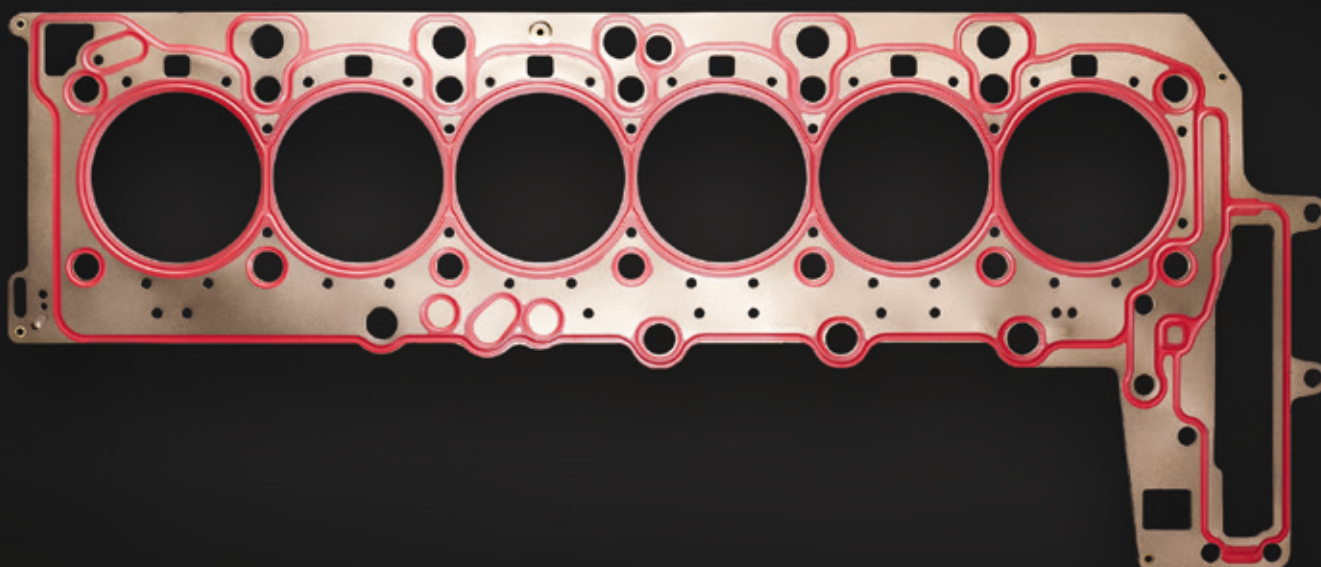


# Metaloflex®-Metallagen- Zylinderkopfdichtungen.

Maßgeschneiderte Perfektion. Auch unter Hochdruck.





# Mobilität erfahren – Zukunft entwickeln. Die ElringKlinger-Gruppe.

Für die Fahrzeuggenerationen von heute und morgen arbeiten wir permanent an zukunftsweisenden Produktlösungen und neuen Technologien. Dabei haben wir als kompetenter Entwicklungspartner und Serienlieferant immer das Gesamtsystem Fahrzeug im Blick. Unsere besondere Stärke: Als einer von nur wenigen Automobilzulieferern sind wir in der Lage, technologisch anspruchsvolle Komponenten für alle Antriebsarten – ob Verbrennungsmotor oder Elektromobilität – zu entwickeln und zu fertigen. Maßgeschneiderte Bauteile von ElringKlinger für Motor, Getriebe, Abgassystem, Unterboden, Karosserie und Fahrwerk sind bei nahezu allen Automobil- und Motorenherstellern sowie zahlreichen Zulieferunternehmen weltweit im Einsatz.

Unser Portfolio umfasst Dichtungen, Kunststoff-Leichtbauteile, Abschirmsysteme, Batterie- und Brennstoffzellentechnologie, Getriebesteuerplatten, Abgasreinigungssysteme, Komponenten aus Hochleistungskunststoffen, Werkzeugtechnologie sowie Entwicklungs-Serviceleistungen. Mit unseren innovativen Produkten setzen wir Maßstäbe und tragen zu umweltschonender Mobilität bei. Dem Aftermarket in über 140 Ländern bieten wir ein umfangreiches Ersatzteilprogramm. Auch in anderen Industriezweigen ist ElringKlinger erfolgreich, beispielsweise mit Abgasreinigungsanlagen, PTFE-Produkten und Brennstoffzellen. Zukunft entwickeln – dafür engagieren sich über 9.000 ElringKlinger-Mitarbeiter an 49 Standorten rund um den Globus.

## INHALT

04	ElringKlinger weltweit	15	Anwendungsbeispiele
06	Metaloflex®-Zylinderkopfdichtungen für Pkw und Nkw	16	Mehrfunktionslagen-Designs bei großen Amplituden der Dichtspaltschwingung
08	Der Metallagen-Aufbau im Überblick	17	Metaloflex®-Zylinderkopfdichtungen mit Doppelstopper für Buchsenmotoren
09	Stoppertechnologien	18	Hauptschlussdesigns
10	Geprägte Stopper (Karo, Segment, Mäander, Noppen/Hinterlandabstützung)	19	Engineering
12	Topografisch geprägte Stopper	19	Finite-Elemente-Methode
12	Lasergeschweißte Stopper	23	Simulation
13	Umgefaltete Stopperlagen	26	Fertigung
13	Beschichtungen	27	Produktion und Entwicklung
14	Der Dichtverband		



[www.elringklinger.de](http://www.elringklinger.de)



[www.facebook.com/elringklinger](https://www.facebook.com/elringklinger)

# ElringKlinger weltweit.



## Nordamerika

**KANADA**  
Leamington

**USA**  
Plymouth  
Southfield  
Buford  
Austin  
Fremont

**MEXIKO**  
Toluca

## Südamerika

**BRASILIEN**  
Piracicaba

## Afrika

**SÜDAFRIKA**  
Johannesburg



Zylinderkopf-  
dichtungen



Dichtsysteme



Getriebe-  
steuerplatten



Kunststoff-  
Leichtbauteile



Kunststoff-  
Module



Akustische  
und thermische  
Abschirmteile



Abgasreinigungs-  
systeme



## Europa

### DEUTSCHLAND

Dettingen/Erms  
Langenzenn  
Runkel  
Geretsried-Gelting  
Thale  
Lenningen  
Bissingen/Teck  
Bietigheim-Bissingen  
Heidenheim  
Mönchenglöblich  
Idstein  
Rottenburg am Neckar  
Magdeburg  
Neubrandenburg  
Nürtingen

