http://wiki.bmw-bike-forum.info/index.php?title=ABS,\_integral\_(So\_wirkt\_das\_Integral\_ABS\_mit\_Bremskraftverst%C3%A4rker)

ABS, integral (So wirkt das Integral ABS mit Bremskraftverstärker)

(Weitergeleitet von [Integral ABS](http://wiki.bmw-bike-forum.info/index.php?title=Integral_ABS&redirect=no))

So wirkt das Integral ABS mit Bremskraftverstärker:

Grundsätzlich besteht in der Wirkungsweise des Integral ABS zum ABS II kein wesentlicher Unterschied: Bremst der Fahrer voll – ob mit Vorder- oder Hinterradbremse, am besten aber mit beiden – wird jedes Rad optimal entsprechend seiner Bodenhaftung verzögert. Für die Regelung selbst verändert das System den Bremsdruck.

Durch leichtere mechanische Bauteile und entsprechend weniger benötigter Aktivierungsenergie sowie geringerer Stromaufnahme kann das Integral-ABS bei Blockiergefahr den Bremsdruck noch schneller abbauen. Zum Vergleich: Das ABS II erreicht den Druckabbau in 90 Millisekunden. Das neue ABS verbessert diesen bereits sehr guten Wert auf jetzt 80 Millisekunden. Noch schneller sogar – in bis zu 50 Millisekunden – regelt das System dann, wenn etwa bei Reibwertsprüngen des Fahrbahnbelags die Stabilität des Motorrads gefährdet sein könnte.

Die Regelung erfolgt, abhängig von der Fahrbahnbeschaffenheit, mit Frequenzen zwischen 0,6 Hz (homogener trockener Asphalt) und 5 Hz (unebene Fahrbahn, wie etwa Kopfsteinpflaster). Für den Normalfall ist diese hohe Frequenz, die mit Komfortnachteilen verbunden ist, jedoch weder notwendig noch sinnvoll und wird daher nur dann vom System gewählt, wenn dies erforderlich ist.

Das BMW Integral ABS verfügt für jedes Rad über einen Bremskraftverstärker. Er sorgt dafür, dass mit geringeren Betätigungskräften an Hand- oder Fußbremshebel schneller maximaler Bremsdruck aufgebaut wird als bei einer konventionellen Bremsanlage, damit der Bremsweg verkürzt und so eventuell eine Kollision vermieden werden kann. Bereits ein um 0,1 Sekunden schnellerer Druckaufbau verkürzt den Bremsweg aus 100 km/h um knapp drei Meter.

**Überwachung von Rück- und Bremslicht** Zusätzlich weist das BMW Integral ABS weitere neue Sicherheitsfunktionen auf. So werden das Rück- und das Bremslicht ständig überwacht und ein Defekt durch eine Kontrollleuchte angezeigt. Beim Defekt des Rücklichts wird dessen Funktion durch das abgedimmte Bremslicht übernommen. Über eine Cockpitleuchte wird der Fahrer darüber hinaus gewarnt, wenn die Bremsflüssigkeit in einem der beiden Bremskreise unter ein kritisches Maß absinkt.

Integral ABS über 20 Prozent leichter als ABS II. Obwohl das Integral ABS weit mehr kann, ist es mit 4,36 kg um über 20 Prozent leichter als das ABS II mit 5,96 kg (Druckmodulator 5,24 kg, Sensorringe und Sensoren 720 g). So wiegt der Druckmodulator 4,1 kg, Sensorringe und Sensoren bringen nur noch 260 g auf die Waage.

