

**BLICKPUNKT**

Vorderradaufhängungen

# Führungsriege



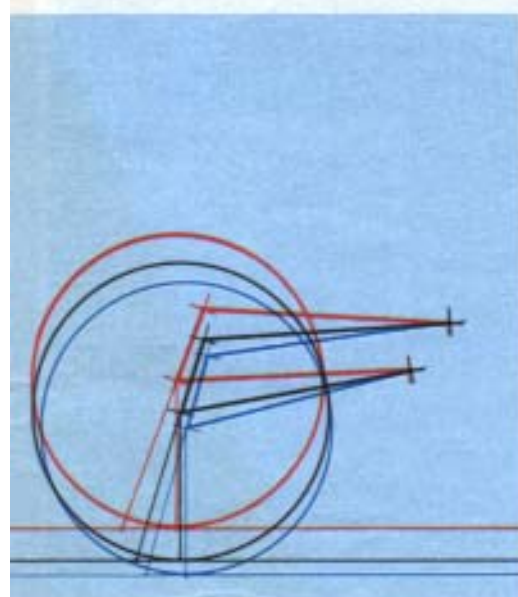
Neue Aufhängungen übernehmen die Führung des Vorderrads. Können sie die bisher konkurrenzlose Telegabel ablösen?

Von Waldemar Schwarz; Fotos: fact, Achim Hartmann; Zeichnungen: Stefan Kraft

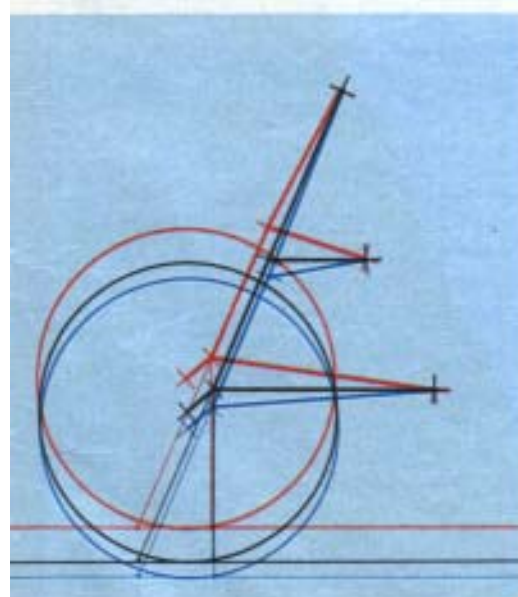




Bei der BMW K 100 RS Hossack ändern sich Lenkachsenwinkel und Nachlauf beim Ein- und Ausfedern nur geringfügig. Beim Bremsen vergrößert sich der Winkel zwischen Lenkachse und der Horizontalen, der Nachlauf nimmt geringfügig ab



Bei der Bimota Tesi 1D verändert sich der Winkel der Lenkachse beim Einfedern stark, ebenso vergrößert sich der Nachlauf. Beim Ausfedern bleiben beide Werte nahezu konstant. Beim Verzögern verändern sich beide Werte durch leichtes Bremsnicken ebenfalls kaum



Die Achsschenkel lenkung der Yamaha GTS 1000 behält beim Ein- und Ausfedern den Lenkachsenwinkel und den Nachlauf annähernd bei. Beim Bremsnicken wächst der Winkel zwischen der Lenkachse und der Horizontalen, der Nachlauf verringert sich



## Vorderradaufhängungen

Bodenunebenheiten ist gut. Die Fahrstabilität ist vor allem bei hohen Geschwindigkeiten unbefriedigend. Das Motorrad neigt dann bereits bei Geradeausfahrt zum Pendeln. Immerhin hat die Tesi den Vorteil eines 58prozentigen Bremsnickausgleichs. Zusammen mit der Kräfteinleitung direkt an der Radachse ergeben sich gute Voraussetzungen dieser Konstruktion für ABS.

Als letzte des Quintetts zeigt die **Yamaha GTS 1000** konstruktiv eine konsequente Lösung. Ein Längslenker stützt direkt in Höhe der Radachse die auftretenden Kräfte ab. Ein zweiter ist über Kugelgelenke mit dem drehbar gelagerten Achsschenkel verbunden. Die Lenkbewegung erfolgt über ein Schiebestück, das gelenkig mit Achs-