### GROSSBRITANNIEN

Redcar  
Gateshead

### SPANIEN

Reus

### ITALIEN

Settimo Torinese  
Mailand

### UNGARN

Kecskemét-Kádafalva

### RUMÄNIEN

Timisoara

### TÜRKEI

Bursa

## Asien

### VR CHINA

Changchun  
Suzhou  
Qingdao  
Chongqing

### SÜDKOREA

Gumi  
Seoul

### JAPAN

Tokio  
Saitama

### INDIEN

Ranjangaon

### INDONESIEN

Karawang

### THAILAND

Bangkok



Batterie-  
technologie



PEM-  
Brennstoffzellen



Electric  
Drive Unit



Entwicklungs-  
dienstleistungen mit  
hofer powertrain



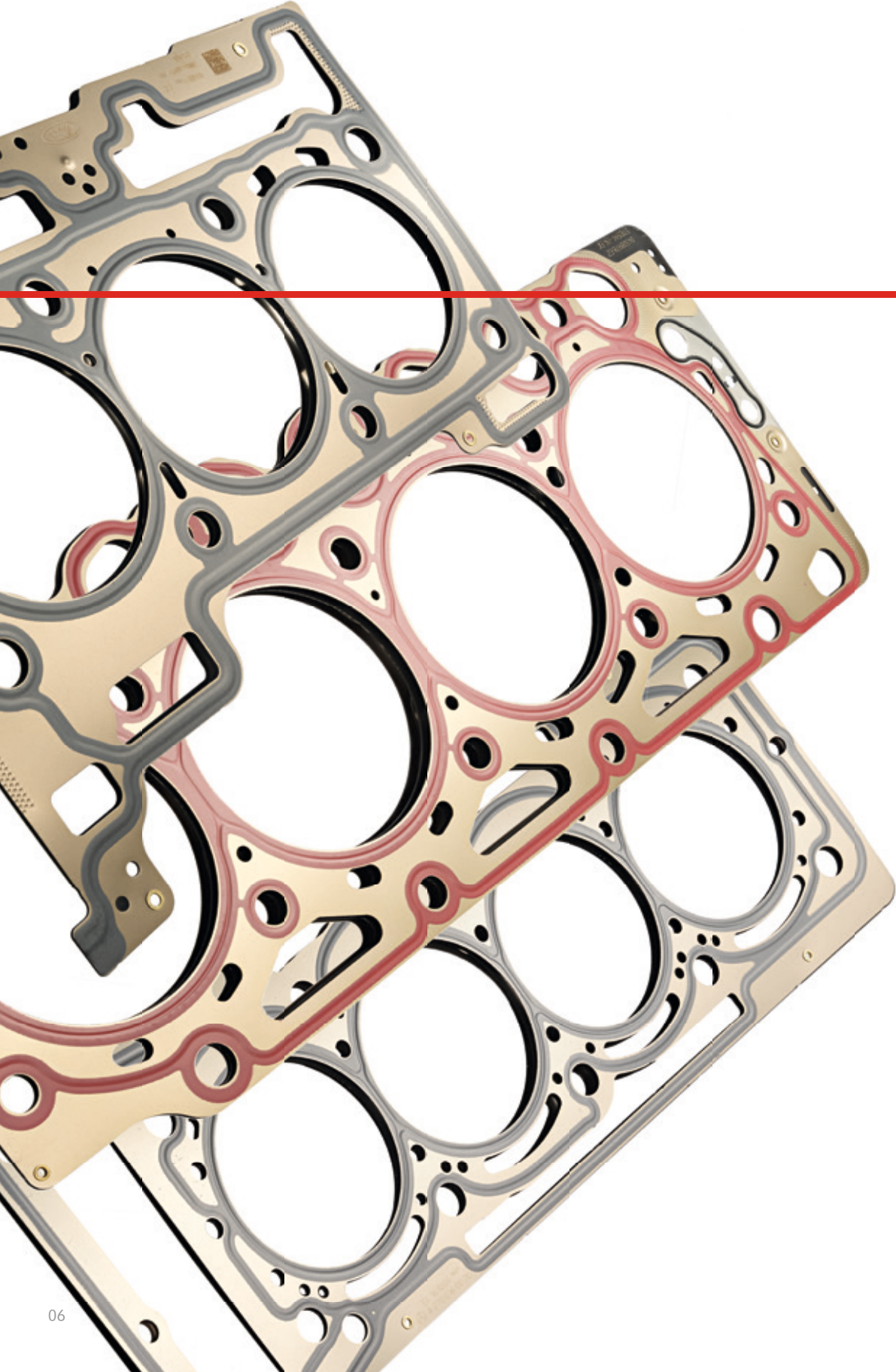
PTFE-  
Komponenten



Dienstleistungen  
für die Motoren-  
entwicklung



Werkzeugtechnologie



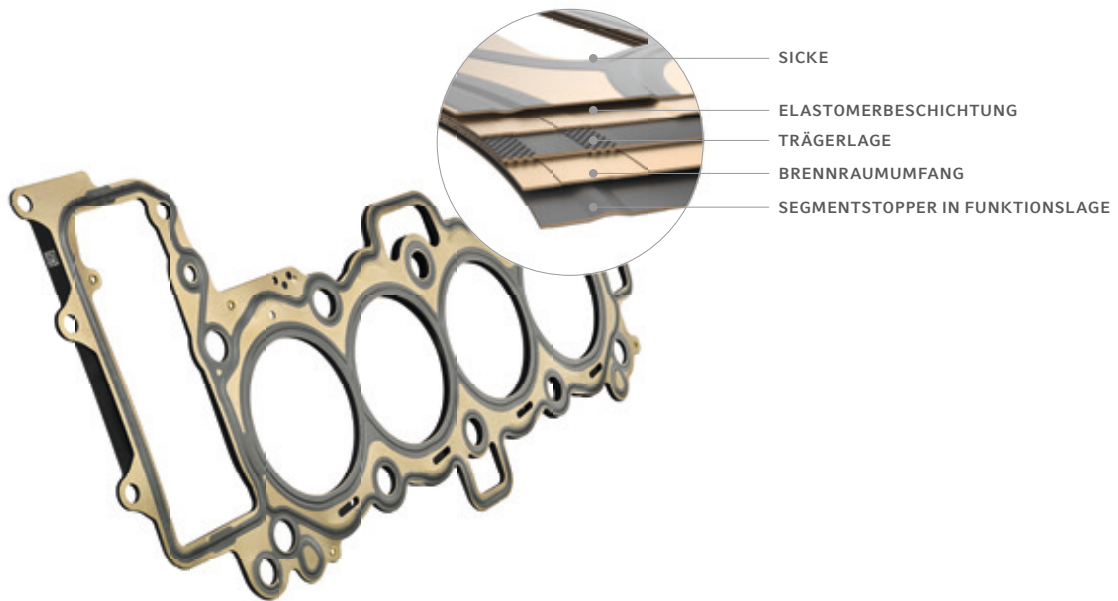
## Metaloflex®-Zylinderkopfdichtungen für Pkw und Nkw. Zu allem in der Lage.

Als Schlüsselkomponenten tragen Zylinderkopfdichtungen zu einem effizienten, sicheren und wirtschaftlichen Motorbetrieb bei. Sie sorgen für die zuverlässige Abdichtung von Brenngas, Kühlmittel und Öl. Als Kraftübertragungsglied zwischen Kurbelgehäuse und Zylinderkopf haben sie zudem einen erheblichen Einfluss auf die Kraftverteilung innerhalb des gesamten Verspannungssystems und die dadurch verursachten elastischen Bauteilverformungen.

ElringKlinger ist mit einer jährlichen Produktionsmenge von rund 45 Millionen Metaloflex® der weltweit größte Hersteller von Metallagen-Zylinderkopfdichtungen. Diese Dichtungsbauart wird in allen modernen Pkw und Range-Extendern bis hin zu kleinen und mittelgroßen Transportern und Nutzfahrzeugen eingesetzt. Motoren-Downsizing, Leichtbaukonstruktionen, selektive Zylinderabschaltung und Hybridtechnik erhöhen die Anforderungen an Zylinderkopfdichtungen weiter. Geringere Wandstärken und eine niedrigere Steifigkeit der Bauteile, die gleichzeitig höheren Temperaturen ausgesetzt sind, sowie steigende Zünddrücke erfordern hocheffiziente, maßgeschneiderte Dichtkonzepte.

Metaloflex®-Metallagen-Zylinderkopfdichtungen von ElringKlinger bestehen aus gesickten, elastomerbeschichteten Federstahlagen; sie sind je nach Anwendung ein- oder mehrlagig. Durch den modularen Aufbau mit den Funktionselementen Beschichtung, Sicke und Stopper lassen sie sich individuell und ganz gezielt auf den jeweiligen Motor abstimmen. Zeit- und kostenaufwendige Iterationsschritte in der Entwicklung und Erprobung können so vermieden werden. Für maximalen Gestaltungsfreiraum bei der Motorkonstruktion.

# Der Metallagen-Aufbau im Überblick. Ein perfektes Zusammenspiel.



## HALBSICKEN

Halbsicken erzeugen eine Zwei-Linien-Pressung. Sie dichten entlang der Kühlflüssigkeits- und Motoröldurchtritte, entlang der Schraubenlöcher und umlaufend um die äußere Dichtungskontur ab.

## VOLLSICKEN

Mit Vollsicken wird am Brennraumumfang eine Drei-Linien-Pressung bewirkt. Durch dieses elastische Dichtelement können sehr hohe Zünddrücke abgedichtet werden. Auch unter großen dynamischen Dichtspaltschwingungen.

## FUNKTIONSLAGEN

Diese elastomerbeschichteten Federstahllagen sind mit elastischen Sicken versehen.

## TRÄGERLAGE

Die zentrale Funktion einer Trägerlage ist es, die Dichtungsdicke an die konstruktiv erforderlichen Einbaubedingungen anzupassen.

## STOPPER

Am Umfang des Brennraums werden die Motorbauteile durch einen Stopper elastisch vorgespannt. Damit lässt sich eine Reduzierung der durch die Gaskraft verursachten Dichtspaltschwingungen erreichen und gleichzeitig eine übermäßige Verformung der Vollsicken verhindern. EltringKlinger bietet sämtliche Technologien: geprägte Stopper, bei denen zwischen Prägungen in den Funktionslagen (Mäander, Noppen) und im Trägerblech (Karo) zu unterscheiden ist, zudem lasergeschweißte Stopper sowie umgefaltete Stopperlagen und Segmentstopper.

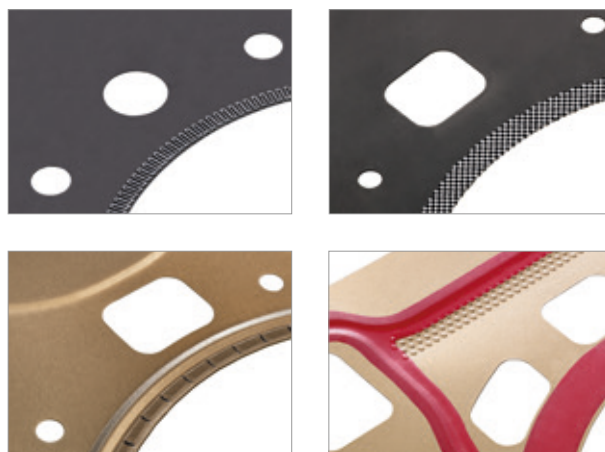


# Stoppertechnologien von ElringKlinger. Für alle Fälle.

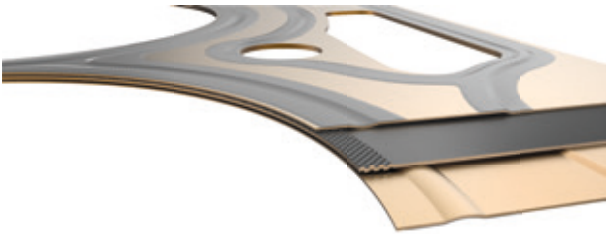
## Geprägte Stopper.

