

Die Zusammenfassungen sind teilweise stark veraltet (Vorlesungsinhalte aus vergangenen Semestern, alte Normen...) und sollten lediglich als Hilfestellung zum Verfassen eigener Zusammenfassungen dienen.

Mobilität und Infrastruktur

Formelsammlung

Jonathan Walter

03. September 2020

Diese Zusammenfassung wurde im SS 2012 von
Jan Höffgen
auf des Basis des Bachelor-Moduls
Mobilität und Infrastruktur
und der gültigen Regelwerke erstellt und von
Jonathan Walter
im SS 2020 überarbeitet.

Kein Anspruch auf Vollständigkeit oder Fehlerfreiheit.

Inhaltsverzeichnis

1 Bemessungsgrundlagen im Straßenwesen	2
1.1 Fahrdynamik	2
1.2 Entwurfsmethodik	3
1.3 Berechnung von Klothoiden	3
1.4 Krümmungsband	4
1.5 Ausrundungen	4
1.6 Rampenband	4
1.7 Kontrolle der Trassierung	5
1.8 Bodenklassifizierung	5
1.9 Proctorversuch	5
1.10 Statischer Plattendruckversuch	6
1.11 Bauklassen	6
1.12 Frost	6
1.13 Bauweisen und Schichtdicken	6
1.14 Asphaltprüfung	6
2 Verkehrswesen	7
2.1 Nachfragematrix	7
2.2 Verkehrsmittelwahl	7
2.3 Umlegung	8
2.4 Stoßwellen	8
2.5 Lichtsignalanlage	8
2.6 Vorfahrtsregelung (Brilon-Großmann)	9
3 Raumplanung und Planungsrecht	9
3.1 Maß der Baulichen Nutzung	9
3.2 Abstandsflächen	10
3.2.1 Traufseite	10
3.2.2 Giebelseite	10
3.3 Erschließungskosten - Verteilung	10
3.4 Lärm	11
3.5 Entwässerung	11
3.6 Baufläche	11

1 Bemessungsgrundlagen im Straßenwesen

1.1 Fahrdynamik

- Von einem Rad zu übertragende Kraft

– tangential (Umfangskraft): $U = f_T \cdot P \Rightarrow f_T = \frac{U}{P} = \frac{a}{g}$

– radial (Seitenkraft): $S = f_R \cdot P \Rightarrow f_R = \frac{S}{P} = \frac{v^2}{g \cdot R} - q$

P: Radlast, a: Beschleunigung, R: Kurvenradius

- Zur Kraftübertragung ist Schlupf notwendig

– Antriebsschlupf: $\zeta_A = \frac{r \cdot \omega - v}{r \cdot \omega}$

– Bremschlupf: $\zeta_B = \frac{v - r \cdot \omega}{r \cdot \omega}$

– Kraftschlussbeiwert wird bei 20% Schlupf maximal, bei 100% Schlupf zu μ_G (Bemessung)

- $\mu_G = \max f_T = 0,241 \cdot \left(\frac{V}{100}\right)^2 - 0,721 \cdot \left(\frac{V}{100}\right) + 0,708$

- $\max f_R = 0,925 \cdot \max f_T$

- $\text{zul} f_R = n \cdot 0,925 \cdot \max f_T$

– Bemessung: $n = 0.5$

- Fahrdynamische Grundgleichung: $\frac{v^2}{R \cdot g} = f_R + q$

– Für $q \geq 10\%$: $\frac{v^2}{R \cdot g} = \frac{f_R + q}{1 - f_R \cdot q}$

- $\min R = \frac{V^2}{3,6^2 g (\text{zul} f_R + q_{max})}$

1.2 Entwurfsmethodik

1. Ermittlung der Verbindungsfunktion aufgrund der Straßenkategorie und der Zentralitätsstufe (SE 3-10 f)
2. Bestimmung der Entwurfsklasse gemäß der Verbindungsfunktion
3. Bestimmung von Entwurfs- und Betriebsmerkmalen
 - Plan. ang. Geschw., Betriebsform, QS, ges. Überholabschnitte, Radverkehr, Radienbereich, max s , HK (SE 5-3)
 - min L (SE 5-8)
 - angestrebte Geschwindigkeit (SE 3-7)
4. Iterative Trassierung nach obigen Randbedingungen