schenkel und Lenker verbunden ist. Mit 27 Grad Lenkeinschlag kann sie nicht mit der Konkurrenz von BMW mithalten, bleibt aber ausreichend manövrierfähig. Mit 31,6 Kilogramm, die immerhin 18 Prozent der Vorderradlast ausmachen, ist die Yamaha-Aufhängung das Schwergewicht in der Runde. Solche extrem hohen ungefederten Massen erfordern eine hohe Druckstufendämpfung, um das Rad am Boden zu halten. Diese beeinflusst ihrerseits wieder den Komfort negativ. Trotzdem spricht die GTS 1000 gut auf kleine Bodenunebenheiten an. Mit der richtigen Bereifung ist die Fahrstabilität mustergültig. Beim Bremsnickausgleich liegt die GTS mit 47 Prozent weit unter ihren technischen Möglichkeiten, hat aber gegenüber der BMW K 1100 RS klare Vorteile, was sich auch im Fall der ABS-Regelung positiv bemerkbar macht.

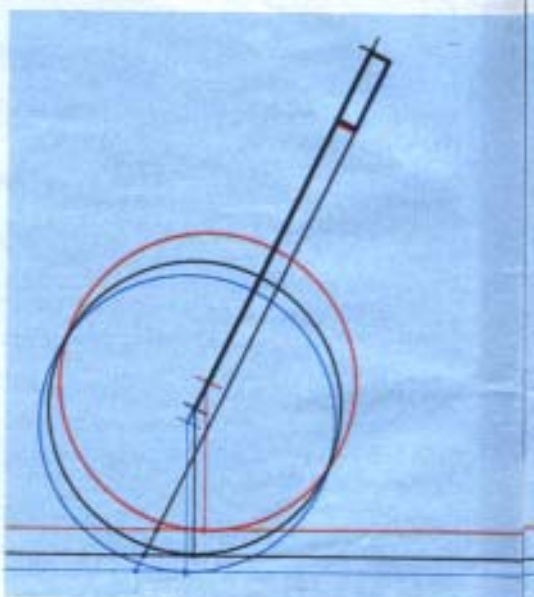
Insgesamt haben die Kandidaten der Führungsriege mit ihren unterschiedlichen Voraussetzungen ihre Aufgaben auch sehr unterschiedlich gelöst.

Die Televolver genannte längslenkergeführte Telegabel der BMW R 1100 RS sorgte für Überraschung. Aufgrund ihres hohen Entwicklungsstands überzeugte sie trotz mittelmäßiger konstruktiver Voraussetzungen das Testteam von MOTORRAD am meisten. Sie hat gegenüber der Telegabel den großen Vorteil des besten Bremsnickausgleichs und leistet sich in keiner Disziplin entscheidende Schwächen.

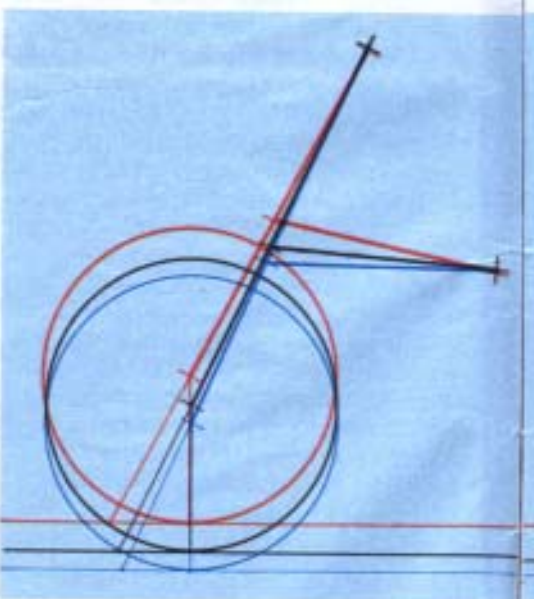
Die Showa-Telegabel ist auf einem hohen technischen Stand, der keinen großen Spielraum für Verbesserungen mehr zuläßt. Der K 1100 RS-Fahrer muß mit den Nachteilen dieses Systems wie starkem Bremsnicken und entsprechend schlech-



Bei der BMW K 1100 RS bleiben Lenkkopfwinkel und Nachlauf beim Ein- und Ausfedern konstant, der Radstand verringert sich. Beim Bremsnicken reduzieren sich Lenkkopfwinkel und Nachlauf