Als Technologieführer setzt ElringKlinger immer wieder neue Maßstäbe und verschiebt die Grenzen der Machbarkeit weiter. Unsere umfassende Entwicklungs- und Fertigungskompetenz nutzen wir gezielt: für noch wirtschaftlichere Lösungen verbunden mit einem noch höheren Funktionspotenzial. Ob geprägte Stopper, lasergeschweißte Stopper oder umgefaltete Stopperlagen, wir beherrschen sämtliche Stoppertechnologien. Die verschiedenen Stoppervarianten weisen jeweils unterschiedliche Eigenschaften in punkto Standfestigkeit und geometrischer Freiheit auf. Sie können auch kombiniert werden, so dass sich für jeden Motor das optimale Dichtsystem ermitteln lässt. Maßgeschneidert, leistungsstark und effizient. Bei der Auswahl des passenden Stopperkonzepts ist das Zusammenspiel von Funktionalität und Wirtschaftlichkeit entscheidend.

Die innovativen Prägetechnologien von ElringKlinger eröffnen Motorenkonstrukteuren eine Vielzahl von Einflussmöglichkeiten auf die Kraftverteilung im Dichtspalt. Es ist nahezu jegliche geometrische Profilierung realisierbar, sowohl bezüglich der Stopperbreite als auch der Stopperdicke. Über den Bereich der klassischen Stopperfläche hinaus können fast überall auf der Dichtung zusätzliche Abstützungen integriert werden. Damit lässt sich für jedes Metalloflex®-Design jeweils die ideale Stopperausführung darstellen. Grundsätzlich wird zwischen Stopperlösungen in Funktionslagen aus Federstahl (Segment, Mäander, Noppen) und im Trägerblech (Karo) unterschieden.



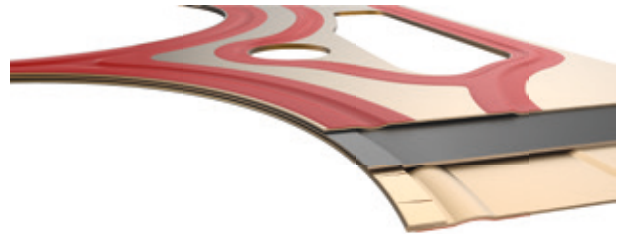
*Flexible Lösungen von ElringKlinger:  
Mäander-, Karo-, Segment- sowie Noppenstopper*



#### KAROSTOPPER IN TRÄGERLAGEN

Um Motorfertigungstoleranzen zu kompensieren, kommen bei Dieselmotoren in der Regel unterschiedliche Einbaudicken zur Anwendung, die durch variable Trägerblechdicken erzielt werden. Der Vorteil: Das Verhalten der Dichtung wird durch die verschiedenen Lagendicken nicht beeinflusst.

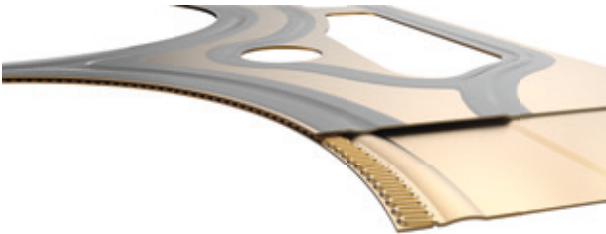
Die Stopperprägung im Trägerblech erfolgt in Karogeometrie; die Steifigkeit ist vergleichbar mit geschweißten Stoppern. Der von uns entwickelte Prägeprozess ermöglicht sowohl die Herstellung von planen als auch topografischen Stoppern in hoher Präzision.



#### SEGMENTSTOPPER IN FEDERSTAHLLAGEN

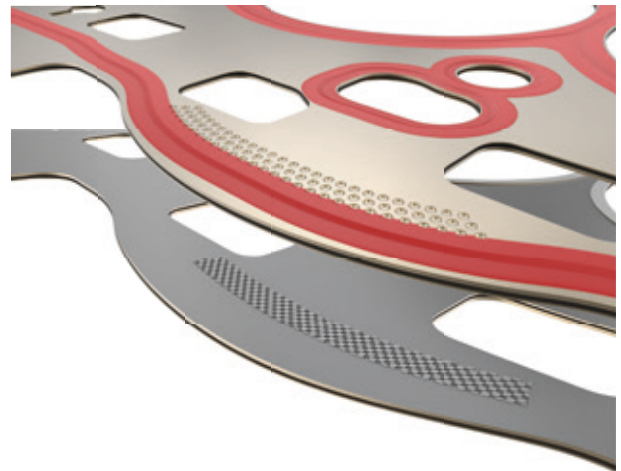
Der Segmentstopper kommt bei Metallagen-Dichtungen mit höherer Trägerblechdicke und topografischer Stopperausbildung zur Anwendung. Die Segmentierung ermöglicht es, auch die für Funktionslagen verwendeten hochfesten Federstähle am Brennraumumfang umzubördeln. Das gewünschte effektive Stoppermaß wird durch Prägen des Trägers erreicht. So lassen sich nicht nur die erforderlichen Stopperdicken realisieren, sondern zudem eine Topografie mit nahezu beliebiger Varianz des Dickenprofils.

Die besonderen Vorteile liegen in der sehr hohen Steifigkeit des Designs speziell bei sehr schmalen Stoppern. Hiermit sind selbst für Dieselmotoren tragfähige minimale Stopperbreiten von partiell 1 mm problemlos möglich.



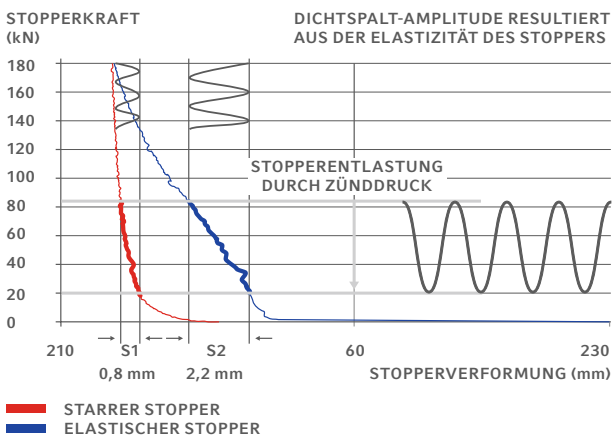
#### MÄANDERSTOPPER IN FEDERSTAHLLAGEN

Mit dem Mäanderstopper wird die vom Motor geometrisch vorgegebene Fläche für den Stopper ideal ausgenutzt. Eine in Mäanderform geprägte „Mikrosicke“ erzeugt eine Verdickung, die mit einer vergleichbaren Steifigkeit einen lasergeschweißten Stopper substituieren kann. Durch die zahlreichen Windungen eines geschlossenen Mikrosickenzugs über den Umfang des Brennraums wird eine größtmögliche Steifigkeit erreicht und ein Setzen des Stoppers vermieden.



#### NOPPEN- SOWIE KAROSTOPPER ZUR HINTERLANDABSTÜTZUNG

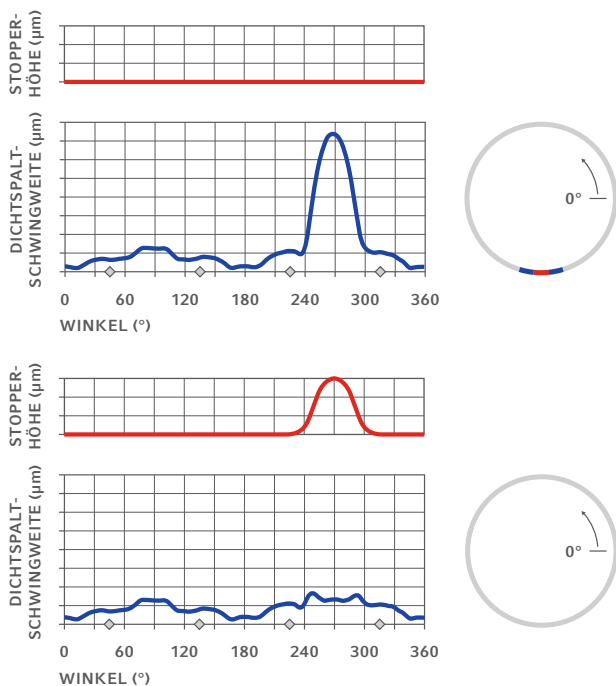
Hochleistungsmotoren beanspruchen die Zylinderkopfdichtung nicht nur am Brennraum, sondern auch im Bereich der Medienabdichtung (Öl und Kühlmittel). Daher ist es oftmals notwendig, in den Hinterlandbereichen – ebenso wie am Brennraum – ein Abstützelement vorzusehen. Durch eine lokale Vorspannung der Bauteile wird die Dynamik reduziert und die sichere Funktion der Dichtung über die gesamte Motorlaufzeit gewährleistet. Als Abstützelemente sind geprägte Noppen- sowie Karostopper besonders geeignet, da sie eine größtmögliche Designfreiheit zulassen. Bei Zylinderkopfdichtungskonzepten ohne Trägerblech kommen Noppenstopper zum Einsatz, die in die Funktionslagen eingepreßt werden.



