

Manfred Becke\*

## Darstellungsmöglichkeiten

### zur Verdeutlichung des Einflusses

### verschieden hoher Reaktionsdauern

Vortrag gehalten anlässlich des 17. gemeinschaftlichen AFO/GUVU-Seminars im Oktober 1979 in der Universität zu Köln

#### 1. Einleitung

Wenn der Einfluß der Reaktionsdauer dargestellt werden soll, so ist es erforderlich, vorher genau zu definieren, was unter der Reaktionsdauer zu verstehen ist.

Entsprechend eines Entwurfes einer einheitlichen, fachübergreifenden Nomenklatur für das Reaktionsverhalten des Systems Fahrer/Fahrzeug von Prof. Dr. K. Engels wird im folgenden unter der Reaktionsdauer der Zeitabschnitt vom Gefahren Eintritt bis zum Beginn der Vollbremsverzögerung (ungefähr entsprechend dem Spurbeginn auf trockener Straße) verstanden.

Somit ist mit der Reaktionsdauer eine Reaktion des Systems Fahrer + Fahrzeug gemeint. Enthalten ist die Reaktionsdauer des Fahrers sowie die Ansprechdauer und die Schwelldauer der Bremsanlage. Aussagen über die Höhe der zu berücksichtigenden Systemreaktionsdauer in Abhängigkeit von der Situation sind nicht Gegenstand der Abhandlung. Vielmehr sollen Darstellungsmöglichkeiten vorgestellt werden, mit deren Hilfe es möglich ist, den Einfluß verschieden hoher Reaktionsdauern zu verdeutlichen.

#### 2. Idealisierter Anhaltevorgang

Mit dem Gefahren Eintritt bzw. dem Signal für Gefahr beginnt die System-Reaktionsdauer. Sie reicht bis zum Ende der Schwelldauer, in der eine lineare Annäherung des Schwellvorganges vorgenommen wird. Am Ende der System-Reaktionsdauer beginnt die Vollbremsdauer, die hier so definiert ist, daß an ihrem Anfang die Spurzeichnung bei einer Vollbremsung auf trockener Fahrbahn vorliegt. Die Verzögerung der Vollbremsdauer wird als konstant angesetzt.

#### 3. Einfluß der Reaktionsdauer

Betrachtet man das reale Unfallgeschehen, so ist leicht einzusehen, daß verschieden hohe Reaktionsdauern bei gleicher Ausgangssituation große Auswirkungen haben können, da der Beginn der Abwehrhandlung mehr oder minder spät einsetzt.

Ist es zum Unfall gekommen, so soll häufig das Unfallgeschehen rekonstruiert werden, wobei die Reaktionsdauer eine Rolle spielt. Dieses bedeutet, daß die Beurteilung des Unfallgeschehens im Rahmen einer Rekonstruktion dem Einfluß verschieden hoher Reaktionsdauern ausgesetzt ist.

\*Dipl.-Ing. Manfred Becke, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle  
Ingenieurbüro Schimmelpfennig-Becke  
Im Bilskamp 2 F, 4400 Münster-Wolbeck



Bild 1

Es stellt sich die Frage, wie groß der Einfluß der Reaktionsdauer auf das reale Unfallgeschehen bei gleicher Ausgangssituation ist und wovon das Maß des Einflusses bei der Rekonstruktion abhängt.

#### 3.1 Einfluß der verschieden hohen Reaktionsdauern auf das reale Unfallgeschehen

Der Einfluß auf das reale Unfallgeschehen wird anhand einer alltäglichen Verkehrssituation gezeigt.

Ein Fahrzeug nähert sich in einer Wohngegend einer Grundstücksausfahrt mit einer konstanten Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h. Der Fahrzeugführer fährt ordnungsgemäß auf der rechten Fahrbahnhälfte. Links und rechts der Einfahrt liegen Sichtbehinderungen vor, die es dem Fahrzeugführer nicht gestatten, weit in die Hauszufahrten hineinzuschauen. Plötzlich erkennt er ein in das Sichtfeld hineinlaufendes Kind, das die Straße überqueren will und nicht auf den Verkehr achtet. Die in Bild Nr. 1 dargestellte Situation kann als Gefahren Eintritt bzw. als Signal für Gefahr gewertet werden. Zu diesem Zeitpunkt soll die Reaktionsdauer beginnen. Das Fahrzeug befindet sich hier zu diesem Zeitpunkt 28 m vor der Übergangsstelle des kleinen Jungen.

Setzt man voraus, daß der Fahrzeugführer eine Vollbremsung einleiten wird, so ergibt sich je nach Höhe der Reaktionsdauer ein Vollbremsbeginn mehr oder weniger weit von der Überquerungsstelle entfernt.

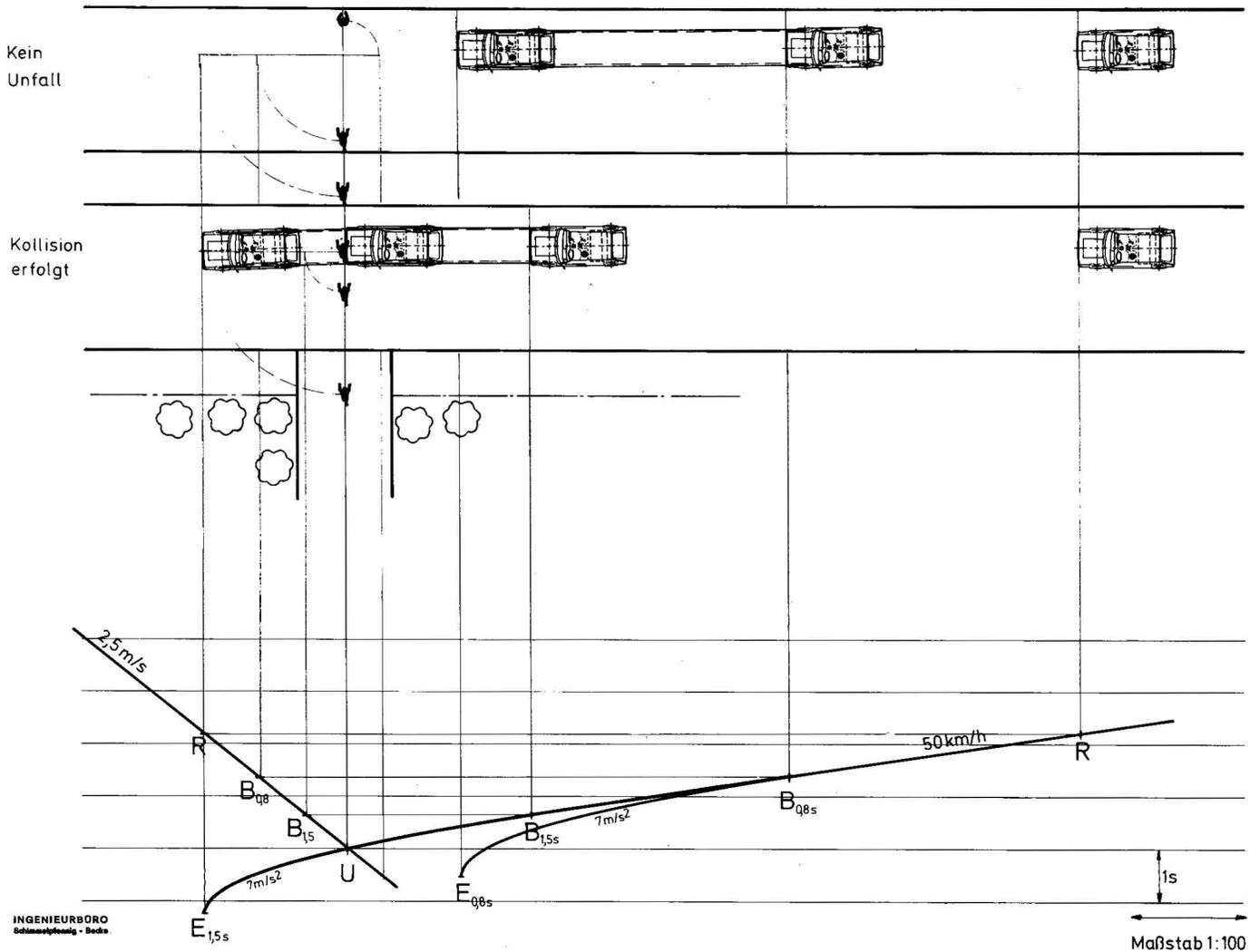
##### 3.1.1 Zeit-Weg-Diagramm

In der Unfallrekonstruktion hat es sich eingebürgert, ein sogenanntes Zeit-Weg-Diagramm zu erstellen. In der Regel wird unterhalb oder oberhalb einer maßstäblichen Skizze ein entsprechendes Diagramm erstellt, siehe Bild Nr. 2.

In einem derartigen Diagramm ist es möglich, zeit- und wegmäßige Bewegungsvorgänge darzustellen und Bewegungsvorgänge verschiedener Verkehrsteilnehmer sowohl zeitlich als auch wegmäßig zuzuordnen.

