
Anhang 1

Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahres- analyse für unterschiedliche Randbedingungen

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Verkehrstechnik Heft V 377

Anhang

- Anhang A: Lage der Untersuchungsstrecken für die empirische Ermittlung von Fahrtzeitverlusten
- Anhang B: q-v-Diagramme und Kapazitätsverteilungen
- Anhang C: Nachweis der Übereinstimmung der Zeitverluste nach dem deterministischen Warteschlangenmodell und dem Kontiuumsmodell
- Anhang D: Nachweis der Unabhängigkeit der Verlustzeitberechnung nach der Kontinuumstheorie von der Geschwindigkeit im Stau und der Geschwindigkeit im fließenden Verkehr
- Anhang E: Ganglinien der Zeitverluste nach dem deterministischen Warteschlangenmodell in Stunden-Intervallen

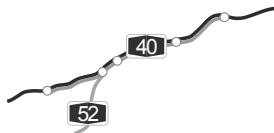
Anhang A Lage der Untersuchungsstrecken für die empirische Ermittlung von Fahrtzeitverlusten

Untersuchungsstrecke Duisburg



Querschnitt	km
AK Moers (8)	28,4
AS Moers (8)	28,8
MQ 230	29,0
MQ 220	30,0
MQ 210	31,1
AS Moers-Zentrum (9)	31,2
MQ 200	32,2
MQ 190	33,0
AS Duisburg-Rheinhausen (10)	33,2
MQ 180	34,2
Baustellenbeginn	35,0
MQ 170	35,2
AS Duisburg-Homberg (11)	35,7
MQ 160	36,6
Baustellenende	37,5

Untersuchungsstrecke Essen



Querschnitt	km
AS Essen-Huttrop (24)	60,9
MQ 16	61,6
AD Essen-Ost (25)	61,8
MQ 17	62,2
AS Essen-Frillendorf (26)	62,7
MQ 18	63,3
MQ 19	64,3
AS Essen-Kray (27)	64,9
Baustellenbeginn VF 2s-2s	65,4
MQ 20	65,5
MQ 21	66,1
AS Gelsenkirchen-Süd (28)	66,8

Untersuchungsstrecke Krefeld



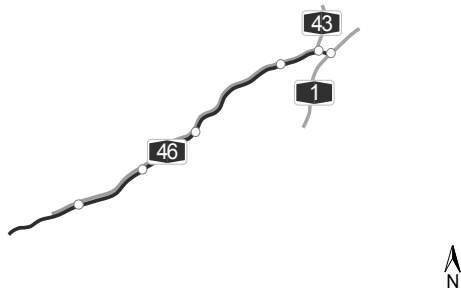
Querschnitt	km
AK Moers (10)	53,6
MQ 040	55,1
MQ 050	56,7
AS Moers-Kapellen (11)	57,9
MQ 060	58,2
MQ 070	59,2
MQ 080	60,5
MQ 090	61,2
AS Krefeld-Gartenstadt (12)	61,4
MQ 100	62,5
AS Krefeld-Zentrum (13)	64,3
MQ 110	64,6
MQ 120	65,6
AS Krefeld-Oppum (14)	66,4
MQ 140	67,4
MQ 150	69,0
AK Meerbusch (15)	70,3

Untersuchungsstrecke Unna



Querschnitt	km
MQ 1287	128,7
MQ 1299	129,9
AK Werl (54)	130,8
MQ 1315	131,5
MQ 1324	132,4
MQ 1335	133,5
MQ 1351	135,1
MQ 1367	136,7
MQ 1383	138,3
MQ 1395	139,5
MQ 1421	142,1
MQ 1430	143,0
AS Unna-Ost (53)	143,9
MQ 1445	144,5
MQ 1459	145,9
MQ 1473	147,3
AK Dortmund/Unna (52)	147,4

Untersuchungsstrecke Wuppertal



Querschnitt	km
AK Wuppertal-Nord (38)	115,2
MQ 1	114,4
AS Wuppertal-Oberbarmen(37)	113,9
MQ 2	113,2
MQ 3	112,0
MQ 4	111,0
MQ 5	110,4
Baustellenbeginn	110,0
AS Wuppertal-Wichlinghausen (36)	110,0
MQ 6	109,6
AS Wuppertal-Barmen (35)	108,0
MQ 9	105,8
AS Wuppertal-Elberfeld (34)	105,7
MQ 10	104,9