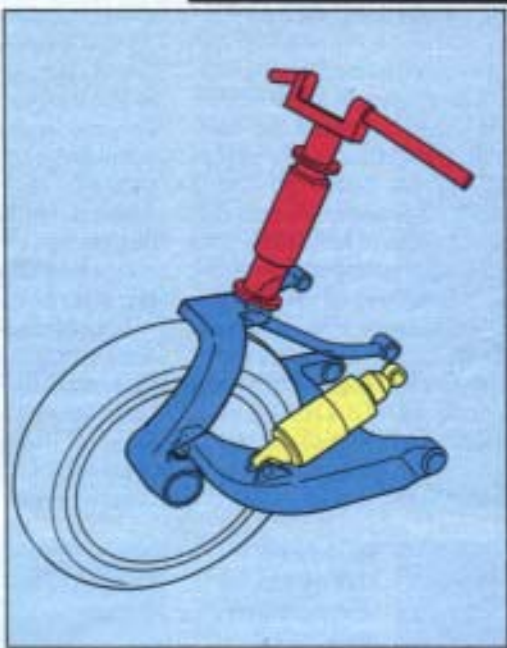


Bei der BMW R 1100 RS verringert sich beim Einfedern der Winkel zwischen Lenkachse und der Horizontalen, der Nachlauf wird größer. Beim Ausfedern tritt das Gegenteil ein. Beim Bremsen bleiben Lenkachsenwinkel und Nachlauf durch den zusätzlichen Nickwinkel nahezu konstant



führt. Das Federbein ist über dem Rad an der Gabel anlenkt. Mit 18,5 Kilogramm hat dieses System die geringste ungefederte Masse. Sie liegt mit zwölf Prozent Anteil an der Gesamtforderradiast auf R 1100 RS-Niveau. Bei 25 Grad Lenkeinschlag

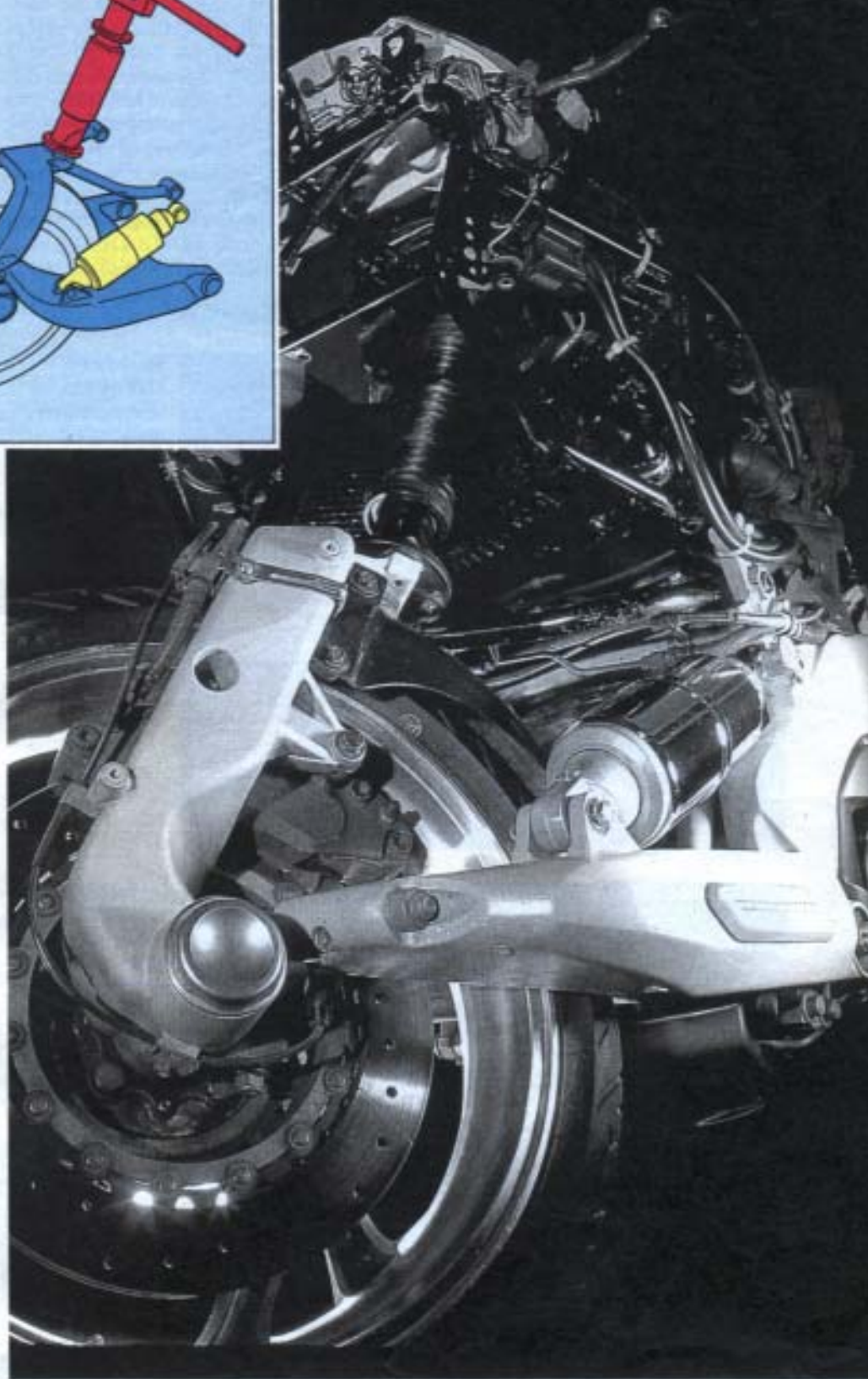
**Bei der Achsschenkelenkung der Yamaha GTS 1000 nehmen zwei Längslenker den Achsschenkel in Kugelgelenken auf. Die Lenkungsübertragung erfolgt über ein Schiebestück. Das schräggestellte Federbein greift am unteren Längslenker an**



