

# PS Ausgabe 12/2002 Schlunde der Wahrheit

## WAS BRINGT RAM-AIR WIRKLICH?

Die Frage ist so alt wie das Verfahren selbst: Wie viele Pferde genau setzen Ram-Air-Systeme zusätzlich frei, und warum eigentlich tun sie das?

PS wagt einen weiteren Versuch, dem Geheimnis auf die Spur zu kommen.

Es ist laut. Sehr laut. Selbst durch den Gehörschutz brüllt ein ohrenbetäubender Tonbrei aus Sturmwind, Abrollgeräuschen und aggressivem Vierzylinder-Sound. Herbert O. Kainzinger dirigiert dieses Orchester, gibt der fest am Prüfstand verspannten Suzuki GSX-R 1000 die Sporen. Das Sturmgebrüll steuern vier mächtige Gebläse bei. Eines schluckt die Abgase, eines bläst Kühlluft zu. Die beiden anderen pusten direkt in die Ansaugschlünde der Suzi, um zu simulieren, was der Fahrtwind in der Airbox eines Motorrades mit Ram-Air-System verursacht: einen Überdruck der Ansaugluft.



Ein paar Tage zurück: Wir mischen uns beim Pro-MotoBikeTraining ([www.promotobike.de](http://www.promotobike.de)) für Messfahrten unters rasende Volk. Mit dabei drei Sportler mit RamAir-Lufteinlass: der Power-Twin Honda VTR 1000 SP-2, die mächtige Suzuki GSX-R 1000 und die urgewaltige Kawasaki ZX-12R. Gerade die Kawasaki wurde nicht nur wegen der großen Ram-Air-Tradition der Marke, sondern auch wegen ihrer offiziellen Leistungsangabe ausgewählt. Bei 300 km/h soll die Zwölfer nämlich einen Leistungszuwachs um 12 auf sagenhafte 190 PS erleben. Ob das wohl stimmt?

Alle Test-Bikes saugen in Nähe des Staupunktes an der Verkleidungsnase an, was auch im Grand Prix wieder üblich ist. Dort bevorzugten die Techniker vor kurzem noch seitliche Einlässe in den Verkleidungsflanken. Allerdings spielte die Temperaturverteilung der Luft vom Asphalt weg in Schräglage einen Streich: Der asphaltnahe Einlass atmete heißere Luft als der äußere, worunter Leistungsausbeute und -Charakteristik litten. Ein zentraler Einlass verteilt die Luft dagegen gleichmäßig.

Bei Messfahrten auf Autobahn und Rennstrecke zeichnen wir per 2D-Daterecording (siehe Kasten Seite 39) das Geschehen in der Airbox unter



verschiedenen Betriebszuständen auf. Mit diesen Messwerten geht's dann zu Herbert O. Kainzinger. Der kann nämlich einerseits mit seinem Gebläse beliebige Airbox-Drücke erzeugen, also die Verhältnisse im Fahrbetrieb anhand der Messwerte simulieren. Dank eines Retarders (einer Wirbelstrombremse) an seinem Factory EC 997a-Prüfstand vermag er andererseits Lastpunkte zu messen, das Motorrad beispielsweise bei konstanten 11.000 U/min einzubremsen. Die zur Stabilisierung des Lastpunktes benötigte Bremsleistung an der Prüfstandsrolle entspricht dann der Echtleistung am Hinterrad.

Wie hoch könnte der Airboxdruck maximal sein? Versinken wir kurz in den Tiefen der Theorie. Zum Verständnis der Ram-Air-Funktion ist wichtig zu wissen, dass der erzielbare Aufladungseffekt quadratisch mit der Fahrgeschwindigkeit zusammenhängt. Bei niedrigen Geschwindigkeiten können daher nur sehr geringe Überdrücke entstehen, ein echter Effekt setzt dagegen hohe Geschwindigkeiten voraus.

Ram-Air-Systeme nutzen den Fahrtwind, also die umgekehrt gerichtete Relativgeschwindigkeit der durchfahrenen Luft. Strömende Gase erzeugen einen dynamischen Druck, der sich aus halber Gasdichte mal Strömungsgeschwindigkeit zum Quadrat errechnet. Setzt man hier die Dichte von Luft ein (1,293 kg/m<sup>3</sup>), die mit 300 km/h oder etwas über 83 Metern pro Sekunde dahin stürmt, so ergeben sich immerhin 45 Millibar dynamischer Druck.



