TECHNISCHER LÖSUNGSVORSCHLAG **Aktenzeichen: J2014-002**

Titel: **„Temperaturfester Zünder“**

Unternehmenseinheit: **JUNGHANS Microtec GmbH**

Beschreibung:

Der technische Lösungsvorschlag beschreibt einen temperaturfesten Zünder für Geschosse mit insbesondere großer Reichweite und hoher Geschwindigkeit. Die im Fall von hohen Geschwindigkeiten besonders wichtige Temperaturfestigkeit wird entsprechend dem Lösungsvorschlag durch eine gezielte Materialauswahl und eine vorteilhafte Konstruktion einzelner Bereiche des Zünders erreicht.

Gegenüber aus dem Stand der Technik vorbekannten Zündern, wie beispielsweise in der DE 10 2008 026 245 A1 beschrieben, handhabt der Zünder gemäß Lösungsvorschlag die anfallende Wärmeenergie besser und erhöht dadurch die Haltbarkeit und damit verbunden die Zuverlässigkeit des Zünders im Einsatz. Der Zünder gemäß Lösungsvorschlag eignet sich insbesondere zur Verwendung mit langreichweitigen Geschossen hoher Geschwindigkeit, die über einen längeren Zeitraum einem hohen Energieeintrag standhalten müssen.

Der aus der zuvor erwähnten DE 10 2008 026 245 A1 bekannte Geschosszünder umfasst eine metallische Hülse 1, an die sich eine aus Metall oder Polyphenylenether (PPE) gefertigte Haube 2 mit einer Abstufung 3 anschließt (siehe Figur 1). Zum Ausgleich dieser Abstufung 3 ist ein aufschrumpfbarer Ring 4 aus Metall oder PPE vorgesehen (siehe Figur 2). Der Ring 4 dient dabei zur Vermeidung einer abstufungsbedingten Reichweiten-minderung. Nachteilig ist bei diesem Geschosszünder jedoch weiterhin die hohe Aufheizung der Spitze der Haube 2 bei hohen und lang andauernden Fluggeschwindigkeiten.

Aufgabe
Aufgabe des technischen Lösungsvorschlags ist es, einen Zünder anzugeben, der für moderne Geschosse großer Reichweite und hoher Geschwindigkeit, wie zum Beispiel für Base-Bleed-Geschosse, eingesetzt werden kann und ein Radom zur Realisierung einer Radar-Annäherungsfunktion aufweist.

Lösung
Der Zünder gemäß Lösungsvorschlag weist ein aus Polyetheretherketon (PEEK) gefertigtes Radom und ein aus Stahl oder Edelstahl gefertigtes Zündergehäuseteil auf, wobei a) das Zündergehäuseteil mit einem unteren abgestuften Teil des Radoms verbunden ist und b) im

Verbindungsbereich ein sich teilweise über das Radom und das Zündergehäuseteil erstreckender metallischer Ring vorgesehen ist.

Der Lösungsvorschlag geht von der Überlegung aus, dass zur Realisierung einer Radar-Annäherungsfunktion das Radom aus einem nicht-metallischen, nicht leitenden Werkstoff konstruiert sein muss.

Weiter geht der Lösungsvorschlag von der Erkenntnis aus, dass nach dem Abschuss eines Geschosses mit höherer Geschwindigkeit aufgrund Luftreibung der Zünder eine hohe Temperaturbelastung erfährt, wobei eine derartige Temperaturbelastung zu einer völligen Zerstörung eines aus Kunststoff gefertigten Radoms führen kann.

Darüber hinaus geht der Lösungsvorschlag von der Erkenntnis aus, dass eine hohe thermische Gesamtbelastung eines Zünders auch einen Temperaturanstieg im Inneren des Zünders bewirkt. Hierdurch besteht die Gefahr, dass infolge einer zu hohen Temperaturbelastung elektronische Komponenten des Zünders zerstört werden und / oder eine Zünder-Fehlfunktion auftritt.