muß der Fahrer allerdings leichte Einbußen beim Rangieren in Kauf nehmen. Neben einer guten Fahrstabilität nutzt dieses System in der Praxis die guten Voraussetzungen beim Ansprechverhalten durch das konstruktionsbedingte geringe Losbrechmoment der Längslenker. Beim Bremsnickausgleich rangiert sie mit 72 Prozent auf ähnlich hohem Niveau wie die BMW R 1100 RS. Das macht sich vor allem im Regelbereich des ABS bemerkbar. Bei exakt gleichem ABS trennen die BMW K 1100 RS mit Telegabel und die K 100 RS mit dem Hossack-System Welten. Während die K 1100 RS dem Fahrer das Regeln überdeutlich durch Nickschwingungen mitteilt, spürt der Fahrer bei der Hossack die Verzögerungsschwankung nur über die unterschiedliche Abstützkraft in den Armen. Andererseits: Bei Tempi, bei denen das Motorrad mit der Telegabel bereits einwandfrei geradeaus läuft, sind mit der Hossack-Konstruktion durch die Reibung in den Kugelgelenken stets leichte Lenkkorrekturen nötig.

Mit ungewöhnlicher Optik stellt die **Bimota Tesi** ihre Vorderradföhrung zur Schau. Eine Aluminium-Schwinge und zwei Schubstreben stützen das Vorderrad zum Rahmen ab, die Lenkung ist in die Nabe integriert. Die Lenkbewegung erfolgt über ein extrem aufwendiges System von Schubstangen und Umlenkhebeln. Mit 22,6 Kilogramm und somit immerhin 17 Prozent der gesamten Vorderradlast fällt diese Aufhängung unverhältnismäßig schwer aus. Der Lenkeinschlag ist mit 19 Grad der mit Abstand geringste aller Konkurrenten und erschwert das Rangieren erheblich. Durch eine völlig mißlungene Abstimmung der Federung und Dämpfung sind die Vorteile der Tesi-Vorderaufhängung nur schwer zu beurteilen. Das Ansprechverhalten auf kleine

# YAMAHA GTS 1000



# BMW R 1100 RS

## Vorderradaufhängungen

vor arbeitet dieses System mit Stand- und Gleitrohren, wobei die Gleitrohre über dem Rad durch eine Gabelbrücke verbunden sind. An ihr greift über ein Kugelgelenk ein Längslenker an, der im Motor gelagert ist. Die auftretenden Kräfte, zum Beispiel beim Bremsen, werden also zum großen Teil über den Längslenker abgestützt, so daß hier günstigere Hebelverhältnisse herrschen als bei der Telegabel. Die Federung und Dämpfung ist in Form eines Federbeins nach außen hinter die Gabel gewandert. Bei den ungefederten Massen liegt die BMW mit zwölf Prozent Anteil an der Gesamtvorderradlast sehr günstig. Mit 32 Grad Lenkeinschlag reicht sie nicht ganz an die K 1100 RS heran, läßt sich aber trotzdem noch gut rangieren. Die Konstruktion ermöglichte Standrohre mit nur 35 Millimetern Durchmesser, die für ein sensibles Ansprechverhalten sorgen. Die Fahrstabilität überzeugt in allen Situationen. Trotz relativ komfortabler Federung taucht die BMW R 1100 RS beim Bremsen nur geringfügig ein. Mit 78 Prozent hat sie den höchsten Bremsnickausgleich aller Konkurrenten. So bleibt auch beim Bremsen auf welliger Fahrbahn genügend Restfederweg vorhanden, um Bodenwellen auszubügeln. Bei der ABS-Regelung kann die BMW ihre Vorteile ausspielen. Nur minimale Nickschwingungen im Regelbereich garantieren auch im Ernstfall ein hohes Maß an Sicherheit. Auch die Leichtgängigkeit der Lenkung

wurde durch entsprechende Werkstoffwahl hervorragend gelöst. Beim Fahren mit geringer Geschwindigkeit sind keine großen Lenkkorrekturen erforderlich.