Im vorliegenden Fall wurde das Diagramm derart gestaltet, daß die Wegachse der darüberliegenden maßstäblichen Skizze entspricht. Die Bewegungsrichtung des Pkw liegt exakt in dieser Wegachse, während die Bewegungsrichtung des laufenden Jungen senkrecht hierzu liegt. Um diese Bewegungen in dem Zeit-Weg-Diagramm darstellen zu können, denkt man sich die Bewegungsrichtung um 90° derart geklappt, daß der Junge dem Auto entgegenläuft. Die Zeitachse ist nach unten gerichtet positiv. Das Blatt ist mit Hilfslinien in Sekundenabständen unterteilt.

Ausgehend von einer Fahrzeugstellung 28 m vor der Überquerungsstelle des Jungen wird eine konstante Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h angetragen. Eine konstante Fahrgeschwindigkeit äußert



sich im Zeit-Weg-Diagramm als Gerade, da pro betrachtetem Zeitabschnitt gleiche Wege zurückgelegt werden.

Beim Beginn der Vollbremsdauer, also nach der Systemreaktionsdauer, ist die Ausgangsgeschwindigkeit schon durch die ansteigende Verzögerung in der Bremschwelldauer etwas verringert. Ausgehend von einer Vollbremsverzögerung von  $7 \text{ m/s}^2$ , einer Bremschwelldauer von  $0,2 \text{ s}$  und einer System-Reaktionsdauer von  $0,8 \text{ s}$  ergibt sich eine Endstellung des Pkw ca. eine Wagenlänge vor der Überquerstelle. Geht man von einer Reaktionsdauer von  $1,5 \text{ s}$  aus, so kann das Fahrzeug erst ca.  $5,5 \text{ m}$  hinter der Passierstelle zum Stillstand gebracht werden. Hierbei wurde ein Geschwindigkeitsverlust durch eine evtl. Kollision mit einem 5-jährigen Jungen unberücksichtigt gelassen.

Legt man eine Laufgeschwindigkeit eines 5-jährigen Jungen von  $2,5 \text{ m/s}$  zugrunde, so legt der Junge in dem Zeitraum vom Reaktionsbeginn, bei einer Reaktionsdauer von  $1,5 \text{ s}$  bis zum Passieren der Unfallstelle einen so großen Weg zurück, daß er gerade vor den Pkw gelangte.

Die Position des Kindes in bezug auf den Pkw hängt demnach einerseits von dem Zeitraum vom Reaktionsbeginn bis zum Passieren der Unfallstelle und andererseits von dem in dieser Zeit zurückgelegten Weg des Kindes ab.

Oberhalb des Zeit-Weg-Diagrammes stellen zwei übereinander liegende Skizzen die Situation dar. Durch die skizzenhafte Darstellung wird deutlich, daß bei gleicher Ausgangsgeschwindigkeit und gleicher Ausgangssituation das eine Fahrzeug noch weit vor dem Kind zum Stillstand gelangt, wenn eine geringe Reaktionsdauer zugrundegelegt wird. Ist die Reaktionsdauer hingegen lang, so kommt es zur Kollision.

### 3.1.2 Situationsnachbildung durch Fotoserien und mit Modellen

Dieser Sachverhalt kann auch durch Fotoserien einer Situations-

nachbildung dargestellt werden, siehe Bilder Nr. 3 und Nr. 4. Deutlich wird hier auch der sehr viel später einsetzende Vollbremsvorgang.

Die Situationsnachbildung in Fotos oder im Film bietet den Vorteil der äußerst bildlichen Darstellung. Es kann ein besserer Eindruck der Situation wiedergegeben werden als in einer Zeichnung. Es ist jedoch erforderlich, den zeit- und wegmäßigen Zusammenhang zunächst rechnerisch zu ermitteln. Die Fotos geben dann lediglich die ermittelten Situationen wieder.

Mit Hilfe von Modellen können die gefundenen Ergebnisse mit weniger Aufwand als direkt an der Unfallstelle dargestellt werden. Es ergibt sich eine plastischere Wirkung als in der Zeichnung, hingegen kann die Situation, z.B. aus der Sicht des Fahrzeugführers nicht in dem Maße eingefangen werden. Jedoch wird auch hier bildlich vor Augen geführt, wie der Einfluß einer verschiedenen hohen Reaktionsdauer bei gleicher Ausgangssituation sein kann, siehe Bild Nr. 5.

Bild 2

Bild 3  
Situationsnachbildung



System-Reaktionsdauer 0,8 s

Reaktionsbeginn

System-Reaktionsdauer 1,5 s



Vollbremsbeginn



Pkw-Stillstand



Kollision

Bild 4  
Situationsnachbildung



System-Reaktionsdauer 0,8 s

Reaktionsbeginn

System-Reaktionsdauer 1,5 s



Vollbremsbeginn

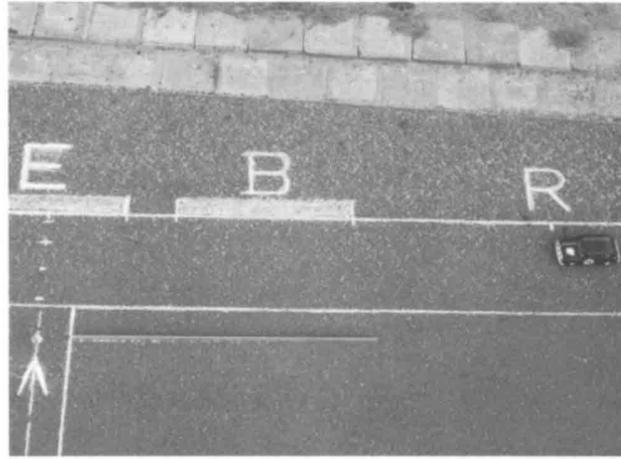


Pkw-Stillstand



Kollision

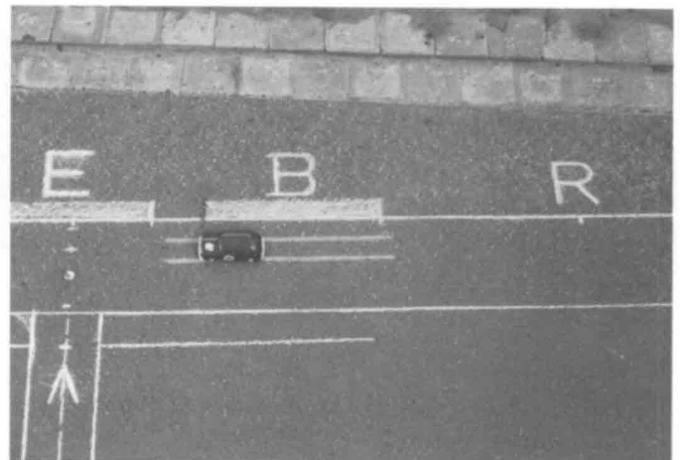
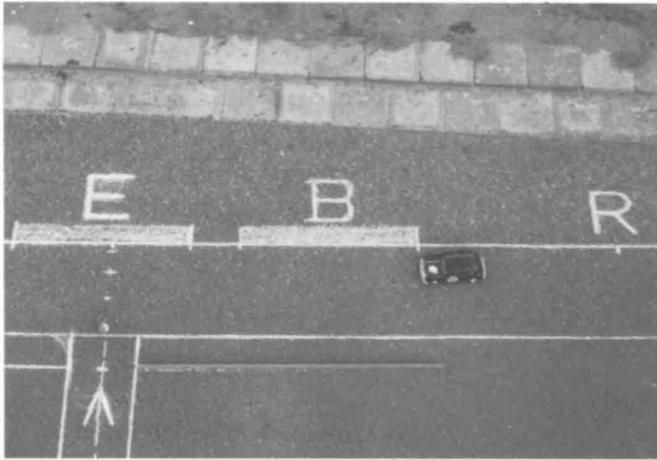
Bild 5  
Modelldarstellung



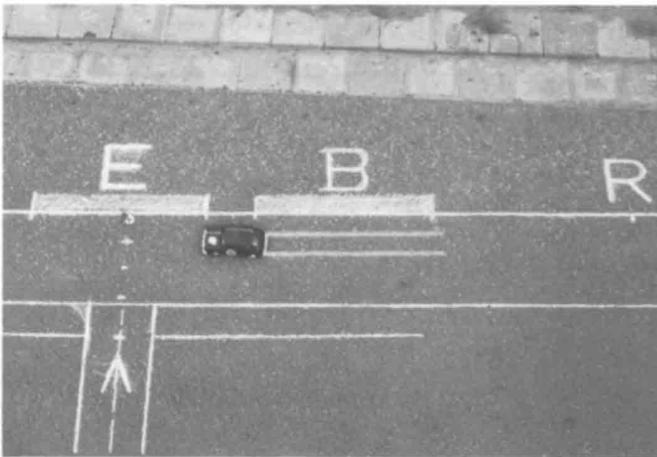
System-Reaktionsdauer 0,8 s

Reaktionsbeginn

System-Reaktionsdauer 1,5 s



Vollbremsbeginn



Pkw-Stillstand

Kollision

### 3.2 Einfluß auf die Rekonstruktion eines Unfallgeschehens

Im Zusammenhang mit dem Auftrag, eine Rekonstruktion eines Unfallgeschehens durchzuführen, ist es häufig nötig, den erforderlichen Anhalteweg aus einer vorgegebenen Ausgangsgeschwindigkeit zu bestimmen. Er ist in erster Linie von der Ausgangsgeschwindigkeit, von der mittleren Vollbremsverzögerung und von der System-Reaktionsdauer abhängig. In zweiter Linie spielt die Bremsschwelldauer eine Rolle. Den großen Einfluß der Ausgangsgeschwindigkeit auf den erforderlichen Anhalteweg bei konstanter Reaktionsdauer zeigt das Bild Nr. 6. Weiterhin wird jedoch auch erkennbar, daß die Länge des Anhalteweges bei hohen Ausgangsgeschwindigkeiten empfindlicher von der Höhe der Reaktionsdauer abhängt als bei niedrigen Ausgangsgeschwindigkeiten. Bei der Anhaltedauer ist dieser Effekt nicht vorhanden.

