

# Tellerseparatoren zur Reinigung von Blow-by-Gas bei Pkw-Motoren



Die Grenzwerte für die Reinigung des Blow-by-Gases werden strenger, Ölpartikel immer kleiner. Reinz aus Neu-Ulm, ein Tochterunternehmen des US-amerikanischen Unternehmens Dana, hat deswegen gemeinsam mit 3nine einen Tellerseparator für Verbrennungsmotoren entwickelt, der speziell unter 0,6 µm kleine Ölpartikel effizient aus dem Blow-by-Gas abscheidet, und das zu nahezu 100 %.

## ANFORDERUNGEN AN DIE ÖLPARTIKELFILTRATION STEIGEN

Die Evolution bei Pkw-Motoren schreitet in großen Schritten voran: Gefragt ist mehr Effizienz, also mehr Leistung bei niedrigerem Kraftstoffverbrauch. Deswegen steigen Zylinderdrücke und Öltemperaturen für eine Wirkungsgradsteigerung, parallel erhöht sich die Anzahl der Schmierstellen und Ölspritzdüsen zur Reibungsoptimierung im Antriebsstrang und damit die Ölumlaufrichtung im Motor. Zudem kommen vermehrt niedrigviskose Motoröle zum Einsatz. Das stellt die Kurbelgehäuseentlüftung und Systeme zur Reinigung der Blow-by-Gase vor neue Herausforderungen.

Vermeiden lassen sich Blow-by-Gase nicht. Sie treten in Otto- und Dieselmotoren automatisch auf, hauptsächlich wenn Verbrennungsgas am Kolben vorbei in das Kurbelgehäuse strömt und bei der Entlüftung in Richtung Ansaugtrakt Öltröpfchen mitreißt. Das Problem: Die winzigen Ölpartikel, die vor allem bei Verwendung von niedrigviskosen Motorölen überwiegend kleiner als 1 µm sind, würden sich bei der Rückführung zum Ansaugkrümmer auf Motorkomponenten ablagern, unter anderem auf dem Drosselklappengehäuse, dem Abgasturbolader, den Einlassventilen oder dem Ladeluftkühler. Das würde auf Dauer die Lebensdauer und Leistung des Motors herabsetzen. Gelangen die Öltröpfchen in den Ver-

## AUTOREN



**Dr. Claes Inge**  
ist R&D-Manager bei der 3nine AB in Nacka Strand (Schweden).



**Peter Franzén**  
ist Research Engineer bei der 3nine AB in Nacka Strand (Schweden).



**Dipl.-Ing. (FH) Christoph Erdmann**  
ist Leiter der Entwicklung des Bereichs Kunststoffsysteme bei der Dana/Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.



**Dipl.-Ing. (FH) Francesco Zitarosa**  
ist Leiter der globalen Anwendungstechnik Kurbelgehäuseentlüftung bei der Dana/Reinz-Dichtungs-GmbH in Neu-Ulm.



**BILD 1** Dana-Tellerseparator für Lkw-Anwendungen (links) und für Pkw-Anwendungen (rechts)  
(© Dana)

brennungsraum und zünden dort zu früh, entstehen zudem Klopfefekte durch eine unkontrollierte Verbrennung.

Es ist daher wichtiger denn je, im Rahmen der Kurbelgehäuseentlüftung die Feinölpartikel aus dem Blow-by-Gas zu entfernen, bevor es wieder der Verbrennungsluft zugeführt wird. Die Zielwerte werden dabei von den OEMs vorgegeben. Lag das tolerierte Maximum vor rund zehn Jahren noch bei circa 5,0 g/h, werden heutzutage teilweise bis zu 0,25 g/h Ölaustrag und darunter gefordert.

