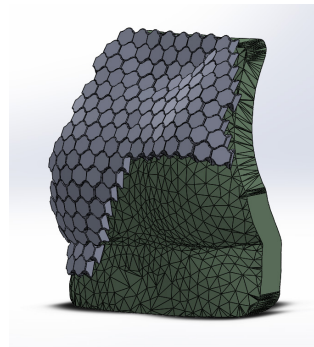




*Keramisch gepanzerte Fläche mit konvex gewölbter Kontur.*



*CAD-Modell eines formflexiblen personalisierten Körperschutzelements.*

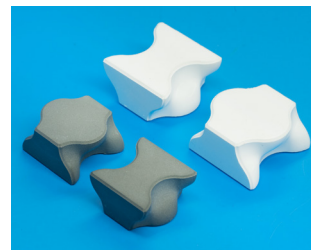
## Motivation und Lösungskonzept

Ballistische Schutzkonzepte für höhere Schutzlevel sind meist starr und in der Anpassungsfähigkeit an gekrümmte Formen stark begrenzt. Planare Panzerungen lassen sich sowohl mit Stahl als auch mit einfachen Keramiksegmenten gut realisieren. Komplexere Konturen können nur mit aufwendig geschweißten Stahlkonstruktionen, wie z.B. im Fahrzeugbereich, geschützt werden. Auch im Körperschutz sind höhere Schutzlevel nur mit starren keramischen Einschüben in Schutzwesten erreichbar. Eine echte Flexibilität des Schutzelements ist dabei nicht gegeben.

Um die hervorragenden ballistischen Schutzeigenschaften von Keramiken mit Formvariabilität zu kombinieren, hat das Fraunhofer IKTS neuartige duktile Keramikarmierungen (DuktAr) für den Einsatz als formflexibles ballistisches Schutzelement entwickelt. Neben dem Einsatz im Körperschutz erweist sich die Anpassungsfähigkeit der Schutzelemente an konstruktiv gegebene Konturen auch beim Schutz von Fahrzeugen als großer Vorteil. Dabei sind der Kombination mit anderen üblichen Schutzwerkstoffen, wie Stahl, Textilien und Polymeren in Form eines Backings oder Komposites keine Grenzen gesetzt. Besonders vorteilhaft ist, dass sich die DuktAr-Elemente, auch osteomorphe Blöcke\* genannt, wie Puzzleteilchen zu Flächen variabler Größe und Krümmung zusammensetzen lassen. Durch eine Skalierung der Größe der osteomorphen Blöcke ergibt sich eine hohe gestalterische Freiheit bei der Belegung dreidimensionaler Konturen.

## Technologie

Für eine effektive und kostengünstige Fertigung wurde ein neues, mehrdirektionales Pressverfahren entwickelt, bei dem sich die DuktAr-Formkörper ohne mechanische Nachbearbeitung herstellen lassen. Die dafür erforderlichen Pressgranulate können am IKTS auf Basis aller üblichen Schutzkeramiksysteme, wie z.B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , SiC und  $\text{B}_4\text{C}$  erzeugt werden. Durch optimale Wärmebehandlungsverfahren werden die gepressten Formkörper zu hoch belastbaren DuktAr-Elementen verarbeitet. In Kombination mit kosteneffizienten Fügeverfahren, z.B. Löt- und Kleben, können diese als Schutzelemente in eine bestehende Konstruktion oder in ein Schutzsystem integriert werden.



*DuktAr-Elemente aus verschiedenen keramischen Werkstoffen.*



*SiC-DuktAr-Elemente mit Stahlblech-Backing.*

## Leistungsangebot

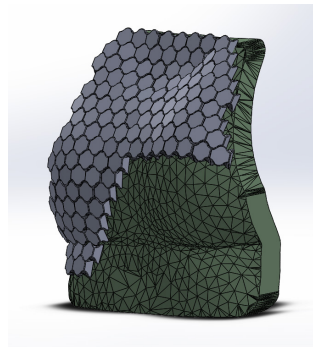
- Entwicklung und Herstellung von DuktAr-Elementen in kundenspezifischer Auslegung
- Herstellung von DuktAr-Elementen auf Basis unterschiedlicher Keramikvarianten ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , SiC,  $\text{B}_4\text{C}$ )
- Erarbeitung von Fixierungskonzepten zur Integration in ballistische Schutzsysteme
- Herstellung von Prototypen und Kleinserien

\* Dyskin, A. V., Estrin, Y., Kanel-Belov, A. J. & Pasternak, E. Toughening by Fragmentation - How Topology Helps. Adv. Eng. Mater. 3, 885-888 (2001).





*Ceramic armored surface with convex contour.*



*CAD model of a personalized form-flexible body protection element.*

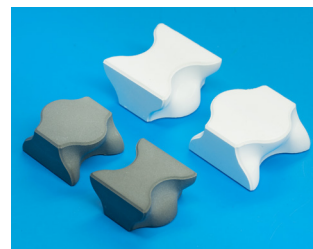
## Motivation and solution concept

Ballistic protection concepts for higher protection levels are mostly rigid and severely limited in their adaptability to curved shapes. Planar armor can be well realized with steel as well as with simple ceramic segments. More complex contours can only be protected with elaborately welded steel structures, such as those used in vehicles. Also in body protection, higher levels of protection can only be achieved with rigid ceramic inserts in protective vests. There is no real flexibility of the protective element.

In order to combine the outstanding ballistic protection properties of ceramics with shape variability, Fraunhofer IKTS has developed new types of ductile ceramic armor (DuktAr) for use as a shape-flexible ballistic protection element. In addition to their use in body protection, the adaptability of the protective elements to contours given by the design is also proving to be a great advantage in the protection of vehicles. There are no limits to the combination with other conventional protective materials such as steel, textiles and polymers in the form of a backing or composite. A particular advantage is that the DuktAr elements, also known as osteomorphic blocks\*, can be put together like puzzle pieces to form surfaces of variable size and curvature. Scaling the size of the osteomorphic blocks gives a high degree of creative freedom when it comes to creating three-dimensional contours.

## Technology

A new multi-directional pressing process has been developed for effective and cost-efficient production, in which the DuktAr molded bodies can be manufactured without mechanical post-processing. The necessary press granules can be produced at IKTS on the basis of all common protective ceramic systems, such as  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$  and  $\text{B}_4\text{C}$ . Optimal heat treatment processes are used to process the pressed molded bodies into highly resistant DuktAr elements. In combination with cost-efficient adapted joining processes, e.g. soldering and adhesive bonding, these can be integrated as protective elements in an existing structure or in a protective system.



*DuktAr elements made of various ceramic materials.*



*SiC DuktAr elements with steel sheet backing.*

## Services offered

- Development and production of DuktAr elements in customer-specific design
- Manufacture of DuktAr elements based on different ceramic variants ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{B}_4\text{C}$ )
- Development of fixation and joining concepts for integration into ballistic protection systems
- Production of prototypes and small series

\* Dyskin, A. V., Estrin, Y., Kanel-Belov, A. J. & Pasternak, E. Toughening by Fragmentation - How Topology Helps. Adv. Eng. Mater. 3, 885-888 (2001).

