



Rüstungsdirektion-
Amt für Rüstung und Wehrtechnik
Abteilung Pioniertechnik
AG VORGARTENSTRASSE
Vorgartenstraße 225,
1024 WIEN
Tel.: **5200 DW 30810** Fax.: **DW 17137**

Sachbearbeiter:
MjrdhmtD Mag. Johann
GRASS
DW 30840
email: rdarwt.pt@bmlv.gv.at

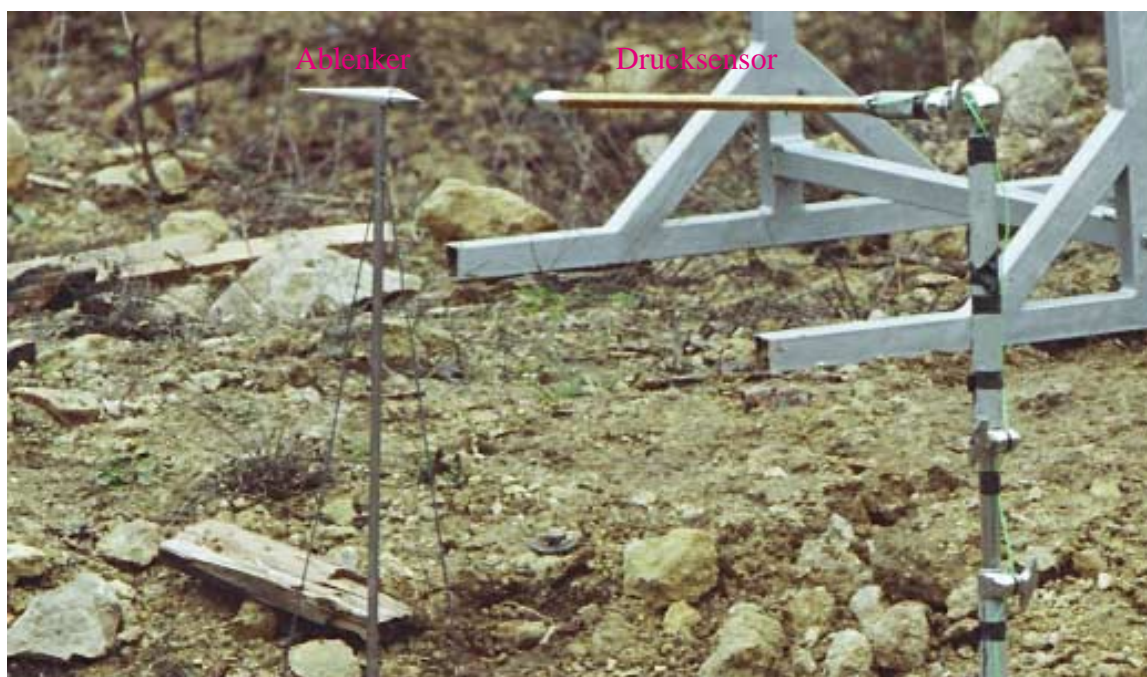
Allgemeines

Im Rahmen der Marktbeobachtung für das MILKdo WIEN zur nachträglichen Härtung von Objekten wurde die Abteilung Pioniertechnik des Amtes für Rüstung und Wehrtechnik auf Produkte der deutschen Fa. HAVERKAMP aufmerksam. Die österreichische Vertretung erklärte sich mit dem Überlassen von Versuchsmaterial für eine praktische Erprobung am Tüpl BRUCK/NEUDORF einverstanden.