Anhang B q-v-Diagramme und Kapazitätsverteilungen

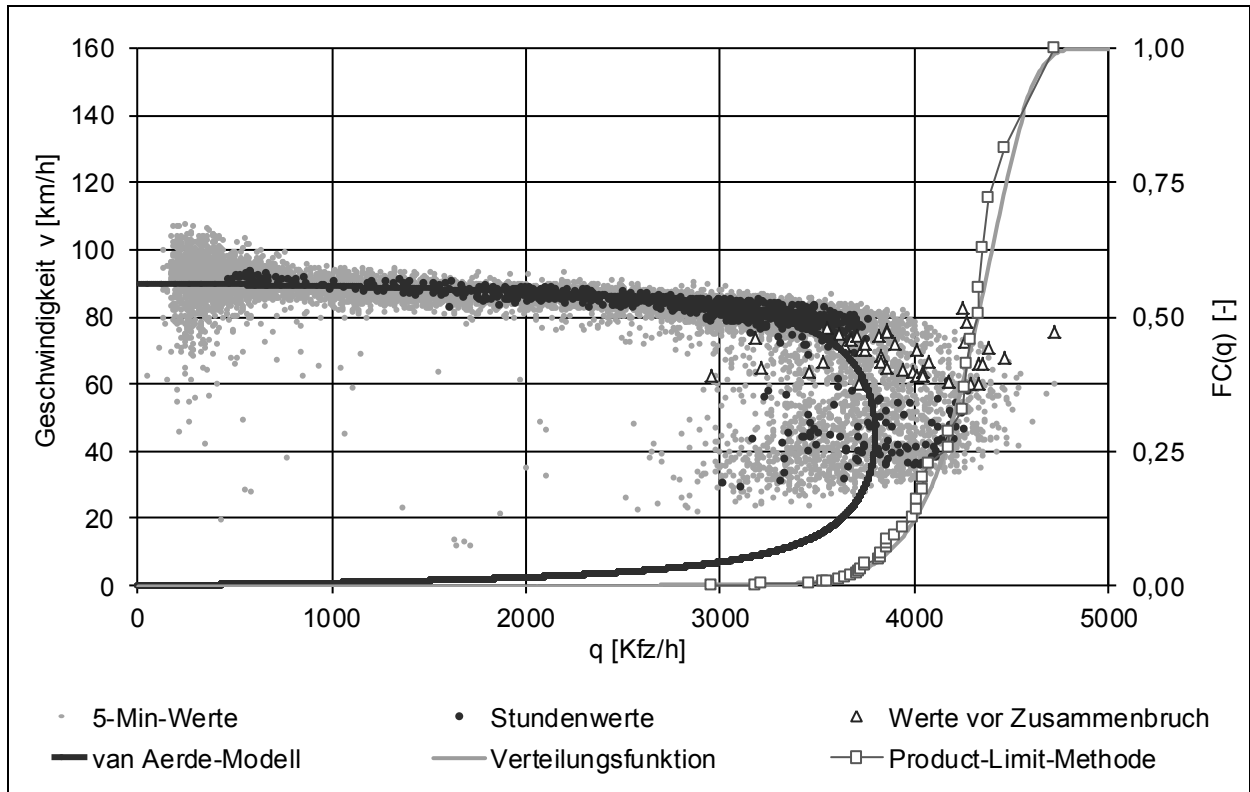


Bild B-1: Messquerschnitt MQ 170 der Untersuchungsstrecke Duisburg

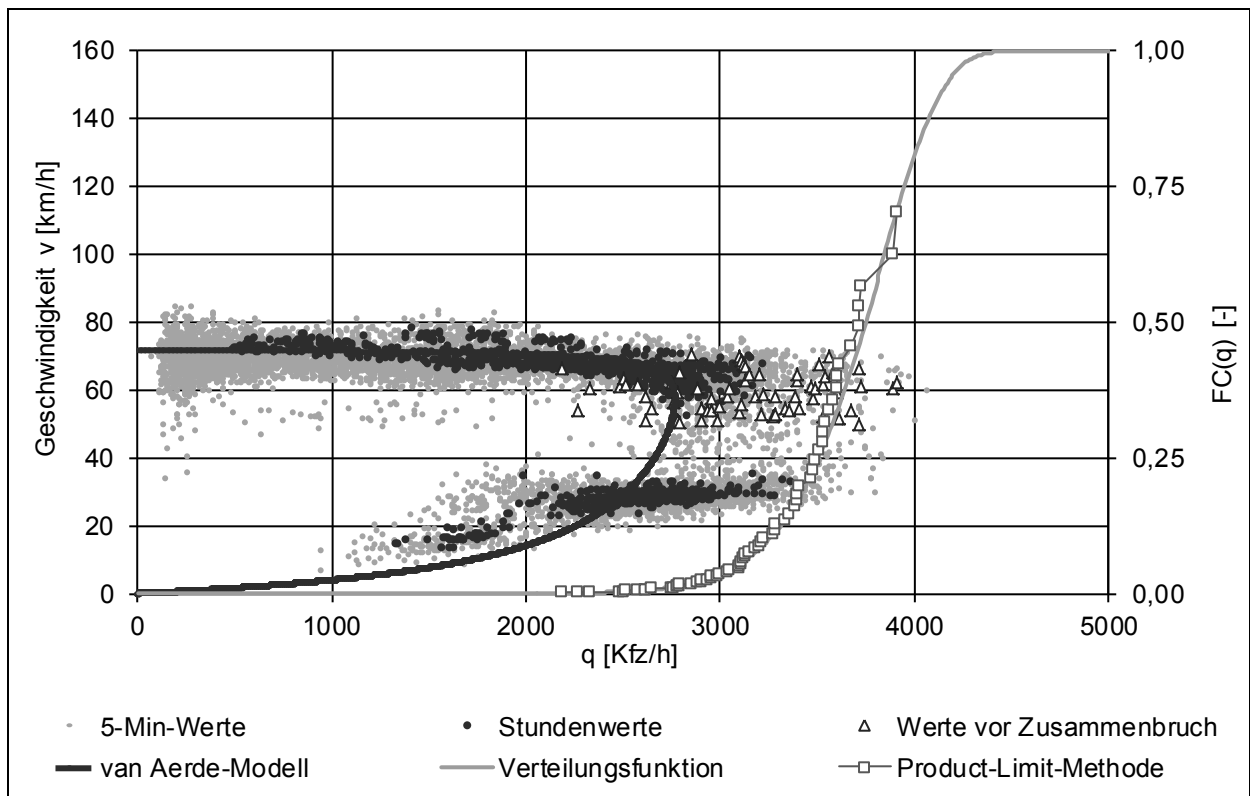


Bild B-2: Messquerschnitt MQ 21 der Untersuchungsstrecke Essen

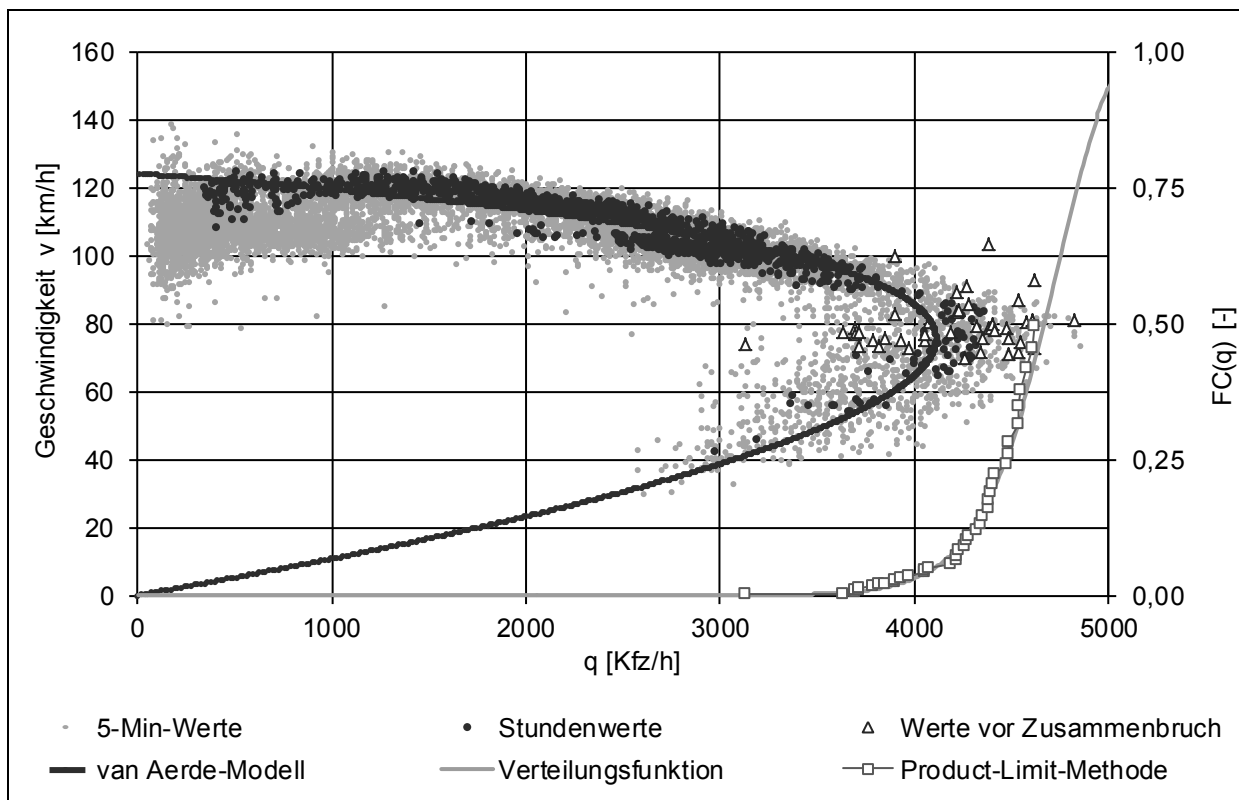


Bild B-3: Messquerschnitt MQ 140 der Untersuchungsstrecke Krefeld

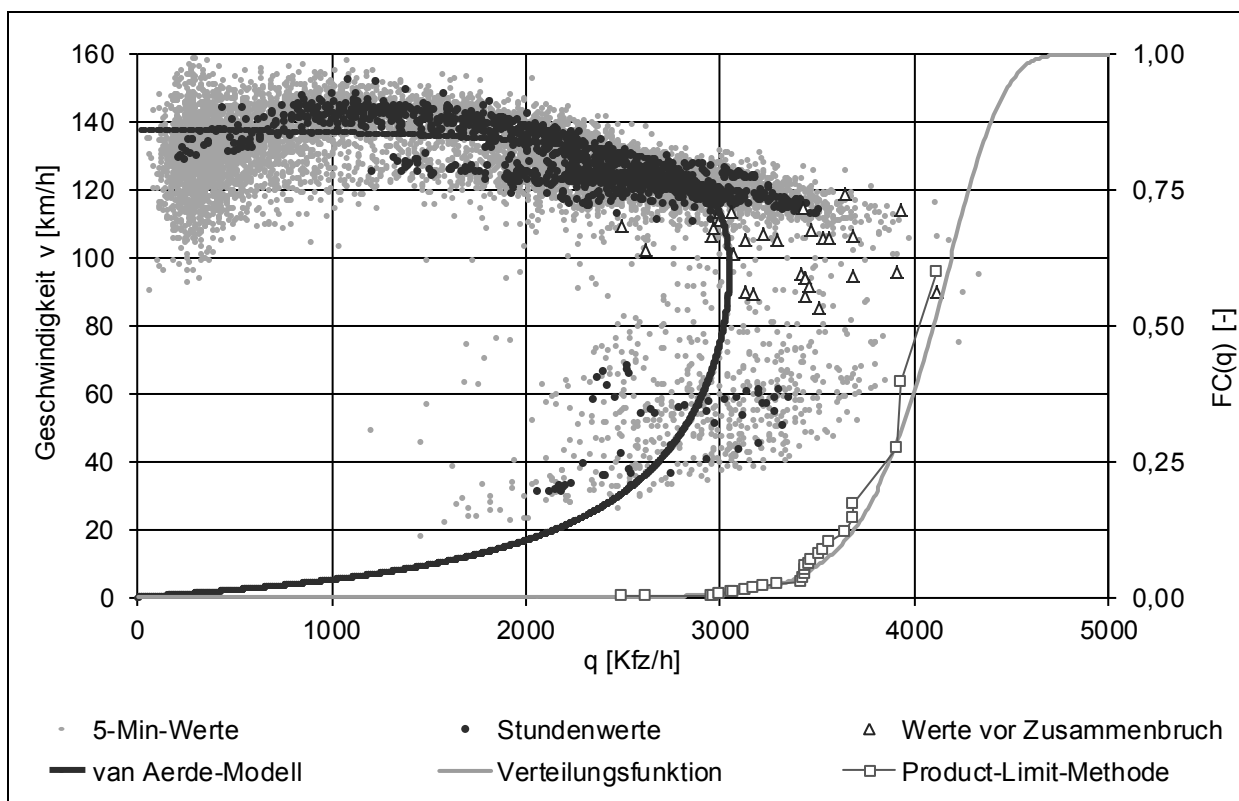


Bild B-4: Messquerschnitt MQ 1445 der Untersuchungsstrecke Unna

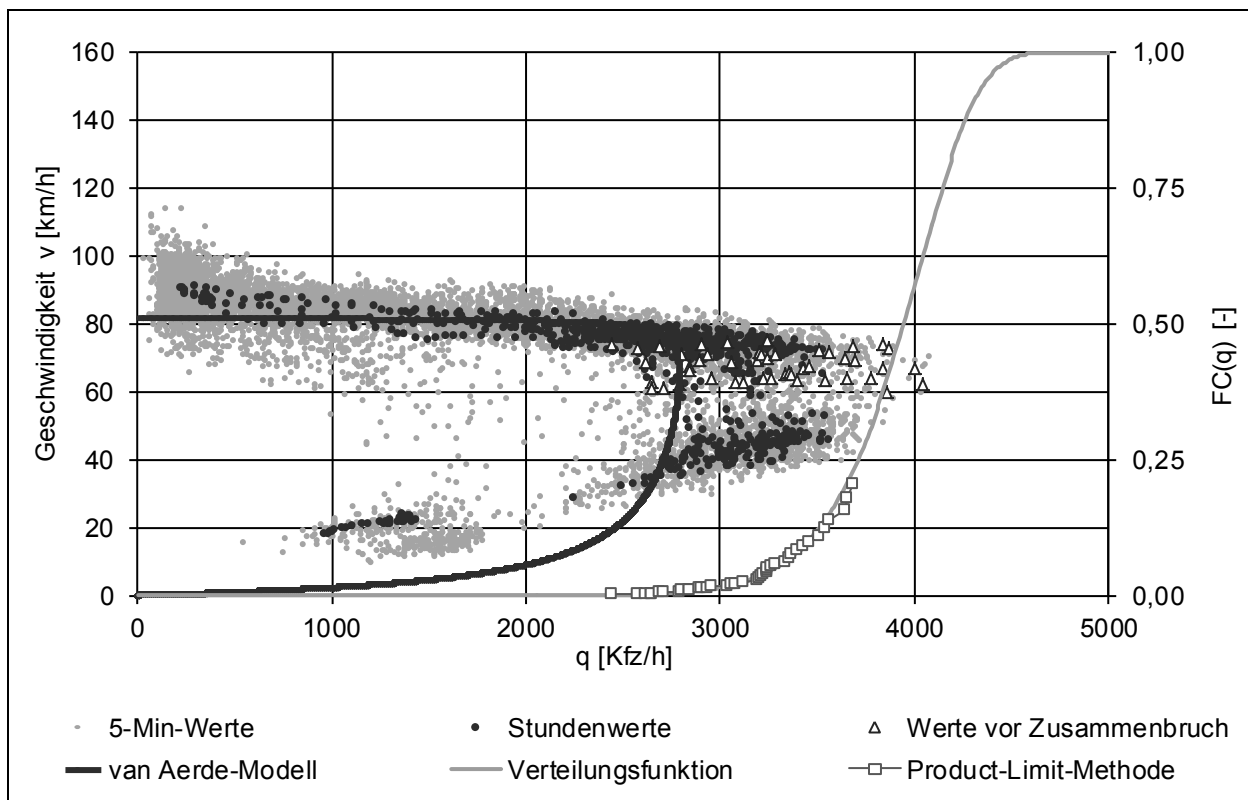
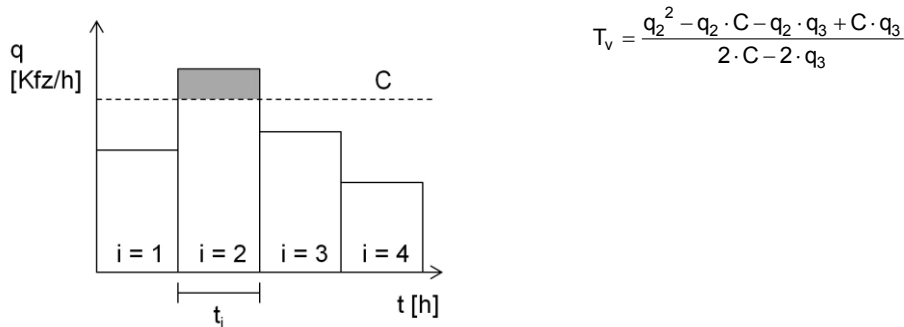


Bild B-5: Messquerschnitt MQ 10 der Untersuchungsstrecke Wuppertal

Anhang C Nachweis der Übereinstimmung der Zeitverluste nach dem deterministischen Warteschlangenmodell und dem Kontiuumsmodell

Betrachtet wird das folgende Szenario mit einer Kapazitätsüberschreitung im Intervall $i=2$. Die Berechnung der Gesamtzeitverluste T_v nach Kontiuumsmodell und Warteschlangentheorie führen zu einem identischen Ergebnis.



Zeitverlust nach dem Kontiuumsmodell für das Intervall $i=2$:

$$\begin{aligned} L_2 &= \frac{1}{\frac{1}{|u_{F2S2}|} + \frac{1}{u_{F2F3}}} = \frac{1}{\frac{u_{F2F3}}{|u_{F2S2}| \cdot u_{F2F3}} + \frac{|u_{F2S2}|}{u_{F2F3} \cdot |u_{F2S2}|}} = \frac{1}{\frac{u_{F2F3} + |u_{F2S2}|}{u_{F2F3} \cdot |u_{F2S2}|}} = \frac{u_{F2F3} \cdot |u_{F2S2}|}{u_{F2F3} + |u_{F2S2}|} = \frac{100 \cdot |u_{F2S2}|}{100 + |u_{F2S2}|} \\ &= \frac{100 \cdot \left| \frac{C - q_2}{40 - \frac{q_2}{100}} \right|}{100 + \left| \frac{C - q_2}{40 - \frac{q_2}{100}} \right|} = \frac{100 \cdot |C - q_2|}{100 \cdot \left| \frac{C - q_2}{40 - \frac{q_2}{100}} \right| + |C - q_2|} = \frac{100 \cdot (q_2 - C)}{100 \cdot \left(\frac{C - q_2}{40 - \frac{q_2}{100}} \right) + (q_2 - C)} = \frac{100 \cdot (q_2 - C)}{2,5 \cdot C - q_2 + q_2 - C} = \frac{100 \cdot (q_2 - C)}{1,5 \cdot C} \\ &= \frac{200 \cdot (q_2 - C)}{3 \cdot C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{2,1} &= \frac{L_2}{|u_{F2S2}|} = \frac{u_{F2F3} \cdot |u_{F2S2}|}{u_{F2F3} + |u_{F2S2}|} \cdot \frac{1}{|u_{F2S2}|} = \frac{u_{F2F3}}{u_{F2F3} + |u_{F2S2}|} = \frac{100}{100 + |u_{F2S2}|} = \frac{100}{100 + \left| \frac{C - q_2}{40 - \frac{q_2}{100}} \right|} \\ &= \frac{100 \cdot \left(\frac{C - q_2}{40 - \frac{q_2}{100}} \right)}{100 \cdot \left(\frac{C - q_2}{40 - \frac{q_2}{100}} \right) + (q_2 - C)} = \frac{2,5 \cdot C - q_2}{2,5 \cdot C - q_2 + q_2 - C} = \frac{2,5 \cdot C - q_2}{1,5 \cdot C} = \frac{5 \cdot C - 2 \cdot q_2}{3 \cdot C} \end{aligned}$$

$$t_{2,2} = 1 - t_{2,1} = 1 - \frac{5 \cdot C - 2 \cdot q_2}{3 \cdot C} = \frac{3 \cdot C - 5 \cdot C + 2 \cdot q_2}{3 \cdot C} = \frac{-2 \cdot C + 2 \cdot q_2}{3 \cdot C} = \frac{2 \cdot (q_2 - C)}{3 \cdot C}$$

$$F_2 = 0,5 \cdot L_2 \cdot t_2 = 0,5 \cdot \frac{200 \cdot (q_2 - C)}{3 \cdot C} \cdot 1 = \frac{100 \cdot (q_2 - C)}{3 \cdot C}$$

$$\begin{aligned} t_{v2} &= F_2 \cdot q_2 \cdot \left(\frac{1}{40} - \frac{1}{100} \right) = \frac{100 \cdot (q_2 - C)}{3 \cdot C} \cdot q_2 \cdot \left(\frac{1}{40} - \frac{1}{100} \right) = \frac{100 \cdot q_2^2 - 100 \cdot C \cdot q_2}{3 \cdot C} \cdot \frac{3}{200} = \frac{300 \cdot q_2^2 - 300 \cdot C \cdot q_2}{600 \cdot C} \\ &= \frac{q_2^2 - C \cdot q_2}{2 \cdot C} \end{aligned}$$

