

## Ausbau Flughafen Frankfurt Main

# B

### Planteil B 2 Erläuterungsbericht Verkehrsanlagen Anlagenteil

Frankfurt, 23. August 2004

---



## Ausbau Flughafen Frankfurt Main

# B

### Planteil B 2 Erläuterungsbericht Verkehrsanlagen Anlagenteil

---

Ersteller  
ARGE Verkehr  
Lahmeyer International  
Kocks Consult  
Spiekermann



## Inhalt

<b>9</b>	<b>Anhang</b>	<b>7</b>
9.1	Berechnungen / Nachweise zum Kapitel 3	7
9.1.1	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus im Bereich Nordwest – Okrifteler Straße	7
9.1.2	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus im Bereich Nordwest – Airportring	8
9.1.3	Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach Verfahren AKF	10
9.1.4	Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach KNOSIMO	22
9.1.5	Bemessung von Versickerungsanlagen	24
9.1.6	Lüftungsgutachten für den Tunnel unter der Landebahn Nordwest	37
9.2	Berechnungen / Nachweise zum Kapitel 4	65
9.2.1	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus im Bereich Südwest	65
9.2.2	Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF	66
9.2.3	Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach KNOSIMO	70
9.2.4	Bemessung von Versickerungsanlagen	72
9.3	Berechnungen / Nachweise zum Kapitel 5	77
9.3.1	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus: Bereich AS Zeppelinheim und Verlängerung der L 3262	77
9.3.2	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus: Ellis-Road	78
9.3.3	Nachweis zur Bemessung des Oberbaus: Querspange	79
9.3.4	Bemessung der Verflechtungslängen im Südbereich	80
9.3.5	Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach Verfahren AKF	82
9.3.6	Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach KNOSIMO	94
9.3.7	Bemessung von Versickerungsanlagen	98
9.4	Berechnungen / Nachweise zum Kapitel 6	123
9.4.1	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim (Querschnitt I-I, Ausfahrstreifen)	123
9.4.2	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim (Querschnitt II-II, Fahrbahn von CCS)	124
9.4.3	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim (Querschnitt II-II, Fahrbahn zur CCS bzw. nach Zeppelinheim)	125
9.4.4	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim (Querschnitt III-III, Einfahrstreifen)	126
9.4.5	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim (Querschnitt III-III, Verteilerfahrbahn)	127
9.4.6	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim (Querschnitt IV-IV, Verteilerfahrbahn in Rampe von CCS)	128
9.4.7	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AK Frankfurt (Querschnitt I-I, Verflechtungsfahrbahn parallel der BAB 3)	129
9.4.8	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AK Frankfurt (Querschnitt II-II, Verbindungsrampe von BAB 3 nach BAB 5)	130
9.4.9	Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AK Frankfurt (Querschnitt III-III, Verbreiterung der BAB 5 Richtung Süden)	131
9.4.10	Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach HBS	132
9.4.11	Bemessung von Versickerungsanlagen	141
9.4.12	Nachweis der Rohrleitungen	155



## 9 Anhang

### 9.1 Berechnungen / Nachweise zum Kapitel 3

#### 9.1.1 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus im Bereich Nordwest – Okrifteler Straße

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs

Achszahlfaktor $f_A$	=	3,1
Lastkollektivquotient $q_{Bm}$	=	0,18
Fahrstreifenfaktor $f_1$	=	0,5
Fahrstreifenbreitenfaktor $f_2$	=	1,1
Steigungsfaktor $f_3$	=	1,0
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs $f_z$	=	1,141

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A$$

(DTV für den Prognosehorizont 2015 wurde als Datensatz aus [HBVC (2004)] zur Verfügung gestellt)

$$DTA^{(SV)} = 2.698 \text{ Kfz/d} \times 3,1 \text{ A}_\ddot{u}/\text{Kfz} = 8.364 \text{ A}_\ddot{u}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum N ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 8.364 \times 0,18 \times 0,5 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,141 \times 365 = 9.828.168$$

Für den Berechnungsfall ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse II. Da die Bemessungszahl im Grenzbereich zwischen Bauklasse I und II liegt, wird aufgrund des außergewöhnlich hohen LKW-Anteils von 35% und der Vereinheitlichung der Gesamtstrecke die Bauklasse I gewählt.

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	18 cm
Frostschuttschicht	<u>35 cm</u>
	65 cm

### 9.1.2 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus im Bereich Nordwest – Airportring

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs

Bereich Airportring Richtung Terminal 1 und 2

Achszahlfaktor $f_A$	=	3,1
Lastkollektivquotient $q_{Bm}$	=	0,18
Fahrstreifenfaktor $f_1$	=	0,5
Fahrstreifenbreitenfaktor $f_2$	=	1,1
Steigungsfaktor $f_3$	=	1,0
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs $f_z$	=	1,141

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A$$

(DTV für den Prognosehorizont 2015 wurde als Datensatz aus [HBVC (2004)] zur Verfügung gestellt)

$$DTA^{(SV)} = 3.164 \text{ Kfz/d} \times 3,1 \text{ A}_{\ddot{u}}/\text{Kfz} = 9.809 \text{ A}_{\ddot{u}}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum N ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 9.809 \times 0,18 \times 0,5 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,141 \times 365 = 10.110.635$$

Bereich Airportring Richtung Südwest, Tor 31

Achszahlfaktor $f_A$	=	3,1
Lastkollektivquotient $q_{Bm}$	=	0,18
Fahrstreifenfaktor $f_1$	=	0,5
Fahrstreifenbreitenfaktor $f_2$	=	1,1
Steigungsfaktor $f_3$	=	1,14
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs $f_z$	=	1,141

$$DTA^{(SV)} = 3.011 \text{ Kfz/d} \times 3,1 \text{ A}_{\ddot{u}}/\text{Kfz} = 9.334 \text{ A}_{\ddot{u}}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum N ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 9.334 \times 0,18 \times 0,5 \times 1,1 \times 1,14 \times 1,141 \times 365 = 10.967.973$$

Für beide Berechnungsfälle ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse I.

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	18 cm
Frostschuttschicht	<u>35 cm</u>
	65 cm

**9.1.3 Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach Verfahren AKF**

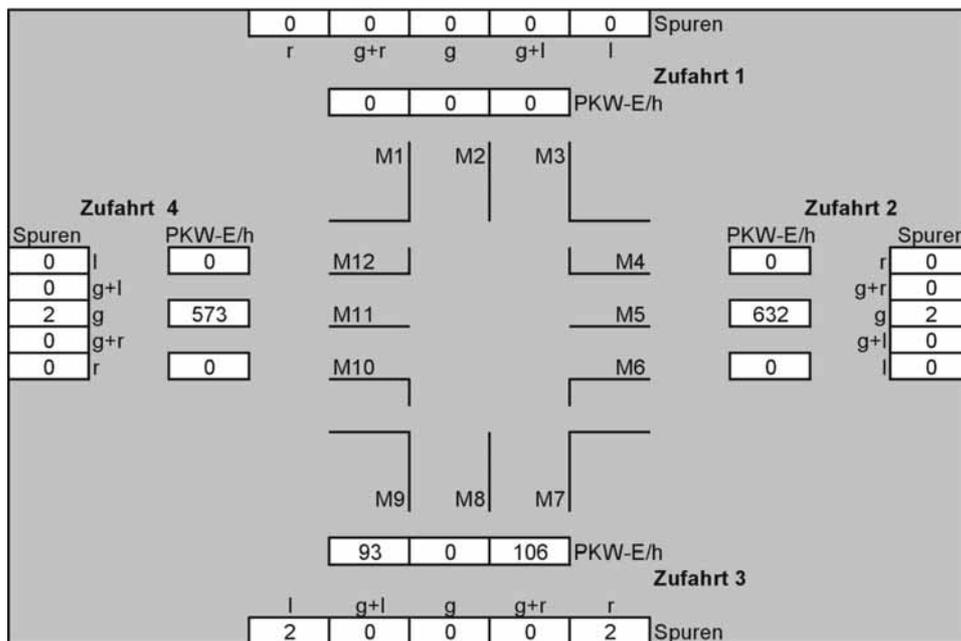
Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF											
<b>Okrifteler Strasse</b>											
Tor 26 Zufahrt											
Spitzenstunde 06:00-07:00 Uhr											
Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)											
Knotenstrombelastungen											
Zufahrt 1 : Zufahrt 2 : Airpording von Osten Zufahrt 3 : Zufahrt Tor 26 Zufahrt 4 : Airpording von Westen						Spitzenzeitfaktor: 1 t <sub>B</sub> (s) : 1,8 Freigabe and. VArten (s) : 8 Summe tz (s) : 7					
Ergebnistabelle											
Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)											
0	0	0	0	489	118	0	0	0	365	372	0
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	0	0	0	82	20	0	0	0	61	62	0
Belastung kritischer Fahrstromkombinationen											
Fahrstromkombination		Belastung(Pkw-E/Sp-h)									
M1+M5+M9		489									
M2+M6+M10		482									
M3+M7+M11		372									
M4+M8+M12		0									
M2+M5+M9+M12		489									
M2+M6+M9+M11		490 max.									
M3+M6+M8+M11		490 max.									
M3+M5+M8+M12		489									
Leistungsfähigkeit											
max. Belast. (Pkw-E/h):		490									
erforderlich tu (s) :		20									
gewählt tu (s) :		100									
mögl. Belast. (Pkw-E/h):		1.700									
Lf - Reserve (%) :		71									

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Tor 26 Ausfahrt  
 Spitzenstunde 06:00-07:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Airportring von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :	Ausfahrt Tor 26	Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Airportring von Westen	Summe tz (s) :	21

**Ergebnistabelle**

Strom	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)	0	0	0	0	316	0	53	0	47	0	287	0
abgeschätzte Staulängen (m)	0	0	0	0	53	0	9	0	8	0	48	0

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	363 max.
M2+M6+M10	0
M3+M7+M11	340
M4+M8+M12	0
M2+M5+M9+M12	363 max.
M2+M6+M9+M11	333
M3+M6+M8+M11	287
M3+M5+M8+M12	316

Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	363
erforderlich tu (s) :	35
gewählt tu (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.420
Lf - Reserve (%) :	74

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

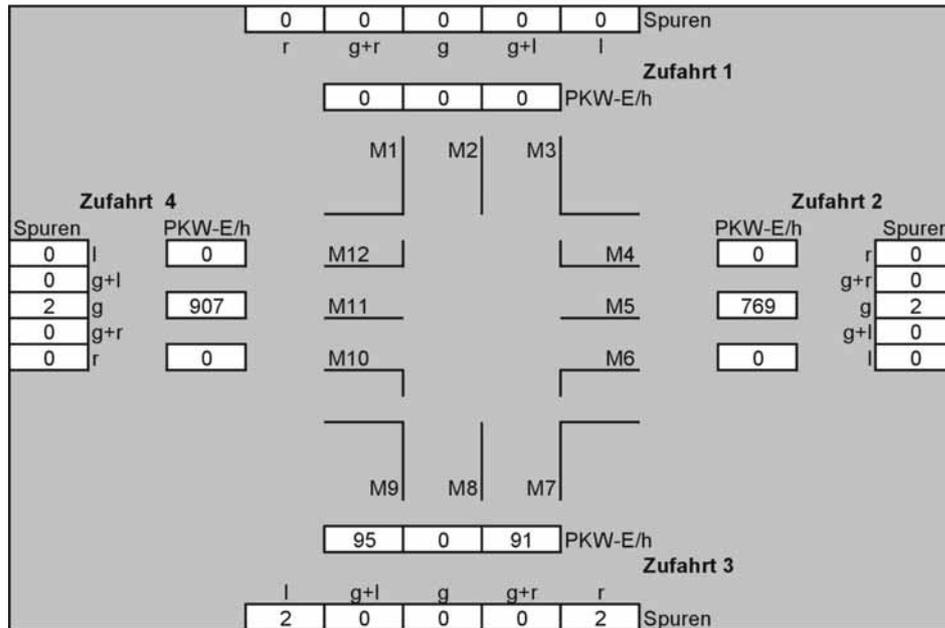
Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF																																																																																																																																																																																								
<b>Okrifteler Strasse</b>																																																																																																																																																																																								
Tor 26 Zufahrt																																																																																																																																																																																								
Spitzenstunde 07:00-08:00 Uhr																																																																																																																																																																																								
Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)																																																																																																																																																																																								
Knotenstrombelastungen																																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3"></td> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td> <td colspan="3">Spuren</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>r</td><td>g+r</td><td>g</td><td>g+l</td><td>l</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3" style="text-align:center">Zufahrt 1</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>0</td><td>0</td><td>0</td> <td colspan="3">PKW-E/h</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3" style="text-align:center">M1   M2   M3</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align:center">Zufahrt 4</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3" style="text-align:center">Zufahrt 2</td> </tr> <tr> <td>Spuren</td><td>PKW-E/h</td><td></td><td>M12</td><td></td><td>M4</td><td>PKW-E/h</td><td>Spuren</td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>0</td><td>l</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>r</td><td>0</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>0</td><td>g+l</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g+r</td><td>0</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>g</td><td>907</td><td>M11</td><td></td><td>M5</td><td>620</td><td>g</td><td>1</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>g+r</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g+l</td><td>0</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>0</td><td>r</td><td>139</td><td>M10</td><td></td><td>M6</td><td>243</td><td>l</td><td>2</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3" style="text-align:center">M9   M8   M7</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>0</td><td>0</td><td>0</td> <td colspan="3">PKW-E/h</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3" style="text-align:center">Zufahrt 3</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>l</td><td>g+l</td><td>g</td><td>g+r</td><td>r</td><td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td> <td colspan="3">Spuren</td> </tr> </table>															0	0	0	0	0	Spuren						r	g+r	g	g+l	l							Zufahrt 1									0	0	0	PKW-E/h						M1   M2   M3						Zufahrt 4						Zufahrt 2			Spuren	PKW-E/h		M12		M4	PKW-E/h	Spuren				0	l	0				0	r	0			0	g+l						g+r	0			1	g	907	M11		M5	620	g	1			1	g+r						g+l	0			0	r	139	M10		M6	243	l	2						M9   M8   M7									0	0	0	PKW-E/h						Zufahrt 3									l	g+l	g	g+r	r							0	0	0	0	0	Spuren		
			0	0	0	0	0	Spuren																																																																																																																																																																																
			r	g+r	g	g+l	l																																																																																																																																																																																	
			Zufahrt 1																																																																																																																																																																																					
			0	0	0	PKW-E/h																																																																																																																																																																																		
			M1   M2   M3																																																																																																																																																																																					
Zufahrt 4						Zufahrt 2																																																																																																																																																																																		
Spuren	PKW-E/h		M12		M4	PKW-E/h	Spuren																																																																																																																																																																																	
0	l	0				0	r	0																																																																																																																																																																																
0	g+l						g+r	0																																																																																																																																																																																
1	g	907	M11		M5	620	g	1																																																																																																																																																																																
1	g+r						g+l	0																																																																																																																																																																																
0	r	139	M10		M6	243	l	2																																																																																																																																																																																
			M9   M8   M7																																																																																																																																																																																					
			0	0	0	PKW-E/h																																																																																																																																																																																		
			Zufahrt 3																																																																																																																																																																																					
			l	g+l	g	g+r	r																																																																																																																																																																																	
			0	0	0	0	0	Spuren																																																																																																																																																																																
Zufahrt 1 :						Spitzenzeitfaktor: 1																																																																																																																																																																																		
Zufahrt 2 : Airproting von Osten						t <sub>B</sub> (s) : 1,8																																																																																																																																																																																		
Zufahrt 3 : Zufahrt Tor 26						Freigabe and. VArten (s) : 8																																																																																																																																																																																		
Zufahrt 4 : Airproting von Westen						Summe tz (s) : 7																																																																																																																																																																																		
Ergebnistabelle																																																																																																																																																																																								
Strom																																																																																																																																																																																								
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12																																																																																																																																																																													
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)																																																																																																																																																																																								
0	0	0	0	620	122	0	0	0	520	526	0																																																																																																																																																																													
abgeschätzte Staulängen (m)																																																																																																																																																																																								
0	0	0	0	103	20	0	0	0	87	88	0																																																																																																																																																																													
Belastung kritischer Fahrstromkombinationen						Leistungsfähigkeit																																																																																																																																																																																		
Fahrstromkombination						Belastung(Pkw-E/Sp-h)																																																																																																																																																																																		
M1+M5+M9						620																																																																																																																																																																																		
M2+M6+M10						641																																																																																																																																																																																		
M3+M7+M11						526																																																																																																																																																																																		
M4+M8+M12						0																																																																																																																																																																																		
M2+M5+M9+M12						620																																																																																																																																																																																		
M2+M6+M9+M11						648 max.																																																																																																																																																																																		
M3+M6+M8+M11						648 max.																																																																																																																																																																																		
M3+M5+M8+M12						620																																																																																																																																																																																		
						max. Belast. (Pkw-E/h): 648																																																																																																																																																																																		
						erforderlich tu (s) : 22																																																																																																																																																																																		
						gewählt tu (s) : 100																																																																																																																																																																																		
						mögl. Belast. (Pkw-E/h): 1.700																																																																																																																																																																																		
						Lf - Reserve (%) : 62																																																																																																																																																																																		

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Tor 26 Ausfahrt  
 Spitzenstunde 07:00-08:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Airportring von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :	Ausfahrt Tor 26	Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Airportring von Westen	Summe tz (s) :	21

**Ergebnistabelle**

Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)											
0	0	0	0	385	0	46	0	48	0	454	0
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	0	0	0	64	0	8	0	8	0	76	0

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	432
M2+M6+M10	0
M3+M7+M11	499
M4+M8+M12	0
M2+M5+M9+M12	432
M2+M6+M9+M11	501 max.
M3+M6+M8+M11	454
M3+M5+M8+M12	385

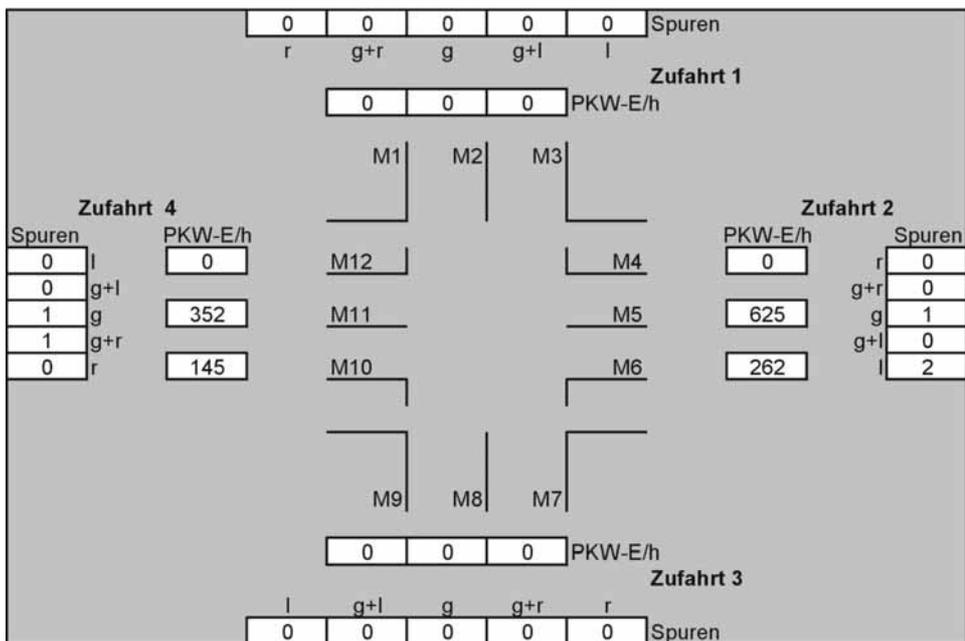
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	501
erforderlich tu (s) :	39
gewählt tu (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.420
Lf - Reserve (%) :	65

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

<b>Okrifteler Strasse</b>
Tor 26 Zufahrt
Spitzenstunde 14:00-15:00 Uhr
Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Airportring von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :	Zufahrt Tor 26	Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Airportring von Westen	Summe tz (s) :	7

**Ergebnistabelle**

<b>Strom</b>											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)											
0	0	0	0	625	131	0	0	0	247	250	0
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	0	0	0	104	22	0	0	0	41	42	0

<b>Belastung kritischer Fahrstromkombinationen</b>	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	625 max.
M2+M6+M10	378
M3+M7+M11	250
M4+M8+M12	0
M2+M5+M9+M12	625 max.
M2+M6+M9+M11	381
M3+M6+M8+M11	381
M3+M5+M8+M12	625 max.

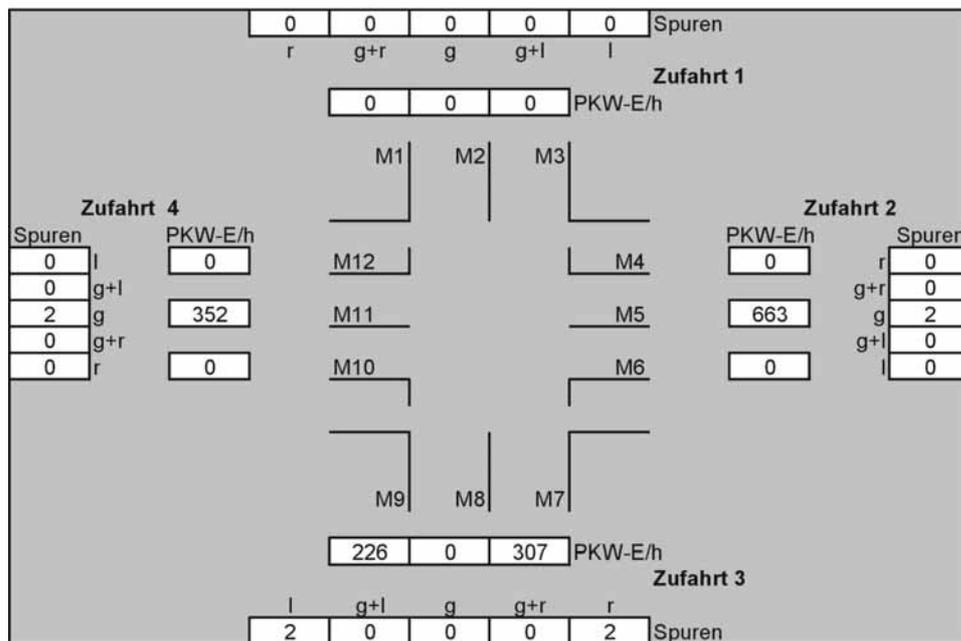
<b>Leistungsfähigkeit</b>	
max. Belast. (Pkw-E/h):	625
erforderlich tu (s) :	22
gewählt tu (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.700
Lf - Reserve (%) :	63

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Tor 26 Ausfahrt  
 Spitzenstunde 14:00-15:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Airportring von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :	Ausfahrt Tor 26	Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Airportring von Westen	Summe tz (s) :	21

**Ergebnistabelle**

Strom	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)	0	0	0	0	332	0	154	0	113	0	176	0
abgeschätzte Staulängen (m)	0	0	0	0	55	0	26	0	19	0	29	0

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	445 max.
M2+M6+M10	0
M3+M7+M11	330
M4+M8+M12	0
M2+M5+M9+M12	445 max.
M2+M6+M9+M11	289
M3+M6+M8+M11	176
M3+M5+M8+M12	332

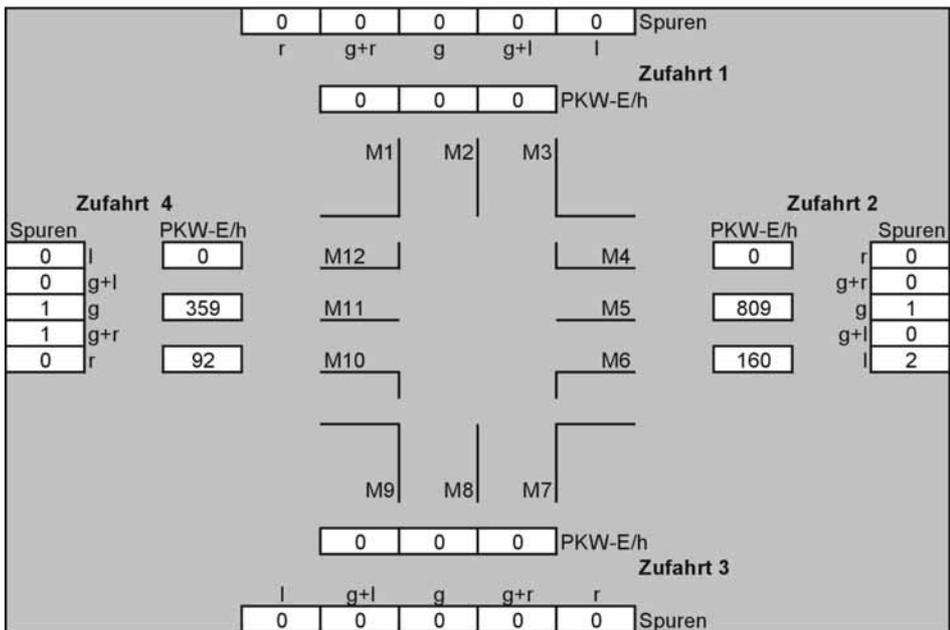
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	445
erforderlich tu (s) :	37
gewählt tu (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.420
Lf - Reserve (%) :	69

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

<b>Okrifteler Strasse</b>
Tor 26 Zufahrt
Spitzenstunde 16:00-17:00 Uhr
Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Airportring von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :	Zufahrt Tor 26	Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Airportring von Westen	Summe tz (s) :	7

**Ergebnistabelle**

Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)											
0	0	0	0	809	80	0	0	0	225	226	0
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	0	0	0	135	13	0	0	0	37	38	0

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	809 max.
M2+M6+M10	305
M3+M7+M11	226
M4+M8+M12	0
M2+M5+M9+M12	809 max.
M2+M6+M9+M11	306
M3+M6+M8+M11	306
M3+M5+M8+M12	809 max.

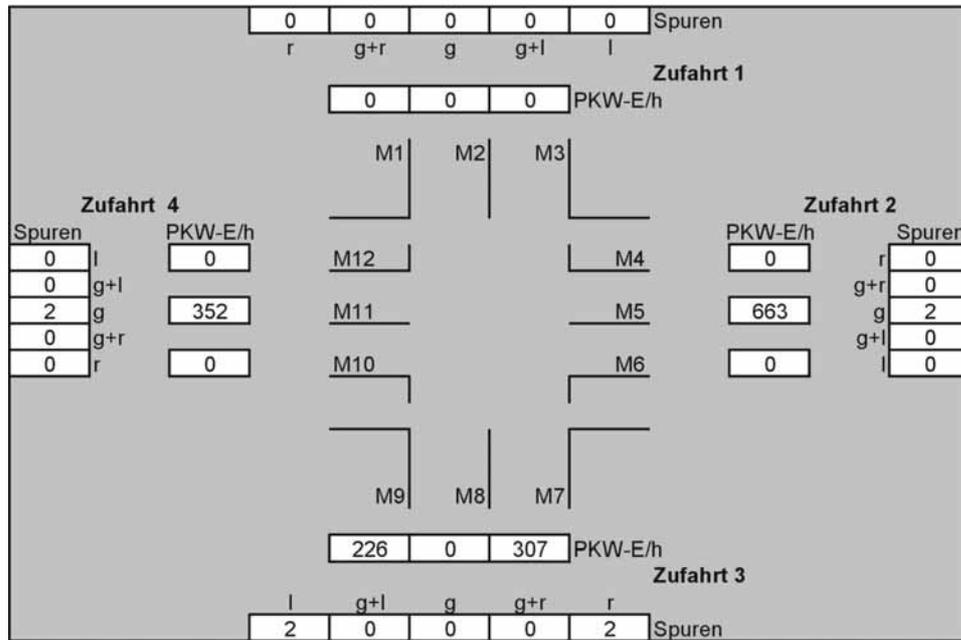
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	809
erforderlich tu (s) :	25
gewählt tu (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.700
Lf - Reserve (%) :	52

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Tor 26 Ausfahrt  
 Spitzenstunde 14:00-15:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Airportring von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :	Ausfahrt Tor 26	Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Airportring von Westen	Summe tz (s) :	21

**Ergebnistabelle**

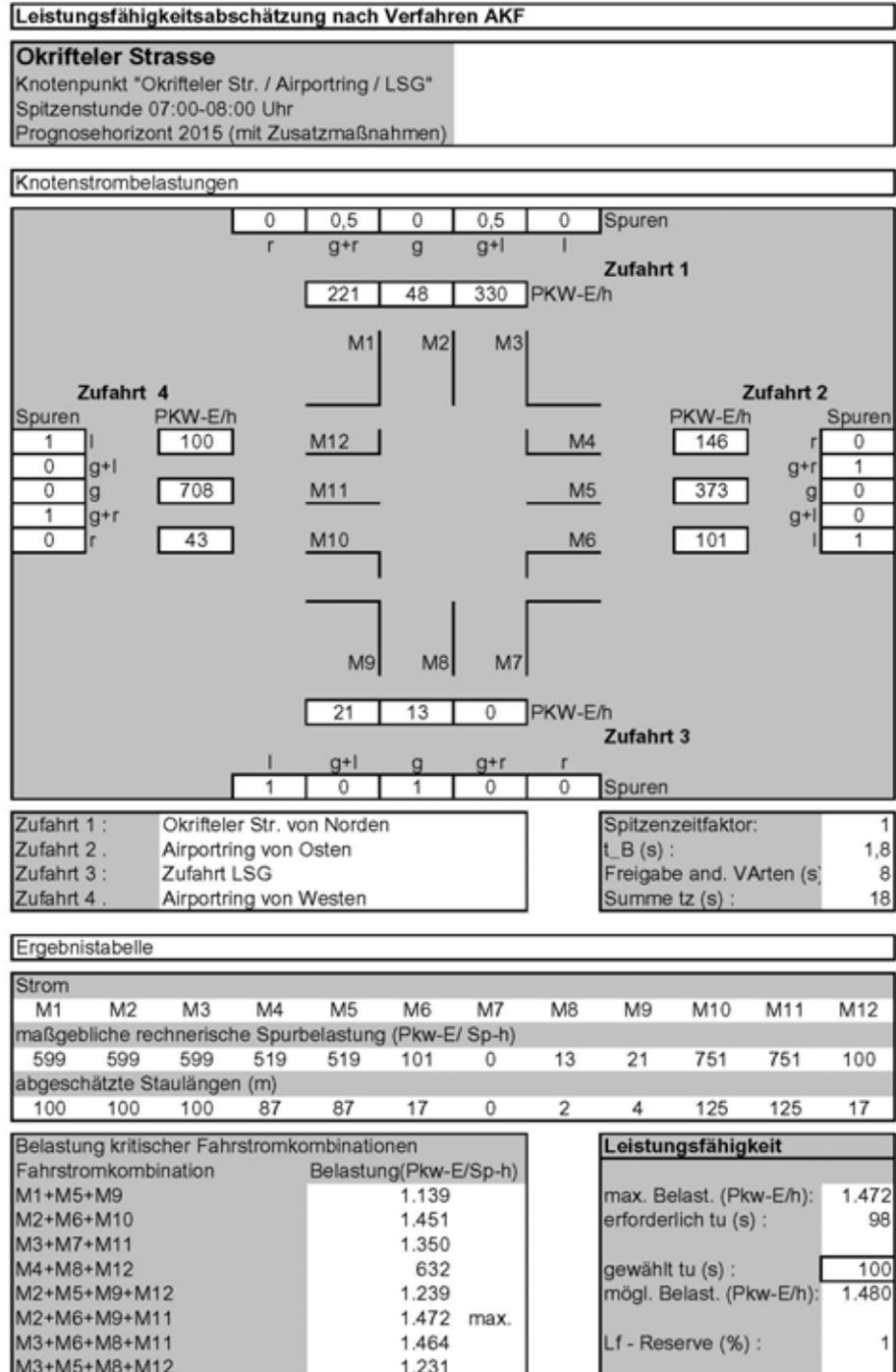
Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)											
0	0	0	0	332	0	154	0	113	0	176	0
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	0	0	0	55	0	26	0	19	0	29	0

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	445 max.
M2+M6+M10	0
M3+M7+M11	330
M4+M8+M12	0
M2+M5+M9+M12	445 max.
M2+M6+M9+M11	289
M3+M6+M8+M11	176
M3+M5+M8+M12	332

Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	445
erforderlich tu (s) :	37
gewählt tu (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.420
Lf - Reserve (%) :	69

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.



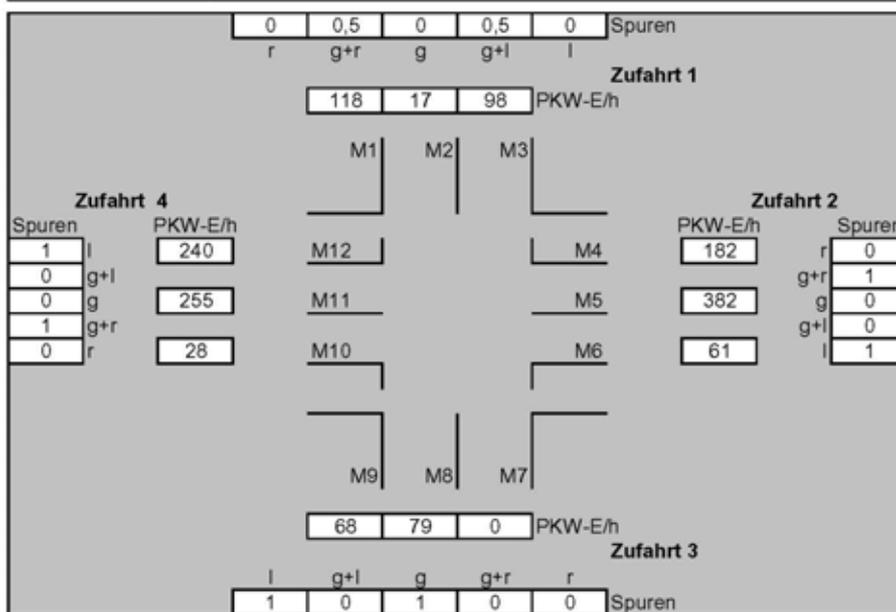


Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Knotenpunkt "Okrifteler Str. / Airportring / LSG"  
 Spitzenstunde 14:00-15:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1:	Okrifteler Str. von Norden	Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2:	Airportring von Osten	t <sub>B</sub> (s):	1,8
Zufahrt 3:	Zufahrt LSG	Freigabe and. VArten (s):	8
Zufahrt 4:	Airportring von Westen	Summe tz (s):	18

**Ergebnistabelle**

Strom	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)	233	233	233	564	564	61	0	79	68	283	283	240
abgeschätzte Staulängen (m)	39	39	39	94	94	10	0	13	11	47	47	40

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	865
M2+M6+M10	577
M3+M7+M11	516
M4+M8+M12	883
M2+M5+M9+M12	1.105
M2+M6+M9+M11	645
M3+M6+M8+M11	656
M3+M5+M8+M12	1.116 max.

