

Klaus Schmedding*, Wolfgang Büscher**

Anfahrbeschleunigungen

von motorisierten Zweirädern

Summary

In many cases, acceleration data of motorcycles are missing for the reconstruction of cycle accidents. The maximum acceleration, published in data-sheets and test documentations, is not comparable with the starting acceleration in normal traffic situations. This publication shall show the possible spectrum of starting accelerations of different constructions of motorcycles.

Zusammenfassung

Bei der Rekonstruktion von Unfällen mit Beteiligung von Zweirädern fehlen oftmals Daten hinsichtlich derer Anfahrbeschleunigungen. Beim Studium der einschlägigen Literatur wird man sehr wenige Publikationen zu diesem Themengebiet finden. Zwar geben Tests in Fachzeitschriften Beschleunigungswerte wieder – es handelt sich hier aber stets um Maximalwerte, die keine Rückschlüsse auf das normale Anfahrverhalten der Kräder zulassen. Aufgabe dieses Artikels soll es daher sein, durch Versuche das Spektrum der Anfahrbeschleunigungen einzugrenzen.

1 Bisheriger Erkenntnisstand

Die Ingenieure Eberhardt und Himbert beschäftigten sich in ihren Untersuchungen u.a. auch mit Beschleunigungs-, Ausroll- und Wendevorgängen von Zweirädern und Vierradfahrzeugen [1]. Die Messungen wurden mit einem Peiseler-Rad durchgeführt. Die Länge der Beschleunigungsstrecke lag bei ca. 1.200 m. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dokumentierten sie in zwei Diagrammen für jeden Versuch. Eines der Diagramme deckte den gesamten Meßbereich ab, das zweite beschrieb das Anfahrverhalten des Kraftfahrzeuges während der ersten 5 s nach dem Start. Diese Messungen wurden für verschiedene Anfahrformen (Langsam, Normal und Schnell) durchgeführt. Da die Ergebnisse dieser Untersuchungen lt. Autoren hinsichtlich der Beschleunigungsformen stark ineinander verschwammen, wurde auf eine differenzierte Auswertung verzichtet.

Der Vergleich mit dem Anfahrverhalten von Personenkraftwagen, so wie sie seinerzeit von Becke und Nackenhorst in Messungen bestimmt worden sind [2], ist aus naheliegenden Gründen nicht zulässig. Allein die großen Massendifferenzen, also die stark unterschiedlichen Leistungsgewichte erlauben keine derartige Zuordnung.

Wir entschlossen uns daher, mit einer ausgewählten Anzahl von Motorrädern entsprechende Beschleunigungsversuche, insbesondere für die Erstbeschleunigungsphase durchzuführen.

2 Versuchsdurchführung

Vor Versuchsdurchführung wurden die z.Zt. marktanteilmäßig am stärksten vertretenen Motorradtypen in ihre verschiedenen Leistungsgewichtsklassen eingeteilt. Aus der mittleren Leistung (pro Hubraumklasse) und dem mittleren Zweiradgewicht wurde das gesamte Zweirad-Spektrum berechnet. Danach ließen sich grundsätzlich acht unterschiedliche

*Dipl.-Phys. Klaus Schmedding, öffentl. bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle, Münsterstr. 101, 48155 Münster-Wolbeck

**cand. Ing. Wolfgang Büscher, FH Braunschweig/Wolfenbüttel

Leistungsgewichtsklassen ermitteln, die für die Auswahl der Versuchs-Kräder maßgeblich war.

Als Versuchsfahrzeuge standen zur Verfügung:

- Yamaha DT 80 LC 2
- Vespa PX 200 E
- Honda CB 200
- Yamaha XS 500
- Yamaha XT 500
- Honda NTV 650
- Moto Guzzi 850 Le Mans
- Yamaha FJ 1200

Das Fahrerkollektiv bestand aus insgesamt vier durchschnittlich routinierten Fahrern.

Zur Ermittlung der Geschwindigkeiten standen eine Video-Kamera mit Titelgenerator sowie zwei Reflektions-Lichtschranken zur Verfügung. Zur bildtechnischen Auswertung verfügte die Video-Kamera über einen High-Speed-Shutter (1/100 s, Belichtungszeit 25 Bilder/s).