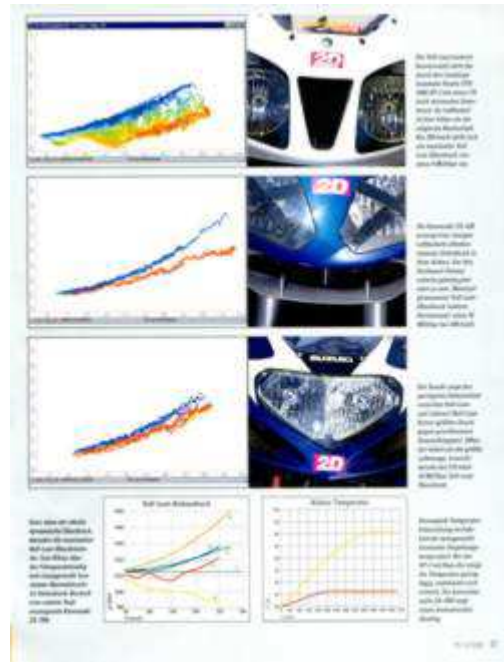
Ein Wert, der bei 300 km/h die absolute Obergrenze des Machbaren für jedes Ram-Air-System markiert. Mehr als diese 45 Millibar vermag der 300 Sachen schnelle Fahrtwind auch unter perfekten, verlustfreien Bedingungen nicht zum Umgebungsdruck (auf Meereshöhe 1013 Millibar) beizusteuern, der in der Airbox bei Stillstand herrscht.



Also laden bei 300 km/h idealerweise gerade einmal 4,4 Prozent Überdruck die Airbox auf - absolut gesehen nicht viel. Aber so wenig auch nicht. Selbst auf eine durchschnittliche 150-ccm-Handfläche üben 45 Millibar bereits eine Kraft vergleichbar der Gewichtskraft von etwa 7 Kilogramm aus. Ganz schön, oder? In der Airbox verdichtet dieser Überdruck die Luft. Und dichtere Luft enthält bei gleichem Volumen mehr verbrennungsfähigen Sauerstoff.

Und hier endlich liegt der Schlüssel: Ram-Air-Motorräder saugen energiereichere, weil dichtere Luft. Das Motormanagement gibt nach den Infos vom Airboxdruck-Sensor eine entsprechende Menge Sprit zur Anfettung bei. Und, „Bumm“, erzeugt massenmäßig mehr zündfähiges Gemisch einen größeren Verbrennungsdruck auf den Kolben, die Leistung steigt. Bei Vergaser-Motorrädern wirkt der Airboxdruck übrigens direkt auf den Sprit in der Schwimmerkammer, um die richtige Spritmenge sicherzustellen.

Aber nicht nur der Druck, sondern auch die Temperatur der Ansaugluft entscheidet über deren Dichte und somit Sauerstoffgehalt. Je heißer die Luft, desto „undichter“ ist sie, umso niedriger ihr Sauerstoffgehalt: Die nutzbare Motorleistung fällt. Auch hier erbringen Ram-Air-Systeme gute Dienste. Während ältere Motorräder einfach irgendwo ansaugen, wo die Abwärme des Motors mangels kühlender Durchströmung meist tropische Airbox-Verhältnisse herstellt, gelangt die Luft via Ram-Air derart direkt in die Airbox, dass eine dichtemindernde Erwärmung kaum stattfindet.



Die Leistungsformel nach DIN fasst den Einfluss von Druck und Temperatur zusammen.

Sinngemäß besagt sie, dass die Leistung bei 10 Millibar Druckunterschied um etwa 1 Prozent, bei 10 Grad Temperaturunterschied um etwa 1,8 Prozent variiert. Was uns endlich zu den Test-Bikes zurückführt. Die Messfahrten ergaben bei 250 km/h und voll geöffneter Drosselklappe einen Druckzuwachs zwischen 8 Millibar bei der Honda VTR 1000 SP-2 und 15 Millibar bei der Suzuki GSX-R 1000.

Immerhin, denn beim gleichen Tempo erzeugte die unterm Tank ansaugende '92er-Kawasaki ZXR 750 RR von 2D-Messpapst Dirk Debus beinahe 35 Millibar Unterdruck - macht ein Praxis-Plus von über 40 Millibar für die RamAir-Systeme. Prima auch, dass selbst unter Voll-Last bei keinem der drei Testmopeds der Airbox-Druck nennenswert unter den Umgebungsdruck sinkt. Lediglich die Honda erzeugt bei niedrigen Geschwindigkeiten und in kleinen Gängen maximal 5 Millibar Unterdruck. Suzuki und Kawasaki führen dagegen stets mehr Luft zu, als der Motor wegsaugen kann, so dass immer etwas Überdruck herrscht.