**Der Telelever stützt sich über Kugelgelenke jeweils an der oberen Gabelbrücke am Rahmen und über dem Rad an einem Längslenker ab. Der Lenker ist elastisch mit der oberen Gabelbrücke verbunden. Das Federbein greift am Längslenker an**

Obwohl schon vor der R 1100 RS auf dem Markt, stellt die **Hossack-BMW** die nächste Stufe in der Entwicklung der Vorderradführung dar. Der Engländer Norman Hossack hat sich von Stand- und Gleitrohren gelöst. Bei ihm wird eine Gabel aus Stahlblech von zwei Längslenkern ge-



# BIMOTA TESI 1 D

## Vorderradaufhängungen



me mit der Telegabel nicht immer mithalten. Im großen MOTORRAD-Praxis-Vergleich mußte sich die erprobte Telegabel der K 1100 RS

**An der Radnabenlenkung stützen eine Schwinge und zwei Schubstreben die Nabe gegen den Rahmen ab. Das Federbein arbeitet über einen Umlenkhebel. Die Lenkung erfolgt über Lenkhebel, Umlenkung und zwei Lenkschubstangen**

in allen entscheidenden Kriterien den Vorderradführungen der BMW R 1100 RS, der BMW K 100 Hossack, der Bimota Tesi und der Yamaha GTS 1000 stellen. Dabei

spielten Daten wie Lenkeinschlag und ungefederte Massen, aber auch Kriterien wie Fahrstabilität, Bremsnicken, Ansprechverhalten und ABS-Tauglichkeit eine Rolle. Kriterien wie Handlichkeit und Komfort wurden nicht bewertet, da sie weitgehend von anderen Parametern abhängen.

Die **BMW K 1100 RS** verfügt über eine Telegabel des japanischen Herstellers Showa, die auf diesem Sektor Spitzentechnologie repräsentiert. Mit 37 Grad Lenkeinschlag ist sie den anderen Systemen klar überlegen. Mit 21,5 Kilogramm ungefederten Massen liegt sie vergleichsweise günstig, wobei der Anteil an der gesamten Vorderradlast mit 13 Prozent gering ist. Die Fahrstabilität der K 1100 RS ist auch bei hohen Geschwindigkeiten und welliger Fahrbahn ordentlich. Durch ihre leichtgängige Lagerung hat die K 1100 RS auch bei geringen Geschwindigkeiten einen guten Geradeauslauf. Das Ansprechverhalten ist für eine Telegabel zwar gut, feine Bodenunebenheiten werden aber nicht optimal absorbiert. Ins Hintertreffen gerät die K 1100 RS beim Bremsen. Sie taucht von allen Motorrädern mit Abstand am weitesten ein. Bei starken Abbremsungen wird der Restfederweg weitgehend aufgebraucht, so daß bei Bodenwellen ein Durchschlagen nicht zu verhindern ist. Vor allem bei Bremsungen im Regelbereich verunsichern extreme Nickschwingungen den Fahrer.

Die **BMW R 1100 RS** stellt konstruktiv einen Kompromiß aus konventioneller Telegabel und Achsschenkellenkung dar. Die obere Gabelbrücke ist über ein Kugelgelenk mit dem Rahmen verbunden. Nach wie



# BMW K 100 RS HOSSACK

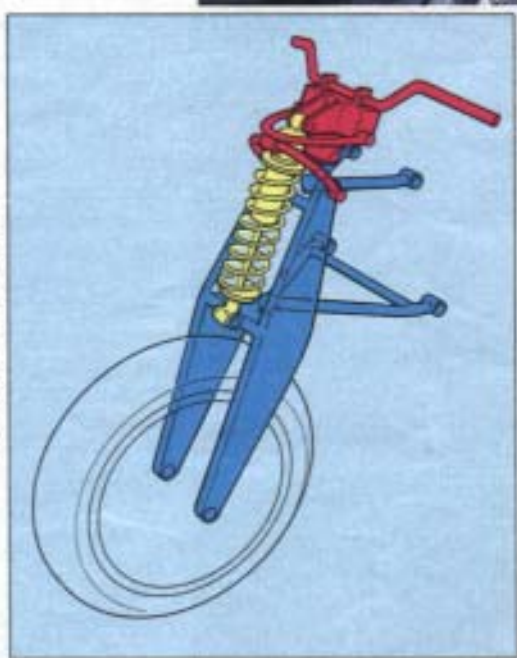
fen so, Gewicht zu sparen. An den Gleit- und Standrohren entsteht ein Biegemoment, das die Reibung erhöht und somit das Ansprechverhalten der Federung verschlechtert. Biegeschwingungen der Gabelbeine erschweren zudem die Regelung eines Antiblockiersystems. Ein weiterer entscheidender Nachteil der Telegabel wirkt sich beim Bremsen aus. In diesem Fahrzustand taucht die Frontpartie des Motorrads, bedingt durch die dynamische Radlaständerung und die geometrische Anordnung, stark ein. Merkmal, aber auch Nachteil der Telegabel: Radführung, Federung und Dämpfung sind in einem Bauteil zusammengefaßt.