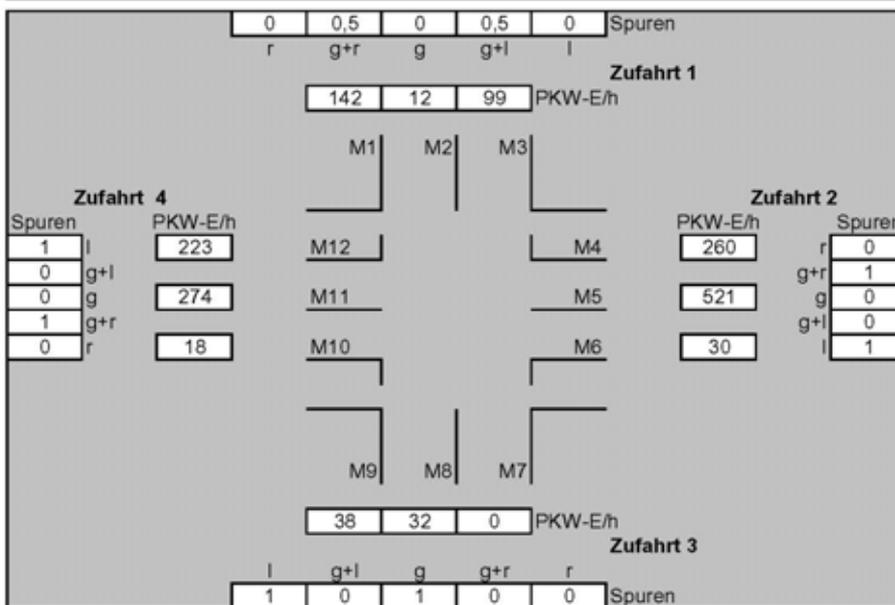
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	1.116
erforderlich t <sub>u</sub> (s):	59
gewählt t <sub>u</sub> (s):	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.480
Lf - Reserve (%):	25

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Knotenpunkt "Okrifteler Str. / Airportring / LSG"  
 Spitzenstunde 16:00-17:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :	Okrifteler Str. von Norden	Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Airportring von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :	Zufahrt LSG	Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Airportring von Westen	Summe tz (s) :	18

**Ergebnistabelle**

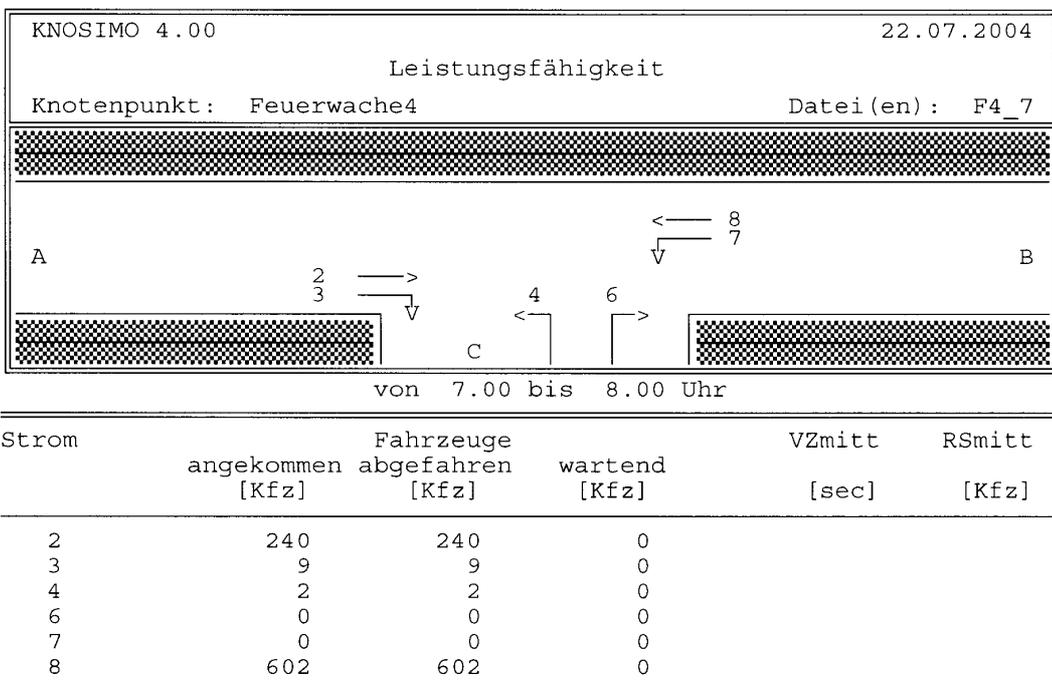
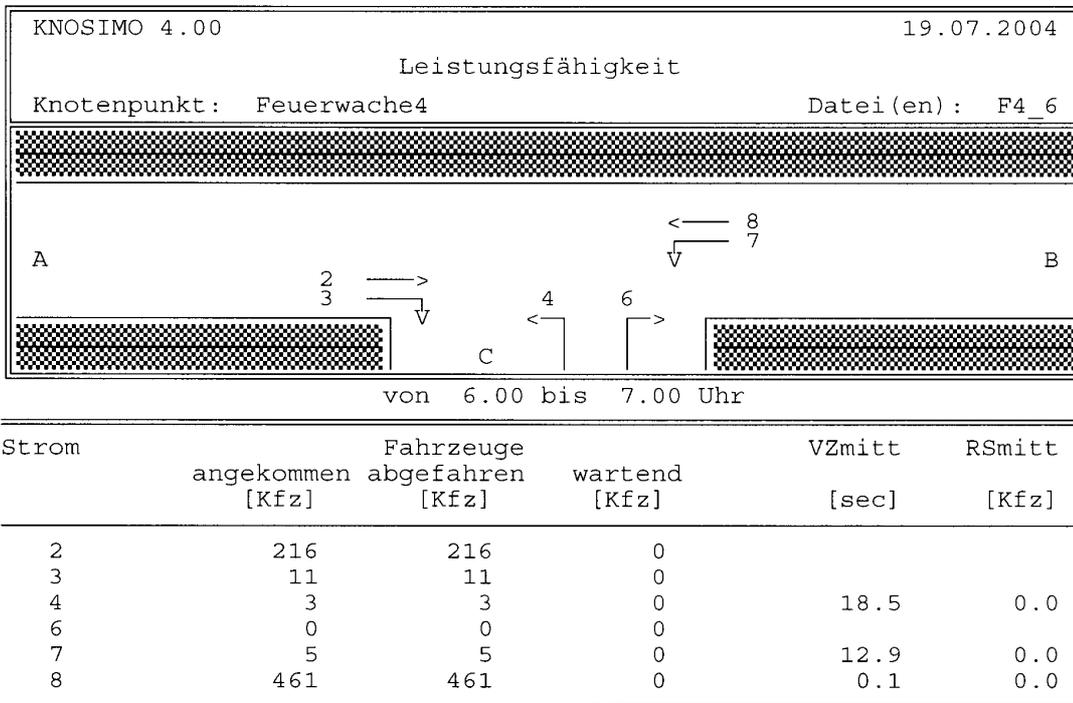
Strom												
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)												
253	253	253	781	781	30	0	32	38	292	292	223	
abgeschätzte Staulängen (m)												
42	42	42	130	130	5	0	5	6	49	49	37	

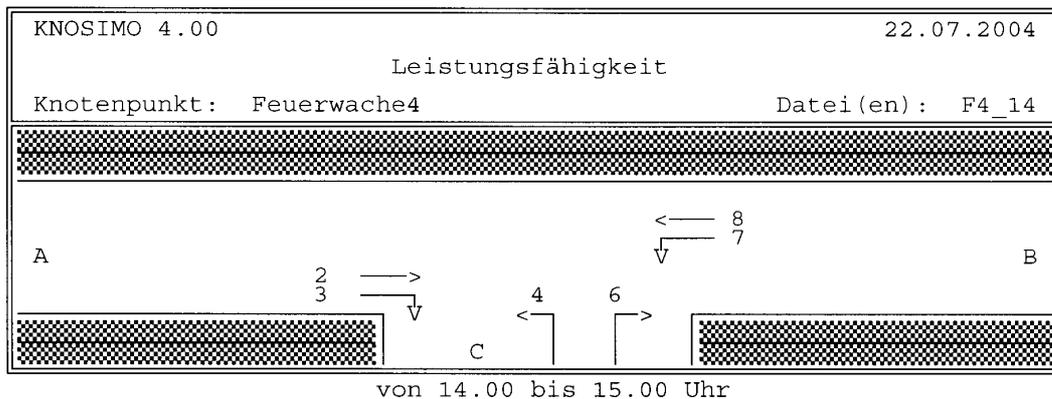
Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	1.072
M2+M6+M10	575
M3+M7+M11	545
M4+M8+M12	1.036
M2+M5+M9+M12	1.295 max.
M2+M6+M9+M11	613
M3+M6+M8+M11	607
M3+M5+M8+M12	1.289

Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	1.295
erforderlich tu (s) :	74
gewählt tu (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.480
Lf - Reserve (%) :	13

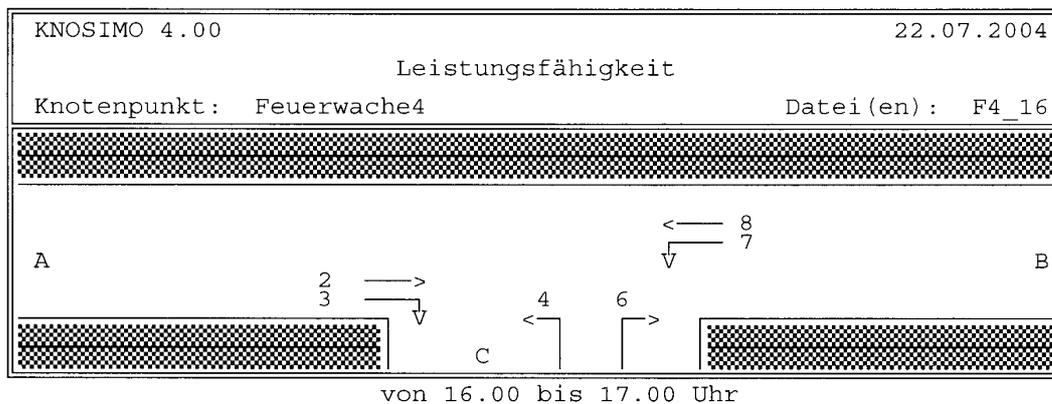
Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**9.1.4 Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach KNOSIMO**





Strom	Fahrzeuge angekommen [Kfz]	Fahrzeuge abgefahren [Kfz]	wartend [Kfz]	VZmitt [sec]	RSmitt [Kfz]
2	481	481	0		
3	4	4	0		
4	16	16	0	23.2	0.1
6	1	1	0		
7	2	2	0	17.7	0.0
8	230	230	0	0.1	0.0



Strom	Fahrzeuge angekommen [Kfz]	Fahrzeuge abgefahren [Kfz]	wartend [Kfz]	VZmitt [sec]	RSmitt [Kfz]
2	512	512	0		
3	1	1	0		
4	6	6	0	26.0	0.0
6	1	1	0		
7	0	0	0		
8	241	241	0		

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**9.1.5 Bemessung von Versickerungsanlagen**

**Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DWK-A 138**

**Projekt**

Bezeichnung: Mulden B2.2.2-1, angeschlossene Flächen  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulden liegen ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

**Ermittlung der angeschlossenen undurchlässigen Flächen**

Flächenanteile Abflussbeiwert		Mulde 0,1	Böschung 0,5	Bankett 0,1	Geh-/Radweg 0,9	Fahrbahn 0,9	undurchlässige Fläche A <sub>u</sub> m <sup>2</sup>
Mulde	Länge m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
1600	56	116	75	45	149	0	<b>188</b>
1601	41	95	90	25	0	0	<b>57</b>
1602	75	149	76	123	0	625	<b>628</b>
1603	95	180	270	145	0	720	<b>816</b>
1604	86	165	325	110	230	0	<b>397</b>
		0	0	0	0	0	<b>0</b>

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1600 (links, Station 0+200 bis 0+256 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 188 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 116 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	2,49
0,2	10	274,9	1,84
0,3	15	215,3	0,80
0,3	20	181,1	-0,43
0,5	30	141,9	-3,22
0,8	45	111,3	-7,84
1,0	60	93,8	-12,75
1,5	90	66,9	-24,42
2,0	120	52,7	-36,28
3,0	180	37,7	-60,33
4,0	240	29,7	-84,64
6,0	360	21,3	-133,57
9,0	540	15,2	-207,56
12,0	720	12,0	-281,78
18,0	1080	8,7	-430,46
24,0	1440	7,1	-578,99
48,0	2880	4,6	-1173,72
72,0	4320	3,4	-1771,91

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 2,5 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,02 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,1 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1601 (links, Station 0+015 bis 0+056 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_1 = 57 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_2 = 95 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_1$
Schluff	$0,20 \cdot A_1$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(m)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	0,58
0,2	10	274,9	-0,41
0,3	15	215,3	-1,60
0,3	20	181,1	-2,88
0,5	30	141,9	-5,60
0,8	45	111,3	-9,91
1,0	60	93,8	-14,36
1,5	90	66,9	-24,19
2,0	120	52,7	-34,12
3,0	180	37,7	-54,13
4,0	240	29,7	-74,28
6,0	360	21,3	-114,73
9,0	540	15,2	-175,70
12,0	720	12,0	-236,78
18,0	1080	8,7	-359,08
24,0	1440	7,1	-481,29
48,0	2880	4,6	-970,46
72,0	4320	3,4	-1461,37

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_1 + A_2) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(0)} - A_2 \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 0,6 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_S$$

$$= 0,01 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,0 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1602 (rechts, Station +189 bis +264 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 628 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 149 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*h]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	9,01
0,2	10	274,9	10,01
0,3	15	215,3	10,01
0,3	20	181,1	9,53
0,5	30	141,9	7,71
0,8	45	111,3	3,87
1,0	60	93,8	-0,71
1,5	90	66,9	-14,61
2,0	120	52,7	-29,00
3,0	180	37,7	-58,60
4,0	240	29,7	-88,87
6,0	360	21,3	-150,22
9,0	540	15,2	-243,75
12,0	720	12,0	-337,89
18,0	1080	8,7	-526,77
24,0	1440	7,1	-715,24
48,0	2880	4,6	-1470,75
72,0	4320	3,4	-2235,11

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 10,1 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,07 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,4 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1603 (rechts, Station 0+280 bis 0+375 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 816 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 180 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	11,75
0,2	10	274,9	13,22
0,3	15	215,3	13,43
0,3	20	181,1	13,00
0,5	30	141,9	11,07
0,8	45	111,3	6,74
1,0	60	93,8	1,46
1,5	90	66,9	-15,16
2,0	120	52,7	-32,43
3,0	180	37,7	-68,00
4,0	240	29,7	-104,43
6,0	360	21,3	-178,32
9,0	540	15,2	-291,09
12,0	720	12,0	-404,63
18,0	1080	8,7	-632,49
24,0	1440	7,1	-859,84
48,0	2880	4,6	-1771,28
72,0	4320	3,4	-2694,08

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 13,5 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,08 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,4 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1604 (links, Station 0+289 bis 0+375 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_U = 397 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_S = 165 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_U$
Schluff	$0,20 \cdot A_U$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [Vs*h a]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	5,49
0,2	10	274,9	5,18
0,3	15	215,3	4,16
0,3	20	181,1	2,78
0,5	30	141,9	-0,59
0,8	45	111,3	-6,46
1,0	60	93,8	-12,87
1,5	90	66,9	-29,10
2,0	120	52,7	-45,69
3,0	180	37,7	-79,46
4,0	240	29,7	-113,72
6,0	360	21,3	-182,81
9,0	540	15,2	-287,55
12,0	720	12,0	-392,72
18,0	1080	8,7	-603,50
24,0	1440	7,1	-813,99
48,0	2880	4,6	-1657,11
72,0	4320	3,4	-2506,65

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_U + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_S \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 5,5 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_S$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,2 \text{ h}$$

**Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138**

**Projekt**

Bezeichnung: Mulden B2.2.2-2., angeschlossene Flächen  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulden liegen ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

**Ermittlung der angeschlossenen undurchlässigen Flächen**

Flächenanteile Abflussbeiwert		Mulde 0,1	Böschung 0,5	Bankett 0,1	Geh-/Radweg 0,9	Fahrtbahn 0,9	undurchlässige Fläche
Mulde	Länge m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	A <sub>v</sub> m <sup>2</sup>
1609	40	75	139	60	117	0	188
1610	59	107	210	102	0	543	615
1611	33	66	55	19	121	0	145
							0
							0
							0

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1609 (links, Station 1+410 bis 1+450 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 188 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 75 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 * A_u$
Schluff	$0,20 * A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*h a]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	2,61
0,2	10	274,9	2,51
0,3	15	215,3	2,07
0,3	20	181,1	1,47
0,5	30	141,9	-0,03
0,8	45	111,3	-2,66
1,0	60	93,8	-5,53
1,5	90	66,9	-12,89
2,0	120	52,7	-20,41
3,0	180	37,7	-35,74
4,0	240	29,7	-51,29
6,0	360	21,3	-82,66
9,0	540	15,2	-130,24
12,0	720	12,0	-178,02
18,0	1080	8,7	-273,79
24,0	1440	7,1	-369,42
48,0	2880	4,6	-752,48
72,0	4320	3,4	-1138,56

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) * 10^{-7} * r_{D(n)} * A_s * k_f / 2) * D * 60 * f_z$$

$$= 2,7 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,04 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 * z_M / k_f$$

$$= 0,2 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1610 (rechts, Station 1+410 bis 1+469 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 615 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 107 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D	r <sub>D(n)</sub>		V <sub>Mulde</sub> [m <sup>3</sup> ]
	[h]	[min]	
0,1	5	418,3	8,94
0,2	10	274,9	10,43
0,3	15	215,3	11,00
0,3	20	181,1	11,11
0,5	30	141,9	10,56
0,8	45	111,3	8,69
1,0	60	93,8	6,13
1,5	90	66,9	-3,39
2,0	120	52,7	-13,37
3,0	180	37,7	-34,08
4,0	240	29,7	-55,41
6,0	360	21,3	-98,83
9,0	540	15,2	-165,36
12,0	720	12,0	-232,45
18,0	1080	8,7	-367,20
24,0	1440	7,1	-501,57
48,0	2880	4,6	-1040,55
72,0	4320	3,4	-1587,75

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 11,2 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,10 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,6 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1611 (rechts, Station 0+752 bis 0+785 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_U = 145 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_S = 66 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_U$
Schluff	$0,20 \cdot A_U$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_Z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$	$V_{\text{Mulde}}$
[h]	[min]	[l/s*h a]	[m³]
0,1	5	418,3	1,99
0,2	10	274,9	1,80
0,3	15	215,3	1,34
0,3	20	181,1	0,75
0,5	30	141,9	-0,66
0,8	45	111,3	-3,09
1,0	60	93,8	-5,71
1,5	90	66,9	-12,24
2,0	120	52,7	-18,91
3,0	180	37,7	-32,46
4,0	240	29,7	-46,20
6,0	360	21,3	-73,89
9,0	540	15,2	-115,84
12,0	720	12,0	-157,95
18,0	1080	8,7	-242,34
24,0	1440	7,1	-326,62
48,0	2880	4,6	-664,17
72,0	4320	3,4	-1004,13

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_U + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_S \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_Z$$

$$= 2 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_S$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,2 \text{ h}$$

### Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DWK-A 138

**Projekt**

Bezeichnung: Mulden B2.2.2-4,, angeschlossene Flächen  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulden liegen ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

**Ermittlung der angeschlossenen undurchlässigen Flächen**

Flächenanteile Abflussbeiwert		Mulde 0,1	Böschung 0,5	Bankett 0,1	Geh-/Radweg 0,9	Fahrbahn 0,9	undurchlässige Fläche
Mulde	Länge m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	A <sub>u</sub> m <sup>2</sup>
1616	130	263	172	204	0	954	991
1615	65	128	130	70	156	0	225
							0
							0
							0
							0

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1615 (rechts, Station 1+196 bis 1+252 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 225 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 128 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 * A_u$
Schluff	$0,20 * A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	3,01
0,2	10	274,9	2,38
0,3	15	215,3	1,30
0,3	20	181,1	-0,01
0,5	30	141,9	-3,00
0,8	45	111,3	-8,00
1,0	60	93,8	-13,34
1,5	90	66,9	-26,16
2,0	120	52,7	-39,21
3,0	180	37,7	-65,69
4,0	240	29,7	-92,47
6,0	360	21,3	-146,39
9,0	540	15,2	-227,96
12,0	720	12,0	-309,80
18,0	1080	8,7	-473,77
24,0	1440	7,1	-637,55
48,0	2880	4,6	-1293,41
72,0	4320	3,4	-1953,30

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) * 10^{-7} * r_{D(n)} * A_s * k_f / 2) * D * 60 * f_z$$

$$= 0,6 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,00 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 * z_M / k_f$$

$$= 0,0 \text{ h}$$

### Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

#### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1616 (links, Station 1+190 bis 1+320 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

#### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_1 = 991 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_S = 263 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_1$
Schluff	$0,20 \cdot A_1$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

#### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{0(m)}$ [l/s*ha]	$V_{Mulde}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	14,15
0,2	10	274,9	15,36
0,3	15	215,3	14,96
0,3	20	181,1	13,77
0,5	30	141,9	10,04
0,8	45	111,3	2,63
1,0	60	93,8	-5,98
1,5	90	66,9	-30,84
2,0	120	52,7	-56,50
3,0	180	37,7	-109,14
4,0	240	29,7	-162,86
6,0	360	21,3	-271,60
9,0	540	15,2	-437,15
12,0	720	12,0	-603,67
18,0	1080	8,7	-937,69
24,0	1440	7,1	-1271,06
48,0	2880	4,6	-2607,14
72,0	4320	3,4	-3957,53

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_1 + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{0(0)} - A_S \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 2,5 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_S$$

$$= 0,01 \text{ m}$$

$$< z_{M,work}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,1 \text{ h}$$

### **9.1.6 Lüftungsgutachten für den Tunnel unter der Landebahn Nordwest**

Ersteller: Lahmeyer International GmbH  
Friedberger Straße 173

61118 Bad Vilbel

Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. Rottmann

#### **9.1.6.1 Vorbemerkungen**

Auf Anforderung des RP-Darmstadt beauftragte die Fraport AG am 15.07.2004 die ARGE VERKEHR, vertreten durch das Ingenieurbüro Lahmeyer International GmbH (LI), mit der Erstellung eines Lüftungsgutachtens zur Klärung der Anforderungen, die an die Planung eines Tunnels und an dessen Lüftungstechnische Ausrüstung zu stellen sind.

Das Lüftungsgutachten soll insbesondere die aktuellen Anforderungen berücksichtigen, die in der neuen RABT von 2003 [FGSV (2003)] gestellt werden sowie die technischen Erfahrungen und Kenntnisse von LI hinsichtlich der Tunnellüftung und der Tunnelentrauchung im Brandfall.

#### **9.1.6.2 Projektbeschreibung**

Vorgesehen ist gemäß den vorliegenden Bauwerksplänen ein Tunnel, der komplett in offener Bauweise und mit Rechteckquerschnitt zur Unterfahrung der geplanten Landebahn NW am Flughafen Frankfurt Main zu bauen ist.

Für den Tunnel wurde von der ARGE VERKEHR, vertreten durch das Ingenieurbüro Kocks Consult GmbH (KC), Koblenz eine 13 m breite Röhre mit zwei Fahrstreifen für den Gegenverkehr und einem mitgeführten Rad-/Gehweg geplant sowie eine 2,25 m breite Röhre als paralleler Fluchttunnel mit Querschlägen in Abständen von ca. 72 m, die mit Fluchttüren ausgestattet werden.

Der geplante Tunnel zur Unterquerung der Landebahn Nordwest ist in den Lageplänen B 2.2.2-1 bis B2.2.2-2, dem Höhenplan B2.2.3-1 und den Bauwerksplänen B2.2.6-1 bis B2.2.6-3 dargestellt. Angaben zur Ausstattung des Tunnels sind dem Plan B2.2.8-1 zu entnehmen.

##### **9.1.6.2.1 Tunneldaten**

Die Tunnelröhre wird in Nord-Süd-Richtung mit 0,5% Gefälle und 577 m Länge errichtet. Der Abstand vom Nordportal zum nächsten Knotenpunkt K152/B43 beträgt ca. 920 m und die Entfernung vom dem Südportal zum nächsten Knotenpunkt K152/K823 beträgt ca. 520 m. Aufgrund dieser Abstände ist kein regelmäßiger Rückstau im Sinne von Tabelle 9.a der RABT [FGSV (2003)] zu erwarten.

#### **9.1.6.2.2 Verkehrsdaten**

Das Verkehrsaufkommen wurde im Gutachten G 9.1 [ZIV (2004a)] und im Planteil B11 [HBVC (2004)] wie folgt prognostiziert:

Richtung Süd: 3.800 KFZ/Tag mit 35,1% SLV-Anteil,  
Richtung Nord: 3.800 KFZ/Tag mit 35,1% SLV-Anteil.

Die signalisierte Höchstgeschwindigkeit beträgt 70 km/h.

Die Durchfahrt mit Gefahrgut ist unbeschränkt zugelassen.

#### **9.1.6.2.3 Immissionsbelastung**

Da der Tunnel mit seinen Portalen in ausreichender Entfernung von der Gemeinde Kelsterbach und somit fernab von jeder Wohnbebauung liegt, sind dort keine kritischen Immissionsbelastungen aus dem Tunnel im Sinne der BImSch-VO zu erwarten.

#### **9.1.6.3 Wahl des Lüftungssystems**

Auf der Basis der RABT 2003 [FGSV (2003)] wurden verschiedene Lösungsmöglichkeiten für die Tunnellüftung und Tunnelentrauchung im Brandfall untersucht, mit dem Ergebnis, dass hier nur eine Längslüftung mit Strahlventilatoren in Frage kommt, so dass sich die weitere Untersuchung auf die sicherheitstechnische Berechnung und Auslegung dieser Lösung beschränken kann.

Andere Lüftungssysteme, z. B. mit Punktabsaugung in Tunnelmitte, oder mit Zuluft- und Abluftkanal über die ganze Tunnellänge, oder mit einzelnen, über die Tunnellänge verteilten Absaugstationen, sind hier entweder

- nicht realisierbar, weil z. B. keine Abluftbauwerke im Bereich der Landebahn machbar sind,
- oder aber strömungstechnisch nicht kontrollierbar, weil z. B. bei einer Mittenabsaugung in dem relativ kurzen Tunnel keine stabile Strömung machbar ist,
- oder im Kosten/Nutzenverhältnis zu aufwendig, wenn z. B. große Absaugkanäle mit Klappen und Portallüftungszentralen für den Brandfall vorgesehen werden müssen, die in einem kurzen Tunnel, der ansonsten nur mit natürlicher Lüftung betrieben wird, keinen nennenswerten Sicherheitsgewinn bringen, zumal wenn ein Fluchtstollen mit vielen Fluchttüren vorhanden ist.

#### **9.1.6.4 Auslegungsfälle**

Für den Gegenverkehrstunnel wurden folgende Betriebs- und Brandfälle untersucht.

##### **9.1.6.4.1 Regellüftungsbetrieb**

Auf Basis der neuen RABT von 2003 [FGSV (2003)] wurden Berechnungen zur Ermittlung der Frischluftmenge durchgeführt, die zur Verdünnung der von den Fahrzeugen im Tunnel emittierten CO-Abgase, des Reifenabriebes und der Dieselrauchpartikel auf ein gesundheitlich unbedenkliches und verkehrstechnisch sicheres Maß gemäß RABT, Tabelle 7 [FGSV (2003)] erforderlich ist.

Die Berechnungen wurden sowohl für den ungehindert fließenden als auch für den stockenden Verkehr und Stau durchgeführt. Das Ergebnis ist aus dem beigefügten Berechnungsblatt wie folgt zu entnehmen.

Im Regelbetriebsfall beträgt die erforderliche Luftmenge für den ungehindert fließenden Verkehr  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , das entspricht einer Tunnelluftgeschwindigkeit von  $0,03 \text{ m/s}$ , die in einem kurzen Tunnel  $< 600 \text{ m}$  Länge durch den natürlichen Luftaustausch, hervorgerufen durch Wind- und Fahrzeugeinflüsse, immer gegeben ist.

Im Stau oder stockenden Verkehr beträgt die größte Luftmenge  $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , das entspricht einer Tunnelluftgeschwindigkeit von  $0,1 \text{ m/s}$ . Dieses gilt für den Vollstau auf einer der beiden Fahrspuren, während auf der Gegenfahrspur der Verkehr ungehindert weiter laufen kann, wodurch auch im Staufall eine ausreichende Selbstlüftung des Tunnels allein durch die Kolbenwirkung der auf einem Fahrstreifen bewegten Fahrzeuge gegeben ist und keine mechanische Lüftung benötigt wird. Dies gilt auch dann, wenn es in einem Gegenverkehrstunnel zu einer pendelnden Luftsäule kommt, in der sich die Fahrzeugabgase lokal konzentrieren können (sog. Clusterbildung), da bei kurzen Tunnels die ständig wechselnde Strömungsrichtung einen natürlichen Luftaustausch und Konzentrationsabbau über die Portale bewirkt.

Für den Staufall und Brandfall werden Messgeräte zur Kontrolle und Überwachung der CO-Gase und der Lufttrübung vorgesehen, die in ca.  $72 \text{ m}$  Abständen im Tunnel verteilt werden (die kleinen Luftgeschwindigkeiten bedingen kurze Messabstände zur Erzielung kurzer Detektionszeiten). Dadurch können die Geräte auch einen Entstehungsbrand sehr früh erkennen, lokalisieren und sofort die Sperrung des Tunnels und die Aktivierung der Lüftungssteuerung auslösen. Sie dienen ansonsten der Überwachung der Schadstoffkonzentration im Tunnel und der automatischen Steuerung der Längslüftung mit Strahlventilatoren bei ungeplanten Schwellwertüberschreitungen.

Der geplante Gegenverkehrstunnel erhält außerdem einen parallelen Fluchttunnel, der im Regelbetrieb keine mechanische Lüftung benötigt.

Der Fluchttunnel wird jedoch an den Portalen gegen unbefugten Zutritt von außen durch Gittertüren mit Panikschloss gesichert, um einerseits eine natürliche Lüftung zu ermöglichen und andererseits den unkontrollierten Aufenthalt von Personen zu

verhindern. Ebenso werden die T90-Fluchttüren, die aus dem Fahrzeugtunnel in den Fluchttunnel führen, durch Türkontakte und Melder überwacht.

Da im Regelbetrieb des Fahrtunnels und Fluchttunnels keine mechanische Lüftung erforderlich ist, werden hierfür auch keine Energiekosten anfallen.

#### **9.1.6.4.2 Brandfalllüftung**

Gemäß neuer RABT von 2003 [FGSV (2003)] wird für einen Tunnel mit einer Lkw-Fahrleistung von weniger als 4.000 Lkw\*km/Röhre eine Brandstärke von 30 MW angenommen, die bei einem Tunnel mit Rechteckquerschnitt und 5 m Tunnelhöhe sowie 0,5% Gefälle eine Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 1,96 m/s zur Tunnelentrauchung erfordert, um während eines Brandes den Rauch einseitig aus dem Tunnel zu blasen (sog. einseitiger Rauchabtrieb).

Mit dieser Rahmenvorgabe ist jedoch keine Analyse des Brandgeschehens für abweichende Brandlasten und Verläufe möglich, vielmehr ist das Brandgeschehen darüber hinaus - insbesondere bei einem natürlich gelüfteten Tunnel - detaillierter zu untersuchen, weil bei einem solchen Tunnel zum Zeitpunkt eines möglichen Brandeintritts keine im voraus bestimmbare Luftströmung gegeben ist, die dem weiteren Brandgeschehen eine festgelegte Richtung geben könnte.

Zur Klärung des Brandgeschehens wurden deshalb Berechnungen für unterschiedliche Brandlasten durchgeführt und zwar für einen PKW-Brand mit 5 MW und für einen großen LKW-Brand mit 30 MW Brandstärke. Deren Ergebnis ist aus den beigefügten Berechnungsblättern wie folgt zu entnehmen.

##### **Pkw-Brand**

Bei einer eingesetzten Brennstoffmenge von 200 kg würde dieser Brand mit 5 MW Brandstärke etwa 12 Minuten dauern.

Die Rauchgase würden sich dabei ungehindert mit etwa 1,22 m/s nach beiden Richtungen im Tunnel ausbreiten und schon nach etwa 40 m so weit abkühlen, dass sie aufgrund ihrer Dichtezunahme schwerer wären als die sie umgebende Tunnelluft, wo sie dann herabsinken und sich mit der Tunnelluft vermischen würden. Der Zeitpunkt der Abkühlung und Vermischung der Rauchgase mit der Tunnelluft wäre dabei nach etwa 42 Sekunden erreicht und die Flüchtenden wären darauf angewiesen, sich aus eigener Initiative, und das möglichst früh und schnell, vom Brandort zu entfernen.

Andererseits erfolgt die Rauchausbreitung so schnell, dass sich der Rauch in dieser Zeitspanne bis über 40 m vom Brandort ausbreiten kann, ohne dass dafür eine andere, fremdinduzierte Grundströmung vorhanden sein müsste. Im Stadium eines Vollbrandes ist die Rauchausbreitungs geschwindigkeit von etwa 1,22 m/s in diesem Tunnel damit etwa so hoch wie die Fluchtgeschwindigkeit von gebrechlichen und behinderten Personen (1 m/s).

Bleibt die Rauchausbreitung ungestört (Bedingung dafür ist, dass keine Strahlventilatoren eingeschaltet sind und dass keine externen Winddrücke anstehen), wären die Flüchtenden in ca. 40 m Abstand vom Brandort in Sicherheit. Der abgekühlte Rauch würde

sich dort mit der zuströmenden Verbrennungsluft mischen und zum Brandort zurückströmen.

Wird der Rauch jedoch einseitig im Tunnel abgetrieben, was bei einem kurzen Tunnel durch meteorologische Einflüsse immer zu erwarten ist, vergrößert sich der Gefährdungsbereich auf der Leeseite entsprechend der Geschwindigkeit der Grundströmung um etwa 1,0 bis 2,0 m/s, während er sich gleichzeitig auf der Luvseite bis auf etwa 10 m verkürzen kann.

Da die Flüchtenden in der Frühphase eines Brandes jedoch die am Brandort vorhandene Ausbreitungsrichtung des Rauches innerhalb der ersten 30 Sekunden leicht selbst erkennen können, haben sie somit immer die Möglichkeit, sich rechtzeitig und schnell auf der Luvseite des Brandherdes aus dem Ausbreitungsbereich des Rauches zu entfernen.

Hingegen muss ihnen und allen anderen Flüchtenden, die aus später eintreffenden und weiter entfernt haltenden Fahrzeugen hinzukommen, auch die Gelegenheit gegeben werden, sich auf der Leeseite des Brandherdes vor den Rauchgasen in Sicherheit zu bringen. Dies kann ohne eine separate Rauchabsaugung durch die Vorhaltung von kurzen Fluchtwegen geschehen, die in ausreichend kurzen Abständen vorhanden sein müssen.

Unterstellt man einen Abzug von Zeiten für späteres Eintreffen und Verzögerungen bei der Branderkennung und Fluchtreaktion, so bleibt den Flüchtenden äußerst wenig Zeit. Sie sind also bei einem Pkw-Brand darauf angewiesen, innerhalb der ca. 40 m vom Brandort einen Fluchtweg zu finden oder sich sofort mit gleicher Geschwindigkeit wie die Brandgase vor der sich ausbreitenden Rauchwolke zu retten.

Bei einem Pkw-Brand erfolgt die Flucht deshalb möglichst auf der kurzen Luvseite. Für Gehbehinderte ist es dann von Vorteil, wenn die nächste Fluchttür in einem Umkreis von 40 m vom Brandort zu finden ist. Hierfür eignet sich der vorgesehene Fluchttunnel, der in ca. 72 m Abständen über sieben Fluchttüren aus dem Fahrtunnel verfügen soll.

### **Lkw-Brand**

Bei einer eingesetzten Brennstoffmenge von ca. 10.000 kg würde dieser Brand mit 30 MW Brandstärke etwa 1,9 Stunden dauern.

Die Rauchgase würden sich dabei ungehindert mit etwa 1,96 m/s nach beiden Richtungen im Tunnel ausbreiten und erst nach etwa 300 m so weit abkühlen, dass sie aufgrund ihrer Dichtezunahme schwerer wären als die sie umgebende Tunnelluft, wo sie dann herabsinken und sich mit der Tunnelluft vermischen würden. Der Zeitpunkt der Abkühlung und Vermischung der Rauchgase mit der Tunnelluft wäre dabei nach etwa 2,6 Minuten erreicht und die Flüchtenden wären darauf angewiesen, sich aus eigener Initiative, und das möglichst früh und schnell, vom Brandort zu entfernen.

Andererseits erfolgt die Rauchausbreitung so schnell, dass sich der Rauch in dieser Zeitspanne bis über 300 m vom Brandort ausbreiten kann, ohne dass dafür eine andere, fremdinduzierte Grundströmung vorhanden sein müsste. Im Stadium eines Vollbrandes ist die Rauchausbreitungsgeschwindigkeit von 2 m/s in diesem Tunnel damit höher als die normale Fluchtgeschwindigkeit.

Bleibt die Rauchausbreitung ungestört (Bedingung dafür ist, dass keine Strahlventilatoren eingeschaltet sind und dass keine externen Winddrücke anstehen), wären die Flüchtenden erst nach 300 m Abstand vom Brandort in Sicherheit, vorausgesetzt, sie erreichen diesen Bereich innerhalb von etwa 2,5 Minuten nach Ausbruch eines Lkw-Vollbrandes. Der abgekühlte Rauch würde sich dort mit der zuströmenden Verbrennungsluft mischen und zum Brandort zurückströmen.

Wird der Rauch jedoch einseitig im Tunnel abgetrieben, was bei einem kurzen Tunnel durch meteorologische Einflüsse immer zu erwarten ist, vergrößert sich der Gefährdungsbereich auf der Leeseite entsprechend der Geschwindigkeit der Grundströmung um etwa 1,0 bis 2,0 m/s, während er sich gleichzeitig auf der Luvseite bis auf etwa 150 m verkürzen kann.

Da die Flüchtenden in der Frühphase eines Brandes jedoch die am Brandort vorhandene Ausbreitungsrichtung des Rauches innerhalb der ersten 30 Sekunden leicht selbst erkennen können, haben sie somit immer die Möglichkeit, sich rechtzeitig und schnell auf der Luvseite des Brandherdes aus dem Ausbreitungsbereich des Rauches zu entfernen.

Hingegen muss ihnen und allen anderen Flüchtenden, die aus später eintreffenden und weiter entfernt haltenden Fahrzeugen hinzukommen, auch die Gelegenheit gegeben werden, sich auf der Leeseite des Brandherdes vor den Rauchgasen in Sicherheit zu bringen. Dies kann ohne eine separate Rauchabsaugung durch die Vorhaltung von kurzen Fluchtwegen geschehen, die in ausreichend kurzen Abständen vorhanden sein müssen.

Unterstellt man, dass nach Abzug von Zeiten für späteres Eintreffen und Verzögerungen bei der Branderkennung und Fluchtreaktion, eine maximale Fluchtzeit von 1,6 Minuten verbleibt, so kann auch ein Fluchtweg im Abstand von 100 m als ausreichend sicher gelten.

In der Vollbrandphase eines Lkw-Brandes kann die Flucht wegen der Strahlungshitze am Brandort jedoch nur unter der stabilen Rauchsicht auf der Leeseite erfolgen. Hierfür eignet sich ebenfalls der vorgesehene Fluchttunnel, der in ca. 72 m Abständen über sieben Fluchttüren aus dem Fahrtunnel verfügen soll.

### **Ergebnis aus den beiden Brandfällen**

Unabhängig vom Brandort und von der Brandstärke wird es in diesem Tunnel immer richtig sein, wenn sich die Flüchtenden im Brandfall zunächst unaufgefordert und möglichst schnell vom Brandort entfernen und auf kürzestem Wege zu einer der sieben Fluchttüren begeben, die bei natürlicher Lüftung in ca. 72 m Abständen vorhanden sein sollen.

Die erforderliche Sicherheit für die Selbstrettung der Flüchtenden ist dabei jedoch nur dann gegeben, wenn keine Strahlventilatoren eingeschaltet werden, die zwangsläufig eine sofortige Vermischung der Rauchgase mit der Tunnelluft erzeugen würden.

Dieses setzt eine sehr schnelle und frühe Branddetektion voraus, die mit konventionellen Lineardetektoren nicht erreichbar ist. Es werden deshalb zusätzliche Detektoren eingebaut, um die Forderung der RABT [FGSV (2003)] nach kurzen Ansprechzeiten (unter einer Minute) und genauer Lokalisierung (50 m) zu erfüllen.

Da der Tunnel im Regelbetrieb natürlich belüftet wird, ist mit sehr kleinen Luftgeschwindigkeiten und entsprechend langen Ansprechzeiten zu rechnen. Die vorgesehenen Abstände der Sensoren werden deshalb entsprechend eng gewählt.

Der Messabstand beträgt ca. 72 m, der bei einer normalen, durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeit im Tunnel von 1,5 m/s spätestens nach 50 Sekunden einen Kontakt mit dem Medium ermöglicht. Zu dieser Totzeit sind aber noch die Ansprechzeit des Fühlers und die Reaktionszeit beim Auswertegerät als Verzugszeit hinzuzurechnen, so dass insgesamt mit etwa 60 Sekunden zu rechnen ist.

#### **9.1.6.4.3 Tunnelentrauchung**

Nach Abschluss der Flucht- und Rettungsphase (Phase 1, gemäß RABT [FGSV (2003)]) ist eine mechanische Entrauchung des Tunnels mit Strahlventilatoren (Phase 2, gemäß RABT [FGSV (2003)]) erforderlich. Diese ist reversierbar auszuführen und manuell vom Einsatzleiter der Wehr nach der Lagebeurteilung und Erfordernis vor Ort und nach seinem Ermessen ein- oder auszuschalten.

Für die Auslegung der Ventilatoren wurde eine Berechnung und Optimierung durchgeführt. Das Ergebnis ist aus den beigefügten Berechnungsblättern wie folgt zu entnehmen.