#### **PASSIVE ABSCHIEDESYSTEME STOSSEN AN PHYSIKALISCHE GRENZEN**

Adaptive passive Ölnebelabscheidesysteme, die in Pkw-Motoren zum Einsatz kommen und nach dem Prall- oder Trägheitsprinzip arbeiten, sind zwar in der Regel kostengünstig, erreichen oftmals speziell bei kleinen Partikeln aber nur relativ geringe Abscheideraten. Diese Systeme funktionieren nur dann effizient, wenn der Differenzdruck zwischen Ansaugtrakt des Motors und Zylinderkurbelgehäuse sowie die Strömungsgeschwindigkeit des Blow-by-Gases entsprechend hoch sind: je stärker die Beschleunigung und die Umlenkung, desto feiner die abscheidbaren Ölpartikel. Die stetige Entdrosselung des Ansaugtrakts reduziert den Differenzdruck als Energiequelle für passive Ölnebelabscheider. Die Systeme stoßen bei der Verwendung in modernen Verbrennungsmotoren an ihre physikalischen

Grenzen. Passive Systeme können kaum Ölpartikel aus dem Ölnebel entfernen, die kleiner als 0,6 µm sind. Dies ist jedoch vor dem Hintergrund der Motorenentwicklung und der sich ändernden Gesetzgebung erforderlich.

#### **DOWNSIZING VON AKTIVEN TELLERSEPARATOREN AUS DEM LKW-BEREICH**

Gebläse oder Saugstrahlpumpen einzusetzen, um die Effektivität passiver Systeme zu erhöhen, ist eine Lösung. Ein weiterer, derzeit sehr vielversprechender Ansatz sind sogenannte aktive Tellerseparatoren, die in Lkw schon seit einiger Zeit zum Einsatz kommen und mittlerweile auch ihren Weg in Pkw-Motoren finden, **BILD 1**. Dabei handelt es sich um Ölnebelabscheidesysteme, die an den Motor angebaut oder in Bauteile wie Ölwanne oder Zylinderkopfhaube integriert und in den Kreislauf der Kurbelgehäuseentlüftung eingegliedert sind. Auch die Verwendung als eigenständiges System (Stand-Alone-System) ist realisierbar. Ihr Herzstück ist ein elektrisch oder hydraulisch über Öldruck angetriebener Rotor, an dessen Welle in der Mitte des Gehäuses mehrere konisch geformte Teller als Stapel (Stack) in einem engen Abstand zueinander angeordnet sind.

Einmal in Rotation versetzt, greift beim aktiven Tellerseparator von Dana das gleiche Wirkprinzip wie bei klassischen Tellerseparatoren: Die Drehbewegung drängt das Gas aus den Tellerzwischenräumen. Dabei lagern sich die

Ölpartikel, die schwerer als das Gas sind, auf den Tellern ab. Sie agglomerieren zu Tröpfchen, werden durch die Zentrifugalkräfte an die feststehenden Außenwände des Separators geschleudert, über spiralförmig verlaufende Abflussschlitze gesammelt und erneut dem Ölkreislauf zugeführt. Durch die Saugwirkung des Tellerstapels wird der Druck im Kurbelgehäuse reduziert. Die Entwicklung des Tellerseparators hat noch weitere Innovationen hervorgebracht, unter anderem ein System zur Drainage des Antriebsöls und die Integration des Tellerstapels in die Zylinderkopfhaube.

Der Vorteil der aktiven Tellerseparatoren ist, dass die Abscheideeffizienz nahezu unabhängig von den Durchflussraten des Blow-by-Gases und Druckverhältnissen der Motoren ist. Zudem erzeugen sie eine Pumpwirkung, die den Druckverlusten entgegenwirkt, und sind im Vergleich zu reinen, teilweise aktiven Filtersystemen wartungsfrei.

#### **NEUARTIGE TELLERSEPARATOREN SCHEIDEN AUCH SEHR KLEINE ÖLPARTIKEL AB**

Neuartige Tellerseparatoren nehmen es auch mit Ölpunkten auf, die kleiner als 0,6 µm sind. Genau hier knüpfen die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Dana Inc. gemeinsam mit den Spezialisten von 3nine aus Stockholm an. Es wurde ein gewichtsoptimierter aktiver Tellerseparator entwickelt, dessen Vollkunststoffgehäuse sich seitlich an den Motor anbringen oder in die Zylinder-

