Musterlösung zu öbuv-Klausur

1 Kollisionsmechanik

Ohne dass man die Beziehung

$$\Delta v = \sqrt{\frac{1}{1-k^2}}\,\sqrt{\frac{2\Delta E}{m^*}} \tag{1}$$

in Ansatz bringt, ist die Aufgabe nicht in angemessener Zeit zu bewältigen. Wer hier mit Impuls- und Energiesatz sozusagen von vorn beginnt, vergeudet zuviel Zeit.

$$m^* = \frac{m_{pkw} m_{bar}}{m_{pkw} + m_{bar}} \tag{2}$$

$$\Delta E = \tfrac{1}{2}\, m_{pkw} v_e^2 \tag{3}$$

und damit

$$v_e = \sqrt{1-k^2}\sqrt{\frac{m_{bar}}{m_{pkw}+m_{bar}}}\Delta v \tag{4}$$

Jetzt sind nur noch die Werte einzusetzen. Für $k = 0$ und m_{pkw} = 800 kg ergibt sich

$$v_e = \sqrt{\frac{1000}{800+1000}} \cdot 15\,\mathrm{km/h} = 11,18\,\mathrm{km/h} \tag{5}$$

und für m_{pkw} = 1.600 kg

$$v_e = \sqrt{\frac{1000}{1600+1000}} 15\,\mathrm{km/h} = 9,30\,\mathrm{km/h} \tag{6}$$

Für $k = 0,25$ ist die EES jeweils mit

$$f = \sqrt{1-k^2} = \sqrt{1-0,25^2} = 0,968 \tag{7}$$

zu multiplizieren, womit sich für den Kleinwagen v_e = 10,82 km/h und für den Mittelklassewagen v_e = 9,00 km/h ergibt.

2 Diagrammscheibenauswertung

Die Gesamtfahrstrecke berechnet man schnell nach der Trapezregel

$$s_i = \tfrac{1}{2}\,(v_i + v_{i+1})\Delta t \tag{8}$$

Damit ergibt sich sofort

$$s_1 = \tfrac{7+33}{2\cdot 3,6} \cdot 6\,\mathrm{m} = 33,33\,\mathrm{m} \tag{9}$$

$$s_2 = \tfrac{33}{3,6} \cdot 3\,\mathrm{m} = 27,50\,\mathrm{m} \tag{10}$$

$$s_3 = \tfrac{33+7}{2\cdot 3,6} \cdot 3\,\mathrm{m} = 16,67\,\mathrm{m} \tag{11}$$

$$s = 77,50\,\mathrm{m} \tag{12}$$

Die minimale und maximale Strecke ergibt sich, wenn man von der Gesamtfahrzeit eine Sekunde abzieht bzw. aufschlägt und zwar beim Interval mit der höchsten Durchschnitssgeschwindigkeit, hier also 33 km/h. Die macht einen Unterschied von 9,17 m, sodass die minimale Strecke 68,33 m beträgt un die maximale Strecke 86,67 m.

Die Beschleunigung ergibt aus

$$a_i = \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t} \tag{13}$$

Die Abfahrbschleunigung ist demnach

$$a_1 = \frac{33 - 7}{3,6 \cdot 6 \pm 1\,\mathrm{s}}\,\mathrm{m/s^2} = 1,03/1,20/1,44\,\mathrm{m/s^2} \tag{14}$$

und die Bremverzögerung

$$a_1 = \frac{33 - 7}{3,6 \cdot 3 \pm 1\,\mathrm{s}}\,\mathrm{m/s^2} = 1,81/2,41/3,61\,\mathrm{m/s^2} \tag{15}$$

Die Anfahrbeschleunigung von 1,0 m/s^2 ist also noch mit dem Auswerteergebnis zu vereinbaren, die Bremsverzögerung hingegen nicht. Hier wurde offenbar die Lage der Leitlinie falsch ermittelt, sodass das Bremsintervall zu lang wurde. 5,5 m/s^2 ergäben

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{26\,\mathrm{km/h}}{5,5\,\mathrm{m/s^2}} = 1,31\,\mathrm{s} \tag{16}$$

Die Leitlinie hat also nicht die Steigung ∞, sondern maximal

$$a_l = \frac{26\,\mathrm{km/h}}{0,69\,\mathrm{s}} = 10,47\,\mathrm{m/s^2} \tag{17}$$

Die Zeiten sind unter Berücksichtigung der Lage der Leitlinie zu korrigieren; die Anfahrstrecke ändert sich hierdurch jedoch nicht.

3 Weg-Zeit-Betrachtungen

Der Kollisionsort a ist der für den angeklagten Pkw-Fahrer günstigere, weil der Reaktionspunkt (einigermaßen) festliegt und die Abwehrstrecke für den Kollisionsort a somit kürzer ist (=weniger Abwehrmöglichkeiten).