Für die Entrauchung des Tunnels mit einer Mindestluftgeschwindigkeit von 2,0 m/s werden, entsprechend der berechneten kritischen Luftgeschwindigkeit von 1,96 m/s, bei einem Lkw-Brand 5 Strahlventilatoren mit 1000 mm Nenndurchmesser bei 1450 Upm und 22,0 kW Motornennleistung benötigt. Die Entrauchung ist damit in etwa fünf Minuten zu erreichen.

Zusätzlich sind zwei Reserveventilatoren vorzusehen, da bei einer Brandstärke von 30 MW davon auszugehen ist, dass zwei der fünf Strahlventilatoren durch direkte Brandeinwirkung ausfallen können, so dass insgesamt sieben Stahlventilatoren in ca. 72 m Abständen zum Einbau kommen.

Hierbei ist zu beachten, dass die Entrauchungsventilatoren den Rauch zwar einseitig aus dem Tunnel abtreiben können, dass jedoch gleichzeitig auch das Feuer massiv angefacht wird, so dass sich die Brandstärke, und damit auch die Flammen- und Strahlungstemperaturen, entsprechend erhöhen können.

Dies gilt jedoch nicht für die gleichzeitig daraus freigesetzten Rauch- und Brandgase, da bei diesen der zugeführte hohe Luftüberschuss zu einer insgesamt niedrigeren Mischtemperatur führt, so dass die durch den Brand bedingten Bauschäden (z. B. Betonabplatzungen) bei der Brandlüftung in der Regel geringer ausfallen werden als beim gleichen Brand ohne Lüftung.

Damit stehen die Strahlventilatoren sofort nach Abschluss der Flucht- und Selbstrettungsphase (etwa 10 bis 15 Minuten nach Brandbeginn) der eintreffenden Wehr uneingeschränkt für den einseitigen Rauchabtrieb zur Verfügung.

Ferner wurde für die Berechnung der Strahlventilatoren vorausgesetzt, dass eine schnelle, automatische Branddetektion vorhanden ist, die spätestens eine Minute nach Beginn des Vollbrandes die Tunnelportale für den Verkehr sperrt und so die Anzahl der im Tunnel maximal zurückbleibenden Fahrzeuge (mit Personen) auf etwa acht Lkw und zwölf Pkw begrenzt.

Die beigefügte Berechnung geht dabei von dem ungünstigen Fall aus, dass sich der Lkw-Brand in der Nähe des Nordportals ereignet, wo sich die Fahrzeuge dann nach beiden Seiten vom Brandort stauen.

Für den einseitigen Rauchabtrieb nach Süden müssen die Rauch- und Brandgase mit dem Tunnelgefälle gegen die daraus resultierenden Auftriebskräfte und gegen eventuelle Winddrücke auf dem Südportal bewegt werden.

Ferner sind bei der Auslegung der Strahlventilatoren die hohe Temperatur und die zugehörige niedrige Dichte der Rauch- und Brandgase unter der Tunneldecke zu berücksichtigen, die zu einer Minderleistung gegenüber normalen atmosphärischen Bedingungen führen. Diese Einflüsse wurden in die beigefügte Berechnung gemäß RABT 2003 [FGSV (2003)] eingearbeitet.

Die Strahlventilatoren werden über dem Rad- und Gehweg angeordnet, und zwar so, dass sie außerhalb des Verkehrslichtraumes liegen, wie auf der beigefügten Skizze dargestellt.

#### **9.1.6.4.4 Branddetektion**

Zur Erzielung einer schnellen und zuverlässigen Branddetektion sind im Fahrtunnel folgende Anlagen vorzusehen:

- 9 Druckknopfmelder im Abstand von ca. 72 m (vor den Notausgängen im Tunnel und außen vor den Portalen),
- 7 Luftrübungsmessgeräte mit zusätzlicher Brandmeldefunktion, im Abständen von ca. 72 m (vor den Notausgängen)
- 6 CO-Gasmessgeräte mit zusätzlicher Brandmeldefunktion, in Abständen von ca. 72 m (in der Mitte zwischen den Notausgängen)
- 1 Brandmeldekabel mit 7 Brandüberwachungsabschnitten über die gesamte Tunnellänge.

Die automatischen Messgeräte zur Branddetektion werden direkt an der Tunneldecke oder in deren Nähe auf der Tunnelwand angebracht, da nur dort die heißen Brandgase frühzeitig erkannt werden können.

#### **9.1.6.4.5 Luftströmungsbeeinflussung**

Eine starke Luftströmung im Tunnel kann im Brandfall zu Turbulenzen und zur vorzeitigen Vermischung der Rauch- und Brandgase mit der rauchfreien Tunnelluft führen, wodurch die Flüchtenden erheblich gefährdet wären. Die RABT [FGSV (2003)] fordert deshalb eine Begrenzung der Strömungsgeschwindigkeit auf max. 1,5 m/s.

Hierfür werden Messgeräte zur Erfassung der Luftgeschwindigkeit und der Strömungsrichtung eingebaut, die mit einzelnen Strahlventilatoren die Luftgeschwindigkeit steuern können.

Da im Brandfall nur Strahlventilatoren außerhalb der ungestörten Rauchschiicht eingeschaltet werden dürfen, müssen die vorgesehenen Messgeräte auch die Rauchausbreitung erfassen.

Hierfür eignen sich, in Ergänzung zu CO- und Trübungsmessgeräten, die Ultraschallmessgeräte, die außer Strömungsgeschwindigkeit und -richtung auch die Gastemperatur messen können.

Es werden insgesamt drei Geräte in ca. 144 m Abständen voneinander vorgesehen. Durch eine analytische Verknüpfung der verschiedenen Meßsysteme können dann auch Fehlalarme durch systematische Diagnosemethoden und Programme eingegrenzt werden, um damit die Zuverlässigkeit und den Sicherheitsgewinn von den einzelnen Systemen zu maximieren.

#### **9.1.6.4.6 Stauüberwachung**

Stauereignisse im Tunnel können der Anlass oder die Folge von Unfällen sein, die wiederum Anlass oder Folge von Fahrzeugbränden sein können. Zur Stauerkennung und -vermeidung ist deshalb der Einsatz von einfachen Doppelschleifen (Induktionsschleifen) vorgesehen, die in ca. 150 m Abständen gleichmäßig in jedem Fahrstreifen angeordnet sind, um den Tunnel bei einem Stau automatisch zu sperren.

Dadurch wird verhindert, dass bei einem anfangs noch nicht erkennbaren Brand zu viele Fahrzeuge in den Tunnel einfahren und gefährdet werden können, wodurch das Gefährdungsrisiko im Brandfall erheblich gemindert und begrenzt werden kann.

Anstelle der Induktionsschleifen könnten auch CCTV-Kameras mit Bildauswerteprogramm zur Ereignisdetektion eingesetzt werden, die ohnehin zur Sicherheit des Tunnels vorgesehen sind.

#### **9.1.6.5 Fluchttunnellüftung**

Der geplante Fluchttunnel wird parallel zum Fahrtunnel errichtet und ist nur für die Selbstrettung der Tunnelbenutzer und für den direkten Zugang der Einsatzkräfte und des Wartungspersonals zum Tunnel bei Notfällen oder bei Wartungsarbeiten an den technischen Ausrüstungen in den Wandnischen vorgesehen.

Im Brandfall ist in der Fluchtphase (Phase 1, gemäß RABT [FGSV (2003)]) die Rauchfreihaltung des kurzen Fluchttunnels durch dessen natürliche Lüftung gegeben.

Für den später einsetzenden Entrauchungsbetrieb des Fahrtunnels (Phase 2, gemäß RABT[FGSV (2003)]) wird jedoch auch eine Schutzlüftung des Fluchttunnels für dessen Rauchfreihaltung notwendig. Hierfür ist eine Längslüftung mit Strahlventilatoren vorgesehen, deren Auslegung auf dem beigefügten Berechnungsblatt dargestellt ist.

Für eine Luftgeschwindigkeit von ca. 2,0 m/s werden im Fluchttunnel sechs Strahlventilatoren à 400 mm Nenndurchmesser und 2880 Upm bei 1,1 kW Motornennleistung in ca. 72 m Abständen benötigt, sowie ein Reserveventilator. Ein einfacher Luftaustausch im Fluchttunnel ist damit in etwa fünf Minuten zu erreichen.

Zur Vermeidung von Rauchrückströmung im Portalbereich ist die Längslüftung des Fluchttunnels immer gleichgerichtet zur Längslüftung des Fahrtunnels zu betreiben. Die Strahlventilatoren des Fluchttunnels sind deshalb mit reversierbaren Motoren versehen und mit Zwangsverriegelung synchron zu den Ventilatoren des Fahrtunnels geschaltet.

#### **9.1.6.6 Betriebsräume**

Für die Energieversorgung, Überwachung und Steuerung der technischen Anlagen des Tunnels ist im Portalbereich ein unterirdisches Bauwerk mit den Betriebsräumen vorgesehen, für die in Abstimmung mit KC etwa 150 m<sup>2</sup> benötigt werden. Die Betriebsräume erhalten eine eigene Raumkonditionierungsanlage (Klima und Lüftungsanlage) für die Temperierung der Elektro-, Batterie- und Elektronikräume auf 15°C bis 25°C. Wegen der Aerosole und Abgase von den landenden Flugzeugen sollen die Betriebsräume auf Überdruck belüftet und die Frischluft zu den Räumen mit Feinfiltern und Absorptionsfiltern (regenerierbare AKF) gereinigt werden.

#### **9.1.6.7 Zusammenfassung**

Der Tunnel benötigt im Regelbetrieb keine mechanische Lüftung. Es entstehen somit im täglichen Regelbetrieb keine Energiebezugskosten für die Tunnellüftung. Die Tunnellüftung wird jedoch für die Entfernung ungeplanter Schadstoffansammlungen und für die Brandfalllüftung und den einseitigen Rauchabtrieb benötigt.

Im Brandfall ist der Tunnel sehr sicher, da die Rauch- und Brandgase sich in dem relativ großen Tunnelquerschnitt nur langsam ausbreiten und den Flüchtenden insgesamt sieben Fluchttüren in ca. 72 m Abständen angeboten werden, die in einen parallelen und sicheren Fluchttunnel führen, der eine Schutzlüftung für die Rauchfreihaltung erhält. Der Tunnel ist damit insbesondere in der kritischen frühen Phase eines Brandes sehr sicher.

Für die spätere Entrauchung stehen den Einsatzkräften vor Ort sieben Strahlventilatoren zur Verfügung, die den Tunnel innerhalb von fünf Minuten entrauchen können.

Der Tunnel erhält insgesamt 14 automatische Branddetektoren auf Basis von drei verschiedenen Messverfahren, sowie drei Strömungsmesser und neun Druckknopfmeldern, so dass eine schnelle und sichere Branderkennung gewährleistet ist.

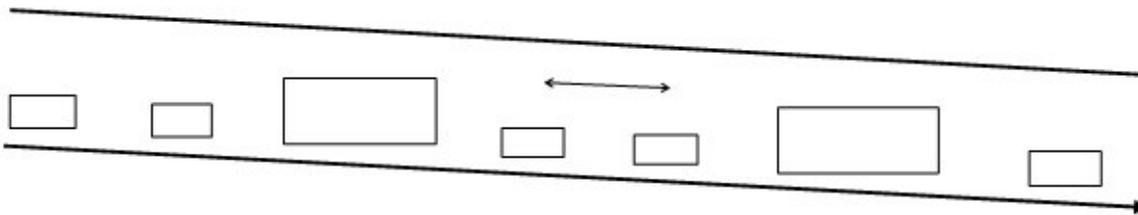
Zusätzlich sind in jedem Fahrstreifen vier Doppelschleifen zur Erfassung des Verkehrsflusses und eventueller Staus für die automatische Tunnelsperrung vorgesehen. Alternativ können auch die geplanten CCTV-Kameras zur Ereignisdetektion genutzt werden.

#### **9.1.6.8 Berichtsanlagen**

- 1 Berechnungsblatt zur Ermittlung der erforderlichen Frischluftmenge im Fahrtunnel
- 2 Berechnungsblätter zur Abschätzung der Rauchausbreitung bei einem Pkw-Brand
- 2 Berechnungsblätter zur Abschätzung der Rauchausbreitung bei einem Lkw-Brand
- 4 Berechnungsblätter zur Ermittlung des erforderlichen einseitigen Rauchabtriebs
- 1 Berechnungsblatt zur Ermittlung der erforderlichen Mindestgeschwindigkeit  $v_{krit}$
- 1 Ventilatornischenplan (Skizze)

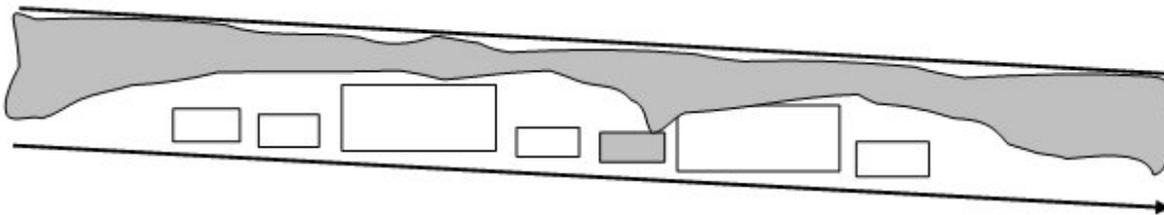
## Berechnung der Frischluftmenge im Fahrtunnel

für CO-Abgase, Dieselrauch und Reifenabrieb



Berechnung der Lüftung für den Regelbetrieb bei	ungehindert fließendem Verkehr				Stau oder stockendem Verkehr				
	1 Röhre mit		1 Röhre mit		1 Röhre mit		1 Röhre mit		
	Fluchtweg Tunnel	Gegenverkehr Süd	Gegenverkehr Nord	Fluchtweg Tunnel	Gegenverkehr Süd	Gegenverkehr Nord	Fluchtweg Tunnel	Gegenverkehr Süd	Gegenverkehr Nord
Variante									
Verkehrsart									
Fahrtrichtung									
von	km	0+590	1+167	0+590	0+590	1+167	0+590	0+590	1+167
bis	km	1+167	0+590	1+167	1+167	0+590	1+167	1+167	0+590
Länge	m	577	577	577	577	577	577	577	577
mittlere Gradiente	%	-0,5	0,5	-0,5	-0,5	0,5	-0,5	-0,5	0,5
mittlere Höhenlage der Fahrbahn	m üNN	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6
Querschnitt der Tunnelröhre:	m <sup>2</sup>	11,3	65,0	65,0	11,3	65,0	11,3	65,0	65,0
Umfang der Tunnelröhre	m	14,5	36,0	36,0	14,5	36,0	14,5	36,0	36,0
hydraul. Durchmesser:	m	3,1	7,2	7,2	3,1	7,2	3,1	7,2	7,2
wirkl. Verkehrsgeschwindigkeit (Porta):	km/h	5	70	70	5	70	5	5	70
mech. Lüftung erforderlich:									
DTV-Prognose 2015:	Fz/d	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
PKW-Prognose 2015:	PKW/d	2466	2466	2466	2466	2466	2466	2466	2466
Diesel-PKW-Anteil:	%	20	20	20	20	20	20	20	20
LKW-Prognose 2015:	LKW/d	1334	1334	1334	1334	1334	1334	1334	1334
LKW-Anteil:	%	35	35	35	35	35	35	35	35
Anzahl Otto-PKW im Tunnel:	PKW	18	1,8	1,8	18	1,8	18	25,0	1,8
Anzahl Diesel-PKW im Tunnel:	PKW	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	6,3	6,3	0,4
Anzahl 20t-LKW im Tunnel:	LKW	12	1,2	1,2	12	1,2	16,9	16,9	1,2
Anzahl aller Fz im Tunnel je Fahrtrichtung:	Fz	34	3,4	3,4	34	3,4	48,2	48,2	3,4
CO-Emission von Otto-PKW:	m <sup>3</sup> /h	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,1
CO-Emission von Diesel-PKW:	m <sup>3</sup> /h	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO-Emission von 20t-LKW:	m <sup>3</sup> /h	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
Summe der CO-Emission:	m <sup>3</sup> /h	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,7	0,1
Zul. CO-Gas Konzentration:	ppm	50	50	50	50	50	50	50	50
Erf. Luftmenge bei 10 ppm Rezirkulation:	m <sup>3</sup> /s	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	3,6	3,6	0,6
DR-Emission von Otto-PKW:	m <sup>2</sup> /h	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	12,8	12,8	2,7
DR-Emission von Diesel-PKW:	m <sup>2</sup> /h	3,7	4,2	4,2	3,7	4,2	12,3	12,3	4,2
DR-Emission von 20t-LKW:	m <sup>2</sup> /h	10,3	11,9	11,9	10,3	11,9	69,2	69,2	11,9
Summe der DR-Emission:	m <sup>2</sup> /h	16,7	18,8	18,8	16,7	18,8	94,3	94,3	18,8
Zul. Luftführung:	1/m	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Erf. Luftmenge bei 0,001 Rezirkulation:	m <sup>3</sup> /s	0,9	2,0	2,0	0,9	2,0	5,2	5,2	1,0
gesamte erforderliche Luftmenge:	m <sup>3</sup> /s								6,3

**Abschätzung der Rauchausbreitung im Fahrtunnel**  
bei natürlicher Rauchausbreitung im Brandfall



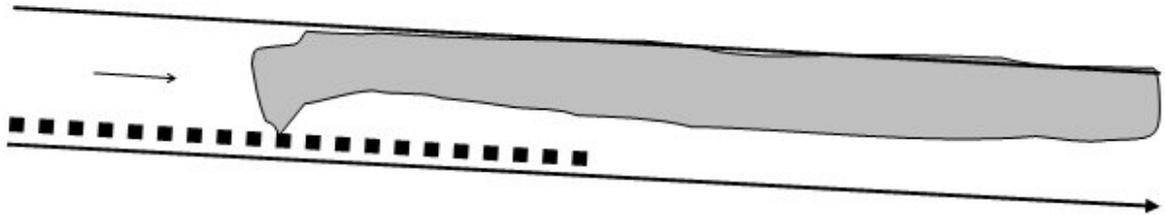
<b>Berechnung für PKW-Brand mit 5 MW</b>		<b>Brandgase</b>		
<b>Variante</b>		<b>1 Röhre mit</b>		
<b>Verkehrsart</b>		<b>Fluchtweg</b>	<b>Gegenverkehr</b>	
<b>Fahrtrichtung</b>		<b>Tunnel</b>	<b>Süd</b>	<b>Nord</b>
von	km	0+590	0+590	1+167
bis	km	1+167	1+167	0+590
Länge	m	577	577	577
mittlere Gradiente	%	-0,5	-0,5	0,5
mittlere Höhenlage der Fahrbahn	m üNN	89,6	89,6	89,6
Querschnitt der Tunnelröhre:	m <sup>2</sup>	11,3	65,0	65,0
Umfang der Tunnelröhre	m	14,5	36,0	36,0
hydraul. Durchmesser:	m	3,1	7,2	7,2
Verkehrsgeschwindigkeit Portal bis Stauende:	km/h	<b>5</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
mech. Lüftung eingeschaltet:		< >	<	>
DTV-Prognose 2015:	Fz/d		3800	3800
PKW Prognose 2015:	PKW/d		2466	2466
Diesel-PKW Anteil:	%		20	20
LKW Prognose 2015:	LKW/d		1334	1334
LKW-Anteil:	%		35	35
Anzahl Otto-PKW im Tunnel:	PKW		4,6	4,6
Anzahl Diesel-PKW im Tunnel:	PKW		1,1	1,1
Anzahl 20t-LKW im Tunnel:	LKW		4,1	4,1
Anzahl aller Fz im Tunnel:	Fz		<b>9,8</b>	<b>9,8</b>
Branddauer:	h			0,2
Brandstärke:	MW			5,0
Rauchgastemperatur nach 15 m:	°C			134
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			0,88
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			11,2
Rauchgastemperatur nach 35 m:	°C			31
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			1,18
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			8,3
Rauchgastemperatur nach 70 m:	°C			
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			
Rauchgastemperatur nach 125 m:	°C			
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			
Rauchgastemperatur nach 200 m:	°C			
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			
Rauchgastemperatur nach 300 m:	°C			
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			

Berechnung für LKW-Brand mit 30 MW		Brandgase		
		Fluchtweg Tunnel	1 Röhre mit Gegenverkehr	
			Süd	Nord
von	km	0+590	0+590	1+167
bis	km	1+167	1+167	0+590
Länge	m	577	577	577
mittlere Gradiente	%	-0,5	-0,5	0,5
mittlere Höhenlage der Fahrbahn	m üNN	89,6	89,6	89,6
Querschnitt der Tunnelröhre:	m <sup>2</sup>	11,3	65,0	65,0
Umfang der Tunnelröhre	m	14,5	36,0	36,0
hydraul. Durchmesser:	m	3,1	7,2	7,2
Verkehrsgeschwindigkeit Portal bis Stauende:	km/h	<b>5</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
mech. Lüftung eingeschaltet:		< >	<	>
DTV-Prognose 2015:	Fz/d		3800	3800
PKW Prognose 2015:	PKW/d		2466	2466
Diesel-PKW Anteil:	%		20	20
LKW Prognose 2015:	LKW/d		1334	1334
LKW-Anteil:	%		35	35
Anzahl Otto-PKW im Tunnel:	PKW		4,6	4,6
Anzahl Diesel-PKW im Tunnel:	PKW		1,1	1,1
Anzahl 20t-LKW im Tunnel:	LKW		4,1	4,1
Anzahl aller Fz im Tunnel:	Fz		<b>9,8</b>	<b>9,8</b>
Branddauer:	h			1,9
Brandstärke:	MW			30,0
Rauchgastemperatur nach 15 m:	°C			301
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			0,62
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			94,6
Rauchgastemperatur nach 35 m:	°C			252
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			0,68
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			86,6
Rauchgastemperatur nach 70 m:	°C			182
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			0,79
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			74,9
Rauchgastemperatur nach 125 m:	°C			103
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			0,95
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			62,0
Rauchgastemperatur nach 200 m:	°C			45
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			1,13
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			52,4
Rauchgastemperatur nach 300 m:	°C			16
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			1,24
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			47,6
Rauchgastemperatur nach 400 m:	°C			
Rauchgasdichte:	kg/m <sup>3</sup>			
Rauchgasmenge:	m <sup>3</sup> /s			

<b>Berechnung für PKW-Brand mit 5 MW</b>		<b>Rauchausbreitung</b>		
		<b>Fluchtweg Tunnel</b>	<b>1 Röhre mit Gegenverkehr</b>	
<b>Variante</b>			<b>Süd</b>	<b>Nord</b>
<b>Verkehrsart</b>				
<b>Fahrtrichtung</b>				
von	km	0+590	0+590	1+167
bis	km	1+167	1+167	0+590
Länge	m	577	577	577
mittlere Gradiente	%	-0,5	-0,5	0,5
mittlere Höhenlage der Fahrbahn	m üNN	89,6	89,6	89,6
Querschnitt der Tunnelröhre:	m <sup>2</sup>	11,3	65,0	65,0
Umfang der Tunnelröhre	m	14,5	36,0	36,0
hydraul. Durchmesser:	m	3,1	7,2	7,2
Verkehrsgeschwindigkeit Portal bis Stauende:	km/h	<b>5</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
mech. Lüftung eingeschaltet:		ja	ja	ja
DTV-Prognose 2015:	Fz/d		3800	3800
PKW Prognose 2015:	PKW/d		2466	2466
Diesel-PKW Anteil:	%		20	20
LKW Prognose 2015:	LKW/d		1334	1334
LKW-Anteil:	%		35	35
Anzahl Otto-PKW im Tunnel:	PKW		4,6	4,6
Anzahl Diesel-PKW im Tunnel:	PKW		1,1	1,1
Anzahl 20t-LKW im Tunnel:	LKW		4,1	4,1
Anzahl aller Fz im Tunnel:	Fz		<b>9,8</b>	<b>9,8</b>
V <sub>c</sub> =	m/s			1,22
t (nach 40 m)=	Min			<b>0,7</b>

Berechnung für LKW-Brand mit 30 MW		Rauchausbreitung		
		Fluchtweg Tunnel	1 Röhre mit Gegenverkehr	
			Süd	Nord
von	km	0+590	0+590	1+167
bis	km	1+167	1+167	0+590
Länge	m	577	577	577
mittlere Gradiente	%	-0,5	-0,5	0,5
mittlere Höhenlage der Fahrbahn	m üNN	89,6	89,6	89,6
Querschnitt der Tunnelröhre:	m <sup>2</sup>	11,3	65,0	65,0
Umfang der Tunnelröhre	m	14,5	36,0	36,0
hydraul. Durchmesser:	m	3,1	7,2	7,2
Verkehrsgeschwindigkeit Portal bis Stauende:	km/h	<b>5</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
mech. Lüftung eingeschaltet:		ja	ja	ja
DTV-Prognose 2015:	Fz/d		3800	3800
PKW Prognose 2015:	PKW/d		2466	2466
Diesel-PKW Anteil:	%		20	20
LKW Prognose 2015:	LKW/d		1334	1334
LKW-Anteil:	%		35	35
Anzahl Otto-PKW im Tunnel:	PKW		4,6	4,6
Anzahl Diesel-PKW im Tunnel:	PKW		1,1	1,1
Anzahl 20t-LKW im Tunnel:	LKW		4,1	4,1
Anzahl aller Fz im Tunnel:	Fz		<b>9,8</b>	<b>9,8</b>
V <sub>c</sub> =	m/s			1,96
t (nach 300 m) =	Min			<b>2,6</b>

## **Berechnung des Rauchabtriebes im Fahrtunnel** in Blasrichtung Süd (bei einem Brand am Nordportal)



**Auslegung der Entrauchung für einen Brand in der Nähe vom Nordportal**

<b>Tunnel Daten (gesamt)</b>		KM = Kilometrierung nach Entwurfsplänen	
KM <sub>E</sub> =	590 m Einlaßportal Nord	KM <sub>A</sub> =	1167 m Ausblasportal Süd
L <sub>T</sub> =	KM <sub>A</sub> - KM <sub>E</sub> =	1167 - 590 =	577 m Tunnellänge
h <sub>E</sub> =	91,05 m	h <sub>A</sub> =	88,15 m Höhe über NN
Δh <sub>T</sub> =	h <sub>A</sub> - h <sub>E</sub> =	88,2 - 91,1 =	-2,9 m Höhendifferenz im Tunnel
i <sub>T</sub> =	100 * Δh <sub>T</sub> / L <sub>T</sub> =	100 * (-2,9 / 577) =	-0,50 % mittlere Steigung im Tunnel
B <sub>T</sub> =	13,0 m Tunnelbreite	H <sub>T</sub> =	5,0 m Tunnelhöhe
P <sub>T</sub> =	2 * (B <sub>T</sub> + H <sub>T</sub> ) =	2 * (13 + 5) =	36,0 m Tunnelumfang
A <sub>T</sub> =	B <sub>T</sub> * H <sub>T</sub> =	13 * 5 =	65,0 m <sup>2</sup> Tunnelquerschnitt
D <sub>T</sub> =	4 * A <sub>T</sub> / P <sub>T</sub> =	4 * 65 / 36 =	7,2 m Tunneldurchmesser (hydraul.)



**Tunnelstrecke (Nord bis Süd)**

KM <sub>N</sub> =	590 m Einströmseite	KM <sub>S</sub> =	1167 m Ausströmseite
L <sub>T</sub> =	KM <sub>S</sub> - KM <sub>N</sub> =	1167 - 590 =	577 m Tunnelstrecke
h <sub>E</sub> =	91,05 m	h <sub>A</sub> =	88,2 m üNN
Δh <sub>T</sub> =	h <sub>A</sub> - h <sub>E</sub> =	88,2 - 91,1 =	-2,9 m Höhendifferenz auf ganzer Strecke
i <sub>T</sub> =	100 * Δh <sub>T</sub> / L <sub>T</sub> =	100 * (-2,9 / 577) =	-0,50 % mittlere Steigung auf ganzer Strecke

**Verkehrsdaten (2015)**

Tunnel mit 1 Röhre und Gegenverkehr

DTV =	7600 Kfz/d	SLV =	2668 Lkw/d	S <sub>L</sub> =	SLV / DTV =	0,35 Lkw / DTV
Nord =	3800 Kfz/d	Süd =	3800 Kfz/d	Pkw =	DTV - Lkw =	4932 Pkw/d
v <sub>N</sub> =	70 km/h	v <sub>S</sub> =	70 km/h			
N/G =	0,50 Anteil Nordrichtung	S/G =	0,50 Anteil Südrichtung			
Spv <sub>N</sub> =	Nord/9 =	3800/9 =	422 Kfz/h (Nordrichtung)			
Spv <sub>S</sub> =	Süd/9 =	3800/9 =	422 Kfz/h (Südrichtung)			
Sp <sub>LK</sub> =	s <sub>L</sub> * Spv <sub>N</sub> =	0,351 * 422 =	148 Lkw/h (Nordrichtung)			
Sp <sub>LS</sub> =	s <sub>L</sub> * Spv <sub>S</sub> =	0,351 * 422 =	148 Lkw/h (Südrichtung)			
Sp <sub>PK</sub> =	(1 - s <sub>L</sub> ) * Spv <sub>N</sub> =	(1 - 0,351) * 422 =	274 Pkw/h (Nordrichtung)			
Sp <sub>PS</sub> =	(1 - s <sub>L</sub> ) * Spv <sub>S</sub> =	(1 - 0,351) * 422 =	274 Pkw/h (Südrichtung)			
M <sub>LK</sub> =	Sp <sub>LK</sub> * L <sub>T</sub> / v =	148 * 577 / 70 / 1000 =	1,2 Lkw fahren im Tunnel (Nordrichtung)			
M <sub>LS</sub> =	Sp <sub>LS</sub> * L <sub>T</sub> / v =	148 * 577 / 70 / 1000 =	1,2 Lkw fahren im Tunnel (Südrichtung)			
M <sub>PK</sub> =	Sp <sub>PK</sub> * L <sub>T</sub> / v =	274 * 577 / 70 / 1000 =	2,3 Pkw fahren im Tunnel (Nordrichtung)			
M <sub>PS</sub> =	Sp <sub>PS</sub> * L <sub>T</sub> / v =	274 * 577 / 70 / 1000 =	2,3 Pkw fahren im Tunnel (Südrichtung)			
M <sub>L</sub> =	M <sub>LK</sub> + M <sub>LS</sub> =	1,2 + 1,2 =	2,4 Lkw fahren insgesamt im Tunnel			
M <sub>P</sub> =	M <sub>PK</sub> + M <sub>PS</sub> =	2,3 + 2,3 =	4,5 Pkw fahren insgesamt im Tunnel			

<b>Brandstau auf der Nordseite</b>	$t =$	1,0 Minute(n) nach Ereignisbeginn
$N_{LNI} = t/60 \cdot Sp_{LN} + 1 =$	$1/60 \cdot 148 + 1 =$	3,5 Lkw nach 1 Minute Stau nach Süden eingefahren
$N_{LSI} = t/60 \cdot Sp_{LS} + 1 =$	$1/60 \cdot 148 + 1 =$	3,5 Lkw nach 1 Minute Stau nach Norden eingefahren
$N_{PNI} = t/60 \cdot Sp_{PN} =$	$1/60 \cdot 274 =$	4,6 Pkw nach 1 Minute Stau nach Süden eingefahren
$N_{PSI} = t/60 \cdot Sp_{PS} =$	$1/60 \cdot 274 =$	4,6 Pkw nach 1 Minute Stau nach Norden eingefahren
$L_{BNI} = 12 \cdot N_{LNI} + 6 \cdot N_{PNI} =$	$12 \cdot 3,5 + 6 \cdot 4,6 =$	69 m Staulänge nach 1 Minute nach Süden
$L_{BSI} = 12 \cdot N_{LSI} + 6 \cdot N_{PSI} =$	$12 \cdot 3,5 + 6 \cdot 4,6 =$	69 m Staulänge nach 1 Minute nach Norden
$N_{LNZ} = L_{BNI} / L_T \cdot M_{LN} =$	$(577 - 69) / 577 \cdot 1,2 =$	1,1 Lkw im Stau nach Süden zurückgeblieben
$N_{LSZ} = L_{BSI} / L_T \cdot M_{LS} =$	$69 / 577 \cdot 1,2 =$	0,1 Lkw im Stau nach Norden zurückgeblieben
$N_{PNZ} = L_{BNI} / L_T \cdot M_{PN} =$	$(577 - 69) / 577 \cdot 2,3 =$	2,0 Pkw im Stau nach Süden zurückgeblieben
$N_{PSZ} = L_{BSI} / L_T \cdot M_{PS} =$	$69 / 577 \cdot 2,3 =$	0,3 Pkw im Stau nach Norden zurückgeblieben
$N_{LN} = N_{LNI} + N_{LNZ} =$	$3,5 + 1,1 =$	4,5 Lkw insgesamt im Stau nach Süden
$N_{LS} = N_{LSI} + N_{LSZ} =$	$3,5 + 0,1 =$	3,6 Lkw insgesamt im Stau nach Norden
$N_L = N_{LN} + N_{LS} =$	$4,5 + 3,6 =$	8,2 Lkw insgesamt im Stau
$N_{PN} = N_{PNI} + N_{PNZ} =$	$4,6 + 2,0 =$	6,6 Pkw insgesamt im Stau nach Süden
$N_{PS} = N_{PSI} + N_{PSZ} =$	$4,6 + 0,3 =$	4,8 Pkw insgesamt im Stau nach Norden
$N_P = N_{PN} + N_{PS} =$	$6,6 + 4,8 =$	11,4 Pkw insgesamt im Stau
$L_N = 12 \cdot N_{LN} + 6 \cdot N_{PN} =$	$12 \cdot 4,5 + 6 \cdot 6,6 =$	93,9 m Staulänge insgesamt nach 1 Minute nach Süden
$L_S = 12 \cdot N_{LS} + 6 \cdot N_{PS} =$	$12 \cdot 3,6 + 6 \cdot 4,8 =$	72,4 m Staulänge insgesamt nach 1 Minute nach Norden
$L_{ST} = L_N + L_S =$	$93,9 + 72,4 =$	166 m Staulänge insgesamt nach 1 Minute

**Bemessungsbrand**

$R = SLV \cdot L_T =$	$2668 \cdot 577 / 1000 =$	1539 Lkw*km/d < 4000 Lkw*km/d
$Q_f = 30$ MW	(RABT, Tab. 8) Bemessungsbrand	
$V_{RA} = 80$ m <sup>3</sup> /h	(RABT, Tab. 8) Rauchgas mit 300 °C im Mittel bei Schichtströmung	

**Mindestgeschwindigkeit**

$i_k = i_T = -0,50$ %	größtes Gefälle ist maßgebend für die Rückströmung der Gase
$v_k = 2,00$ m/s	krit. Geschwindigkeit gem. Berechnung bei 4 m Flammenhöhe

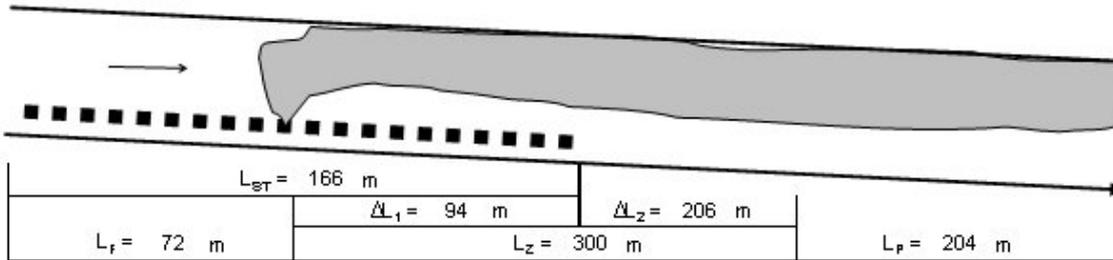
**Brandgase**

$T_f = 15$ °C	$273 + 15 =$	288 °K	Außenlufttemperatur (durchschnittlich)	
$\rho_f = \rho_L \cdot T_L / T_f =$	$1,2 \cdot 290 / 288 =$	1,21 kg/m <sup>3</sup>	Außenluftdichte (durchschnittlich)	
$L_f = 72$ m			Außenluftstrecke bis Brandort	
$\Delta T_L = 2$ K	$T_L = T_f + \Delta T_L =$	288 + 2 =	290 °K	Tunnellufttemperatur im Mittel
$\rho_L = 1,20$ kg/m <sup>3</sup>			Tunnelluftdichte bei 1013 mbar, 20 °C, 50% r.F.	
$\Delta T_z = 135$ K	$T_z = T_L + \Delta T_z =$	290 + 135 =	425 °K	zentrale Brandgastemperatur (gemittelt bei Mischung)
$\rho_z = \rho_L \cdot T_L / T_z =$	$1,2 \cdot 290 / 425 =$	0,82 kg/m <sup>3</sup>	zentrale Brandgasdichte	
$L_z = 300$ m			zentrale Brandgasstrecke	
$\Delta T_p = 23$ K	$T_p = T_L + \Delta T_p =$	290 + 23 =	313 °K	periphere Brandgastemperatur (gemittelt bei Mischung)
$\rho_p = \rho_L \cdot T_L / T_p =$	$1,2 \cdot 290 / 313 =$	1,11 kg/m <sup>3</sup>	periphere Brandgasdichte	
$L_p = L_T - L_f - L_z =$	$577 - 72 - 300 =$	204 m	periphere Brandgasstrecke	
$T_m = (T_L \cdot L_f + T_z \cdot L_z + T_p \cdot L_p) / L_T =$	$(290 \cdot 73 + 425 \cdot 300 + 313 \cdot 204) / 577 =$	368 °K =	95 °C	mittlere Temperatur im Tunnel

**Brandort**

$$L_B = KM_E + L_f = 590 + 72 = 662 \text{ m (km 0+663)}$$

Es wird die für die Entrauchung mit Strahlventilatoren (STV) ungünstigste Konstellation zugrunde gelegt



**Auftriebsdrücke**

$$\Delta p_f = g \cdot (\rho_f - \rho_U) \cdot L_f \cdot i_T = 9,81 \cdot (1,21 - 1,20) \cdot 72 \cdot (-0,5/100) = 0,0 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_z = g \cdot (\rho_f - \rho_z) \cdot L_z \cdot i_T = 9,81 \cdot (1,21 - 0,82) \cdot 300 \cdot (-0,5/100) = -5,8 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_p = g \cdot (\rho_f - \rho_p) \cdot L_p \cdot i_T = 9,81 \cdot (1,21 - 1,11) \cdot 204 \cdot (-0,5/100) = -1,0 \text{ Pa}$$

$$\Sigma = -6,8 \text{ Pa (neg. Druck = Gegendruck)}$$

**Winddruck**

$$v_0 = 5,00 \text{ m/s bei Südwind (P < 95\%)}$$

$$\Delta p_{wf} = -0,5 \cdot \rho_f \cdot v_0^2 = -0,5 \cdot 1,21 \cdot 5,0^2 = -15,1 \text{ Pa}$$

