

BELÜFTUNGSLÖSUNGEN FÜR EINE UNGETRÜBTE SICHT

WIE SCHEINWERFER ZUVERLÄSSIG VOR KONDENSATION SOWIE EINDRINGENDEM SCHMUTZ UND WASSER GESCHÜTZT WERDEN

Ein Scheinwerfer muss täglich wechselnden Umwelteinflüssen widerstehen. Um dem Fahrer jederzeit eine klare Sicht zu ermöglichen und eine zuverlässige Funktion sicherzustellen, muss er vor Staub, Schmutz, Ablagerungen und Kondensation geschützt werden. Automobilherstellern und -zulieferern stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um Feuchtigkeit aus dem Scheinwerfer zu entfernen. Druckausgleichslösungen mit Belüftungsmembran bieten eine Kombination aus Eintrittsbarriere gegen Schmutz und Wasser sowie ein optimales Kondensationsverhalten.

DREI FEUCHTIGKEITSQUELLEN

Feuchtigkeit in Autoscheinwerfern rührt von drei Hauptquellen her, **Abbildung 1**: Die häufigste Ursache ist Desorption, die durch Temperaturunterschiede ausgelöst wird. Beim Abschalten der Lichtquelle sinkt die Temperatur und der Kunststoff, aus dem der Scheinwerfer besteht, saugt wie ein Schwamm Feuchtigkeit auf. Beim Einschalten der Lichtquelle nimmt die Temperatur zu, was diese ab- und eingelagerte Feuchtigkeit aus dem Material herauslöst, **Abbildung 2**. Gleichzeitig steigt der Taupunkt an, was dazu führen kann, dass sich an der kältesten Stelle des Scheinwerfers Kondensation bildet. Beim Abschalten der Lichtquelle sinkt die Temperatur und der Kunststoff nimmt Feuchtigkeit auf. Auf diese Weise entsteht circa 80 % der Feuchtigkeit im Scheinwerfer.

Die zweite Feuchtigkeitsquelle ist Permeation – ein Prozess, bei dem über einen längeren Zeitraum kontinuierlich Wasserdampf durch den Kunststoff von außen ins Gehäuseinnere diffundiert.

Die dritte Ursache für Feuchtigkeit ist die Belüftungsöffnung, durch die Feuchtigkeit nach innen und außen gelangen kann.

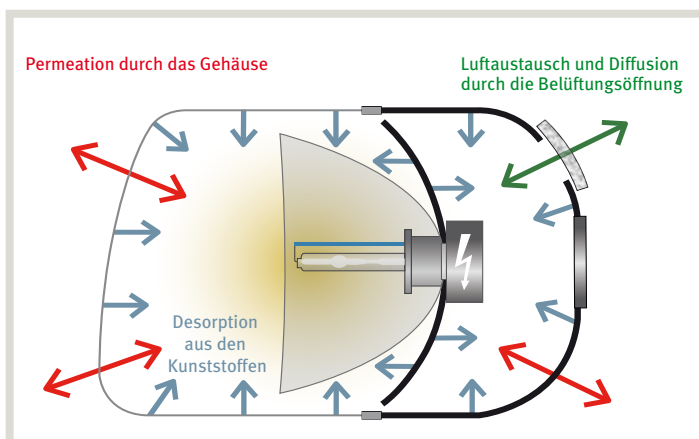


Abbildung 1: Drei Ursachen für Feuchtigkeit in Fahrzeugleuchten

Thilo Haiss,
Product Line Manager Automotive Lighting,
W. L. Gore & Associates GmbH

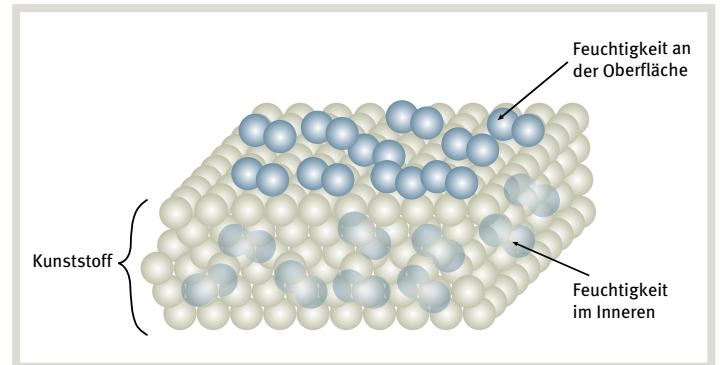


Abbildung 2: Über 50 % der Gesamtfeuchtigkeit, die desorbiert, ist Oberflächenfeuchtigkeit