Die Messungen wurden auf dem Betriebsgelände des Ingenieurbüros Schimmelpfennig und Becke in Münster durchgeführt. Die Länge der Meßstrecke orientierte sich an den üblichen Straßendimensionen und wurde zunächst auf eine Gesamtlänge auf 8 m festgelegt. Um eine Tendenz über den weiteren Verlauf des Anfahrvorganges zu erlangen, wurde bei einigen Messungen die Meßstrecke in einer weiteren Versuchsreihe auf 16 m verlängert. Zur besseren bildtechnischen Auswertung und um Parallaxenfehler zu vermeiden, wurden links und rechts neben der Meßstrecke Pylone im Abstand von 1 m aufgestellt. Zusätzlich wurde die Fahrbahn im Abstand von 1 m senkrecht zur Fahrtrichtung farblich gekennzeichnet.

Vor jedem Versuch wurde der jeweilige Fahrer instruiert, in welcher Anfahrform er zu beschleunigen hatte. Um repräsentative Meßergebnisse zu erhalten, wurden die Versuche mehrfach wiederholt. Darüber hinaus wurden auch Versuche mit Beifahrern gefahren, um Informationen über das Beschleunigungsvermögen von Zweirädern im Sozusbetrieb zu erhalten.

Im Laufe der Versuchsdurchführung konnte festgestellt werden, daß eine klare Differenzierung nur zwischen einem normalen Anfahrmanöver und einem schnellen bzw. maximalen Anfahrmanöver möglich war. Unter dem normalen Anfahrvorgang hat man sich ein solches in einem unteren Drehzahlbereich ohne stärkeres Schleifen der Kupplung vorzustellen. Das schnelle bzw. maximale Anfahren äußert sich durch hohe Drehzahlen mit stark schleifender Kupplung.

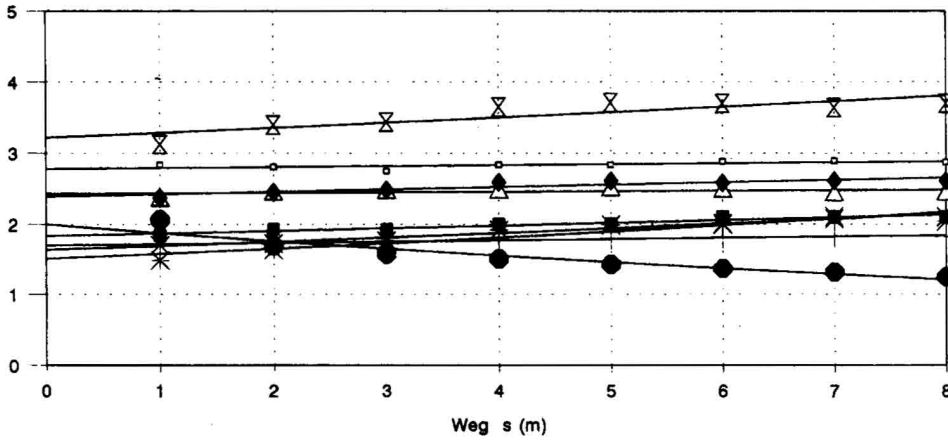
3 Ergebnisse

Die Auswertung aller faßbaren Größen hat gezeigt, daß neben dem zuvor beschriebenen Leistungsgewicht noch andere Einzelfaktoren das Anfahrverhalten motorisierter Zweiräder erheblich beeinflusste. Ohne weitere Prüfung wären zunächst zweifelsfrei das Übersetzungsverhältnis, die dynamische Radlastverlagerung und sicherlich auch noch der Reifentyp zu nennen. Letzterer läßt sich zunächst in den normalen Straßen-/Sportreifen und den Gelände-/Enduroreifen unterscheiden. Bei der Straßenbereifung sind die wesentlichen Unterschiede sicherlich in der Zusammensetzung der Gummimischung zu sehen, d.h. wie griffig bzw. weich die jeweilige Komposition ist. Da aber die im Versuch auch verwendeten unterschiedlichen Reifenformen (Radial- und Diagonalstraßenreifen/Enduroreifen) offensichtlich keinen zu großen Einfluß auf die erzielten Anfahrbeschleunigungen besaßen, kann auf eine Vertiefung dieser Problematik verzichtet werden.

Dominant war demgegenüber das jeweilige Übersetzungsverhältnis des Zweirades, insbesondere die Auslegung der niedrigen Gangstufen. Die Übersetzung des ersten Ganges ergibt sich aus der erforderlichen Zugkraft für die erwartete maximale Steigfähigkeit bei voller Belastung und aus der Drehzahldifferenz, die man der Kupplung beim Anfahren zumuten kann. Entscheidend ist hierbei der Drehmomentverlauf im unteren Drehzahlbereich. Gerade bei Enduro-Motorrädern weicht diese Auslegung stark von jener der Straßenmotorräder ab.

