Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel

Nicole Leemann

IVT
ETH
Zürich

März 2010

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Institute for Transport Planning and Systems

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Forschungsauftrag
Ablauf

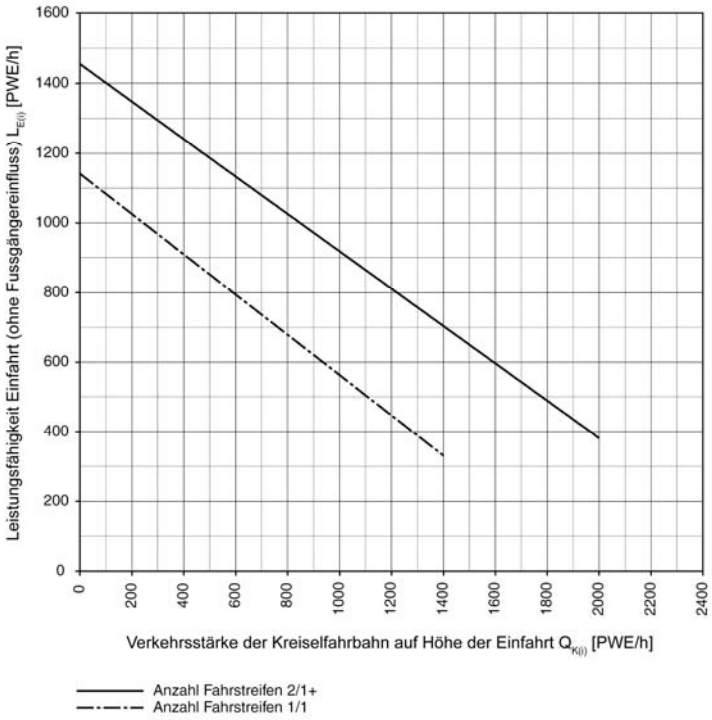
- Forschungsauftrag
- Grundlagen
- Leistungsfähigkeit Einfahrten
- Leistungsfähigkeit Ausfahrten
- Unfallgeschehen

Forschungsauftrag
Ausgangslage

- Zunehmende Anzahl zweistreifiger Kreisel in der Schweiz

- Bemessungszusammenhang nur für Typ 1/1 und 2/1+ (SN 640 024a „Knoten mit Kreisverkehr“)

- Unklarheiten über Unfall-geschehen bei zweistreifigen Kreiseln



Forschungsauftrag
Ziele

- Leistungsfähigkeit Einfahrt zweistreifiger Kreisel
  - Gesamtleistungsfähigkeit (ohne Fussgängereinfluss)
  - Einfluss Aussendurchmesser
  - Einfluss Fussgänger
  - Einfluss FS-Signalisation
- Leistungsfähigkeit der Ausfahrten
- Zweckmässigkeit FS-Signalisationen
- Verkehrssicherheit

Grundlagen
Untersuchungsobjekte

- Betriebsform 2/2
- 15 Kreisel in der Schweiz
- 17 Einfahrten
- Durchmesser 34 - 60 m
- Hohes Verkehrsaufkommen
- Hauptverkehrszeit am Abend
- Fortlaufende 90 min Videoaufnahme je Kreisel
- Angaben zu den polizeilich registrierten Unfälle