### 3.2.1 Einfluß der Bremsschwelldauer

Das Bild Nr. 7 zeigt den Einfluß der Bremsschwelldauer im Bereich zwischen 0 und 0,5 s. Für eine Bremsschwelldauer von 0 und 0,2 s wurden die Unterschiede im Ergebnis bezüglich des erforderlichen Anhalteweges und der erforderlichen Anhaltedauer eingetragen. Es wird deutlich, daß entsprechend der Abhängigkeit in Bild Nr. 6 bei höheren Ausgangsgeschwindigkeiten ein größerer Einfluß bei einer verschiedenen hohen Bremsschwelldauer in bezug auf den Anhalteweg zu verzeichnen ist, während dieses bei der Anhaltedauer unabhängig von der Ausgangsgeschwindigkeit gleich bleibt. Anhand dieser Diagramme wird jedoch auch deutlich, daß es müßig ist, über die Höhe der Bremsschwelldauer zu streiten, wenn die System-Reaktionsdauer nicht in engen Grenzen bekannt ist, da hier sehr viel größere Einflußmöglichkeiten vorliegen.

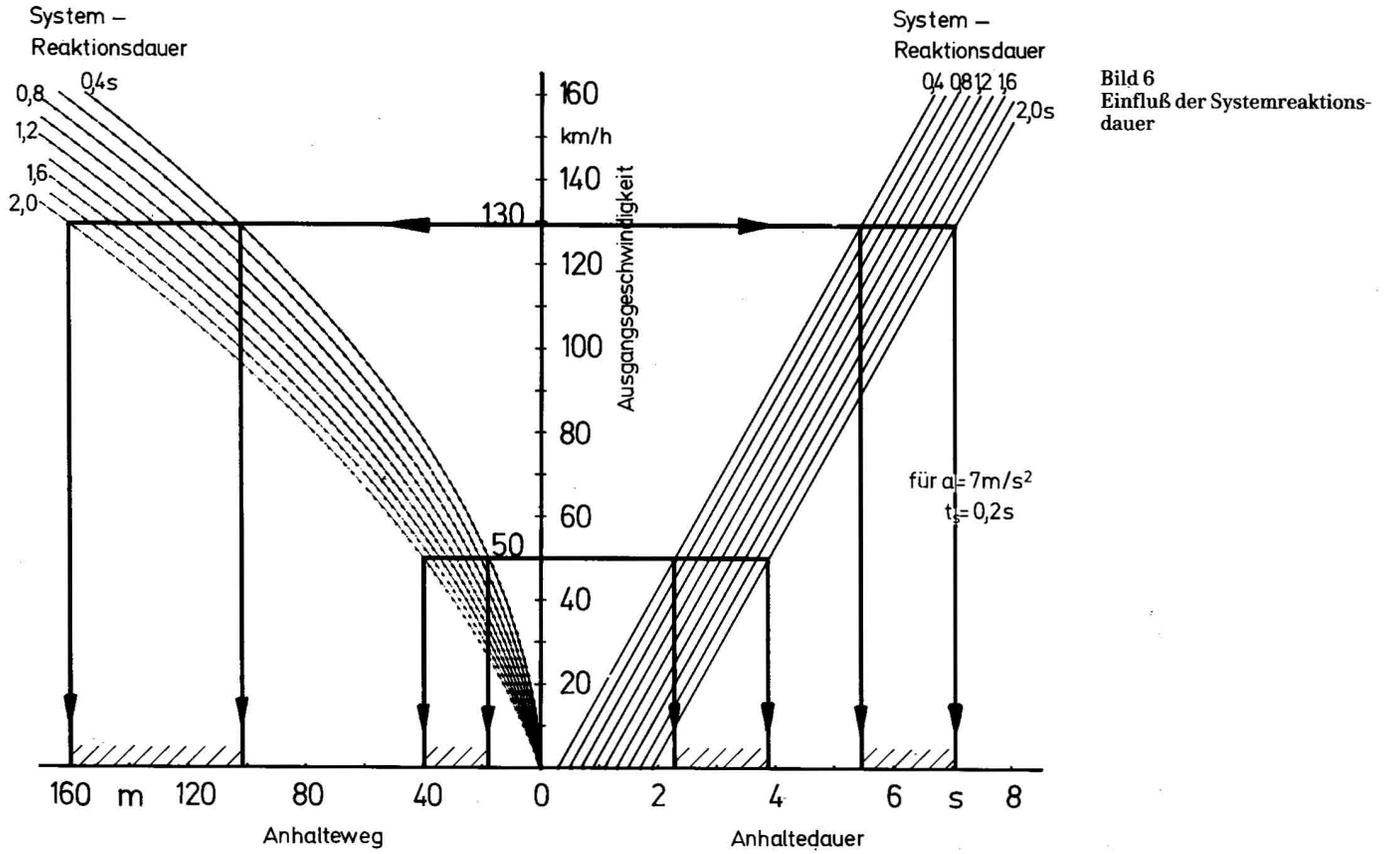


Bild 6  
Einfluß der Systemreaktionsdauer

In der Vergangenheit hat es häufig Tabellenwerte gegeben, aus denen man beispielsweise für eine bestimmte Vollbremsverzögerung aus der Spurenlänge auf die Anhaltedauer und auf den Anhalteweg schließen konnte. Derartige Tabellenwerke haben den Vorzug, daß sie in einer festen Form herausgebracht werden können, womit sich gleichzeitig der Nachteil verbindet, daß lediglich bestimmte Variable in einem derartigen Tabellenwerk berücksichtigt werden können, damit der Umfang einigermaßen überschaubar

bleibt. Ein Beispiel für ein derartiges Tabellenwerk gibt das Bild Nr. 8. Hier kann man für eine Ausgangsgeschwindigkeit von 129,5 und für 130,5 zum Zeitpunkt der Reaktion den zugehörigen Anhalteweg und die zugehörige Anhaltestrecke entnehmen. Der Einfluß der Reaktionsdauer ist aus dieser Tabelle nicht zu entnehmen, da sie lediglich für eine bestimmte Reaktionsdauer mit Hilfe einer Rechenanlage erzeugt wurde. Die Gefahr bei derartigen Tabellenwerten könnte darin bestehen, daß eine Exaktheit vorgetäuscht wird,

