

Michael Weber*

Gegenüberstellung von Sichtfahrgeschwindigkeiten und Kurvengeschwindigkeiten

Summary

Accidents in blind bends often occur between turning, crossing or stopping vehicles and vehicles which have priority and which are driving through the bend at a relatively high speed. In this publication it is shown that motorists with a sporty driving style and a high lateral acceleration in bends where the view is difficult, drive quicker than would be possible according to the visibility as legally prescribed in the Motor Vehicle (Traffic) Regulations or Highway Code. The connection between the limit point of vision ahead i.e. the distance in which drivers will be able to stop, and the speed in the bend with variations in the radius of the bend and the lateral acceleration is shown graphically.

Häufig ereignen sich Unfälle innerhalb unübersichtlicher Kurven zwischen abbiegenden kreuzenden oder haltenden Fahrzeugen und bevorrechtigten Fahrzeugen, die den Kurvenzug schnell durchfahren. Von entscheidender Bedeutung für die rechtliche Betrachtung ist dabei, ob sich der Bevorrechtigte beim Durchfahren der Kurve an das Sichtfahrgebot gemäß § 3 StVO Abs. 1 gehalten hat.

In einer Vielzahl bereits rekonstruierter Verkehrsunfälle wurde festgestellt, daß sich sowohl Motorrad- als auch Pkw-Fahrer oftmals auf unüberschaubaren Strecken mit Geschwindigkeiten bewegen, die oberhalb dieser Sichtfahrgeschwindigkeiten liegen. Sie können dann nicht logischerweise mehr vor stehenden oder im Abbiegen befindlichen Hindernissen anhalten, es kommt zu Auffahrunfällen oder zu Kollisionen mit den stehenden oder kreuzenden Fahrzeugen.

Aus technischer Sicht kann allgemein postuliert werden, daß diese Situation eigentlich immer vorliegt, wenn ein Kurvenzug nicht überschaut werden kann und das Fahrzeug an die sogenannte Kurvengrenzgeschwindigkeit herangeführt wird. Wie die folgenden Überlegungen zeigen, liegt die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit höher als die vorhandene Sichtweite erlaubt. Bei dieser Fahrweise geht der Kraftfahrer also ständig davon aus, daß auch der nicht überschaubare Streckenabschnitt frei sein wird. In der Regel ist dies auch der Fall, in besonderen Fällen kann jedoch die Fahrbahn durch haltende oder kreuzende Fahrzeuge versperrt sein, und es kommt dann häufig zu Unfällen. Um die grundsätzlichen Zusammenhänge zu verdeutlichen, wird auf die nachfolgend dargestellte Standardsituation eingegangen:

Bild 1 zeigt – losgelöst von diesem Einzelfall – die grundsätzlichen Zusammenhänge beim Durchfahren einer unübersichtlichen Kurve. Der Kraftfahrer befindet sich in diesem Beispiel auf dem kurvenäußeren Fahrstreifen. Durch eine ansteigende Böschung und durch Büsche ist an der Kurveninnenseite eine Sichtkante vorhanden. Diese Sichtkante befindet sich in einem Abstand Δb zur tatsächlichen Fahrlinie des Kraftfahrers. Der Kraftfahrer bewegt sich durch die Kurve auf dem Radius R_A . Mit diesen geometrischen Angaben läßt sich die Sichtweite I_s aus dem Kurvenradius und dem Abstand in Querrichtung Δb bestimmen.

$$I_s = \pi \cdot R_A \cdot \frac{\alpha}{90}$$

mit

$$\cos \alpha = \frac{R_A - \Delta b}{R_A}$$

*Dipl.-Ing. Michael Weber, c/o Ing.-Büro Schimmelpfennig + Becke, Postfach 47 02 53, 48076 Münster

Ein Kraftfahrer, der unter diesen Bedingungen einen unübersichtlichen Kurvenzug durchfahren will, wird durch zwei Einflußgrößen in der maximalen Geschwindigkeit begrenzt:

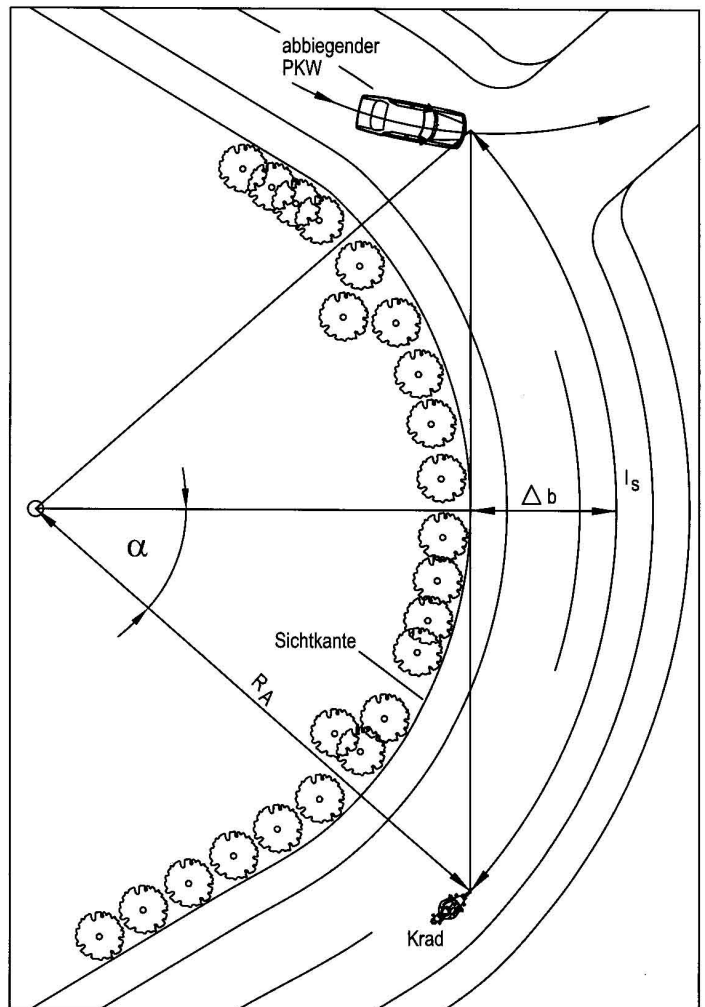


Bild 1 Grundsätzliche Zusammenhänge bei dem Durchfahren unübersichtlicher Kurven



Abbildung 1 b Beispielfoto für unübersichtliche Kurve

1. Tatsächlich wirkende Querbeschleunigung

Die Fahrgeschwindigkeit steigt bei gegebenem Kurvenradius und der wirkenden Querbeschleunigung nach dem folgenden Zusammenhang an:

$$v^2 = R \cdot a_{\text{quer}}$$

In dieser Gleichung geht also die Geschwindigkeit quadratisch ein. Dies bedeutet, daß der Fahrer mit zunehmender Geschwindigkeit schnell in den physikalischen Grenzbereich gerät. Er ist von der individuellen Fahrerfahrung und der Risikobereitschaft abhängig. Bei Motorrädern sind Neigungswinkel von 30 bis 40° durchaus vorstellbar und werden von sportlich ambitionierten Fahrern auch realisiert. Sie führen auf wirkende Querbeschleunigungen von 6 bis 8 m/s². Demzufolge ist bei einer sportlichen Fahrweise eines Motorrads, die an der Querbeschleunigung orientiert ist, von einem Wertebereich zwischen 6 und 8 m/s² auszugehen. Bei Pkw liegen bei sportlicher Fahrweise Werte in einer Größenordnung von 4 bis 6 m/s² vor.

2. Einhaltung der Sichtfahrgeschwindigkeit

Nach der Straßenverkehrsordnung darf immer nur so schnell gefahren werden, daß ein Fahrzeug innerhalb der überschaubaren Strecke angehalten werden kann. Bei einer sehr engen Fahrbahn muß das Fahrzeug sogar auf der halben Sichtstrecke zum Stillstand gebracht werden können. Diese Forderung bedeutet insbesondere bei Kurvenfahrt – daß ein Kraftfahrer bei Einhaltung des Sichtfahrgabotes nur mit Geschwindigkeiten fahren darf, bei denen er sein Fahrzeug noch kontrolliert zum Stillstand bringen kann. Unter Berücksichtigung einer beträchtlichen Querbeschleunigung bei der Kurvenfahrt ist hier maximal eine Bremsverzögerung von 5 m/s² zur Bestimmung der Sichtfahrgeschwindigkeit anzusetzen. Bei hoher Kurvengeschwindigkeit gerät man bereits in den Bereich der Stabilitätsgrenze, wenn der ohnehin wirkenden Querbeschleunigung noch eine Bremsung überlagert wird.