**Fahrzeugdaten**

$A_p = 2,24 \text{ m}^2$	Pkw (1,6x1,4 m)	$A_L = 8,75 \text{ m}^2$	Lkw (2,5x3,5 m)	Spantfläche
$c_{wf} = 0,35$	Pkw	$c_{wL} = 0,8$	Lkw	Luftwiderstandsbeiwert
$c_{kf} = 0,75$	Pkw	$c_{kf} = 0,75$	Lkw	Fahrzeugkolonnenbeiwert

$$n_{max} = 165 \text{ PVWE/km (RABT, Tab. 6)} = 0,165 \text{ PVWE/m max. Belegung pro Fahrstreifen bei Stillstand}$$

$$PVWE = Pkw + 2 \cdot Lkw = 11,4 + 2 \cdot 8,2 = 27,7 \text{ PVWE im Tunnel bei Brandfallstau}$$

$$n_{PVWE} = PVWE / L_T = 27,7 / 577 = 0,05 \text{ PVWE/m} < 0,165 \text{ PVWE/m (o.k.)}$$

$$n_{Lkw} = N_L / L_{ST} = 8,2 / 166 = 0,049 \text{ Lkw/m im Stau}$$

$$n_{Pkw} = N_P / L_{ST} = 11,4 / 166 = 0,07 \text{ Pkw/m im Stau}$$

**Strömungsgeschwindigkeiten**

$$v_L \geq v_k \geq 2,00 \text{ m/s Mindestanströmgeschwindigkeit im freien Tunnelquerschnitt zur Entrauchung}$$

$$v_{LP} = v_L^* A_T / (A_T - A_p) = 2,0 \cdot 65 / (65 - 2,24) = 2,071 \text{ m/s Luftgeschw. mit Pkw im Tunnel}$$

$$v_{LL} = v_L^* A_T / (A_T - A_L) = 2,0 \cdot 65 / (65 - 8,75) = 2,311 \text{ m/s Luftgeschw. mit Lkw im Tunnel}$$

$$v_z = v_L^* T_z / T_L = 2,0 \cdot 425 / 290 = 2,931 \text{ m/s zentrale Gasgeschw. ohne Kfz im Tunnel}$$

$$v_{zP} = v_z^* A_T / (A_T - A_p) = 2,93 \cdot 65 / (65 - 2,24) = 3,036 \text{ m/s zentrale Gasgeschw. mit Pkw im Tunnel}$$

$$v_{zL} = v_z^* A_T / (A_T - A_L) = 2,93 \cdot 65 / (65 - 8,75) = 3,387 \text{ m/s zentrale Gasgeschw. mit Lkw im Tunnel}$$

$$v_p = v_L^* T_p / T_L = 2,0 \cdot 313 / 290 = 2,159 \text{ m/s periphere Gasgeschw. ohne Kfz im Tunnel}$$

$$v_{pP} = v_p^* A_T / (A_T - A_p) = 2,16 \cdot 65 / (65 - 2,24) = 2,236 \text{ m/s periphere Gasgeschw. mit Pkw im Tunnel}$$

$$v_{pL} = v_p^* A_T / (A_T - A_L) = 2,16 \cdot 65 / (65 - 8,75) = 2,494 \text{ m/s periphere Gasgeschw. mit Lkw im Tunnel}$$

$$v_m = (v_L^* L_f + v_z^* L_z + v_p^* L_p) / L_T = (2,0 \cdot 73 + 2,93 \cdot 300 + 2,16 \cdot 204) / 577 = 2,54 \text{ m/s mittlere Strömungsgeschw. im Tunnel}$$

**Fahrzeugdrücke**

$$\Delta p_P = -0,5 \cdot A_P \cdot c_{wp} \cdot c_{kf} \cdot n_{PKW} \cdot (L_f \cdot \rho_L \cdot v_{LP}^2 + (L_{ST} - L_f) \cdot \rho_Z \cdot v_{ZP}^2) / A_T =$$

$$-0,5 \cdot 2,24 \cdot 0,35 \cdot 0,75 \cdot 0,07 \cdot (7,2 \cdot 1,2^2 \cdot 0,7^2 + 94 \cdot 0,82^2 \cdot 3,04^2) / 65 = -0,3 \text{ Pa (Pkw)}$$

$$\Delta p_L = -0,5 \cdot A_L \cdot c_{wl} \cdot c_{kf} \cdot n_{LKW} \cdot (L_f \cdot \rho_L \cdot v_{LL}^2 + (L_{ST} - L_f) \cdot \rho_Z \cdot v_{ZL}^2) / A_T =$$

$$-0,5 \cdot 8,75 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,05 \cdot (7,2 \cdot 1,2^2 \cdot 3,1^2 + 94 \cdot 0,82^2 \cdot 3,39^2) / 65 = -2,7 \text{ Pa (Lkw)}$$

$$\Sigma = -3,0 \text{ Pa}$$

**Reibungsdrücke**

$$\Delta p_R = -0,5 \cdot \lambda \cdot (L_f \cdot \rho_L \cdot v_L^2 + L_Z \cdot \rho_Z \cdot v_Z^2 + L_P \cdot \rho_P \cdot v_P^2) / D_T =$$

$$-0,5 \cdot 0,015 \cdot (7,2 \cdot 1,2^2 \cdot 0,7^2 + 300 \cdot 0,82^2 \cdot 2,93^2 + 204 \cdot 1,11^2 \cdot 2,16^2) / 7,2 = -3,7 \text{ Pa}$$

**Ein- und Ausströmdrücke**

$$\Delta p_E = -0,5 \cdot \rho_f \cdot \zeta_{EM} \cdot v_L^2 = -0,5 \cdot 1,21 \cdot 0,6 \cdot 2,0^2 = -1,45 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_A = -0,5 \cdot \rho_f \cdot \zeta_{AM} \cdot v_P^2 = -0,5 \cdot 1,11 \cdot 1,0 \cdot 2,16^2 = -2,59 \text{ Pa}$$

**Summe aller Drücke**

$$\Sigma \Delta p = -32,6 \text{ Pa}$$

**Tunneluftkräfte**

$$F_T = A_T \cdot \Sigma \Delta p = 65 \cdot (-32,6) = -2117 \text{ N}$$

Die Auslegung der Strahlventilatoren erfolgt für die lokale Luftdichte, die lokale Luftgeschwindigkeit und den lokalen Einbauwirkungsgrad zur Bestimmung des erforderlichen Nennschubes.

**Strahlventilatoren**

Die Auslegung erfolgt für eine Montage der STV an der Tunneldecke über dem Rad- und Gehweg

Betrachtet werden 5 Deckenplätze mit je 1 Ventilator:

$$n_{DM} = 5 \text{ STV}$$

**Minderleistung**

$$F_m = F_T / n_{DM} / \eta_E = 2117 / 5 / 0,80 = 564 \text{ N bei } 368 \text{ }^\circ\text{K} = 95 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$F_M = F_m \cdot T_m / T_L = 564 \cdot 368 / 293 = 710 \text{ N bei } 293 \text{ }^\circ\text{K} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\eta_E = 0,75 \text{ Einbauwirkungsgrad (reversierbar und Deckenstrahlwiderstand)}$$

**Stand Schub**

$$F_S = F_M \cdot v_{ST} / (v_{ST} - v_m) = 710 \cdot 29,3 / (29,3 - 2,54) = 777 \text{ N pro Ventilator}$$

$v_{ST} = 29,3 \text{ m/s}$  Ausblasgeschwindigkeit bei 1000 mm Nenndurchmesser

$n_{ST} = 5$  Strahlventilatoren plus 2 als Reserve = 7 STV

$D_{ST} = 1000 \text{ mm}$  gewählter Nenndurchmesser

$H_{ST} = 650 \text{ mm}$  Einbauhöhe

$H_{LR} = 4,50 \text{ m}$  Lichtraumhöhe

$H_T = 5,00 \text{ m}$  Lichtraumhöhe

$F_{ST} = 770 \text{ N}$  pro Ventilator gewählter Stand Schub bei 20°C und 29,3 m/s Ausblasgeschwindigkeit

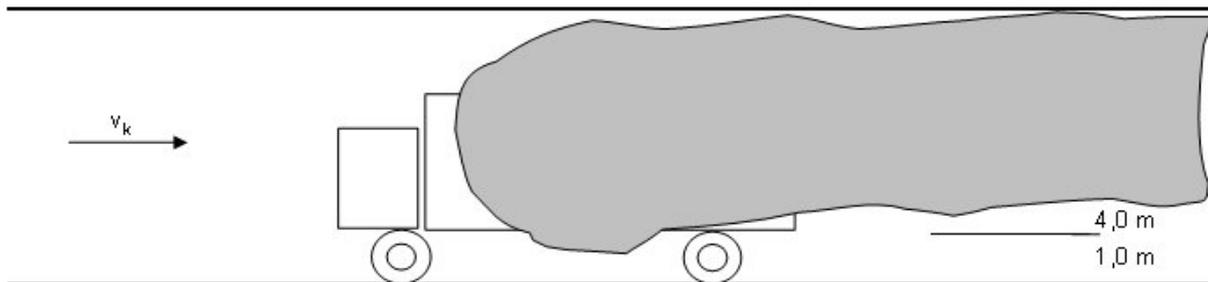
$N_{ST} = 22,0 \text{ kW}$  Motornennleistung

$n_{ST} = 1450 \text{ Upm}$  Nenndrehzahl

$L_{PM} = 78 \text{ dB(A)}$  in 3 m Abstand von 1 Ventilator (mit 2,0 m langen Schalldämpfern)

Es werden einheitliche Ventilatoren für alle Einbauorte vorgesehen. Für deren Auslegung wird dann der jeweilige Mittelwert aus den verschiedenen Gastemperaturen und Strömungsgeschwindigkeiten zugrunde gelegt, woraus sich der erforderliche mittlere Stand Schub der Strahlventilatoren bestimmen läßt.

### Kritische Geschwindigkeit bei einem 30 MW Lkw-Brand



Tunnelröhre	GV	Fahrtunnel
Max. Gefälle:	i (%)	0,50
Mittlere Höhenlage der Fahrbahn:	m (üNN)	90,8
Breite der Tunnelröhre:	$B_T$ (m)	13,0
Höhe der Tunnelröhre:	$H_T$ (m)	5,0
Querschnitt der Tunnelröhre:	$A_T$ (m <sup>2</sup> )	65,0
Brandstärke:	$Q_B$ (MW)	30
Berechnung nach Kennedy		
Rauchgasauftriebshöhe:		
$H_{RG} = H_T - H_{Ladefläche} = 5,0 - 1,0 =$	$H_{RG}$ (m)	4,0
$K_1 = 0,6057 + 0,02265 \cdot i^{0,8} =$		0,62
$K_2 = Q / (\rho \cdot c_p \cdot A_T) = 30000 / (1,22 \cdot 1,005 \cdot 65) =$		376
$v_1 =$ Startwert	$v_1$ (m/s)	2,00
$T_{RG} = K_2 \cdot v_1 + T_0 = 376 / 2 + 273 =$	$T_{RG}$ (K)	461
$v_k = K_1 \cdot (K_2 \cdot g \cdot H_{RG} / T_{RG})^{1/3} = 0,62 \cdot (376 \cdot 9,81 \cdot 4 / 461)^{1/3} =$	$v_k$ (m/s)	<b>1,96</b>

## Tunnel unter Landebahn NW

### Legende:

KM= Kilometrierung    h= Höhe über NN    L = Länge in m    i = Steigung in %    B = Breite in m  
H = Höhe in m    A = Querschnitt in m<sup>2</sup>    U = Umfang in m    D = hydraul. Durchmesser in m

### Verkehrsfall:

DPKW = Diesel-PKW-Anteil    DTV = durchschnittl. tägl. Verkehrsaufkommen in KFZ/d (16h)  
% LKW = LKW-Anteil in %    q<sub>p</sub> = PKW-Anteil in PKW/h    q<sub>L</sub> = LKW-Anteil in LKW/h  
% <= Fahrtrichtung <= km/h    Fahrtrichtungsanteil in % und Fahrtgeschwindigkeit in km/h  
% => Fahrtrichtung => km/h    Fahrtrichtungsanteil in % und Fahrtgeschwindigkeit in km/h  
n<sub>p</sub> = Anzahl PKW in einer Fahrtrichtung im Tunnel    < Fahrt-/Strömungsrichtung Nord  
n<sub>L</sub> = Anzahl LKW in einer Fahrtrichtung im Tunnel    > Fahrt-/Strömungsrichtung West  
k<sub>COimg</sub> = angenommene CO-Gaskonzentration in der Außenluft in ppm  
k<sub>COZtl</sub> = zulässige CO-Gaskonzentration in der Tunnelabluft in ppm  
k<sub>DRimg</sub> = angenommene Sichttrübung der Außenluft in 1/m  
k<sub>DRZtl</sub> = zulässige Sichttrübung in der Tunnelabluft in 1/m  
Q<sub>CO</sub> = erforderl. Frischluftmenge zur Verdünnung der CO-Abgase je Fahrtrichtung in m<sup>3</sup>/s  
Q<sub>DR</sub> = erforderl. Frischluftmenge zur Verdünnung der Dieselrauchpartikel je Fahrtrichtung in m<sup>3</sup>/s  
Q<sub>ABL</sub> = erforderl. ges. Frisch- / Abluftmenge in m<sup>3</sup>/s  
v<sub>ABL</sub> = erforderl. Luftgeschwindigkeit im Tunnel  
Δp<sub>RDg</sub> = Reibungsdruckverlust der Luftströmung im Tunnel in Pa  
Δp<sub>PKW</sub> = Fahrtwinddruckverlust der PKW im Tunnel in Pa  
Δp<sub>LKW</sub> = Fahrtwinddruckverlust der LKW im Tunnel in Pa  
Δp<sub>ztlm</sub> = Summe der erforderl. Zusatzdruckerhöhung in der Tunnelstrecke in Pa  
Δp<sub>er</sub> = Summe der gesamten erforderl. Zusatzdruckerhöhung im Tunnel in Pa  
β<sub>KFZ</sub> = Fahrzeugkoeffizient  
V = Tunnelluftvolumen in m<sup>3</sup>  
t<sub>min</sub> = Mindestspülzeit in min  
F = Ventilatorschub in kg\*m/s<sup>2</sup>

## Tunnel unter Landebahn NW

### Tunnelstrecke:

KM <sub>1</sub> =	590 m	h <sub>1</sub> =	91,1 m ÜNN
KM <sub>2</sub> =	1167 m	h <sub>2</sub> =	88,2 m ÜNN
L =	577 m	i =	-0,5 %
B =	13,0 m	H =	5,00 m i.Li.
A =	65 m <sup>2</sup>	U =	36,0 m
V =	37505 m <sup>3</sup>	D =	7,2 m

### 1 Röhre mit GV

### Gesamte Tunnelstrecke (Nord - Süd):

L =	577 m
i =	-0,50 %
V =	37505 m <sup>3</sup>
n <sub>p</sub> =	31,6 PKW
n <sub>L</sub> =	17,1 LKW

### Regellüftung

N <sub>M</sub> =	5,5 kW
F =	193 kg*m/s <sup>2</sup>
γ =	0,75 reversierbar
n =	725 Upm

Q <sub>L</sub> =	65 m <sup>3</sup> /s
Δp <sub>L</sub> =	1,3 kg/m <sup>2</sup>
n <sub>L</sub> =	<b>5,7 STV (D = 1,00 m)</b>
t <sub>L</sub> =	9,6 min (Spülzeit)

### Entrauchung

N <sub>M</sub> =	22 kW
F =	770 kg*m/s <sup>2</sup>
γ =	1,00 reversierbar (s. Berechnung)
n =	1450 Upm

Q <sub>R</sub> =	130 m <sup>3</sup> /s
Δp <sub>R</sub> =	6,1 kg/m <sup>2</sup>
n <sub>R</sub> =	<b>5,0 STV (D = 1,00 m)</b>
t <sub>R</sub> =	4,8 min (Spülzeit)

### Regellüftung mit 1,0 m/s

Prognosejahr:	2015	DTV =	7600 Kfz/d (24h)		
DPKW =	20 %	LKW =	35 %		
50 % in Fahrtrichtung < Nord:	5,0 km/h	q <sub>p</sub> =	548 PKW/h	q <sub>L</sub> =	296 LKW/h
50 % in Fahrtrichtung > Süd:	5,0 km/h	n <sub>p</sub> /2 =	15,8 PKW	n <sub>L</sub> /2 =	8,6 LKW
		n <sub>p</sub> /2 =	15,8 PKW	n <sub>L</sub> /2 =	8,6 LKW

Q <sub>ABL &lt;</sub> =	65,0 m <sup>3</sup> /s	v <sub>ABL</sub> =	1,00 m/s	Δp <sub>Rbq+Elh+0,1z+0,01h d</sub> =	9,60 Pa
Δp <sub>PKW &lt;</sub> =	0,08 Pa	Δp <sub>LKW &lt;</sub> =	0,92 Pa	Δp <sub>PKW+LKW &lt;</sub> =	1,01 Pa
Δp <sub>PKW &gt;</sub> =	0,08 Pa	Δp <sub>LKW &gt;</sub> =	0,92 Pa	Δp <sub>PKW+LKW &gt;</sub> =	1,01 Pa
β <sub>PKW</sub> =	0,98	β <sub>LKW</sub> =	0,87	Δp <sub>ε1m</sub> =	<b>12,8 Pa</b>

### Entrauchung mit 2,0 m/s:

Q <sub>ABL &lt;</sub> =	130,0 m <sup>3</sup> /s	v <sub>ABL</sub> =	2,00 m/s	Druckdifferenz =	<b>59,8 Pa</b>
-------------------------	-------------------------	--------------------	----------	------------------	----------------

## Tunnel unter Landebahn NW

### Tunnelstrecke:

$KM_1 = 590 \text{ m}$   
 $KM_2 = 1167 \text{ m}$   
 $L = 577 \text{ m}$   
 $B = 2,25 \text{ m}$   
 $A = 11,25 \text{ m}^2$   
 $V = 6491 \text{ m}^3$

### Fluchttunnel

$h_1 = 91,1 \text{ m üNN}$   
 $h_2 = 88,2 \text{ m üNN}$   
 $i = -0,5 \%$   
 $H = 5,00 \text{ m i.Li.}$   
 $U = 14,5 \text{ m}$   
 $D = 3,1 \text{ m}$

### Gesamte Tunnelstrecke (Nord - Süd):

$L = 577 \text{ m}$   
 $i = -0,50 \%$   
 $V = 6491 \text{ m}^3$   
 $n_p = \text{PKW}$   
 $n_L = \text{LKW}$

### Rauchfreihaltung

$N_H = 0,8 \text{ kW}$   
 $F = 51 \text{ kg}^* \text{m/s}^2$   
 $\gamma = 0,6 \text{ reversierbar}$   
 $n = 1440 \text{ Upm}$

### alternativ (Kleinere STV)

$N_H = 1,1 \text{ kW}$   
 $F = 43 \text{ kg}^* \text{m/s}^2$   
 $\gamma = 0,6 \text{ reversierbar}$   
 $n = 2880 \text{ Upm}$

$Q_2 = 23 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $\Delta p_2 = 2,4 \text{ kg/m}^2$   
 $n_2 = 5,2 \text{ STV (D = 0,50 m)}$   
 $t_2 = 4,8 \text{ min}$

$Q_2 = 23 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $\Delta p_2 = 2,4 \text{ kg/m}^2$   
 $n_2 = 6,2 \text{ STV (D = 0,40 m)}$   
 $t_2 = 4,8 \text{ min}$

### Lüftung mit 1 m/s:

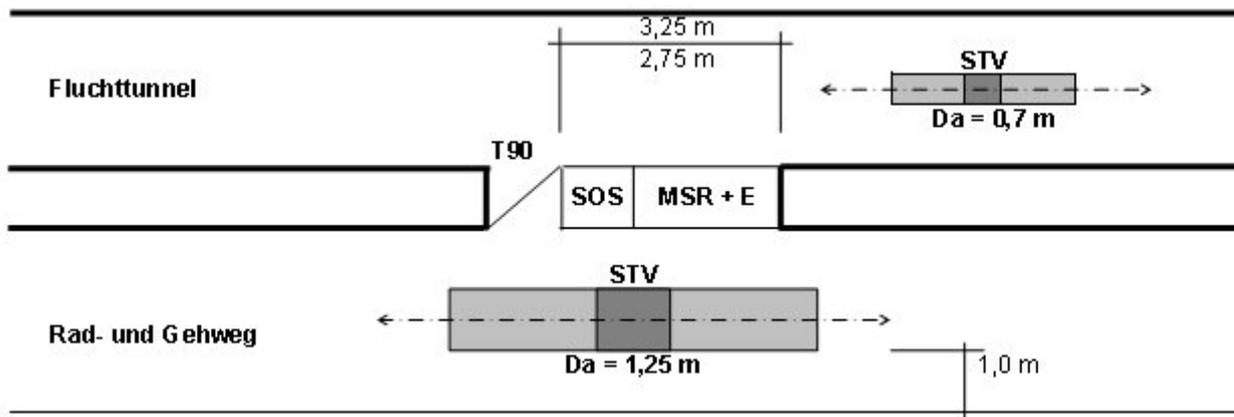
$Q_{ABL-z} = 11,3 \text{ m}^3/\text{s}$        $v_{ABL} = 1,00 \text{ m/s}$        $\Delta p_{Rbq+Elk+Atz+Ullid} = 11,6 \text{ Pa}$

### Lüftung mit 2 m/s:

$Q_{ABL-z} = 22,5 \text{ m}^3/\text{s}$        $v_{ABL} = 2,00 \text{ m/s}$        $\Delta p_{Rbq+Elk+Atz+Ullid} = 23,7 \text{ Pa}$

## Tunnel unter der Landebahn-NW

SOS - Nischen beidseitig zugänglich



Gegenverkehrstunnel



**Legende:**

- W = Wandhydrant
- T90 = Fluchttür als Brandschutztür mit Fenster G90
- SOS = Notrufzelle
- MSR = Meß-, Steuer- und Regelanlagen
- E = Elektrounterverteiler
- STV = Strahlventilator

**9.2 Berechnungen / Nachweise zum Kapitel 4**

**9.2.1 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus im Bereich Südwest**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=		3,1
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=		0,18
Fahrstreifenfaktor f <sub>1</sub>	=		0,5
Fahrstreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=		1,1
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=		1,0
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=		1,141

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A$$

(DTV für den Prognosehorizont 2015 wurde als Datensatz aus [HBVC (2004)] zur Verfügung gestellt)

$$DTA^{(SV)} = 3.027 \text{ Kfz/d} \times 3,1 \text{ A}_{\ddot{u}}/\text{Kfz} = 9.384 \text{ A}_{\ddot{u}}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum N ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 9.384 \times 0,18 \times 0,5 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,141 \times 365 = 9.672.566$$

Hiernach ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse II. Da die Bemessungszahl im Grenzbereich zwischen Bauklasse I und II liegt, wird aufgrund des außergewöhnlich hohen LKW-Anteils von 21 % und der Vereinheitlichung der Gesamtstrecke die Bauklasse I gewählt.

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	18 cm
Frostschuttschicht	<u>35 cm</u>
	65 cm

9.2.2 Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF

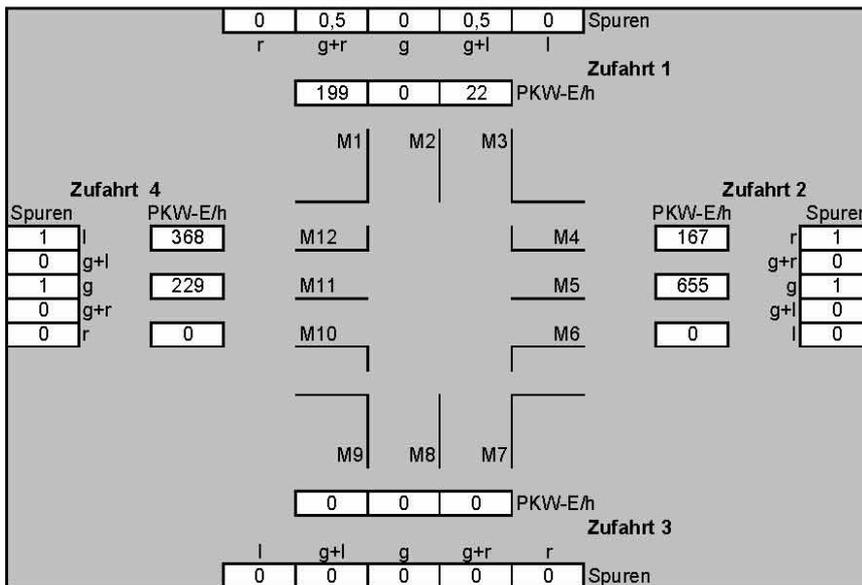
Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF																																																																																																																																																																																																																		
<b>Okrifteler Strasse</b>																																																																																																																																																																																																																		
Tor 31																																																																																																																																																																																																																		
Spitzenstunde 06:00-07:00 Uhr																																																																																																																																																																																																																		
Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)																																																																																																																																																																																																																		
<b>Knotenstrombelastungen</b>																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>0</td> <td colspan="6">Spuren</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>r</td> <td>g+r</td> <td>g</td> <td>g+l</td> <td>l</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">Zufahrt 1</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">228</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">88</td> <td colspan="5">PKW-E/h</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">M1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">M2</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">M3</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Zufahrt 4</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Zufahrt 2</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Spuren</td> <td colspan="2">PKW-E/h</td> <td colspan="2">M12</td> <td colspan="2">M4</td> <td colspan="2">PKW-E/h</td> <td colspan="2">Spuren</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">1</td> <td style="border: 1px solid black;">l</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">414</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M12</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M4</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">214</td> <td style="border: 1px solid black;">r</td> <td style="border: 1px solid black;">1</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">g+l</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">130</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M11</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M5</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">467</td> <td style="border: 1px solid black;">g+r</td> <td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">1</td> <td style="border: 1px solid black;">g</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M10</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M6</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">g</td> <td style="border: 1px solid black;">1</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">g+r</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M9</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M8</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">g+l</td> <td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">r</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M7</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">M7</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">l</td> <td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="4">PKW-E/h</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="4">Spuren</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="4">Zufahrt 3</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">0</td> <td colspan="4">Spuren</td> </tr> </table>															0	0,5	0	0,5	0	Spuren								r	g+r	g	g+l	l									Zufahrt 1													228		0		88		PKW-E/h							M1		M2		M3							Zufahrt 4		Zufahrt 2											Spuren		PKW-E/h		M12		M4		PKW-E/h		Spuren		1	l	414		M12		M4		214		r	1	0	g+l	130		M11		M5		467		g+r	0	1	g	0		M10		M6		0		g	1	0	g+r	0		M9		M8		0		g+l	0	0	r	0		M7		M7		0		l	0			0		0		0		PKW-E/h						0		0		0		Spuren						0		0		0		Zufahrt 3						0		0		0		Spuren			
		0	0,5	0	0,5	0	Spuren																																																																																																																																																																																																											
		r	g+r	g	g+l	l																																																																																																																																																																																																												
		Zufahrt 1																																																																																																																																																																																																																
		228		0		88		PKW-E/h																																																																																																																																																																																																										
		M1		M2		M3																																																																																																																																																																																																												
Zufahrt 4		Zufahrt 2																																																																																																																																																																																																																
Spuren		PKW-E/h		M12		M4		PKW-E/h		Spuren																																																																																																																																																																																																								
1	l	414		M12		M4		214		r	1																																																																																																																																																																																																							
0	g+l	130		M11		M5		467		g+r	0																																																																																																																																																																																																							
1	g	0		M10		M6		0		g	1																																																																																																																																																																																																							
0	g+r	0		M9		M8		0		g+l	0																																																																																																																																																																																																							
0	r	0		M7		M7		0		l	0																																																																																																																																																																																																							
		0		0		0		PKW-E/h																																																																																																																																																																																																										
		0		0		0		Spuren																																																																																																																																																																																																										
		0		0		0		Zufahrt 3																																																																																																																																																																																																										
		0		0		0		Spuren																																																																																																																																																																																																										
Zufahrt 1 :		Tor 31																																																																																																																																																																																																																
Zufahrt 2 :		Okrifteler Str. von Osten																																																																																																																																																																																																																
Zufahrt 3 :		Okrifteler Str. von Westen																																																																																																																																																																																																																
Zufahrt 4 :		Okrifteler Str. von Westen																																																																																																																																																																																																																
Spitzenzeitfaktor:		1																																																																																																																																																																																																																
t <sub>B</sub> (s) :		1,8																																																																																																																																																																																																																
Freigabe and. VArten (s) :		8																																																																																																																																																																																																																
Summe tz (s) :		14																																																																																																																																																																																																																
<b>Ergebnistabelle</b>																																																																																																																																																																																																																		
<b>Strom</b>																																																																																																																																																																																																																		
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12																																																																																																																																																																																																							
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)																																																																																																																																																																																																																		
316	316	316	214	467	0	0	0	0	0	130	414																																																																																																																																																																																																							
abgeschätzte Staulängen (m)																																																																																																																																																																																																																		
53	53	53	36	78	0	0	0	0	0	22	69																																																																																																																																																																																																							
<b>Belastung kritischer Fahrstromkombinationen</b>																																																																																																																																																																																																																		
Fahrstromkombination		Belastung(Pkw-E/Sp-h)																																																																																																																																																																																																																
M1+M5+M9		783																																																																																																																																																																																																																
M2+M6+M10		316																																																																																																																																																																																																																
M3+M7+M11		446																																																																																																																																																																																																																
M4+M8+M12		628																																																																																																																																																																																																																
M2+M5+M9+M12		1.197 max.																																																																																																																																																																																																																
M2+M6+M9+M11		446																																																																																																																																																																																																																
M3+M6+M8+M11		446																																																																																																																																																																																																																
M3+M5+M8+M12		1.197 max.																																																																																																																																																																																																																
<b>Leistungsfähigkeit</b>																																																																																																																																																																																																																		
max. Belast. (Pkw-E/h):		1.197																																																																																																																																																																																																																
erforderlich tu (s) :		55																																																																																																																																																																																																																
gewählt tu (s) :		100																																																																																																																																																																																																																
mögl. Belast. (Pkw-E/h):		1.560																																																																																																																																																																																																																
Lf - Reserve (%) :		23																																																																																																																																																																																																																

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Tor 31  
 Spitzenstunde 07:00-08:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :	Tor 31	Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Okrifteler Str. von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Okrifteler Str. von Westen	Summe tz (s) :	14

**Ergebnistabelle**

Strom	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)	221	221	221	167	655	0	0	0	0	0	229	368
abgeschätzte Staulängen (m)	37	37	37	28	109	0	0	0	0	0	38	61

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
Fahrstromkombination	
M1+M5+M9	876
M2+M6+M10	221
M3+M7+M11	450
M4+M8+M12	535
M2+M5+M9+M12	1.244 max.
M2+M6+M9+M11	450
M3+M6+M8+M11	450
M3+M5+M8+M12	1.244 max.

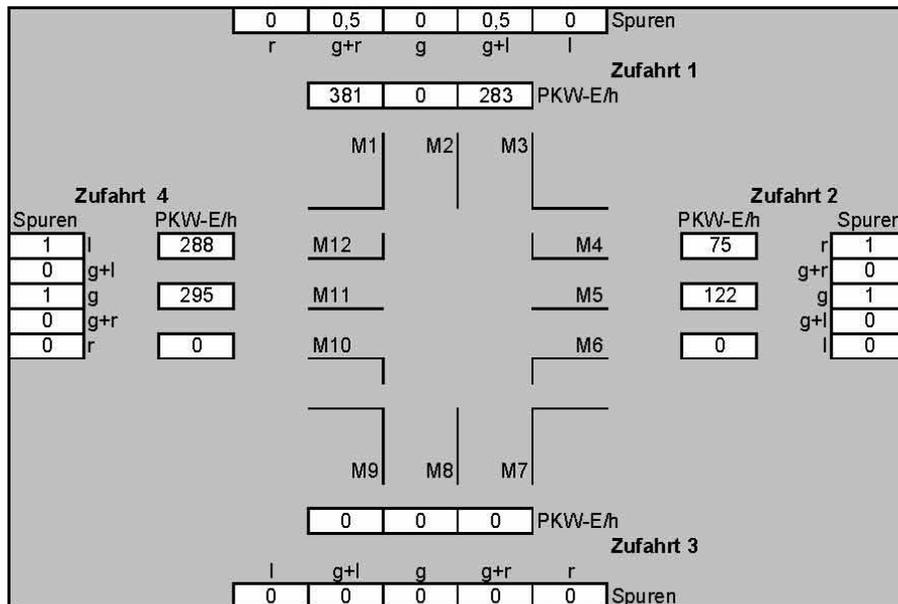
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	1.244
erforderlich tu (s) :	58
gewählt tu (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.560
Lf- Reserve (%) :	20

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Tor 31  
 Spitzenstunde 14:00-15:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :	Tor 31	Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Okrifteler Str. von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Okrifteler Str. von Westen	Summe tz (s) :	14

**Ergebnistabelle**

Strom												
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)												
664	664	664	75	122	0	0	0	0	0	295	288	
abgeschätzte Staulängen (m)												
111	111	111	13	20	0	0	0	0	0	49	48	

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	786
M2+M6+M10	664
M3+M7+M11	959
M4+M8+M12	363
M2+M5+M9+M12	1.074 max.
M2+M6+M9+M11	959
M3+M6+M8+M11	959
M3+M5+M8+M12	1.074 max.

