

Vorfahrt bei „rechts vor links“ und trotzdem zu schnell?

Von Annika Kortmann, Robert Dietrich *

Ohne spezielle Verkehrszeichen gilt im Allgemeinen an Straßenkreuzungen die Vorfahrtsregel „rechts vor links“. Nicht jedem ist dabei klar, dass selbst unter Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ein Rechts-vor-links-Achten aufgrund von Sichtbehinderungen im Kreuzungsbereich nicht uneingeschränkt möglich ist. Bisher war es erforderlich, durch ein zeichnerisches Verfahren die maximal mögliche Annäherungsgeschwindigkeit iterativ im Weg-Zeit-Diagramm zu ermitteln. War es notwendig, zum Beispiel unterschiedliche Annäherungsgeschwindigkeiten für den von rechts kommenden Verkehr zu untersuchen, so war dies mit einem großen zeitlichen Aufwand verbunden.

Anhand eines konkreten Fallbeispiels wird gezeigt, wie sich das sonst zeichnerische Verfahren mathematisch lösen lässt und wie sich Sichtbehinderungen auf die korrekte Annäherungsgeschwindigkeit an eine Kreuzung auswirken können.

1 Einleitung

Wer kennt sie nicht, die Vorfahrtsregel „rechts vor links“? Gemäß §8 StVO hat jeder an Kreuzungen und Einmündungen Vorfahrt, der von rechts kommt. Das Vorfahrtsrecht kann durch gesonderte Zeichen aufgehoben werden oder wenn es sich bei der von rechts einmündenden Straße um einen Feld- beziehungsweise Waldweg oder einen verkehrsberuhigten Bereich mit abgesenktem Bordstein handelt.

In einer konkreten Unfallsituation nahm eine Pkw-Fahrerin mit ihrem Seat dem aus ihrer Sicht von rechts herannahenden Mercedes die Vorfahrt, sodass es in der Kreuzungsmitte zur Kollision der beiden Fahrzeuge kam, **BILD 1**. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit betrug 30 km/h. Durch ein Unfallrekonstruktionsgutachten sollte nun unter anderem die Frage geklärt werden, ob der vorfahrtsberechtigten Mercedes selbst hätte Vorfahrt achten können.

Diese Fragestellung ergibt sich nicht nur, wenn das vorfahrtsberech-

tigte Fahrzeug die zulässige Höchstgeschwindigkeit an Ort und Stelle überschreitet. Durch Sichtbehinderungen im Kreuzungsbereich kann es dazu kommen, dass selbst bei Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit eine Kollision mit einem von rechts kommenden Fahrzeug nicht mehr vermieden werden kann.

2 Grundannahmen zum Vorfahrtachten

Um die Situation des „Rechts-vor-Links-Achtens“ auch unter Berücksichtigung einer möglichen Sichtbehinderung mathematisch lösen zu können, werden zunächst ein paar grundlegende Annahmen getroffen: Die Vorfahrt gilt als gewährt, wenn es dem von links kommenden Fahrzeug (F1) beim Erkennen eines von rechts kommenden Fahrzeugs (F2) möglich ist, mit einer Angleichsbremmung von nicht mehr als 4 m/s^2 an einer gedachten Haltelinie zum Stillstand zu kommen. Die Haltelinie, **BILD 2**, ergibt sich aus der gedachten Verlängerung des Straßenverlaufs der von rechts einmündenden Straße, sodass das von links kommende Fahrzeug nach der Bremsung mit der Front nicht in die Kreuzung hineintrifft.