In einem weiteren Schritt geht der Lösungsvorschlag von der Erkenntnis aus, dass Oberflächen-Inhomogenitäten eines Zünders, wie zum Beispiel größere Vertiefungen oder herausstehende Bereiche, die Aerodynamik beeinträchtigen und damit die Reichweite reduzieren und zusätzlich zu einem weiteren Wärmeeintrag, also Aufheizung des Zünders und damit zu einer etwaigen Beschädigung des Zünders führen. Eine Aufheizung eines eine solche Inhomogenität in Form einer Bördelkante umfassenden Bereichs 10, der durch Umbördelung eines unteren Teils eines Kunststoff-Radoms 12 mit einem metallischen Zündergehäuseteil 14 entstanden ist, und die Aufheizung einer Radomspitze 16 ist in Figur 3 erkennbar. Figur 3 zeigt eine IR-Aufnahme im Windkanal bei einer Belastung von näherungsweise Mach 1. Zu erkennen ist eine gleichförmig hohe Temperaturbelastung sowohl der Radomspitze 16 als auch im Bereich 10 der Bördelkante.

Das Problem der reduzierten Haltbarkeit eines Radoms bzw. Beschädigung von Zünderkomponenten durch einen hohen Energieeintrag in die Zünderspitze im Fall von langreichweitigen, mit hoher Geschwindigkeit fliegenden Geschossen wird bei dem technischen Lösungsvorschlag insbesondere durch folgende drei Maßnahmen gelöst:

Die erste Maßnahme zur Steigerung der Haltbarkeit des Radoms besteht in der Materialwahl eines stabileren Kunststoffes für das Radom. Der Kunststoff soll neben einer gleichbleibenden Durchlässigkeit für elektromagnetische Wellen temperaturstabiler sein und gleichzeitig einen geringeren Temperaturleitwert aufweisen als üblicherweise verwendete Materialien. Darüber hinaus ist es notwendig, dass der Kunststoff einen erhöhten Wärmeeindringkoeffizienten aufweist. Ein Material, das diesen Anforderungen gerecht wird, ist Polyetheretherketon. Aufgrund der zuvor genannten Vorteile des Materials tritt im Inneren des Radoms eine geringere Wärmeentwicklung auf. Das vorteilhafte Verhalten des Materials PEEK unter realitätsnahen Bedingungen wird mithilfe von Simulationen und Messungen bestätigt, siehe hierzu Figuren 4, 5 und 6.

Die zweite Maßnahme zur Steigerung der Haltbarkeit des Radoms ist die Applizierung eines metallischen Rings, insbesondere aus Stahl oder Edelstahl, im Verbindungsbereich. Dadurch wird einerseits eine aerodynamische Optimierung erreicht und andererseits der gesamte Bereich der Verbindungsstelle Radom und Gehäuse durch die Metallfläche des Ringes abgeschirmt. Da dieser Bereich für die Radarfunktion keine Bedeutung hat, ist der Gebrauch von Metall an dieser Stelle unbedenklich. Der metallische Ring leitet den gesamten Wärmeeintrag, der sich in dem Bereich der Verbindungsstelle ergibt, an das Zündergehäuseteil weiter und unterstützt somit die Kühlung dieses verbindungstechnisch sensiblen Bereichs. Das Radom wird vorzugsweise mit einer radialen Spielpassung axial durch den Ring auf das Zündergehäuseteil gepresst. Der Ring selbst wird dann mit dem Zündergehäuseteil verschraubt oder adäquat verbunden.

Die dritte Maßnahme zur Steigerung der Haltbarkeit des Radoms besteht darin, das Zündergehäuseteil aus einem Material zu fertigen, dessen thermische Eigenschaften derart sind, dass das Material einerseits die Wärme im Bereich des Ringes gut aufnehmen kann und andererseits die thermische Energie nur langsam an das Innere des Zünders abgibt. Ziel ist eine deutliche Zeitverzögerung der thermischen Antwort des Zünderinneren auf die äußere thermische Belastung. Die Gefahr einer Beschädigung von im Inneren des Zünders befindlichen Komponenten ist dadurch reduzierbar. Ein geeignetes Material, das den Anforderungen entspricht, ist Stahl oder Edelstahl. Der Wärmeeindringkoeffizient ist ca. 2.5-mal und der Temperaturleitwert ca. 20-mal kleiner im Vergleich zu üblicherweise für Zündergehäuse verwendetem Aluminium (siehe Tabelle). Die Verwendung von Stahl oder Edelstahl führt zu einer deutlich geringeren Wärmedurchleitung und somit zu einer geringeren Erwärmung innerer Bauteile, wie Halterungen für Elektronikkomponenten und damit indirekt der Erwärmung der Elektronikkomponenten selbst.