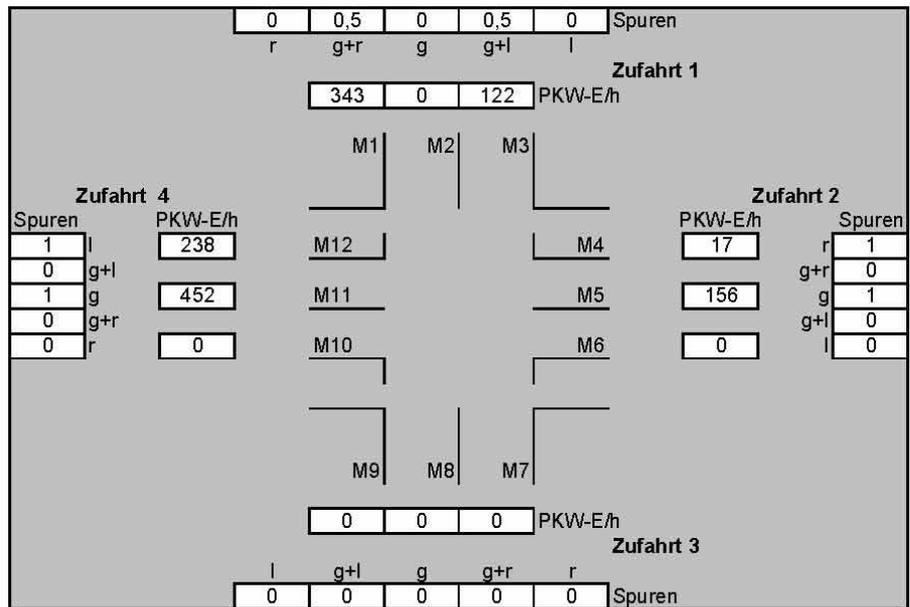
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	1.074
erforderlich t <sub>u</sub> (s) :	48
gewählt t <sub>u</sub> (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.560
Lf- Reserve (%) :	31

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**Okrifteler Strasse**  
 Tor 31  
 Spitzenstunde 16:00-17:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :	Tor 31	Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	Okrifteler Str. von Osten	t <sub>B</sub> (s) :	1,8
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	8
Zufahrt 4 :	Okrifteler Str. von Westen	Summe t <sub>z</sub> (s) :	14

**Ergebnistabelle**

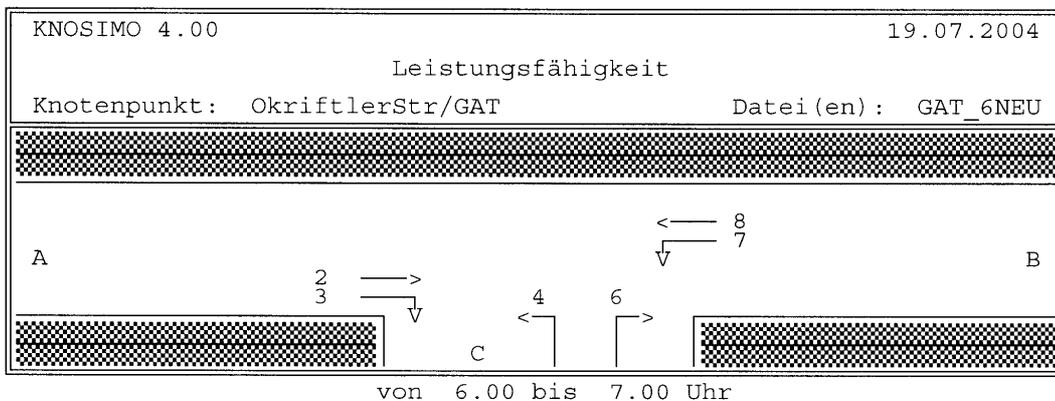
Strom												
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)												
465	465	465	17	156	0	0	0	0	0	452	238	
abgeschätzte Staulängen (m)												
78	78	78	3	26	0	0	0	0	0	75	40	

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	621
M2+M6+M10	465
M3+M7+M11	917 max.
M4+M8+M12	255
M2+M5+M9+M12	859
M2+M6+M9+M11	917 max.
M3+M6+M8+M11	917 max.
M3+M5+M8+M12	859

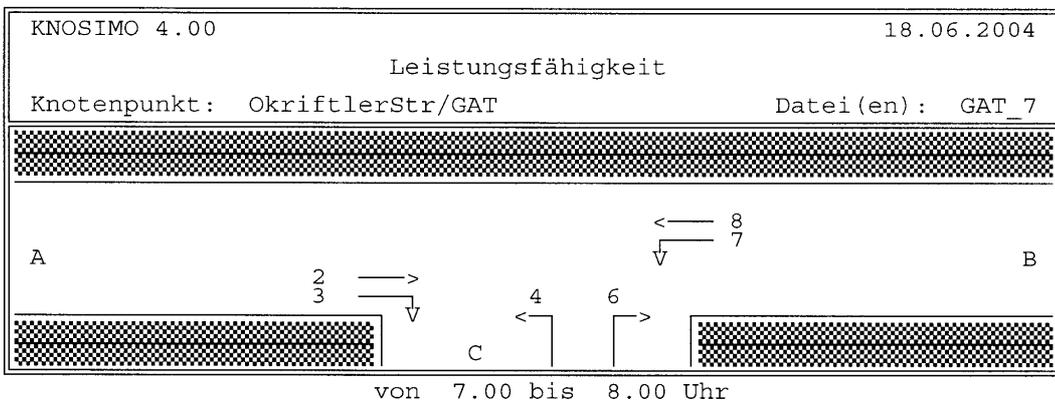
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	917
erforderlich t <sub>u</sub> (s) :	41
gewählt t <sub>u</sub> (s) :	100
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.560
Lf - Reserve (%) :	41

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

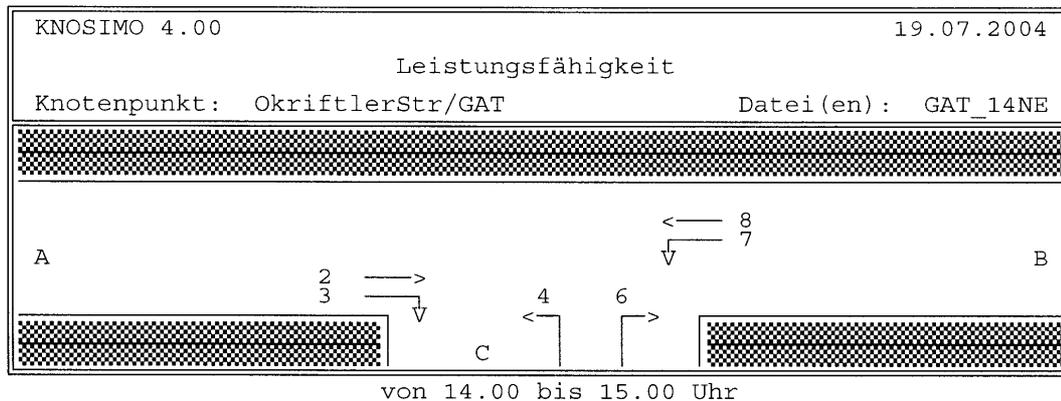
**9.2.3 Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach KNOSIMO**



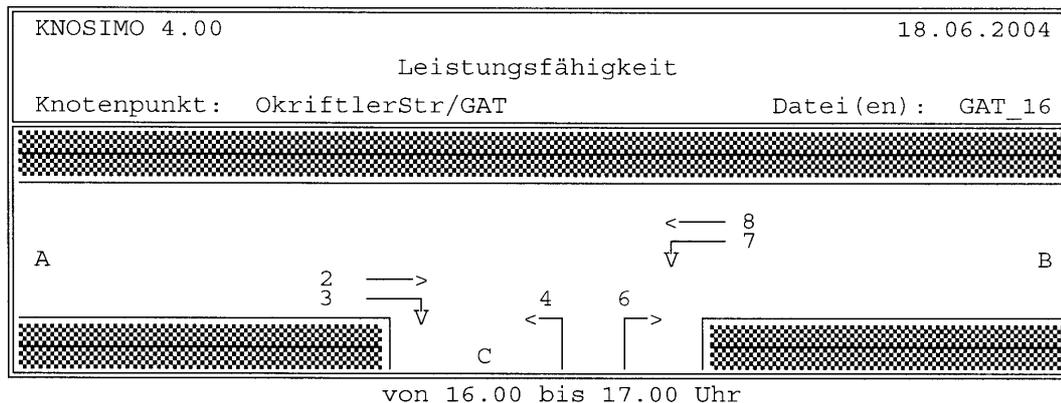
Strom	Fahrzeuge angekommen [Kfz]	Fahrzeuge abgefahren [Kfz]	wartend [Kfz]	VZmitt [sec]	RSmitt [Kfz]
2	531	531	0		
3	14	14	0		
4	10	10	0	41.8	0.1
6	7	7	0	15.3	0.0
7	20	20	0	14.6	0.0
8	689	689	0		



Strom	Fahrzeuge angekommen [Kfz]	Fahrzeuge abgefahren [Kfz]	wartend [Kfz]	VZmitt [sec]	RSmitt [Kfz]
2	624	624	0		
3	9	9	0		
4	0	0	0		
6	3	3	0	14.9	0.0
7	12	12	0	17.7	0.0
8	864	864	0		



Strom	angekommen [Kfz]	Fahrzeuge abgefahren [Kfz]	wartend [Kfz]	VZmitt [sec]	RSmitt [Kfz]
2	562	562	0		
3	2	2	0		
4	15	15	0	31.4	0.1
6	18	18	0	17.3	0.0
7	5	5	0	18.0	0.0
8	497	497	0		



Strom	angekommen [Kfz]	Fahrzeuge abgefahren [Kfz]	wartend [Kfz]	VZmitt [sec]	RSmitt [Kfz]
2	707	707	0		
3	1	1	0		
4	4	4	0		
6	9	9	0	17.4	0.0
7	0	0	0		
8	500	500	0		

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**9.2.4 Bemessung von Versickerungsanlagen**

**Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138**

**Projekt**

Bezeichnung: Mulden B2.3.2-1, -3, angeschlossene Flächen  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulden liegen ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

**Ermittlung der angeschlossenen undurchlässigen Flächen**

Flächenanteile Abflussbeiwert		Mulde 0,1	Böschung 0,5	Bankett 0,1	Geh-/Radweg 0,9	Fahrbahn 0,9	undurchlässige Fläche
Mulde	Länge m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	A <sub>u</sub> m <sup>2</sup>
1620	118	249	400	225	446	945	1499
1621	210	315	53	450	527	2085	2454
1622	485	718	50	800	550	3716	4016
VB	524	1925	0	1572	0	8065	7608
							0
							0

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1620 (rechts, Station 0+000 bis 0+118 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 1499 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 249 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	21,85
0,2	10	274,9	25,65
0,3	15	215,3	27,22
0,3	20	181,1	27,69
0,5	30	141,9	26,73
0,8	45	111,3	22,77
1,0	60	93,8	17,15
1,5	90	66,9	-4,75
2,0	120	52,7	-27,77
3,0	180	37,7	-75,63
4,0	240	29,7	-125,01
6,0	360	21,3	-225,56
9,0	540	15,2	-379,80
12,0	720	12,0	-535,39
18,0	1080	8,7	-847,93
24,0	1440	7,1	-1159,57
48,0	2880	4,6	-2409,74
72,0	4320	3,4	-3679,84

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 27,7 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,6 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1621 (rechts, Station 1+448 bis 1+658 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 2454 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 315 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	36,02
0,2	10	274,9	43,46
0,3	15	215,3	47,37
0,3	20	181,1	49,53
0,5	30	141,9	50,84
0,8	45	111,3	48,82
1,0	60	93,8	44,16
1,5	90	66,9	17,97
2,0	120	52,7	-10,01
3,0	180	37,7	-68,84
4,0	240	29,7	-130,06
6,0	360	21,3	-255,38
9,0	540	15,2	-448,73
12,0	720	12,0	-644,24
18,0	1080	8,7	-1037,41
24,0	1440	7,1	-1429,14
48,0	2880	4,6	-3001,82
72,0	4320	3,4	-4606,07

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 50,9 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,16 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,9 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Mulde 1622 (rechts, Station 1+734 bis 2+219 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 4016 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 718 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	58,37
0,2	10	274,9	67,86
0,3	15	215,3	71,31
0,3	20	181,1	71,76
0,5	30	141,9	67,56
0,8	45	111,3	54,40
1,0	60	93,8	36,75
1,5	90	66,9	-27,40
2,0	120	52,7	-94,61
3,0	180	37,7	-233,95
4,0	240	29,7	-377,39
6,0	360	21,3	-669,15
9,0	540	15,2	-1116,01
12,0	720	12,0	-1566,55
18,0	1080	8,7	-2471,31
24,0	1440	7,1	-3373,61
48,0	2880	4,6	-6992,65
72,0	4320	3,4	-10665,68

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 71,8 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,10 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,6 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Versickerungsbereich (links, Station 0+345 bis 0+869 km)  
 Bearbeiter: Rave  
 Bemerkung: Verlegung K 152 / K 823 / Betriebsstraße  
 (Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete)

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 7608 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 1925 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0001 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	108,91
0,2	10	274,9	119,38
0,3	15	215,3	117,72
0,3	20	181,1	110,01
0,5	30	141,9	84,29
0,8	45	111,3	31,92
1,0	60	93,8	-29,51
1,5	90	66,9	-210,43
2,0	120	52,7	-397,54
3,0	180	37,7	-781,63
4,0	240	29,7	-1173,95
6,0	360	21,3	-1968,49
9,0	540	15,2	-3178,82
12,0	720	12,0	-4396,57
18,0	1080	8,7	-6839,48
24,0	1440	7,1	-9277,45
48,0	2880	4,6	-19049,09
72,0	4320	3,4	-28929,45

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 71,8 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,04 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,2 \text{ h}$$

### 9.3 Berechnungen / Nachweise zum Kapitel 5

#### 9.3.1 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus: Bereich AS Zeppelinheim und Verlängerung der L 3262

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=		3,1
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=		0,18
Fahrstreifenfaktor f <sub>1</sub>	=		0,8
Fahrstreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=		1,1
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=		1,0
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=		1,141

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A$$

(DTV für den Prognosehorizont 2015 wurde als Datensatz aus [HBVC (2004)] zur Verfügung gestellt)

$$DTA^{(SV)} = 5.802 \text{ Kfz/d} \times 3,1 \text{ A}_\ddot{u}/\text{Kfz} = 17.986 \text{ A}_\ddot{u}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum N ab 2015 wird mit 30 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 17.986 \times 0,18 \times 0,8 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,141 \times 365 = 29.662.536 < 32 \text{ Mio.}$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse I.

Für die Frostempfindlichkeitsklasse F2 ergibt sich unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderdicken nach RStO 01 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues von 60 cm.

Nach Tafel 1 der RStO 01 ergibt sich für Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht der nachfolgende Oberbau:

<b>Bkl. I:</b>	4 cm	Asphaltdeckschicht
	8 cm	Asphaltbinderschicht
	18 cm	Asphalttragschicht
	35 cm	Frostschuttschicht
	<b>65 cm</b>	<b>Gesamtaufbau Bkl. I</b>

### 9.3.2 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus: Ellis-Road

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=	3,1
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=	0,18
Fahstreifenfaktor f <sub>1</sub>	=	0,5
Fahstreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=	1,1
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=	1,02
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=	1,141

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A$$

(DTV für den Prognosehorizont 2015 wurde als Datensatz aus [HBVC (2004)] zur Verfügung gestellt)

$$DTA^{(SV)} = 3.778 \text{ Kfz/d} \times 3,1 \text{ A}_\ddot{u}/\text{Kfz} = 11.712 \text{ A}_\ddot{u}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum N ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 11.712 \times 0,18 \times 0,5 \times 1,1 \times 1,02 \times 1,141 \times 365 = 12.313.597 > 10 \text{ Mio.}$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse I.

Für die Frostempfindlichkeitsklasse F2 ergibt sich unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderdicken nach RStO 01 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues von 65 cm.

Nach Tafel 1 der RStO 01 ergibt sich für Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht der nachfolgende Oberbau:

<b>Bkl. I:</b>	4 cm	Asphaltdeckschicht
	8 cm	Asphaltbinderschicht
	18 cm	Asphalttragschicht
	35 cm	Frostschuttschicht
	<b>65 cm</b>	<b>Gesamtaufbau Bkl. I</b>

**9.3.3 Nachweis zur Bemessung des Oberbaus: Querspange**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=		3,1
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=		0,18
Fahrstreifenfaktor f <sub>1</sub>	=		0,45
Fahrstreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=		1,1
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=		1,02
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=		1,141

$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A$   
 (DTV für den Prognosehorizont 2015 wurde als Datensatz aus [HBVC (2004)] zur Verfügung gestellt)

$$DTA^{(SV)} = 2.680 \text{ Fz/d} \times 3,1 = 8.308 \text{ Äü/d}$$

Der Nutzungszeitraum N ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 8.308 \times 0,18 \times 0,45 \times 1,1 \times 1,02 \times 1,141 \times 365 = 7.861.273 < 10 \text{ Mio.}$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse II.

Für die Frostempfindlichkeitsklasse F2 ergibt sich unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderdicken nach RStO 01 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues von 60 cm.

Nach Tafel 1 der RStO 01 ergibt sich für Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht der nachfolgende Oberbau:

<b>Bkl. II:</b>	4 cm	Asphaltdeckschicht
	8 cm	Asphaltbinderschicht
	14 cm	Asphalttragschicht
	> 39 cm	Frostschutzschicht
	<b>&gt; 65 cm</b>	<b>Gesamtaufbau Bkl. II</b>

**9.3.4 Bemessung der Verflechtungslängen im Südbereich**

In Hinsicht der städtebaulichen Randbedingungen und den Flächen- und Nutzungsfestlegungen des Generalausbauplans 2000 [FRAPORT 2000] sind die Möglichkeiten im Verflechtungsbereich Süd begrenzt.

Tab. 9-1: Richtungsbelastungen im Verflechtungsbereich

	<b>Spitzenstunden [Kfz-E/h]</b>			
	6–7 Uhr	7–8 Uhr	14–15 Uhr	16–17 Uhr
<b>Zielverkehr</b>				
Einfahrt von der BAB 5	2.082	2.307	1.515	1.380
Einfahrt von Zeppelinheim	768	714	417	303
Ausfahrt in den Terminalbereich	1.293	1.560	897	915
Ausfahrt in Richtung CCS	1.584	1.470	1.044	774
<b>Quellverkehr</b>				
Einfahrt aus dem Terminalbereich	1.215	1.200	1.413	1.077
Einfahrt aus Richtung CCS	138	105	432	315
Ausfahrt auf die BAB 5	237	231	525	387
Ausfahrt nach Zeppelinheim	1.113	1.080	1.317	1.002

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV (2004a)] zur Verfügung gestellt.

Die Bemessung erfolgt in Anlehnung an die RAS-K-2-B [FGSV (1994)].

**Randbedingungen:**

Straßenkategorie C III (zweibahnig)  
 Entwurfsgeschwindigkeit  $V_e = 50$  km/h  
 Fahrstreifenbreite  $B = 3,50$  m

**Verkehrsbelastungen und Wahl der Verflechtungsbereichstypen:**

Zielverkehr (aus Richtung AS Zeppelinheim)

Spitzenstunde zwischen 7 und 8 Uhr

Einfahrt von der BAB 5 (Frankfurt)	2.307 Pkw-E/h
Einfahrt von Zeppelinheim	714 Pkw-E/h
Ausfahrt in den Terminalbereich	1.560 Pkw-E/h < 3.500
Ausfahrt in Richtung CCS (Tor 32)	1.470 Pkw-E/h

Verflechtungsbereichstyp: V2 [FGSV (1994)].

Die vorhandene Verflechtungslänge beträgt 230 m > 200 m, wobei die Einfahrt aus Richtung Zeppelinheim auf einen Fahrstreifen beschränkt ist. Die aufzunehmende

Verflechtungsstärke beträgt 1.800 Kfz/h, dies entspricht ca. 60 % der einfahrenden Verkehrsströme und ist als ausreichend zu werten.

Quellverkehr (in Richtung AS Zeppelinheim)

Spitzenstunde zwischen 14 und 15 Uhr

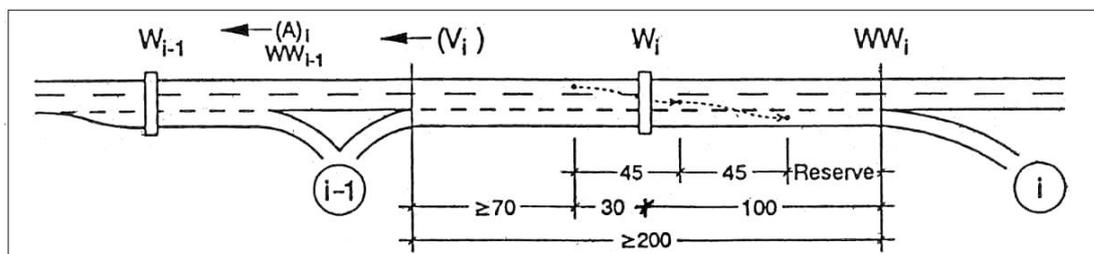
Einfahrt aus dem Terminalbereich	1.413 Pkw-E/h
Einfahrt aus Richtung CCS (Tor 32)	432 Pkw-E/h
Ausfahrt auf die BAB 5 (Basel)	525 Pkw-E/h
Ausfahrt nach Zeppelinheim	1.317 Pkw-E/h < 3.500

Verflechtungsbereichstyp: V2 [FGSV (1994)].

Die vorhandene Verflechtungslänge beträgt 190 m ~ 200 m. Die aufzunehmende Verflechtungsstärke beträgt 1.800 Kfz/h und ist größer als die einfahrenden Verkehrsströme. Die Abwicklung der Verflechtungsvorgänge ist als ausreichend zu werten.

Nach RAS-K-2-B ist für den Verflechtungsbereichstyp V2 eine Mindestlänge von 200 m erforderlich. Hierbei ist der Lesewegabstand (70 m), der Verschwindepunkt- abstand (30 m), und die Fahrstreifenwechsellänge (100 m) für das Wegweisungs- prinzip berücksichtigt.

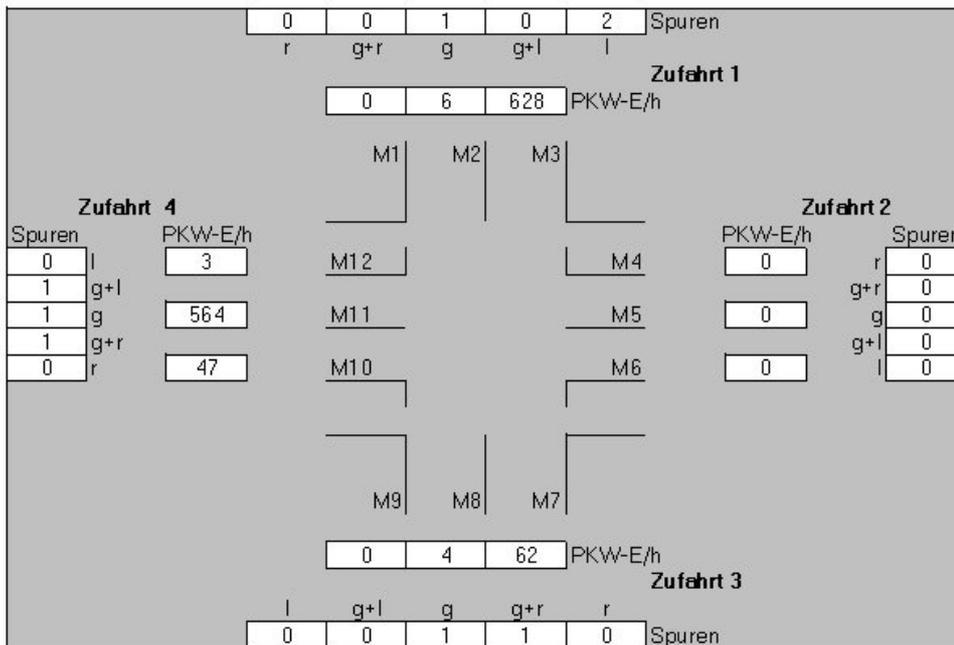
Abb. 9-1: Wegweisung und Mindestlängen bei Verflechtungen



9.3.5 Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach Verfahren AKF

<b>Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF</b>	
<b>KP 1_Parkhausausfahrt / Rückstrom Terminal 3</b>	
Ansatz: 3 Phasen	
Spitzenstunde 6:00-7:00 Uhr	
Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)	

Knotenstrombelastungen



Zufahrt 1:	Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2:	t <sub>B</sub> (s):	2
Zufahrt 3:	Freigabe and. VArten (s):	5
Zufahrt 4:	Summe t <sub>z</sub> (s):	18

Ergebnistabelle

Strom												
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)												
0	6	314	0	0	0	33	33	0	216	226	172	
abgeschätzte Staulängen (m)												
0	1	39	0	0	0	4	4	0	27	28	22	

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	0
M2+M6+M10	222
M3+M7+M11	573 max.
M4+M8+M12	205
M2+M5+M9+M12	178
M2+M6+M9+M11	232
M3+M6+M8+M11	573 max.
M3+M5+M8+M12	519

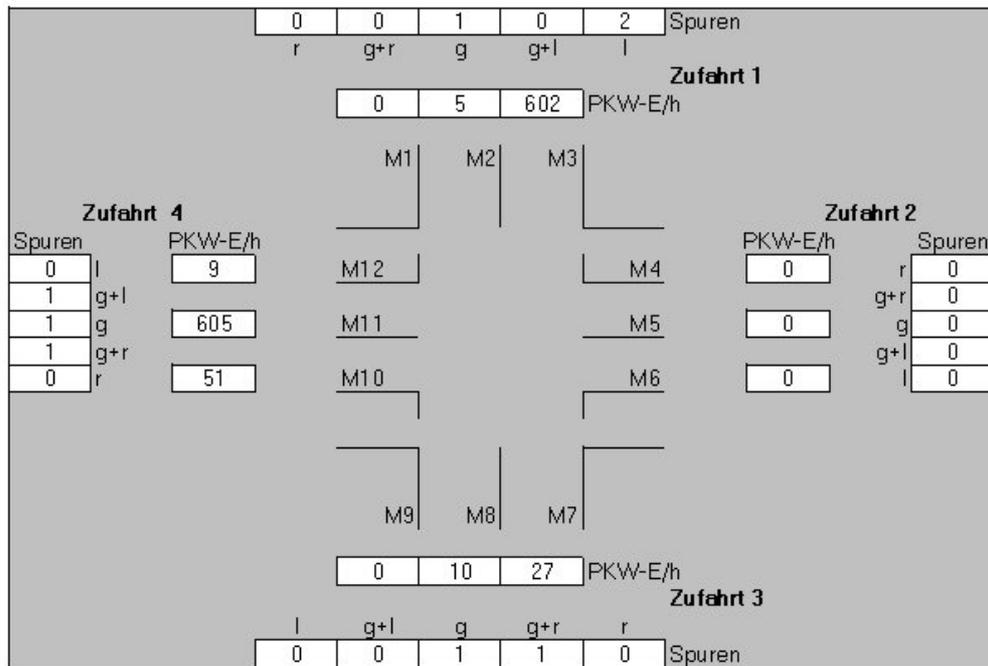
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	573
erforderlich t <sub>u</sub> (s):	34
gewählt t <sub>u</sub> (s):	75
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.248
Lf - Reserve (%):	54

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**KP 1\_Parkhausausfahrt / Rückstrom Terminal 3**  
 Ansatz: 3 Phasen  
 Spitzenstunde 7:00-8:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :	Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :	Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :	Summe t <sub>z</sub> (s) :	18

**Ergebnistabelle**

Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)											
0	5	301	0	0	0	19	19	0	233	242	191
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	1	38	0	0	0	2	2	0	29	30	24

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	0
M2+M6+M10	238
M3+M7+M11	562 max.
M4+M8+M12	209
M2+M5+M9+M12	196
M2+M6+M9+M11	247
M3+M6+M8+M11	562 max.
M3+M5+M8+M12	510

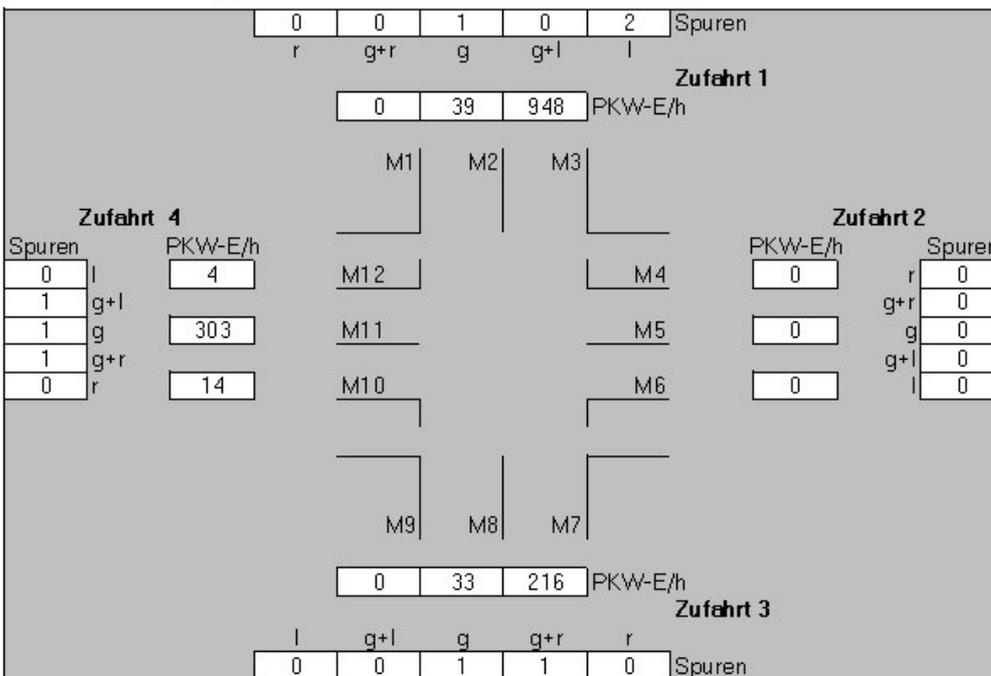
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	562
erforderlich t <sub>u</sub> (s) :	33
gewählt t <sub>u</sub> (s) :	75
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.248
Lf - Reserve (%) :	55

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**KP 1\_Parkhausausfahrt / Rückstrom Terminal 3**  
 Ansatz: 3 Phasen  
 Spitzenstunde 14:00-15:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe t <sub>z</sub> (s) :	18

**Ergebnistabelle**

Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)											
0	39	474	0	0	0	125	125	0	105	121	95
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	5	59	0	0	0	16	16	0	13	15	12

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	0
M2+M6+M10	144
M3+M7+M11	720 max.
M4+M8+M12	219
M2+M5+M9+M12	134
M2+M6+M9+M11	160
M3+M6+M8+M11	720 max.
M3+M5+M8+M12	693

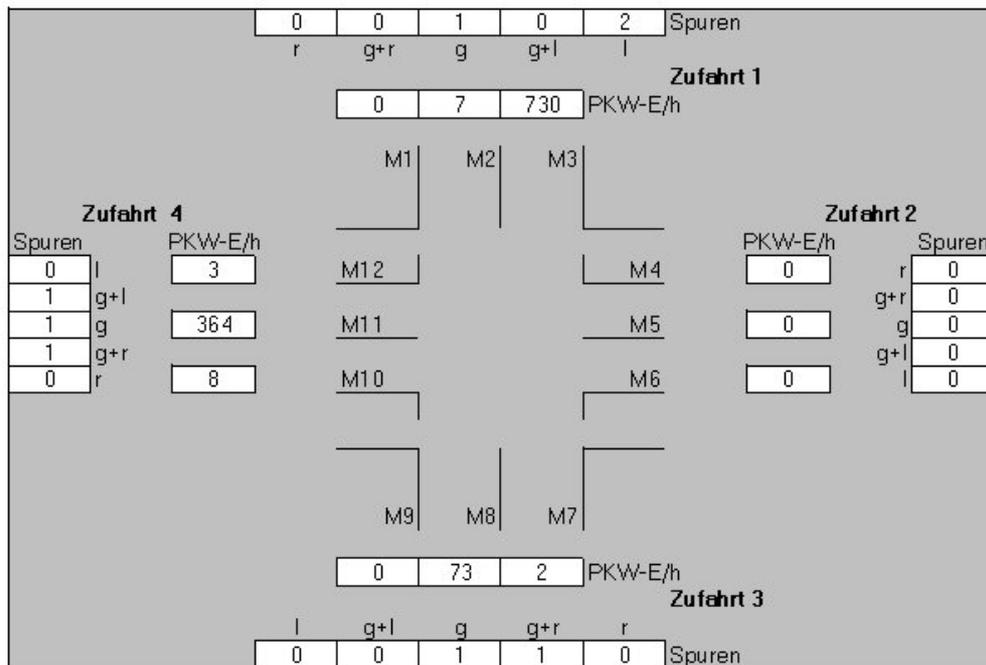
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	720
erforderlich t <sub>u</sub> (s) :	38
gewählt t <sub>u</sub> (s) :	75
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.248
Lf - Reserve (%) :	42

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**KP 1\_Parkhausausfahrt / Rückstrom Terminal 3**  
 Ansatz: 3 Phasen  
 Spitzenstunde 16:00-17:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe tz (s) :	18

**Ergebnistabelle**

Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/ Sp-h)											
0	7	365	0	0	0	38	38	0	117	146	112
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	1	46	0	0	0	5	5	0	15	18	14

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	0
M2+M6+M10	124
M3+M7+M11	548 max.
M4+M8+M12	150
M2+M5+M9+M12	119
M2+M6+M9+M11	153
M3+M6+M8+M11	548 max.
M3+M5+M8+M12	515

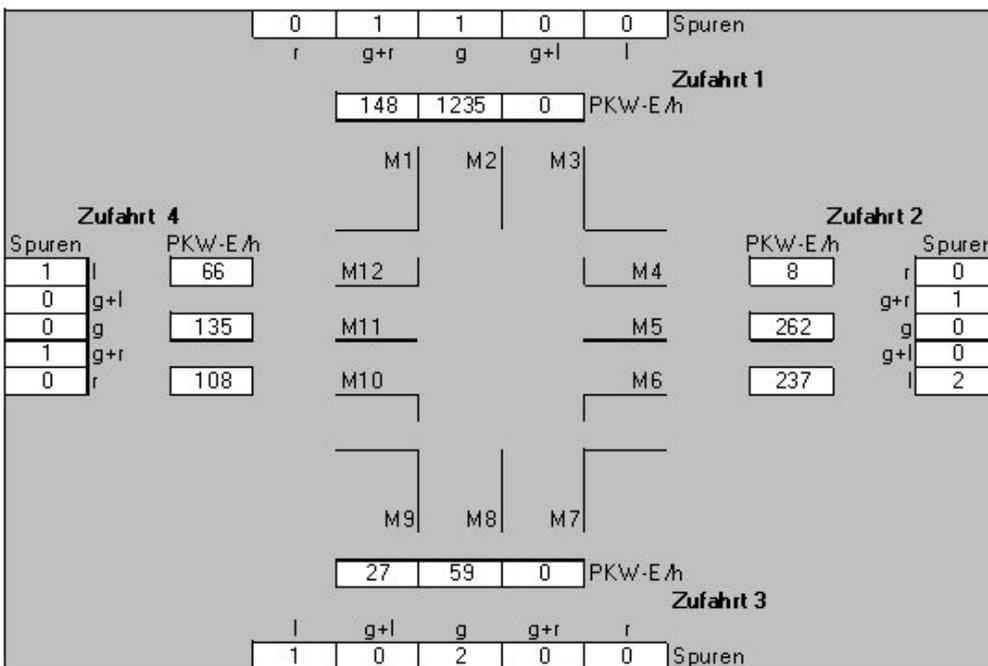
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	548
erforderlich tu (s) :	33
gewählt tu (s) :	75
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.248
Lf - Reserve (%) :	56

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

<b>KP 3_Tor 32 / AS ZHS</b>
Ansatz: 3 1/2 Phasen
Spitzenstunde 6 - 7 Uhr
Prognosehorizont 2015

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe tz (s) :	18

**Ergebnis tabelle**

Strom												
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/Sp-h)												
692	692	0	270	270	119	0	30	27	243	243	66	
abgeschätzte Staulängen (m)												
104	104	0	41	41	18	0	4	4	36	36	10	

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	989
M2+M6+M10	1.053
M3+M7+M11	243
M4+M8+M12	366
M2+M5+M9+M12	1.055
M2+M6+M9+M11	1.080 max.
M3+M6+M8+M11	391
M3+M5+M8+M12	366

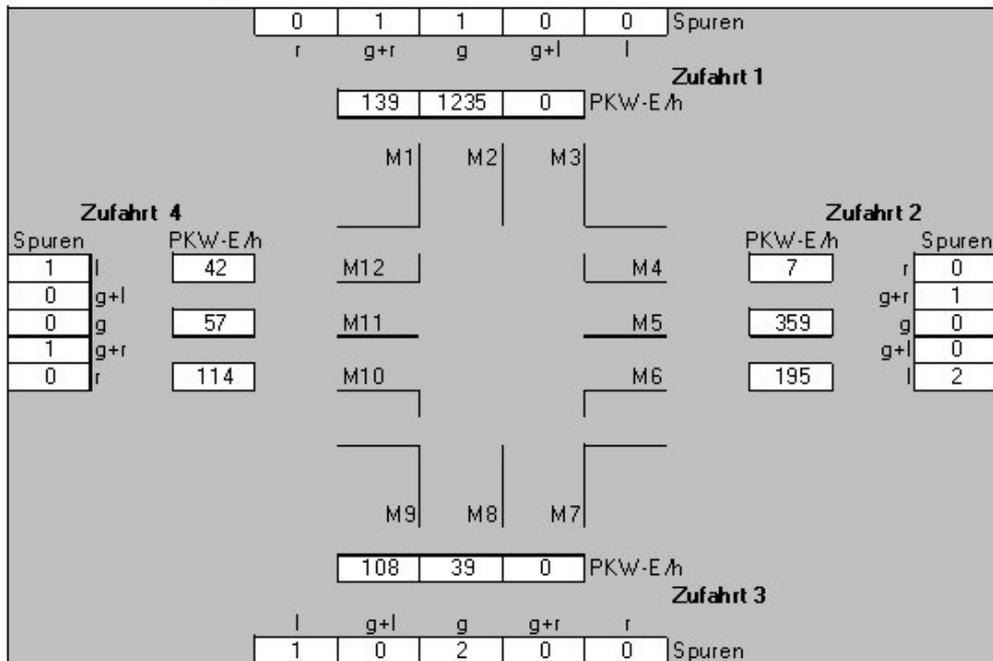
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	1.080
erforderlich t <sub>u</sub> (s) :	58
gewählt t <sub>u</sub> (s) :	90
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.340
Lf - Reserve (%) :	19

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**KP 3\_Tor 32 / AS ZHS**  
 Ansatz: 3 1/2 Phasen  
 Spitzenstunde 7 - 8 Uhr  
 Prognosehorizont 2015

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe tz (s) :	18

**Ergebnistabelle**

Strom	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/Sp-h)	687	687	0	366	366	98	0	20	108	171	171	42
abgeschätzte Staulängen (m)	103	103	0	55	55	15	0	3	16	26	26	6

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	1.161
M2+M6+M10	956
M3+M7+M11	171
M4+M8+M12	428
M2+M5+M9+M12	1.203 max.
M2+M6+M9+M11	1.064
M3+M6+M8+M11	288
M3+M5+M8+M12	428

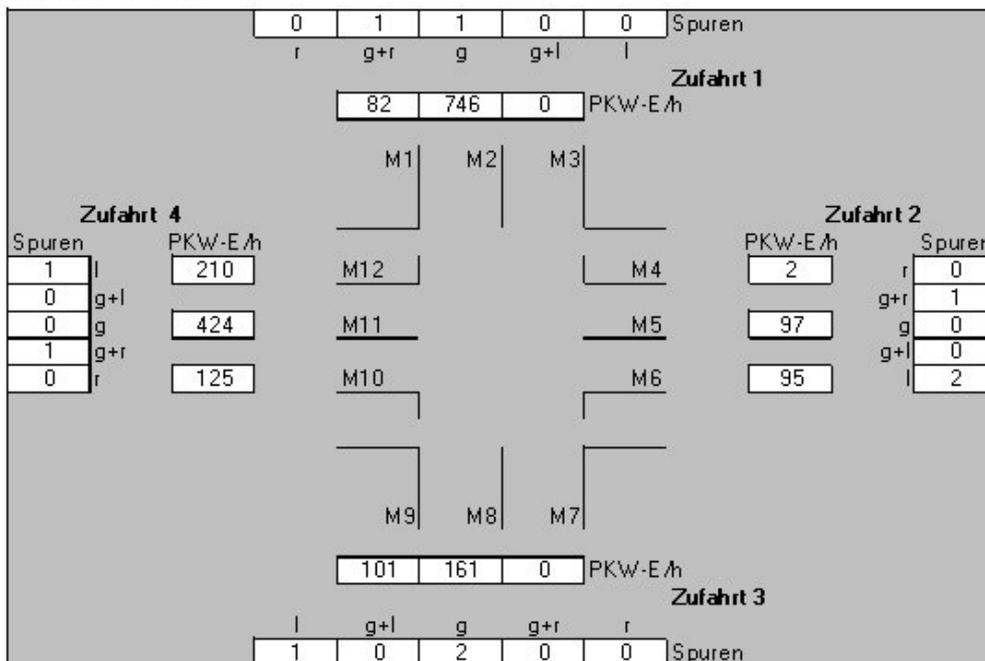
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	1.203
erforderlich tu (s) :	69
gewählt tu (s) :	90
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.340
Lf - Reserve (%) :	10

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

<b>KP 3_Tor 32 / AS ZHS</b>
Ansatz: 3 1/2 Phasen
Spitzenstunde 14 -15 Uhr
Prognosehorizont 2015

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe t <sub>z</sub> (s) :	18

**Ergebnistabelle**

Strom	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/Sp-h)	414	414	0	99	99	48	0	81	101	549	549	210
abgeschätzte Staulängen (m)	62	62	0	15	15	7	0	12	15	82	82	32

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	614
M2+M6+M10	1.011
M3+M7+M11	549
M4+M8+M12	390
M2+M5+M9+M12	824
M2+M6+M9+M11	1.112 max.
M3+M6+M8+M11	677
M3+M5+M8+M12	390

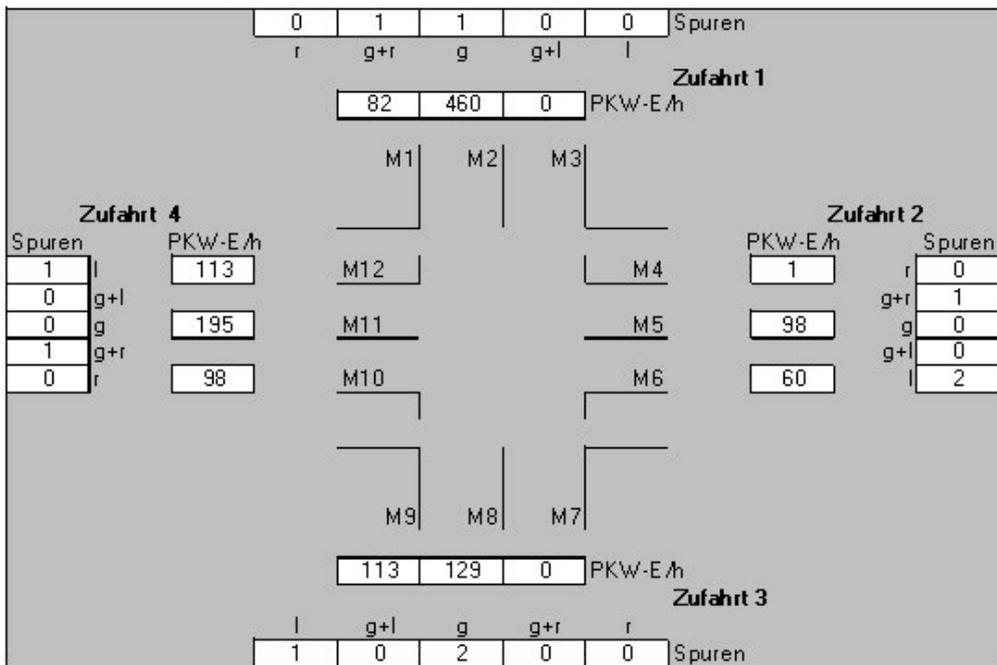
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	1.112
erforderlich t <sub>u</sub> (s) :	60
gewählt t <sub>u</sub> (s) :	90
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.340
Lf - Reserve (%) :	17