Zeitverlust nach dem Kontinuumsmodell für das Intervall $i=3$:

$$\begin{aligned}
 t_{3,1} &= \frac{L_2}{|u_{F3S3}|} - t_{2,2} = \frac{u_{F2F3} \cdot |u_{F2S2}|}{u_{F2F3} + |u_{F2S2}|} \cdot \frac{1}{|u_{F3S3}|} - \frac{|u_{F2S2}|}{u_{F2F3} + |u_{F2S2}|} = \frac{u_{F2F3} \cdot |u_{F2S2}|}{(u_{F2F3} + |u_{F2S2}|) \cdot |u_{F3S3}|} - \frac{|u_{F2S2}|}{u_{F2F3} + |u_{F2S2}|} \\
 &= \frac{u_{F2F3} \cdot |u_{F2S2}| - |u_{F2S2}| \cdot |u_{F3S3}|}{u_{F2F3} \cdot |u_{F3S3}| + |u_{F2S2}| \cdot |u_{F3S3}|} = \frac{|u_{F2S2}| \cdot (u_{F2F3} - |u_{F3S3}|)}{|u_{F3S3}| \cdot (u_{F2F3} + |u_{F2S2}|)} \\
 F_3 &= 0,5 \cdot L_2 \cdot t_{3,1} = 0,5 \cdot \frac{u_{F2F3} \cdot |u_{F2S2}|}{u_{F2F3} + |u_{F2S2}|} \cdot \frac{|u_{F2S2}| \cdot (u_{F2F3} - |u_{F3S3}|)}{|u_{F3S3}| \cdot (u_{F2F3} + |u_{F2S2}|)} = \frac{0,5 \cdot |u_{F2S2}|^2 \cdot u_{F2F3} \cdot (u_{F2F3} - |u_{F3S3}|)}{|u_{F3S3}| \cdot (u_{F2F3} + |u_{F2S2}|)^2} \\
 &= \frac{0,5 \cdot |u_{F2S2}|^2 \cdot 100 \cdot (u_{F2F3} - |u_{F3S3}|)}{|u_{F3S3}| \cdot (100 + |u_{F2S2}|)^2} = \frac{50 \cdot |u_{F2S2}|^2 \cdot (100 - |u_{F3S3}|)}{|u_{F3S3}| \cdot (100 + |u_{F2S2}|)^2} = \frac{|u_{F2S2}|^2 \cdot (5000 - 50 \cdot |u_{F3S3}|)}{|u_{F3S3}| \cdot (10000 + 200 \cdot |u_{F2S2}| + |u_{F2S2}|^2)} \\
 &= \frac{|u_{F2S2}| \cdot (5000 - 50 \cdot |u_{F3S3}|)}{|u_{F3S3}| \cdot \left(10000 \cdot \frac{1}{|u_{F2S2}|} + 200 + |u_{F2S2}| \right)} \\
 &= \frac{\left(\frac{q_2 - C}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)} \right) \cdot \left(5000 - 50 \cdot \left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \right)}{\left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \cdot \left(10000 \cdot \frac{1}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)} + 200 + \left(\frac{q_2 - C}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)} \right) \right)} \\
 &= \frac{\left(q_2 - C \right) \cdot \left(5000 - 50 \cdot \left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \right)}{\left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \cdot \left(10000 \cdot \frac{1}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)} + 200 + \left(\frac{q_2 - C}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)} \right) \right)} \\
 &= \frac{\left(q_2 - C \right) \cdot \left(5000 - 50 \cdot \left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \right)}{\left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \cdot \left(10000 \cdot \frac{1}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)} + 200 + \left(\frac{q_2 - C}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)} \right) \right)} \\
 &= \frac{\left(q_2 - C \right) \cdot \left(5000 - 50 \cdot \left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \right)}{\left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \cdot \left(10000 \cdot \frac{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)^2}{\left(q_2 - C \right)} + 200 \cdot \left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right) + \left(q_2 - C \right) \right)} \\
 &= \frac{\left(q_2 - C \right) \cdot \left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right) \cdot \left(5000 - 50 \cdot \left(\frac{C - q_3}{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right)} \right) \right)}{\left(C - q_3 \right) \cdot \left(10000 \cdot \frac{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)^2}{\left(q_2 - C \right)} + 200 \cdot \left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right) + \left(q_2 - C \right) \right)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(q_2 - C) \cdot \left(5000 \cdot \left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right) - 50 \cdot (C - q_3) \right)}{(C - q_3) \cdot \left[10000 \cdot \frac{\left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)^2}{(q_2 - C)} + 200 \cdot \left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right) + (q_2 - C) \right]} \\
&= \frac{(q_2 - C)^2 \cdot \left[5000 \cdot \left(\frac{C}{40} - \frac{q_3}{100} \right) - 50 \cdot (C - q_3) \right]}{(C - q_3) \cdot \left[10000 \cdot \left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{C}{40} - \frac{q_2}{100} \right) \cdot (q_2 - C) + (q_2 - C)^2 \right]} \\
&= \frac{(q_2^2 - 2 \cdot C \cdot q_2 + C^2) \cdot \left(\frac{5000 \cdot C}{40} - \frac{5000 \cdot q_3}{100} - 50 \cdot C + 50 \cdot q_3 \right)}{(C - q_3) \cdot \left[10000 \cdot \left(\frac{C^2}{40^2} - \frac{2 \cdot C \cdot q_2}{4000} + \frac{q_2^2}{100^2} \right) + \left(\frac{200 \cdot C}{40} - \frac{200 \cdot q_2}{100} \right) \cdot (q_2 - C) + q_2^2 - 2 \cdot q_2 \cdot C + C^2 \right]} \\
&= \frac{(q_2^2 - 2 \cdot C \cdot q_2 + C^2) \cdot (125 \cdot C - 50 \cdot q_3 - 50 \cdot C + 50 \cdot q_3)}{(C - q_3) \cdot \left[\left(\frac{10000 \cdot C^2}{1600} - \frac{20000 \cdot C \cdot q_2}{4000} + \frac{10000 \cdot q_2^2}{10000} \right) + (5 \cdot C - 2 \cdot q_2) \cdot (q_2 - C) + q_2^2 - 2 \cdot q_2 \cdot C + C^2 \right]} \\
&= \frac{(q_2^2 - 2 \cdot C \cdot q_2 + C^2) \cdot 75 \cdot C}{(C - q_3) \cdot \left[(6,25 \cdot C^2 - 5 \cdot C \cdot q_2 + q_2^2) + (5 \cdot C \cdot q_2 - 5 \cdot C^2 - 2 \cdot q_2^2 + 2 \cdot q_2 \cdot C) + q_2^2 - 2 \cdot q_2 \cdot C + C^2 \right]} \\
&= \frac{(q_2^2 - 2 \cdot C \cdot q_2 + C^2) \cdot 75 \cdot C}{(C - q_3) \cdot 2,25 \cdot C^2} = \frac{75 \cdot C \cdot (q_2 - C)^2}{2,25 \cdot C^2 \cdot (C - q_3)} = \frac{300 \cdot C \cdot (q_2 - C)^2}{9 \cdot C^2 \cdot (C - q_3)} = \frac{100 \cdot C \cdot (q_2 - C)^2}{3 \cdot C^2 \cdot (C - q_3)} \\
t_{v3} &= F_3 \cdot q_3 \cdot \left(\frac{1}{40} - \frac{1}{100} \right) = \frac{100 \cdot C \cdot (q_2 - C)^2}{3 \cdot C^2 \cdot (C - q_3)} \cdot q_3 \cdot \left(\frac{1}{40} - \frac{1}{100} \right) = \frac{300 \cdot C \cdot q_3 \cdot (q_2 - C)^2}{600 \cdot C^2 \cdot (C - q_3)} = \frac{C \cdot q_3 \cdot (q_2 - C)^2}{2 \cdot C^2 \cdot (C - q_3)}
\end{aligned}$$