Material & Methode

Die praktischen Versuche in zwei Blöcken wurden am 05. 02. 2004 am Sprengplatz *TEUFELSJÖCH*, Tüpl BRUCK NEUDORF durchgeführt. Der Durchmesser des gesamten Areals beträgt ca. 100 m. Die Begrenzungen bestehen teilweise aus aufgeschüttetem Geröll oder Fels (Höhe bis ca. 10 m hoch). Die Druckmessungen (Drucksensor Kistler 701A; SerienNr. 965959) wurden über einen Ladungsverstärker (Kistler 5038; SerienNr. 958104; Skalierung 5bar = 1V) mit einem "portable" Computer (A/D Karte ATIMOS16x-E2) aufgenommen. Die Abtastrate des Messsignals ("sample rate") wurde mit 50 kHz eingestellt. Jedoch ist zu beachten, dass die Dämpfung des Ladungsverstärkers bei 10 kHz -3dB beträgt, d. h. höherfrequente Signalanteile werden entsprechend stärker in der Amplitude gedämpft, oder nicht erfasst.

Um eine direkte Beschädigung des Drucksensors durch Splitter zu verhindern, wurde vor dem Drucksensor (Abstand ca. 15 cm) ein sogenannter Ablenker (siehe nachfolgende Abb.) aufgestellt.



Versuchsblock 1: Schuss-, Wurf und Brandversuche

Versuch 1: Schuss mit 9 mm PARA (Vollmantel, Geschossmasse=8.0 g, $v_{\text{mittel}}=410$ m/s) mit Schusswinkel (30°) zur Zielfläche (VSEG-Glas 8mm, verstärkt **mit Folie**)

Versuch 2: Schuss mit 9 mm PARA (Vollmantel, Geschossmasse=8.0 g, $v_{\text{mittel}}=410$ m/s) mit Schusswinkel (30°) zur Zielfläche (Fensterglas, 3 mm, ohne Folie)

Versuch 3: Schuss mit 9 mm PARA (Vollmantel, Geschossmasse=8.0 g, $v_{\text{mittel}}=410$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, ohne Folie)

Versuch 4: Schuss mit 9 mm PARA (Vollmantel, Geschossmasse=8.0 g, $v_{\text{mittel}}=410$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, **mit Folie**)

Versuch 5: Schuss mit 357 Magnum (Vollmantel, Geschossmasse=10.25 g, $v_{\text{mittel}}=420$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, ohne Folie)

Versuch 6: Schuss mit 357 Magnum (Vollmantel, Geschossmasse=10.25 g, $v_{\text{mittel}}=420$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, **mit Folie**)

Versuch 7: Schuss mit 44 Magnum (Vollmantel, Geschossmasse=15.6 g, $v_{\text{mittel}}=440$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, **mit Folie**)

Versuch 8: Schuss mit 223 Remington (Vollmantel, Spitzprojektil, Geschossmasse=3.6 g, $v_{\text{mittel}}=1006$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (durchschusshemmende Platte, Plattenstärke 19 mm, Plattengewicht 18 kg/m²)

Versuch 9: Wurf (insgesamt 7 in der Reihenfolge Eisenwurfkörper 400 g (endend), Brandflasche) auf Holzkastfenster, Typ *Wr. Kastenfenster*, 3 mm Fensterglas, Härtung *mit Folie* auf Innenseite Ebene 1

Versuch 10: Wurf mit 400 g Eisenwurfkörper auf Autoscheibe liegen, 6 mm Sicherheitsglas, ohne Folie

Versuch 11: Wurf mit 400 g Eisenwurfkörper auf Autoscheibe liegen, 4 mm Sicherheitsglas, **mit Folie**

Versuch 12: Wurf mit 400 g Eisenwurfkörper auf Autoscheibe eingebaut in Autotür, 4 mm Sicherheitsglas, **mit Folie**

Versuchsblock 2: Sprengversuche

Versuch 1: Einfachglas 4 mm mit Folie im Rahmen in Entfernung von 3 m auf Splitterhandgranate (gelbe Umrahmung) SplHGr 84 ÖBH



Versuch 2: symmetrischer Zielaufbau; im Abstand von 15 m zu einer Panzermine PzMi 75 ÖBH (ca. 7 kg TNT) befinden sich zwei Fensterrahmen mit Isolierverglasung, auf Innenseite der Ebene 1 mit Folie verstärkt. Die Fenster wurden dabei mit Rahmen in einen Metallrahmen mit hoher Eigenmasse fixiert. Die Druckmessung ist quer zur Achse Fenster 1 - PzMi 75 - Fenster 2 angeordnet.