Radführungen mit getrennten Systemen dagegen erlauben einfachere Verstellmöglichkeiten von Federung und Dämpfung. Zum Beispiel können konstruktive Maßnahmen das Eintauchen der Frontpartie beim Bremsen teilweise oder sogar vollständig verhindern (siehe Kasten Bremsnickausgleich auf Seite 24).

Die Telegabel hat aber auch unbestrittene Vorteile. So tritt durch das Luftpolster, das sich über der Ölfüllung der Telegabel befindet, trotz linear gewickelter Feder eine erwünschte Progression der Federrate auf. Ein weiterer entscheidender Pluspunkt ist die Leichtgängigkeit der Lenkung, bedingt durch die Wälzlagerung im Steuerkopf. Bei neuen Systemen erfolgt die Lagerung der Vorderradführung und die Übertragung der Lenkbewegung oft über Kugelgelenke. Diese haben eine um ein Vielfaches höhere Reibung als konventionelle Wälzlager im Lenkkopf. Diese Reibung wirkt sich wie ein zu stark angezogenes Lenkkopflager

**Kugelgelenke und Längslenker verbinden die Hossack-Gabel mit dem Rahmen. Der Lenker im Hilfssteuerkopf überträgt über ein Scherengelenk die Lenkbewegung. Federung und Dämpfung übernimmt ein separates Federbein**

aus. Besonders bei langsamer Fahrt muß der Fahrer ständige Lenkkorrekturen ausführen. Ein weiterer Vorteil der Telegabel liegt in der direkten Betätigung der Lenkung, da der Lenker unmittelbar mit der Telegabel verbunden ist. Auch der Lenkeinschlag spielt speziell beim Rangieren des Motorrads eine entscheidende Rolle. In diesem Punkt können die neuen Systeme

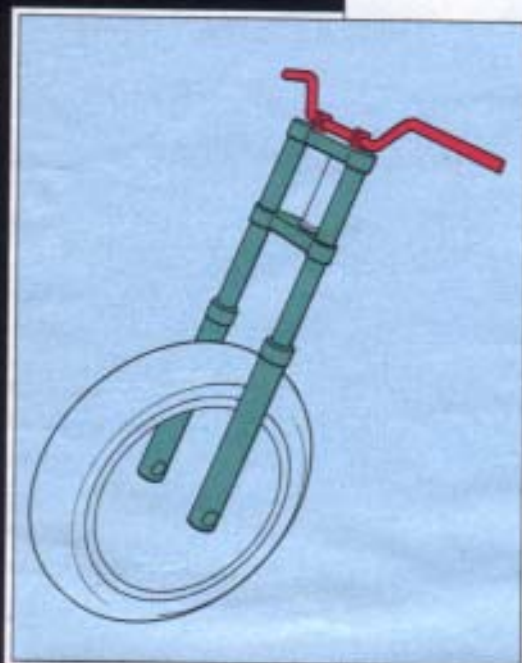


# BMW K 1100 RS

## Vorderradaufhängungen

**A**ls BMW 1935 das erste Modell mit hydraulisch gedämpfter Telegabel präsentierte, war nicht abzusehen, daß dieses Konstruktionselement bis heute eine führende Rolle spielen würde. Erst Mitte der achtziger Jahre begannen Spezialfirmen, alternative Radführungssysteme zu erproben. Die italienische Edel-

Bei der Telegabel sind Radführung, Federung, und Dämpfung zusammengefaßt. Die Lenkbetätigung erfolgt direkt über den starr mit der Gabelbrücke verbundenen Lenker. Die Gabel dreht sich in Kegelrollenlagern im Steuerkopf



schmiede Bimota entwickelte eine Aufhängung mit Radnabenlenkung und übernahm sie in der Tesi in Kleinserie. Der Engländer Norman Hossack machte sich

ebenfalls Gedanken und schuf ein System, das der Dortmunder BMW-Händler Helmut Wüstenhöfer (WÜDO) vertreibt. Yamaha überraschte schließlich bei der letztjährigen IFMA mit der ersten Achsschenkelanlenkung, die mit der GTS 1000 in Großserie produziert wird. Im Frühjahr dieses Jahres zog BMW mit einer Telelever genannten Neukonstruktion in der R 1100 RS nach.