Immerhin, denn beim gleichen Tempo erzeugte die unterm Tank ansaugende '92er-Kawasaki ZXR 750 RR von 2D-Messpapst Dirk Debus beinahe 35 Millibar Unterdruck - macht ein Praxis-Plus von über 40 Millibar für die RamAir-Systeme. Prima auch, dass selbst unter Voll-Last bei keinem der drei Testmopeds der Airbox-Druck nennenswert unter den Umgebungsdruck sinkt. Lediglich die Honda erzeugt bei niedrigen Geschwindigkeiten und in kleinen Gängen maximal 5 Millibar Unterdruck. Suzuki und Kawasaki führen dagegen stets mehr Luft zu, als der Motor wegsaugen kann, so dass immer etwas Überdruck herrscht.

Auch die Temperaturverläufe sprechen klar für die Ansaugschlünde: Während sich die Ansaugluft unserer drei Kandidaten nur um 6 Grad über die Umgebungstemperatur erwärmt, sind es bei Dirks alter Kawasaki satte 35 Grad. Woraus nach der DIN-Formel ein dramatischer Unterschied folgt: Die alte ZXR 750 RR verliert unter Betriebsbedingungen gegenüber ihrer Werksangabe fast 10 Prozent nutzbarer Leistung, ist also tatsächlich mit etwa 108 anstatt mit angegebenen 120 PS unterwegs. Ein vergleichbares Ram-Air-Bike legt dagegen im Fahrbetrieb sogar Leistung zu. Und zwei nominell gleich starke Bikes wären praktisch mit 10 Prozent Leistungsunterschied unterwegs. Verblüffend, nicht? So wird auch klar, warum Motoren bei Kälte und Hochdruck spürbar besser laufen als bei sommerlicher Tiefdruckhitze.



Die Messungen auf Herbert O. Kainzingers Prüfstand bestätigen schließlich die Theorie. Honda und Suzuki drücken tatsächlich die erwarteten 4 bis 5 Prozent Leistungsplus gegen die mächtige Bremspower der Prüfstandsrolle, was für die VTR 1000 SP-2 bei Topspeed immerhin etwa 139 PS, für die Suzuki GSX-R 1000 sogar um die 162 PS bedeutet. Die Kawasaki ZX-12R legt allerdings noch eins drauf: Sagenhafte 7 Prozent Leistungsplus

unterstreichen die gute Arbeit der Kawasaki-Ingenieure, die offenbar noch einen anderen Einfluss kennen. Und sie belegen die oft bezweifelte Werksangabe bei Topspeed: 178 PS plus 7 Prozent, das ergibt genau die versprochenen 190 PS. Dank Ram-Air-Lufteinlass.

**Der Dank von PS gilt drei Spezialisten: Einerseits Herbert O. Kainzinger (Tel. 06205/287753), bekannt als akribischer Leistungssucher und Erbauer wahrer PS-Monster. Andererseits Dirk Debus, Chef der Karlsruher Datenkünstler von 2D-Datarecording (Tel.0721/944850, [www.2d-datarecording.com](http://www.2d-datarecording.com)) sowie seinem Mitstreiter Jürgen „Holmes“ Hohlweg.**

Per 2D Micro-Can Mess-System ermittelten wir Druck und Temperatur der Ansaugluft in der Airbox, zusätzlich Fahrgeschwindigkeit, Drehzahl und zugehörige Gasgriffstellung. Der Datenlogger eines solchen 2D-Einsteigersystems zeichnet auf bis zu sieben Kanälen maximal eine halbe Stunde lang Signale von Sensoren auf, die an heutigen Motorrädern ohnehin oft verbaut sind. So lassen sich nach äußerst einfacher Montage etwa Drehzahl, Drosselklappenstellung oder Airboxdruck aufzeichnen - ein System, das jedem Interessierten die Welt des Datarecording eröffnet und wertvolle Hilfe bei der Optimierung des eigenen Fahrens leisten kann.

Zum Micro-Can gehört ein Display, auf dem sich einerseits Echtdrehzahl und Rundenzeit ablesen lassen, das andererseits einen über acht Leuchtdioden einstellbaren Schaltblitz bietet. Im Lieferumfang für 2690 Euro auch noch enthalten: Auslesekabel, Software und Sendereinheit für den Laptimer.