Versuch 3: symmetrischer Zielaufbau wie bei Sprengversuch 2; im Abstand von 10 m zu einer Panzermine PzMi 75 ÖBH (ca. 7 kg TNT) befinden sich zwei Fensterrahmen mit Isolierverglasung, auf Innenseite der Ebene 1 mit Folie verstärkt;



Versuch 4: symmetrischer Zielaufbau: Einfachglas 4 mm mit Folie im Rahmen; Wr. Holzkastenfenster mit 4 mm PROSECURAL verstärkt; Entfernung zur Splitterhandgranate SplHGr 84 ÖBH 1.5 m



Ergebnisse

Versuchsblock 1

Versuch 1: Schuss mit 9 mm PARA (Vollmantel, Geschossmasse=8.0 g, $v_{\text{mittel}}=410$ m/s) mit Schusswinkel (30°) zur Zielfläche (VSEG-Glas 8mm, verstärkt **mit Folie**);



Es zeigt sich deutlich der Materialverlust an der gehärteten Scheibe, es wird allerdings bei diesem Schusswinkel **kein Durchschlag** erzielt. Der Geller durchdringt die Indikatorscheibe.

Versuch 2: Schuss mit 9 mm PARA (Vollmantel, Geschossmasse=8.0 g, $v_{\text{mittel}}=410$ m/s) mit Schusswinkel (30°) zur Zielfläche (VSEG-Glas 8mm, verstärkt **mit Folie**);



Es zeigt sich ein deutlicher Einschuss, sowie ein erneuter Austritt des Projektils nach Abprall an der hölzernen Fensterbefestigung.

Versuch 3: Schuss mit 9 mm PARA (Vollmantel, Geschossmasse=8.0 g, $v_{\text{mittel}}=410$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, ohne Folie)

Versuch 4: Schuss mit 9 mm PARA (Vollmantel, Geschossmasse=8.0 g, $v_{\text{mittel}}=410$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, **mit Folie**)

Versuch 5: Schuss mit 357 Magnum (Vollmantel, Geschossmasse=10.25 g, $v_{\text{mittel}}=420$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, ohne Folie)

Versuch 6: Schuss mit 357 Magnum (Vollmantel, Geschossmasse=10.25 g, $v_{\text{mittel}}=420$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, **mit Folie**)



kein Durchschuss; An der Abbildung ist der unterschiedliche Materialverlust zwischen C3 Glas und C3 Glas mit Folie verstärkt, erkennbar.

Der höhere Energiegehalt der 357 Magnum zur 9 mm PARA ist ebenfalls an den erzielten Materialdeformationen optisch „ablesbar“ und im Versuch volumsmäßig bestimmbar.

Versuch 7: Schuss mit 44 Magnum (Vollmantel, Geschossmasse=15.6 g, $v_{\text{mittel}}=440$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (Kugelsicheres Glas, Klasse C3, **mit Folie**)