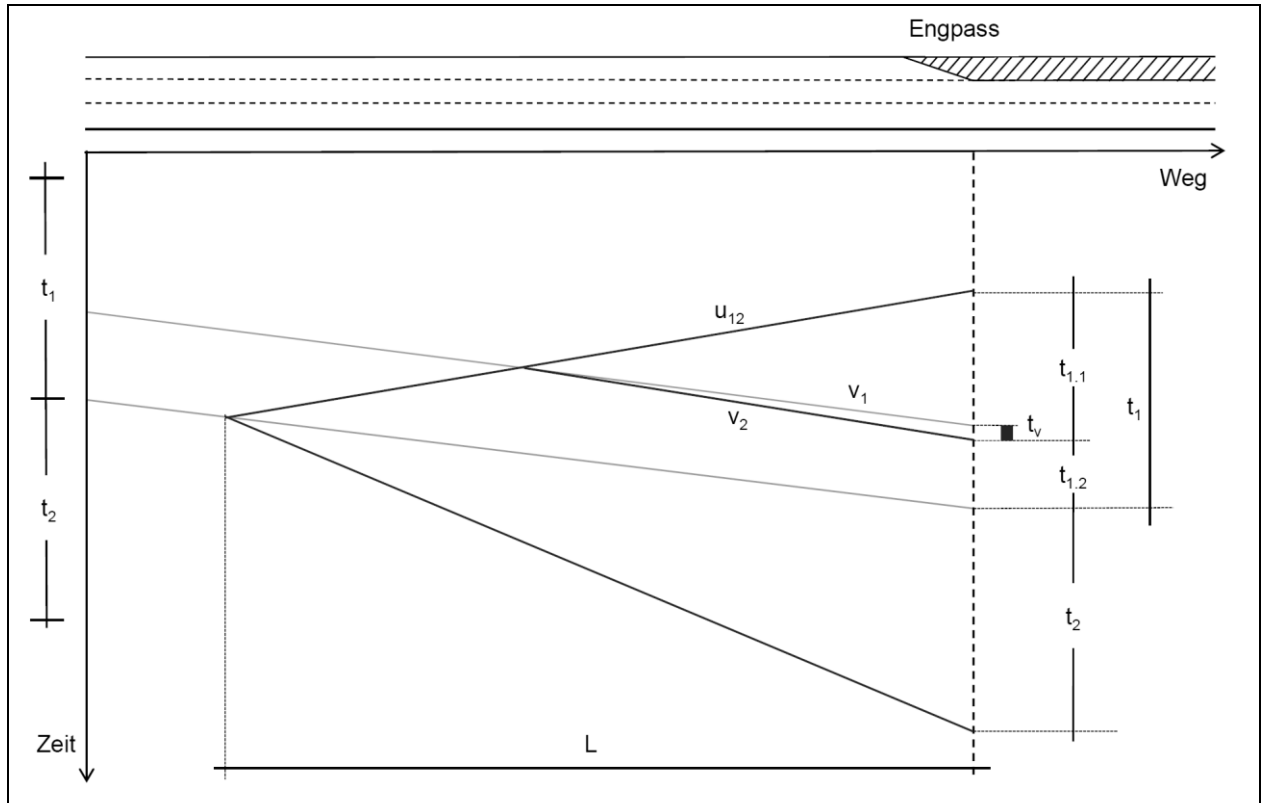
Gesamtzeitverluste nach dem Kontinuumsmodell

$$\begin{aligned}
T_v &= t_{v2} + t_{v3} = \frac{q_2^2 - C \cdot q_2}{2 \cdot C} + \frac{C \cdot q_3 \cdot (q_2 - C)^2}{2 \cdot C^2 \cdot (C - q_3)} = \frac{(q_2^2 - C \cdot q_2) \cdot (C^2 - q_3 \cdot C) + C \cdot q_3 \cdot (q_2 - C)^2}{2 \cdot C^2 \cdot (C - q_3)} \\
&= \frac{(q_2^2 - C \cdot q_2) \cdot (C^2 - q_3 \cdot C) + C \cdot q_3 \cdot (q_2 - C)^2}{2 \cdot C^3 - 2 \cdot C^2 \cdot q_3} \\
&= \frac{(C^2 \cdot q_2^2 - C^3 \cdot q_2 - q_2^2 \cdot q_3 \cdot C + C^2 \cdot q_2 \cdot q_3) + C \cdot q_3 \cdot (q_2^2 - 2 \cdot C \cdot q_2 + C^2)}{C \cdot (2 \cdot C^2 - 2 \cdot C \cdot q_3)} \\
&= \frac{C \cdot q_2^2 - C^2 \cdot q_2 - q_2^2 \cdot q_3 + C \cdot q_2 \cdot q_3 + q_3 \cdot q_2^2 - 2 \cdot C \cdot q_2 \cdot q_3 + C^2 \cdot q_3}{C \cdot (2 \cdot C - 2 \cdot q_3)} \\
&= \frac{q_2^2 - q_2 \cdot C + q_2 \cdot q_3 - 2 \cdot q_2 \cdot q_3 + C \cdot q_3}{2 \cdot C - 2 \cdot q_3} = \frac{q_2^2 - q_2 \cdot C - q_2 \cdot q_3 + C \cdot q_3}{2 \cdot C - 2 \cdot q_3}
\end{aligned}$$

Gesamtzeitverlust nach der Warteschlangentheorie

$$\begin{aligned}
T_v &= 0,5 \cdot (N_1 + N_2) \cdot dt + 0,5 \cdot \frac{N_2}{|Z_3|} \cdot N_2 \cdot dt = 0,5 \cdot [0 + (0 + Z_2)] \cdot 1 + 0,5 \cdot \frac{(0 + Z_2)}{|q_3 - C|} \cdot (0 + Z_2) \cdot 1 \\
&= 0,5 \cdot (q_2 - C) + 0,5 \cdot \frac{q_2 - C}{C - q_3} \cdot (q_2 - C) = 0,5 \cdot \left[(q_2 - C) + \frac{(q_2 - C)^2}{C - q_3} \right] \\
&= 0,5 \cdot \left[\frac{(q_2 - C) \cdot (C - q_3) + (q_2 - C)^2}{C - q_3} \right] = 0,5 \cdot \frac{q_2 \cdot C - C^2 - q_2 \cdot q_3 + C \cdot q_3 + q_2^2 - 2 \cdot C \cdot q_2 + C^2}{C - q_3} \\
&= \frac{q_2^2 - q_2 \cdot C - q_2 \cdot q_3 + C \cdot q_3}{2 \cdot C - 2 \cdot q_3}
\end{aligned}$$

Anhang D Nachweis der Unabhängigkeit der Verlustzeitberechnung nach der Kontinuumstheorie von der Geschwindigkeit im Stau und der Geschwindigkeit im fließenden Verkehr

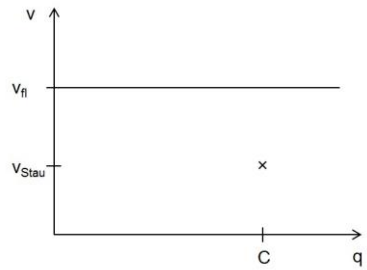


$$u_{12} = \frac{q_2 - q_1}{k_2 - k_1}$$

$$L = \frac{t}{\frac{1}{v_2} - \frac{1}{u_{12}}}$$

Zustand 1: fließender Verkehr
Zustand 2: gestauter Verkehr

Annahme: horizontaler Verlauf des oberen Astes des q-v-Diagramms



$$t_v = L \cdot \left(\frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right)$$

$$= t \cdot \frac{\frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1}}{\frac{1}{v_2} - \frac{1}{u_{12}}}$$

$$= t \cdot \frac{v_2 \cdot v_1}{v_2 \cdot u_{12} - v_1 \cdot u_{12}}$$

$$= t \cdot \frac{v_2 \cdot v_1}{\frac{1}{v_2} - \frac{1}{k_2 - k_1} \cdot \frac{q_2 - q_1}}{v_2 \cdot \frac{1}{v_2} - v_1 \cdot \frac{1}{v_2}}$$

$$= t \cdot \frac{1 - \frac{v_2}{v_1}}{1 - \frac{q_2 - k_1 \cdot v_2}{q_2 - q_1}}$$

$$= t \cdot \frac{1 - \frac{v_2}{v_1}}{1 - \frac{1 - k_1/k_2}{1 - q_1/q_2}}$$

$$= t \cdot \frac{1 - \frac{q_2 \cdot k_1}{q_1 \cdot k_2}}{1 - \frac{1 - k_1/k_2}{1 - q_1/q_2}}$$

$$= t \cdot \frac{1 - \frac{q_2 \cdot k_1}{q_1 \cdot k_2}}{1 - \frac{1 - q_1/q_2 - 1 + k_1/k_2}{1 - q_1/q_2}}$$

$$= t \cdot \frac{\left(1 - \frac{q_2 \cdot k_1}{q_1 \cdot k_2} \right) \cdot \left(1 - \frac{q_1}{q_2} \right)}{k_1/k_2 - q_1/q_2}$$

$$= t \cdot \left(1 - \frac{q_1}{q_2} \right) \cdot \frac{\left(1 - \frac{q_2 \cdot k_1}{q_1 \cdot k_2} \right)}{-q_1/q_2 \cdot (-k_1/k_2 \cdot q_2/q_1 + 1)}$$

$$= t \cdot \left(1 - \frac{q_1}{q_2} \right) \cdot (-q_2/q_1)$$

$$= t \cdot \left(1 - \frac{q_2}{q_1} \right)$$

Anhang E Ganglinien der Zeitverluste nach dem deterministischen Warteschlangenmodell in Stunden-Intervallen