Die Sichtfahrgeschwindigkeit kann analog zur Kurvengrenzgeschwindigkeit aus der Querbeschleunigung abgeleitet werden. Als zusätzliche Parameter fließen hierin noch die Reaktionsdauer (üblicherweise 1 s) und der bereits angesprochene Abstand in Querrichtung zur Sichtkante Δb ein.

$$l_s = t_R \cdot v + \frac{v^2}{2 \cdot a}$$

Damit ergibt sich eine quadratische Gleichung für die Sichtfahrgeschwindigkeit:

$$t_R \cdot v + \frac{v^2}{2 \cdot a} = \pi \cdot R_A \cdot \frac{\arccos \frac{R_A - \Delta b}{R_A}}{90}$$

Nach Auflösung erhält man:

$$v_{1,2} = -a \cdot t_R \pm \sqrt{(a \cdot t_R)^2 + \frac{\pi \cdot R_A \cdot a \cdot \arccos \frac{R_A - \Delta b}{R_A}}{45}}$$

Unter diesen Voraussetzungen lassen sich sehr interessante grundsätzliche Zusammenhänge zu der Thematik Kurvengrenzgeschwindigkeit und Sichtfahrgeschwindigkeit ableiten, die sich anschaulich **Bild 2** bis **Bild 6** entnehmen lassen. Auf **Bild 2** sind zunächst die sich ergebenden Sichtfahrgeschwindigkeiten für den Kurvenradius aufgetragen ($\Delta b = 6$ m, $a_{\text{längs}} = 5$ m/s², $t_R = 0,1$ s).

Bei einem Kurvenradius von beispielsweise 100 m resultiert aus der fett eingetragenen Parabel eine Sichtfahrgeschwindigkeit von knapp 80 km/h. Zusätzlich sind die sich bei verschiedenen Querbeschleunigungen von 5, 6, 7 m/s² ergebenden Kurvengrenzgeschwindigkeiten eingetragen. Aus dem Diagramm kann entnommen werden, daß sie bei diesem Radius in jedem Fall höher liegen. Bei einer sportlichen Fahrweise (Querbeschleunigung größer 5 m/s²) innerhalb einer Kurve mit einem Radius von 100 m liegt also bereits eine Überschreitung der Sichtfahrgeschwindigkeit vor. Weiterhin kann dem Diagramm entnommen werden, daß mit steigendem Kurvenradius der Unterschied zwischen der Kurvengeschwindigkeit aus der Querbeschleunigung und der Sichtfahrgeschwindigkeit immer größer wird. Dies bedeutet, daß bei sportlicher Fahrweise innerhalb einer unübersichtlichen Kurve immer schneller gefahren wird als es die Sichtfahrgeschwindigkeit zulässt. Die sich hier-

aus ergebenden Konsequenzen können den **Bild 3** bis **Bild 5** entnommen werden. Für verschiedene Querbeschleunigungen von 5 m/s², 6 m/s² und 7 m/s² wurde berechnet, welche Kollisionsgeschwindigkeit sich einstellt, wenn sich am Ende der überschaubaren Strecke ein stehendes Hindernis, wie zum Beispiel ein haltendes Fahrzeug oder auch ein in einer Querbewegung befindliches langsames Fahrzeug befindet. Hierzu wurde folgende Formel verwendet:

$$v_K^2 = v_q^2 - 2 \cdot a_B (l_s - v_q \cdot t_R)$$

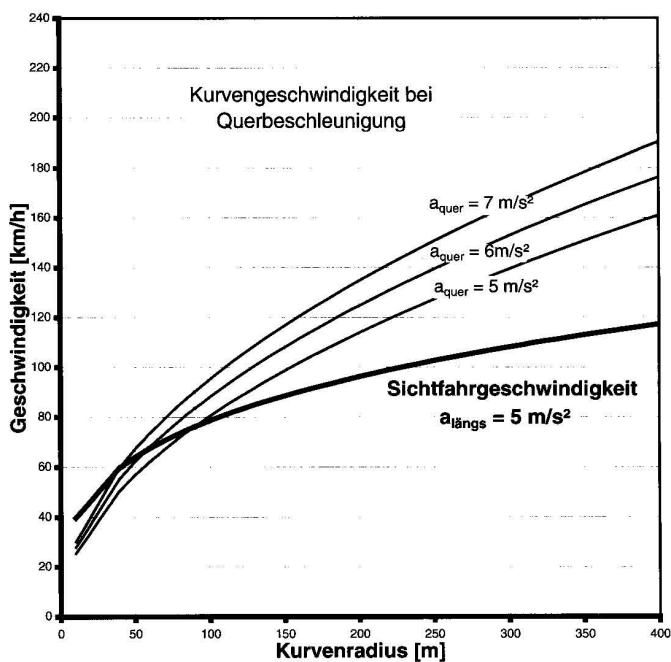


Bild 2

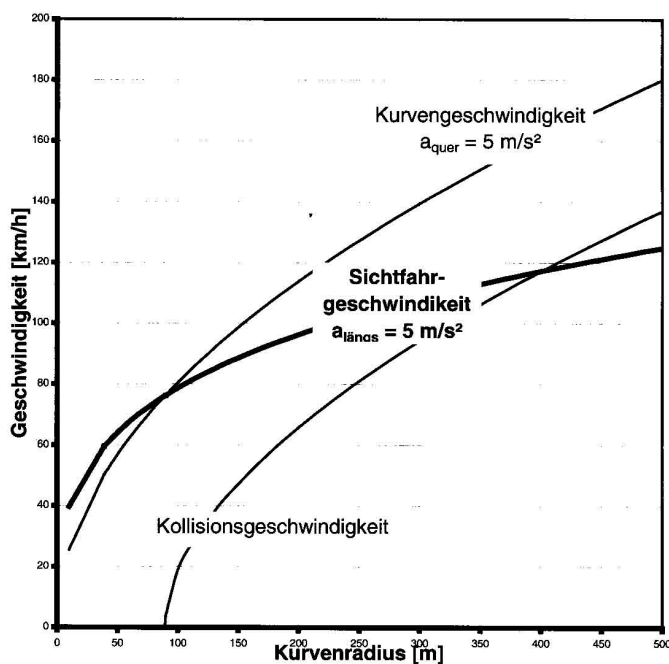


Bild 3

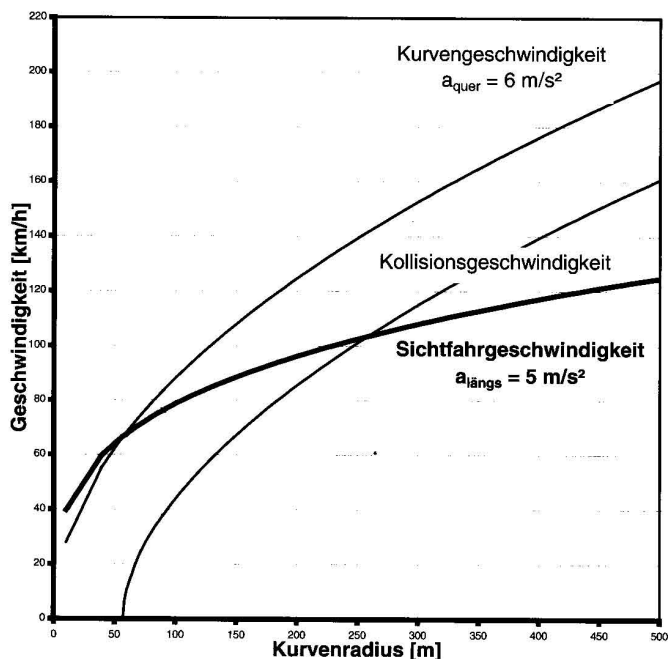


Bild 4

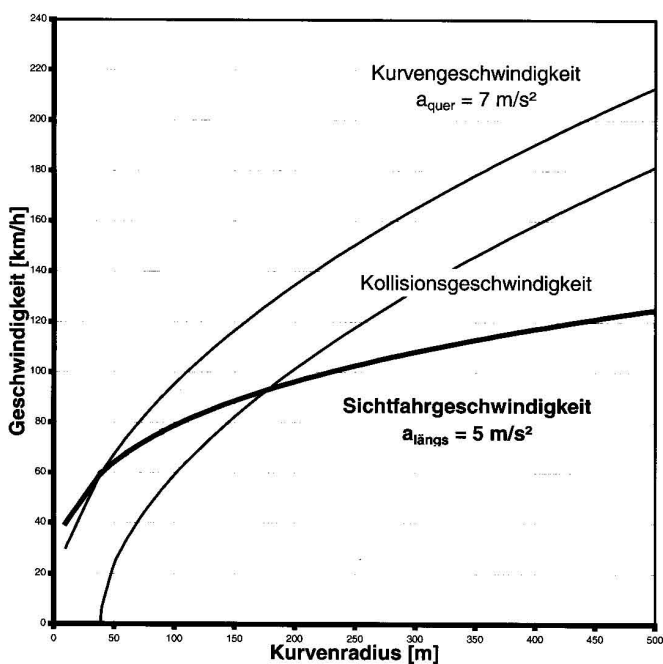


Bild 5

In dieser Formel bedeutet:

v_k = Kollisionsgeschwindigkeit

v_q = Kurvengeschwindigkeit

a_B = max. Bremsverzögerung in der Kurve (in der Beispielrechnung 6 m/s^2)

l_s = Sichtweite

t_R = Reaktionsdauer

Für das eben genannte Zahlenbeispiel mit einem Kurvenradius von 100 m ergibt sich bereits bei einer Querbewegung von 5 m/s^2 eine Kollisionsgeschwindigkeit von 20 km/h . Bei gleichem Kurvenradius steigt sie bei 6 m/s^2 auf gut 40 km/h an und liegt bei einer Querbewegung von 7 m/s^2 bereits bei 60 km/h .

In Bild 6 ist dieser Zusammenhang tabellarisch für eine Querbewegung von 6 m/s^2 , also für das Diagramm Bild 4 dargestellt. In der rechten Spalte ist auch die Zeitspanne t_A zwischen dem ersten Sichtkontakt und der späteren Kollision berechnet. Es ergibt sich, daß durchaus verhältnismäßig lange Zeiten zwischen dem ersten Sichtkontakt und der Kollision vergehen können. Sie liegen bei etwa 3 s . Demzufolge ist es beispielsweise bei einer Vorfahrtsverletzung nicht ungewöhnlich, daß ein Fahrzeug bereits sehr weit abgebogen sein kann, wenn das entgegenkommende Fahrzeug in Höhe der Abbiegestelle eintrifft.