Enduro-Motorräder haben bei relativ geringen Geschwindigkeiten große Steigungen zu bewältigen, wobei ihnen das gesamte Drehzahlspektrum des Motors zur Verfügung stehen soll. Solche Krad-Typen müssen daher

Beschleunigung a (m/s²s)



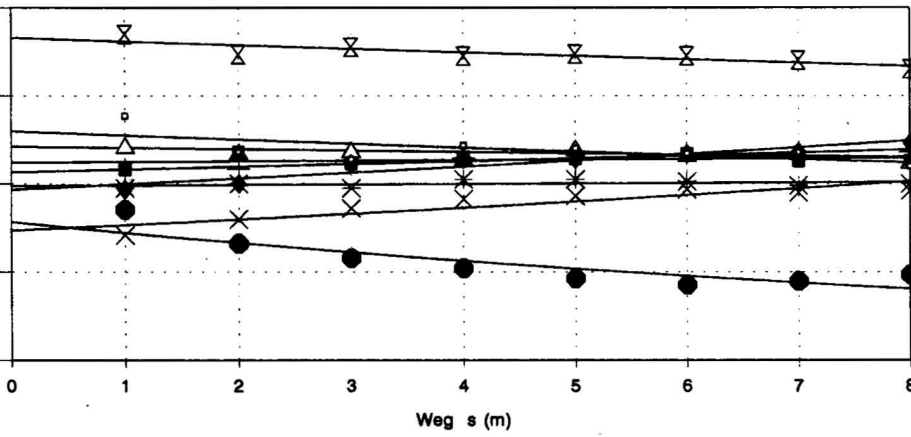
Normales Anfahren

Meßstrecke: 8m

- | | | |
|------------------|----------------------|-------------------------|
| □ Vespa PX200 E | + Yamaxa SX 500 | * Yamaha DT 80 LC 2 |
| ■ Yamaha CB 200 | × Moto Guzzi Le Mans | ◆ Honda NTV 650 |
| △ Yamaha FJ 1200 | ⊗ Yamaha XT 500 | ● Vespa Piaggio SI/Mofa |

Bild 1 a Anfahrbeschleunigungen von motorisierten Zweirädern – Beschleunigungsspektrum –

Beschleunigung a (m/s²s)



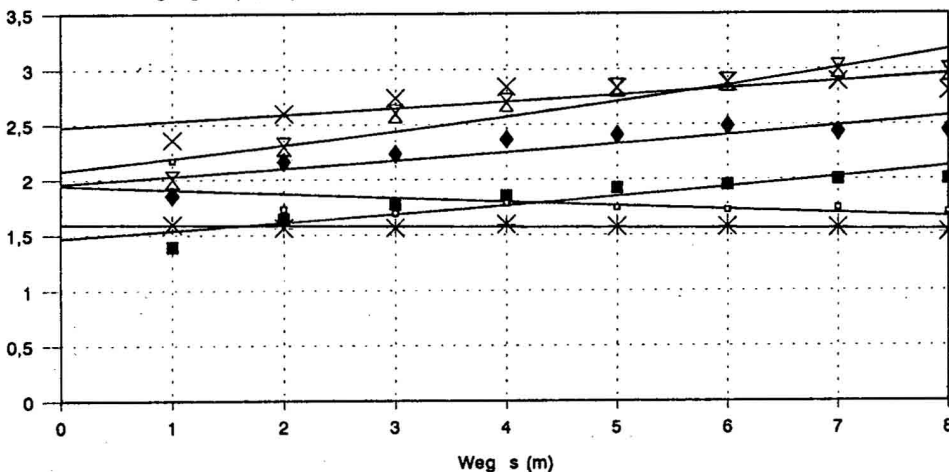
Schnelles Anfahren

Meßstrecke: 8m

- | | | |
|------------------|----------------------|-------------------------|
| □ Vespa PX200 E | + Yamaxa SX 500 | * Yamaha DT 80 LC 2 |
| ■ Yamaha CB 200 | × Moto Guzzi Le Mans | ◆ Honda NTV 650 |
| △ Yamaha FJ 1200 | ⊗ Yamaha XT 500 | ● Vespa Piaggio SI/Mofa |