Beim Streben nach weiteren Verbesserungen waren die Ingenieure an Grenzen gestoßen. Fahrwerksschwächen, wie sie die stark motorisierten Motorräder der 80er Jahre hatten, kompensierten die Hersteller zwar durch immer größere Standrohrdurchmesser, die heute bei 45 Millimetern angelangt sind. Aber gerade die Vergrößerung der Standrohrdurchmesser brachte auch Probleme mit sich. Mit den größeren Lagern und Dichtungen wuchsen nämlich die Losbrechkräfte, die für das Ansprechverhalten auf kleine Bodenunebenheiten eine entscheidende Rolle spielen.

Auch konstruktiv hat die Telegabel einige Nachteile. Die Kräfte, die zum Beispiel beim Bremsen auftreten, greifen an der Radachse an und müssen über einen extrem langen Hebelarm in der Lagerung des Lenkkopfs aufgefangen werden. Zur Aufnahme des Lenkkopfs ist deshalb ein aufwendiger Rahmen mit einer steifen Struktur notwendig. Moderne Konstruktionen nutzen den Motor-Getriebe-Verbund und hel-

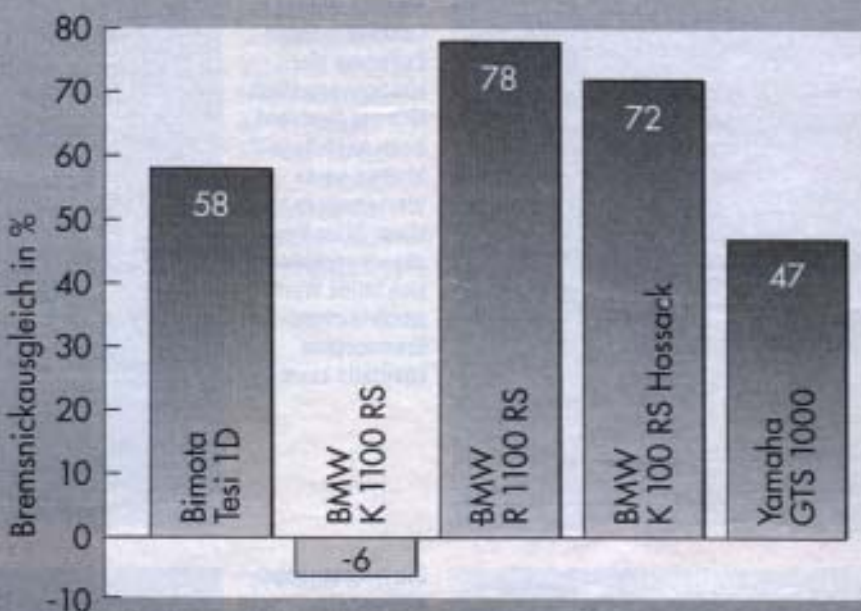
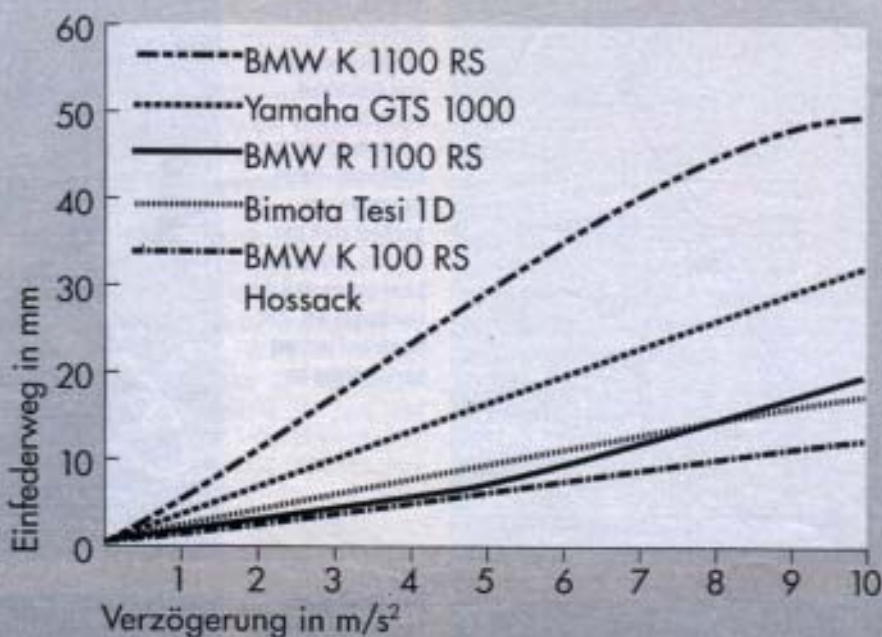
## Bremsverhalten