Als allgemein gültige Erkenntnis läßt sich also aus diesen grundsätzlichen Zusammenhängen ableiten, daß bei sportlicher Fahrweise insbesondere in großradigen Kurven ein erhebliches Unfallpotential besteht, da es dabei zwingend zu einer starken Überschreitung der Sichtfahrgeschwindigkeit kommt. In dieser Situation hat ein abbiegender Kraftfahrer keine Chance, den Unfall zu vermeiden, sofern er nach dem Vertrauensgrundsatz darauf rechnen kann, daß die ihm in unübersichtlichen Kurven entgegenkommende Fahrzeuge sich etwa an das Sichtfahrgebot halten. Unter diesen Voraussetzungen liegt beim Abbiegen auch keine klassische Vorfahrtsverletzung vor, da die Straße bei Abbiegebeginn noch frei ist. Diese Unfälle würden sich grundsätzlich dann nicht ereignen, wenn sich der bevorrechtigte Fahrzeugführer an das Sichtfahrgebot halten würde.

Kurvenradius	Sichtfahrge- schwindigkeit	Sicht- weite	res. Restauf- prallgeschwin- digkeit bei 6 m/s^2	Kurvengrenz- geschwindig- keit bei 6 m/s^2	t_{Abwehr}
[m]	[km/h]	[m]	[km/h]	[km/h]	[s]
0	-	-	-	-	-
25	52	35,4	-	44	-
50	64	49,5	-	62	-
75	72	60,4	27	76	3,7
100	79	69,6	44	88	3,5
125	84	77,8	56	99	3,3
150	89	85,1	67	108	3,3
175	93	91,9	77	117	3,2
200	96	98,2	86	125	3,2
225	100	104,2	94	132	3,1
250	103	109,8	101	139	3,1
275	105	115,1	108	146	3,1
300	108	120,2	115	153	3,1
325	111	125,1	122	159	3,1
350	113	129,8	128	165	3,1
375	115	134,3	134	171	3,1
400	117	138,7	140	176	3,0

Bild 6