Vergleich eines starren Stoppers mit einem elastischen Stopper bei Entlastung durch den Zünddruck. Der elastische Stopper bewirkt unter gleichen Bedingungen eine mehr als doppelte Dichtspalt-Schwingamplitude.

## Topografisch geprägte Stopper.

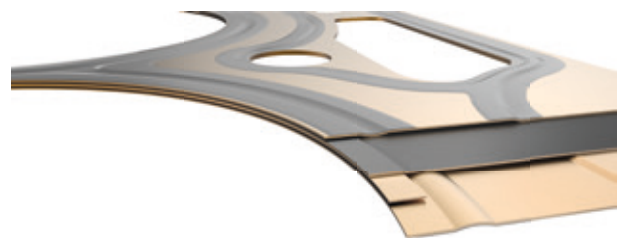
Stopper bewirken eine Pressungserhöhung und elastische Vorspannung des Dichtverbands. Das heißt, es wird gezielt Einfluss auf die Pressungsverteilung – und damit auf die Dichtspaltschwingung – genommen. Bei inhomogenen Steifigkeitsverhältnissen der angrenzenden Motorbauteile kann eine Dickenprofilierung des Stoppers notwendig sein. Geprägte Stopper bieten hier wesentliche Funktionsvorteile: Nahezu jede für die Motorbauteile erforderliche topografische Ausbildung ist realisierbar. Die Höhenprofilierung lässt sich sowohl für jeden Zylinder als auch für weitere Bereiche auf der Dichtung variabel festlegen. Der topografische Stopper ermöglicht es, inhomogene Bauteilsteifigkeiten zu kompensieren. Bereiche mit niedrigeren Steifigkeiten können dadurch vorgespannt und somit die Pressungsbeaufschlagung vergleichmäßig werden. Auf diese Weise wird die zur Verfügung stehende Schraubenkraft exakt auf die gewünschten Bereiche verteilt und optimal eingesetzt.



Abwicklung der Dichtspaltdynamik am Brennraum bedingt durch den Verbrennungsdruck.

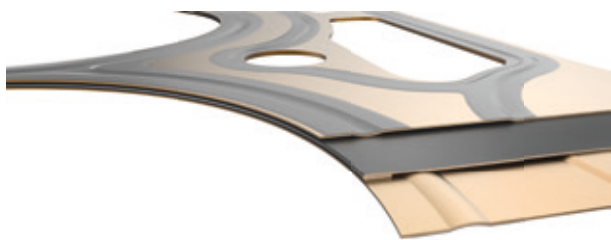
## Lasergeschweißte Stopper.

Je nach gewünschter Einbaudicke der Zylinderkopfdichtung kann der lasergeschweißte Stopper entweder auf ein Trägerblech oder eine Funktionslage aufgeschweißt werden. Diese bewährte Stopperart wird aus einem Vollmaterial hergestellt und ist daher sehr steif. Der technisch ausgefeilte Schweißprozess ermöglicht es, minimale Stopperbreiten von bis zu 0,8 mm zu realisieren.



## Umgefaltzte Stopperlagen.

Die umgefaltzte Stopperlage stellt die einfachste Stopperlösung dar. Dabei wird eine zusätzliche Lage am Brennraum auf sich selbst umgelegt und somit die gewünschte Überhöhung erreicht. Die Stoppercharakteristik ist, wie bei einem geschweißten Stopper, sehr steif. Zur Anpassung der Einbaudicke kann ein zusätzliches gekröpftes Trägerblech verwendet werden. ElringKlinger hat auch bei dieser Technologie die Grenze des Machbaren weiter verschoben: Mittlerweile kommen dickere Stopperlagen zum Einsatz, die durch einen zusätzlichen Prägeschritt in der Höhe auf das zulässige Maß reduziert und gleichzeitig höhenprofiliert werden können.



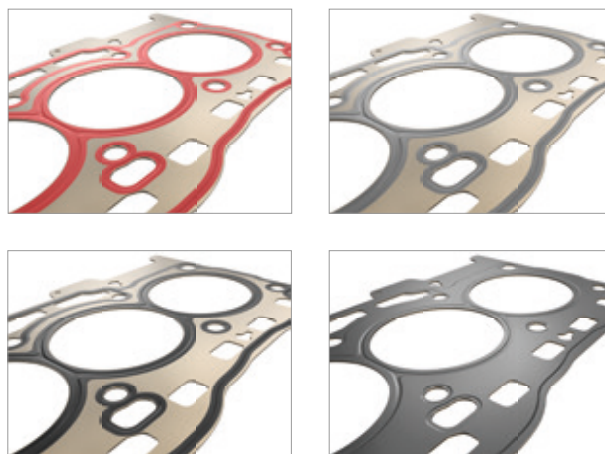
*Zwei-Funktionslagen-Design mit Falzbördelstopper*



*Ein-Funktionslagen-Design mit Falzbördelstopper im Kraft-Hauptschluss*

## Beschichtungen. Funktionsangepasst, flexibel, sicher.

Beschichtungen haben die Aufgabe, Rauigkeiten und eventuelle Fehlstellen in den Bauteilen aufzufüllen und dadurch Mikroleckagen zu vermeiden. Sie lassen sich flächig oder auch in einem speziellen Verfahren partiell auftragen. Hierbei werden nur die für die Abdichtung relevanten Oberflächenbereiche der Zylinderkopfdichtung beschichtet. Auf diese Weise ist es möglich, die Elastomerbeschichtung auf den frei im Kühlmittel oder Öl stehenden Dichtflächen auszusparen. ElringKlinger verwendet eine breite Palette spezifisch entwickelter Beschichtungen auf Basis hochwertiger FPM- und NBR-Kautschuke, die gezielt entsprechend der Anwendungsanforderungen ausgewählt und hinsichtlich aller Kundenforderungen abgeprüft werden. Dank des besonderen Auftragsverfahrens ist die Schichtdicke variabel und es sind auch Kombinationen verschiedener Beschichtungen realisierbar.



*Halten allen Anforderungen moderner Hochleistungsmotoren stand: funktionsangepasste, partielle oder vollflächige Elastomerbeschichtungen von ElringKlinger*

## Der Dichtverband.

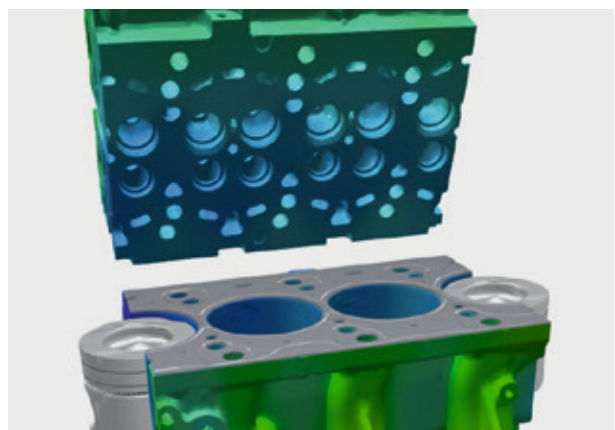
### Einer für alle, alle für einen.

Die Zylinderkopfdichtung ist im Motor das Bindeglied zwischen Kurbelgehäuse und Zylinderkopf. Zusammen mit den Zylinderkopfschrauben bilden diese Bauteile den Dichtverband. Zu den Hauptaufgaben einer Zylinderkopfdichtung gehört die sichere Abdichtung des Brennraums sowie der Kühlwasser- und Öldurchgänge unter allen Betriebszuständen des Motors über die gesamte Laufzeit. Zur weiteren Verbrauchs- und Emissionsreduzierung bei gleichzeitig höherer spezifischer Leistung werden die Guss-Wanddicken am Motor verringert und die Zünddrücke erhöht. Zusätzlich werden häufig die Schraubenkräfte reduziert, um eine Verminderung der Zylinderverzüge zu bewirken. Diese Maßnahmen führen zu einer deutlich größeren Belastung der Zylinderkopfdichtung durch hohe dynamische Bewegungen und lokal hohe Pressungen. Darüber hinaus ergibt sich durch integrierte Auslasskrümmer und die Verschiebung der Lastkollektive bei Hybridanwendungen eine verschärfte thermische Wechselbelastung, um nur einige weitere Einflussfaktoren zu nennen.