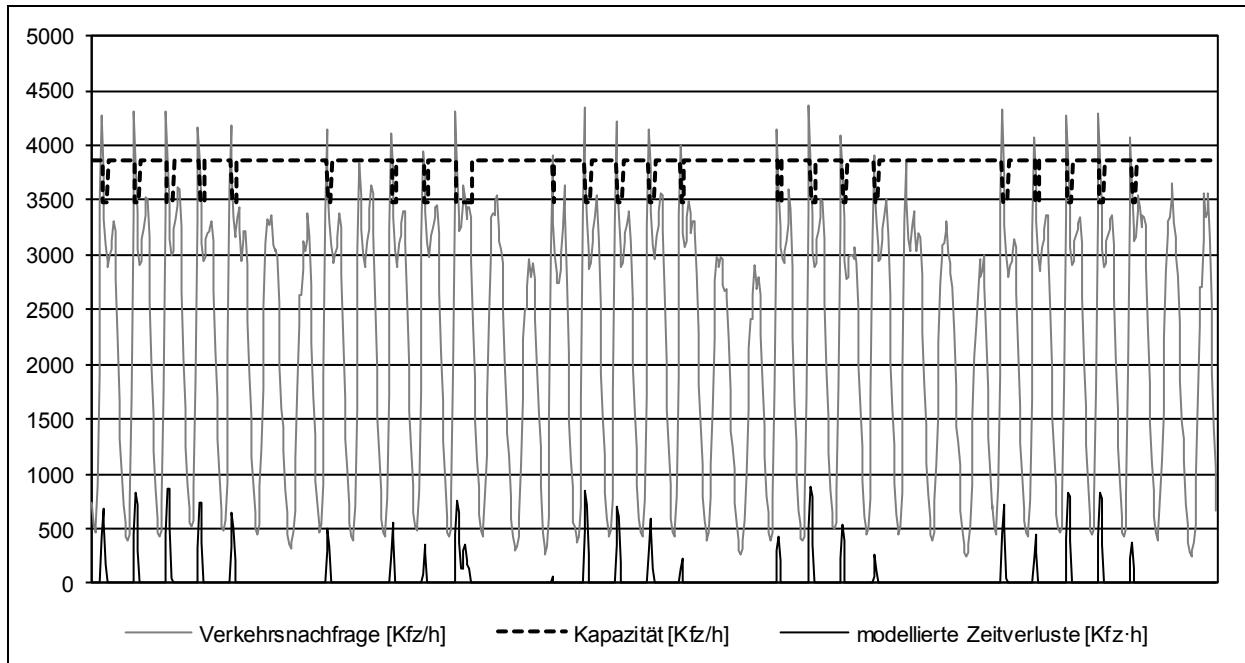


Bild E-1: Ermittlung der Rückstaulängen an der Untersuchungsstrecke Duisburg

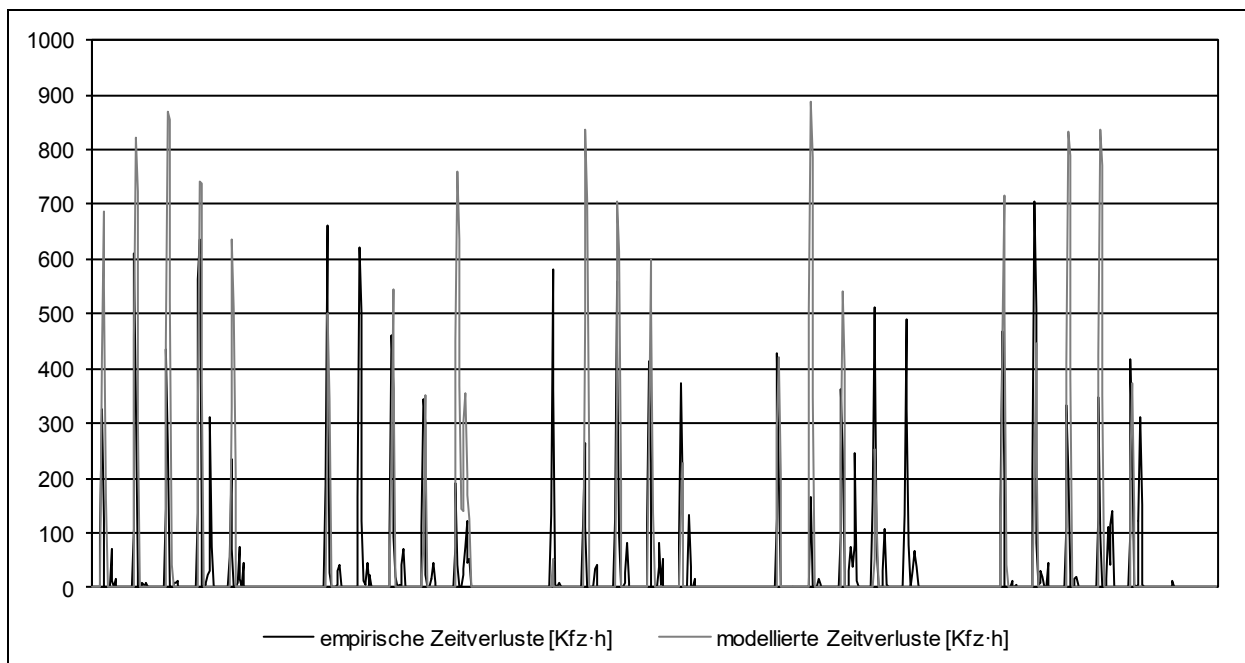


Bild E-2: Empirisch und modellbasiert ermittelte Zeitverluste an der Untersuchungsstrecke Duisburg

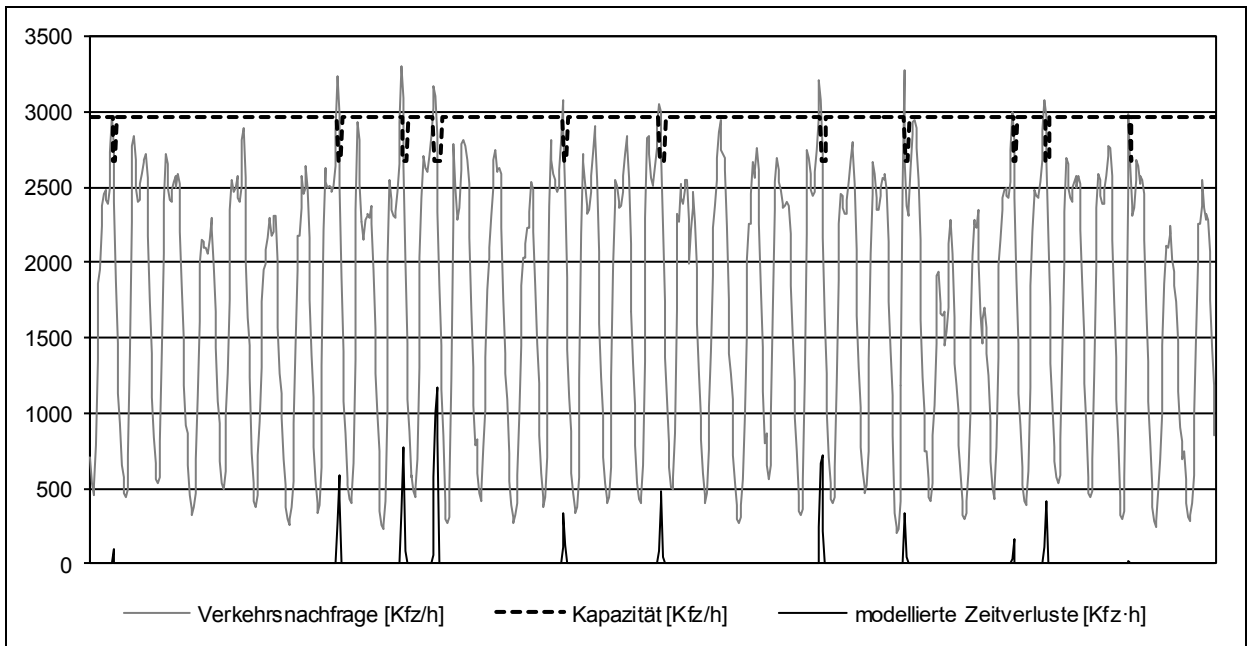


Bild E-3: Ermittlung der Rückstaulängen an der Untersuchungsstrecke Essen

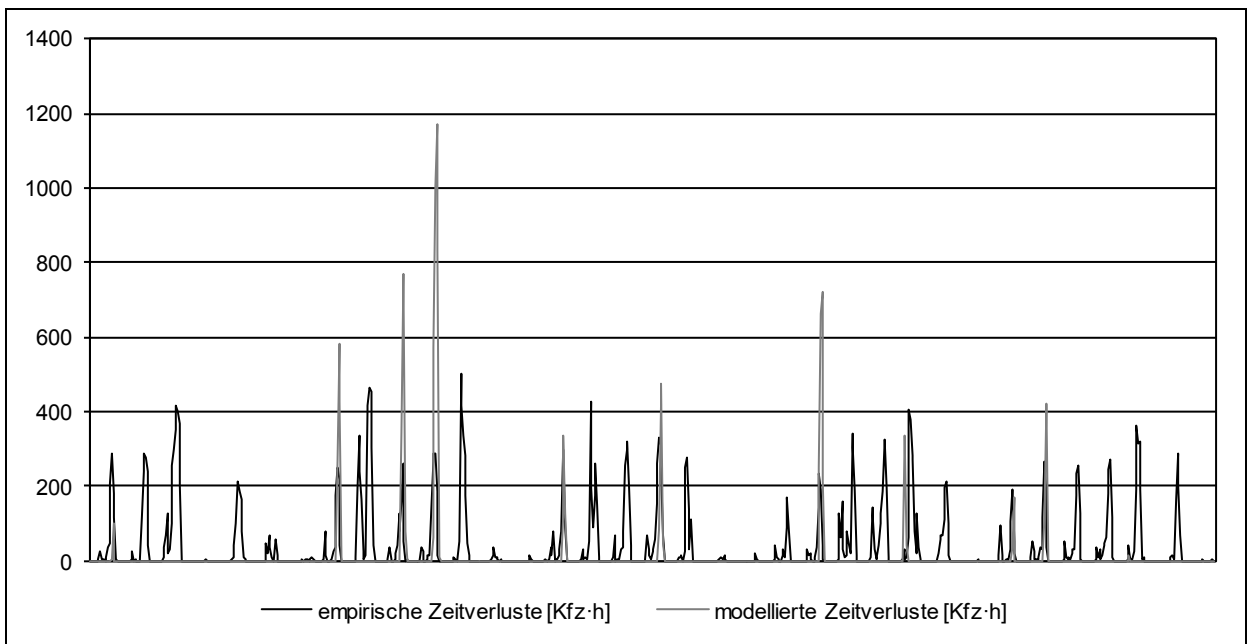


Bild E-4: Empirisch und modellbasiert ermittelte Zeitverluste an der Untersuchungsstrecke Essen