1.3 Berechnung von Klothoiden

- Einfache Klothoide

1. Messen der Abrückung ΔR
2. Berechnung der Klothoidenlänge: $\Delta R \cong \frac{L_{Kl}^2}{24R}$
3. Berechnung des Klothoidenparameters: $A = \sqrt{L_{Kl} \cdot R}$
4. Übergang in Kreisbogen in P mit $X_P = \int_0^L \cos \frac{L^2}{2R^2} dL \cong L_{Kl}$, $Y_P = \int_0^L \sin \frac{L^2}{2R^2} dL \cong \frac{L_{Kl}^2}{6R}$
5. Winkeländerung: $\tau[rad] = \frac{L_{Kl}}{2 \cdot R}$, $\tau[gon] = \frac{L_{Kl}}{2 \cdot R} \cdot \frac{200}{\pi}$

- Wendeklothoide

1. Vorgehen
 - Messen des kleinsten Abstands D
 - Berechnen des Radienverhältnisses $\frac{R_k}{R_g}$
 - Berechnung von $\frac{D}{R_g}$
 - Ablesen $\frac{A}{R_g}$ (SE 5-16)
 - Bei unsymmetrischen Wendelinien: A_w bestimmen (s.o.), A_k wählen, $\frac{A_g}{A_w}$ ablesen (SE 5-19)
2. Vorgehen
 - A auswählen
 - $\frac{R_k}{R_g}$ bestimmen
 - $\frac{A}{R_g}$ bestimmen
 - ablesen von $\frac{D}{R_g}$
 - D berechnen

- Eiklothoide

- Bestimmung der Parameter wie beider Wendeklothoide, Ablesen von $\frac{A}{R_g}$ (SE 5-18)
- $L_{Ei} = A^2 \left(\frac{1}{R_k} - \frac{1}{R_g} \right)$, Winkeländerung $\tau_{Ei} = \frac{1}{2} A^2 \left(\frac{1}{R_k^2} - \frac{1}{R_g^2} \right) \geq 3.5 \text{gon}$

1.4 Krümmungsband

- Bereiche konstanter Krümmung definieren: Gerade: $K = 0$, Kreisbogen: $K = \frac{1000}{R}$
 - explizit berechnen $K = \frac{1}{R}$
- Klothoiden: lineare Krümmungsänderung
 - Einfache oder symmetrische Klothoiden: direkte Verbindung der Anfangs-/Endpunkte
 - Unsymmetrische Wendeklothoiden: jeweils Wendepunkt mit Anfang/Ende der konst. Krümmung verbinden