Durch das Zusammenwirken dieser drei Maßnahmen werden folgende positive Effekte erreicht: Die Haltbarkeit des Radoms wird erhöht und damit die Zuverlässigkeit des Zünders gesteigert. Durch den Einsatz von optimal an die Anforderungen angepassten Materialien und der vorteilhaften Konstruktion umfassend einen metallischen Ring, wodurch die Wärmentstehung selbst reduziert wird. Zusätzlich hervorzuheben ist zudem, dass übliche Grundkonstruktionen, wie sie im Bereich der Zündertechnologien verwendet werden, weitgehend beibehalten werden können: Das Grunddesign des Radoms und der innere Aufbau müssen im Rahmen des vorliegenden technischen Lösungsvorschlags nicht verändert werden. Der Mehraufwand und die Kosten für eine Umrüstung bestehender Zündersysteme halten sich somit in Grenzen - und dennoch erreicht die Konstruktion die thermische Robustheit, um sogar einem signifikant höheren Wärmeintrag, wie er beispielsweise bei Base-Bleed-Munition auftritt, standzuhalten.

Ausführungsbeispiel

Ein Ausführungsbeispiel für einen Zünder entsprechend dem technischen Lösungsvorschlag ist in den Figuren 7 und 8 dargestellt. Der Artillerie-Zünder umfasst ein Radom 20, das eine Radarantenne 22 umschließt. Das Radom 20 besteht aus PEEK, einem Material mit hoher Festigkeit und geringem Temperaturleitwert. Als alternative Materialien für das Radom sind auch Materialien mit ähnlicher Festigkeit wie PEEK und einem Temperaturleitwert zwischen $1{,}3 * 10^{-7}\,\frac{m^2}{s}$ und $1{,}4 * 10^{-7}\,\frac{m^2}{s}$ denkbar. Das Radom 20 wird über einen Stahlring 24 am Zündergehäuseteil 26 befestigt, der formschlüssig an die Endnasen des Radoms 20 greift, um an dieser Stelle einen guten Wärmeübergang zu bewirken. Zudem wird über den Stahlring 24 eine Verbindung über ein Gewinde zum Zündergehäuseteil 26 hergestellt. Diese Verbindung gewährleistet einen guten Wärmeübergang. Das Zündergehäuseteil 26 ist aus Stahl gefertigt, einem Material, das einen geringen Wärmeübertrag nach innen aufweist. Als alternative Materialien zu Stahl oder Edelstahl für den Ring 24 und / oder das Zündergehäuseteil 26 können auch Materialien mit einem Temperaturleitwert im Bereich von $3 * 10^{-6}\,\frac{m^2}{s}$ bis $5 * 10^{-6}\,\frac{m^2}{s}$ verwendet werden.

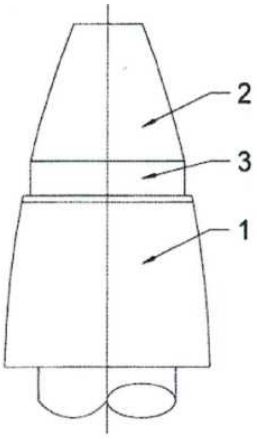
Im Einsatz entsteht durch Luftreibung bei hoher Geschwindigkeit des Geschosses eine thermische Belastung des Zünders. Das Radom-Material PEEK kann der hohen thermischen Belastung jedoch standhalten. Der Stahlring 24 hält einen Teil der Wärme ab. Das Zündergehäuseteil 26 aus Stahl selbst weist eine niedrige Wärmeleitung auf, so dass im Zünderinneren befindliche elektronische Bauteile weder direkt noch indirekt über Halterungen 28 auf eine kritische Temperatur, welche zu Fehlfunktionen des Zünders führen könnte, erhitzt werden. Die niedrige Wärmeleitung des aus Stahl gefertigten Zündergehäuseteils 26 und die damit verbundene höhere Reaktionsträgheit im Vergleich zu Zündergehäusen aus Aluminium bewirkt auch, dass generell weniger Wärmeenergie durch Luftreibung in den Zünder eindringen kann. Nach bereits wenigen Sekunden Flugzeit ist das Geschoss schon so weit abgebremst, dass eine kritische Temperatur durch Luftreibung kaum mehr erreicht werden kann.