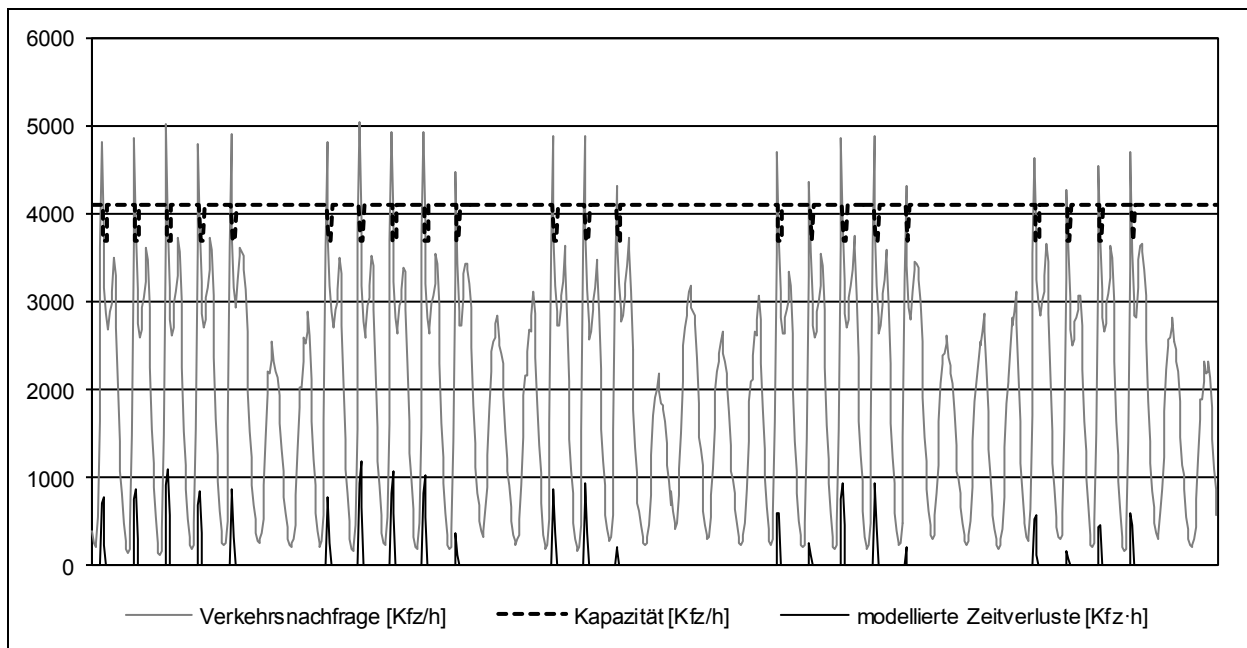


Bild E-5: Ermittlung der Rückstaulängen an der Untersuchungsstrecke Krefeld

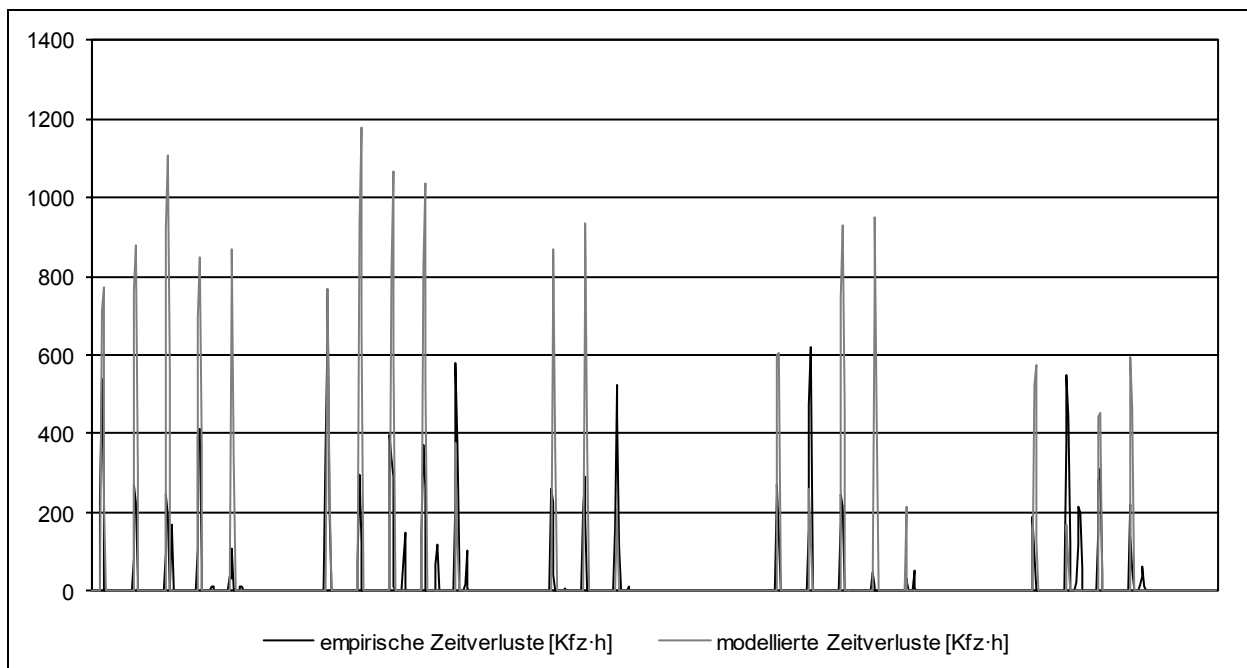


Bild E-6: Empirisch und modellbasiert ermittelte Zeitverluste an der Untersuchungsstrecke Krefeld