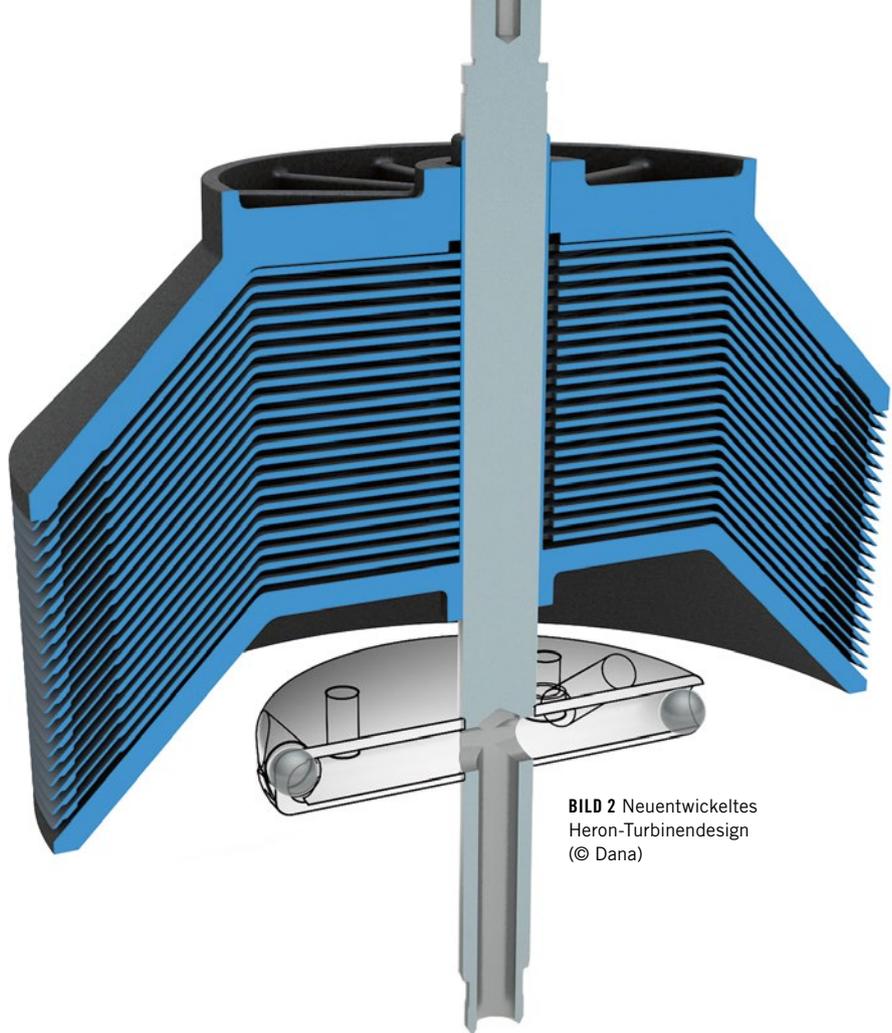
## ENTWICKLUNG FILTER

kopfhaube integrieren lässt. Im Vergleich zu Wettbewerbssystemen erzielt dieses System höhere Wirkungsgrade. Speziell die hydraulisch angetriebene Variante des Tellerseparators punktet mit einer geringeren Leistungsaufnahme, höheren Drehzahlen, kurzen Ansprechzeiten und einer Gewichtsersparnis. Somit lassen sich selbst kleine Ölpartikel, speziell kleiner als  $0,6 \mu\text{m}$ , zu nahezu 100 % abscheiden.

Zum Einsatz kommen ein Kugellager und ein Gleitlager – eine Kombination, die im Vergleich zu Freikugellagern weniger Reibung erzeugt. Da die Ölpartikel im Blow-by-Gas für eine kontinuierliche Schmierung des Kugellagers sorgen, werden die Reibungsverluste noch weiter reduziert. Ein optimiertes, kegelstumpfförmiges Design der Teller maximiert die Trennfläche und trägt somit zur erhöhten Effizienz bei. Zusätzlich verhindert es wirkungsvoll Versottungseffekte.