Bild 1 b Beschleunigungsspektrum 8 m

Beschleunigung a (m/s²s)

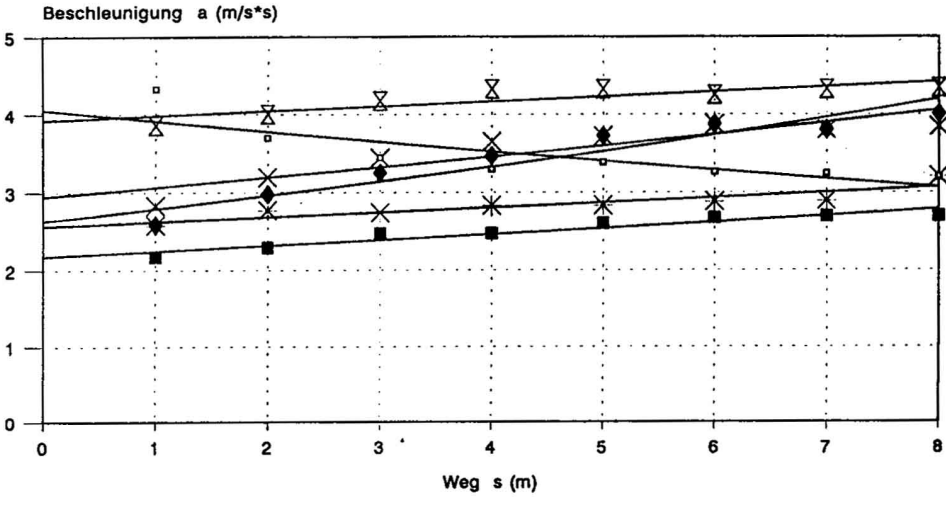


Normales Anfahren mit Beifahrer

Meßstrecke: 8m

- | | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|
| □ Vespa PX200 E | * Yamaha DT 80 LC 2 | ■ Yamaha CB 200 |
| × Moto Guzzi Le Mans | ◆ Honda NTV 650 | ⊗ Yamaha XT 500 |

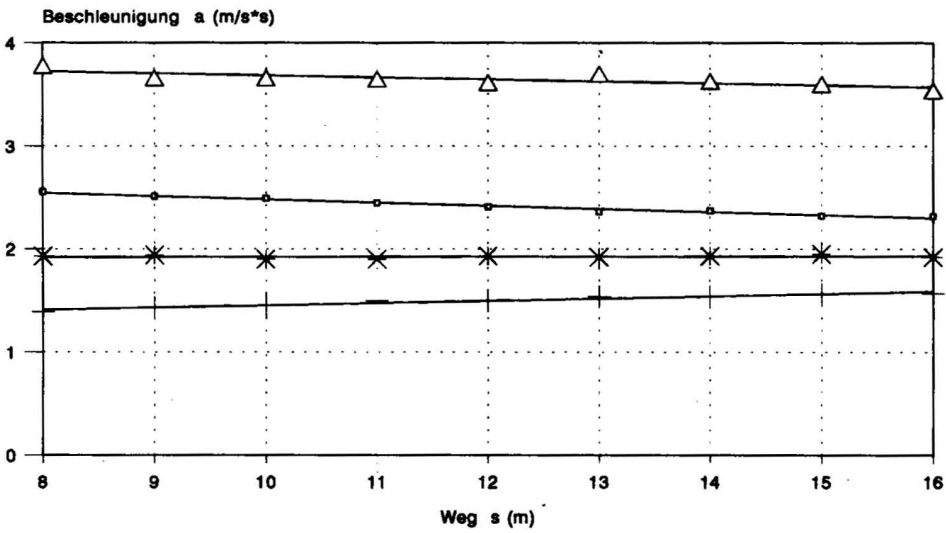
Bild 2 a Anfahrbeschleunigungen von motorisierten Zweirädern – Beschleunigungsspektrum –



Schnelles Anfahren mit Beifahrer
Meßstrecke: 8m

◻ Vespa PX200 E * Yamaha DT 80 LC 2 ■ Yamaha CB 200
 ✕ Moto Guzzi Le Mans ◆ Honda NTV 650 ⊠ Yamaha XT 500