Tabelle: Materialwerte im Vergleich

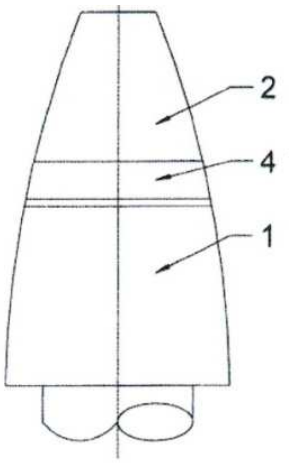
Material	Temperaturleitwert	Wärmeeindringkoeffizient
Stahl	$3{,}5 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$	$14000 \frac{Ws^{0,5}}{Km^2}$
Aluminium	$98.8 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$	$22000 \frac{Ws^{0,5}}{Km^2}$
PEEK	$0{,}133 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$	$1180 \frac{Ws^{0,5}}{Km^2}$
Noryl	$0{,}161 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$	$620 \frac{Ws^{0,5}}{Km^2}$

Zeichnung:

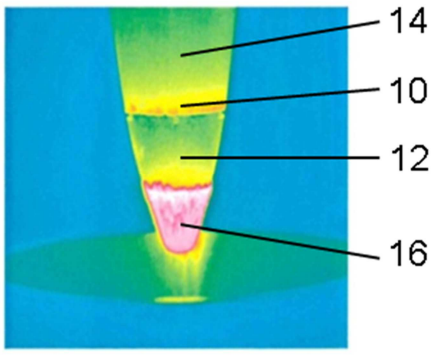
Figur 1: Geschosszünder ohne aufschrumpfbaren Ring gemäß DE 10 2008 026 245 A1
1: Hülse, 2: Metall- oder PPE-Haube, 3: Abstufung



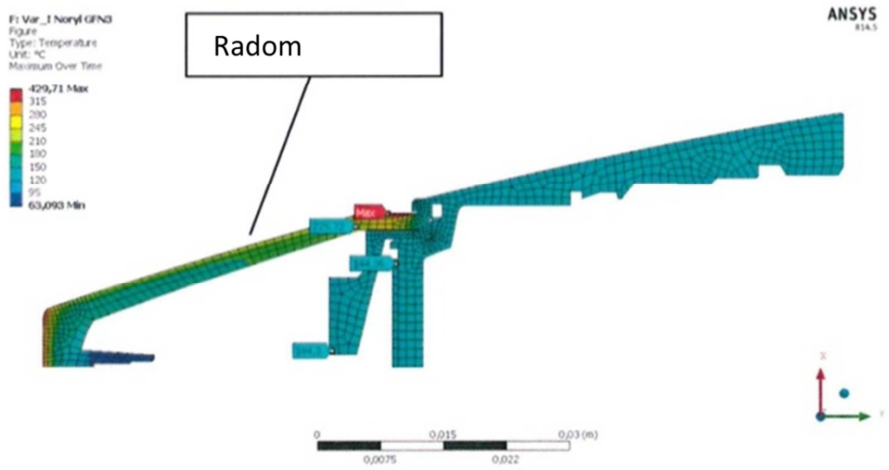
Figur 2: Geschosszünder mit aufschrumpfbaren Ring gemäß DE 10 2008 026 245 A1
1: Hülse, 2: Metall- oder PPE-Haube, 4: Aufschrumpfbarer Ring