### TELLERSEPARATOR ROTIERT MIT HOHER DREHZAHL

Die Kerninnovation stellt das Antriebssystem aus Heron-Turbine und berührungsloser Abdichtung zwischen Antriebs- und Abscheidekammer dar. Dabei strömt Antriebsöl, das aus dem Motorölkreislauf abgezweigt wird, durch die hohle Antriebsachse in Richtung der Turbine, **BILD 2**. Diese sitzt unter dem Tellerstapel, geschützt durch eine Kunststofftrennwand, welche die berührungslose Abdichtung beinhaltet. Die Turbine hat eine ausbalancierte Geometrie mit tangential ausgerichteter Düse. Strömt das Antriebsöl durch die Düse, beginnen Turbine und Tellerseparator aufgrund des Rückstoßeffekts mit bis zu 12.000/min zu rotieren. Aufgrund der ebenfalls optimierten Düse sind Störungen durch Verwirbelungen auf ein Minimum reduziert. Durch Anpassung der Düsengeometrie lässt sich dieses Turbinensystem flexibel auf die jeweiligen Kundenanforderungen anpassen. Speziell bei geringeren Öldrücken arbeitet das System effizienter und zeigt große Vorteile gegenüber bekannten Systemen mit feststehenden Düsen. Der drehzahlabhängige Druckverlauf im Ölkreislauf in Kombination mit der darauf abgestimmten Heron-Turbine stellt ein energiesparendes adaptives Antriebskonzept dar, das über weite Bereiche exakt den Motoranforderungen zur Abscheidung entspricht.

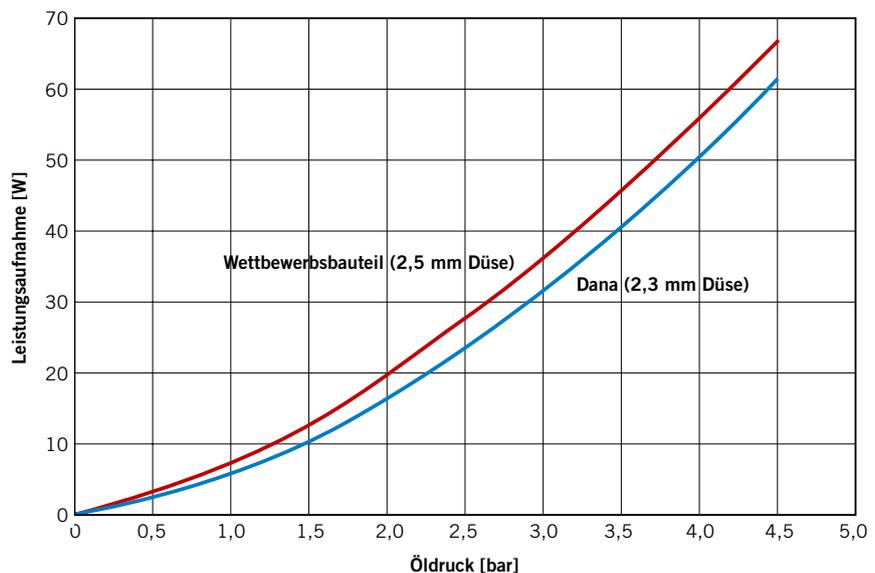


**BILD 2** Neuentwickeltes Heron-Turbinendesign (© Dana)

### HOHE ABSCHIEDEFFEKTIVITÄT UND GERINGE LEISTUNGS-AUFNAHME

Mittels speziell für aktive Systeme konzipierter Prüfmethode konnten die Ingenieure die geringe Leistungsaufnahme der neuen Tellerseparatoren unter

Beweis stellen. Dabei experimentierten sie mit Separatoren mit unterschiedlichen Düsendurchmessern und Telleranzahlen. Bei Lkw-Abscheidern mit einem Düsendurchmesser von 2,3 mm ergab sich bei einem Öldruck von 4,5 bar zum Beispiel eine Leistungsaufnahme von rund 62 W.