Soll nun für den konkreten Fall die Höhe der maximal möglichen Annä-



BILD 1: Unfallablauf im Kreuzungsbereich
FIGURE 1: Accident sequence in the intersection area

herungsgeschwindigkeit v_{max} des im Unfallgeschehen vorfahrtsberechtigten Fahrzeugs geprüft werden, sodass es selbst „rechts vor links“ achten kann, dann wird die konstante Annäherungsgeschwindigkeit eines fiktiven, von rechts kommenden Fahrzeugs mit der maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeit vor Ort gleichgesetzt, GLEICHUNG 1. Der frühestmöglich-

liche Reaktionszeitpunkt auf das von rechts kommende Fahrzeug wird durch die Möglichkeit des ersten Augenkontaktes zwischen beiden Fahrzeugführern festgelegt. Somit ist gewährleistet, dass der Fahrzeugführer das von rechts kommende Fahrzeug als solches erkannt hat und die Reaktion zum Vorfahrtachten erfolgen kann.

$$v_{F2} = v_z \quad \text{Gl. (1)}$$

BILD 2: Gedachte Haltelinie im Kreuzungsbereich, Augenkontakt zur Festlegung des frühestmöglichen Reaktionspunktes
FIGURE 2: Imaginary stop line in the intersection area; eye contact to determine the earliest possible reaction point

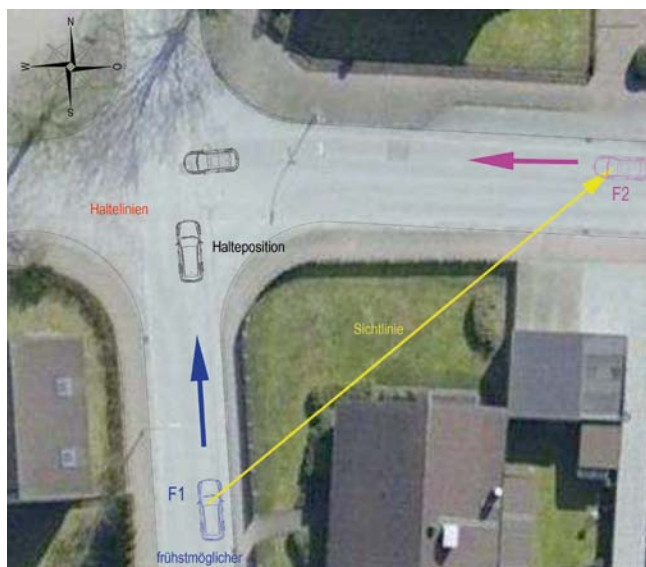


BILD 3: Koordinatensystem zur mathematischen Beschreibung der Fahrvorgänge zum Beispiel der Sichtbehinderung (x_H/y_H)
FIGURE 3: System of coordinates for the mathematical description of driving processes, for example with obstructed visibility (x_H/y_H)



3 Das Vorgehen

Über das Luftbild der Unfallörtlichkeit wird ein Koordinatensystem gelegt, dessen Ursprung sich im Frontmittelpunkt des von rechts kommenden Fahrzeugs zum gedachten Kollisionszeitpunkt befindet. Die Skala des Koordinatensystems ist in Metern angegeben und entspricht dem Maßstab des Luftbildes. Das Luftbild wird dabei derart um den Stoßpunkt der Fahrzeuge gedreht, dass die Fahrlinie des von links kommenden Fahrzeugs (F1) mit der y-Achse des Koordinatensystems übereinstimmt, BILD 3.

Durch diese Einteilung lässt sich der äußerste Punkt der Sichtbehinderung (gelbes Kreuz in Bild 3) in den Koordinaten (x_H/y_H) ausdrücken. Für dieses Vorgehen ist keine rechtwinklige Kreuzung nötig. Der Winkel zwischen der y-Achse des Koordinatensystems und der Fahrlinie von F2 wird mit α angegeben und kann aus dem Luftbild abgelesen werden. Der Abstand d der Haltelinie vom gedachten Kollisionspunkt lässt sich ebenfalls einfach aus dem Luftbild bestimmen. Da die Fahrlinie von F1 der y-Achse des Koordinatensystems entspricht, wird die x-Koordinate gleich null gesetzt.

Durch das Vorgehen, das Luftbild in Koordinaten zu unterteilen, lässt sich nun ein mathematischer Zusammenhang zwischen den beiden Fahrlinien der Fahrzeuge finden, wobei als gemeinsame Anknüpfungspunkte die gegenseitige Sicht in Bezug auf die Sichtbehinderung und die Annäherungsgeschwindigkeit von F1 gewählt wird.