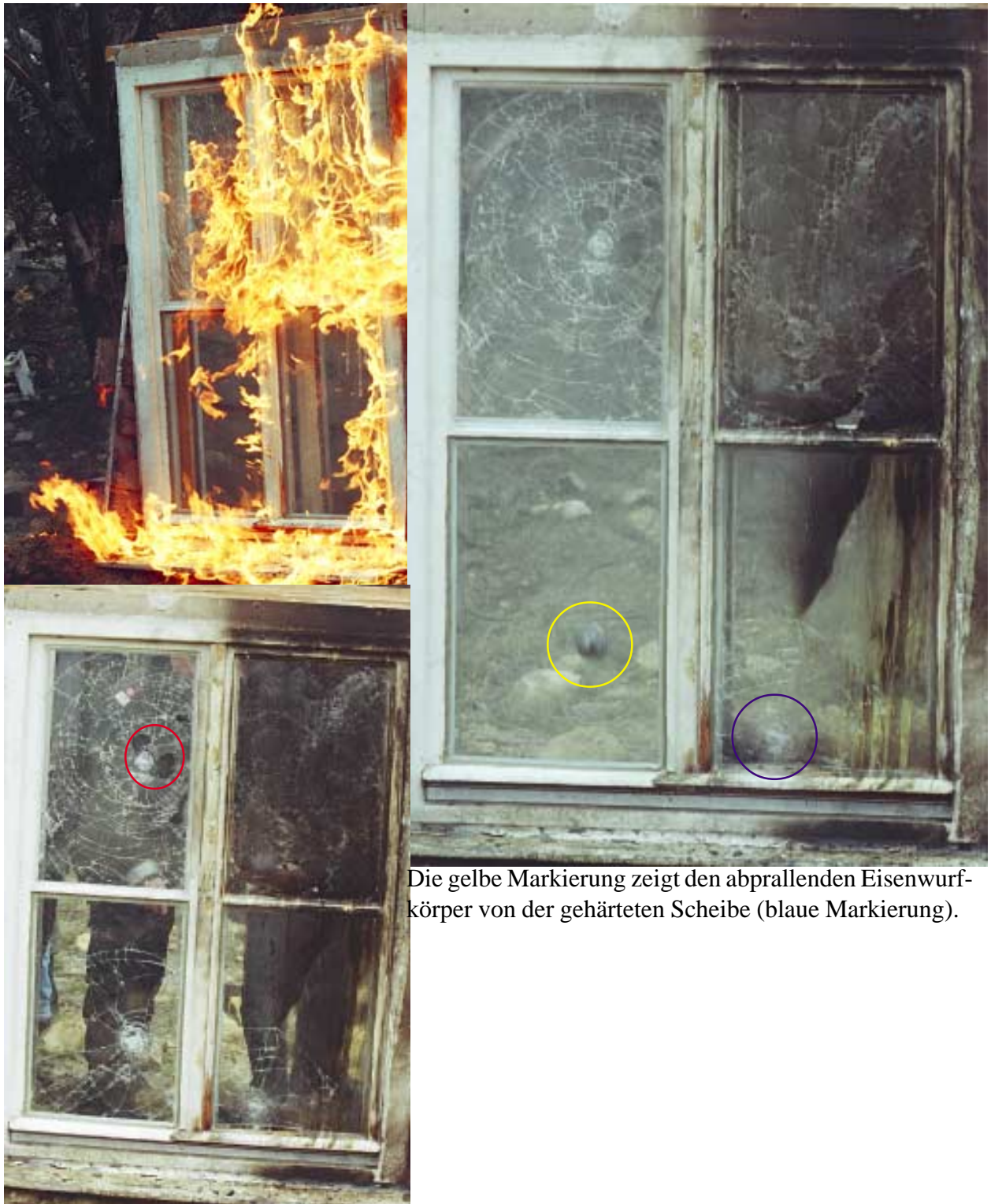
kein Durchschuss; Auch bei o. a. Beschuss zeigt sich auf Grund der gedämpften Schwingung ein verhältnismäßig geringer Materialverlust. Weiters wird durch die montierte Folie ein Splitterabgang ins Rauminnere verhindert.

Versuch 8: Schuss mit 223 Remington (Vollmantel, Spitzprojektil, Geschossmasse=3.6 g, $v_{\text{mittel}}=1006$ m/s) im rechtem Winkel zur Zielfläche (durchschusshemmende Platte, Plattenstärke 19 mm, Platten-gewicht 18 kg/m²)



kein Durchschuss; Die Platte war starr aufgestellt. Eindringtiefen lagen bei ca. 9mm.