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

<b>KP 3_Tor 32 / AS ZHS</b>
Ansatz: 3 1/2 Phasen
Spitzenstunde 16 -17 Uhr
Prognosehorizont 2015

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :	Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :	t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :	Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :	Summe t <sub>z</sub> (s) :	18

**Ergebnistabelle**

Strom	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/Sp-h)	271	271	0	99	99	30	0	65	113	293	293	113
abgeschätzte Staulängen (m)	41	41	0	15	15	5	0	10	17	44	44	17

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
Fahrstromkombination	
M1+M5+M9	483
M2+M6+M10	594
M3+M7+M11	293
M4+M8+M12	277
M2+M5+M9+M12	596
M2+M6+M9+M11	707 max.
M3+M6+M8+M11	388
M3+M5+M8+M12	277

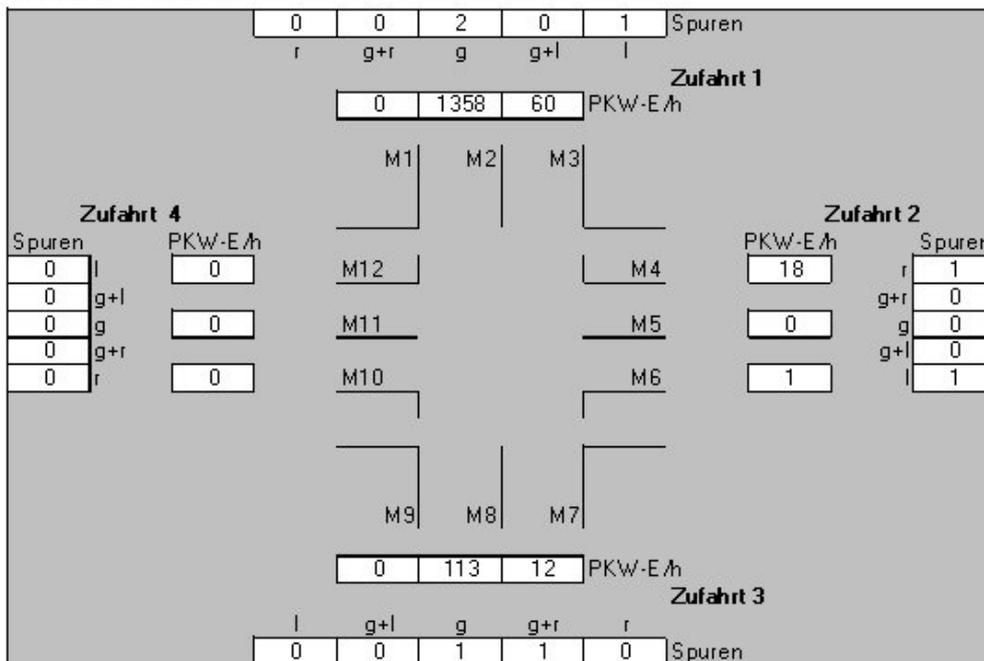
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	707
erforderlich t <sub>u</sub> (s) :	38
gewählt t <sub>u</sub> (s) :	90
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.340
Lf - Reserve (%) :	47

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**KP 4\_Anbindung Erschließung Ost**  
 Ansatz: 2 1/2 Phasen  
 Spitzenstunde 6:00-7:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe tz (s) :	15

**Ergebnistabelle**

Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/Sp-h)											
0	679	60	18	0	1	63	63	0	0	0	0
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	79	7	2	0	0	7	7	0	0	0	0

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	0
M2+M6+M10	680 max.
M3+M7+M11	123
M4+M8+M12	81
M2+M5+M9+M12	679
M2+M6+M9+M11	680 max.
M3+M6+M8+M11	124
M3+M5+M8+M12	123

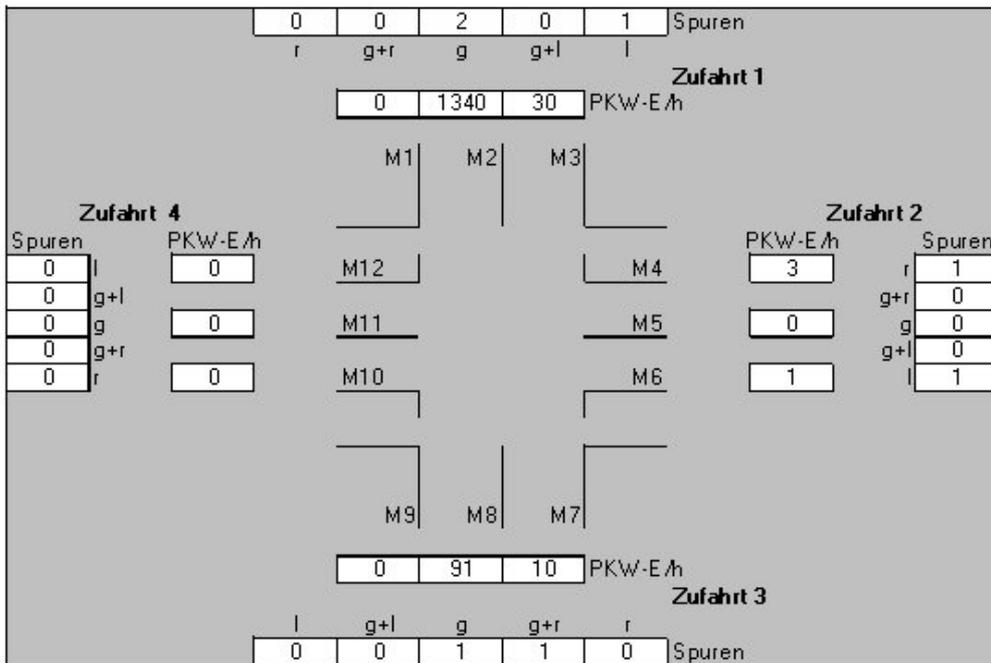
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	680
erforderlich tu (s) :	32
gewählt tu (s) :	70
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.286
Lf - Reserve (%) :	47

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**KP 4\_Anbindung Erschließung Ost**  
 Ansatz: 2 1/2 Phasen  
 Spitzenstunde 7:00-8:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe t <sub>z</sub> (s) :	15

**Ergebnistabelle**

Strom											
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/Sp-h)											
0	670	30	3	0	1	51	51	0	0	0	0
abgeschätzte Staulängen (m)											
0	78	4	0	0	0	6	6	0	0	0	0

Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E./Sp-h)
M1+M5+M9	0
M2+M6+M10	671 max.
M3+M7+M11	81
M4+M8+M12	54
M2+M5+M9+M12	670
M2+M6+M9+M11	671 max.
M3+M6+M8+M11	82
M3+M5+M8+M12	81

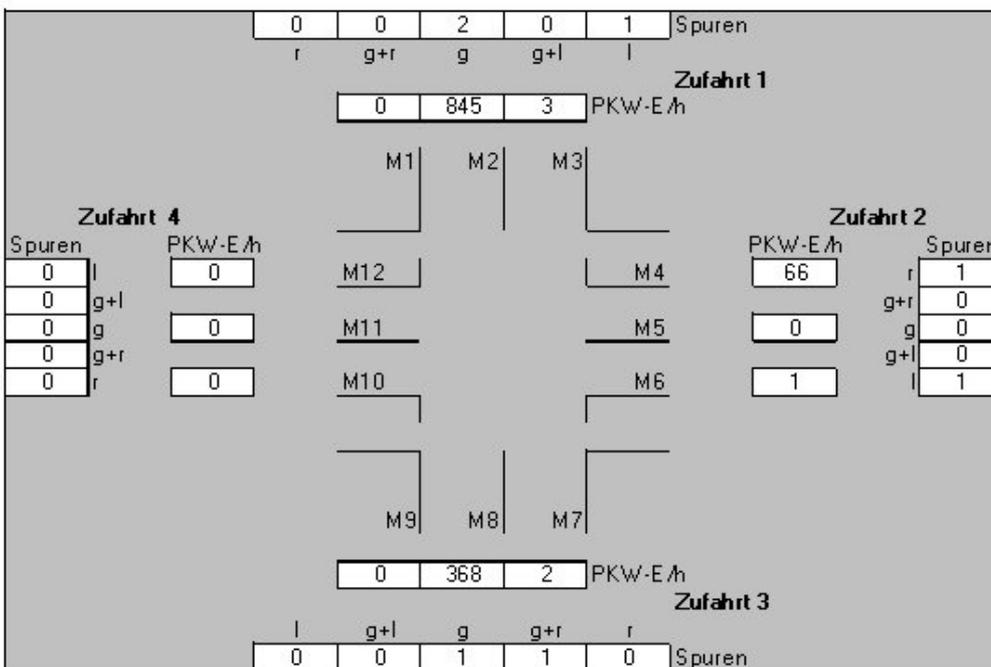
Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	671
erforderlich t <sub>u</sub> (s) :	32
gewählt t <sub>u</sub> (s) :	70
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.286
Lf - Reserve (%) :	48

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

<b>KP 4_Anbindung Erschließung Ost</b>
Ansatz: 2 1/2 Phasen
Spitzenstunde 14:00-15:00 Uhr
Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe tz (s) :	15

**Ergebnistabelle**

<b>Strom</b>												
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/Sp-h)												
0	423	3	66	0	1	185	185	0	0	0	0	
abgeschätzte Staulängen (m)												
0	49	0	8	0	0	22	22	0	0	0	0	

<b>Belastung kritischer Fahrstromkombinationen</b>	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	0
M2+M6+M10	424 max.
M3+M7+M11	188
M4+M8+M12	251
M2+M5+M9+M12	423
M2+M6+M9+M11	424 max.
M3+M6+M8+M11	189
M3+M5+M8+M12	188

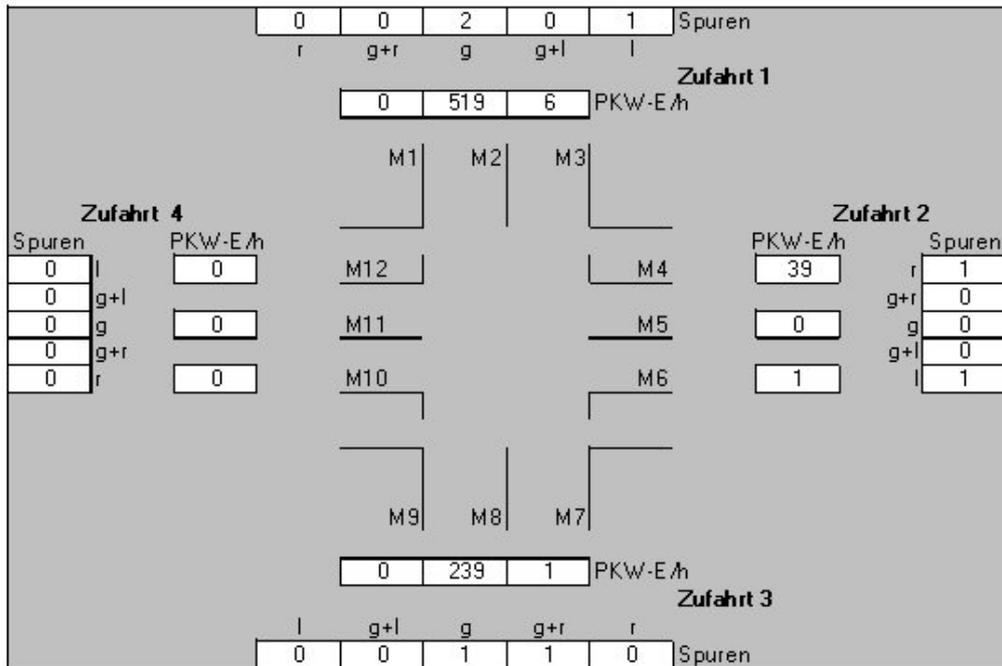
<b>Leistungsfähigkeit</b>	
max. Belast. (Pkw-E/h):	424
erforderlich tu (s) :	26
gewählt tu (s) :	70
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.286
Lf - Reserve (%) :	67

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

**Leistungsfähigkeitsabschätzung nach Verfahren AKF**

**KP 4\_Anbindung Erschließung Ost**  
 Ansatz: 2 1/2 Phasen  
 Spitzenstunde 16:00-17:00 Uhr  
 Prognosehorizont 2015 (mit Zusatzmaßnahmen)

**Knotenstrombelastungen**



Zufahrt 1 :		Spitzenzeitfaktor:	1
Zufahrt 2 :		t <sub>B</sub> (s) :	2
Zufahrt 3 :		Freigabe and. VArten (s) :	5
Zufahrt 4 :		Summe tz (s) :	15

**Ergebnistabelle**

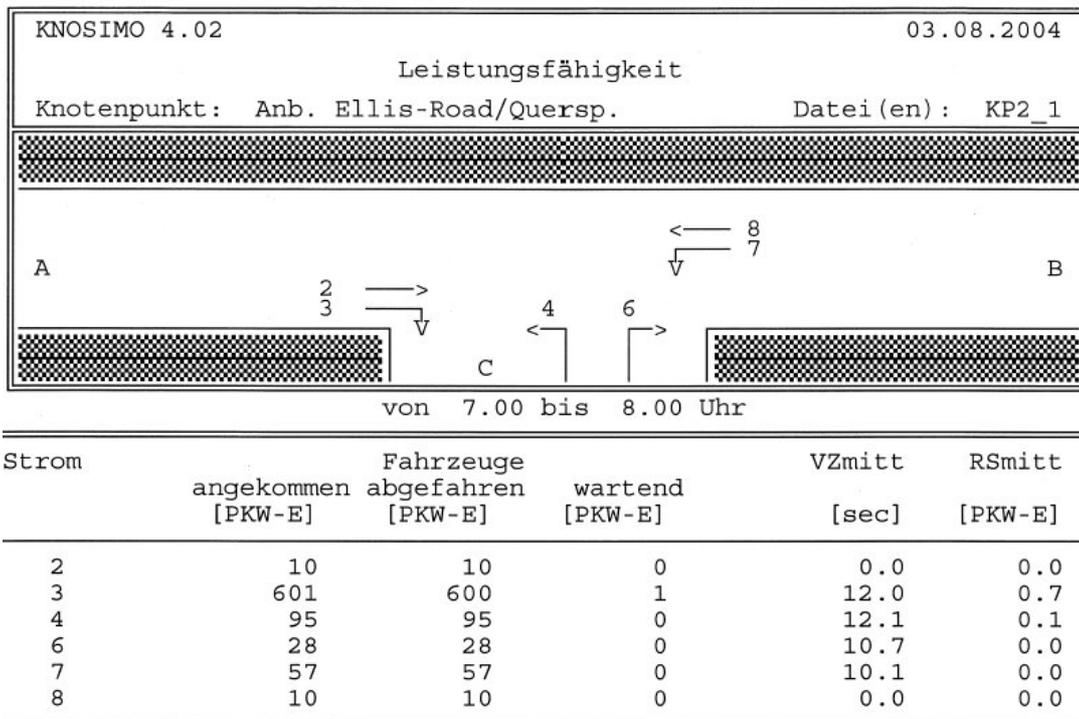
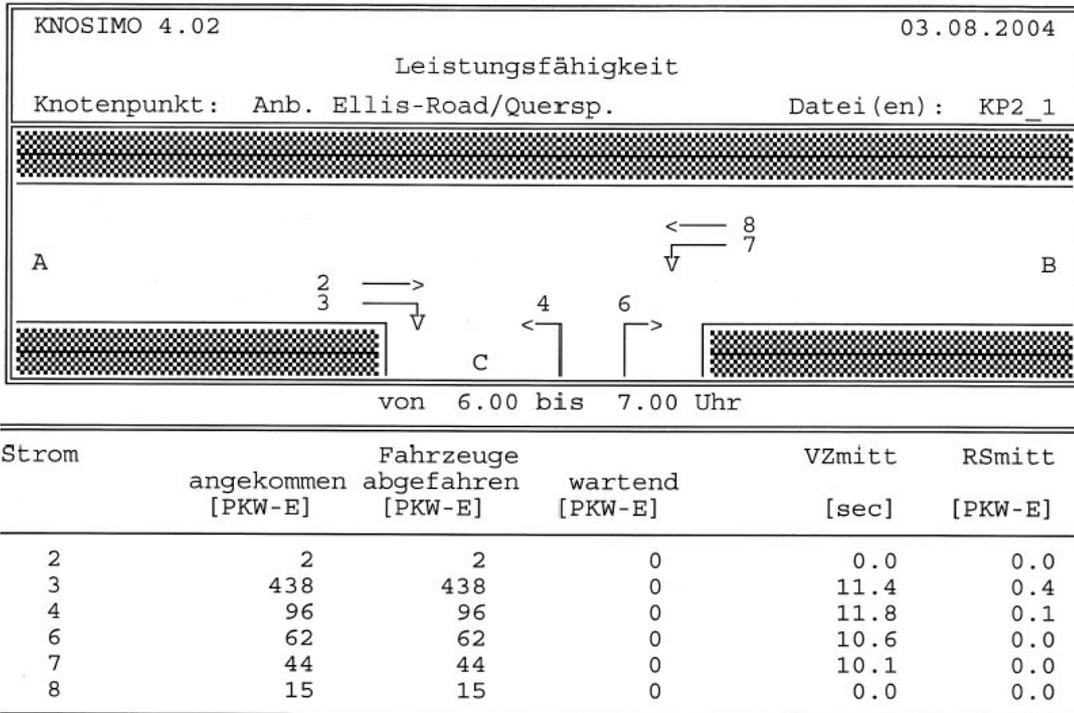
Strom												
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
maßgebliche rechnerische Spurbelastung (Pkw-E/Sp-h)												
0	260	6	39	0	1	120	120	0	0	0	0	
abgeschätzte Staulängen (m)												
0	30	1	5	0	0	14	14	0	0	0	0	

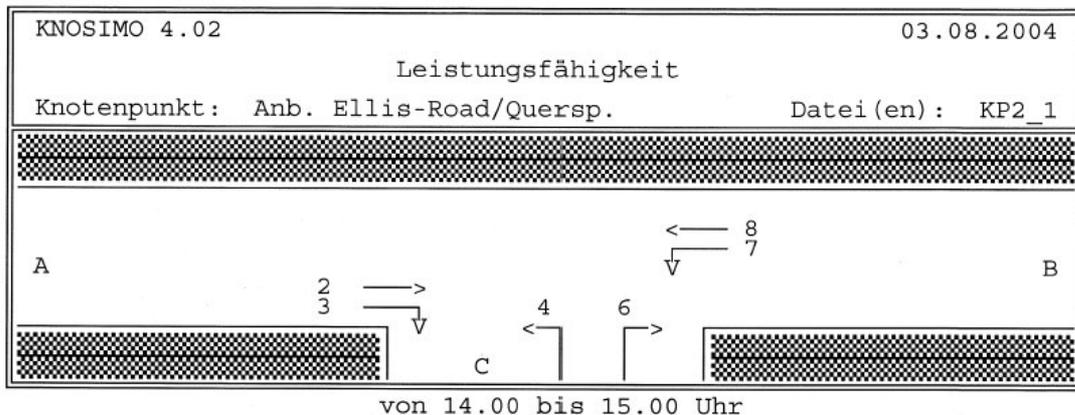
Belastung kritischer Fahrstromkombinationen	
Fahrstromkombination	Belastung(Pkw-E/Sp-h)
M1+M5+M9	0
M2+M6+M10	261 max.
M3+M7+M11	126
M4+M8+M12	159
M2+M5+M9+M12	260
M2+M6+M9+M11	261 max.
M3+M6+M8+M11	127
M3+M5+M8+M12	126

Leistungsfähigkeit	
max. Belast. (Pkw-E/h):	261
erforderlich tu (s) :	23
gewählt tu (s) :	70
mögl. Belast. (Pkw-E/h):	1.286
Lf - Reserve (%) :	80

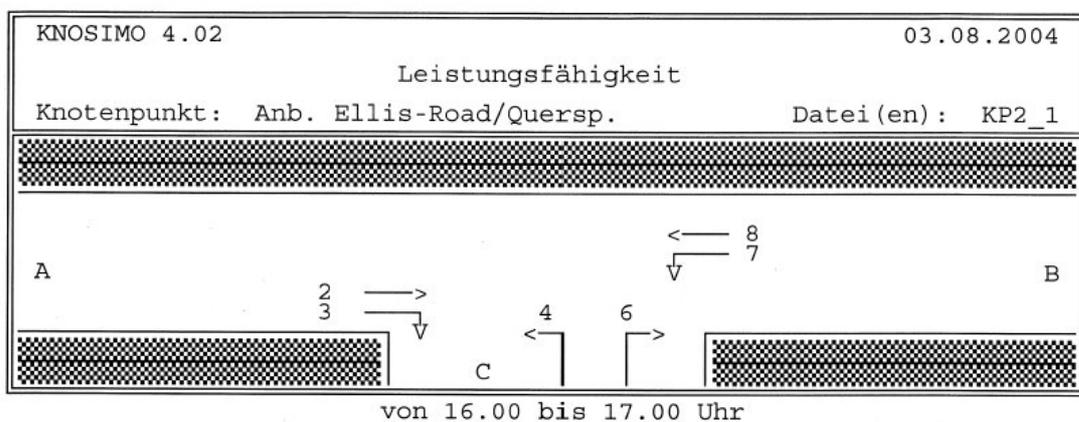
Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

9.3.6 Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach KNOSIMO

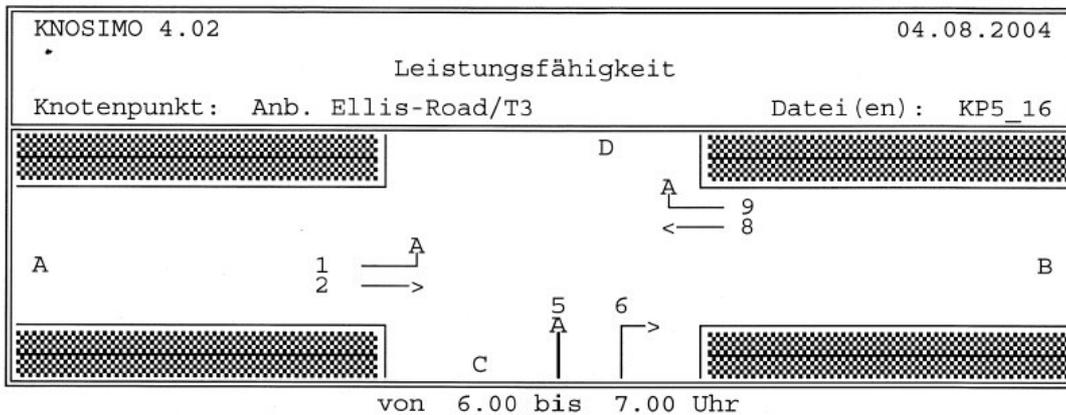




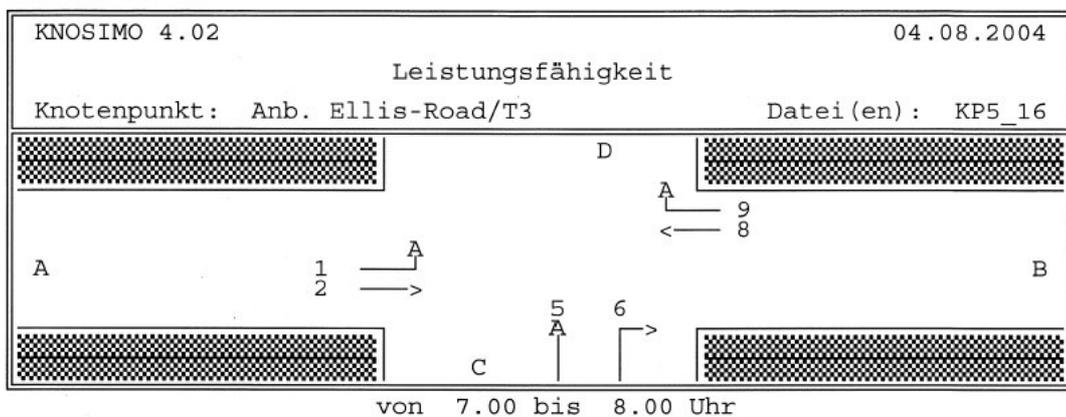
Strom	angekommen [PKW-E]	Fahrzeuge abgefahren [PKW-E]	wartend [PKW-E]	VZmitt [sec]	RSmitt [PKW-E]
2	28	28	0	0.0	0.0
3	238	238	0	10.9	0.2
4	106	106	0	12.3	0.1
6	228	228	0	10.8	0.2
7	21	21	0	10.2	0.0
8	103	103	0	0.0	0.0



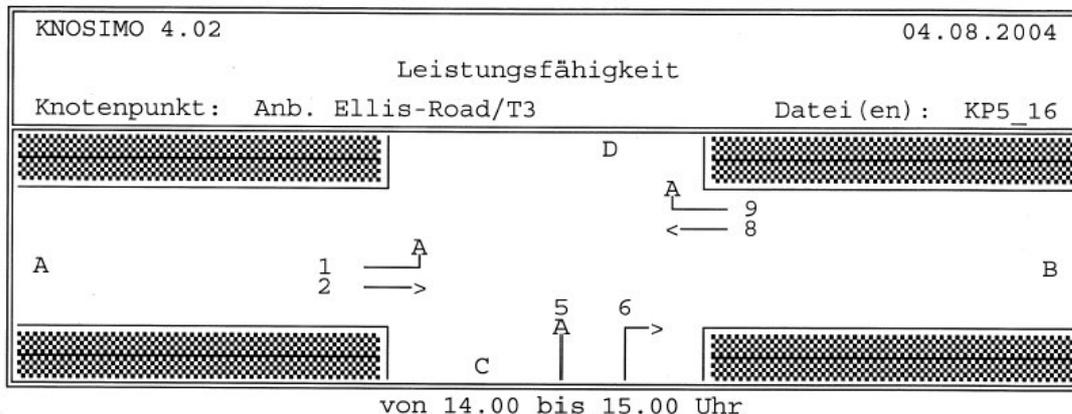
Strom	angekommen [PKW-E]	Fahrzeuge abgefahren [PKW-E]	wartend [PKW-E]	VZmitt [sec]	RSmitt [PKW-E]
2	78	78	0	0.0	0.0
3	224	224	0	10.8	0.2
4	216	215	1	12.2	0.3
6	1	1	0	11.0	0.0
7	19	19	0	10.4	0.0
8	1	1	0	0.0	0.0



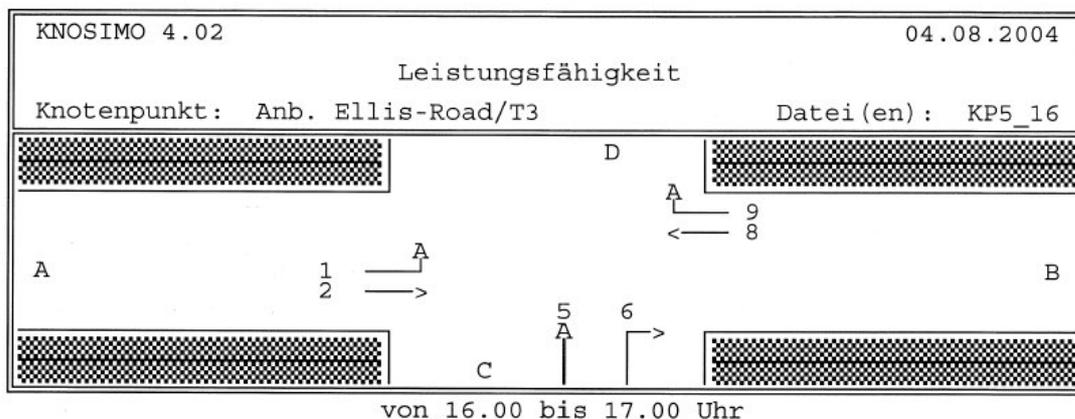
Strom	Fahrzeuge angekommen [PKW-E]	Fahrzeuge abgefahren [PKW-E]	wartend [PKW-E]	VZmitt [sec]	RSmitt [PKW-E]
1	71	71	0	10.4	0.0
2	260	260	0	0.0	0.0
5	1	1	0	12.8	0.0
6	115	115	0	12.2	0.1
8	113	113	0	0.0	0.0
9	1	1	0	0.0	0.0



Strom	Fahrzeuge angekommen [PKW-E]	Fahrzeuge abgefahren [PKW-E]	wartend [PKW-E]	VZmitt [sec]	RSmitt [PKW-E]
1	53	53	0	10.4	0.0
2	456	456	0	0.0	0.0
5	2	2	0	15.4	0.0
6	26	26	0	13.3	0.0
8	110	110	0	0.0	0.0
9	1	1	0	0.0	0.0



Strom	angekommen [PKW-E]	Fahrzeuge abgefahren [PKW-E]	wartend [PKW-E]	VZmitt [sec]	RSmitt [PKW-E]
1	32	32	0	10.5	0.0
2	206	206	0	0.0	0.0
5	57	57	0	14.1	0.1
6	75	75	0	11.7	0.1
8	165	165	0	0.0	0.0
9	1	1	0	0.0	0.0



Strom	angekommen [PKW-E]	Fahrzeuge abgefahren [PKW-E]	wartend [PKW-E]	VZmitt [sec]	RSmitt [PKW-E]
1	50	50	0	10.6	0.0
2	196	196	0	0.0	0.0
5	126	126	0	14.3	0.2
6	49	49	0	11.7	0.1
8	142	142	0	0.0	0.0
9	1	1	0	0.0	0.0

Die Angaben zur Verkehrsbelastung im Planungsfall 2015 wurden als Datensätze aus der mikroskopischen Verkehrsflussanalyse aus [ZIV(2004a)] zur Verfügung gestellt.

9.3.7 Bemessung von Versickerungsanlagen

**Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138**

**Projekt**

Bezeichnung: BW 1502, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 22400  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

**Eingangsdaten**

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 732 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 128 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

**Bemessung der Versickerungsmulde**

D		$r_{D(n)}$ [Vs*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	8,34
0,2	10	274,9	7,81
0,3	15	215,3	6,17
0,3	20	181,1	4,00
0,5	30	141,9	-1,29
0,8	45	111,3	-10,46
1,0	60	93,8	-20,45
1,5	90	66,9	-45,66
2,0	120	52,7	-71,43
3,0	180	37,7	-123,87
4,0	240	29,7	-177,05
6,0	360	21,3	-284,30

**notwendiges Speichervolumen**

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 8,34 \text{ m}^3$$

**mittlere Einstauhöhe**

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,07 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

**rechnerische Entleerungszeit**

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,2 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1504, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 22400  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 766 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 132 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(m)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]	notwendiges Speichervolumen
[h]	[min]			
0,1	5	418,3	8,77	$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 8,77 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	8,27	
0,3	15	215,3	6,62	mittlere Einstauhöhe
0,3	20	181,1	4,41	
0,5	30	141,9	-0,99	$z_M = V/A_s$ $= 0,07 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$
0,8	45	111,3	-10,39	
1,0	60	93,8	-20,64	rechnersiche Entleerungszeit
1,5	90	66,9	-46,61	
2,0	120	52,7	-73,16	$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$ $= 0,2 \text{ h}$
3,0	180	37,7	-127,20	
4,0	240	29,7	-182,01	
6,0	360	21,3	-292,57	

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1506, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 22400  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 793 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 178 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D [h]	D [min]	$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
0,1	5	418,3	8,21
0,2	10	274,9	6,40
0,3	15	215,3	3,35
0,3	20	181,1	-0,31
0,5	30	141,9	-8,69
0,8	45	111,3	-22,66
1,0	60	93,8	-37,55
1,5	90	66,9	-73,25
2,0	120	52,7	-109,58
3,0	180	37,7	-183,25
4,0	240	29,7	-257,75
6,0	360	21,3	-407,77

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} + r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 8,21 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,05 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,1 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1508, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 6000  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 396 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 55 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]	notwendiges Speichervolumen
[h]	[min]			
0,1	5	418,3	4,81	$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 4,97 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	4,97	
0,3	15	215,3	4,55	mittlere Einstauhöhe
0,3	20	181,1	3,84	
0,5	30	141,9	1,94	$z_M = V / A_s$ $= 0,09 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$
0,8	45	111,3	-1,56	
1,0	60	93,8	-5,48	rechnersiche Entleerungszeit
1,5	90	66,9	-16,09	
2,0	120	52,7	-26,98	$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$ $= 0,3 \text{ h}$
3,0	180	37,7	-49,24	
4,0	240	29,7	-71,89	
6,0	360	21,3	-117,66	

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1510, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 15700  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 466 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 53 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D	D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{Mulde}$ [m³]
	[h]	[min]		
0,1	5	418,3	5,91	
0,2	10	274,9	6,46	
0,3	15	215,3	6,34	
0,3	20	181,1	5,90	
0,5	30	141,9	4,46	
0,8	45	111,3	1,54	
1,0	60	93,8	-1,87	
1,5	90	66,9	-11,84	
2,0	120	52,7	-22,16	
3,0	180	37,7	-43,33	
4,0	240	29,7	-64,95	
6,0	360	21,3	-108,72	

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 6,46 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,12 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,3 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1512, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 6000  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 497 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 84 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D [h]	D [min]	$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]	
0,1	5	418,3	5,73	<b>notwendiges Speichervolumen</b> $V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 5,73 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	5,45	
0,3	15	215,3	4,44	<b>mittlere Einstauhöhe</b> $z_M = V / A_s$ $= 0,07 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$
0,3	20	181,1	3,06	
0,5	30	141,9	-0,34	<b>rechnersiche Entleerungszeit</b> $t_E = 2 \cdot z_M / k_f$ $= 0,2 \text{ h}$
0,8	45	111,3	-6,26	
1,0	60	93,8	-12,74	
1,5	90	66,9	-29,24	
2,0	120	52,7	-46,12	
3,0	180	37,7	-80,48	
4,0	240	29,7	-115,33	
6,0	360	21,3	-185,65	

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1514, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 21700  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 1304 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 173 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D [h]	D [min]	$r_{D(n)}$ [Vs <sup>2</sup> h a]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
0,2	10	274,9	16,78
0,3	15	215,3	15,66
0,3	20	181,1	13,61
0,5	30	141,9	7,90
0,8	45	111,3	-2,79
1,0	60	93,8	-14,89
1,5	90	66,9	-48,07
2,0	120	52,7	-82,22
3,0	180	37,7	-152,04
4,0	240	29,7	-223,14
6,0	360	21,3	-366,87

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 16,78 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,10 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,3 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1515, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 6000  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 737 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 108 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	8,84
0,2	10	274,9	8,95
0,3	15	215,3	7,98
0,3	20	181,1	6,48
0,5	30	141,9	2,57
0,8	45	111,3	-4,52
1,0	60	93,8	-12,42
1,5	90	66,9	-33,35
2,0	120	52,7	-54,84
3,0	180	37,7	-98,68
4,0	240	29,7	-143,26
6,0	360	21,3	-233,28

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 8,95 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,08 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,2 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1516, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 15700  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 760 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 66 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D	$r_{D(n)}$		$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
	[h]	[min]	
0,1	5	418,3	10,06
0,2	10	274,9	11,60
0,3	15	215,3	12,08
0,3	20	181,1	12,04
0,5	30	141,9	11,06
0,8	45	111,3	8,40
1,0	60	93,8	4,96
1,5	90	66,9	-6,96
2,0	120	52,7	-19,41
3,0	180	37,7	-45,18
4,0	240	29,7	-71,66
6,0	360	21,3	-125,47

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 12,08 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,18 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,5 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1518, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 28400  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 330 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 25 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]	notwendiges Speichervolumen
[h]	[min]			
0,1	5	418,3	4,45	$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 5,23 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	5,23	
0,3	15	215,3	5,55	mittlere Einstauhöhe
0,3	20	181,1	5,66	
0,5	30	141,9	5,48	$z_M = V / A_s$ $= 0,21 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$
0,8	45	111,3	4,70	
1,0	60	93,8	3,59	rechnersiche Entleerungszeit
1,5	90	66,9	-0,81	
2,0	120	52,7	-5,44	
3,0	180	37,7	-15,05	
4,0	240	29,7	-24,98	
6,0	360	21,3	-45,20	

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1520, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 28400  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 2680 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 391 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	32,17
0,2	10	274,9	32,63
0,3	15	215,3	29,18
0,3	20	181,1	23,78
0,5	30	141,9	9,67
0,8	45	111,3	-15,94
1,0	60	93,8	-44,47
1,5	90	66,9	-120,24
2,0	120	52,7	-197,99
3,0	180	37,7	-356,69
4,0	240	29,7	-518,04
6,0	360	21,3	-843,92

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} + r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 32,63 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,08 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,2 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1522 (Teilabschnitt), Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, Notzufahrt  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 60 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 9 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(in)}$ [l/s*ha]	$V_{Mulde}$ [m³]	notwendiges Speichervolumen
[h]	[min]			
0,1	5	418,3	0,72	$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(in)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 0,72 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	0,72	
0,3	15	215,3	0,63	mittlere Einstauhöhe
0,3	20	181,1	0,50	
0,5	30	141,9	0,17	$z_M = V / A_s$ $= 0,08 \text{ m} < z_{M, vorh}$
0,8	45	111,3	-0,43	
1,0	60	93,8	-1,09	rechnersiche Entleerungszeit
1,5	90	66,9	-2,84	
2,0	120	52,7	-4,63	$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$ $= 0,2 \text{ h}$
3,0	180	37,7	-8,29	
4,0	240	29,7	-12,01	
6,0	360	21,3	-19,52	