**So funktioniert das neue ABS mit Bremskraftverstärker:** In seinem technischen Aufbau ist das neue Integral ABS von BMW eine weitgehende Neukonstruktion mit einer weltweit einmaligen Systemintegration. So sind die gesamte Steuerelektronik und Elektrohydraulik in einem einzigen Gehäuse, dem sogenannten Druckmodulator, untergebracht. Bis auf Sensorringe und Sensoren an den Rädern umfasst das Integral ABS ansonsten die gleichen Elemente wie eine konventionelle Bremsanlage ohne ABS. Kernelemente des neuen Integral ABS sind die beiden Regelventile, je eines für Vorder- und Hinterradbremssystem. Dieses Regelventil trennt den gesamten Bremskreis in einen Steuerkreis zwischen Hauptbremszylinder und Regelventil sowie einen Radkreis zwischen Regelventil und Bremssattel und funktioniert so: Bei Betätigung des Hauptbremszylinders am Hand- oder Fußbremshebel wird der Steuerkolben mit hydraulischem Druck beaufschlagt, den er über eine Steuerstange an eine Kugel im Radkreis weitergibt. Gleichzeitig startet die von einem Elektromotor angetriebene Hydraulikpumpe des Bremskraftverstärkers. Der sich dadurch im Radkreis bildende Staudruck wirkt über die Sitzfläche der Kugel auf die Steuerstange zurück; es herrscht ein Kräftegleichgewicht. Das Flächenverhältnis zwischen der Steuerstangen- und der Kugelsitzfläche bestimmt dabei den Verstärkungsfaktor der Bremsfunktion. Da die Hydraulikpumpe auch das benötigte Bremsvolumen in der Bremsanlage zur Verfügung stellt, reduziert sich neben der Betätigungskraft des Bremshebels auch dessen Betätigungsweg gegenüber einer konventionellen Bremsanlage. Dosierzylinder, welche die Volumenaufnahme des Steuerkreises und damit die Hebelcharakteristik an das Fahrzeuggewicht anpassen, sorgen für eine gute Dosierbarkeit der Bremse. Neu ist auch die genial einfache Integration der ABS-Funktion in die Regelventile: Statt der bisherigen Bauteile Plunger (Tauchkolben), Reibungskupplung, Rückholfeder und Elektromotor sorgt jetzt nur noch eine schlichte Spule elektromagnetisch für die Modulation des Bremsdrucks. Die Spule wirkt wie ein Elektromagnet auf den Steuerkolben, der dadurch gegen den vom Fahrer aufgebrachten Steuerdruck aus dem Hauptbremszylinder zurückgehalten wird – der Bremsdruck wird reduziert. Das ermöglicht dem Integral ABS zudem, deutlich schneller als beim ABS II, auf ein instabiles Rad mit Bremsdruckabbau und anschließend wieder mit Druckaufbau zu reagieren.

Restbremsfunktion bei Ausfall des Integral ABS. Aus Sicherheitsgründen sind die Regelventile so konstruiert, dass der Fahrer auch bei ausgeschalteter Zündung und damit nicht aktiviertem System oder bei einem Ausfall des Integral ABS über eine Restbremsfunktion verfügt, das heißt also noch ausreichend bremsen kann. Dafür sitzt die Kugel auf einem Restbremskolben, der im Normalfall nicht bewegt wird. Baut die Hydraulikpumpe des Bremskraftverstärkers jedoch keinen Staudruck im Radkreis auf, wirkt der Steuerdruck aus dem Hauptbremszylinder über Steuerkolben, -stange und -kugel auf diesen Restbremskolben und verschiebt ihn. Dadurch wird auch im Radkreis Druck aufgebaut, die Untersetzung entspricht dabei dem Verhältnis zwischen Steuerstangen- und Restbremskolbenfläche. Zwar muss der Fahrer im Falle der Restbremsfunktion den Bremshebel über einen größeren Weg und mit mehr Kraft betätigen als bei einer konventionellen Anlage, aber die damit erzielbaren Verzögerungswerte liegen dennoch deutlich über den gesetzlichen Anforderungen. Außerdem werden alle Motorräder mit BMW Integral ABS grundsätzlich mit der neuen EVO-Bremse am Vorderrad ausgestattet, die höhere Bremsleistungen mit geringeren Handkräften verbindet. Auch das Rangierbremsen des Motorrades bei ausgeschalteter Zündung – und damit inaktiver Bremskraftverstärkung – ist somit problemlos möglich. So wirkt das neue Integralsystem mit adaptiver Bremskraftverteilung: Teil- und Vollintegral – gleichmäßig und immer optimal. Um die Vorteile des ABS optimal nutzen zu können, musste der Fahrer bisher Hand- und Fußbremse voll betätigen, damit Vorder- und Hinterrad im Regelbereich an der Schlupfgrenze maximal verzögert wurden. Das Integral ABS verbindet jetzt die beiden Bremssysteme; es kann in Zukunft in zwei verschiedenen Ausführungen zum Einsatz kommen: Beim Vollintegralsystem, mit dem zuerst die K 1200 LT ausgerüstet wird, wirken sowohl der Handbremshebel als auch der Fußbrems-hebel gleichzeitig auf Vorderradbremse und Hinterradbremse. Damit erreichen auch Fahrer, die – wie vom Automobil gewohnt – eher nur die Fußbremse betätigen und dabei die deutlich höhere und im Falle einer Vollbremsung unverzichtbare Verzögerungswirkung der Vorderradbremse ungenutzt lassen, nun trotzdem immer eine Bremswirkung an beiden Rädern. Beim Teilintegralsystem, das für die sportlicheren Modelle vorstellbar ist, wirkt der Handbremshebel auf Vorder- und Hinterradbremse und der Fußbremshebel wie bisher nur auf die Hinterradbremse. Diese Variante kommt sportlichen Fahrern entgegen, die durch gezieltes Abbremsen des Hinterrads vor einer Kurve das Motorrad stabilisieren wollen. Beim Motorrad verlagert sich die Radlast bei einer Bremsung – noch deutlich stärker als beim Automobil – auf das Vorderrad. Das bedeutet, dass bei einer Vollbremsung auf trockener Fahrbahn 80 Prozent der Bremsleistung und mehr am Vorderrad erbracht werden. In beiden Ausführungen ist das Integralsystem mit einer fahrzeugspezifischen, dynamischen und adaptiven Bremskraftverteilung gekoppelt – eine Weltneuheit im Motorradbau. Diese leitet den Bremsdruck beiden Rädern entsprechend der jeweils übertragbaren Bremskräfte optimal zu. Dadurch gewinnt das Motorrad an Bremsstabilität, beide Reifen behalten möglichst viel Seitenführung und der Verschleiß von Bremsbelägen und Reifen wird gleichmäßiger. Beim Bremsen in Kurven verbessert die gleichmäßige Reibwertausnutzung beider Räder die Fahrstabilität. Die Bremskraftverteilung ist adaptiv, also lernfähig, und passt sich dadurch jedem Beladungszustand an. So kann bei Fahrten mit Sozius und Gepäck die höhere Hinterachsbelastung für höhere Bremsmomente am Hinterrad genutzt werden. So funktioniert das neue Integralsystem mit adaptiver Bremskraftverteilung:

Auch die Verbindung von Vorder- und Hinterradbremse zu einem Integralsystem wird über die Regelventile geschaffen. Dazu zweigt beim teilintegralen System in der Steuerleitung der Handbremse, beim vollintegralen System in beiden Steuerleitungen ein Hydraulikkanal ab. Der Kanal mündet in einem kleinen Zylinder des jeweils anderen Regelventils. Der Integralkolben in diesem Zylinder wirkt auf den Steuerkolben und damit auch auf dieses Bremssystem. Diese Verknüpfung ist im Druckmodulator integriert und benötigt dadurch keinerlei zusätzliche Bremsleitungen.

Der Weg des Integralkolbens ist auf rund zwei Millimeter begrenzt, so dass er bei einem Ausfall des Bremskraftverstärkers ohne Wirkung bleibt. Beim teilintegralen System steuert der Fußhebel nur die Hinterradbremse. Wird die Hinterradbremse sowohl vom Handbremshebel als auch über die Fußbetätigung angesteuert, so wirkt nur der größere von beiden Steuerdrücken. Das Problem einer statischen Integralbremse liegt in der Physik: Bei zunehmender Verzögerung nimmt die übertragbare Bremskraft des Hinterrades ab, bis es im Extremfall den Bodenkontakt verliert. Lösen lässt sich dieses Problem nur durch eine Bremskraftverteilung, am besten adaptiv, also den jeweiligen Bedingungen optimal angepasst. Diese Funktion übernimmt die elektronische Regelung des neuen BMW Integral ABS mit Hilfe von Drucksensoren über die elektromagnetische Spule im Regelventil des Hinterrads. Über die Spule wird – wie bei einer ABS-Regelung – der Bremsdruck gemäß der idealen Bremskraftverteilung reduziert. Diese ideale Bremskraftverteilung folgt bei zunehmender Verzögerung der Form einer Parabel und ist in der Elektronik fahrzeugspezifisch gespeichert.

Lernfähig wird die Regelung durch die Erkennung und Berücksichtigung des Beladungszustandes. Ein Motorrad mit Sozius und Gepäck kann mehr Bremskraft über das Hinterrad übertragen als eine Solomaschine. Der Beladungszustand und damit die übertragbare Bremskraft werden von der Elektronik bei Regelbremsungen registriert und permanent angepasst. Der Effekt: Mit dem Integral ABS kann der Fahrer sein Motorrad bei allen Beladungszuständen immer optimal bremsen. Neu: EVO-Bremse mit 15 bis 20 Prozent mehr Leistung.

Gleichzeitig mit dem neuen Integral ABS kommt auch eine neue Evolutionsstufe der Vorderradbremse, die EVO-Bremse. Diese Vorderradbremse, die zusammen mit der Firma Brembo und dem neuen Systemlieferanten Tokico weiterentwickelt wurde, reagiert bereits auf leichten Fingerdruck mit höherer Bremsleistung, so dass in Kombination mit dem Bremskraftverstärker ein äußerst wirkungs-volles Bremssystem zur Verfügung steht. Außerdem wiegt die Anlage mit 2,25 kg rund zehn Prozent weniger als die bisherige (2,5 kg), was durch die geringeren ungefederten Massen am Vorderrad auch Handlingvorteile bietet.