Der Zylinderkopfdichtung kommt die anspruchsvolle Aufgabe zu, den Dichtspalt in jedem Zustand sicher auszufüllen und ausreichend Dichtkraft aufzubringen, ohne dass ein übermäßiger Verzug der Bauteile entsteht. Dabei ist es essentiell, die funktionalen Elemente der Dichtung spezifisch anzupassen. Stopperelemente sorgen für die entsprechende Vorspannung der Bauteile und

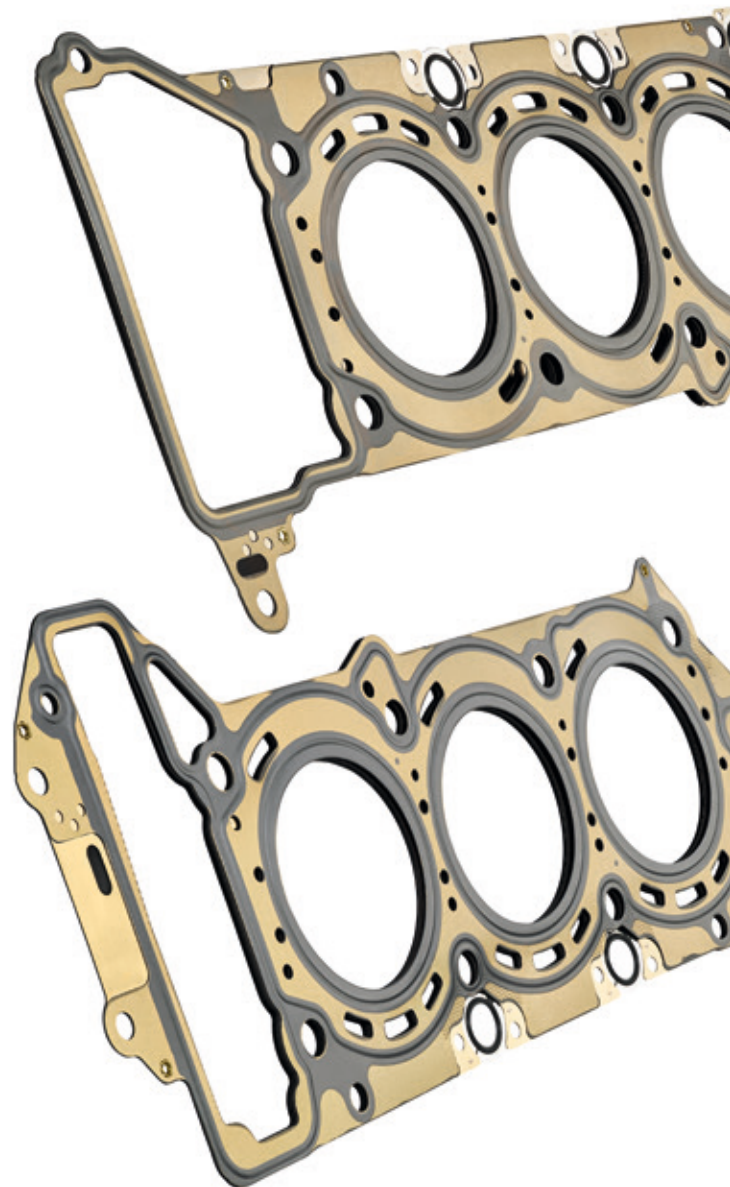
reduzieren damit die auftretende Dichtspaltdynamik. Zugleich schützen sie die abdichtenden Sicken vor einer übermäßigen Verpressung. Die eingesetzten Beschichtungen vermeiden Mikroleckagen über die Bauteilrauigkeiten.

Für moderne Motoren gibt es folglich keine Standardlösungen, es ist eine spezifische Abstimmung des gesamten Dichtverbands erforderlich. Mit Metaloflex® bietet ElringKlinger ein modernes, äußerst flexibles Dichtsystem, das sich optimal auf die unterschiedlichen Motorverhältnisse abstimmen lässt.



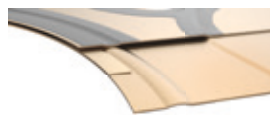
## Anwendungsbeispiele. Metaloflex® weltweit im Einsatz.

Hochleistungsmotoren erfordern Hochleistungsdichtungen. In modernen Pkw und Range-Extendern sowie kleinen bis mittelgroßen Transportern und Nutzfahrzeugen sind unsere Metaloflex®-Metallagen-Zylinderkopfdichtungen Tag für Tag im Einsatz. Millionenfach. Rund um den Globus. Die Herausforderungen: Motoren-Downsizing, Leichtbaukonstruktionen, selektive Zylinderabschaltung, weitere Leistungssteigerung und Hybridtechnik. Für sämtliche Anwendungsfälle, auch bei extremen Bedingungen, entwickeln wir gemeinsam mit unseren Kunden jeweils das effektivste und wirtschaftlichste Design.

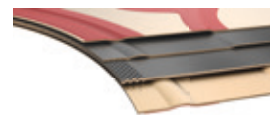


## Mehrfunktionslagen-Designs bei großen Amplituden der Dichtspaltschwingung.

Weist die Dichtspaltschwingung eine große Amplitude auf, werden Metalloflex®-Zylinderkopfdichtungen mit mehreren Funktionslagen verwendet. Damit kann über einen größeren Federweg abgedichtet werden. Die Systeme sind so abgestimmt, dass sich der Gesamtfederweg stets gleichmäßig auf die Sicken aller Funktionslagen aufteilt. In Verbindung mit geprägten Stoppern lassen sich auch Mehrfunktionslagen-Dichtungen mit topografischen Stoppern darstellen. Dieses Dichtungsdesign stellt die Dauerhaltbarkeit auch unter sehr kritischen, dynamischen Bedingungen sicher.



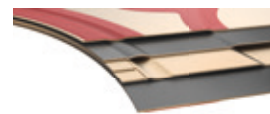
*Zwei-Funktionslagen-Design mit lasergeschweißtem Stopper*



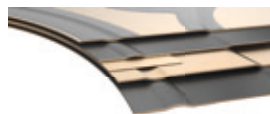
*Drei-Funktionslagen-Design mit Karostopper*



*Drei-Funktionslagen-Design mit lasergeschweißtem Stopper*



*Drei-Funktionslagen-Design mit lasergeschweißtem Stopper und blockseitiger Glattlage*



*Vier-Funktionslagen-Design mit Stopper im Hauptschluss*



*Drei-Funktionslagen-Design mit lasergeschweißtem Standardstopper*



*Drei-Funktionslagen-Design mit Segmentstopper*

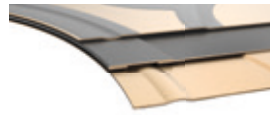


*Vier-Funktionslagen-Design: Aufteilung der Dichtspaltschwingung auf vier Funktionslagen*



## Metaloflex®-Zylinderkopfdichtungen mit Doppelstopper für Buchsenmotoren.

In Motoren mit eingepressten oder eingegossenen Laufbuchsen kommen Metaloflex®-Zylinderkopfdichtungen mit Doppelstopper-System zur Anwendung. Die erforderliche Vorspannkraft wird auf zwei Stopper aufgeteilt und folglich die Gefahr einer Buchsenabsenkung vermieden. Damit ist selbst unter kritischen Bedingungen eine Lifetime-Absicherung gegeben. Geprägte Stopper – Segment, Karo und Mäander – bieten hier außerordentliche Anpassungsmöglichkeiten an die Motorgegebenheiten. Zum Beispiel können durch unterschiedliche Höhen der beiden Stopper in Kombination mit einer Topografie am Brennraumumfang zusätzlich die Zylinderverformungen optimiert werden.