1.5 Ausrundungen

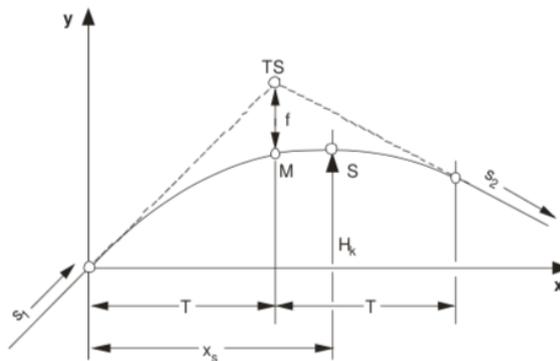


Abbildung 1: Kuppe

- Kuppe: $m = s_2 - s_1$ negativ, Wanne: m positiv; Halbmesser entsprechend
- “Wendepunkt über Wendepunkt”: Beginn/Ende der Aufrundung am besten über Wendepunkten im Lageplan (Nulldurchgänge im Krümmungsband)
 - Halbmesser abschätzen, Grenzwerte beachten (SE 5-32)
 - Tangentenlängen berechnen: $T = \frac{H}{2} \cdot \frac{s_2 - s_1}{100}$ (iterativ)
 - Stichmaß: $f = \frac{T^2}{2H} = \frac{T}{4} \cdot \frac{s_2 - s_1}{100} = \frac{H}{8} \cdot \left(\frac{s_2 - s_1}{100}\right)^2$
 - Höhe der Gradienten: $y(x) = \frac{s_1}{100} \cdot x + \frac{x^2}{2H}$
 - Längsneigung: $s(x) = s_1 + \frac{x}{H} \cdot 100$
 - Scheitelpunkt: $s(x_S) \equiv 0 \rightarrow x_S, y(x_S) \rightarrow y_S$
 - Lage des Scheitelpunktes $x_S = -\frac{s_1}{100}H$

1.6 Rampenband

- Bestimmung der Querneigungen aufgrund der Radien (SE 5-50)
- Bestimmung des Regelquerschnitts $\rightarrow b, a$
- Bestimmung der Höhendifferenz der Fahrbahnränder (konstante Krümmung): $\Delta h = q \cdot a$
- Anrampungsneigung: $\Delta s = \frac{\Delta h \cdot 100}{L_v} = \frac{q_e - q_a}{L_v} \cdot a$ (SE 5-52)
- Wenn $\min \Delta s$ unterschritten: geteilte Verwindung:

$$L_v(q_{\min}) = \frac{\min q_e - \min q_a}{\min \Delta s} \cdot a \quad (= \frac{2,5-0}{0,1a} \cdot a = 25 \text{ m für } a = \frac{b}{2})$$

$$L_{\min} = \frac{q_e - q_a}{\max \Delta s} a$$

1.7 Kontrolle der Trassierung

- Lageplan
 - Verhältnis Länge einer Geraden zum Radius eines Kreisbogens (SE 5-8), $\max l_G = 1500m$
 - Radienbereiche und Mindestlängen der Kreisbögen (SE 5-9)
 - Verhältnis aufeinanderfolgender Kreisbögen (SE 5-10)
 - Klothoidenparameter: $\frac{R}{3} \leq A \leq R$
 - Parameterverhältnis bei Wendeklothoiden: $A_1 \leq 1.5A_2$ (SE 5-21)
 - Zwischengerade in Wendelinie: $L_Z \leq 0,08(A_1 + A_2)$ (SE 5-16)
 - Keine Geraden zwischen zwei gleichgesinnten Kreisbögen, sondern großen Kreisbogen
 - Geradenlänge: $\max L_G = 1500m$, $\min L_G = 1,5R_k$, $1,5 \leq \frac{R}{L} \leq 2,5$ (SE 5-6f)
- Höhenplan
 - Höchstängsneigungen (SE 5-28)
 - Halbmesser und Tangentenlängen (SE 5-32)
- Querschnitt
 - Schrägneigung: $p = \sqrt{s^2 + q^2} \geq 0.5\%$ (SE 5-51)
 - $\max \Delta s, \min \Delta s$ (SE 5-53)
 - $s - \Delta s > 0,4$

1.8 Bodenklassifizierung

- Bestimmung der Korngrößenanteile $\leq 0,063\text{ mm} \leq 2\text{ mm} \Rightarrow$ Einteilung in Gruppen (SB 2-3f)
- Grobkörnige Böden
 1. Ablesen der Durchgänge d_{10}, d_{30}, d_{60}
 2. Berechnung von Ungleichförmigkeitszahl: $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$, Krümmungszahl: $C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}}$
 - Eng gestuft: $C_u < 6$ (Schlechte Korn-zu-Korn-Abstützung, schlechte Tragfähigkeit)
 - Weit gestuft: $C_u > 6$; $1 \leq C_c \leq 3$ (Gute KzK-Abstützung, vglw. gute Tragfähigkeit)
 - Intermittierend gestuft: $C_u > 6$; $1 \geq C_c$ o. $C_c \geq 3$ (Gute Abstützung, gut verdichtbar)
- Feinkörnige Böden
 - Bestimmung der Ausrollgrenze w_P und Fließgrenze w_L
 - Berechnung der Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$
 - Klassifizierung durch Plastizitätsdiagramm (SB 2-7)