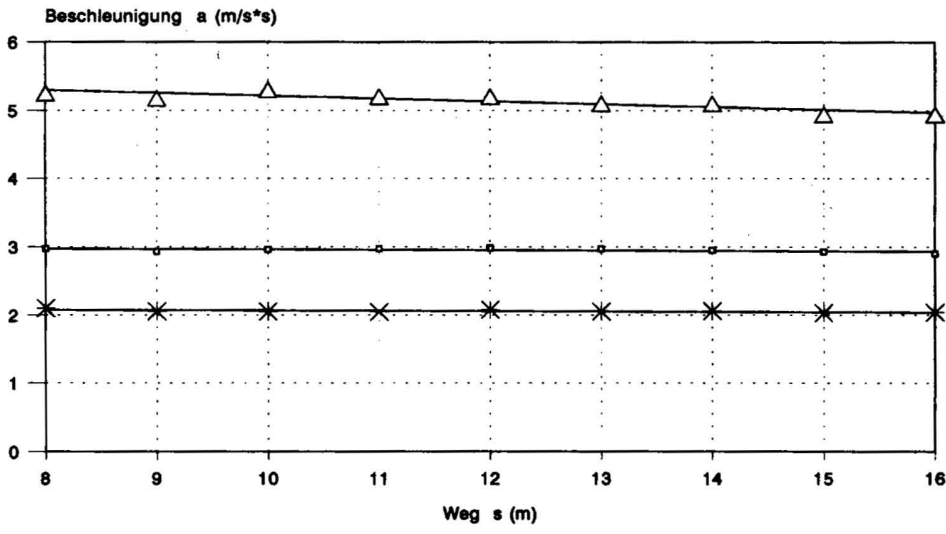
Bild 2 b Beschleunigungsspektrum mit Beifahrer 8 m



Normales Anfahren
Meßstrecke: 16 m

◻ Vespa PX200 E + Yamaxa SX 500 * Yamaha DT 80 LC 2 △ Yamaha FJ 1200

Bild 3 a Anfahrbeschleunigungen von motorisierten Zweirädern – Beschleunigungsspektrum –



Schnelles Anfahren
Meßstrecke: 16 m

◻ Vespa PX200 E * Yamaha DT 80 LC 2 △ Yamaha FJ 1200

Bild 3 b Beschleunigungsspektrum 16 m

Tabelle 1

Meßstrecke 8m

	Beschleunigung [m/s ²]			
	ohne Beifahrer		mit Beifahrer	
	normal	maximal	normal	maximal
Enduro	3 - 3,5	6 - 7	2,5	4
Straßenmotorrad	2,5 - 3	4,5 - 5	1,5 - 2	3 - 4
Roller / kl. Straßenmotorrad	2 - 3	4 - 4,7	1,5 - 2	2,5 - 3,5
Mofa/Mokik/LKR	1,5 - 2	2 - 4	1,5	2,5

in den unteren Gängen hohe Zugkräfte übertragen können. Auch die dynamische Radlastverlagerung, die durch den Anfahrvorgang eines Krades eine zusätzliche Belastung des Hinterrades bedeutet, fällt bei einem Enduro-Motorrad mit den beobachtbaren langen Federwegen vergleichsweise stärker aus als bei Straßenmotorrädern, bei denen eine »Kopflastigkeit« erzielt werden soll, um die hohen Geschwindigkeiten durch ein hohes Bremsmoment am Vorderrad abfangen zu können. So ist es nicht verwunderlich, daß das im Versuch eingesetzte 500 ccm Enduro-Motorrad Yamaha XT 500 vergleichsweise sehr hohe Anfahrbeschleunigungen ermöglichte, da dieser Krad-Typ die zuvor genannten Parameter anfahrtechnisch gesehen in idealer Weise kombiniert. Bei diesem Fahrzeugtyp werden mittels normalem Anfahrverhalten Beschleunigungen zwischen 3 und 3,5 m/s, für die starke bis maximale Beschleunigung schon 6 bis 7 m/s² erreicht (**Bild 1 a, b**).

Gängige Straßenmotorräder im 500 bis 1.000 ccm-Bereich zeichnen sich demgegenüber durch ein niedriges Leistungsgewicht, eine längere Übersetzung in den unteren Gängen und durch vergleichsweise geringe Federwege aus. Die hiermit zusammenhängenden, nicht so hohen dynamischen Achslastverlagerungen werden durch den tieferen Schwerpunkt des Motorrades und durch das straffere Fahrwerk bewirkt. Für den normalen Anfahrvorgang ergeben sich bei diesem Motorradtyp Anfahrbeschleunigungen von 2,5 bis 3 m/s², für die maximale Anfahrbeschleunigung ca. 4,5 bis 5 m/s².