Versuch 9: 7 Würfe, davon 4 mal Eisenwurfkörper 400 g und 3 mal Brandflasche) auf Holzkastenfenster, Typ *Wr. Kastenfenster*, 3 mm Fensterglas, Härtung *mit Folie* auf Innenseite Ebene 1



Die gelbe Markierung zeigt den abprallenden Eisenwurfkörper von der gehärteten Scheibe (blaue Markierung).

kein Durchwurf; Trotz der diversen Krafteinwirkungen in Kombination mit hohen Temperaturen ist die Fensterfront mit Masse (Ablösungen bei roter Markierung) noch immer als solches intakt und bildet weiterhin eine mechanische Barriere gegenüber Zugang. An der Art des Abdruckes lassen sich sehr gut die Treffer mit den beiden Wurfkörpern (Eisenwurfkörper punktuell, konzentrische Spannungsrisse; Brandflasche flächig, unregelmässiges Bruchbild) erkennen.

Versuch 10: Wurf mit 400 g Eisenwurfkörper auf Autoscheibe liegen, 6 mm Sicherheitsglas, ohne Folie



sofortiger Zerfall; In der Aufnahme ist das sofortige Ansprechen des Sicherheitsglases auf den Eisenwurfkörper gut erkennbar. Ausgehend vom Impact bilden sich über die ganze Fläche die Bruchlinien aus.

Versuch 11: Wurf mit 400 g Eisenwurfkörper auf Autoscheibe liegen, 4 mm Sicherheitsglas, **mit Folie**



kein Zerfall; Bei Härtung mit der Folie ist ein ebenso rasches Ansprechen der Scheibe auf den Impact erkennbar, die aufgeklebte Folie übernimmt den Zusammenhalt der Scheibe als quasi durchsichtiges Exoskelett.

Versuch 12: Wurf mit 400 g Eisenwurfkörper auf Autoscheibe eingebaut in Autotür, 4 mm Sicherheitsglas, **mit Folie**



kein Zerfall; Im Bereich des Auftreffpunktes findet eine punktuelle Ablösung der Folie durch Zerstörung und Wegschleudern (siehe Markierung) des Sicherheitsglases statt. Der Schutzwert wird nur unwesentlich reduziert, aber eine Trübung der Scheibe muss als solches in Kauf genommen werden.



Abbildung zeigt Auftreffpunkt im Detail.

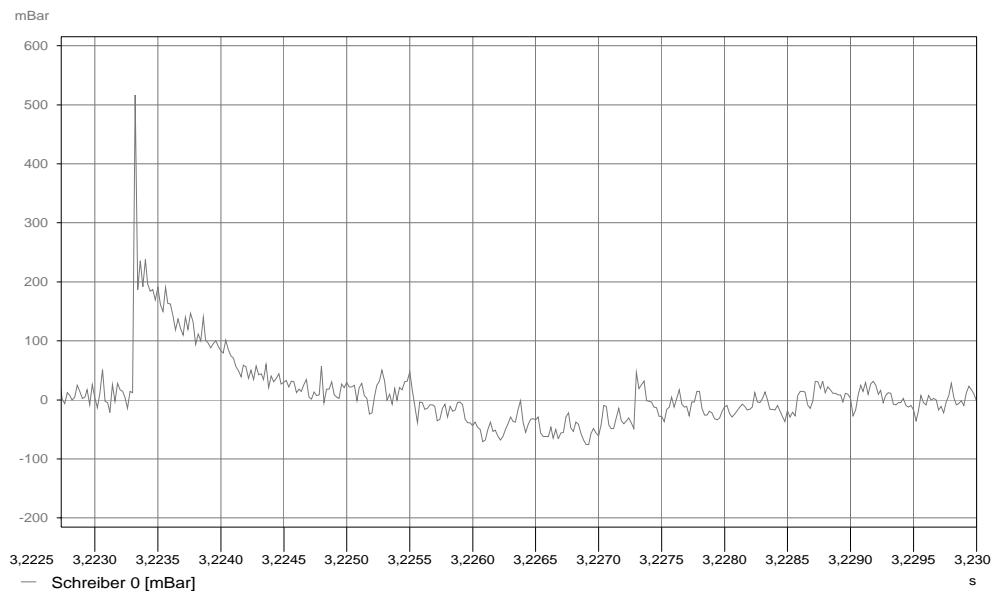
Versuchsblock 2:

Versuch 1: Einfachglas 4 mm mit Folie im Rahmen in Entfernung von 3 m auf Splitterhandgranate (gelbe Umrahmung) SplHGr 84 ÖBH



Das nachfolgende Diagramm zeigt den gemessenen Druckverlauf während des ersten Versuches. Der unmittelbare Druckanstieg (innerhalb von ca. $20 \mu\text{s}$) nach der Detonation der Splitterhandgranate ist sehr gut erkennbar (Peak). Der weitere Verlauf zeigt den üblichen Abklingvorgang (Schwingverhalten). Der Maximalwert des Peak's beträgt ca. 520 mbar. Es ist aber zu beachten, dass hochfrequente Anteile (hängt mit der "sample rate" und mit dem Ladungsverstärker zusammen) nicht, oder nur stark gedämpft gemessen wurden. D.h. es ist zu erwarten, dass der tatsächliche maximale Druck während der Detonation sicher bei 600 mbar liegt.

Handgranate 3 Meter Entfernung



Versuch 2: symmetrischer Zielaufbau; im Abstand von 15 m zu einer Panzermine PzMi 75 ÖBH (ca. 7 kg TNT) befinden sich zwei Fensterrahmen mit Isolierverglasung, auf Innenseite der Ebene 1 mit Folie verstärkt. Die Fenster wurden dabei mit Rahmen in einen Metallrahmen mit hoher Eigenmasse fixiert. Die Druckmessung ist quer zur Achse Fenster 1 - PzMi 75 - Fenster 2 angeordnet.

Versuch 3: symmetrischer Zielaufbau wie bei Sprengversuch 2; im Abstand von 10 m zu einer Panzermine PzMi 75 ÖBH (ca. 7 kg TNT) befinden sich zwei Fensterrahmen mit Isolierverglasung, auf Innenseite der Ebene 1 mit Folie verstärkt;



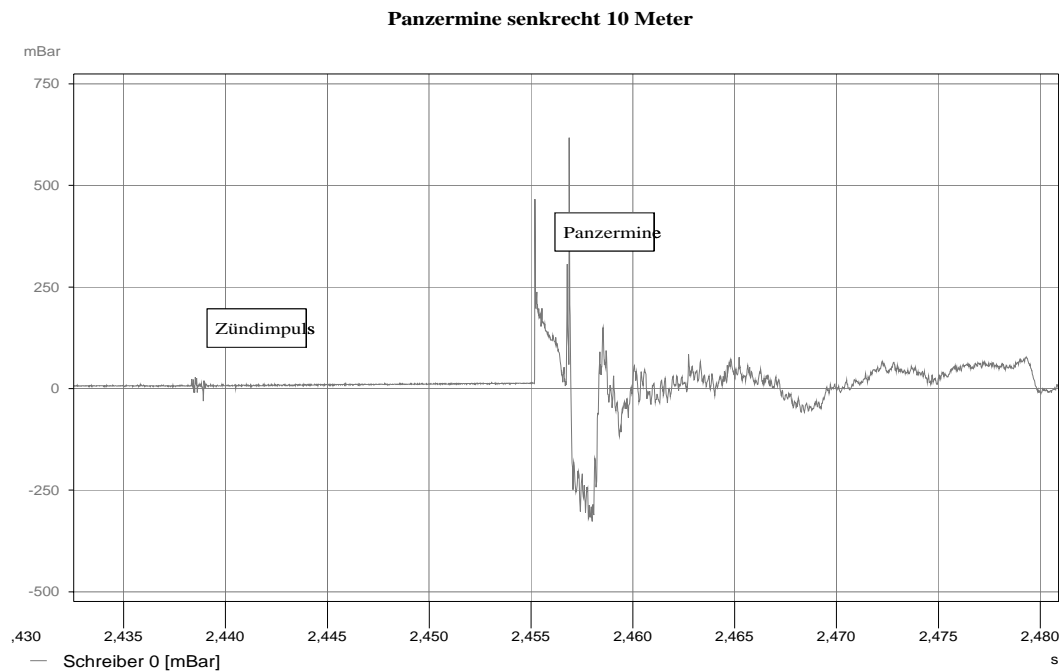
Abb. zeigt Ergebnisse bei Versuch 3. Das Fenster als solches **hält der Belastung stand**. Dabei berstet die nicht verstärkte Glasfront durch den Druck und wird in der Phase des Unterdruckes (siehe Bild Richtung Explosionsstelle gesogen). Die Helligkeit im Bild ist durch den Detonationsblitz hervorgerufen.