MESSUNG DER FEUCHTIGKEIT

Häufig wird die Feuchtigkeit im Scheinwerfer mit relativer Luftfeuchtigkeit beschrieben. Viel zielführender ist allerdings die Angabe des Taupunkts, da er nicht von der vorherrschenden Temperatur abhängt. Dies wird in folgendem Beispiel deutlich, in welchem die Korrelation zwischen Taupunkt und Temperatur demonstriert wird: Gemessen wird die Feuchtigkeit unter Laborbedingungen. Bei 22 °C und 50 % relativer Luftfeuchtigkeit liegt der Taupunkt bei 11 °C, **Abbildung 3**.

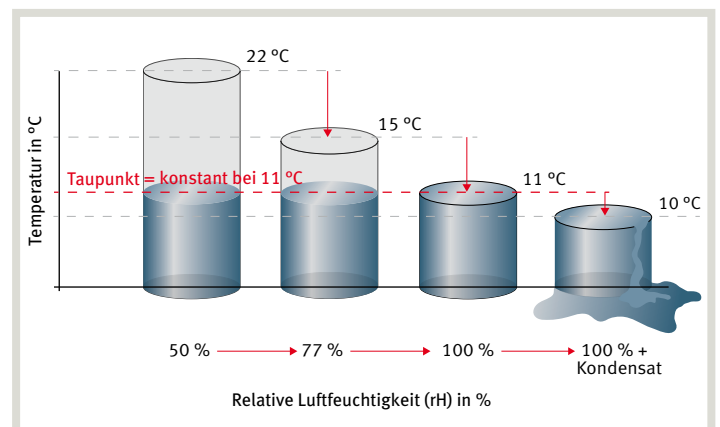


Abbildung 3: Die Wasserglas-Analogie demonstriert, wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit korrelieren

Fällt die Temperatur auf 15 °C, steigt die relative Luftfeuchtigkeit auf 77 %. Der Taupunkt bleibt konstant. Bei 11 °C erreicht die relative Luftfeuchtigkeit 100 %, sodass die Luft gesättigt ist und keine weitere Feuchtigkeit mehr aufnehmen kann. Fällt die Temperatur unterhalb des Taupunkts, entsteht Kondensat.

DURCH KONVEKTION ODER DIFFUSION FEUCHTIGKEIT NACH AUSSEN LEITEN

Um Feuchte zu entfernen und den Scheinwerfer zu belüften, gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Konvektion und Diffusion. Konvektion, eine offene oder Querbelüftung, funktioniert mithilfe von mindestens zwei Belüftungsschläuchen, die Luft zirkulieren und damit Feuchtigkeit nach außen führen. Die Ursache hierfür sind Druckdifferenzen, die bei Temperaturanstieg (z.B. bei Einschalten des Scheinwerfers) oder bei Bewegung während der Fahrt entstehen. Diese Druckunterschiede erzeugen einen Luftstrom, der feuchte Luft nach außen transportiert, **Abbildung 4**. Durch die untere Öffnung wird die Umgebungsluft angesogen, durch die obere strömt sie wieder aus. Der Nachteil einer solchen offenen Belüftungslösung ist allerdings, dass mit der angesogenen Luft Staub, Schmutzpartikel, Insekten etc. in den Scheinwerfer eindringen. Zudem funktioniert Konvektion nur, wenn das Fahrzeug in Bewegung oder der Scheinwerfer eingeschaltet ist. Weiterhin besteht häufig die Problematik, dass aufgrund der Vielzahl an Komponenten, die im Motorraum verbaut sind, ein Umströmen des Scheinwerfers nicht mehr im benötigten Maß möglich ist.