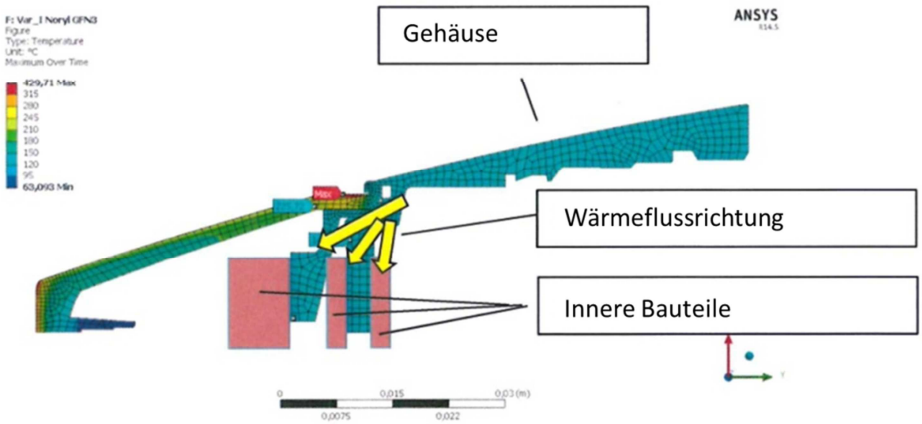
Figur 3: IR-Aufnahme im Windkanal (Falschfarbdarstellung): Zünderspitze im Überschallbereich



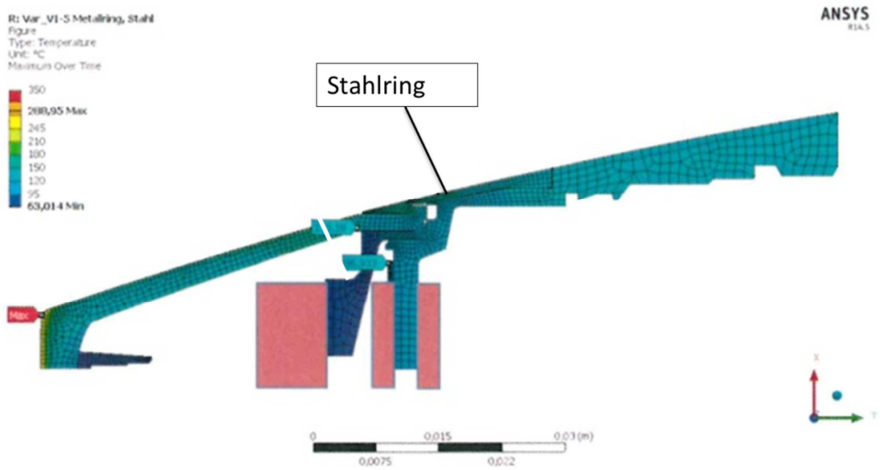
Figur 4: Effekt des verzögerten Wärmeeinleitens bei PEEK-Radom