Die EVO-Bremse verfügt über zwei größere Bremsscheiben mit je 320 mm (bisher 305 mm) Durchmesser. Von den je vier Kolben der neuen Festsattelbremse haben zwei wie bisher einen Durchmesser von 32 mm; die beiden anderen wurden um zwei auf 36 mm vergrößert. Sie wirken auf Sintermetall-Beläge mit hervorragender Bremsleistung, die eine um 50 Prozent gesteigerte Lebensdauer haben und jetzt auch ohne Demontage der Bremszange gewechselt werden können. Durch die Kombination mit einem neuen Hauptbremszylinder (Durchmesser 16 mm) mit einem von 143,6 : 1 auf 165 : 1 geänderten Übersetzungsverhältnis sank die Handkraft bei gleicher Bremsleistung um etwa 15 Prozent, die erzielbare Bremsleistung andererseits stieg je nach Fahrzeugmodell um 15 bis 20 Prozent. Die Stabilität des Druckpunkts erhöhte sich um 50 Prozent. Im Zusammenwirken mit dem Bremskraftverstärker des Integral ABS verringert sich also die Betätigungskraft des Handbremshebels um etwa 50 Prozent.

**BMW Integral ABS erfüllt hohe Sicherheitsansprüche.** Das Integral ABS erfüllt die hohen Sicherheitsansprüche von BMW. Deshalb wird der Fahrer bei allen möglichen Fehlfunktionen gewarnt. Bereits beim Einschalten der Zündung wird eine Eigendiagnose durchgeführt. Es werden zuerst zwei Lampen angesteuert: Die allgemeine Warnlampe (mit Dreiecksymbol) leuchtet rund drei Sekunden und erlischt, wenn kein Fehler im System vorhanden ist. Die ABS Lampe blinkt während der Eigendiagnose etwa zwei Sekunden lang schnell, wechselt dann zu langsamerem Blinken bis bei rund 4 km/h die Funktion der Radsensoren überprüft wurde. Dann erlischt auch sie und das System steht uneingeschränkt zur Verfügung. Das Integral ABS überwacht sich auch während der Fahrt permanent selbst und zeigt eine Fehlfunktion unverzüglich an. Aus Sicherheitsgründen kann die Eigendiagnose nicht ablaufen, wenn beim Einschalten der Zündung ein Bremshebel betätigt wird. In diesem Fall blinkt die ABS Lampe schnell, auch nachdem die allgemeine Warnlampe erloschen ist. Sobald der Bremshebel jedoch gelöst wird, läuft die Eigendiagnose ab und das BMW Integral ABS ist etwa zwei Sekunden später voll einsatzbereit. Schnelles Blinken der ABS Lampe in Verbindung mit Dauerlicht bei der allgemeinen Warnlampe (oder ohne allgemeine Warnlampe bei nicht abgeschlossener Eigendiagnose) zeigt an, dass bei mindestens einem Rad nur die Restbremsfunktion vorhanden ist. In der Restbremsfunktion ist keine ABS Regelung mit dem jeweiligen Rad möglich. Die Integralfunktion ist nur noch auf den aktiven Bremskreis möglich. Befindet sich beispielsweise der vordere Radkreis in der Restbremsfunktion, bleibt die Integralwirkung über den Handhebel auf die Hinterradbremse inklusive der ABS-Funktion am Hinterrad erhalten. Ist dagegen der hintere Radkreis in der Restbremsfunktion, hat der Handhebel keine Integralwirkung.

Langsames Blinken der ABS Lampe in Verbindung mit Dauerlicht bei der allgemeinen Warnlampe signalisiert den Ausfall der ABS Funktion an mindestens einem Rad. Das ABS Steuergerät überwacht sowohl Rücklicht als auch Bremslicht. Fällt beispielsweise das Rücklicht aus, wird die allgemeine Warnlampe angesteuert und das Bremslicht als Rücklichtersatz gedimmt. Beim Betätigen der Bremse wird die Dimmung wieder aufgehoben. Fällt das Bremslicht aus, wird ebenfalls die allgemeine Warnlampe angesteuert. Das Rücklicht kann jedoch die Bremslichtfunktion nicht übernehmen.

Der Bremsflüssigkeitsstand der Bremskreise wird mit Schwimmern in den Behältern elektronisch überwacht. Das Unterschreiten einer minimalen Flüssigkeitsmenge wird durch Blinken der ABS Warnlampe angezeigt.

Quelle: BMW