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1524, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 21700  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 1416 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 160 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D [h]	D [min]	$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
0,1	5	418,3	17,97
0,2	10	274,9	19,67
0,3	15	215,3	19,37
0,3	20	181,1	18,06
0,5	30	141,9	13,75
0,8	45	111,3	4,99
1,0	60	93,8	-5,26
1,5	90	66,9	-35,36
2,0	120	52,7	-66,48
3,0	180	37,7	-130,36
4,0	240	29,7	-195,60
6,0	360	21,3	-327,71

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 19,67 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,12 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,3 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1529 (Teilabschnitt), Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 15600  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 328 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 33 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]	notwendiges Speichervolumen
[h]	[min]			
0,1	5	418,3	4,25	$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 4,83 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	4,77	
0,3	15	215,3	4,83	mittlere Einstauhöhe
0,3	20	181,1	4,66	
0,5	30	141,9	3,94	$z_M = V / A_s$ $= 0,15 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$
0,8	45	111,3	2,33	
1,0	60	93,8	0,37	rechnersiche Entleerungszeit
1,5	90	66,9	-5,73	
2,0	120	52,7	-12,07	
3,0	180	37,7	-25,13	
4,0	240	29,7	-38,50	
6,0	360	21,3	-65,61	

$t_E = 2 \cdot z_M / k_f = 0,4 \text{ h}$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1531 (Teilabschnitt), Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 15200  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 255 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 26 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [Vs*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	3,30
0,2	10	274,9	3,69
0,3	15	215,3	3,73
0,3	20	181,1	3,58
0,5	30	141,9	3,00
0,8	45	111,3	1,71
1,0	60	93,8	0,15
1,5	90	66,9	-4,67
2,0	120	52,7	-9,67
3,0	180	37,7	-19,97
4,0	240	29,7	-30,51
6,0	360	21,3	-51,88

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 3,73 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,14 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,4 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1532, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 12700  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 369 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 40 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D [h]	D [min]	$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]	
0,1	5	418,3	4,72	<b>notwendiges Speichervolumen</b> $V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 5,22 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	5,22	
0,3	15	215,3	5,19	<b>mittlere Einstauhöhe</b> $z_M = V / A_s$ $= 0,13 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$
0,3	20	181,1	4,91	
0,5	30	141,9	3,90	<b>rechnersiche Entleerungszeit</b> $t_E = 2 \cdot z_M / k_f$ $= 0,4 \text{ h}$
0,8	45	111,3	1,79	
1,0	60	93,8	-0,71	
1,5	90	66,9	-8,19	
2,0	120	52,7	-15,94	
3,0	180	37,7	-31,86	
4,0	240	29,7	-48,13	
6,0	360	21,3	-81,10	

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1534, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 19200  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 1045 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 135 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D [h]	[min]	$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
0,2	10	274,9	13,64
0,3	15	215,3	12,86
0,3	20	181,1	11,33
0,5	30	141,9	7,01
0,8	45	111,3	-1,19
1,0	60	93,8	-10,50
1,5	90	66,9	-36,33
2,0	120	52,7	-62,91
3,0	180	37,7	-117,31
4,0	240	29,7	-172,72
6,0	360	21,3	-284,77

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 13,64 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,10 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,3 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1536, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 19200  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1 bis 2

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 370 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 39 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	4,76
0,2	10	274,9	5,29
0,3	15	215,3	5,30
0,3	20	181,1	5,05
0,5	30	141,9	4,11
0,8	45	111,3	2,11
1,0	60	93,8	-0,27
1,5	90	66,9	-7,54
2,0	120	52,7	-15,07
3,0	180	37,7	-30,56
4,0	240	29,7	-46,40
6,0	360	21,3	-78,51

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 5,30 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,14 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,4 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1538, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb und außerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 14100  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 3344 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 366 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D [h]	D [min]	$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{Mulde}$ [m³]	
0,1	5	418,3	42,69	<b>notwendiges Speichervolumen</b> $V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 47,08 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	47,08	
0,3	15	215,3	46,74	<b>mittlere Einstauhöhe</b> $z_M = V / A_s$ $= 0,13 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$
0,3	20	181,1	44,05	
0,5	30	141,9	34,66	<b>rechnersiche Entleerungszeit</b> $t_E = 2 \cdot z_M / k_f$ $= 0,4 \text{ h}$
0,8	45	111,3	15,20	
1,0	60	93,8	-7,78	
1,5	90	66,9	-76,34	
2,0	120	52,7	-147,30	
3,0	180	37,7	-293,07	
4,0	240	29,7	-442,04	
6,0	360	21,3	-743,84	

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1540, Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt innerhalb und außerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-7}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 13500  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 2308 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 283 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]	notwendiges Speichervolumen
[h]	[min]			
0,1	5	418,3	28,83	$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$ $= 30,91 \text{ m}^3$
0,2	10	274,9	30,91	
0,3	15	215,3	29,68	mittlere Einstauhöhe
0,3	20	181,1	26,82	
0,5	30	141,9	18,29	$z_M = V / A_s$ $= 0,11 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$
0,8	45	111,3	1,74	
1,0	60	93,8	-17,26	rechnersiche Entleerungszeit
1,5	90	66,9	-71,06	
2,0	120	52,7	-126,54	$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$ $= 0,3 \text{ h}$
3,0	180	37,7	-240,17	
4,0	240	29,7	-356,05	
6,0	360	21,3	-590,49	

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1542 (Teilabschnitt), Rasenmulde als Versickerungsmulde  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt außerhalb jeglicher Schutzwasserzone

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 183 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 14 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{Mulde}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	2,46
0,2	10	274,9	2,89
0,3	15	215,3	3,07
0,3	20	181,1	3,12
0,5	30	141,9	3,01
0,8	45	111,3	2,57
1,0	60	93,8	1,93
1,5	90	66,9	-0,53
2,0	120	52,7	-3,13
3,0	180	37,7	-8,52
4,0	240	29,7	-14,08
6,0	360	21,3	-25,41

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 3,12 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,22 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,6 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: BW 1544 (Teilabschnitt), Rasenmulde als Versickerungsmulde,  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Die Mulde liegt außerhalb jeglicher Schutzwasserzone

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 96 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 27 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	0,88
0,2	10	274,9	0,49
0,3	15	215,3	-0,06
0,3	20	181,1	-0,68
0,5	30	141,9	-2,06
0,8	45	111,3	-4,31
1,0	60	93,8	-6,68
1,5	90	66,9	-12,16
2,0	120	52,7	-17,73
3,0	180	37,7	-28,98
4,0	240	29,7	-40,34
6,0	360	21,3	-63,19

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 0,88 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,03 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,1 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Versickerungsmulde, Bezugslänge 100 m  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Ellis-Road Nordbereich (RQ 10,5)  
 Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 11400  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 765 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 150 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [Vs*ha]	$V_{Mulde}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	8,38
0,2	10	274,9	7,31
0,3	15	215,3	5,08
0,3	20	181,1	2,26
0,5	30	141,9	-4,35
0,8	45	111,3	-15,60
1,0	60	93,8	-27,72
1,5	90	66,9	-57,53
2,0	120	52,7	-87,94
3,0	180	37,7	-149,69
4,0	240	29,7	-212,24
6,0	360	21,3	-338,28

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 8,38 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,06 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,2 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Versickerungsmulde Bezugslänge 100 m (max. Bereich)  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Rückfahrt Terminal 3 (Verflechtungsbereich der 3-streifigen Fahrbahn)  
 Die Mulde liegt außerhalb jeglicher Schutzwasserzone

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 1155 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 150 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	14,25
0,2	10	274,9	15,03
0,3	15	215,3	14,14
0,3	20	181,1	12,43
0,5	30	141,9	7,60
0,8	45	111,3	-1,54
1,0	60	93,8	-11,92
1,5	90	66,9	-40,63
2,0	120	52,7	-70,18
3,0	180	37,7	-130,64
4,0	240	29,7	-192,23
6,0	360	21,3	-316,75

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 15,03 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,10 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,3 \text{ h}$$

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

### Projekt

Bezeichnung: Versickerungsmulde, Bezugslänge 59 m (max. Bereich)  
 Bearbeiter: Ziener  
 Bemerkung: Ellis-Road Südbereich (3-streifige Fahrbahn)  
 Die Mulde liegt innerhalb der Schutzwasserzone III B  
 $K_f = 2 \cdot 10^{-4}$ , die Grundwasseroberfläche liegt bei i.M. rd. 5 m bis 7 m unter Gelände  
 Die Schutzwirkung wird als mittel bis groß eingestuft, DTV = 11800  
 Die Einstufung der Entwässerungsmaßnahmen entspricht der Stufe 1

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 620 \text{ m}^2$   
 Versickerungsfläche  $A_s = 59 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{Din1}$ [l/s*ha]	$V_{Mulde}$ [m³]
[h]	[min]		
0,1	5	418,3	8,10
0,2	10	274,9	9,19
0,3	15	215,3	9,42
0,3	20	181,1	9,21
0,5	30	141,9	8,07
0,8	45	111,3	5,37
1,0	60	93,8	2,03
1,5	90	66,9	-8,80
2,0	120	52,7	-20,06
3,0	180	37,7	-43,29
4,0	240	29,7	-67,10
6,0	360	21,3	-115,44

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = ((A_u + A_s) \cdot 10^{-7} + r_{Din1} \cdot A_s \cdot k_f / 2) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 9,19 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,16 \text{ m} < z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,4 \text{ h}$$

**9.4 Berechnungen / Nachweise zum Kapitel 6**

**9.4.1 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim (Querschnitt I-I, Ausfahrstreifen)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	

Achszahlfaktor $f_A$	=	4,2
Lastkollektivquotient $q_{Bm}$	=	0,26
Fahrstreifenfaktor $f_1$	=	0,9
Fahrstreifenbreitenfaktor $f_2$	=	1,1
Steigungsfaktor $f_3$	=	1,02
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs $f_z$	=	1,458

$$DTV^{(SV)} = 921 \text{ Kfz/h} \times 10 \text{ h/d} \times 0,0489 = 450 \text{ Kfz/d}$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A \quad (\text{DTV für den Prognosehorizont 2015})$$

$$DTA^{(SV)} = 450 \text{ Kfz/d} \times 4,2 \text{ A}_{ij}/\text{Kfz} = 1.890 \text{ A}_{ij}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 1.890 \times 0,26 \times 0,9 \times 1,1 \times 1,02 \times 1,458 \times 365 = 6.601.778$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse II.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2		55 cm
Frosteinwirkungszone I	±	0 cm
Damm < 2 m	+	5 cm
Wasserverhältnisse günstig	±	0 cm
Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig	±	<u>0 cm</u>
		60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	14 cm
Frostschuttschicht	<u>39 cm</u>
	65 cm

**9.4.2 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim  
 (Querschnitt II-II, Fahrbahn von CCS)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N = Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums

DTV<sup>(SV)</sup> = Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs

DTA<sup>(SV)</sup> = Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs

Achszahlfaktor f<sub>A</sub> = 4,2

Lastkollektivquotient q<sub>Bm</sub> = 0,26

Fahrstreifenfaktor f<sub>1</sub> = 1,0

Fahrstreifenbreitenfaktor f<sub>2</sub> = 1,0

Steigungsfaktor f<sub>3</sub> = 1,05

Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f<sub>z</sub> = 1,458

$$DTV^{(SV)} = 1.516 \text{ Kfz/h} \times 10 \text{ h/d} \times 0,0745 = 1.130 \text{ Kfz/d}$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A \quad (\text{DTV für den Prognosehorizont 2015})$$

$$DTA^{(SV)} = 1.130 \text{ Kfz/d} \times 4,2 \text{ A}_{ij}/\text{Kfz} = 4.746 \text{ A}_{ij}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 4.746 \times 0,26 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,05 \times 1,458 \times 365 = 17.237.758$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse I.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2 = 55 cm

Frosteinwirkungszone I ± 0 cm

Damm < 2 m + 5 cm

Wasserverhältnisse günstig ± 0 cm

Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig ± 0 cm

60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht = 4 cm

Asphaltbinderschicht = 8 cm

Asphalttragschicht = 18 cm

Frostschuttschicht = 35 cm

65 cm

**9.4.3 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim  
 (Querschnitt II-II, Fahrbahn zur CCS bzw. nach Zeppelinheim)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=		4,2
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=		0,26
Fahrestreifenfaktor f <sub>1</sub>	=		1,0
Fahrestreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=		1,0
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=		1,05
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=		1,458

$$DTV^{(SV)} = 523 \text{ Kfz/h} \times 10 \text{ h/d} \times 0,0631 = 330 \text{ Kfz/d}$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A \quad (\text{DTV für den Prognosehorizont 2015})$$

$$DTA^{(SV)} = \text{Kfz/d} \times 4,2 \text{ A}_i/\text{Kfz} = 1.386 \text{ A}_i/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 1.386 \times 0,26 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,05 \times 1,458 \times 365 = 5.034.035$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse II.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2		55 cm
Frosteinwirkungszone I	±	0 cm
Damm < 2 m	+	5 cm
Wasserverhältnisse günstig	±	0 cm
Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig	±	<u>0 cm</u>
		60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	14 cm
Frostschuttschicht	<u>39 cm</u>
	65 cm

**9.4.4 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim  
 (Querschnitt III-III, Einfahrstreifen)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N = Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums

DTV<sup>(SV)</sup> = Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs

DTA<sup>(SV)</sup> = Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs

Achszahlfaktor f<sub>A</sub> = 4,2

Lastkollektivquotient q<sub>Bm</sub> = 0,26

Fahrstreifenfaktor f<sub>1</sub> = 1,0

Fahrstreifenbreitenfaktor f<sub>2</sub> = 1,0

Steigungsfaktor f<sub>3</sub> = 1,0

Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f<sub>z</sub> = 1,458

$$DTV^{(SV)} = 1.332 \text{ Kfz/h} \times 10 \text{ h/d} \times 0,0721 = 960 \text{ Kfz/d}$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A \quad (\text{DTV für den Prognosehorizont 2015})$$

$$DTA^{(SV)} = 960 \text{ Kfz/d} \times 4,2 \text{ A}_{\ddot{u}}/\text{Kfz} = 4.032 \text{ A}_{\ddot{u}}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 4.032 \times 0,26 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,458 \times 365 = 13.947.111$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse I.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2		55 cm
Frosteinwirkungszone I	±	0 cm
Damm < 2 m	+	5 cm
Wasserverhältnisse günstig	±	0 cm
Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig	±	<u>0 cm</u>
		60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	18 cm
Frostschuttschicht	<u>35 cm</u>
	65 cm

**9.4.5 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim  
 (Querschnitt III-III, Verteilerfahrbahn)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=		4,2
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=		0,26
Fahrstreifenfaktor f <sub>1</sub>	=		0,9
Fahrstreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=		1,1
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=		1,0
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=		1,458

$$DTV^{(SV)} = 420 \text{ Kfz/h} \times 10 \text{ h/d} \times 0,0595 = 250 \text{ Kfz/d}$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A \quad (\text{DTV für den Prognosehorizont 2015})$$

$$DTA^{(SV)} = 250 \text{ Kfz/d} \times 4,2 \text{ A}_{ij}/\text{Kfz} = 1.050 \text{ A}_{ij}/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 1.050 \times 0,26 \times 0,9 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,458 \times 365 = 3.595.740$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse II.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2		55 cm
Frosteinwirkungszone I	±	0 cm
Damm < 2 m	+	5 cm
Wasserverhältnisse günstig	±	0 cm
Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig	±	<u>0 cm</u>
		60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	14 cm
Frostschuttschicht	<u>39 cm</u>
	65 cm

**9.4.6 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AS Zeppelinheim  
 (Querschnitt IV-IV, Verteilerfahrbahn in Rampe von CCS)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=		4,2
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=		0,26
Fahstreifenfaktor f <sub>1</sub>	=		0,9
Fahstreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=		1,0
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=		1,0
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=		1,458
DTV <sup>(SV)</sup>	=	1.516 Kfz/h x 10 h/d x 0,0745	= 1.130 Kfz/d
DTA <sup>(SV)</sup>	=	DTV <sup>(SV)</sup> x f <sub>A</sub> (DTV für den Prognosehorizont 2015)	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	1.130 Kfz/d x 4,2 A <sub>ü</sub> /Kfz	= 4.746 A <sub>ü</sub> /d

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 4.746 \times 0,26 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,458 \times 365 = 14.775.221$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse I.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2		55 cm
Frosteinwirkungszone I	±	0 cm
Damm < 2 m	+	5 cm
Wasserverhältnisse günstig	±	0 cm
Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig	±	<u>0 cm</u>
		60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	18 cm
Frostschuttschicht	<u>35 cm</u>
	65 cm

**9.4.7 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AK Frankfurt  
 (Querschnitt I-I, Verflechtungsfahrbahn parallel der BAB 3)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=		4,2
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=		0,26
Fahrstreifenfaktor f <sub>1</sub>	=		0,8
Fahrstreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=		1,1
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=		1,0
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=		1,458

$$DTV^{(SV)} = 2.754 \text{ Kfz/h} \times 10 \text{ h/d} \times 0,1460 = 4.021 \text{ Kfz/d}$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A \quad (\text{DTV für den Prognosehorizont 2015})$$

$$DTA^{(SV)} = 4.021 \text{ Kfz/d} \times 4,2 \text{ A}_ü/\text{Kfz} = 16.888 \text{ A}_ü/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 16.888 \times 0,26 \times 0,8 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,458 \times 365 = 51.407.281$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse SV.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2		55 cm
Frosteinwirkungszone I	±	0 cm
Damm < 2 m	+	5 cm
Wasserverhältnisse günstig	±	0 cm
Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig	±	<u>0 cm</u>
		60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	22 cm
Frostschuttschicht	<u>31 cm</u>
	65 cm

**9.4.8 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AK Frankfurt  
 (Querschnitt II-II, Verbindungsrampe von BAB 3 nach BAB 5)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N = Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums

DTV<sup>(SV)</sup> = Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs

DTA<sup>(SV)</sup> = Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs

Achszahlfaktor  $f_A$  = 4,2

Lastkollektivquotient  $q_{Bm}$  = 0,26

Fahstreifenfaktor  $f_1$  = 0,9

Fahstreifenbreitenfaktor  $f_2$  = 1,0

Steigungsfaktor  $f_3$  = 1,05

Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs  $f_z$  = 1,458

$$DTV^{(SV)} = 1.431 \text{ Kfz/h} \times 10 \text{ h/d} \times 0,0860 = 1.231 \text{ Kfz/d}$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A \quad (\text{DTV für den Prognosehorizont 2015})$$

$$DTA^{(SV)} = 1.231 \text{ Kfz/d} \times 4,2 \text{ A}_i/\text{Kfz} = 5.170 \text{ A}_i/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 5.170 \times 0,26 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,05 \times 1,458 \times 365 = 16.899.976$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse I.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2		55 cm
Frosteinwirkungszone I	±	0 cm
Damm < 2 m	+	5 cm
Wasserverhältnisse günstig	±	0 cm
Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig	±	<u>0 cm</u>
		60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	18 cm
Frostschuttschicht	<u>35 cm</u>
	65 cm

**9.4.9 Nachweis zur Berechnung des Oberbaus AK Frankfurt  
 (Querschnitt III-III, Verbreiterung der BAB 5 Richtung Süden)**

Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B nach Methode 1.2 der RStO 01 [FGSV (2001a)]:

$$B = N \times DTA^{(SV)} \times q_{Bm} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_z \times 365$$

N	=	Anzahl der Jahre des zugrundegelegten Nutzungszeitraums	
DTV <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs	
DTA <sup>(SV)</sup>	=	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs	
Achszahlfaktor f <sub>A</sub>	=		4,2
Lastkollektivquotient q <sub>Bm</sub>	=		0,26
Fahrstreifenfaktor f <sub>1</sub>	=		0,9
Fahrstreifenbreitenfaktor f <sub>2</sub>	=		1,0
Steigungsfaktor f <sub>3</sub>	=		1,0
Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f <sub>z</sub>	=		1,458

$$DTV^{(SV)} = 2.184 \text{ Kfz/h} \times 10 \text{ h/d} \times 0,0563 = 1.230 \text{ Kfz/d}$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \times f_A \quad (\text{DTV für den Prognosehorizont 2015})$$

$$DTA^{(SV)} = 1.230 \text{ Kfz/d} \times 4,2 \text{ A}_ü/\text{Kfz} = 5.166 \text{ A}_ü/\text{d}$$

Der Nutzungszeitraum ab 2015 wird mit 25 Jahren angenommen.

$$B = 25 \times 5.166 \times 0,26 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,458 \times 365 = 16.082.763$$

Es ergibt sich nach Tabelle 1 der RStO 01 die Bauklasse I.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus Kapitel 3.2 der RStO 01.

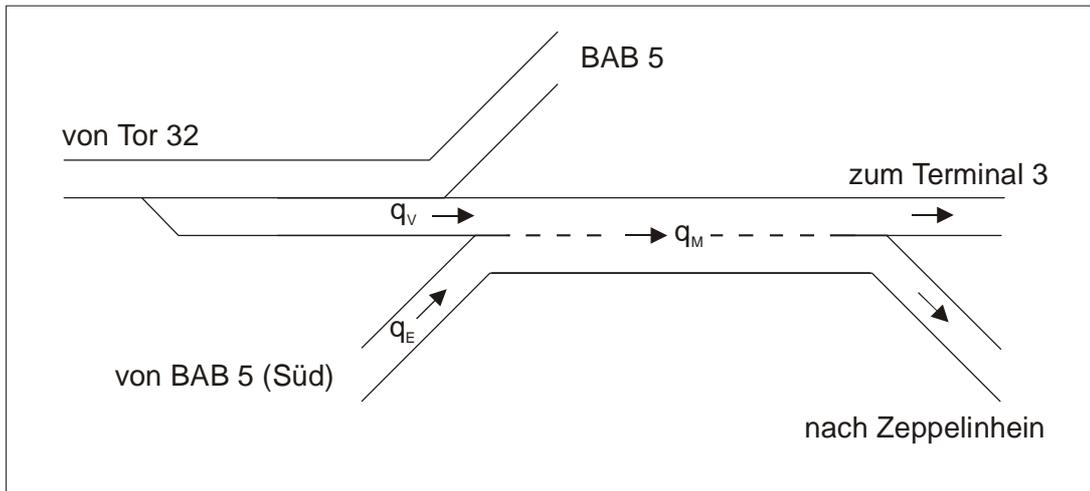
Mindestdicke aus Frostempfindlichkeitsklasse F 2		55 cm
Frosteinwirkungszone I	±	0 cm
Damm < 2 m	+	5 cm
Wasserverhältnisse günstig	±	0 cm
Ausführung der Randbereiche wasserdurchlässig	±	<u>0 cm</u>
		60 cm

Der Oberbau wurde nach Tafel 1 wie folgt festgelegt:

Asphaltdeckschicht	4 cm
Asphaltbinderschicht	8 cm
Asphalttragschicht	18 cm
Frostschuttschicht	<u>35 cm</u>
	65 cm

9.4.10 Leistungsfähigkeitsabschätzungen nach HBS

9.4.10.1 Verflechtungsstrecke Typ VR 1 an einstreifiger Verteilerfahrbahn östlich der BAB 5 zwischen AS Zeppelinheim und südlich davon liegender neuer BAB-Brücke



$$q_M = q_v + q_E$$

$$q_{M, \text{zul}} = 2.300 \text{ Pkw-E/h}$$

- mit:
- $q_M$  = Maßgebende Verflechtungsverkehrsstärke an einer Verteilerfahrbahn (Bemessungsverkehrsstärke)
  - $q_v$  = Verkehrsstärke des Fahrzeugsstroms auf der Verteilerfahrbahn in Höhe der vorderen Inselspitze
  - $q_E$  = Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms

$$q_{v, 7-8 \text{ Uhr}} = 35 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{E, 7-8 \text{ Uhr}} = 410 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{M, 7-8 \text{ Uhr}} = 445 \text{ Pkw-E/h}$$

$$\text{Auslastung} = 19 \%$$

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einer Verflechtungsverkehrsstärke von 445 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe A erreicht.

$$q_{v, 16-17 \text{ Uhr}} = 79 \text{ Pkw-E/h}$$

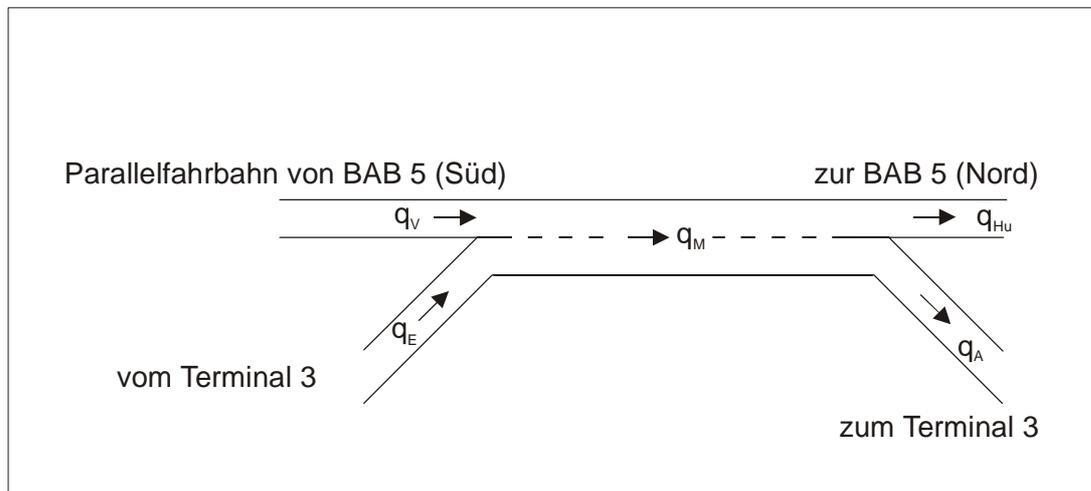
$$q_{E, 16-17 \text{ Uhr}} = 278 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{M, 16-17 \text{ Uhr}} = 357 \text{ Pkw-E/h}$$

$$\text{Auslastung} = 15\%$$

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einer Verflechtungsverkehrsstärke von 357 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe A erreicht.

**9.4.10.2 Verflechtungsstrecke Typ VR 1 an einstreifiger Verteilerfahrbahn östlich der BAB 5 unterhalb der vorhandenen BAB-Brücke**



$$q_M = q_V + q_E$$

$$q_{M, \text{zul}} = 2.300 \text{ Pkw-E/h}$$

mit:  $q_M =$  Maßgebende Verflechtungsverkehrsstärke an einer Verteilerfahrbahn (Bemessungsverkehrsstärke)

$q_V =$  Verkehrsstärke des Fahrzeugstroms auf der Verteilerfahrbahn in Höhe der vorderen Inselspitze

$q_E =$  Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms

$$q_{V, 7-8 \text{ Uhr}} = 258 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{E, 7-8 \text{ Uhr}} = 987 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{M, 7-8 \text{ Uhr}} = 1.245 \text{ Pkw-E/h}$$

$$\text{Auslastung} = 54\%$$

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einer Verflechtungsverkehrsstärke von 1.245 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe C erreicht.

$$q_{V, 16-17 \text{ Uhr}} = 153 \text{ Pkw-E/h}$$

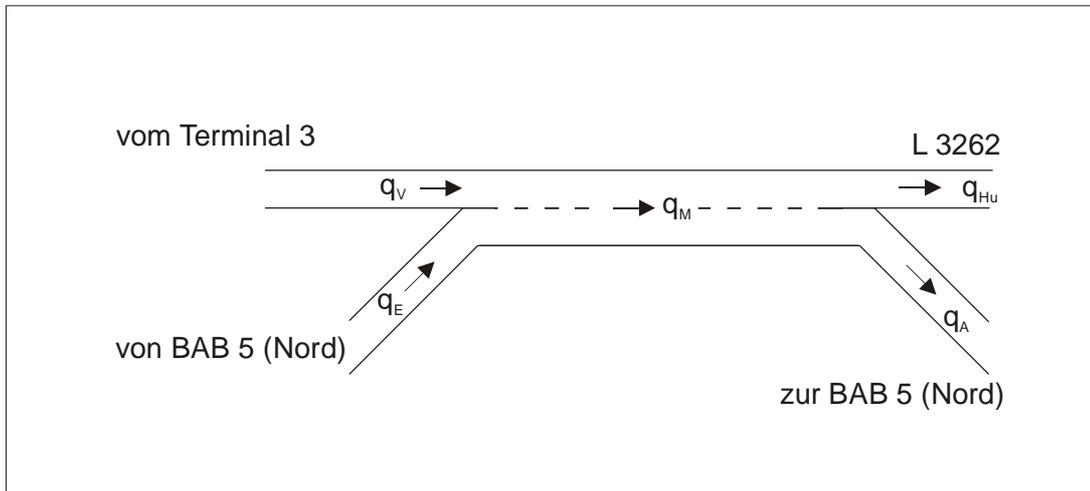
$$q_{E, 16-17 \text{ Uhr}} = 873 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{M, 16-17 \text{ Uhr}} = 1026 \text{ Pkw-E/h}$$

$$\text{Auslastung} = 45\%$$

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einer Verflechtungsverkehrsstärke von 1.026 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe B erreicht.

**9.4.10.3 Verflechtungsstrecke Typ VR 1 an einstreifiger Verteilerfahrbahn auf der vorhandenen BAB-Brücke**



$$q_M = q_v + q_E$$

$$q_{M, \text{zul}} = 2.300 \text{ Pkw-E/h}$$

- mit:
- $q_M$  = Maßgebende Verflechtungsverkehrsstärke an einer Verteilerfahrbahn (Bemessungsverkehrsstärke)
  - $q_v$  = Verkehrsstärke des Fahrzeugsstroms auf der Verteilerfahrbahn in Höhe der vorderen Inselspitze
  - $q_E$  = Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms

$$q_{V, 7-8 \text{ Uhr}} = 1.062 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{E, 7-8 \text{ Uhr}} = 567 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{M, 7-8 \text{ Uhr}} = 1.629 \text{ Pkw-E/h}$$

$$\text{Auslastung} = 71\%$$

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einer Verflechtungsverkehrsstärke von 1.629 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe C erreicht.

$$q_{V, 16-17 \text{ Uhr}} = 990 \text{ Pkw-E/h}$$

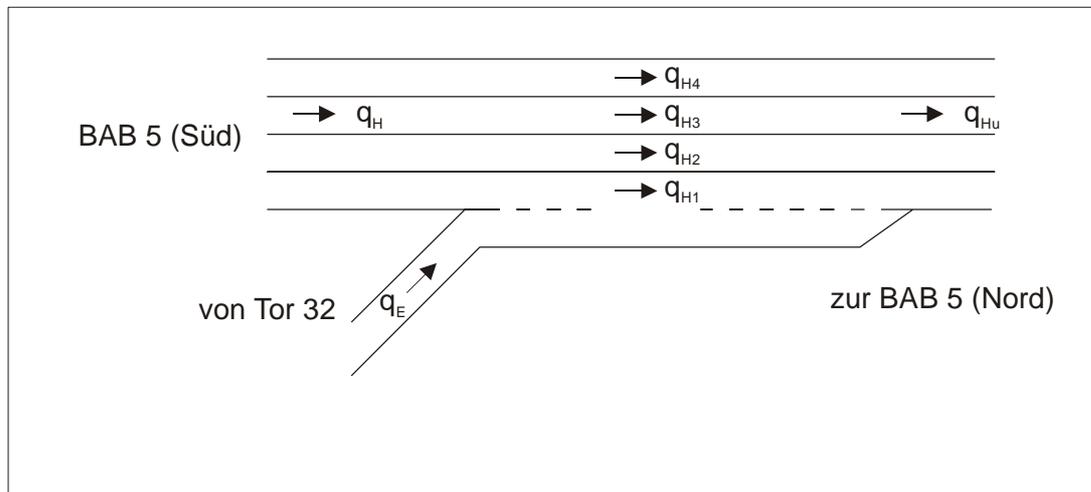
$$q_{E, 16-17 \text{ Uhr}} = 825 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{M, 16-17 \text{ Uhr}} = 1.815 \text{ Pkw-E/h}$$

$$\text{Auslastung} = 79\%$$

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einer Verflechtungsverkehrsstärke von 1.815 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe D erreicht.

**9.4.10.4 Neue Einfahrt der AS Zeppelinheim auf die BAB 5 (Nord)**



mit:  $q_H$  = Verkehrsstärke des Fahrzeugstroms der durchgehenden Hauptfahrbahn oberhalb der Einfahrt  
 $q_E$  = Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms

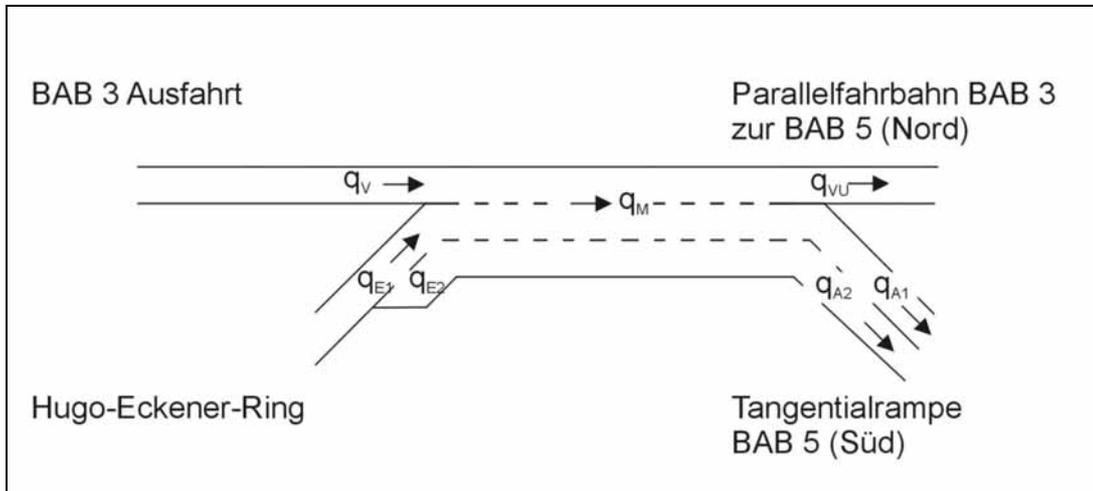
$q_H, 7-8 \text{ Uhr}$  = 7.080 Pkw-E/h  
 $q_E, 7-8 \text{ Uhr}$  = 279 Pkw-E/h

Gemäß HBS 2001, Bild 4-9, übertragen auf eine Einfahrt Typ E1 an vierstreifiger Richtungsfahrbahn, wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe D erreicht.

$q_H, 16-17 \text{ Uhr}$  = 4371 Pkw-E/h  
 $q_E, 16-17 \text{ Uhr}$  = 1.032 Pkw-E/h

Gemäß HBS 2001, Bild 4-9, übertragen auf eine Einfahrt Typ E1 an vierstreifiger Richtungsfahrbahn, wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe C erreicht.

**9.4.10.5 Verflechtungsstrecke an einstreifiger Verteilerfahrbahn zwischen Parallelfahrbahn BAB 3 zur BAB 5 (Nord) und Tangentialrampe BAB 3 zur BAB 5 (Süd)**



$$q_M = q_V + q_{E1}$$

$$q_{M, \text{zul}} = 2.300 \text{ Pkw-E/h}$$

- mit:
- $q_M$  = Maßgebende Verflechtungsverkehrsstärke an einer Verteilerfahrbahn (Bemessungsverkehrsstärke)
  - $q_V$  = Verkehrsstärke des Fahrzeugstroms auf der Verteilerfahrbahn in Höhe der vorderen Inselfspitze
  - $q_{E1}$  = Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms auf dem linken, zu verflechtenden Fahrstreifen
  - $q_{E2}$  = Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms auf dem rechten Fahrstreifen

$$q_{V, 6-7 \text{ Uhr}} = 1.659 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{E1, 6-7 \text{ Uhr}} = 123 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{E2, 6-7 \text{ Uhr}} = 381 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{M, 6-7 \text{ Uhr}} = 1.782 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{A1, 6-7 \text{ Uhr}} = 816 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{A2, 6-7 \text{ Uhr}} = 381 \text{ Pkw-E/h}$$

Es wird angenommen, dass der Fahrzeugstrom vom Hugo-Eckener-Ring zur BAB 5 (Süd) vollständig den zusätzlich zur Verfügung gestellten rechten Fahrstreifen nutzt, so dass  $q_{E2} = q_{A2}$  angenommen wird.

$$\text{Auslastung} = 77 \%$$

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einem Auslastungsgrad von  $a = 77\%$  und einer Verflechtungsverkehrsstärke von 1.782 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe D erreicht.

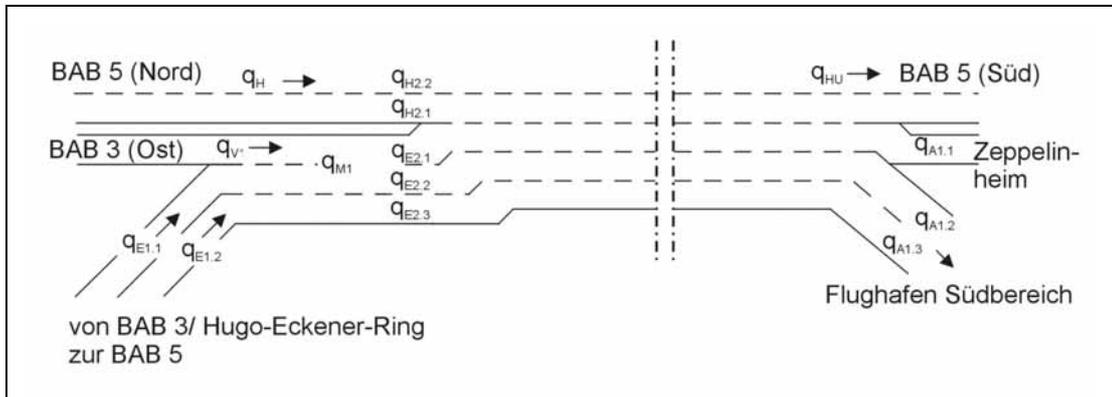
$q_{V, 16 - 17 \text{ Uhr}}$	=	1.029 Pkw-E/h
$q_{E1, 16 - 17 \text{ Uhr}}$	=	108 Pkw-E/h
$q_{E2, 16 - 17 \text{ Uhr}}$	=	357 Pkw-E/h
$q_{M, 16 - 17 \text{ Uhr}}$	=	1.137 Pkw-E/h
$q_{A1, 16 - 17 \text{ Uhr}}$	=	816 Pkw-E/h
$q_{A2, 16 - 17 \text{ Uhr}}$	=	636 Pkw-E/h

Es wird angenommen, dass der Fahrzeugstrom vom Hugo-Eckener-Ring zur BAB 5 (Süd) vollzählig den zusätzlich zur Verfügung gestellten rechten Fahrstreifen nutzt, so dass  $q_{E2} = q_{A2}$  angenommen wird.