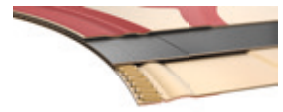
*Doppelstopper durch Umlage und lasergeschweißte Überlappung*



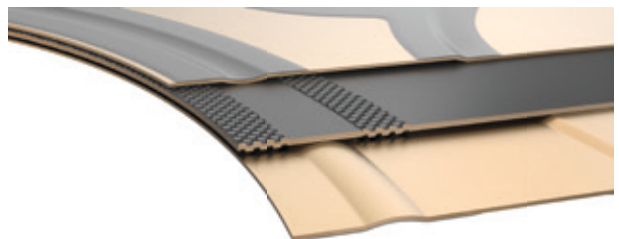
*Umgefälzte Stopperlage plus Karostopper*



*Strahlen- und Mäanderstopper, Zwei-Funktionslagen-Design*



*Zwei-Funktionslagen-Design Mäanderstopper mit zusätzlichem Trägerblech zur Anpassung der Einbaudicke*



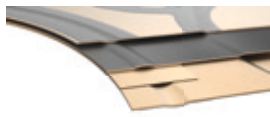
*Karo-Doppelstopper*

## Hauptschlussdesigns.

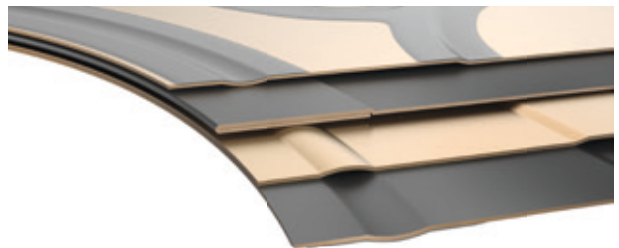
Bei sehr kompakten Motorkonstruktionen mit geringen Zylinderabständen sowie bei Aggregaten mit hoher struktureller Elastizität kommen Hauptschlussdesigns zum Einsatz, bei denen die Abdichtsicke direkt auf dem Stopperelement wirkt. Die Vorteile liegen insbesondere in der breiten Krafeinleitung und höheren Kraftkonzentration direkt am Brennraum. Außerdem ist es möglich, die Sicke hinsichtlich der Krafeinleitung in das Dichtsystem geometrisch genau zu positionieren. Dadurch lassen sich die Bauteildeformationen und Zylinderverzüge – und damit auch die inneren Reibungsverluste im Motorbetrieb – direkt beeinflussen. Hauptschlussdesigns können sowohl bei Otto- und Dieselmotoren als auch bei kleineren Nutzfahrzeugmotoren eingesetzt werden.



*Zwei-Funktionslagen-Design mit lasergeschweißtem Stopper im Hauptschluss*



*Drei-Funktionslagen-Design mit Stopper-Brille im Hauptschluss*



*Drei-Funktionslagen-Design mit neuem, topografisch geprägtem Hauptschlussstopper*



*Zwei-Funktionslagen-Design mit neuem, topografisch geprägtem Hauptschlussstopper*



*Ein-Funktionslagen-Design mit Falzbördelstopper im Hauptschluss*

# Engineering. Neue Lastfälle, zukunftsweisende Tools.

ElringKlinger entwickelt innovative Produktlösungen für die Fahrzeuggenerationen von heute und morgen. Immer mit Blick auf das Gesamtsystem Motor und das Zusammenspiel aller Komponenten. Jede Metaloflex®-Zylinderkopfdichtung ist technologische Maßarbeit: anforderungsspezifisch konzipiert in enger Kooperation mit unseren Kunden. Neue Lastfälle, wie selektive Zylinderabschaltung, Hybrid- und Range-Extender-Anwendungen, erfordern modernste, darauf abgestimmte Entwicklungs- und Erprobungs-Tools. Ergebnis: Entwicklungszeiten und -kosten werden weiter optimiert.

## Finite-Elemente-Methode.

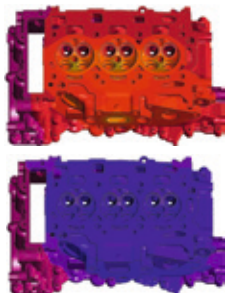
Die Finite-Elemente-Methode (FEM) ist ein entscheidendes Werkzeug zur analytischen Untersuchung des Dichtverbands. Sie ermöglicht zum einen die Optimierung der Zylinderkopfdichtungs-Funktionselemente Sicke und Stopper, einschließlich deren Herstellung, zum anderen eine Systemanalyse des gesamten Dichtverbands im Motor. Nachfolgend einige Beispiele, wie für spezifische Anforderungen jeweils ein maßgeschneidertes Metaloflex®-Dichtungskonzept ermittelt wird.

### OPTIMIERUNG DES ZYLINDERKOPF-DICHTVERBANDS



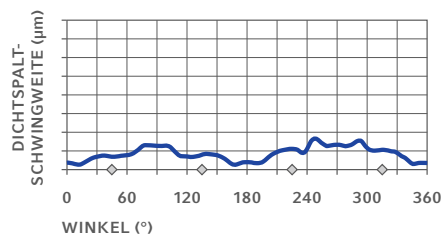
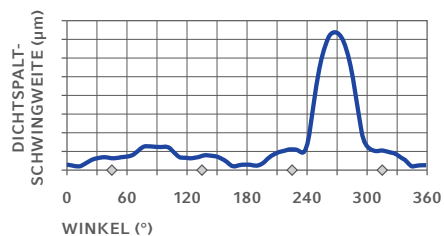
Transiente Berechnung

Schraubkraft  
Maximaler Verbrennungsdruck  
Temperaturverteilung



Optimaler Pressungsverlauf/optimale Dichtmessung

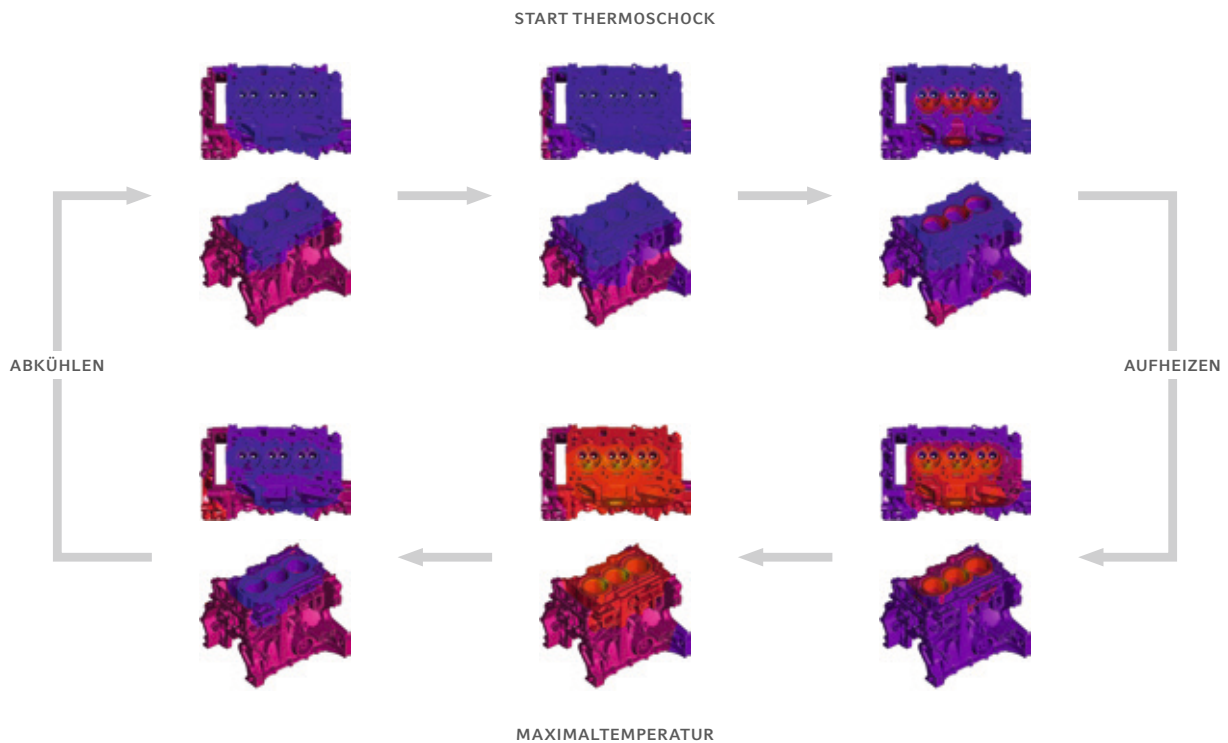
Dichtmessung  
Standard Zylinderkopfdichtung  
Optimierte Zylinderkopfdichtung mit Höhenprofil



## TRANSIENTE BERECHNUNG: BERÜCKSICHTIGUNG KOMPLEXER BEANSPRUCHUNGSKOLLEKTIVE

Präzise Aussagen sind nur möglich, wenn die wesentlichen Einflussfaktoren auf den Dichtverband realistisch erfasst werden. Im Rahmen von umfassenden Studien hat ElringKlinger die relevanten Parameter für die Dichtungsauslegung und -funktionalität um das instationäre Aufheiz- und Abkühlverhalten der Flanschbauteile Zylinderkopf und Kurbelgehäuse erweitert. Aufgrund der zunehmenden transienten Effekte durch geänderte Lastkollektive bei Hybridanwendungen oder auch Tieftemperatureinflüsse eine notwendige Maßnahme.

Unsere Antwort auf die neuen Herausforderungen: Wir haben Methoden entwickelt, um das instationäre Verhalten in der FE-Simulation zu berücksichtigen. Dabei werden die kritischen Zustände aus dem transienten Zyklus identifiziert und gezielt analysiert. Hiermit können wir die Auswirkungen auf den Dichtverband darstellen und bewerten – für eine optimale Auslegung der Dichtung über alle Betriebspunkte hinweg.