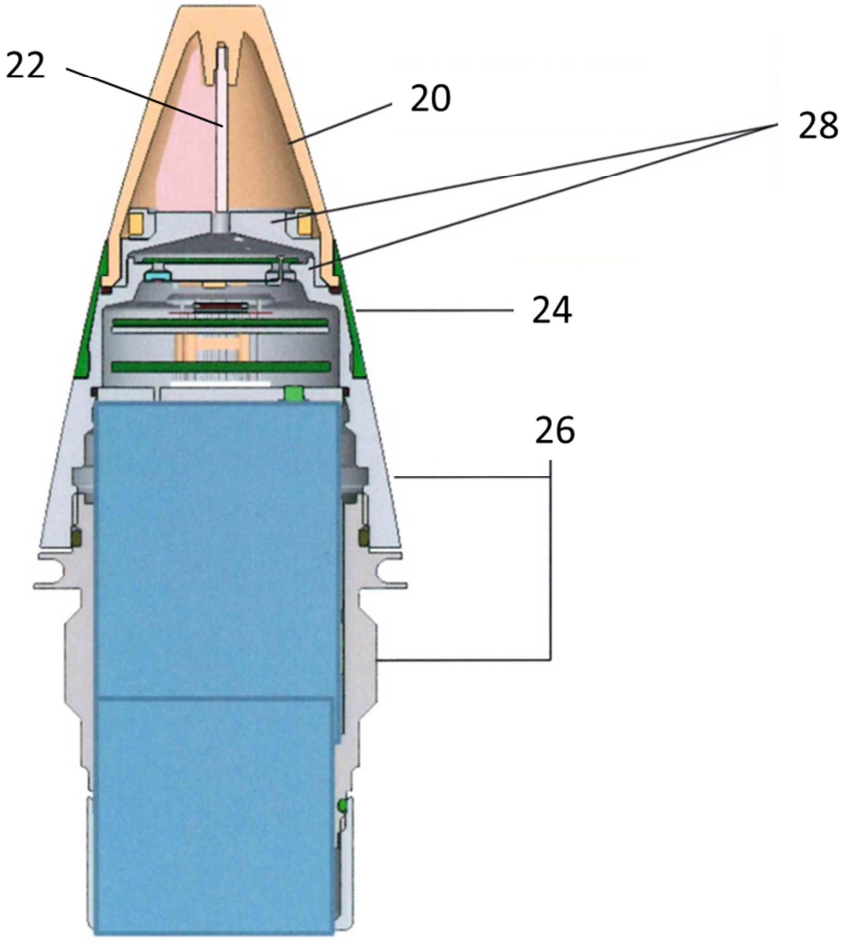
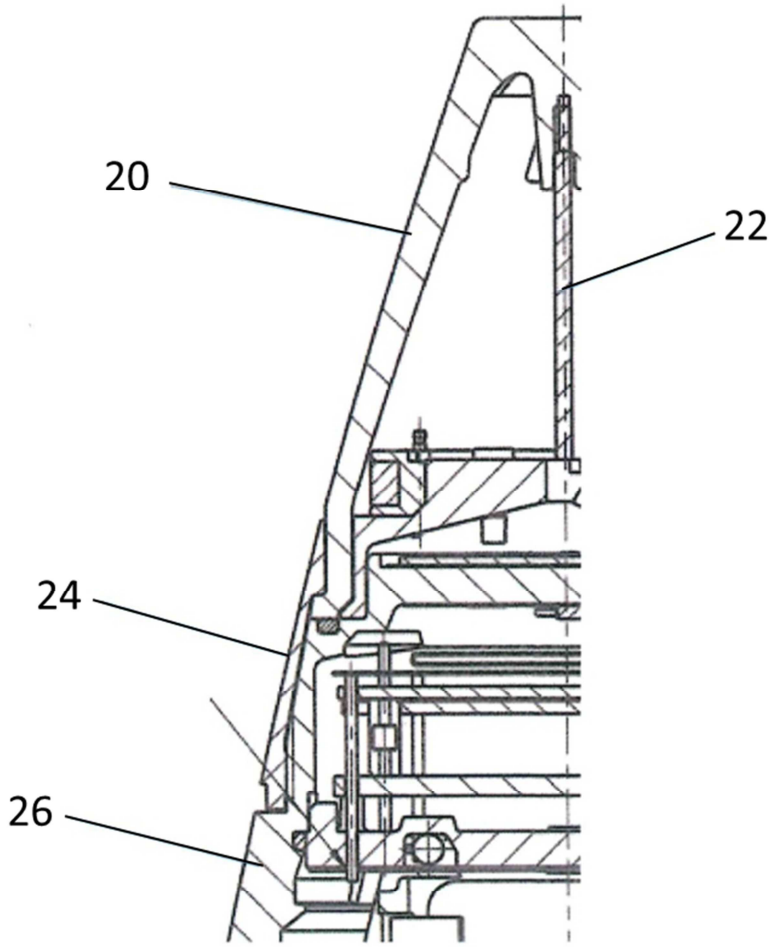
Figur 5: Effekt des verzögerten Wärmeeinleitens bei PEEK-Radom



Figur 6: Effekt des verzögerten Wärmeeinleitens bei PEEK-Radom und metallischem Ring



Figur 7: Schnitt durch einen Zünder gemäß Lösungsvorschlag



Figur 8: Schnitt durch einen Zünder gemäß Lösungsvorschlag