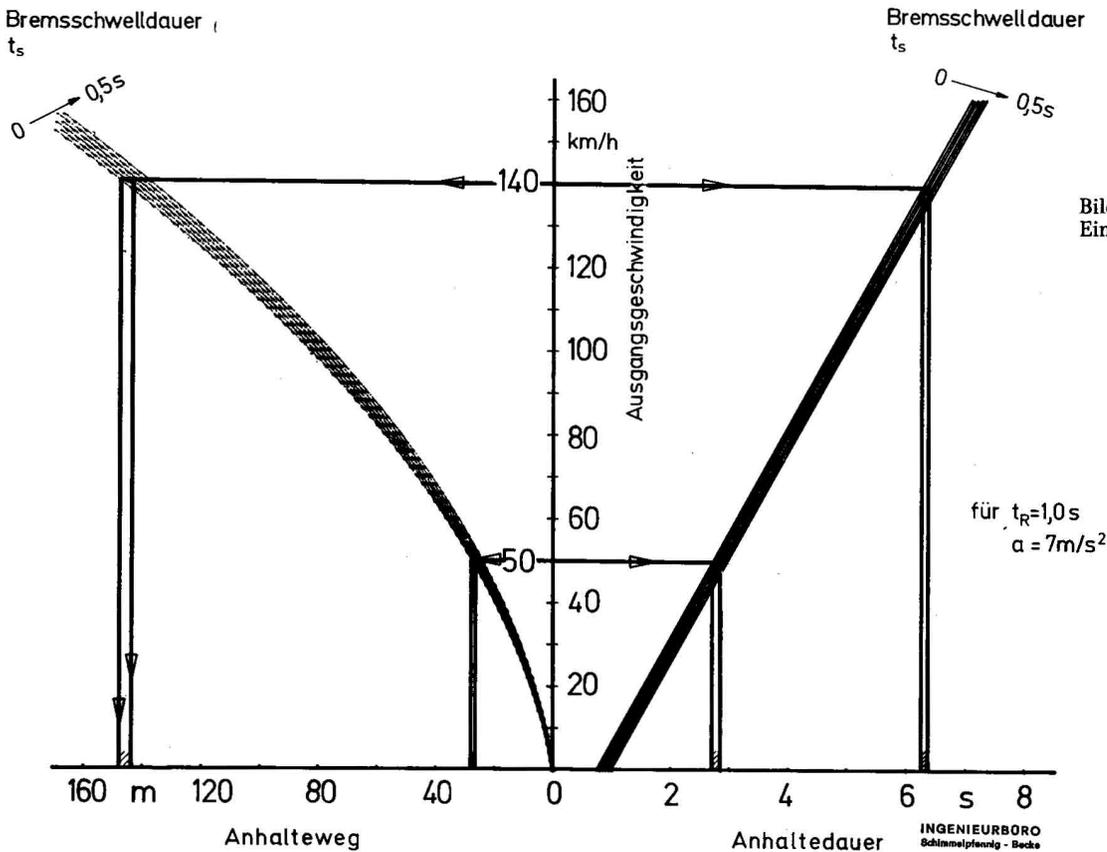


Bild 7  
Einfluß der Bremsschwelldauer

b = 8,0 m/s<sup>2</sup>

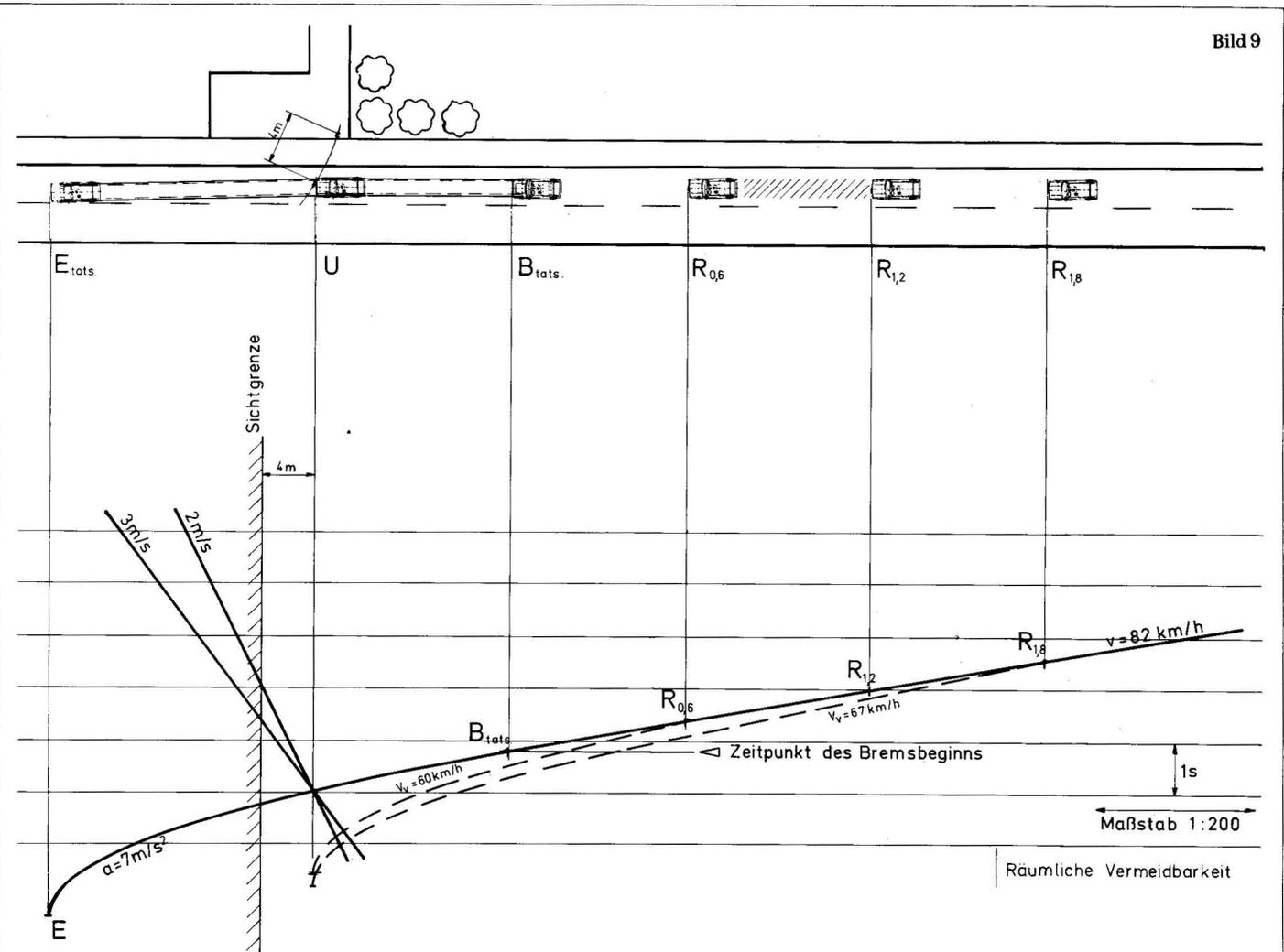
b = 7,5 m/s<sup>2</sup>

b = 7,0 m/s<sup>2</sup>

VV [km/h]	b = 8,0 m/s <sup>2</sup>						b = 7,5 m/s <sup>2</sup>						b = 7,0 m/s <sup>2</sup>								
	sv [m]	tv [s]	ss [m]	sr [m]	sa [m]	ta [s]	VR [km/h]	sv [m]	tv [s]	ss [m]	sr [m]	sa [m]	ta [s]	VR [km/h]	sv [m]	tv [s]	ss [m]	sr [m]	sa [m]	ta [s]	VR [km/h]
100. 27.8	55.1	3.97	5.6	17.1	77.8	4.77	102.5	51.4	3.70	5.6	17.1	74.2	4.50	102.7	48.2	3.47	5.6	17.1	71.0	4.27	102.9
101. 28.1	56.2	4.01	5.7	17.3	79.2	4.81	103.5	52.5	3.74	5.7	17.3	75.4	4.54	103.7	49.2	3.51	5.7	17.3	72.2	4.31	103.9
102. 28.3	57.3	4.05	5.7	17.4	80.5	4.85	104.5	53.5	3.78	5.7	17.4	76.7	4.58	104.7	50.2	3.54	5.7	17.5	73.4	4.34	104.9
103. 28.6	58.5	4.09	5.8	17.6	81.8	4.89	105.5	54.6	3.81	5.8	17.6	78.0	4.61	105.7	51.2	3.58	5.8	17.6	74.6	4.38	105.9
104. 28.9	59.6	4.13	5.8	17.8	83.2	4.93	106.5	55.6	3.85	5.9	17.8	79.3	4.65	106.7	52.2	3.61	5.9	17.8	75.8	4.41	106.9
105. 29.2	60.8	4.17	5.9	17.9	84.6	4.97	107.5	56.7	3.89	5.9	17.9	80.6	4.69	107.7	53.2	3.65	5.9	18.0	77.1	4.45	107.9
106. 29.4	61.9	4.21	6.0	18.1	86.0	5.01	108.5	57.8	3.93	6.0	18.1	81.9	4.73	108.7	54.2	3.68	6.0	18.1	78.3	4.48	108.9
107. 29.7	63.1	4.25	6.0	18.3	87.4	5.05	109.5	58.9	3.96	6.0	18.3	83.2	4.76	109.7	55.2	3.72	6.0	18.3	79.6	4.52	109.9
108. 30.0	64.3	4.29	6.1	18.4	88.8	5.09	110.5	60.0	4.00	6.1	18.4	84.5	4.80	110.7	56.3	3.75	6.1	18.5	80.8	4.55	110.9
109. 30.3	65.5	4.33	6.1	18.6	90.2	5.13	111.5	61.1	4.04	6.1	18.6	85.9	4.84	111.7	57.3	3.78	6.1	18.6	82.1	4.58	111.9
110. 30.6	66.7	4.37	6.2	18.8	91.6	5.17	112.5	62.2	4.07	6.2	18.8	87.2	4.87	112.7	58.4	3.82	6.2	18.8	83.4	4.62	112.9
111. 30.8	67.9	4.40	6.2	18.9	93.1	5.20	113.5	63.4	4.11	6.2	18.9	88.6	4.91	113.7	59.4	3.85	6.2	19.0	84.6	4.65	113.9
112. 31.1	69.1	4.44	6.3	19.1	94.5	5.24	114.5	64.5	4.15	6.3	19.1	89.9	4.95	114.7	60.5	3.89	6.3	19.1	85.9	4.69	114.9
113. 31.4	70.4	4.48	6.3	19.3	96.0	5.28	115.5	65.7	4.19	6.4	19.3	91.3	4.99	115.7	61.6	3.92	6.4	19.3	87.2	4.72	115.9
114. 31.7	71.6	4.52	6.4	19.4	97.5	5.32	116.5	66.9	4.22	6.4	19.4	92.7	5.02	116.7	62.7	3.96	6.4	19.5	88.6	4.76	116.9
115. 31.9	72.9	4.56	6.5	19.6	98.9	5.36	117.5	68.0	4.26	6.5	19.6	94.1	5.06	117.7	63.8	3.99	6.5	19.6	89.9	4.79	117.9
116. 32.2	74.2	4.60	6.5	19.8	100.4	5.40	118.5	69.2	4.30	6.5	19.8	95.5	5.10	118.7	64.9	4.03	6.5	19.8	91.2	4.83	118.9
117. 32.5	75.4	4.64	6.6	19.9	101.9	5.44	119.5	70.4	4.33	6.6	19.9	96.9	5.13	119.7	66.0	4.06	6.6	20.0	92.6	4.86	119.9
118. 32.8	76.7	4.68	6.6	20.1	103.5	5.48	120.5	71.6	4.37	6.6	20.1	98.4	5.17	120.7	67.1	4.10	6.6	20.1	93.9	4.90	120.9
119. 33.1	78.0	4.72	6.7	20.3	105.0	5.52	121.5	72.8	4.41	6.7	20.3	99.8	5.21	121.7	68.3	4.13	6.7	20.3	95.3	4.93	121.9
120. 33.3	79.4	4.76	6.7	20.4	106.5	5.56	122.5	74.1	4.44	6.7	20.4	101.3	5.24	122.7	69.4	4.17	6.7	20.5	96.7	4.97	122.9
121. 33.6	80.7	4.80	6.8	20.6	108.1	5.60	123.5	75.3	4.48	6.8	20.6	102.7	5.28	123.7	70.6	4.20	6.8	20.6	98.1	5.00	123.9
122. 33.9	82.0	4.84	6.8	20.8	109.6	5.64	124.5	76.6	4.52	6.9	20.8	104.2	5.32	124.7	71.8	4.24	6.9	20.8	99.4	5.04	124.9
123. 34.2	83.4	4.88	6.9	20.9	111.2	5.68	125.5	77.8	4.56	6.9	20.9	105.7	5.36	125.7	73.0	4.27	6.9	21.0	100.9	5.07	125.9
124. 34.4	84.7	4.92	7.0	21.1	112.8	5.72	126.5	79.1	4.59	7.0	21.1	107.2	5.39	126.7	74.2	4.31	7.0	21.1	102.3	5.11	126.9
125. 34.7	86.1	4.96	7.0	21.3	114.4	5.76	127.5	80.4	4.63	7.0	21.3	108.7	5.43	127.7	75.4	4.34	7.0	21.3	103.7	5.14	127.9
126. 35.0	87.5	5.00	7.1	21.4	116.0	5.80	128.5	81.7	4.67	7.1	21.4	110.2	5.47	128.7	76.6	4.38	7.1	21.5	105.1	5.17	128.9
127. 35.3	88.9	5.04	7.1	21.6	117.6	5.84	129.5	83.0	4.70	7.1	21.6	111.7	5.50	129.7	77.8	4.41	7.1	21.6	106.6	5.21	129.9
128. 35.6	90.3	5.08	7.2	21.8	119.2	5.88	130.5	84.3	4.74	7.2	21.8	113.2	5.54	130.7	79.0	4.44	7.2	21.8	108.0	5.24	130.9