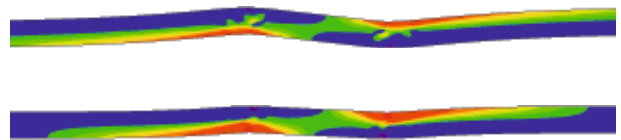


Beispiel einer transienten Temperaturfeldserie

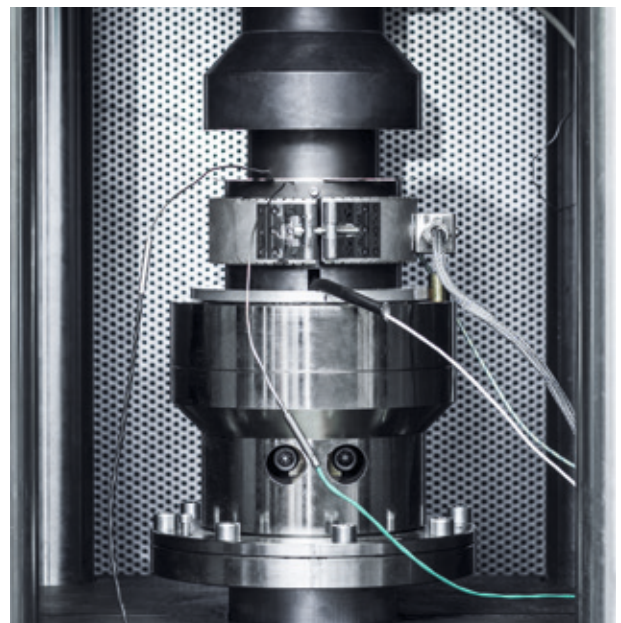
## LEBENSDAUERVORHERSAGE VON SICKEN

Sicken sind das funktionale Hauptelement einer Zylinderkopf-dichtung. Sie sind immer in Bewegung, um den Dichtspalt in jedem Betriebszustand zu schließen – ein ganzes Motorleben lang. Um sicherzustellen, dass die Sicken diesen hohen Beanspruchungen gewachsen sind, hat ElringKlinger eine effektive Methode zur Lebensdauervorhersage entwickelt. Die Basis hierfür bildet eine umfangreiche Versuchsdatenbank, für die eine Vielzahl von Versuchen durchgeführt wurden. Sehr aufwändig, aber typisch ElringKlinger: Wir geben uns nicht mit Erreichtem zufrieden und suchen in allen Bereichen immer wieder neue Wege.

Ergänzt wird die Methode durch detaillierte FE-Berechnungen. Auf diese Weise ist jeder mögliche Sickenarbeitspunkt für jede mögliche Sicke in puncto Dauerhaltbarkeit abgesichert. Somit sind wir in der Lage, für sämtliche Motoren eine optimale Dichtungsauslegung unter Berücksichtigung der erforderlichen Dauerhaltbarkeit zu realisieren.



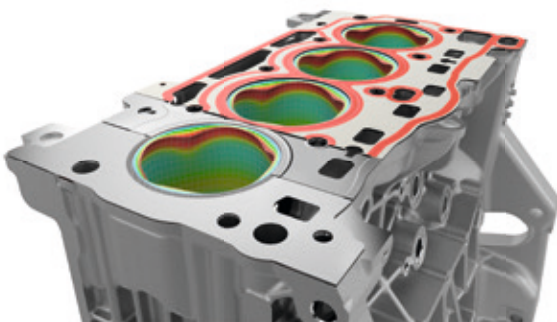
*Simulierte Spannungszustände  
im Material in zwei Betriebszuständen*



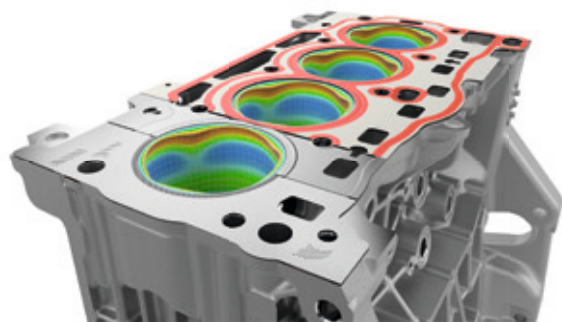
*Hochpräzise Ermittlung der Kraftverformungskurve*

## REDUKTION VON ZYLINDERVERZÜGEN

Durch inhomogene Bauteilsteifigkeiten und unterschiedliche thermische Belastungen der Motorbauteile kommt es zu unerwünschten Verzügen der Zylinderlaufbuchsen. Hier kann die Zylinderkopfdichtung eine wichtige Zusatzfunktion übernehmen, denn durch gezielte Maßnahmen bei der Dichtungsauslegung lässt sich dieser Effekt wirksam reduzieren. Hierzu zählen Abstütungen der Endzylinder, die topografische Ausgestaltung der Stopper, der Einsatz eines Doppelstoppers oder die Anwendung eines Hauptschlussdesigns.



*Zylinderverzug ohne Endzylinderabstützung*



*Reduzierter Zylinderverzug mit Endzylinderabstützung*

## Simulation.

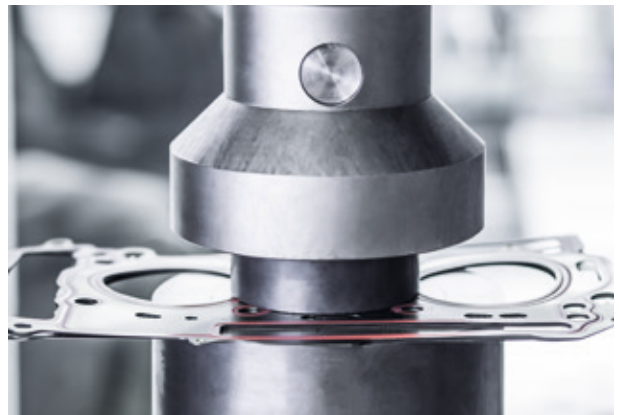
Unter Laborbedingungen werden die realen Beanspruchungen simuliert. Das heißt ergänzend zu den FEM-Strukturanalysen werden die Funktionssicherheit und Dauerhaltbarkeit von Dichtungssystemen durch verschiedene Simulationswerkzeuge abgesichert. Ob Dauerhaltbarkeitsuntersuchungen, Kraftverformungskurven, Dichtspaltbewegungs-Messungen, Dichtprüfungen oder Reibverschleißtests, als Technologieführer ist ElringKlinger selbstverständlich auch hier bestens ausgerüstet.



*Hochfrequente Resonanzschwingungsprüfung*

## PRÜFMASCHINEN

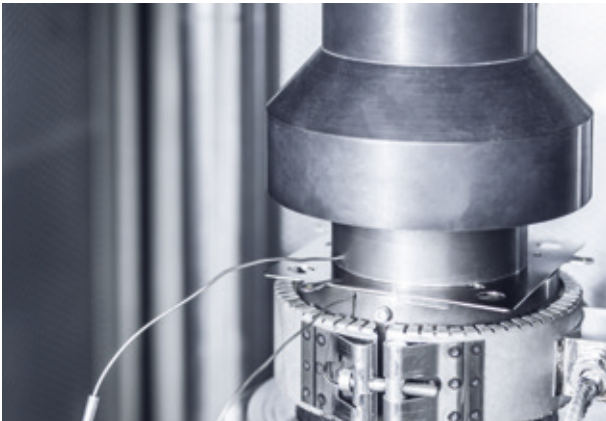
Für die statische, quasistatisch-thermische und dynamische Prüfung funktionaler Dichtungselemente kommen entweder servohydraulische oder aber elektromechanische Prüfmaschinen zum Einsatz, die aufgrund ihrer deutlich höheren Frequenz die Prüfdauer maßgeblich reduzieren. Eben ganz ElringKlinger. Hierbei werden die Dichtungselemente zwischen zwei Metallflanschen verspannt und über eine feste Anzahl von Zyklen bei gegebener Kraft-/Wegamplitude abgeprüft.



*Servohydraulische Versuchseinrichtung für Dauerhaltbarkeitsuntersuchungen*

## SIMULATION VON VERSCHLEISSZUSTÄNDEN IM MOTOR

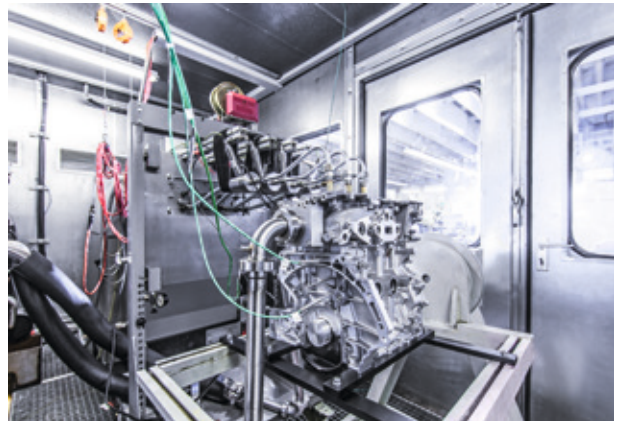
Aufgrund gesteigerter Spitzendrücke muss den im Dichtspalt auftretenden Relativbewegungen und dadurch verursachten Verschleißerscheinungen bereits bei der Zylinderkopfdichtungsauslegung Rechnung getragen werden. ElringKlinger nutzt hierfür einen Verschleißprüfstand zur Simulation des Verschleißverhaltens in Motoren, um den zulässigen Bereich des Reibkoeffizienten im Dichtspalt zu ermitteln. Hierzu werden Parameterstudien unter motornahen Bedingungen durchgeführt. Unter Einbezug der Pressungs- und Kraftverhältnisse aus der FE-Berechnung lassen sich bereits während der Entwicklungsphase geeignete Designs und Beschichtungen zur Vermeidung von Verschleiß ermitteln.