4 Der mathematische Zusammenhang

Der Abstand von F1 zum Kollisionspunkt s_{F1} bei Erkennen des vorfahrtsberechtigten Fahrzeugs F2 setzt sich aus dem Reaktionsweg s_R , dem Bremsweg s_B , dem fahrzeugabhängigen Abstand zwischen Fahrzeugfront und Sitzposition $s_{S_{F1}}$, der halben Fahrzeugbreite von F2 b_{F2} und dem Abstand

der Haltelinie d zum Kollisionspunkt zusammen, **BILD 4**.

Somit ist der Abstand von F1 zum gedachten Kollisionspunkt nur noch von der Annäherungsgeschwindigkeit v_{F1} anhängig, **GLEICHUNG 2**.

Die Verzögerung der Angleichsbremmung a , die Reaktionszeit t_r sowie d , b_{F2} und s_s sind feste Größen, die entweder durch Grundannahmen wie üblicherweise 1 s für die Reaktionszeit festgelegt wurden oder sich aus dem Luftbild entnehmen lassen.

Der Abstand von F2 zum Kollisionspunkt s_{F2} ist demnach nur von der Annäherungsgeschwindigkeit des von links kommenden Fahrzeugs v_{F1} abhängig, **GLEICHUNG 3**. Die Werte für die zulässige Höchstgeschwindigkeit v_z , die Reaktionszeit t_r und den Abstand zwischen Fahrzeugfront und Sitzposition s_{sF2} wurden schon zuvor festgelegt oder sind konstruktionsbedingt.

Die Fahrlinie von F2 zum Kollisionspunkt lässt sich vereinfacht durch eine Gerade zwischen Koordinatenursprung und Fahrzeugposition (x_{F2}/y_{F2}) darstellen, **GLEICHUNG 4** und **GLEICHUNG 5**.

Die Sitzpositionen der Fahrer von F1 und F2 sind in Abhängigkeit der Annäherungsgeschwindigkeit des von links kommenden Fahrzeugs in der Örtlichkeit in Bezug auf das aufgespannte Koordinatensystem bekannt.

Die Sichtlinie zwischen beiden Fahrzeugführern lässt sich als Geradengleichung aus den Sitzpositionen beschreiben, **GLEICHUNG 6**.

5 Angepasste Annäherungsgeschwindigkeit

Ob die gewählte Annäherungsgeschwindigkeit des von links kommenden Fahrzeugs der Örtlichkeit entsprechend ist, kann nun anhand einer Fallunterscheidung beantwortet werden, **BILD 5**.

5.1 Fall 1 (Funktion siehe Kasten)

Die Sichtlinie verläuft durch das Hindernis (rote Fahrzeugpositionen). Zum Reaktionszeitpunkt kann der Fahrzeugführer des von links kom-

BILD 4:
Bemaßungen
FIGURE 4:
Dimensioning



$$s_{F1} = v_{F1} \cdot t_R + \frac{v_{F1}^2}{2a} + d + s_{sF1} - b_{F2} \quad \text{Gl. (2)}$$

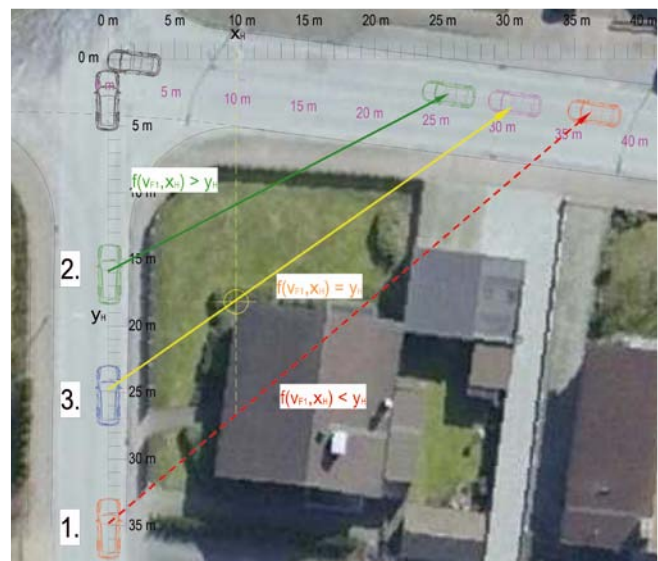
$$s_{F2} = v_z \cdot \left(t_r + \frac{v_{F1}}{a} \right) + s_{sF2} \quad \text{Gl. (3)}$$