129. 35.8	91.7	5.12	7.2	21.9	120.9	5.92	131.5	85.6	4.78	7.2	21.9	114.8	5.58	131.7	80.3	4.48	7.2	22.0	109.5	5.28	131.9
130. 36.1	93.1	5.16	7.3	22.1	122.5	5.96	132.5	86.9	4.81	7.3	22.1	116.3	5.61	132.7	81.5	4.51	7.3	22.1	110.9	5.31	132.9
131. 36.4	94.6	5.20	7.3	22.3	124.2	6.00	133.5	88.3	4.85	7.4	22.3	117.9	5.65	133.7	82.8	4.55	7.4	22.3	112.4	5.35	133.9
132. 36.7	96.0	5.24	7.4	22.4	125.9	6.04	134.5	89.6	4.89	7.4	22.4	119.5	5.69	134.7	84.0	4.58	7.4	22.5	113.9	5.38	134.9
133. 36.9	97.5	5.28	7.5	22.6	127.5	6.08	135.5	91.0	4.93	7.5	22.6	121.1	5.73	135.7	85.3	4.62	7.5	22.6	115.4	5.42	135.9
134. 37.2	99.0	5.32	7.5	22.8	129.2	6.12	136.5	92.4	4.96	7.5	22.8	122.7	5.76	136.7	86.6	4.65	7.5	22.8	116.9	5.45	136.9
135. 37.5	100.4	5.36	7.6	22.9	130.9	6.16	137.5	93.8	5.00	7.6	22.9	124.3	5.80	137.7	87.9	4.69	7.6	23.0	118.5	5.49	137.9
136. 37.8	101.9	5.40	7.6	23.1	132.7	6.20	138.5	95.1	5.04	7.6	23.1	125.9	5.84	138.7	89.2	4.72	7.6	23.1	120.0	5.52	138.9
137. 38.1	103.4	5.44	7.7	23.3	134.4	6.24	139.5	96.5	5.07	7.7	23.3	127.5	5.87	139.7	90.5	4.76	7.7	23.3	121.5	5.56	139.9
138. 38.3	105.0	5.48	7.7	23.4	136.1	6.28	140.5	98.0	5.11	7.7	23.4	129.2	5.91	140.7	91.8	4.79	7.7	23.5	123.1	5.59	140.9
139. 38.6	106.5	5.52	7.8	23.6	137.9	6.32	141.5	99.4	5.15	7.8	23.6	130.8	5.95	141.7	93.2	4.83	7.8	23.6	124.6	5.63	141.9
140. 38.9	108.0	5.56	7.8	23.8	139.6	6.36	142.5	100.8	5.19	7.9	23.8	132.5	5.99	142.7	94.5	4.86	7.9	23.8	126.2	5.66	142.9
141. 39.2	109.6	5.60	7.9	23.9	141.4	6.40	143.5	102.3	5.22	7.9	23.9	134.1	6.02	143.7	95.9	4.90	7.9	24.0	127.8	5.70	143.9
142. 39.4	111.1	5.63	8.0	24.1	143.2	6.43	144.5	103.7	5.26	8.0	24.1	135.8	6.06	144.7	97.2	4.93	8.0	24.1	129.4	5.73	144.9
143. 39.7	112.7	5.67	8.0	24.3	145.0	6.47	145.5	105.2	5.30	8.0	24.3	137.5	6.10	145.7	98.6	4.97	8.0	24.3	131.0	5.77	145.9
144. 40.0	114.3	5.71	8.1	24.4	146.8	6.51	146.5	106.7	5.33	8.1	24.4	139.2	6.13	146.7	100.0	5.00	8.1	24.5	132.6	5.80	146.9
145. 40.3	115.9	5.75	8.1	24.6	148.6	6.55	147.5	108.2	5.37	8.1	24.6	140.9	6.17	147.7	101.4	5.03	8.1	24.6	134.2	5.83	147.9
146. 40.6	117.5	5.79	8.2	24.8	150.4	6.59	148.5	109.7	5.41	8.2	24.8	142.6	6.21	148.7	102.8	5.07	8.2	24.8	135.8	5.87	148.9
147. 40.8	119.1	5.83	8.2	24.9	152.3	6.63	149.5	111.2	5.44	8.2	24.9	144.3	6.24	149.7	104.2	5.10	8.2	25.0	137.4	5.90	149.9
148. 41.1	120.7	5.87	8.3	25.1	154.1	6.67	150.5	112.7	5.48	8.3	25.1	146.1	6.28	150.7	105.6	5.14	8.3	25.1	139.1	5.94	150.9
149. 41.4	122.4	5.91	8.3	25.3	156.0	6.71	151.5	114.2	5.52	8.4	25.3	147.8	6.32	151.7	107.1	5.17	8.4	25.3	140.7	5.97	151.9

Bild 8 TÜV Bayern - Unfallreferat

Bild 9



die in Wirklichkeit aufgrund der zu berücksichtigenden Toleranzen bei den Ausgangsdaten nicht vorhanden ist.

Dieses zeigt ein Vergleich mit den großen Schwankungsbreiten bezüglich des Anhalteweges und der Anhaltedauer bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 130 km/h, siehe Bild Nr. 6.

Anhand einer Unfallrekonstruktion können weitere Möglichkeiten der Darstellung aufgezeigt werden.

In einem hier dargestellten Fall soll eine ältere Dame von einer Hauszufahrt mit einem Fahrrad langsam bis normal auf die Fahrbahn aufgefahren sein. Die Unfallstelle ist exakt bekannt, die Spurlänge nach der Kollision beträgt 20 m, die Spur vor der Kollision 15 m. Die Kollision erfolgte derart, daß die Radfahrerin zum Sturz kam, hierdurch jedoch kaum ein Geschwindigkeitsabbau erfolgte. Die Ausgangsgeschwindigkeit konnte unter Zugrundelegung der Bremsschwelldauer in bestimmter Höhe und unter Zugrundelegung einer Vollbremsverzögerung mit 82 km/h bestimmt werden. Es wurde bewußt darauf verzichtet, hier Toleranzen zu berücksichtigen, damit der Einfluß der Höhe der Reaktionsdauer deutlich bleibt.

Aus der Örtlichkeit ist weiterhin bekannt, daß die Radfahrerin für den Pkw-Führer ca. 4 m vor der Unfallposition sichtbar wurde. Die Fahrgeschwindigkeit kann auf den Bereich zwischen 2 und 3 m/s durch Zeugenaussagen bestimmt werden.

