

## Porsche-Aerodynamik: Balance zwischen Auf- und Abtrieb

Von Nicole Schwerdtmann

**Porsche bringt mit dem neuen 911 Turbo den weltweit ersten Sportwagen mit adaptiver Aerodynamik auf den Markt. Während sich das neue System je nach Geschwindigkeit automatisch auf maximale Bodenfreiheit oder minimalen Luftwiderstand einstellt, genügt ein Knopfdruck des Fahrers und der neue Top-Elfer mutiert zum echten Rennwagen.**

Im so genannten Performance-Modus erreicht der 911 Turbo Abtriebswerte, die nahe an die von reinrassigen Renn-Elfern reichen. Porsche untermauert damit einmal mehr, dass die Wurzeln des Unternehmens im Rennsport liegen. Rennwagen wie der Porsche 917 aus den frühen 1970er Jahren, den es in verschiedenen aerodynamisch optimierten Karosserien gab, gelten heute als Meilensteine im intelligenten Umgang mit der Luftkraft. Immer flossen die Erkenntnisse von der Rennstrecke in die Serienfahrzeuge ein. So hatte bereits der erste Prototyp des 911 Turbo, der vor 40 Jahren auf der IAA für Furore sorgte, einen festen Bugspoiler und einen ausladenden Heckspoiler, die dem neuen Spitzensportwagen überragende Stabilität bei sehr hohen Geschwindigkeiten verliehen.

Mit jeder Generation, mit jedem Rennen entwickelte Porsche dieses Aerodynamikkonzept weiter, von dem alle anderen Baureihen profitierten. Ende der 1980er Jahre erfanden Ingenieure und Designer eine neue Synthese zwischen unverfälschter Elfer-Form und aerodynamischer Qualität in Form des variabel ausfahrbaren Heckspoilers für den 964. Heute bergen alle 911, Panamera, Boxster und Cayman aktive Spoiler oder Flügel im Heck, die bei höheren Geschwindigkeiten ausfahren und Luftwiderstand sowie Performance gleichermaßen verbessern.

Der 911 Turbo verfügt jetzt als erster Sportwagen der Welt zudem über einen aktiven Spoiler am Bug. Er setzt damit neue Bestwerte für Alltagstauglichkeit, Effizienz und Fahrdynamik.

Aerodynamik ist für Sportwagen Fluch und Segen zugleich. Einerseits bremst Luft, kostet dadurch Kraftstoff und begrenzt die Höchstgeschwindigkeit. Die Grundform des Porsche

911 ist ein Beispiel für die Möglichkeiten, wie man die Grundform unter der Berücksichtigung von Aerodynamik immer weiter verfeinern kann, ohne die Formensprache und den Wiedererkennungswert zu verlieren. Die aerodynamische Kontur des Porsche 911 stammt aus den 1950er Jahren und ist ein Erbe des Porsche 356. Vorbild für die Kontur des Ur-Porsche war ein tropfenförmiges Profil wie es Tragflächen von Flugzeugen als Querschnitt zeigen. Dadurch ist der Luftwiderstand gering und auch mit niedriger Motorleistung können hohe Fahrleistungen erzielt werden.

Allerdings verursacht die Umströmung an der Grundform eines 911 Kräfte, die nicht alle vorteilhaft sind. Ein grundsätzlicher Nachteil eines Sportwagens mit stromlinienförmiger Karosserie ist der „Abhebeeffekt“ (Auftrieb) an Vorder- und Hinterachse. Vor allem nehmen die Kräfte mit steigender Geschwindigkeit im quadratischen Verhältnis zu: Doppeltes Tempo bedeutet vierfache Luftkraft. Etwa ab 80 km/h ist die Luft der dominierende Widerstand, der sich jeder weiteren Beschleunigung entgegen stellt und der mit Motorkraft überwunden werden muss.

Die Fahrleistungen des 911 stiegen bei gleichzeitig sinkendem Kraftstoffverbrauch. Der Unterboden wurde zunehmend glattflächig verkleidet. Alle Luftführungen zur Kühlung von Bremsen und Aggregaten sind aerodynamisch optimiert und dadurch besonders effizient ausgeführt.

Porsche setzt dabei auf die modernsten Entwicklungswerkzeuge. Aerodynamisch relevante Konstruktionen werden zunächst per Simulation auf ihre Wirkung hinsichtlich Durch- und Umströmung des Fahrzeuges überprüft. Bei der Simulation werden Kühlungsanforderungen und Wärmequellen wie Motor, Getriebe, Abgasanlage und Bremsen mit einbezogen. Weiterhin können die Aerodynamik-Ingenieure auf einen Windkanal zurückgreifen, der mit einer hochgenauen Waage und einer Laufband-Bodensimulation ausgestattet ist. Auf der Waage kann exakt gemessen werden, wie sich Auf- oder Abtrieb abhängig von der Geschwindigkeit auf die Achslasten auswirken. Das Laufband simuliert die Straße und kann mit bis zu 300 km/h unter dem Fahrzeug durchlaufen, um die Relativbewegung zwischen Auto und Fahrbahn möglichst realitätsnah zu simulieren.