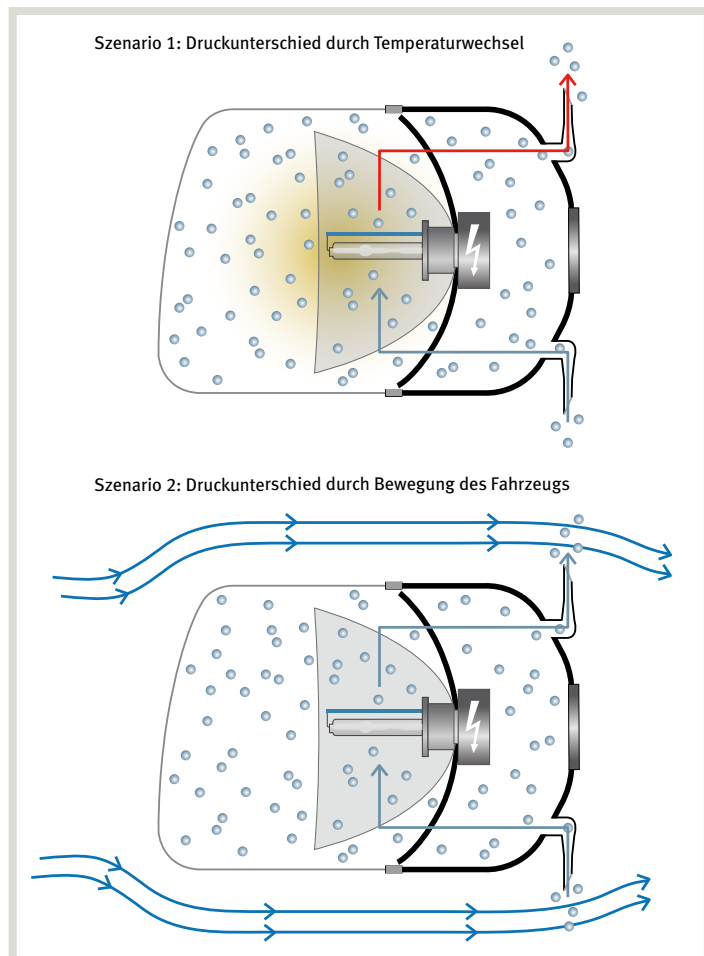


Abbildung 4: Temperaturanstieg und Fahrzeugbewegung führen zur Luftzirkulation im Scheinwerfer

Eine effektivere Möglichkeit, Feuchtigkeit aus Scheinwerfern zu entfernen, ist die Diffusion. Dieser physikalische Prozess bewirkt, dass sich Wasserdampf aus Bereichen mit hoher in Bereiche mit niedriger Konzentration bewegt. Dies erfolgt nach dem Diffusionsgesetz $v_D = -D \cdot A \cdot dc/dx$, wobei v_D die Diffusionsgeschwindigkeit und D die Diffusionskonstante ist. Dies bedeutet, um die Diffusionsgeschwindigkeit zu erhöhen, muss entweder die Austauschfläche A und/oder der Konzentrationsgradient dc/dx erhöht werden. Hierbei beschreibt dc den Konzentrationsunterschied ($dc = c_1 - c_2$) und dx die Distanz zwischen den Konzentrationen. Der Einfluss der Austauschfläche A auf die Diffusionsgeschwindigkeit wird in **Abbildung 5** beschrieben.

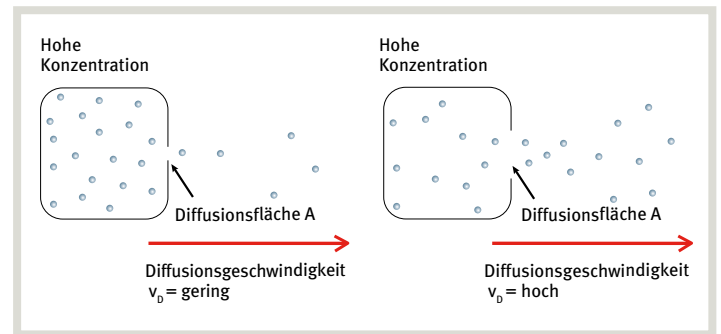


Abbildung 5: Je größer die Diffusionsfläche, desto höher auch die Diffusionsgeschwindigkeit

Zudem erhöht sich die Diffusionsgeschwindigkeit, wenn der Konzentrationsgradient dc/dx möglichst hoch ist, **Abbildung 6**. Dies geschieht, wenn zwischen dem Inneren und der Umgebung des Scheinwerfers

- der Konzentrationsunterschied dc möglichst groß ist
- der Abstand dx möglichst gering ist.