Im oberen Bereich des Bildes Nr. 9 zeigt eine Skizze den Unfallbereich. In der unteren Hälfte ist wiederum ein Zeit-Weg-Diagramm erstellt worden. Als Verknüpfungspunkt dienen Kollisionsort und Kollisionszeitpunkt. Von hier ausgehend wurden die Fahrlinien für beide Fahrzeuge eingetragen. Der Vollbremsbeginn ist zeit- und wegmäßig durch den Spurenbeginn und die Annäherungsgeschwindigkeit festgelegt.

Für verschiedene Reaktionsdauern ergeben sich die dargestellten

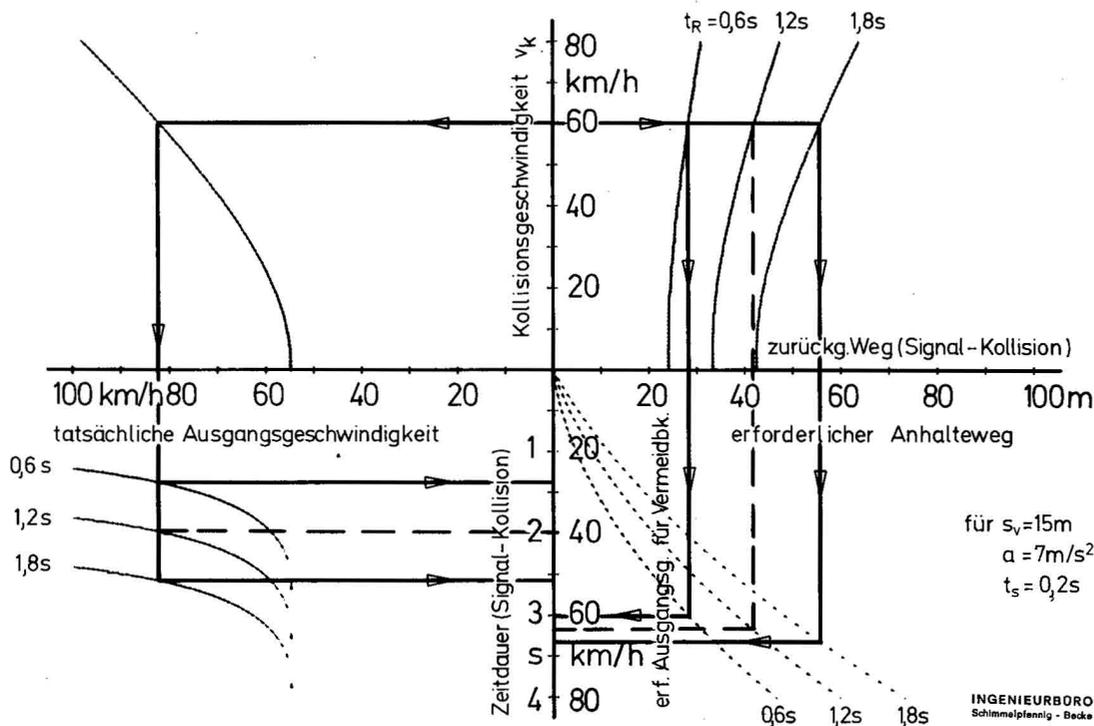
Positionen des Pkw. Für die betrachtete hohe Reaktionsdauer von 1,8 s ergibt sich jedoch, daß unter Zugrundelegung der einsehbareren Fahrstrecke der Radfahrerin von 4 m und gleichzeitiger Betrachtung einer Fahrgeschwindigkeit von 2 – 3 m/s diese hohe Reaktionsdauer nicht vorgelegen haben kann, da die Radfahrerin zu diesem Zeitpunkt noch nicht sichtbar gewesen wäre. Für Reaktionsdauern von 0,6 und 1,2 s ergeben sich bestimmte Entfernungen, die in der Zeit vom Gefahreneintritt bis zur Kollision durchfahren werden. Um das Fahrzeug rechtzeitig vor der Unfallstelle zum Stillstand zu bringen, muß dieser Weg gerade dem Anhalteweg entsprechen. Aus dieser Bedingung ergibt sich eine maximal mögliche Annäherungsgeschwindigkeit, bei der ein Anhalten noch denkbar ist. Für eine kurze Reaktionsdauer von 0,6 s unter Zugrundelegung des zugehörigen Reaktionsortes ergibt sich eine maximal mögliche Annäherungsgeschwindigkeit von 60 km/h, bei Berücksichtigung von 1,2 s ergibt sich eine Annäherungsgeschwindigkeit von 67 km/h.

Es ist der Zusammenhang erkennbar, daß mit steigender Reaktionsdauer die mögliche Annäherungsgeschwindigkeit anwächst, da der Wegunterschied, der sich innerhalb der Reaktionsdauer ergibt, größer ist, je größer die Zeitdauer ist.

Diesen Zusammenhang kann man auch als Ergebnis der mathematischen Zusammenhänge in Diagrammform darstellen, wie dieses im Bild Nr. 10 geschehen ist.

Ausgehend von der zuvor ermittelten Kollisionsgeschwindigkeit von 60 km/h ist dem Diagramm die tatsächliche Ausgangsgeschwindigkeit zu entnehmen, wobei für eine konstante Bremschwelldauer dieser Zusammenhang unabhängig von der Höhe der Reaktionsdauer ist. Für die Darstellung im Zeit-Weg-Diagramm ist dem Diagramm weiterhin die Zeitdauer zu entnehmen, die das Fahrzeug benötigt, um vom Signal (Reaktionsbeginn) bis in die Kollisionsstellung zu gelangen. Hier ist eine deutliche Abhängig-

Bild 10



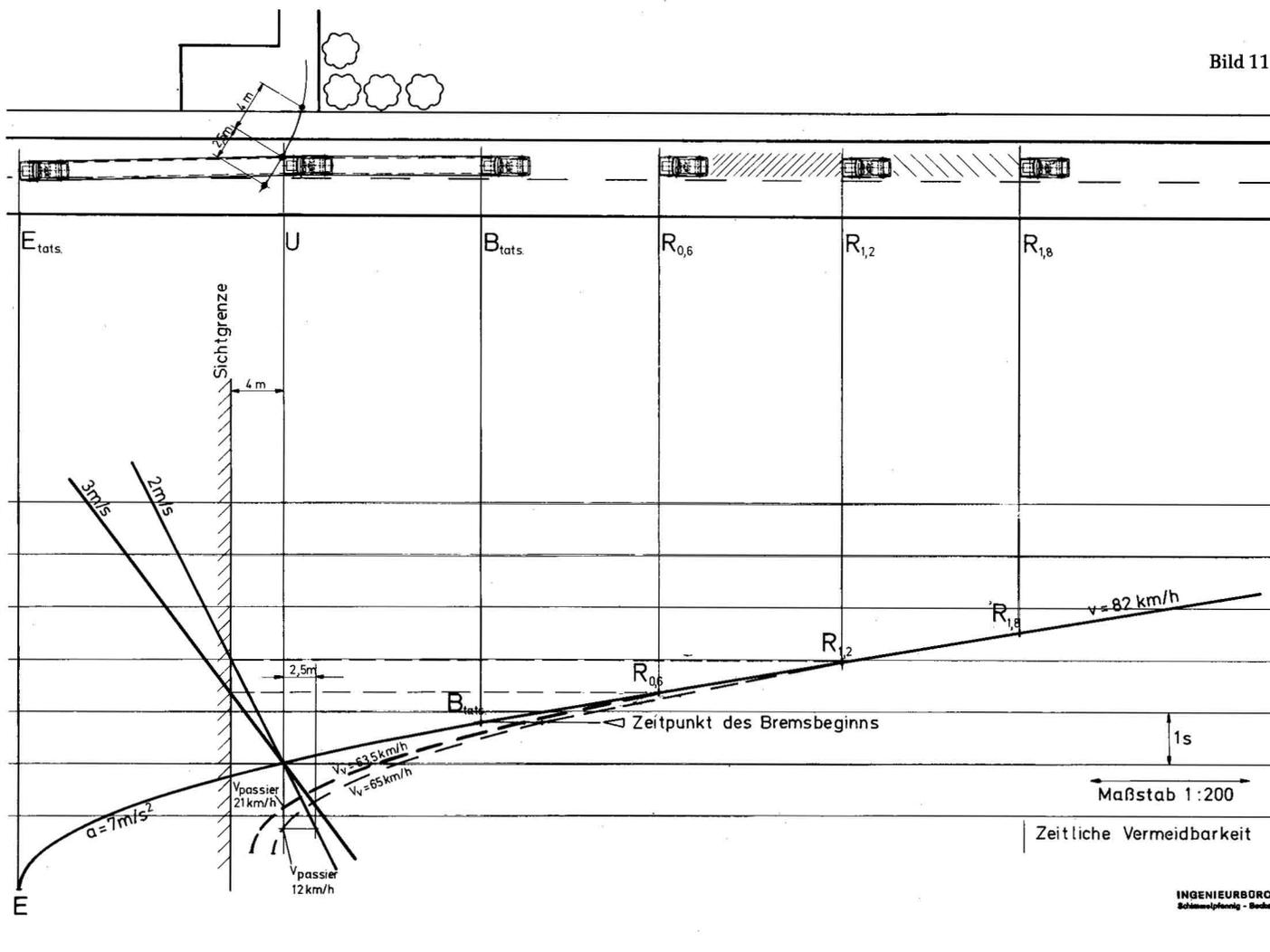
keit von der Reaktionsdauer zu erkennen. Die Kurvenschar besteht hier lediglich aus parallel verschobenen Kurven im Abstand von 0,6 s.