1.9 Proctorversuch

- Mind. fünf w/ρ_d -Punkte einzeichnen und verbinden
- Scheitelpunkt: optimale Verdichtbarkeit (= Proctordichte ρ_{Pr}) bei w_{Pr}
- Sättigungslinie: $\rho_d = \frac{\rho_s}{1 + \frac{w \cdot \rho_s}{\rho_w \cdot S_r}}$ für drei Wassergehalte berechnen ($S_r \equiv 1.0$) und verbinden
- Verdichtungsgrad nach TP Asphalt-StB (SBT 4-31): $k = \frac{\rho_{b,c}}{\rho_{b,i}} 100$
 - Nach ZTV Asphalt-StB $k \geq 98\%$ (für AC 5 DL nur 97%)
- Verdichtungsgrad: $D_{Pr} = \frac{\rho_d}{\rho_{Pr}} 100$ mit Anforderungen abgleichen (SBT 2-19)
- Trockenrohdichte: $\rho_d = \frac{m_d}{v}$
- Wassergehalt: $w = \frac{m_w}{m_d}$

1.10 Statischer Plattendruckversuch

- Bestimmung der Koeffizienten der Drucksetzungslinien
- Berechnung der Verformungsmoduln: $E_v = 1.5 \cdot r \cdot \frac{1}{a_1 + a_2 \cdot \sigma_{0,\max}}$
- Kontrolle von E_{v2} und $\frac{E_{v2}}{E_{v1}}$ (SB 2-24)

1.11 Bauklassen

1. $DTV, DTV^{(SV)}$ aus Entwurfsklasse oder gegeben
2. Konstanten ($f_1, f_2, f_3, f_A, q_{Bm}$) gemäß Randbedingungen ablesen (SB 3-4f)
3. $f_Z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N}$ für $p_1 = 0$, $f_Z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N} \cdot (1+p)$ für $p_1 \neq 0$
 - $p_1 = 0 \rightarrow$ keine Zunahme des Schwerverkehrs im ersten Jahr
4. $DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \cdot f_A$
5. $B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_Z \cdot 365 \text{ d}$ [äq. 10t-Aü] für konst. Koeff. je Teilzeitraum
6. Bauklasse ablesen (SB 3-8)
 - Falls detaillierte Achslasten vorliegen: $DTA^{(SV)}$ ersetzen durch $EDTA^{(SV)} = \sum_k \left(DTA_{(i-1)k}^{(SV)} \cdot \left(\frac{L_k}{10t} \right)^4 \right)$

1.12 Frost

- Frostempfindlichkeit: Einstufung nach der Bodengruppe (SB 2-11)
- Frosteinwirkungszone (SB 2-12)
- Frostschutzschichten müssen neben der Frostunempfindlichkeit Anforderungen an die Sieblinie erfüllen (SA 3)
- Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus: Ausgangswert zzgl. Mehr-/Minderdicken (SB 3-11f)
 - Wenn vorhandener Boden F1, als Frostschutzschicht geeignet und entsprechend dick: Frostschutzschicht kann entfallen
 - Wenn vorhandener Boden F1, aber nicht als Frostschutzschicht geeignet: als F2 ansetzen

1.13 Bauweisen und Schichtdicken

- Bauweise wählen und gemäß der BKL einzelne Schichtdicken bestimmen (SB 3-14ff)