Das Glas der ersten - nicht gehärteten Scheibe bricht in Splitterform weg.

Im Detail ist die annähernd symmetrische Verteilung der Spannungsrisse gut zu erkennen.

Das nachfolgende Diagramm zeigt den gemessenen Druckverlauf während des dritten Versuches. Auch hier ist der unmittelbare Druckanstieg während der Detonation zu erkennen. Der maximal gemessene Druck beträgt ca. 500 mbar. Jedoch ist auch hier aus den genannten Gründen ein höherer tatsächlicher Druck zu erwarten (bei ca. 600 – 650 mbar). Des weiteren ist ca. 17ms vor der Registrierung der eigentlichen Detonation der Zündimpuls (elektronische Zündung; Strom) für die Panzermine zu erkennen. Der Unterschied in der Höhe (wird in den Messleitungen induziert) des Zündimpulses ist teilweise auch im geänderten Verlauf der Messleitungen zu suchen und hat sonst keine weitere Bedeutung. Dieser Zündimpuls ist auch auf den Aufnahmen mit der Highspeed Kamera (Blitz) zu erkennen. Das weitere Abklingverhalten sowie der Unterdruck (Sogwirkung) sind charakteristisch für die Panzermine. Hervorzuheben ist der beachtliche Unterdruck von ca. -300 mbar. Auffallend ist auch der zweite Peak bei ca. 600 mbar, welcher auch wie bei den anderen Versuchen durch Reflexionen und anschließender Überlagerung der Druckwelle an den Steinbruchwänden herrührt. Dadurch, dass der Drucksensor näher an der Panzermine war, aber die örtliche Umgebung annähernd identisch (Zündpunkt PzMi 75) blieb, war damit zu rechnen, dass sämtliche Reflexionseffekte verstärkt auftreten.



Versuch 4: symmetrischer Zielaufbau: Einfachglas 4 mm mit Folie im Rahmen; Wr. Holzkastenfenster mit 4 mm PROSECURAL verstärkt; Entfernung zur Splitterhandgranate SplHGr 84 ÖBH 1.5 m



auf beiden Seiten kein Durchschlag; Allerdings ist das gehärtete 4 mm Fensterglas (li im Bild) im Grenzbereich des Durchschlages. Die Materialverluste sind derartig massiv, daß der Schutzwert erheblich herabgesetzt ist. Rechts zerstört der Splitterflug der HGr die Fensterscheibe komplett und wird anschließend durch die Prosecuralscheibe gehalten.

Nach Abschätzung der Risiken wurden auf Druckmessungen verzichtet.

Diskussion

Durch die Verwendung der Folie werden einerseits auftretende punktuelle Kräfte in der Zugzone flächig verteilt und auf z. B. Fensterrahmen abgeleitet, andererseits wird das Schwingen der Fensterfläche wesentlich gedämpft. Daher ist besonderes Augenmerk auf die zu erwartende Kraftübertragung auf einen umgebenden Rahmen zu richten. Die Sprödigkeit des Glases wird durch die Elastizität der Folie kompensiert.

Die Vorteile in der Anwendung liegen in einer äußerst geringen Eigenmasse, sowie der unauffälligen nachträglichen Aufbringung.

Eine Aussage über den Absolutwert einer zu erwartenden Energieresorption ist mit den derzeit zu Verfügung stehenden Daten nur annähernd abschätzbar, die empirisch ermittelten Werte (siehe SplHGr 84 im Abstand von 150 cm) sind aber sehr beachtlich

F. d. R. d. A

johann grass, MjrdhmtD

MjrdhmtD Mag. Johann GRASS