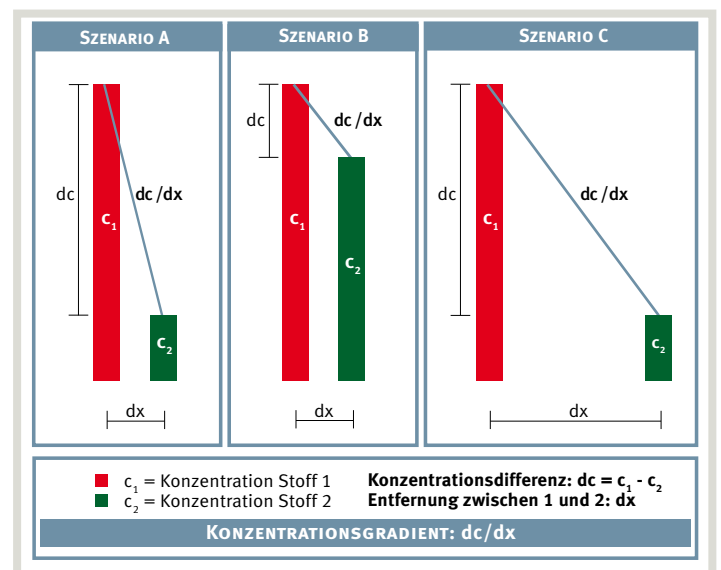


Abbildung 6: Die Diffusionsgeschwindigkeit wird höher mit steigendem Konzentrationsgradient

BELÜFTUNGSKAPPE VERSUS BELÜFTUNGSMEMBRAN

Um Diffusion zu ermöglichen, gibt es zwei konstruktive Möglichkeiten: Belüftungskappen und Belüftungsmembranen. Wie **Abbildung 7** zeigt, bietet eine Belüftungsmembran, die einfach auf das Scheinwerfergehäuse aufgeklebt werden kann (Adhesive Vent), ein besseres Kondensationsverhalten. Die Austauschfläche A eines Adhesive Vents ist typischerweise größer als die eines Kappenvents, was sich positiv auf die Diffusionsgeschwindigkeit auswirkt. Zudem hat ein Adhesive Vent durchschnittlich nur eine Dicke von circa 0,3 mm, während ein Kappenvent häufig rund 20 mm lang ist. Der Abstand dx, den die feuchte Luft überwinden muss, ist bei einem Kappenvent somit deutlich höher und führt zu einem schlechteren Kondensationsverhalten. Des Weiteren können Staub, Schmutz und Ablagerungen den Belüftungspfad im Kappenvent verstopfen, was die Belüftung zusätzlich behindert.

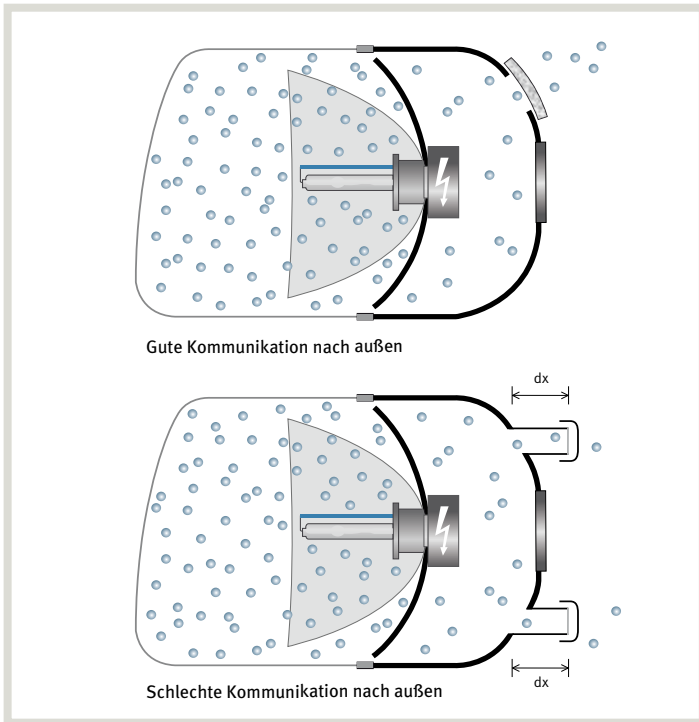


Abbildung 7: Eine Belüftungsmembran stellt für entweichende Luft den kürzesten Weg und den geringsten Widerstand dar