1.14 Asphaltprüfung

- Asphalt-dichte: $\rho_m = \frac{100}{\frac{r}{\rho_r} + \frac{B}{\rho_{25}}} = \frac{m_2 - m_1}{V_{Pt} - \frac{m_3 - m_2}{\rho_w}}$ (SB 4-25), $\rho_m = \frac{\rho_{bi}}{1 - \frac{\rho_{bi}}{V}}$
 - $r = 100 - B[\%]$
 - $\rho_{bi} = \rho_{b,MPK}$ = Dichte des Marshall Probekörpers
- Raum-dichte Gussasphaltprobe (Trockenwiegen (1), Wiegen in Wasser (2)): $\rho_{b, dry} = \frac{\rho_w \cdot m_1}{m_1 - m_2}$
- Raum-dichte Asphaltbeton für Deck- Binder- & Tragdeckschichten (Trockenwiegen (1), Wiegen in Wasser (2), Wiegen der abgetupften Probe (3)): $\rho_{b, ssd} = \frac{\rho_w \cdot m_1}{m_3 - m_2}$
- Raum-dichte offenporiger Asphalt und Asphaltbeton für Asphalttragschichten: $\rho_{b, dim} = \frac{m_1}{V} \cdot 10^3$ (SB 4-26f)
- Hohlraumgehalt: $V_H = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_m}\right) \cdot 100$ (SB 4-27)
- fiktiver Hohlraumgehalt: $VMA = V_H + B[\%] \cdot \frac{\rho_b}{\rho_{25}}$ (SB4-29)

- $VFB = \frac{B \cdot \rho_b}{VMA} \cdot 100 = \frac{B_v}{VMA} \cdot 100 = \left(1 - \frac{V_H}{VMA}\right) \cdot 100$ (SB 4-30)
- Verdichtungsgrad: $k = \frac{\rho_{b,Probe}}{\rho_{b,MPK}} \cdot 100 = \frac{100 - V_{H,Probe}}{100 - V_{H,MPK}} \cdot 100$
- Optimalen Hohlraumgehalt bestimmen: Scheitelpunkt der Kurve von VMA in Abhängigkeit des Bindemittelgehalts
- Grenzwerte
 - Asphalttragschicht: SB 4-13
 - Asphaltbinderschicht: SB 4-15
 - Asphaltdeckschicht: SB 4-17 (Asphaltbeton), SB 4-18 (Splittmastixasphalt), SB 4-20 (Offenporiger Asphalt), SB 4-21 (Gussasphalt)
 - Asphalttragdeckschicht: SB 4-22
 - Eingebaute Schicht: 6-7% (SB 4-29)

2 Verkehrswesen

2.1 Nachfragematrix

1. Quellverkehr einer Zelle: $Q_i = \sum_j a_j x_{ij}$
 - x_{ij} : Strukturdaten (Anzahl Erwerbstätige, Wohnbevölkerung...)
 - a_j : zuvor bestimmte Koeffizienten
2. Attraktivität / Zielverkehr einer Zelle: $A_i = b_0 + \sum_j b_j y_{ij}$
3. Quellseitig gekoppeltes Verkehrsverteilungsmodell: $F_{ij} = Q_i \frac{A_j \cdot f(w_{ij})}{\sum_j A_j \cdot f(w_{ij})}$
 - Nutzenmaximierungsmodell: $f(w_{ij}) = e^{\alpha w_{ij}}$
 - Gravitationsmodell: $f(w_{ij}) = w_{ij}^\alpha$
 - w_{ij} : gegebener Widerstand
- Quelle-Ziel gekoppeltes Verteilungsmodell: abwechselnd iterativ F_{ij} nach Quell- und Zielverkehr bestimmen, bis sowohl der Zielverkehr als auch der Quellverkehr einer Zelle den berechneten Werten entsprechen.
- Werte mit Verhältnis soll/ist anpassen