$$x_{F2} = \sin(\alpha) \cdot \left[v_z \cdot \left(t_r + \frac{v_{F1}}{a} \right) + s_{sF2} \right] \quad \text{Gl. (4)}$$

$$y_{F2} = \cos(\alpha) \cdot \left[v_z \cdot \left(t_r + \frac{v_{F1}}{a} \right) + s_{sF2} \right] \quad \text{Gl. (5)}$$

$$f(v_{F1}, x) = \frac{y_{F2}(v_{F1}) - s_{F1}(v_{F1})}{x_{F2}(v_{F1})} \cdot x + s_{F1}(v_{F1}) \quad \text{Gl. (6)}$$

BILD 5: Fallunterscheidung
FIGURE 5: Case distinction



menden Fahrzeugs das von rechts kommende Fahrzeug nicht sehen. Die Annäherungsgeschwindigkeit an die Kreuzung ist zu hoch, um Vorfahrt achten zu können.

5.2 Fall 2 (Funktion siehe Kasten)

Die Sichtlinie verläuft oberhalb der Sichtbehinderung (grüne Fahrzeugpositionen). Das von rechts kommende Fahrzeug kann frühzeitig erkannt werden. Die Annäherungsgeschwindigkeit liegt unterhalb der maximalen Annäherungsgeschwindigkeit v_{max} .

5.3 Fall 3 (Funktion siehe Kasten)

Die Sichtlinie verläuft genau auf Höhe des äußersten Punktes der Sichtbehinderung (blau / magenta Fahrzeugpositionen). Die Annäherungsgeschwindigkeit entspricht der maximal möglichen Annäherungsgeschwindigkeit, um „rechts vor links“ achten zu können.

6 Konkrete Unfallsituation

Entwickelt man einen Algorithmus, der die Annäherungsgeschwindigkeit v_{F1} variiert, sodass $f(v_{F1}, x_H) = y_H$ entspricht, so ergibt sich für den vorfahrtberechtigten Mercedes eine maximale Annäherungsgeschwindigkeit von 35 km/h, um selbst Vorfahrt achten zu können (blaue Fahrzeugpositionen in BILD 6).

Da die maximale Annäherungsgeschwindigkeit die zulässige Höchstgeschwindigkeit an Ort und Stelle überschreitet, ist es für den Mercedes möglich, sich mit der maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeit dem Kreuzungsbereich zu nähern und Vorfahrt gewähren zu können (grüne Fahrzeugpositionen in Bild 6).

Für den von links kommenden Seat ist das Achten von „rechts vor links“ bei Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nicht möglich (orangene Fahrzeugpositionen in BILD 7). Wendet man das zuvor beschriebene Verfahren zur Bestimmung der maximal möglichen Annäherungsgeschwindigkeit an, so ergibt sich aufgrund der weit vorgezogenen Sicht-

behinderung (gelbes Kreuz in Bild 7) eine maximal mögliche Geschwindigkeit von 23,7 km/h, sodass der Seat dem von rechts kommenden Mercedes noch Vorfahrt gewähren kann (rot/blaue Fahrzeugpositionen in Bild 7).

7 Variable Verwendung des Algorithmus

Für die konkrete Ermittlung einer maximalen Annäherungsgeschwindigkeit, um „rechts vor links“ achten zu können, wurden Parameter wie die

$f(v_{F1}, x_H) < y_H$	\rightarrow	$v_{F1} > v_{max}$	Fall 1
$f(v_{F1}, x_H) > y_H$	\rightarrow	$v_{F1} < v_{max}$	Fall 2
$f(v_{F1}, x_H) = y_H$	\rightarrow	$v_{F1} = v_{max}$	Fall 3

BILD 6: Der Mercedes kann die Vorfahrt gewähren
FIGURE 6: The Mercedes can give right of way



BILD 7: Der Seat kann die Vorfahrt unter Beibehaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nicht gewähren
FIGURE 7: The Seat cannot give right of way although still complying with the speed limit



Reaktionszeit, die Verzögerung oder die konstante Annäherungsgeschwindigkeit des von rechts kommenden Fahrzeugs durch die gemachten Grundannahmen mit bestimmten Werten belegt.