JE GRÖßER DIE BELÜFTUNGSFLÄCHE, DESTO HÖHER DIE DIFFUSIONSLEISTUNG

Die Leistungsfähigkeit von Belüftungselementen in Bezug auf Feuchtigkeitstransport kann am einfachsten mit dem sogenannten Moisture Vapor Transfer Rate (MVTR)-Test demonstriert werden, **Abbildung 8**. Hierfür wird ein Behälter mit 100 ml Wasser gefüllt, luftdicht verschlossen und mit einer Belüftungs-

lösung versehen. Das Behältnis wird unter Laborbedingungen (22 °C, 50 % Luftfeuchtigkeit) über einen Zeitraum von zwei Wochen jeden Tag gewogen, sodass die täglich diffundierte Wassermenge gemessen werden kann. Die Messung zeigt, dass durch das GORE® Automotive Vent AVS 9 circa 550 mg Flüssigkeit an einem Tag diffundieren kann. Das GORE® Automotive Vent AVS 5, das aus demselben Material wie das AVS 9 besteht, transportiert nur circa 125 mg Flüssigkeit pro Tag. Dies veranschaulicht den Einfluss der Austauschfläche A. Der Zusammenhang zwischen Austauschfläche (AVS 9: 285 mm²/ AVS 5: 65 mm²) und pro Tag transportierter Feuchtigkeit ist linear. Auch das kleinere AVS 5 zeigt jedoch eine mehr als doppelt so hohe Wasserdampf-Durchlassrate als Belüftungsschläuche oder Belüftungskappen. Daher ist es gerade für kleinere Gehäuse wie Heckleuchten oder Nebelscheinwerfer besonders gut geeignet.

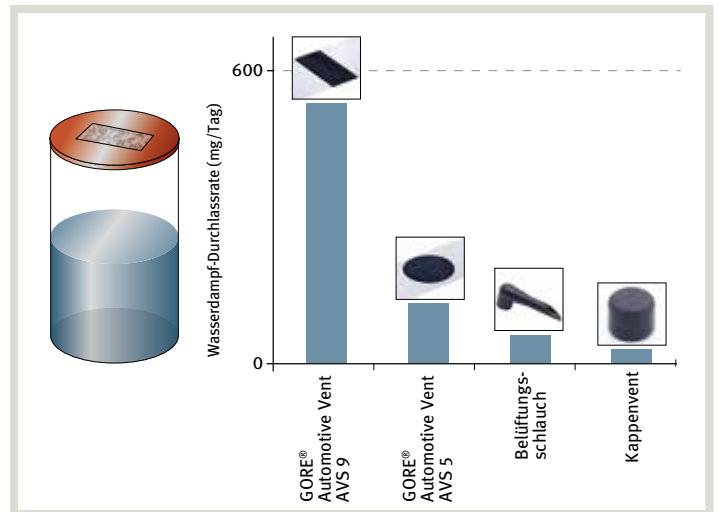


Abbildung 8: Der MVTR-Test demonstriert die hervorragende Diffusionsleistung der GORE® Automotive Vents

Sowohl die Diffusions- als auch die Schutzleistung zeichnen GORE® Automotive Vents gegenüber anderen Lösungen aus. Belüftungsschläuche nutzen Konvektion, womit zwar ein effizientes Kondensationsverhalten während der Fahrt ermöglicht wird, aber der Scheinwerfer nicht vor Staub, Schmutz, Ablagerungen und Wasser geschützt ist. Während Belüftungskappen wirksam vor Verschmutzung schützen, bieten sie jedoch nur begrenzte Diffusion, was zu einem schwachen Kondensationsverhalten führt. Das Gore Belüftungselement AVS 9 sorgt für eine optimale Balance zwischen Schutz vor eindringenden Partikeln und Flüssigkeiten sowie zuverlässigem, praxisbewährtem Kondensationsverhalten.