Mit dem 911 Turbo Modelljahr 2000 wurde der feststehende Heckspoiler durch eine aerodynamisch effizientere Maßnahme ersetzt. Hier gab es zum ersten Mal einen ausfahrbaren Spaltflügel in einem Porsche-Serienfahrzeug. Analog zum Carrera besaß nun auch der 911 Turbo ein aktives Karosserie-Element zur Einstellung der aerodynamischen Beiwerte. Er beeinflusste bei höheren Geschwindigkeiten maßgeblich die Fahrstabilität.

Der aktuelle 911 Carrera setzt ein völlig neues variables Spoilerkonzept um. Es schafft die Grundlagen für die adaptive Aerodynamik des neuen 911 Turbo. Der Spoiler fährt je nach Fahrzeugkonfiguration und Schiebedachposition unterschiedliche Ausfahrhöhen und Winkel an. Ergänzend wird an der Spoiler-Vorderkante über eine spezielle Gelenkkinematik ein Schließteil angesteuert, das die optimale Überströmung des Spoiler-Blattes sicherstellt. Im ausgefahrenen Zustand unterstützt er zusätzlich zu seiner aerodynamischen Funktion sowohl die Prozessluft-Ansaugung des Motors als auch die Kühlung des Motorraums, da sich vor dem Spoiler ein Staudruckgebiet bildet.

Heute verfügen alle Porsche-Baureihen mit Ausnahme des Cayenne über eine aktive Aerodynamik. Je nach Anforderung des jeweiligen Fahrzeuges setzt Porsche verschiedenste Spoiler- und Flügelsysteme ein.

Besonders innovative Funktionen der aktiven Aerodynamik-Bausteine von Porsche sind die variablen Ausfahrpositionen. So fährt beispielsweise der Spoiler des Panamera Turbo bei 90 km/h in seine Basisposition und verfährt bei 160 km/h und bei 205 km/h in weitere Ausfahrpositionen. Damit ist eine sehr große Spreizung zwischen optimalem Auftrieb und geringstmöglichem Verbrauch gegeben. Zudem erlauben die verschiedenen Positionen während des Bewegungsablaufes eine Optimierung der Fahrzeugbalance unter Berücksichtigung der aerodynamischen Effizienz. Damit stellen sie bereits sehr nahe Vorstufen zur adaptiven Aerodynamik dar.

Durch die neue Kombination von mehrstufig ausfahrbarem Bugspoiler und in Höhe sowie Neigung verstellbarem Spaltflügel am Heck kann der 911 Turbo auf Knopfdruck seine aerodynamische Gestalt gleich mehrfach an die aktuelle Fahrsituation und an den Wunsch des Kunden anpassen. Er ist das erste Fahrzeug, das unter Beibehaltung der Auftriebsbalance von Vorder- und Hinterachse zwischen verschiedenen aerodynamischen Modi hin und her wechseln kann. Die adaptive Aerodynamik bewahrt dabei das klassische Design des 911 Turbo.

Die Porsche Active Aerodynamics (PAA) steuert Frontspoiler und Heckflügel in drei Modi. Beim Start sind beide vollständig eingefahren, was optische und praktische Vorteile optimal miteinander verbindet: Das klassische Design des 911 Turbo zeigt sich so in reinrassiger Ästhetik. Außerdem erlaubt der nach hinten eingeklappte Bugspoiler einen deutlich größeren Böschungswinkel als beim Vorgängermodell. Statt 7,8 Grad sind es jetzt 10,3 Grad. Die Bodenfreiheit beträgt statt 139 Millimeter jetzt 156 Millimeter. Damit verringert sich die Gefahr des „Aufsitzens“ auf steilen Rampen von Parkhäusern oder an Bordsteinen drastisch auf ein Minimum.