*Sickendauerhaltbarkeits- sowie Verschleißprüfung an einer servohydraulischen Anlage*

## HYDRAULISCHE INNENDRUCKSIMULATION

Die hydraulische Innendrucksimulation ermöglicht es, den gesamten Dichtverband unter realitätsnahen Bedingungen zu bewerten. Die Brennräume werden hier über schnelle Servoventile in der Zündreihenfolge hydraulisch mit Druck beaufschlagt. Über den Wasserkreislauf werden entsprechende Temperaturzyklen überlagert. Mit dieser Methodik lassen sich Schwachstellen im Dichtverband bereits in einem frühen Entwicklungsstadium vor der eigentlichen befeuerten Motorerprobung ermitteln.

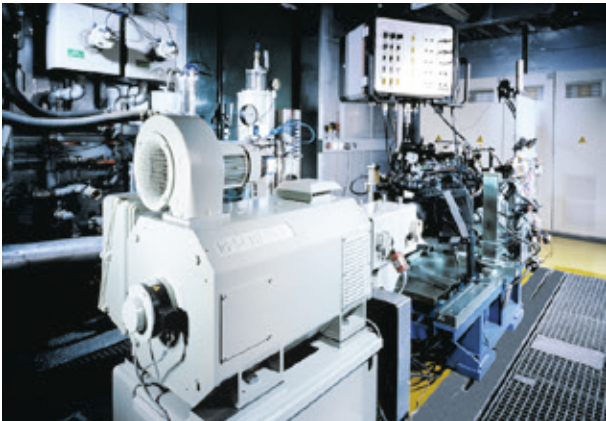


*Innendruckprüfstand zur realitätsnahen Simulation eines befeuerten Motors*

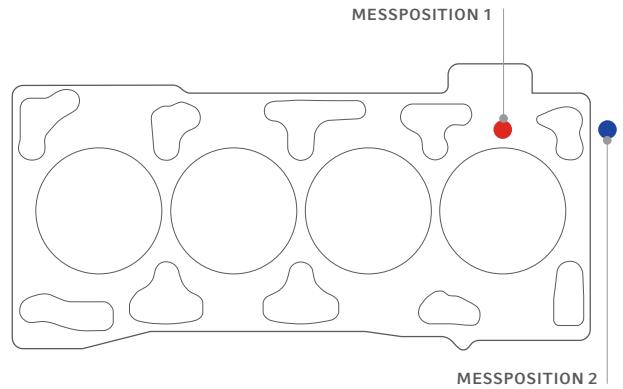


## DICHTSPALTBEWEGUNGS-MESSUNG (DSB)

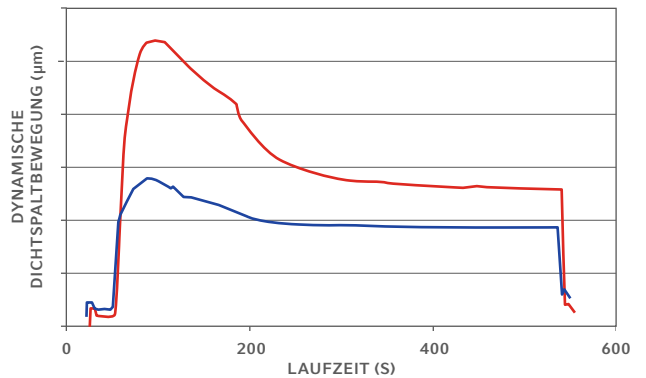
Die Ermittlung der real auftretenden Dichtspalte an befeuerten Motoren ist eine entscheidende Größe zur Beurteilung und zum Vergleich mit den analytischen Berechnungen über FEM. Mit Hilfe von hochpräzisen Wirbelstromsensoren, die spezifisch an jeden Motor appliziert werden, misst man die Spaltbewegungen dynamisch im Prüflauf. Dies erfolgt an verschiedenen Positionen über die Dichtungsfläche und am Bauteilrand. Es können sowohl vertikale als auch horizontale Bewegungen aufgezeichnet werden.



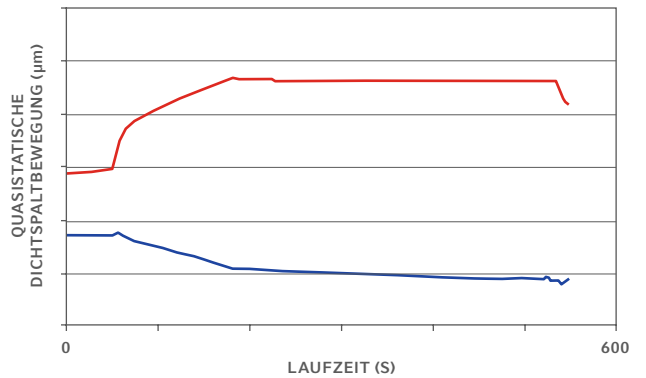
Motorprüfstand mit Asynchronmaschine



### DYNAMISCHE DARSTELLUNG



### QUASISTATISCHE DARSTELLUNG



— MESSPOSITION 1  
— MESSPOSITION 2

## Fertigung. Top-Qualität. Prozesssicherheit. Weltweit.



Globalität heißt für ElringKlinger, in allen bedeutenden Ländern mit Automobil- und Motorenproduktion durch eigene Standorte präsent zu sein. Auch Metaloflex®-Zylinderkopfdichtungen werden weltweit in der Nähe unserer Kunden hergestellt – auf modernsten Anlagen, mit hervorragender Effizienz und in höchster Qualität. Basis hierfür sind unser außerordentliches Fachwissen in punkto Werkzeug- und Fertigungstechniken und damit verbunden unsere eigenentwickelten und hergestellten Werkzeugkonzepte. Durch das enge Zusammenspiel von Engineering, Fertigung und Werkzeugbau erreicht ElringKlinger bereits bei Produktionsstart ein optimales Qualitätsniveau, Prozesssicherheit und im Bedarfsfall kurze Reaktionszeiten.

Metaloflex®-Zylinderkopfdichtungen sind maßgeschneidert für alle Anwendungsfälle. Auf speziell für ElringKlinger entwickelten Pressen erfolgt eine lückenlose, hochpräzise Inline-Produktion – vom Metallcoil bis zur vollständig geprägten Dichtungslage, ohne zusätzliche manuelle Präge-Stanzarbeitsgänge. Bei

ElringKlinger wird, im Gegensatz zu manch anderem Hersteller, ein breites Spektrum an Stoppertechnologien unter einem Dach realisiert. Der einheitliche, standardisierte Prägeprozess, inklusive Topographien, sorgt für eine gleichbleibende Qualität im Mikrometerbereich. Auch unsere Beschichtungen erfüllen höchste Ansprüche: mit komplett automatisierten Verfahren zur vollflächigen oder auch partiellen Innen- und Außenbeschichtung. Der finale Schritt des gesamten Prozesses: die Montage der Einzellagen zu einer Mehrlagendichtung. Alle Arbeitsschritte sind vollverkettet und automatisiert, einschließlich des 100-Prozent-Qualitätsüberwachungssystems bzw. des End-of-Line-Tests. Egal wann, egal wo: ElringKlinger bietet gleichbleibende Spitzenqualität, größte Flexibilität und eine exzellente Lieferperformance.

[WWW.ELRINGKLINGER.DE](http://WWW.ELRINGKLINGER.DE)

# Produktion und Entwicklung. Zylinderkopfdichtungen.



## PRODUKTIONSSTANDORTE

Dettingen/Erms, Deutschland  
Runkel, Deutschland  
Chamborêt, Frankreich  
Changchun, VR China  
Saitama, Japan  
Gumi, Südkorea  
Karawang, Indonesien  
Ranjangaon, Indien  
Piracicaba, Brasilien  
Toluca, Mexiko  
Buford, USA

## ENTWICKLUNGSSTANDORTE

Globales Entwicklungszentrum:  
Dettingen/Erms, Deutschland

Lokale Entwicklungs-/Applikationsstandorte:  
Changchun, VR China  
Plymouth, USA  
Tokio, Japan

**ElringKlinger AG**

Max-Eyth-Straße 2  
D-72581 Dettingen/Erms

Fon +49 7123 724-0  
Fax +49 7123 724-9006  
E-Mail [info.de@elringklinger.com](mailto:info.de@elringklinger.com)

[www.elringklinger.de](http://www.elringklinger.de)