Gore stellt Adhesive Vents aus expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE) her, **Abbildung 9**. Dieses Material zeichnet sich durch seine äußerst feinmaschigen Poren aus, die circa 20.000-mal kleiner sind als ein Wassertropfen und so verhindern, dass selbst kleinste Tröpfchen oder Schmutzpartikel

bis 1,0 Mikrometer Größe eindringen können. Zudem ist ePTFE extrem temperatur- und chemikalienbeständig. Aufgrund der geringen Oberflächenenergie verfügt ePTFE über ausgezeichnete hydrophobe und oleophobe (wasser- und ölabweisende)

Eigenschaften – was besonders wichtig ist, da die Membran unter der Motorhaube mit Ölen, Schmierstoffen, Reinigungsmitteln und weiteren typischen Automotive-Flüssigkeiten in Berührung kommt. Diese ölabweisende Beschaffenheit kann allerdings nur durch eine weitere Veredelung der Membran erzielt werden.

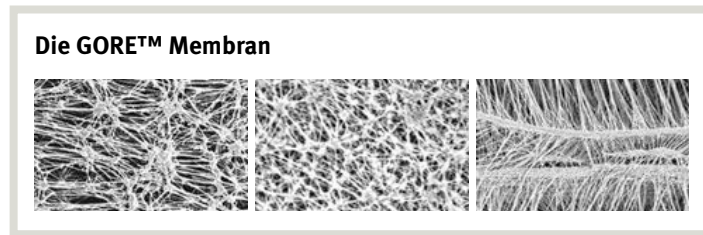


Abbildung 9: Die mikroporöse Struktur der ePTFE-Membran kann an die Anforderungen verschiedener Anwendungen angepasst werden

Durch diese Eigenschaften stellen Belüftungselemente mit einer ePTFE-Membran eine ideale Lösung dar, um Scheinwerfer gegen Schmutz zu schützen und eine optimale Belüftungsleistung über die Lebensdauer des Fahrzeugs hinweg aufrechtzuerhalten. Mit Milliarden weltweit eingesetzten Vents hat sich Gore als zuverlässiger Partner für innovative Belüftungslösungen für die Automobilindustrie etabliert, auf den zahlreiche namhafte Hersteller seit vielen Jahren vertrauen.

UNSERE STANDORTE

Australien	+61 2 9473 6800	Japan	+81 3 6746 2572
Benelux	+49 89 4612 2211	Korea	+82 2 393 3411
Brasilien	+55 11 5502 7800	Mexiko	+52 81 8288 1281
China	+86 21 5172 8299	Singapur	+65 6733 2882
Deutschland	+49 89 4612 2211	Skandinavien	+46 31 706 7800
Frankreich	+33 1 5695 6565	Südamerika	+55 11 5502 7800
Großbritannien	+44 1506 460123	Spanien	+34 93 480 6900
Indien	+91 22 6768 7000	Taiwan	+886 2 2173 7799
Italien	+39 045 6209 240	USA	+1 410 506 7812

DIESES PRODUKT EIGNET SICH NUR FÜR DEN EINSATZ IN INDUSTRIELLEN ANWENDUNGEN und ist nicht für die Herstellung, Verarbeitung oder Verpackung von Lebensmitteln, Medikamenten, Kosmetik- oder Medizinprodukten bestimmt.

Alle technischen Informationen und Hinweise beruhen auf den bisherigen Erfahrungen und/oder Testergebnissen von Gore. Diese Informationen sind nach bestem Wissen erteilt, sie begründen jedoch keine Haftung von Gore. Kunden werden gebeten, die Brauchbarkeit und Verwendbarkeit in der jeweiligen Anwendung zu prüfen, denn die Leistungsfähigkeit des Produkts kann nur eingeschätzt werden, wenn alle Einsatzdaten verfügbar sind. Die oben genannten Informationen können sich ändern und sind daher nicht als Grundlage für Spezifikationen zu verwenden.

Für den Verkauf der Produkte gelten die allgemeinen Verkaufsbedingungen von Gore.

GORE und Bildzeichen sind Marken von W. L. Gore & Associates.
© 2015 W. L. Gore & Associates GmbH

W. L. Gore & Associates GmbH

Hermann-Oberth-Straße 26 • 85640 Putzbrunn
Tel.: +49 89 4612 2211 • Fax: +49 89 4612 2302
E-mail: ipd-deutschland@wlgore.com

gore.de/autovents