Da die Formel Gleichung 6 für die Sichtlinie zwischen beiden Fahrzeugen diese Variablen indirekt enthält, können die Werte dieser Variablen frei gewählt und geändert werden. Durch den entwickelten Algorithmus lässt sich die daraus resultierende maximal mögliche Annäherungsgeschwindigkeit direkt ablesen, ohne immer wieder von Neuem eine zeitaufwendige zeichnerische iterative Lösung zu erarbeiten.

Der mathematische Zusammenhang zwischen den beiden Fahrzeugen lässt sich durch die Wahl der Parameter jederzeit an die gegebene Situation anpassen. So kann unter anderem eine Sichtbetrachtung bei Dunkelheit, bei der die Reaktionszeit üblicherweise 1,5 s beträgt, berücksichtigt werden, oder eine regennasse Fahrbahn, durch die der Wert für die Angleichsbremung herabgesetzt wird. Auch die Geschwindigkeit des von rechts kommenden Fahrzeugs lässt sich beliebig wählen.

8 Zusammenfassung

Aufgrund von möglichen Sichtbehinderungen im Kreuzungsbereich ist ein Rechts-vor-links-Achten bei Annähe-

rung unter der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nicht zwangsläufig möglich.

Bislang war es nur möglich, dieses Problem iterativ zeichnerisch zu lösen, was mit einem großen zeitlichen Aufwand verbunden war. Zudem konnten einzelne Parameter, wie zum Beispiel die Reaktionszeit oder die Annäherungsgeschwindigkeit des von rechts kommenden Fahrzeugs nicht einfach verändert werden, sodass sich die zeichnerische Lösung automatisch daraus ergab. Durch Erarbeitung eines mathematischen Zusammenhangs zwischen den Fahrlinien der Fahrzeuge und der geschickten Nutzung des Luftbildes der Örtlichkeit ist dies nun möglich.

Die Sichtlinie zwischen den beiden Fahrzeugen zum erforderlichen Reaktionszeitpunkt des von links kommenden Fahrzeugs lässt sich nach geschickter Wahl der Luftbildorientierung und der Einführung eines Koordinatensystems in den gedachten Kollisionspunkt in Abhängigkeit von der Annäherungsgeschwindigkeit des von links kommenden Fahrzeugs beschreiben.

So zeigt sich mathematisch, wie schnell sich das von links kommende Fahrzeug der Kreuzung maximal nähern darf, um noch Vorfahrt gewähren zu können und ob diese maximal mögliche Annäherungsgeschwindigkeit gleich oder größer der zulässigen Hochgeschwindigkeit vor Ort ist.

Durch Variation der zuvor festgelegten Parameter lässt sich der Algorithmus für konkrete Situationen, wie zum Beispiel Dunkelheit, Fahrbahnbeschaffenheit oder Witterung, individuell anpassen.

Right of way due to "priority to the right" but still too fast?

At road intersections that are not controlled by a specific priority sign, the "priority to the right" rule generally applies in Germany. However, not everyone realises that observing the "priority to the right" rule is not always possible due to obstructed visibility in the intersection area, even if the driver is complying with the speed limit. Until now, it has been necessary to determine the maximum possible approach velocity iteratively in a time-distance graph using a graphical method. If, for example, different approach velocities for the traffic coming from the right needed to be examined, this was extremely time-consuming.

On the basis of a concrete case example, this report shows how the graphical process can be solved mathematically and how obstacles to visibility can have an effect on the correct approach velocity at an intersection.

*** Autoren**

Dipl.-Phys. Annika Kortmann ist Sachverständige für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig und Becke in Münster.

Dipl.-Ing. Robert Dietrich ist Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig und Becke in Münster. ::