Die so gewonnenen Daten setzte Herbert O. Kainzinger an seinem Factory-Prüfstand mit regelbaren Gebläsen ein, um Leistungsmessungen mit und ohne Airbox-Überdruck zu fahren. Kainzingers Prüfstand ermöglicht dank einer maximal 400 PS starken Bremse, drehzahl- und lastabhängig Punkte im Leistungskennfeld eines Motors zu fixieren und dann zu optimieren. So lassen sich Fahrzustände simulieren, die auf keinem normalen Prüfstand gemessen werden können - oder eben erstaunliche Tuning-Erfolge nicht nur für die Voll-Last-Leistung erzielen, sondern auch fürs Ansprechverhalten und die im Fahrbetrieb so wichtige Teillast. **Kainzinger-getunte Motoren konnten PS jedenfalls bisher voll überzeugen** (Hervorhebung von uns!)



### Text zu den Bildern Seite 37

- 1.PS trieb im Dienste von Wahrheit und Wissenschaft einigen Aufwand. Bei Testfahrten auf Autobahn und Rennstrecke zeichneten wir zunächst alle nötigen Parameter auf.
- 2.Daten-Guru Dirk Debus brachte die Messungen anschließend in anschauliche Form.
- 3.Herbert O. Kainzinger setzte unsere Daten schließlich am Prüfstand in Leistungs-Messwerte um



### Text zu den Bildern Seite 39

#### Links:

- 1.Nix mit schnell mal auf den Prüfstand. Bevor's los geht, wollen Sensoren angezapft, Leitungen verlegt sein.
- 2.In Kainzingers „Prüfstands-Labor“ werden Pferde gezüchtet. Unser Bild verheimlicht das Getöse.
- 3.Laufende AirboxDrucküberwachung via Mess-Sonde.

#### Rechts:

- 4.So sieht der Datenlogger des 2D-MicroCan-Einsteigersystems aus, das wir für sämtliche anstehenden Testfahrten verwendeten.
- 2.Datenauslese im Fahrerlager von Hockenheim. Der Fachmann staunt, der Laie wundert sich nur.



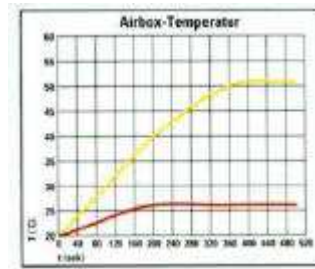
### Text zu dem Bild Seite 40

Factory EC 997a-Prüfstand mit üppiger 400-PS-Bremse. Fest verzurrt drückt die GSX-R mit aller Macht gegen Bremse und Prüfstandsrolle. Auch eindrucksvoll: Vier Gebläse schaufeln orkanartig Luft, zwei direkt in die RamAir-Schlünde.



### Text zu den Bildern Seite 41 (rechts)

Bei Voll-Last (unterer Kurvenrand) zieht die durch den Lenkkopf beatmete Honda VTR 1000 SP-2 bis etwa 175 km/h minimalen Unterdruck. Ihr Luftbedarf ist hier höher als der mögliche Nachschub. Bis 250 km/h stellt sich ein maximaler Voll-Last-Überdruck von etwa 8 Millibar ein.



Die Kawasaki ZX-12R erzeugt trotz riesigen Luftbedarfs offenbar niemals Unterdruck in ihrer Airbox. Der Haifischmaul-Einlass scheint günstig platziert zu sein. Maximal gemessener Voll-Last-Überdruck (unterer Kurvenrand): etwa 18 Millibar bei 285 km/h.

Die Suzuki zeigt den geringsten Unterschied zwischen Voll-Last und (oberer) Null-Last-Kurve (größter Druck gegen geschlossene Drosselklappen). Offenbar liefert sie die größte Luftmenge, erreicht bereits bei 175 km/h 18 Millibar Voll-Last-Überdruck. Ansaugluft-Temperatur-Entwicklung im Fahrbetrieb (waagrecht: konstante Umgebungstemperatur): Bei der SP-2 mit Ram-Air steigt die Temperatur geringfügig, stabilisiert sich schnell. Die konventionelle ZX-7RR zeigt einen dramatischen Anstieg.

### Text zu dem Bild Seite 41 (unten links)

Ganz oben der ideale dynamische Überdruck, darunter die maximalen Voll-Last-Überdrücke der Test-Bikes über der Fahrgeschwindigkeit (waagrecht: konstanter Normaldruck). Im Unterdruck-Bereich eine unterm Tank ansaugende Kawasaki ZX-7