Auslastung = 49%

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einem Auslastungsgrad von  $a = 49\%$  und einer Verflechtungsverkehrsstärke von 1.137 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe B erreicht.

**9.4.10.6 Einfahrt und Verflechtung an einstreifiger Verteilerfahrbahn und Verflechtung und Ausfahrt an mehrstreifiger Hauptfahrbahn zwischen AK Frankfurt und AS Zeppelinheim**



Es wird unterstellt,

- dass der Fahrzeugstrom der BAB 3 / Hugo-Eckener-Ring zum Flughafen Südbereich den äußerst rechten Fahrstreifen nutzt.
- der Einfahrtstyp als zwei direkt hintereinander liegende Einzeleinfahrten aufgefasst wird.

a) Einfahrt und Verflechtung an einstreifiger Verteilerfahrbahn

$$q_{M1} = q_{V1} + q_{E1}$$

$$q_{M1, \text{zul}} = 2.300 \text{ Pkw-E/h}$$

- mit:
- $q_{M1}$  = Maßgebende Verflechtungsverkehrsstärke an einer Verteilerfahrbahn (Bemessungsverkehrsstärke)
  - $q_{V1}$  = Verkehrsstärke des Fahrzeugstroms auf der Verteilerfahrbahn in Höhe der vorderen Inselspitze
  - $q_{VU}$  = Verkehrsstärke des Fahrzeugstroms auf der Verteilerfahrbahn unterhalb der Verflechtungsstrecke, in diesem Fall gilt:  $q_{VU} = q_{E2.1}$
  - $q_{E1.1}$  = Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms auf dem linken, zu verflechtenden Fahrstreifen
  - $q_{E1.2}$  = Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms auf dem rechten Fahrstreifen

$$q_{V1, 7-8 \text{ Uhr}} = 952 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{E1.1, 7-8 \text{ Uhr}} = 1.059 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{E1.2, 7-8 \text{ Uhr}} = 500 \text{ Pkw-E/h}$$

$$q_{M1, 7-8 \text{ Uhr}} = 2.011 \text{ Pkw-E/h}$$

Auslastung = 87 %

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einem Auslastungsgrad von  $a = 87\%$  und einer Verflechtungsverkehrsstärke von 2.011 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe D erreicht.

$Q_{V1, 16-17 \text{ Uhr}} = 121 \text{ Pkw-E/h}$   
 $Q_{E1.1, 16-17 \text{ Uhr}} = 802 \text{ Pkw-E/h}$   
 $Q_{E1.2, 16-17 \text{ Uhr}} = 500 \text{ Pkw-E/h}$   
 $Q_{M1, 16-17 \text{ Uhr}} = 923 \text{ Pkw-E/h}$

Auslastung = 40%

Gemäß Tabelle 4-3 des HBS wird mit einem Auslastungsgrad von  $a = 40\%$  und einer Verflechtungsverkehrsstärke von 923 Pkw-E/h die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe B erreicht.

b) Einfahrt und Verflechtung an dreistreifiger Richtungsfahrbahn bzw. Ausfahrt

Das HBS weist für dieses komplexe Verkehrssystem keine Verflechtungs- und Ausfahrtstypen auf. Da die Verflechtungsstrecke größer als 1.000 m ist, wurde der Nachweis der Leistungsfähigkeit durch mikroskopische Simulationen des Verkehrsgutachters geführt [vgl. ZIV (2004a)]. Der Nachweis ausreichender Leistungsfähigkeit der einzelnen Teilquerschnitte wird für den Einfahr- und Ausfahrbereich geführt.

Querschnitt  $q_H$  in der morgendlichen Spitzenstunde 7.00 – 8.00 Uhr

$$\sum q_{H2.1} + q_{H2.2} + q_{H2.3} = 4.407 \text{ Kfz/h} < 4.950 \text{ Kfz/h}$$

Gemäß Tabelle 3-7 des HBS wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe D erreicht.

Querschnitt  $q_H$  in der nachmittäglichen Spitzenstunde 16.00 – 17.00 Uhr

$$\sum q_{H2.1} + q_{H2.2} + q_{H2.3} = 5.755 \text{ Kfz/h} > 5.500 \text{ Kfz/h}$$

Gemäß Tabelle 3-7 des HBS wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe F erreicht.

Querschnitt  $q_{HU}$  in der morgendlichen Spitzenstunde 7.00 – 8.00 Uhr

$$q_{HU} = 4.098 \text{ Kfz/h} < 4.125 \text{ Kfz/h}$$

Gemäß Tabelle 3-7 des HBS wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe C erreicht.

Querschnitt  $q_{HU}$  in der nachmittäglichen Spitzenstunde 16.00 –17.00 Uhr

$$q_{HU} = 5.199 \text{ Kfz/h} < 5.200 \text{ Kfz/h}$$

Gemäß Tabelle 3-7 des HBS wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe E erreicht.

Querschnitt  $q_{E2}$  in der morgendlichen Spitzenstunde 7.00 – 8.00 Uhr

$$\sum q_{E2.1} + q_{E2.2} + q_{E2.3} = 2.301 \text{ Kfz/h} < 3.025 \text{ Kfz/h}$$

Gemäß Tabelle 3-7 des HBS wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe B erreicht.

Querschnitt  $q_{E2}$  in der nachmittäglichen Spitzenstunde 16.00 –17.00 Uhr

$$\sum q_{E2.1} + q_{E2.2} + q_{E2.3} = 1.526 \text{ Kfz/h} < 1.650 \text{ Kfz/h}$$

Gemäß Tabelle 3-7 des HBS wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe A erreicht.

Querschnitt  $q_{A1}$  in der morgendlichen Spitzenstunde 7.00 – 8.00 Uhr

$$\sum q_{A1.1} + q_{A1.2} + q_{A1.3} = 2.655 \text{ Kfz/h} < 3.025 \text{ Kfz/h}$$

Gemäß Tabelle 3-7 des HBS wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe B erreicht.

Querschnitt  $q_{A1}$  in der nachmittäglichen Spitzenstunde 16.00 –17.00 Uhr

$$\sum q_{A1.1} + q_{A1.2} + q_{A1.3} = 2.040 \text{ Kfz/h} < 3.025 \text{ Kfz/h}$$

Gemäß Tabelle 3-7 des HBS wird die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV) der Stufe B erreicht.

**9.4.11 Bemessung von Versickerungsanlagen**

**Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138**

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Mulde am Böschungsfuß Achse 505 von km 0+000 bis km 0+800  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die Richtungsfahrbahn der Autobahn inkl. der neuen Ausfahrstreifen.  
 Ab km 0+681 wird nur noch das Wasser aus dem Bereich der Böschung in die Versickerungsmulde eingeleitet.  
 Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

**Eingangsdaten**

Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_u =$	19078 m <sup>2</sup>
maximale Versickerungsfläche	$A_s =$	1600 m <sup>2</sup>
erf. Versickerungsfläche		
	Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
	Schluff	$0,20 \cdot A_u$
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f =$	0,0002 m/s
Niederschlagsbelastung	$n =$	0,1 l/a
Zuschlagsfaktor	$f_z =$	1,2

**Bemessung der Versickerungsmulde**

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{Mulde}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,08	5	418,3	253,79
0,17	10	274,9	294,08
0,25	15	215,3	308,01
0,33	20	181,1	308,85
0,50	30	141,9	288,19
0,75	45	111,3	227,27
1,00	60	93,8	146,71
1,50	90	66,9	-140,38
2,00	120	52,7	-440,87
4,00	240	37,7	-1417,72
6,00	360	29,7	-2555,36

**notwendiges Speichervolumen**

$$V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 308,85 \text{ m}^3$$

**mittlere Einstauhöhe**

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,193 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

**rechnerische Entleerungszeit**

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,5 \text{ h}$$

## Bewertung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-M 153

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Mulde am Böschungsfuß Achse 505 von km 0+000 bis km 0+800  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die Richtungsfahrbahn der Autobahn inkl. der neuen Ausfahrstreifen.  
 Ab km 0+681 wird nur noch das Wasser aus dem Bereich der Böschung in die Versickerungsmulde eingeleitet.  
 Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene Einzugsgebietsfläche	$A_E =$	26140 m <sup>2</sup> =	2,61 ha
Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_U =$	15520 m <sup>2</sup> =	1,55 ha
	Autobahn	13385 m <sup>2</sup> =	1,34 ha
	Forstweg	2135 m <sup>2</sup> =	0,21 ha
	Grünfläche bleibt unberücksichtigt (Kapitel 5.3.4)		
maximale Versickerungsfläche	$A_S =$	1600 m <sup>2</sup> =	0,16 ha

$$A_U : A_S = 10 : 1$$

Gewässer (Tabellen 1a und 1b)	Typ	Gewässerpunkte
Grundwasser außerhalb von Trinkwassereinzugsgebieten	G12	10

Flächenanteil $f_i$ (Kapitel 4)		Luft $L_i$ (Tabelle 2)		Flächen $F_i$ (Tabelle 3)		Abflussbelastung
$A_U$	$f_i$	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \times (L_i + F_i)$
1,34	0,86	L1	1	F6	35	31,05
0,21	0,14	L1	1	F3	12	1,79
$\Sigma = 1,55$	$\Sigma = 1,00$	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i =$				32,84

### Regenwasserbehandlung erforderlich, da $G < B$

maximal zulässiger Durchgangswert  $D_{max} = G / B =$  **0,30**

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen 4a, 4b und 4c)	Typ	Durchgangswert $D_i$
Versickerung durch 30 cm bewachsenen Oberboden Flächenbelastung $5 < A_U : A_S < 15 \Rightarrow$ Spalte b	D1	0,20
Durchgangswert $D =$ Produkt aller $D_i =$		0,20

Emissionswert $E = B \times D =$	6,567
----------------------------------	-------

Der Emissionswert  $E = 6,567$  ist kleiner als der Gewässerwert  $G = 10$ , womit die geplante Behandlungsmaßnahme ausreichend ist.

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

**Bezeichnung:** Mulde am linken Böschungsfuß Achse 505 von km 0+681 bis km 0+790  
**Bearbeiter:** Huhn  
**Bemerkung:** Angeschlossen ist die Ausfahrrampe mit den Fahrstreifen Rtg. CCS (bis Brücke) und Rtg. Zeppelinheim (bis km 0+860). Das Wasser des Fahrstreifens Rtg. CCS wird über Rohrleitungen der Versickerungsmulde zugeführt.  
 Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 2428 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 240 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 * A_u$
Schluff	$0,20 * A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D	$r_{D(n)}$		$V_{\text{Mulde}}$ [m <sup>3</sup> ]
	[h]	[min]	
0,08	5	418,3	31,54
0,17	10	274,9	35,53
0,25	15	215,3	36,12
0,33	20	181,1	35,02
0,50	30	141,9	29,94
0,75	45	111,3	18,45
1,00	60	93,8	4,43
1,50	90	66,9	-39,86
2,00	120	52,7	-85,88
4,00	240	37,7	-240,91
6,00	360	29,7	-416,69

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = [(A_u + A_s) * 10^{-7} * r_{D(n)} * A_s * k_f / 2] * D * 60 * f_z$$

$$= 36,12 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,150 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 * z_M / k_f$$

$$= 0,4 \text{ h}$$

## Bewertung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-M 153

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Mulde am linken Böschungsfuß Achse 505 von km 0+681 bis km 0+790  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die Ausfahrrampe mit den Fahrstreifen Rtg. CCS (bis Brücke) und Rtg. Zeppelinheim (bis km 0+860). Das Wasser des Fahrstreifens Rtg. CCS wird über Rohrleitungen der Versickerungsmulde zugeführt.  
 Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene Einzugsgebietsfläche	$A_E =$	3298 m <sup>2</sup> =	0,33 ha
Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_U =$	1996 m <sup>2</sup> =	0,20 ha
Autobahn		1996 m <sup>2</sup> =	0,20 ha
		Grünfläche bleibt unberücksichtigt (Kapitel 5.3.4)	
maximale Versickerungsfläche	$A_S =$	240 m <sup>2</sup> =	0,02 ha

$$A_U : A_S = 8 : 1$$

Gewässer (Tabellen 1a und 1b)	Typ	Gewässerpunkte
Grundwasser außerhalb von Trinkwassereinzugsgebieten	G12	10

Flächenanteil $f_i$ (Kapitel 4)		Luft $L_i$ (Tabelle 2)		Flächen $F_i$ (Tabelle 3)		Abflussbelastung
$A_{U_i}$	$f_i$	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \times (L_i + F_i)$
0,20	1,00	L1	1	F6	35	36,00
$\Sigma = 0,20$	$\Sigma = 1,00$	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i =$				36,00

### Regenwasserbehandlung erforderlich, da $G < B$

maximal zulässiger Durchgangswert  $D_{max} = G / B =$  **0,28**

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen 4a, 4b und 4c)	Typ	Durchgangswert $D_i$
Versickerung durch 30 cm bewachsenen Oberboden Flächenbelastung $5 < A_U : A_S < 15 \Rightarrow$ Spalte b	D1	0,20
Durchgangswert $D =$ Produkt aller $D_i =$		0,20

Emissionswert $E = B \times D =$	7,200
----------------------------------	-------

Der Emissionswert  $E = 7,200$  ist kleiner als der Gewässerwert  $G = 10$ , womit die geplante Behandlungsmaßnahme ausreichend ist.

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AK Frankfurt

Bezeichnung: Flächenversickerung schleifenförmige Einfahrrampe  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die schleifenförmige Einfahrrampe,  
 Versickerung erfolgt flächenhaft über die Böschung  
 Die Böschung liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_u =$	2206 m <sup>2</sup>
maximale Versickerungsfläche	$A_s =$	2322 m <sup>2</sup>
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f =$	0,0002 m/s
Niederschlagsbelastung	$n =$	0,1 1/a

### Bemessung der Versickerungsfläche

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$A_{\text{Fläche}}$ [m <sup>2</sup> ]
[h]	[min]		
0,17	10	274,9	836,30
0,25	15	215,3	605,24

notwendige Versickerungsfläche

$$A = A_u / [k_f * 10^7 / (2 * r_{D(n)}) - 1]$$

$$= 836,30 \text{ m}^2 < A_s$$

## Bewertung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-M 153

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Flächenversickerung schleifenförmige Einfahrrampe  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die schleifenförmige Einfahrrampe,  
 Versickerung erfolgt flächenhaft über die Böschung  
 Die Fläche liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene Einzugsgebietsfläche  $A_E = 3741 \text{ m}^2 = 0,37 \text{ ha}$   
 Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_U = 1277 \text{ m}^2 = 0,13 \text{ ha}$   
     Autobahn  $1277 \text{ m}^2 = 0,13 \text{ ha}$   
     Grünfläche bleibt unberücksichtigt (Kapitel 5.3.4)  
 maximale Versickerungsfläche  $A_S = 2322 \text{ m}^2 = 0,23 \text{ ha}$

$$A_U : A_S = 1 : 1$$

Gewässer (Tabellen 1a und 1b)	Typ	Gewässerpunkte
Grundwasser außerhalb von Trinkwassereinzugsgebieten	G12	10

Flächenanteil $f_i$ (Kapitel 4)		Luft $L_i$ (Tabelle 2)		Flächen $F_i$ (Tabelle 3)		Abflussbelastung
$A_U$	$f_i$	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \times (L_i + F_i)$
0,13	1,00	L1	1	F6	35	36,00
$\Sigma = 0,13$	$\Sigma = 1,00$	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i =$				36,00

### Regenwasserbehandlung erforderlich, da $G < B$

maximal zulässiger Durchgangswert  $D_{\max} = G / B = 0,28$

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen 4a, 4b und 4c)	Typ	Durchgangswert $D_i$
Versickerung durch 30 cm bewachsenen Oberboden Flächenbelastung $A_U : A_S < 5 \Rightarrow$ Spalte a	D1	0,10
Durchgangswert $D = \text{Produkt aller } D_i =$		0,10

Emissionswert $E = B \times D =$	3,600
----------------------------------	-------

Der Emissionswert  $E = 3,600$  ist kleiner als der Gewässerwert  $G = 10$ , womit die geplante Behandlungsmaßnahme ausreichend ist.

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Mulde nördlich der Zufahrtrampe L 3262  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist vor allem die Brückenfläche  
 Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 2184 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 260 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Mulde}}$ [m³]
[h]	[min]		
0,08	5	418,3	27,44
0,17	10	274,9	29,65
0,25	15	215,3	28,75
0,33	20	181,1	26,30
0,50	30	141,9	18,75
0,75	45	111,3	3,89
1,00	60	93,8	-13,29
1,50	90	66,9	-62,53
2,00	120	52,7	-113,36
4,00	240	37,7	-290,06
6,00	360	29,7	-485,78

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 29,65 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,114 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M \cdot k_f$$

$$= 0,3 \text{ h}$$

## Bewertung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-M 153

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Mulde nördlich der Zufahrtrampe L 3262  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist vor allem die Brückenfläche  
 Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene Einzugsgebietsfläche	$A_E =$	2610 m <sup>2</sup> =	0,26 ha
Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_U =$	2052 m <sup>2</sup> =	0,21 ha
Autobahn		2052 m <sup>2</sup> =	0,21 ha
		Grünfläche bleibt unberücksichtigt (Kapitel 5.3.4)	
maximale Versickerungsfläche	$A_S =$	260 m <sup>2</sup> =	0,03 ha

$$A_U : A_S = 8 : 1$$

Gewässer (Tabellen 1a und 1b)	Typ	Gewässerpunkte
Grundwasser außerhalb von Trinkwassereinzugsgebieten	G12	10

Flächenanteil $f_i$ (Kapitel 4)		Luft $L_i$ (Tabelle 2)		Flächen $F_i$ (Tabelle 3)		Abflussbelastung
$A_U$	$f_i$	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \times (L_i + F_i)$
0,21	1,00	L1	1	F6	35	36,00
$\Sigma = 0,21$	$\Sigma = 1,00$	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i =$				36,00

### Regenwasserbehandlung erforderlich, da $G < B$

maximal zulässiger Durchgangswert  $D_{max} = G / B =$  **0,28**

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen 4a, 4b und 4c)	Typ	Durchgangswert $D_i$
Versickerung durch 30 cm bewachsenen Oberboden Flächenbelastung $5 < A_U : A_S < 15 \Rightarrow$ Spalte b	D1	0,20
Durchgangswert $D =$ Produkt aller $D_i =$		0,20

Emissionwert $E = B \times D =$	7,200
---------------------------------	-------

Der Emissionwert  $E = 7,200$  ist kleiner als der Gewässerwert  $G = 10$ , womit die geplante Behandlungsmaßnahme ausreichend ist.

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Mulde südlich der Zufahrtrampe L 3262  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die Fahrbahn der Anschlussrampe L 3262 inkl. Mittelstreifen  
 Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u = 2321 \text{ m}^2$   
 maximale Versickerungsfläche  $A_s = 200 \text{ m}^2$   
 erf. Versickerungsfläche

Mittel- / Feinsand	$0,10 \cdot A_u$
Schluff	$0,20 \cdot A_u$

Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f = 0,0002 \text{ m/s}$   
 Niederschlagsbelastung  $n = 0,1 \text{ l/a}$   
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1,2$

### Bemessung der Versickerungsmulde

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{Mulde}$ [m³]
[h]	[min]		
0,08	5	418,3	30,76
0,17	10	274,9	35,50
0,25	15	215,3	37,02
0,33	20	181,1	36,94
0,50	30	141,9	34,07
0,75	45	111,3	26,11
1,00	60	93,8	15,75
1,50	90	66,9	-20,31
2,00	120	52,7	-58,01
4,00	240	37,7	-181,37
6,00	360	29,7	-324,33

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot A_s \cdot k_f / 2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$= 37,02 \text{ m}^3$$

#### mittlere Einstauhöhe

$$z_M = V / A_s$$

$$= 0,185 \text{ m}$$

$$< z_{M, \text{vorh}}$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f$$

$$= 0,5 \text{ h}$$

## Bewertung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-M 153

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Mulde südlich der Zufahrtrampe L 3262  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die Fahrbahn der Anschlussrampe L 3262 inkl. Mittelstreifen.  
 Die Mulde liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene Einzugsgebietsfläche	$A_E =$	3190 m <sup>2</sup> =	0,32 ha
Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_U =$	1881 m <sup>2</sup> =	0,19 ha
Autobahn		1881 m <sup>2</sup> =	0,19 ha
		Grünfläche bleibt unberücksichtigt (Kapitel 5.3.4)	
maximale Versickerungsfläche	$A_S =$	200 m <sup>2</sup> =	0,02 ha

$A_U : A_S = 9 : 1$

Gewässer (Tabellen 1a und 1b)	Typ	Gewässerpunkte
Grundwasser außerhalb von Trinkwassereinzugsgebieten	G12	10

Flächenanteil $f_i$ (Kapitel 4)		Luft $L_i$ (Tabelle 2)		Flächen $F_i$ (Tabelle 3)		Abflussbelastung
$A_U$	$f_i$	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \times (L_i + F_i)$
0,19	1,00	L1	1	F6	35	36,00
$\Sigma = 0,19$	$\Sigma = 1,00$	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i =$				36,00

### Regenwasserbehandlung erforderlich, da $G < B$

maximal zulässiger Durchgangswert  $D_{max} = G / B =$  **0,28**

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen 4a, 4b und 4c)	Typ	Durchgangswert $D_i$
Versickerung durch 30 cm bewachsenen Oberboden Flächenbelastung $5 < A_U : A_S < 15 \Rightarrow$ Spalte b	D1	0,20
Durchgangswert $D =$ Produkt aller $D_i =$		0,20

Emissionswert $E = B \times D =$	7,200
----------------------------------	-------

Der Emissionswert  $E = 7,200$  ist kleiner als der Gewässerwert  $G = 10$ , womit die geplante Behandlungsmaßnahme ausreichend ist.

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Versickerungsbecken südlich der Wasserschutzzone IIIb  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen sind die Fahrbahnflächen im Bereich der Wasserschutzzone IIIb, inkl. der anschließenden Böschungen, sowie die weiteren Fahrbahnflächen, die direkt in das Versickerungsbecken entwässern können.  
 Das Versickerungsbecken liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_U =$	12122 m <sup>2</sup>
maximale Versickerungsfläche	$A_S =$	875 m <sup>2</sup>
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f =$	0,0002 m/s
Niederschlagsbelastung	$n =$	0,1 a <sup>-1</sup>
Versickerungsrate	$q_s =$	5 l/(s*ha)
Zuschlagsfaktor	$f_Z =$	1,2
Einstauhöhe	$z_M =$	0,6 m
$Q_s = A_U * q_s =$		6,06 l/s = 0,0061 m <sup>3</sup> /s

### Bemessung des Versickerungsbeckens

D		$r_{D(n)}$ [l/s*ha]	$V_{\text{Becken}}$ [m <sup>3</sup> ]
[h]	[min]		
0,50	30	141,9	358,45
0,75	45	111,3	417,50
1,00	60	93,8	465,02
1,50	90	66,9	486,23
2,00	120	52,7	499,58
3,00	180	37,7	513,72
4,00	240	29,7	517,39
6,00	360	21,3	512,15
9,00	540	15,2	480,73

#### notwendiges Speichervolumen

$$V = (A_U * 10^{-3} * r_{D(n)} - Q_s) * D * 60 * f_Z$$

$$= 517,39 \text{ m}^3$$

#### notwendige Beckenfläche

$$A = V/z_M$$

$$= 862 \text{ m}^2$$

$$< A_S$$

#### rechnerische Entleerungszeit

$$t_E = 2 * z_M / k_f$$

$$= 1,7 \text{ h}$$

## Bewertung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-M 153

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Versickerungsbecken südlich der Wasserschutzzone IIIb  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen sind die Fahrbahnflächen im Bereich der Wasserschutzzone IIIb, inkl. der anschließenden Böschungen, sowie die weiteren Fahrbahnflächen, die direkt in das Versickerungsbecken entwässern können.  
 Das Versickerungsbecken liegt ausserhalb jeglicher Wasserschutzgebiete.

### Eingangsdaten

Angeschlossene Einzugsgebietsfläche	$A_E =$	14766 m <sup>2</sup> =	1,48 ha
Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_U =$	8871 m <sup>2</sup> =	0,89 ha
	Autobahn	7121 m <sup>2</sup> =	0,71 ha
	Forstweg	1751 m <sup>2</sup> =	0,18 ha
	Grünfläche bleibt unberücksichtigt (Kapitel 5.3.4)		
maximale Versickerungsfläche	$A_S =$	875 m <sup>2</sup> =	0,09 ha

$A_U : A_S = 10 : 1$

Gewässer (Tabellen 1a und 1b)	Typ	Gewässerpunkte
Grundwasser außerhalb von Trinkwassereinzugsgebieten	G12	10

Flächenanteil $f_i$ (Kapitel 4)		Luft $L_i$ (Tabelle 2)		Flächen $F_i$ (Tabelle 3)		Abflussbelastung
$A_U$	$f_i$	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \times (L_i + F_i)$
0,71	0,80	L1	1	F6	35	28,90
0,18	0,20	L1	1	F3	12	2,57
$\Sigma = 0,89$	$\Sigma = 1,00$	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i =$				31,46

### Regenwasserbehandlung erforderlich, da $G < B$

maximal zulässiger Durchgangswert  $D_{max} = G / B = 0,32$

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen 4a, 4b und 4c)	Typ	Durchgangswert $D_i$
Versickerung durch 30 cm bewachsenen Oberboden Flächenbelastung $5 < A_U : A_S < 15 \Rightarrow$ Spalte b	D1	0,20
Durchgangswert $D =$ Produkt aller $D_i =$		0,20

Emissionwert $E = B \times D =$	6,293
---------------------------------	-------

Der Emissionwert  $E = 6,293$  ist kleiner als der Gewässerwert  $G = 10$ , womit die geplante Behandlungsmaßnahme ausreichend ist.

## Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-A 138

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AK Frankfurt

Bezeichnung: Flächenversickerung Böschung Achse 625 (bzw. 606), Bau-km 0+000 bis 0+700  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die Verflechtungsfahrbahn zwischen A3 und A5, parallel zur A3.  
 Es wird breitflächig über Bankett und Böschung entwässert und versickert.  
 Die Böschung liegt innerhalb des Wasserschutzgebietes Zone IIIB.  
 Aufgrund großer Schutzwirkung aus Grundwasserüberdeckung ist die Entwässerungsmaßnahme der Stufe I zuzuordnen.

### Eingangsdaten

Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_u =$	12110 m <sup>2</sup>
maximale Versickerungsfläche	$A_s =$	10700 m <sup>2</sup>
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f =$	0,0002 m/s
Niederschlagsbelastung	$n =$	0,1 1/a

### Bemessung der Versickerungsfläche

D		$r_{D(n)}$	$A_{\text{Fläche}}$
[h]	[min]	[l/s*ha]	[m <sup>2</sup> ]
0,17	10	274,9	4591,14
0,25	15	215,3	3322,65

notwendige Versickerungsfläche

$$A = A_u / [k_f * 10^7 / (2 * r_{D(n)}) - 1]$$

$$= 4591,14 \text{ m}^2 < A_s$$

## Bewertung von Versickerungsanlagen nach ATV-DVWK-M 153

**Projekt** Ausbau Flughafen Frankfurt am Main ; AS Zeppelinheim

Bezeichnung: Flächenversickerung Böschung Achse 625 (bzw. 606), Bau-km 0+000 bis 0+700  
 Bearbeiter: Huhn  
 Bemerkung: Angeschlossen ist die Verflechtungsfahrbahn zwischen A3 und A5, parallel zur A3.  
 Es wird breitflächig über Bankett und Böschung entwässert und versickert.  
 Die Böschung liegt innerhalb des Wasserschutzgebietes Zone IIIB.  
 Aufgrund großer Schutzwirkung aus Grundwasserüberdeckung ist die Entwässerungsmaßnahme der Stufe I zuzuordnen.

### Eingangsdaten

Angeschlossene Einzugsgebietsfläche	$A_E =$	19400 m <sup>2</sup> =	1,94 ha
Angeschlossene undurchlässige Fläche	$A_U =$	7830 m <sup>2</sup> =	0,78 ha
	Autobahn	7830 m <sup>2</sup> =	0,78 ha
		Grünfläche bleibt unberücksichtigt (Kapitel 5.3.4)	
maximale Versickerungsfläche	$A_S =$	10700 m <sup>2</sup> =	1,07 ha

$$A_U : A_S = 1 : 1$$

Gewässer (Tabellen 1a und 1b)	Typ	Gewässerpunkte
Grundwasser außerhalb von Trinkwassereinzugsgebieten	G12	10

Flächenanteil $f_i$ (Kapitel 4)		Luft $L_i$ (Tabelle 2)		Flächen $F_i$ (Tabelle 3)		Abflussbelastung
$A_{U,i}$	$f_i$	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \times (L_i + F_i)$
0,78	1,00	L1	1	F6	35	36,00
$\Sigma = 0,78$	$\Sigma = 1,00$	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i =$				36,00

**Regenwasserbehandlung erforderlich, da  $G < B$**

maximal zulässiger Durchgangswert  $D_{max} = G / B = 0,28$

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen 4a, 4b und 4c)	Typ	Durchgangswert $D_i$
Versickerung durch 30 cm bewachsenen Oberboden Flächenbelastung $A_U : A_S < 5 \Rightarrow$ Spalte a	D1	0,10
Durchgangswert $D =$ Produkt aller $D_i =$		0,10
Emissionswert $E = B \times D =$		3,600

Der Emissionswert  $E = 3,600$  ist kleiner als der Gewässerwert  $G = 10$ , womit die geplante Behandlungsmaßnahme ausreichend ist.

**9.4.12 Nachweis der Rohrleitungen**

**Nachweis der Rohrleitungen**

**Mittelstreifenentwässerung der Ausfahrrampe**

Regenhäufigkeit:  $n = 0,3 \text{ a}^{-1}$  (Rohrleitung bei Mittelstreifenentwässerung)  
 Niederschlagsdauer:  $D = 10 \text{ min}$  (stärkeres Gefälle)  
 Regenspende:  $r_{10(0,3)} = 235,7 \text{ l/(s*ha)}$   
 Betriebsrauigkeit:  $k_b = 1,5 \text{ mm}$

lfd. Nr.	Achse 504		Einzugsgebietsfläche				Wassermengen				Nachweis der Rohrleitungen							
	von Schacht	bis Schacht	$\psi$	$\psi$	$\psi$	Summe $A_{red}$	$Q_r$ l/s	$Q_{zu}$ l/s	aus Zeile	$Q_{ges}$ l/s	Sohle o müNN	Sohle u müNN	Deckel o müNN	Deckel u müNN	L m	$I_s$ ‰	DN mm	$Q_{zul}$ l/s
1	25	26	132			0,012	2,80			2,80	108,77	107,17	110,90	109,31	40,0	40,0	300	196,0
2	26	27	270			0,024	5,73	2,80	1	8,53	107,17	105,57	109,31	107,52	40,0	40,0	300	196,0
3	27	Auslass	450			0,041	9,55	8,53	2	18,07	105,57	103,97	107,52	-	40,0	40,0	300	196,0

$\psi=0,9$  Fahrbahn       $\psi=0,3$  Bankett, Mulde       $\psi=0,5$  Einschnittböschung

**Entwässerung der Autobahnrichtungsfahrbahnen**

Regenhäufigkeit:  $n = 1,0 \text{ a}^{-1}$  (Entwässerung über Mulde, Rohrleitung)  
 Niederschlagsdauer:  $D = 15 \text{ min}$  (flaches Einzugsgebiet)  
 Regenspende:  $r_{15(1,0)} = 120,0 \text{ l/(s*ha)}$   
 Betriebsrauigkeit:  $k_b = 1,5 \text{ mm}$

lfd. Nr.	Achse BAB 5		Einzugsgebietsfläche				Wassermengen				Nachweis der Rohrleitungen							
	von Schacht	bis Schacht	$\psi$	$\psi$	$\psi$	Summe $A_{red}$	$Q_r$ l/s	$Q_{zu}$ l/s	aus Zeile	$Q_{ges}$ l/s	Sohle o müNN	Sohle u müNN	Deckel o müNN	Deckel u müNN	L m	$I_s$ ‰	DN mm	$Q_{zul}$ l/s
1	24	23	913	200		0,088	10,58			10,58	104,80	104,63	105,87	105,74	50,0	3,40	300	57,0
2	23	22 <sup>1)</sup>	938	175		0,090	10,76	10,58	1	21,33	104,63	104,46	105,74	105,65	50,0	3,40	300	57,0
3	22 <sup>1)</sup>	21	975	200		0,094	11,25	21,33	2	32,58	104,46	104,31	105,65	105,39	45,0	3,33	300	57,0
4	21	20	878	180		0,084	10,13	32,58	3	42,71	104,31	104,15	105,39	105,23	45,0	3,56	300	57,0
5	20	19	878	225		0,086	10,29	42,71	4	52,99	104,15	104,00	105,23	105,07	45,0	3,33	300	57,0
6	19	18 <sup>1)</sup>	878	225		0,086	10,29	52,99	5	63,28	104,00	103,84	105,07	105,18	45,0	3,56	400	123,0
7	13	14	913	225		0,089	10,67			10,67	103,24	103,19	104,08	104,16	50,0	1,00	300	31,0
8	14	15	913	225		0,089	10,67	10,67	7	21,33	103,19	103,14	104,16	104,35	50,0	1,00	300	31,0
9	15	16	913	225		0,089	10,67	21,33	8	32,00	103,14	103,09	104,35	104,55	50,0	1,00	400	66,0
10	16	17	730	180		0,071	8,53	32,00	9	40,53	103,09	103,05	104,55	104,99	40,0	1,00	400	66,0
11	17	18 <sup>1)</sup>	1170	210		0,112	13,39	40,53	10	53,92	103,05	102,99	104,99	105,18	60,0	1,00	400	66,0
12	18 <sup>1)</sup>	6	878	158		0,084	10,04	117,20	6+11	127,24	102,99	102,90	105,18	105,00	48,0	1,87	500	169,0
13	12	11	913	175		0,087	10,49			10,49	103,32	103,25	104,18	104,13	50,0	1,40	300	37,0
14	11	10	913	175		0,087	10,49	10,49	13	20,97	103,25	103,18	104,13	104,21	50,0	1,40	300	37,0
15	10	9	913	175		0,087	10,49	20,97	14	31,46	103,18	103,11	104,21	104,40	50,0	1,40	300	37,0
16	9	8	913	175		0,087	10,49	31,46	15	41,94	103,11	103,04	104,40	104,56	50,0	1,40	400	79,0
17	8	7	913	175		0,087	10,49	41,94	16	52,43	103,04	102,97	104,56	104,80	50,0	1,40	400	79,0
18	7	6	913	175		0,087	10,49	52,43	17	62,91	102,97	102,90	104,80	105,00	50,0	1,40	400	79,0
19	6	5	913	175		0,087	10,49	190,15	12+18	200,64	102,90	102,85	105,00	105,20	50,0	1,00	700 <sup>2)</sup>	289,0
20	5	4	913	175		0,087	10,49	200,64	19	211,12	102,85	102,80	105,20	105,40	50,0	1,00	700 <sup>2)</sup>	289,0
21	4	3	1031	193		0,099	11,83	211,12	20	222,95	102,80	102,74	105,40	105,60	55,0	1,09	700 <sup>2)</sup>	289,0
22	3	2	1073	193		0,102	12,28	222,95	21	235,23	102,74	102,69	105,60	105,00	55,0	0,91	700 <sup>2)</sup>	289,0
23	2	1	975	175		0,093	11,16	235,23	22	246,39	102,69	102,63	105,00	-	60,0	1,00	700 <sup>2)</sup>	289,0

vorhandene Rohrleitung / vorhandener Schacht, unverändert in Entwässerung integriert

- 1) gegenüber vorhandenem Schacht leicht versetzt
- 2) vorhandene Rohre DN 600 auswechseln

$\psi=0,9$  Fahrbahn       $\psi=0,3$  Bankett, Mulde       $\psi=0,5$  Einschnittböschung



**Nachweis der Rohrleitungen**

Entwässerung der Verbindungsrampe von der BAB 3 zur BAB 5

Regenhäufigkeit:  $n = 1,0 \text{ a}^{-1}$  (Entwässerung über Mulde, Rohrleitung)  
 Niederschlagsdauer:  $D = 15 \text{ min}$  (flaches Einzugsgebiet)  
 Regenspende:  $r_{15(1,0)} = 120,0 \text{ l(s}^2\text{ha)}$   
 Betriebsrauigkeit:  $k_b = 1,5 \text{ mm}$

Idf. Nr.	Achse 202		Einzugsgebietsfläche				Wassermengen				Nachweis der Rohrleitungen								
	von Station	bis Station	$\psi$ 0,9	$\psi$ 0,3	$\psi$ 0,5	Summe $A_{\text{Zug}}$	$Q_i$ l/s	$Q_{\text{zu}}$ l/s	aus Zelle	$Q_{\text{ges}}$ l/s	Sohle o müNN	Sohle u müNN	Deckel o müNN	Deckel u müNN	L m	$I_{\text{so}}$ ‰	DN mm	$Q_{\text{zul}}$ l/s	
1	0+700 <sup>1)</sup>	0+800 <sup>1)</sup>	1000	325	250	0,112	13,47			13,47									
2	0+800 <sup>1)</sup>	0+891 <sup>1)</sup>	910	273	91	0,095	11,26	13,47	1	24,83									
3	0+000	0+100	1375	300	300	0,148	17,73	24,83	2	42,56									
4	0+100	0+200	2975	300	650	0,309	37,11	42,56	3	79,67									
5	0+200	0+300	2625	300	675	0,279	33,48	79,67	4	113,15									
6	0+300	0+400	2575	300	675	0,275	32,94	113,15	5	146,09									
7	0+400	0+500	2575	300	700	0,276	33,09	146,09	6	179,18									
8	0+500	0+600	2575	300	750	0,278	33,39	179,18	7	212,57									
9	0+600	0+700	2575	300	700	0,276	33,09	212,57	8	245,66									
10	0+700	0+800	2575	300	700	0,276	33,09	245,66	9	278,75									
11	0+800	0+830	792	32	74	0,076	9,10	278,75	10	287,85									
12	0+830	0+948	3039	354	885	0,328	39,40	287,85	11	327,25									
13	0+948	1+064	2987	348	812	0,320	38,38	327,25	12	365,63									
14	1+064	1+181	3013	351	819	0,323	38,72	365,63	13	404,35									
15	1+181	1+291	2833	9	546	0,282	33,90	404,35	14	438,25									
16	1+291	1+391	2650	300	0	0,248	29,70	438,25	15	467,95									

<sup>1)</sup> Achse 606       $\psi=0,9$  Fahrbahn       $\psi=0,3$  Bankett, Mulde       $\psi=0,5$  Einschnittböschung