Diesen Modus behält PAA bis zu einer Geschwindigkeit von 120 km/h bei, sofern der Fahrer nicht manuell über die entsprechende Aerodynamik- oder Sport-Plus-Taste eingreift. Danach wird der Speed-Modus angesteuert. Dabei fahren die beiden äußeren Segmente des dreiteiligen Frontspoilers aus. Die Luft wird dadurch verstärkt um die Karosserie herum geleitet und der Auftrieb an der Vorderachse verringert. Gleichzeitig schiebt sich der Heckflügel um 25 Millimeter nach oben. Dadurch wird aus dem Spoiler ein Spaltflügel. Das bedeutet, dass die Luft zum einen über die Oberfläche des Flügelblattes geleitet wird. Zum anderen strömt sie durch den Spalt zwischen seiner Unterseite und dem feststehenden ausgeformten Flügelbett. Diese Konstruktion hat den Vorteil, dass der Flügel mehr aerodynamisch wirksame Fläche aufweist, aber der Luft dennoch wenig Widerstand entgegen setzt. Gleichzeitig ist die Unterseite des Flügelblattes konvex gewölbt, so dass ein Unterdruck und damit Abtriebskraft entsteht. Insgesamt ist der Luftwiderstand des neuen 911 Turbo in dieser Konfiguration besonders niedrig, dadurch sinkt der Kraftstoffverbrauch und der Sportwagen erreicht seine maximale Geschwindigkeit von 315 km/h. Beim Unterschreiten der Tempogrenze von 80 km/h wechselt PAA automatisch wieder in die Grundstellung.

In der Stellung „Speed“ bietet der neue 911 Turbo die identischen aerodynamischen Beiwerte wie das Vorgängermodell. Der Modus „Performance“ erschließt dem Top-Elfer dagegen eine völlig neue aerodynamische Dimension. Besonders deutlich zeigen dies die Auftriebskräfte: Bei 300 km/h generiert der Sportwagen im Speed-Modus insgesamt neun Kilogramm Abtrieb. Im Performance-Modus steigt dieser Wert sogar auf 132 Kilogramm – mit höherem Anpressdruck sowohl auf Vorder- als auch auf der Hinterachse. Das bedeutet, dass die maximal mögliche Querbeschleunigung bei diesem Tempo um zehn Prozent ansteigt – allein durch die Luftkräfte.

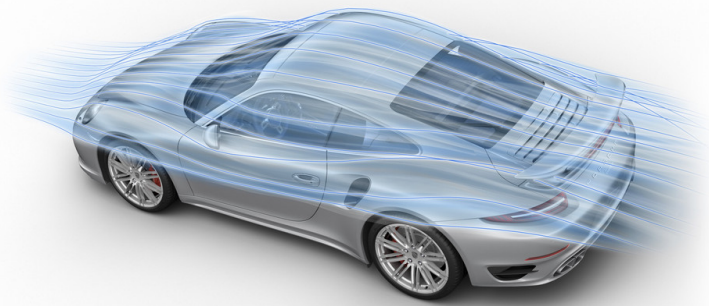
Die aerodynamische Bandbreite des neuen 911 Turbo erreicht damit Bereiche, die bisher nur den GT-Sportwagen von Porsche vorbehalten waren und mit Porsche-Motorsportfahrzeugen erprobt sind. Allein durch das Umschalten vom „Speed“- auf den „Performance“-Modus verbessert sich das fahrdynamische Potenzial des neuen 911 Turbo derart, dass sich die Rundenzeit auf der Nürburgring-Nordschleife um zwei Sekunden verkürzt.

Die Steuerung des Bugspoilers und des Spaltflügels erfolgt unterhalb von 120 km/h synchron. Damit fahren beide Systeme gleichzeitig in eine der drei Stellungen „Start“, „Speed“ und „Performance“. Auch bei höherem Tempo werden die aerodynamischen Wirkflächen zwar simultan vergrößert, beim Einfahren folgt der Heckflügel allerdings mit einer zeitlichen Verzögerung von rund vier Sekunden, um eine Instabilität zu verhindern.

Über 270 km/h sind aus demselben Grund keine Änderungen der eingestellten Spoiler- und Flügelposition mehr möglich. Darüber hinaus wird wie beim 911 Carrera die Stellung des nach außen öffnenden Schiebedachs dadurch berücksichtigt, dass der Heckspoiler die veränderte Umströmung durch einen anderen Anstellwinkel kompensiert.

(ampnet/nic)

Bilder zum Artikel:



Porsche 911 Turbo (Typ 991) Adaptive Aerodynamik.



Porsche 911 Turbo (Typ 991) Adaptive Aerodynamik.



Porsche 911 Turbo (Typ 991) Heckspoiler.

Porsche 911 Turbo (Typ 991) Bugspoiler.



Porsche Turbo Coupé.

Porsche 911 Carrera RS 2,7 Coupé, Baujahr 1972.



Porsche 911 Turbo (Typ 930-3,0 l) Baujahr 1974.



Porsche 911, Baujahr 1965.