**BILD 3** Leistungsaufnahme abhängig vom Motoröldruck (© Dana)

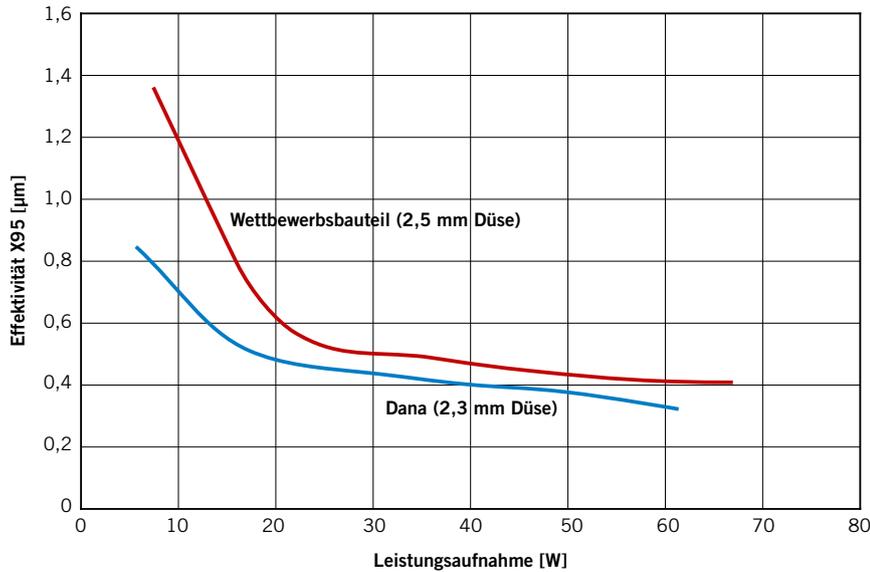


BILD 4 Effektivität des X95-Werts abhängig von der Leistungsaufnahme (© Dana)

Im Vergleich dazu erreichte ein System des Wettbewerbs, das mit einem leicht größeren Durchmesser von 2,5 mm arbeitet, eine höhere Leistungsaufnahme von knapp 67 W bei geringerer Abscheideeffektivität, **BILD 3** und **BILD 4**. Das Spektrum der Leistungsaufnahme liegt je nach Anwendungsfall zwischen 50 und 70 W bei Lkw (25 bis 50 Teller) und 5 bis 20 W bei Pkw (15 bis 25 Teller). Die aktiven Tellerseparatoren können für Blow-by-Mengen von bis zu 600 l/min (für Lkw-Anwendungen) ausgelegt werden.

In Tests konnte die hohe Abscheideeffizienz des Separators nachgewiesen werden. Am effektivsten arbeiten die

Separatoren bei hohen Drehzahlen, **BILD 5**. Liegt der sogenannte X95-Wert, der dem Durchmesser derjenigen Partikel entspricht, die zu 95 % abgeschieden werden und der somit ein Indiz für die Abscheideeffektivität (je niedriger, desto effektiver) ist, bei einer Drehzahl von rund 5000/min bei knapp 0,8 µm, sinkt er bei 10.000/min schon auf unter 0,4 µm.

Die Tests zeigten, dass die Separatoren über den kompletten Arbeitsbereich im Öldruckkennfeld deutlich effektiver als bisherige Systeme auf dem Markt arbeiten. So liegt der X95-Wert bei einem Öldruck von 1 bar bei rund 0,9 µm – bei einem untersuchten Wettbewerbssystem

liegt er hingegen bei über 1,3 µm, **BILD 6**. Bei Pkw lässt sich die Ölaustragsmenge nach Abscheider selbst bei Volllastpunkten auf bis zu 0,085 g/h und darunter senken – ein Wert, der die gestellten Anforderungen bei Weitem unterbietet. Da die OEMs den Energieverbrauch von Ölpumpen kontinuierlich reduzieren, indem sie den Gesamtöldruck senken und zusätzlich mit niedrigviskosen Ölen arbeiten, kann der neuentwickelte, aktive Tellerseparator hier seinen hohen Wirkungsgrad bei niedrigem Öldruck voll ausspielen.