2.2 Verkehrsmittelwahl

- Aufteilung in homogene Bevölkerungsgruppen
- Nutzenfunktion: $V_{gm} = p_{0gm} + p_{1gm} \cdot T_{gm} + p_{2gm} \cdot K_{gm} + p_{3gm} \cdot Z_{gm}$
 - T: Fahrtzeit
 - K: Kosten
 - Z: Zugangszeit + Abgangszeit
- Anteil des Modus j in der jeweiligen Personengruppe (Logit-Modell): $P_j = \frac{e^{V_j}}{\sum_i e^{V_i}}$
- Alternative (Kirchhoff-Modell): $P_j = \frac{V_j^\beta}{\sum_i V_i^\beta}$
 - P_{ij} : Auswahlwahrscheinlichkeit für Alternative j, V_j Nutzen Alternative j
- Modal Split: $MS_i = \frac{V_i}{\sum_j V_j}$ mit $\sum_j V_j$: Fahrten insgesamt
- Anzahl Fahrten: $v_i = P_j v_j$

2.3 Umlegung

- Fahrzeit auf einer Route mit CR- (BPR-Funktion): $t_{akt} = t_0 \left(1 + a \left(\frac{q}{K_{ap}} \right)^b \right)$
- Dijkstra-Algorithmus
 1. Beginnen am Startpunkt mit $w = 0$
 2. Für alle Knoten, die direkt vom Startpunkt aus erreicht werden, Widerstand und Vorgänger notieren
 3. Knoten mit dem geringsten Widerstand wählen und für jeden direkt erreichbaren Knoten Widerstand $w_j = w_i + w_{ij}$ sowie Vorgänger notieren, falls neuer Widerstand kleiner ist als der bisherige
 4. Für jeden Knoten durchführen
 5. Weg mit dem geringsten Widerstand vom Start zu jedem Knoten ablesbar
- Sukzessivumlegung: Dijkstra-Algorithmus mit kleiner werdenden Anteilen am Gesamtverkehr durchführen und nach jedem Schritt neue Widerstände berechnen

2.4 Stoßwellen

- Belastung: $q = k \cdot v$
- Verkehrsdichte: $k = \frac{q}{v}$
- Bruttoabstand $a = \frac{1}{k}$
- Ausbreitungsgeschwindigkeit: $u = \frac{\Delta q}{\Delta k} = \frac{q_2 - q_1}{k_2 - k_1}$ (i. d. R. negativ)

2.5 Lichtsignalanlage

1. Ermittlung der Phasen ([bedingt] verträgliche Ströme zusammenfassen) und der maßgebenden Ströme
2. Überschlägige Berechnung der Umlaufzeit: $t_u = \frac{\sum_i t_{z,i}}{1 - \frac{1,2 \sum q_{mas}}{qs}}$
3. Zwischenzeitmatrix: Spalte: räumende Ströme, Zeile: einfahrende Ströme
 - Verträgliche Ströme benötigen keine Zwischenzeit
 - Bedingt verträgliche Ströme mit Kreis kennzeichnen
 - $t_z = t_{\ddot{u}} + t_r - t_e \Rightarrow$ aufrunden auf ganze Sekunden

Verkehrsstrom	Fahrmanöver	$T_{\ddot{u}}$	T_r	T_e
Kraftfahrzeuge ($FL = 6$ m)	Geradeaus	3 s	$= \frac{FL + S_0}{10 \text{ m/s}}$	$= \frac{S_e}{11,11 \text{ m/s}}$
	Abbiegen	2 s	$= \frac{FL + S_0}{7 \text{ m/s}}$	
Radfahrer		1 s	$= \frac{S_0}{4 \text{ m/s}}$	$= \frac{S_e}{5 \text{ m/s}}$
Fußgänger		0 s	$= \frac{S_0}{1,2 \text{ m/s}}$	0

- FL : Fahrzeuglänge
- S_0 : Räumweg
- S_e : Einfahrweg
- $T_{\ddot{u}}$ für Räumende Kfz