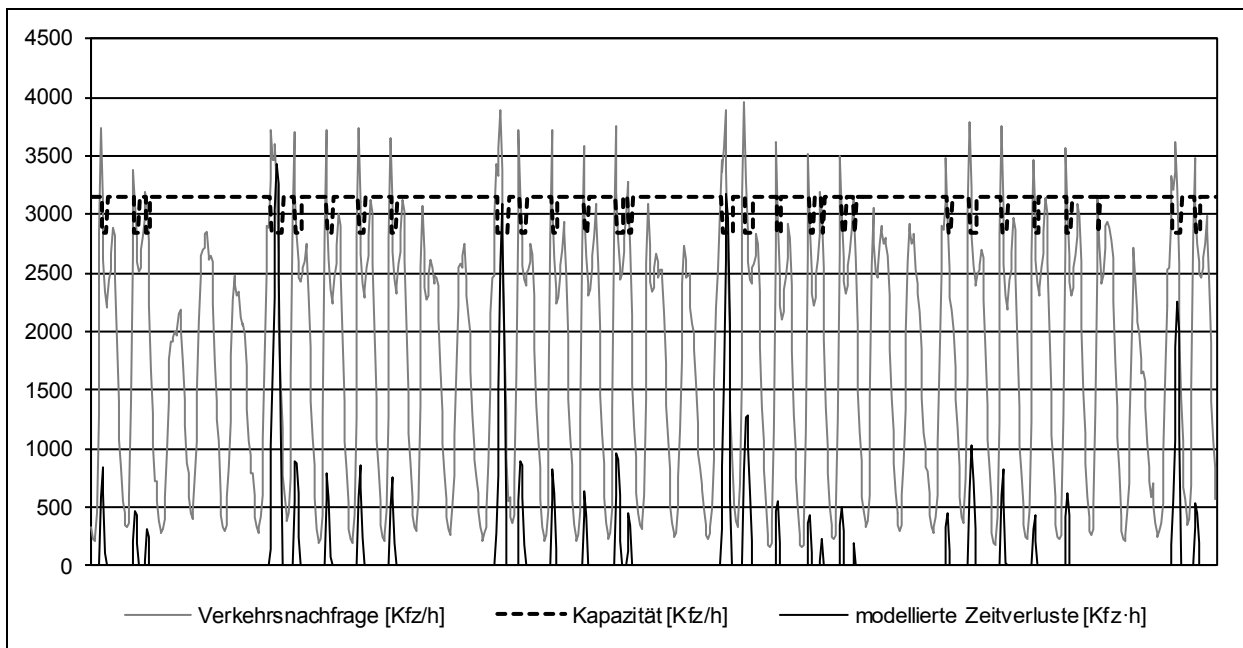


Bild E-7: Ermittlung der Rückstaulängen an der Untersuchungsstrecke Unna

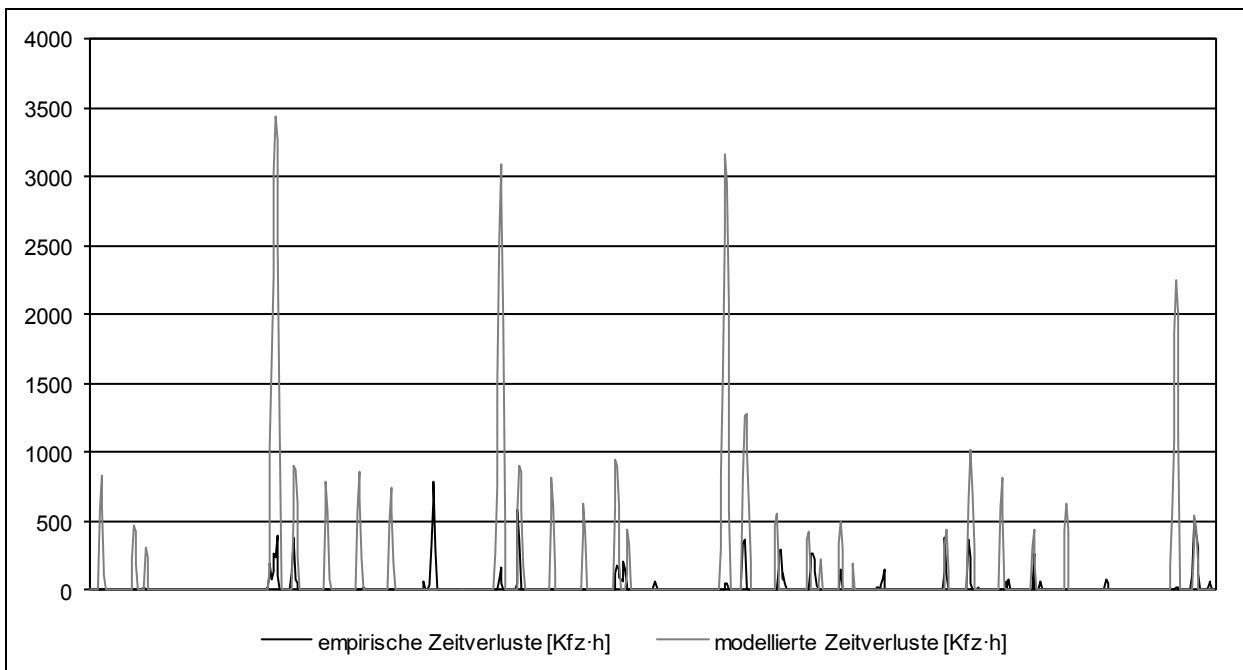


Bild E-8: Empirisch und modellbasiert ermittelte Zeitverluste an der Untersuchungsstrecke Unna

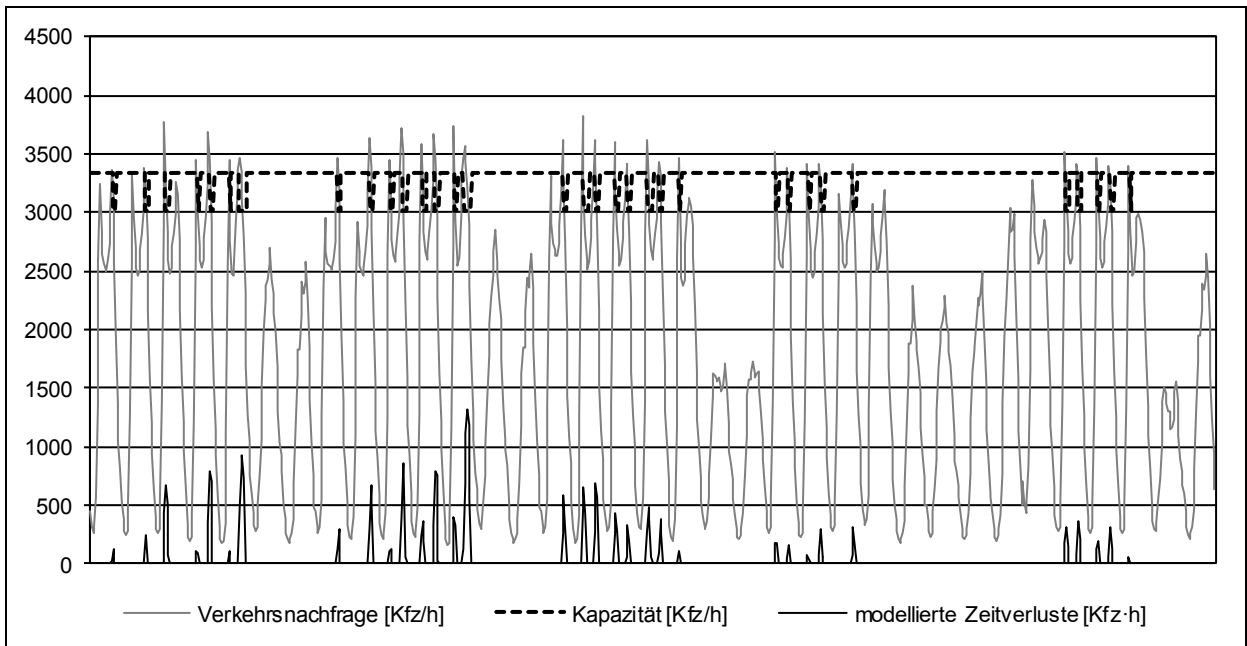


Bild E-9: Ermittlung der Rückstaulängen an der Untersuchungsstrecke Wuppertal

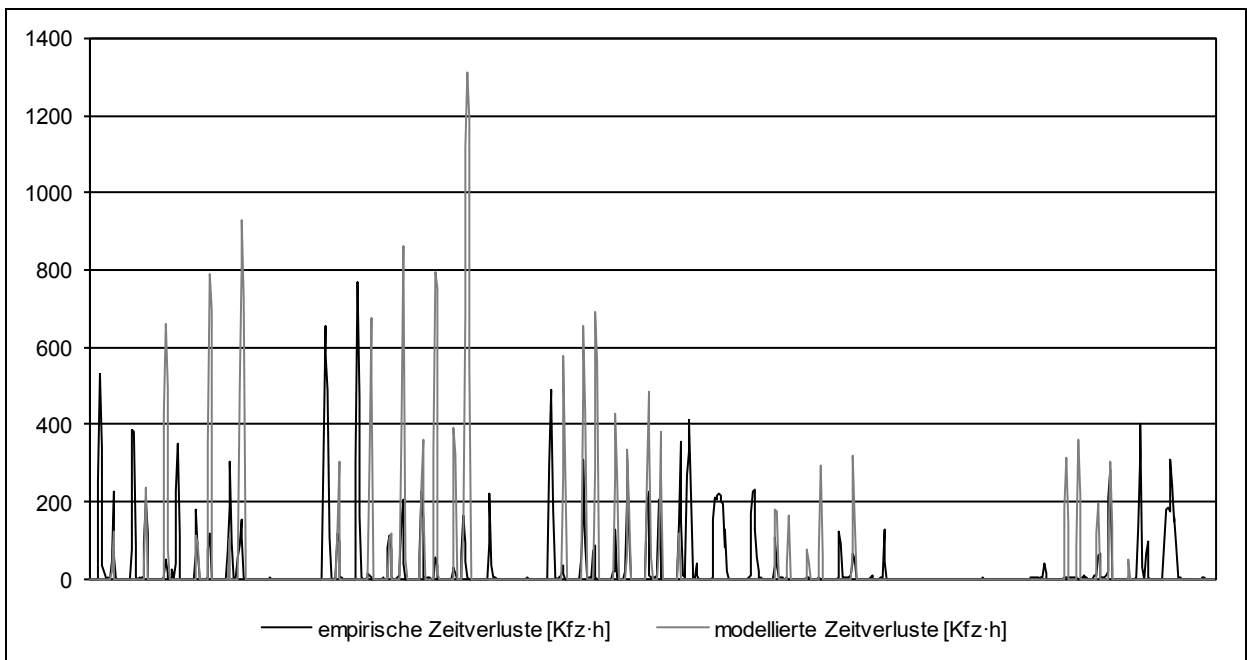


Bild E-10: Empirisch und modellbasiert ermittelte Zeitverluste an der Untersuchungsstrecke Wuppertal