Aus der Kollisionsgeschwindigkeit läßt sich über den Bremsweg vor der Kollision unter Zugrundelegung einer bestimmten Vollbremsverzögerung und einer Bremschwelldauer in Abhängigkeit von der Reaktionsdauer der Ort der Reaktion ermitteln. Man erkennt aus den auseinanderstrebenden Kurvenästen, daß der Ein-

fluß der Reaktionsdauer mit zunehmender Kollisionsgeschwindigkeit steigt.

Die Kurvenschar, die schon im Bild Nr. 6 den Zusammenhang zwischen Anhalteweg und Ausgangsgeschwindigkeit zeigte, hilft durch Gleichsetzen des zurückgelegten Weges vom Signal bis zur Kollision mit dem erforderlichen Anhalteweg die maximale Ausgangsgeschwindigkeit zu ermitteln, bei der das Unfallgeschehen räumlich vermeidbar ist. Dem Diagramm Nr. 10 ist demnach direkt

Bild 11



in Abhängigkeit von der Reaktionsdauer bei ansonsten fest vorgegebenen übrigen Parametern die Geschwindigkeit zu entnehmen, bei der das Fahrzeug noch vor der Unfallstelle zum Stillstand gebracht werden kann. Für Reaktionsdauern von 0,6 und 1,2 s sind hier die maximal möglichen Ausgangsgeschwindigkeiten von 60 und 67 km/h zu entnehmen.

Da im normalen Fall die Kollisionsgeschwindigkeit nicht derart exakt zu bestimmen ist und auch die Vollbremsverzögerung in bestimmten Bereichen zugrunde zu legen ist, würden sich noch weitere Toleranzen ergeben. In diesem Diagramm ist eindeutig der schon beschriebene Sachverhalt erkennbar, daß mit steigender Reaktionsdauer bei ansonst gleichbleibenden Verhältnissen die noch mögliche Ausgangsgeschwindigkeit steigt, bei der das Unfallgeschehen räumlich vermeidbar ist.

Dem Diagramm ist weiterhin sehr gut zu entnehmen, daß der Einfluß einer nicht genau ermittelten Kollisionsgeschwindigkeit im Vergleich zu nicht genau bekannter Reaktionsdauer zumindest bei kleinen Reaktionsdauern äußerst gering ist, da hier die Änderung der Kollisionsgeschwindigkeit nur geringe Verschiebungen des erforderlichen Anhalteweges verursacht.

Durch die größere zu berücksichtigende Reaktionsdauer steigt der erforderliche Anhalteweg äußerst stark. Da jedoch für die Ermittlung der noch möglichen Ausgangsgeschwindigkeit wiederum die verschiedenen Reaktionsdauern zu berücksichtigen sind, hebt sich dieser Einfluß größtenteils wieder auf, so daß es nur geringe Unterschiede im Ergebnis gibt.

Schließt man eine Ausweichbewegung des Pkw-Fahrers aus und kann man annehmen, daß die Radfahrerin weiterhin quer über die Straße fahren würde, so besteht noch die Möglichkeit der zeitlichen Vermeidbarkeit. Hierunter wird verstanden, daß das Fahrzeug unter bestimmten Umständen bei nur geringfügig niedrigerer Ausgangsgeschwindigkeit soviel später die Unfallstelle passieren würde, so daß die quer zur Fahrtrichtung fahrende Radfahrerin inzwischen aus dem Gefahrenbereich hinausgefahren wäre.

In diesem Fall sind nicht Wege allein zu berücksichtigen, sondern auch Zeiten.

Wurde die Radfahrerin im realen Unfallgeschehen an der vorderen rechten Fahrzeugecke erfaßt, so hätte die Radfahrerin noch weitere 2,5 m fahren müssen, bis der PKW die Unfallstelle erreichte, damit der Unfall zeitlich vermieden worden wäre.

Zur Konstruktion eines Zeit-Weg-Diagrammes, siehe Bild Nr.11, dient als Verknüpfungspunkt zunächst die Kollisionsstellung in Verbindung mit dem Kollisionsort beim realen Unfallgeschehen. Es ist nun ein Fahrvorgang derart zu suchen, daß die Radfahrerin so viel später an der Unfallstelle vorbeifährt, daß die Radfahrerin gerade 2,5 m weitergefahren ist. Für eine Reaktionsdauer von 0,6 s läßt sich eine Ausgangsgeschwindigkeit von 63,5 km/h ermitteln, so daß der PKW gerade dann an der Unfallstelle vorbeifährt, wenn die Radfahrerin zügig 2,5 m weitergefahren ist.

Ordnet man die langsamere Radfahrgeschwindigkeit einer Reaktionsdauer von 1,2 s zu, so ist eine geringfügig höhere Ausgangsgeschwindigkeit möglich. Der Passiervorgang ereignet sich zeitlich später.

Infolge des großen erforderlichen Zeitraumes, den die Radfahrerin zum Durchfahren der relativ großen Entfernung von 2,5 m benötigt, liegen die Passiergeschwindigkeiten sehr niedrig im Bereich zwischen 12 und 21 km/h. Dieses bedeutet, daß das Fahrzeug nur ganz geringfügig hinter der Unfallstelle zum Stillstand gelangen würde.

Die Ausgangsgeschwindigkeit, die eine zeitliche Vermeidbarkeit ermöglicht, ist mit Hilfe des Diagrammes – Bild Nr. 12 – zu bestimmen. Zunächst wird über die erforderliche Wegdifferenz, die die Radfahrerin weiterfahren müßte und die Fahrgeschwindigkeit der Radfahrerin die Zeitdifferenz bestimmt, die der PKW später an der Unfallstelle ankommen müßte. Für eine bestimmte Kollisionsgeschwindigkeit und Spurenlänge vor der Kollision ergibt sich mit Hilfe dieser Zeitdifferenz in Abhängigkeit von der Reaktionsdauer die Ausgangsgeschwindigkeit, bei der das Unfallgeschehen zeitlich hätte vermieden werden können.

Auch hier ist die Abhängigkeit deutlich, daß mit größerer Reaktionsdauer die nachträgliche Ausgangsgeschwindigkeit zur Vermeidbarkeit ansteigt. Als weitergehende Information ist dem Diagramm noch die Passiergeschwindigkeit zu entnehmen und darüberhinaus bei niedriger Ausgangsgeschwindigkeit der Ort des Stillstandes vor der Unfallstelle.

Da die Radfahrerin einen großen Weg zurücklegen muß, um aus dem Gefahrenbereich herauszukommen, ergibt sich eine große erforderliche Zeitdifferenz, was eine zeitliche Vermeidbarkeitsbeurteilung nahezu überflüssig macht, da die so ermittelten erforderlichen Ausgangsgeschwindigkeiten nahezu denen der räumlichen Vermeidbarkeit entsprechen.