4. Phasenfolge wählen: Abfolge mit den geringsten Zwischenzeiten zwischen maßgebenden Strömen
5. Umlaufzeit berechnen mit den ermittelten Zwischenzeiten
6. Berechnen der Mindestgrünzeiten / Freigabezeit: $t_{gr,i} = (t_u - \sum t_{z,mas}) \frac{q_{i,mas}}{\sum q_{mas}}$
 - Mindestgrünzeiten beachten
 - ggf. aufrunden *rightarrow* Summe Prüfen
7. Signalplan: Beginnen mit den maßgebenden Strömen

2.6 Vorfahrtsregelung (Brilon-Großmann)

- Bestimmung der Ränge der einzelnen Ströme (Folie 15)
- Bemessungsverkehrsstärke: Umrechnen der Nebenströme von $\frac{Kfz}{h}$ in $\frac{Pkw-E}{h}$ [allg. Faktor 1.1]

Rad	Krad	Pkw	Lkw	Lz	Fz
0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	1,1

Radfahrer im Mischverkehr auf der Fahrbahn

Wenn keine Werte über die Verkehrszusammensetzung gegeben sind, dann Fz

- Bestimmung des maßgebenden Hauptstroms q_P je Nebenstrom
- Bestimmung der Grundleistungsfähigkeit

Nebenstrom	Nr.	Grenzzeitlücke t_g [s]	Folgezeitlücke t_f [s] Zeichen 205 StVO	Folgezeitlücke t_f [s] Zeichen 206 StVO
Linksabbiegen von der Hauptstraße	1	5,5	2,8	2,8
	7			
Rechtseinbiegen aus der Nebenstraße	6	5,9	3,0	3,9
	11			
Kreuzen aus der Nebenstraße	5	6,7	3,3	3,8
	11			
Linkseinbiegen aus der Nebenstraße	4	6,5	3,2	3,8
	10			
Kreuzen und Linkseinbiegen aus der Nebenstraße bei Einbahnstraße in der Hauptstraße	4	5,6	3,2	3,8
	5			
	11			
	10			

- Berechnen: $G_n = \frac{3600}{t_f} \cdot \exp\left(-\frac{q_p}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2}\right)\right)$

- Maximale Leistungsfähigkeit L

- Rang 2: $L_n = G_n = C_n$
- Rang 3: Berechnen der Wahrscheinlichkeit des rückstaufreien Zustand der übergeordneten Ströme:
 $p_{0,n} = 1 - \frac{q_n}{L_n} \rightarrow L = p_{0,n} \cdot G$
- Rang 4: entsprechend

- Leistungsfähigkeit einer Mischspur: $b_n = \frac{q_n}{q_m} \rightarrow L_m = \frac{\sum_i q_i}{\sum_i x_i}$ mit $x_i = \frac{q_i}{C_i}$

- q_i : vorhandene Verkehrsstärke Nebenstrom
- $x_i = \frac{q_n}{G_n}$: Sättigungsgrad Nebenstrom

- Leistungsreserve / Kapazitätsreserve: $R_n = L_n - q_n \left[\frac{Pkw-E}{h}\right]$

- $R > 100$: Knoten funktioniert, $R < 0$: Knoten funktioniert nicht

- Wartezeit: $w_n = \frac{3600}{R_n}$

- Qualitätsstufen: Folie 34

3 Raumplanung und Planungsrecht

3.1 Maß der Baulichen Nutzung

- Grundflächenzahl: $GRZ = \frac{GR}{FB}$
 - GR : Grundfläche des Gebäudes
 - FB : Baugrundstücksfläche

- Geschossflächenzahl: $GFZ = \frac{GF}{FB}$
 - GF : Geschossfläche des Gebäudes
- Baumassenzahl: $BMZ = \frac{BM}{FB}$
 - BM : Baumasse

