem Waffeneinsatz von der Konstruktionsart ab. Dabei gilt: Je monolithischer ein Gebäude, umso robuster verhält es sich gegenüber den Havariefällen Druckwelle und Feuer. Ein Ziegelbau hält einer Belastung durch Druckwellen weniger stand als eine Betonkonstruktion in Plattenbauweise oder als Monolithbau. Dasselbe gilt im Havariefall Erdbeben: Eine Mauerwerkswand weist bei seismischer Wirkung oft schräg verlaufende Risse auf, die das Tragverhalten nachteilig beeinflussen. Einschläge von größeren Projektilen oder Splittern führen zu vergleichbaren Schäden. Unabhängig von der Gebäudekonstruktion bleibt allerdings ein Risiko durch Glasbruch und Trümmer zerberstender Bauteile. Während sich die Verletzungsgefahr durch messerscharfe Splitter mit Hilfe von Schutzfolien auf der Innenseite der Scheiben reduzieren lässt, können Bruchstücke aus Wänden oder Decken vorher weder berechnet, noch kann gegen sie wirksam geschützt werden. Wo die materielle Sicherheit versagt, können nur organisatorische Maßnahmen vor Verletzung und Tod schützen. Doch wann ist der Moment erreicht, dass man seine Wohnung vor einer eventuellen Zerstörung verlässt? Die Erfahrung im Sicherheitsmanagement zeigt immer wieder: Entscheidungen und Handlungen erfolgen erst nach einer Relevanzerfahrung, also erst nachdem ein Ereignis eingetreten ist – im Kriegsfall meistens unerwartet und manchmal tödlich.

Gleichwohl das richtige Verhalten von Zivilisten bei einem Angriff mit schweren Waffen seit Ende des Kalten Kriegs nicht mehr flächendeckend geübt wird, sind Einheiten des Zivilschutzes für unaufschiebbare Instandsetzungsarbeiten ausgebildet. Dabei geht es einerseits um die schnelle Rettung und Bergung der Menschen. Andererseits gilt es, katastrophale Auswirkung der Havarien zu verhüten. Dazu gehören das Abstützen und Aussteifen oder der Abriss von beschädigten und einsturzgefährdeten Konstruktionen. Wenn also zeitnah nach einem Raketeneinschlag Räumtrupps nicht mehr fest verankerte Bauteile entfernen oder das Gebäude komplett abreißen, steht die Sicherheit für die verbliebenen Bewohner oder Passanten im Fokus und nicht ein eiliges Unsichtbarmachen der Schäden im Stadtbild. Hier zeigt sich erneut der Grundsatz: Was die materielle Sicherheit nicht mehr leisten kann, muss durch organisatorischen Maßnahmen kompensiert werden. Der ukrainische Ingenieur Dmytro Makagon kommt zu dem Schluss: „Altbauten, dazu zählen auch die vielen Plattenbauten in der Ukraine, sind in keinster Weise gegen Druckwellen durch Bombenexplosionen oder gar Raketentreffer ausgelegt. Vor allem wenn ein Gebäude aus montierten Großtafeln in einem oberen Stockwerk beschädigt wird, kann das Gewicht der gelösten Betonplatte einen Lawineneffekt auslösen. Das Fehlen einer Platte kann dazu führen, dass das gesamte Segment zusammenbricht.“

Die Zerstörungen an den Gebäuden in der Ukraine werden zu neuen Erkenntnissen führen, ob und wie zukünftige Wohnbauten gegen unterschiedliche Waffenwirkungen ausgelegt werden müssen. Die Vorschriften für erdbebensicheres Bauen entlang der Schwarzmeerküste werden dafür eine Grundlage bieten können. Hinzu kommen Überlegungen, wie die besonders gefährdenden Gasleitungen so verlegt werden können, dass sie im Havariefall das Risiko einer Explosion reduzieren. In der Praxis umsetzbar müssen auch eventuelle Kriterien für eine Fassadenhärtung bleiben. Denn gerade der Schutz gegen Druckwellen führt zu exponentiellen Kostensteigerungen. Möglichweise werden Handbücher und Empfehlungen aus den Siebziger- und Achtzigerjahren dankbare Quellen darstellen. Seit über einer Generation galten solche Publikationen als Relikte einer vergangenen Zeit. Sie heute wieder zur Hand zu nehmen, erinnert an eine Epoche, in der der Zivilschutz eine zentrale staatliche Aufgabe war. Keine der Publikationen verzichtete auf eine ausführliche Erörterung von Waffenwirkungen in urbanen Räumen. Einfachste Formen eines Sandsacksplitterschutzes mit Regendach fanden sich darin ebenso wie die verheerende Wirkung einer Atombombenexplosion, bei der im Radius von 100 Kilometer Papier verbrennt. Zwar beschrieben die Lehrbücher schon die Wirkung von elektromagnetischen Impulsen, doch deren Ausmaß konnte vor 50 Jahren kaum erahnt werden. Eine Kernwaffenexplosion würde heute wohl neben der radioaktiven Strahlung auch das gesamte Datennetz zerstören und eine geordnete Notfallversorgung verhindern.

Zerstörtes Wohnhaus der Serie 121 in Borodjanka, wul. Zentralna 355. Der neungeschossige Plattenbau wurde durch mehrere Raketentreffer völlig zerstört. Städtische Bautrupps entfernten die Trümmer unmittelbar nach Ende der Kampfhandlungen.

Unten: Prinzipskizzen für sondergeschützte Bauteile
Abbildungen: Meuser Architekten (oben auf Basis eines Fotos von Oleksandr Burlaka)