Die Entwicklungs- und die Testphase sind mittlerweile abgeschlossen. Die

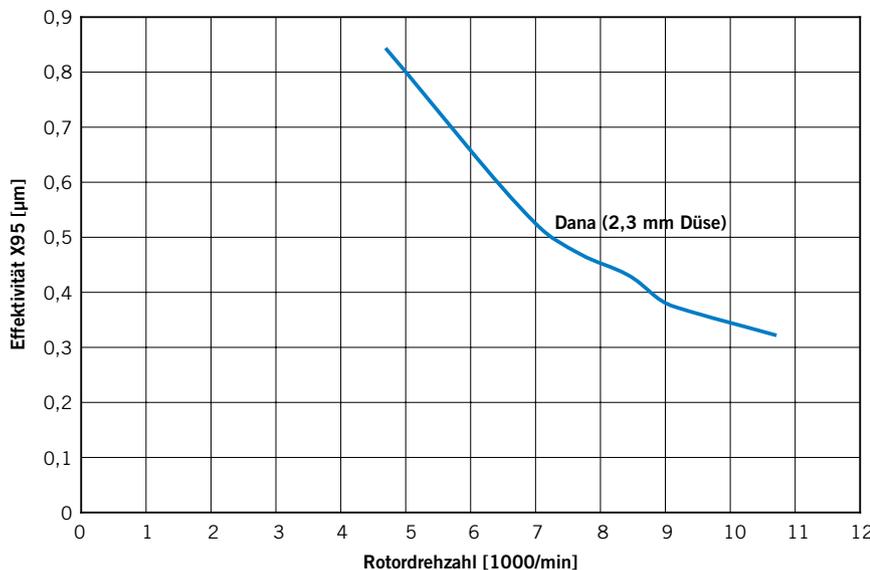
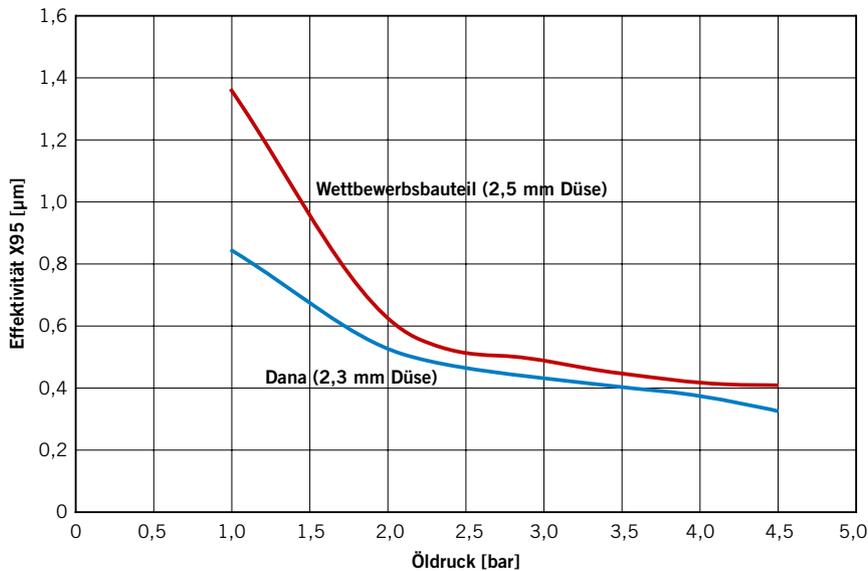


BILD 5 Effektivität des X95-Werts abhängig von der Rotordrehzahl (© Dana)



**BILD 6** Effektivität des X95-Werts abhängig vom Motoröldruck (© Dana)

aktiven Tellerseparatoren für Lkw- und Pkw-Anwendungen sind serienreif entwickelt und Nominierungen für den Einsatz hydraulischer Systeme liegen bereits vor. Ausführungen mit Elektromotorantrieb sind in der ersten Prototypenphase und Seriennominierungen werden zeitnah erwartet.



**READ THE ENGLISH E-MAGAZINE**  
 Test now for 30 days free of charge:  
[www.mtz-worldwide.com](http://www.mtz-worldwide.com)

## ZUSAMMENFASSUNG

Folgende Entwicklungen scheinen bei der Entwicklung von Pkw-Motoren unaufhaltsam: Einerseits gibt es strengere Gesetze, welche die Reinigung des Blow-by-Gases regeln sowie unter anderem höhere Abscheidewerte und einen negativen Druck im Kurbelgehäuse vorschreiben. Andererseits senken die OEMs den Gesamtöldruck im Motor, um den Energieverbrauch der Ölpumpen zu reduzieren. Gleichzeitig setzen sie auf immer dünneres Öl, was zu entsprechend feinen und schwer zu trennenden Ölpartikeln im Blow-by-Gas führt. Zusätzlich führt der Trend des Downsizings zu immer höheren Öltemperaturen und Verbrennungsdrücken. Vor diesem Hintergrund stoßen passive Ölabscheidesysteme an ihre Grenzen. Neuartige aktive Tellerseparatoren mit optimiertem Tellerdesign und verbesserter Antriebstechnik hingegen erreichen auch bei niedrigem Öldruck und reduzierter Leistungsaufnahme einen hohen Pumpdruck und eine Abscheideeffektivität von nahezu 100 % – selbst bei Ölpartikeln, die kleiner als 1 µm sind.