Beim Bremsen tritt eine dynamische Radlaständerung auf. Das Vorderrad wird zusätzlich belastet, das Hinterrad um den gleichen Betrag entlastet. Dadurch taucht die Frontpartie ein, das Fahrzeugheck federt aus, es tritt Bremsnicken auf. Das Einfedern ist abhängig von der dynamischen Radlaständerung, der Gesamtfederate und dem Bremsnickausgleich. Die Radlaständerung hängt wiederum von der Verzögerung, der Schwerpunkthöhe und dem Radstand ab. Durch konstruktive Maßnahmen an der Vorderradaufhängung kann das Einfedern der Frontpartie verringert werden. Der Bremsnickausgleich in Prozent gibt an, in welchem Maß das Tauchen reduziert wird. Während die BMW R 1100 RS nur noch geringfügig eintaucht, beansprucht die K 1100 RS mehr Federweg als durch die Radlaständerung verursacht.

### TECHNISCHE DATEN

	Bimota Tesi 1D	BMW K 1100 RS	BMW R 1100 RS	BMW K 100 RS Hossack	Yamaha GTS 1000
Bremsnickausgleich (Durchschnitt) [%]	58	-6	78	72	47
Eintauchen des Vorbaus bei 8 m/s <sup>2</sup> * Verzögerung [mm]	14,5	45,5	14,5	10	26
Lenkeinschlag [°]	19	37	32	25	27
Ungefederte Masse am Vorderrad [kg]	22,6	21,5	20,3	18,5	31,6
Gefederte Masse am Vorderrad mit 80-kg-Fahrer [kg]	109	149	147	139	141
Anteil der ungefederten und gefederten Massen [%]	17/83	13/87	12/88	12/88	18/82

\* Von routiniertem Fahrer erreichbare Verzögerung



## Vorderradaufhängungen

tem Fahrkomfort im ABS-Regelfall leben. Trotzdem muß sich die altbewährte Telegabel bislang keinesfalls hinter der Konkurrenz verstecken.

Die Hossack-Gabel nutzt ihre konstruktiven Möglichkeiten mit dem hohen Bremsnickausgleich, der auch im ABS-Regelfall hervorragend zum Tragen kommt. Mit ihren geringen ungefederten Massen von 18,5 Kilogramm bietet sie optimale Voraussetzungen für gutes Ansprechverhalten und hat durch werkstoffgerechte Konstruktion gegenüber der K 1100 RS zehn Kilogramm

gefederte und zwei Kilogramm ungefederte Massen weniger. Allein beim Lenkeinschlag und im Langsamfahrverhalten muß sie leichte Einbußen hinnehmen.

Die Yamaha GTS hat konstruktiv eine gute Ausgangsbasis, die sie aber nicht nutzt. Mit 47 Prozent Bremsnickausgleich schöpft sie die technischen Möglichkeiten bei weitem nicht aus. Auch ihr Lenkeinschlag von 27 Grad kann nicht mit der Konkurrenz mithalten. Mit den hohen ungefederten Massen läuft sie den Wettbewerbern weit hinterher. An ihrer modernen Vorderradaufhängung ist sowohl noch konstruktive Optimierung als auch eine Menge Abstimmungsarbeit nötig.

Die Bimota Tesi hat beim Bremsnickausgleich und im Ansprechverhalten Vorteile zu bieten. Mit den hohen ungefederten Massen, dem geringen Lenkeinschlag, der aufwendigen und selbst von qualifizierten Werkstätten schwer beherrschbaren Konstruktion und den daraus resultierenden Fahrwerksmängeln zeigt dieses System für die Großserie aber einen Irrweg auf.

Wie in jeder Führungsmannschaft ist auch in diesem Quintett zu beobachten, daß weder optimale Voraussetzungen noch eine blendende Erscheinung Führungsqualitäten garantieren. Gute Ergebnisse können auch mit einfacheren Mitteln erreicht werden. □