Im vorliegenden Fall – Anbindung der Reaktion an den Beginn der Bremsspur – erweist sich die kürzestmögliche Reaktionszeit als für den Angeklagten günstig: Dann liegen Reaktions- und Kollisionsort möglichst dicht zusammen und die Abwehrstrecke ist am kürzesten.

Da die Anstoßstelle am Pkw im rechten Bereich der Front liegt, ist es am besten, wenn der Fußgänger von rechts auf die Fahrbahn tritt, dann legt er ab Betreten der Fahrbahn eine kürzere Strecke bis zum Kollisionsort zurück als wenn er von links kommt. Auch dies führt im Zweifel auf geringe Abwehrzeiten und schließt bei der Überprüfung des Reaktionspunktes eine verspätete Reaktion aus.

4 Digitalbilder

Hier sollten genannt werden

- Schauen, ob die EXIF-Informationen noch vorhanden sind, denn viele Bildbearbeitungsprogramme löschen oder überschreiben diese.
- Schauen, ob die Dateigröße mit der Standardgröße der Dateien aus der Kamera übereinstimmt, bzw., ob alle übersendeten Dateien annähernd dieselbe Größe haben.
- Anschließend kann man selbstverständlich noch den Bildinhalt selbst korrigieren, denn der ist von Laien kaum so zu manipulieren, dass es keine Spuren hinterlässt.

5 Fotogrammetrie

Nach der Größe des Winkels war hier eigentlich nicht gefragt. Für die Auswertung muss der Fluchtpunkt der Fahrbahn bestimmt und dessen Abstand s von der Bildmitte ausgemessen werden. Mit der (virtuellen) Brennweite f errechnet sich der Winkel gegenüber der Fahrbahn dann gemäß

$$\tan\alpha = \frac{s}{f} \tag{18}$$

Die Brennweite ist bei diesem Problem bekannt, da die Kameras mit einem Festobjektiv bekannter (und in der Akte dokumentierter) Brennweite ausgestattet sind.

Die Hilfslinien quer zur Fahrbahn scheiden sich ebenfalls in einem gemeinsamen Fluchtpunkt. Für dessen Abstand b zur Bildmitte gilt

$$a \cdot b = f^2 \tag{19}$$

6 Kollisionsmechanik

Die grundlegende Beziehung, die hier bekannt sein sollte lautet

$$v_1 = \Delta v = \frac{1}{\sqrt{1-k^2}}\sqrt{\frac{2\Delta E}{\overline{m}^*}} \tag{20}$$

mit

$$\overline{m}^* = \frac{m_1\overline{m}_2}{m_1+\overline{m}_2} \tag{21}$$

und

$$\overline{m}_2 = \frac{1}{1+\left(\frac{a}{i}\right)^2} m_2 \tag{22}$$

Auch wenn diese Formel nicht bekannt sein sollte (was nicht gerade von besonderer Sachkunde zeugt), muss der Prüfling wissen, dass sich bei gleicher Schadenintensität die höchsten Kollisionsgeschwindigkeit für den Fall ergibt, dass sich der Stoßpunkt an Fzg 2 möglichst weit vom Schwerpunkt entfernt befindet. Dies ist beim Anstoß an die Hinterachse der Fall. Die niedrigste Geschwindigkeit ergibt sich für den Fall, dass Fahrzeug 2 zentrisch getroffen wird.

Das Verhältnis dieser Geschwindigkeiten ergibt sich aus

$$\begin{aligned}
\frac{\Delta v_{max}}{\Delta v_{min}} &= \sqrt{\frac{m^*}{\overline{m}^*}} && (23)\\
&= \sqrt{\frac{\frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}}{\frac{m_1\overline{m}_2}{m_1+\overline{m}_2}}} && (24)\\
&= \sqrt{\frac{m_2}{\overline{m}_2}\frac{1+\overline{m}_2/m_1}{1+m_2/m_1}} && (25)
\end{aligned}$$

Beim Anstoß an die Hinterachse ist

$$\overline{m}_2 = \frac{1}{1+\left(\frac{0{,}6}{0{,}5}\right)^2} \cdot m_2 = 0,41\,m_2 \tag{26}$$

Für den Fall gleicher Massen $m_1 = m_2$ ergibt sich demnach

$$\frac{\Delta v_{max}}{\Delta v_{min}} = \sqrt{\frac{1}{0,41}\cdot\frac{1,41}{2}} = 1,31 \tag{27}$$

Beim Anstoß gegen die Hinterachse wäre die Anstoßgeschwindigkeit (bei gleichem Schadenausmaß) also gut 30% höher als beim zentrischen Anstoß.