3.2 Abstandsflächen

- Tiefe der Abstandsfläche: $T = M(H_{AW} + H_d)$
 - mit M : Multiplikator (baugebtsabhängig), H_{AW} : Höhe der Außenwand, H_d : Höhe des Daches
 - Dachhöhe H_d wird auf Wandhöhe aufgerechnet:
 - * Dachneigung bis $45^\circ \rightarrow$ nicht (flache Dachneigung)
 - * Dachneigung von $45^\circ - 70^\circ \rightarrow$ zu $\frac{1}{4}$ (mittlere Dachneigung)
 - * Dachneigung größer $70^\circ \rightarrow$ voll (steile Dachneigung)
 - Giebelhöhe H_G wird auf Wandhöhe aufgerechnet:
 - * Dachneigung bis $45^\circ \rightarrow$ nicht
 - * Dachneigung größer $45^\circ \rightarrow$ Flächenrelationsmethode (i.d.R. $\frac{1}{4}$)
 - Mindesttiefe:
 - * 2,0 m bei Wänden bis 5,0 m Breite
 - * 2,5 m bei Wänden über 5,0 m Breite
- Breite der Abstandsfläche: gleich der Breite der jeweiligen Außenwand

3.2.1 Traufseite

flach geneigtes Dach ($< 45^\circ$)	$T = 0,4 \cdot H_{AW}$
mittel geneigtes Dach ($45^\circ - 70^\circ$)	$T = 0,4 \cdot (H_{AW} + \frac{1}{4}H_d)$
steil geneigtes Dach ($> 70^\circ$)	$T = 0,4 \cdot (H_{AW} + H_d)$

3.2.2 Giebelseite

flach geneigter Giebel ($< 45^\circ$)	$T = 0,4 \cdot H_{AW}$
mittel und steil geneigtes Dach ($> 45^\circ$)	$T = 0,4 \cdot (H_{AW} + (H_G \cdot \frac{1}{2}FRM))$

- Flächenrelationsmethode (FRM)
 - $FRM = \frac{\text{Fläche des Giebels}}{\text{Fläche umrandendes Rechteck}}$

3.3 Erschließungskosten - Verteilung

Verteilung nach Art und Maß der Baulichen Nutzung

$$KE_i = KE \cdot \frac{a_i \cdot FB_i}{\sum_j (a_j \cdot FB_j)}$$

mit:

- KE_i : Erschließungsbeitrag für Grundstück i
- KE : beitragsfähiger Erschließungsaufwand, gekürzt um Gemeindeanteil
- a_i : wählbarer Beiwert zur Berücksichtigung der Art der baulichen und sonstigen Nutzung des Grundstückes

3.4 Lärm

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg(n) + L_1$$

Grenzwerte:

Krankenhäuser	45/35 dB (A) t/n
Reine Wohngebiete	50/35 dB (A) t/n
Allg. Wohngebiete	55/40 dB (A) t/n
Mischgebiete	60/45 dB (A) t/n
Urbanes Gebiet	63/48 dB (A) t/n
Gewerbegebiete	65/50 dB (A) t/n
Industriegebiete	70/70 dB (A) t/n

3.5 Entwässerung

- Entw. relevante $q_m = q_m \psi$, ψ : Abflussbeiwert

3.6 Baufläche

- Nettobaufläche = 80 – 90% der Bruttobaufläche
- $NGF = BGF - KGF$
 $\rightarrow NGF \approx 0,8 \cdot BGF$
- Annahmen
 - 40 – 45 m² $\frac{WF}{EW}$
 - Innere Erschließung $\approx 15\%$
 - $GFZ \approx 0,3 - 0,4$ für Einfamilienhaus/ $\approx 0,75 - 0,8$ für Mehrfamilienhaus
- Siedlungsdichte: Ges. EW/Ges. Baufläche
- im Bebauungsplan

Art d. Baulichen Nutzung	WB	III	Anzahl Vollgeschosse
GRZ	0,6	1,5	GFZ
Bauweise	o		

- o: offene Bauweise
- g: geschlossene Bauweise
- s sonstige Bauweise

---•--- Baugrenze (blau); -•-•- Baulinie (rot)