Die vergleichsweise niedrigen Beschleunigungswerte der getesteten Moto Guzzi 850 Le Mans sind auf den sehr langen übersetzten 1. Gang zurückzuführen. Die Ergebnisse mit der Yamaha XS 500 sind wenig repräsentativ, da dieses Krad zum Testzeitpunkt erstmalig seit langer Zeit wieder genutzt wurde und dementsprechend dessen Motorrundlauf beeinträchtigt war. Hubraumschwache Straßenmotorräder und auch der benutzte Motorroller mit einem relativ hohen Leistungsgewicht und langen Übersetzungen in den unteren Gängen erreichten mittlere Anfahrbeschleunigungen von etwa 2 bis 2,5 m/s² bei normaler Fahrweise. Bei voller Ausnutzung der Motorleistung konnten Werte von 4 bis gut 4,5 m/s² erreicht werden.

Die schwächste Gruppe der untersuchten Zweiräder stellt die Gruppe der Mofa/Moped/Leichtkrafträder dar. Zweiräder dieser Art verfügen bekanntlich über recht geringe Motorleistungen, weswegen die erzielten Beschleunigungen für die normale Anfahrform im Bereich von 1,5 bis 2 m/s² lagen. Das Anfahrvermögen von Mofas und Mopeds wurde einer früheren Untersuchung des Ingenieurbüros Schimmelpfennig und Becke entnommen und im Sinne dieses Artikels ausgewertet. Für das maximale Anfahrvermögen konnten Werte zwischen 2 bis 3 m/s² (Mofas/Mopeds), für das Leichtkraftrad bis 4 m/s² registriert werden.

Die Messungen mit zusätzlichem Sozius ergaben, daß bei der normalen

Anfahrform annähernd die gleichen Beschleunigungswerte erreicht wurden, da das Krad entsprechend der Zuladung in höheren Drehzahlbereichen gehalten wird. Beim maximalen Beschleunigungsvorgang konnte bei fast allen Messungen eine Reduzierung um ca. 1 m/s² beobachtet werden. Wiederum bildet hier das Enduro-Motorrad eine Ausnahme. Hier lagen die Beschleunigungswerte für die normale sowie für die maximale Beschleunigung deutlich unter den Werten aus den Messungen ohne Beifahrer. Dies läßt sich aus der stark veränderten Fahrwerksgeometrie durch die Belastung des Beifahrers erklären. Durch den Beschleunigungsvorgang kommt es zu einer starken Entlastung des Vorderrades mit dem unangenehmen Nebeneffekt des Abhebens des Vorderrades (»Wheelie«, **Bild 2 a, b**).

Bei Betrachtung der erweiterten Meßstrecke (16 m) kann man tendenziell sagen, daß die Anfahrbeschleunigung für den normalen Anfahrvorgang nahezu konstant blieb (**Bild 3 a, b**). Bei schnellen/maximalen Anfahren zeigt sich allerdings deutlich, daß mit fortlaufendem Weg die Leistung stark an Einfluß gewinnt. Hubraumstarke Kräder vermögen hier ihre überlegene Leistung deutlich zu demonstrieren.

4 Zusammenfassung

Zur besseren Beurteilung der Anfahrbeschleunigungen von Zweirädern wurden Fahrversuche durchgeführt. Die Durchführung zeigte auf, daß deutliche Unterschiede zwischen der normalen und schnellen/maximalen Anfahrform bestehen. Der normale Anfahrvorgang kann in Abhängigkeit des Fahrzeugtyps bzw. dessen Leistungsgewichtes als relativ feste Bewertungsgröße unabhängig ob mit oder ohne Sozius bezeichnet werden. Beim schnellen bzw. maximalen Anfahrvorgang zeigt sich die Abhängigkeit vom Leistungsgewicht und auch von der Bauform des Krades (**Tabelle 1**). Speziell das Enduro-Krad zeichnete sich durch durchweg höhere Beschleunigungswerte aus als ein normales Straßenmotorrad. Die Abnahme der mittleren Anfahrbeschleunigung fiel bei diesem Krad-Typ im Soziusbetrieb demgegenüber aber stärker aus.

Literaturnachweis

- [1] Eberhardt, Himbert: Beschleunigungsverhalten von Kfz, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Heft 9/88
- [2] Becke, Nackenhorst: Anfahrbeschleunigungen von Pkw, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Heft 5/86