Bild 12

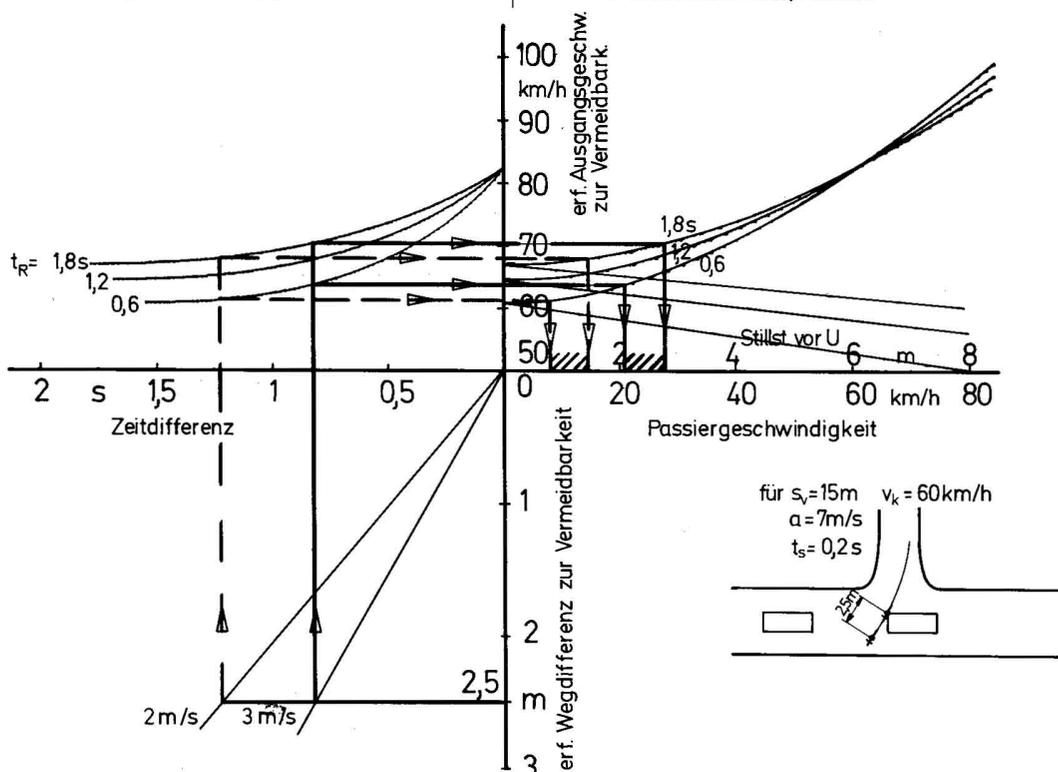
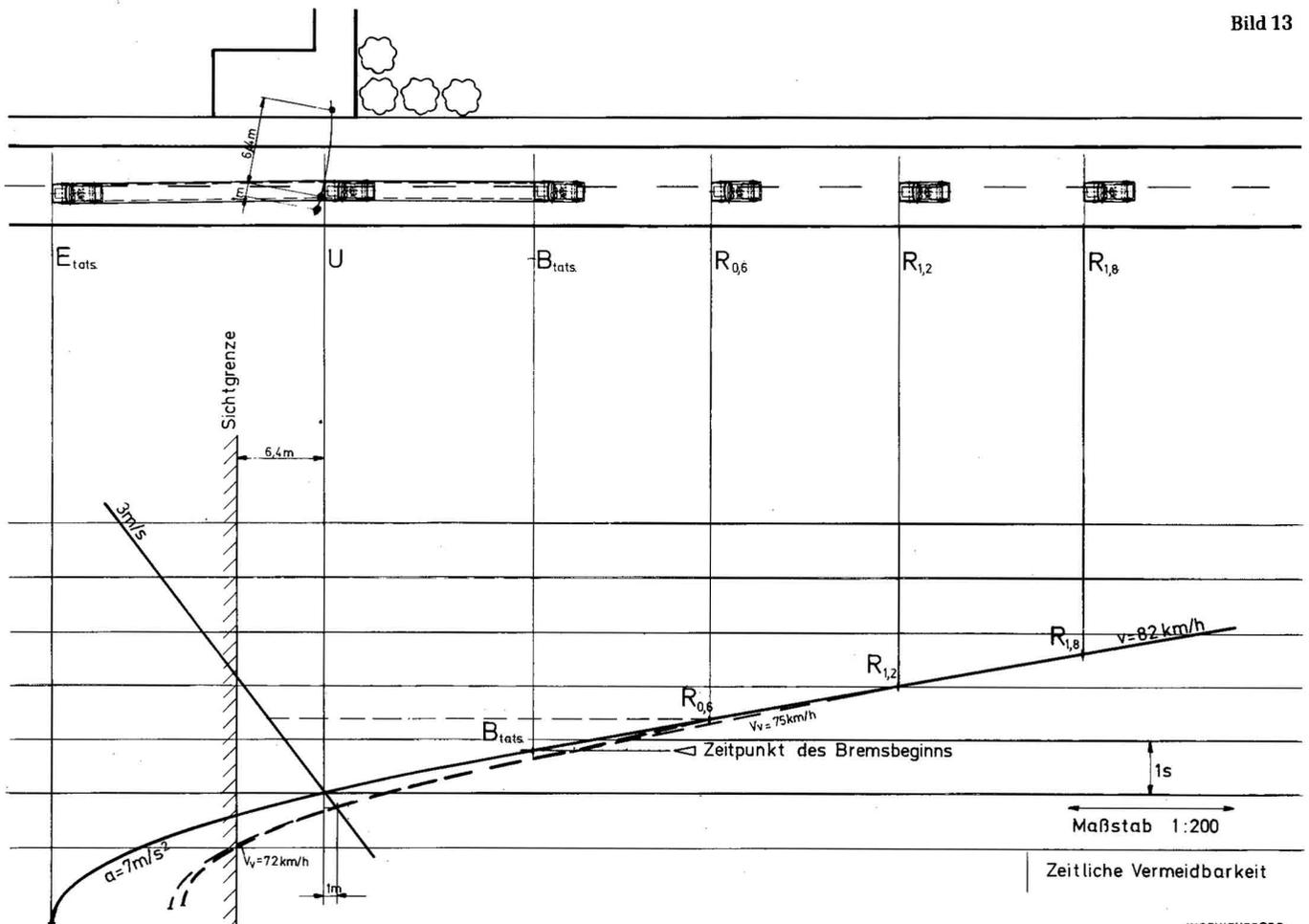


Bild 13



Maßstab 1:200

Zeitliche Vermeidbarkeit

INGENIEURBÜRO  
Schmalzpenning - Becke

In Abwandlung dieses Falles wurde aus diesem Grund aufgezeigt, wie sich die Ergebnisse verschieben, wenn sich beispielsweise die Kollision an der linken Fahrzeugkante ereignet hätte.

Die veränderte Situation ist im Bild Nr. 13 dargestellt worden. Unter Berücksichtigung einer Fahrgeschwindigkeit von 3 m/s kann man hier Reaktionsdauern bis ca. 1,2 s berücksichtigen. Die Reak-

tionsdauer von 1,8 s entfällt auch hier, da zu diesem Zeitpunkt die Radfahrerin noch nicht sichtbar war.

Aufgrund der geringen Wegdifferenz von 1 m ist auch der Zeitraum viel kürzer, den der PKW die Unfallstelle später erreichen müßte. Es errechnen sich Ausgangsgeschwindigkeiten je nach Reaktionsdauer zwischen 72 und 75 km/h, bei denen das Unfallge-

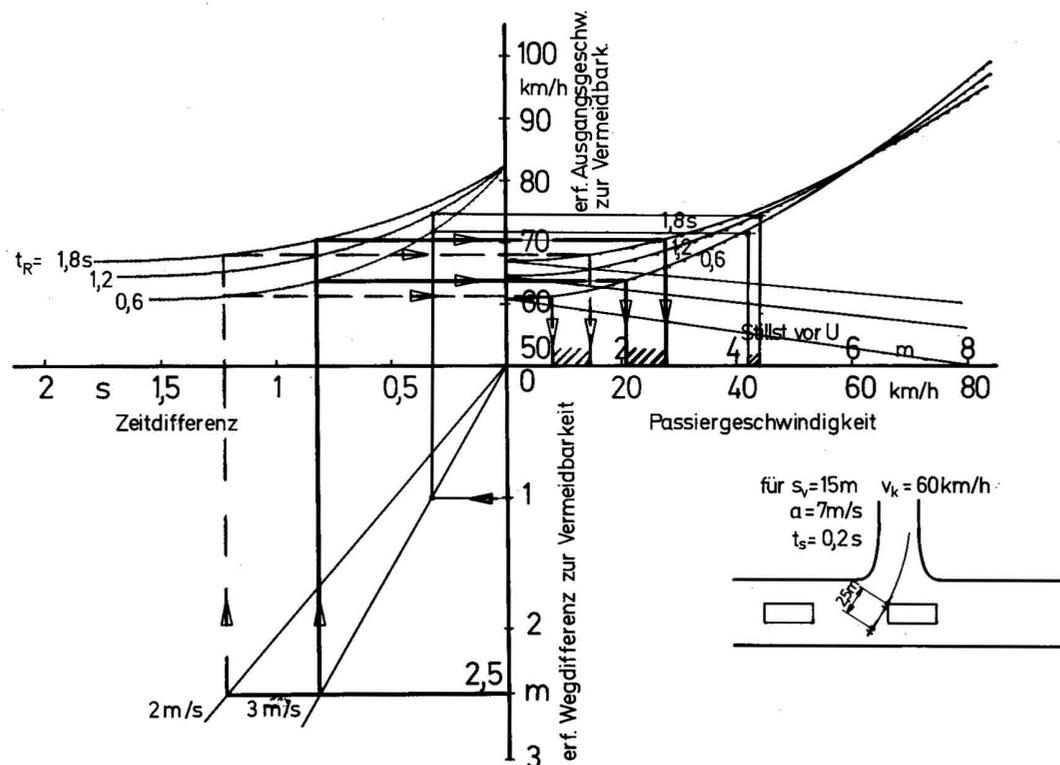


Bild 14

schehen noch hätte vermieden werden können. Diese Verhältnisse ergeben sich auch aus dem Diagramm des Bildes Nr. 14, aus dem sich direkt die zur Vermeidbarkeit erforderlichen Ausgangsgeschwindigkeiten ergeben.

Die Diagramme, aus denen die Ausgangsgeschwindigkeit ermittelt werden, sind als Ergebnisdarstellungen von Rechengängen zu betrachten. Unter Vorgabe bestimmter Ausgangsdaten erhält man direkt die noch mögliche Ausgangsgeschwindigkeit. Der Einfluß der verschieden hohen Reaktionsdauer wird hier bildlich gemacht.

Eine Einschränkung der Reaktionsdauer durch die örtlichen Gegebenheiten im Zusammenhang mit den anzusetzenden Fahrgeschwindigkeiten ist jedoch hier nicht möglich. Im Zeit-Weg-Diagramm hingegen erkennt man sofort, daß beispielsweise eine Reaktionsdauer von 1,8 s unter der Voraussetzung entfällt, daß die Annäherungsgeschwindigkeit der Radfahlerin hinreichend genau bestimmt werden kann.

(wird fortgesetzt)