Grundlagen
Untersuchungsobjekte

Nr.	Ort	Kreisel	Durch-messer [m]	FS-Breite Kreis-FB [m]	FS-Breite Einfahrt [m]	FS-Mark. und/oder Signale
1	Pratteln	Frenkendörferstr.	50	11.5	2 x 3,5	Ja
2	Avry-sur-Matran	Avry-sur-Matran	35	8.0	2 x 3,75	Ja
3	Avry-sur-Matran	Avry-Centre	40	11.0	2 x 3,5	Nein
4	Matran	Bois des Morts	34	9.0	2 x 3,75	Ja
5	Murten	Löwenberg	40	9.0	2 x 3,0	Ja
6	Granges-Paccot	Lavapesson	36	9.0	2 x 3,5	Ja
7	Granges-Paccot	Chenevière	42	12.0	-	Ja
8	Kriens	Schlund	60	10.7	4,0 / 4,5	Ja
9	Sursee	Glockenstrasse	38	8.6	2 x 3,5	Ja
10	Sursee	Schlottermilch	34	9.0	2 x 3,0	Nein
11	Au	Adlerkreuzung	34	9.5	6.5	Ja
12	Schindellegi	Soleil-Kreisel	50	9.0	-	-
13	Lugano	Povro	40	9.5	2 x 4,0	Nein
14	Vevey	Genevrier	40	10.0	9.50	Nein
15	Neuheim	Sihlbrugg	42	11.0	3,5 / 4,75	Nein

Grundlagen
Untersuchungsobjekte

Auswertungen Leistungsfähigkeit Einfahrten
Datenerhebung

- Erfassung folgender Ereignisse:
  - Ankunft Fz Referenzlinie Einfahrt mit Angabe Fz-Typ getrennt re. und li. Fahrstreifen
  - Abfahrt des Fz von der Referenzlinie der Einfahrt
  - Überquerung Referenzlinie auf Kreisfahrbahn

Auswertungen Leistungsfähigkeit Einfahrten
Regressionsverfahren

- Videoerhebung liefert:
  - Fahrzeuge in der Einfahrt
  - Fahrzeuge auf der Kreisfahrbahn
- Bildung 30 s Intervalle
- Nur gesättigte Intervalle werden betrachtet
- Definition Sättigungszustand:
  - Anfangskriterium: es warten mind. 2 Fahrzeuge hintereinander (entweder re. oder li. Fahrstreifen)
  - Abbruchkriterium: Fahrzeugstrom reisst ab $\rightarrow$ Zeitlücke > 4 s
- Umrechnung auf eine Stunde

Auswertungen Leistungsfähigkeit Einfahrten
Regressionsverfahren

- Pro Intervall Verkehrsmenge in der Einfahrt (Q_E) und Verkehrsmenge auf der Kreisfahrbahn (Q_K)
- Zusammenhang zwischen Q_E und Q_K mittels Regressionsverfahren
- Untersuchung der Einflüsse auf Q_E
  - Aussendurchmesser
  - Fahrstreifenmarkierung/-signalisation
  - Fahrstreifenbelastungen in den Zufahrten

Auswertungen Leistungsfähigkeit Einfahrten
Zeitlückenverfahren

- Videoerhebung liefert:
  - Angenommene Zeitlücken der Fz in der Einfahrt
  - Abgelehnte Zeitlücken der Fz in der Einfahrt
  - Folgezeitlücken nachfolgende Fz in der Einfahrt
- Bestimmung Grenzzeitlücke mit Maximum-Likelihood-Verfahren

$$L = \sum_{i=0}^{n} \ln[F(a_i) - F(r_i)]$$

a_i = angenommene Zeitlücke
r_i = grösste abgelehnte Zeitlücke
F( ) = Verteilungsfunktion der Normalverteilung

- Mittlere Folgezeitlücke mit arithmetischem Mittel aller Folgezeitlücken < 5 s

Auswertungen Leistungsfähigkeit Einfahrten
Zeitlückenverfahren

- Zusammenhang zwischen Verkehrsmenge in der Einfahrt mit der Verkehrsmenge auf der Kreisfahrbahn nach

  - Siegloch: $$Q_E = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{\frac{-Q_K}{3600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2})}$$

  - HBS, Wu: $$Q_E = \left(1 - \frac{\Delta \cdot Q_K}{n_K \cdot 3600}\right)^{n_K} \cdot \frac{3600}{t_f} \cdot n_E \cdot e^{\frac{-Q_K}{3600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)}$$

  - Brilon: $$Q_E = 3600 \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{Q_k}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2}\right)}$$

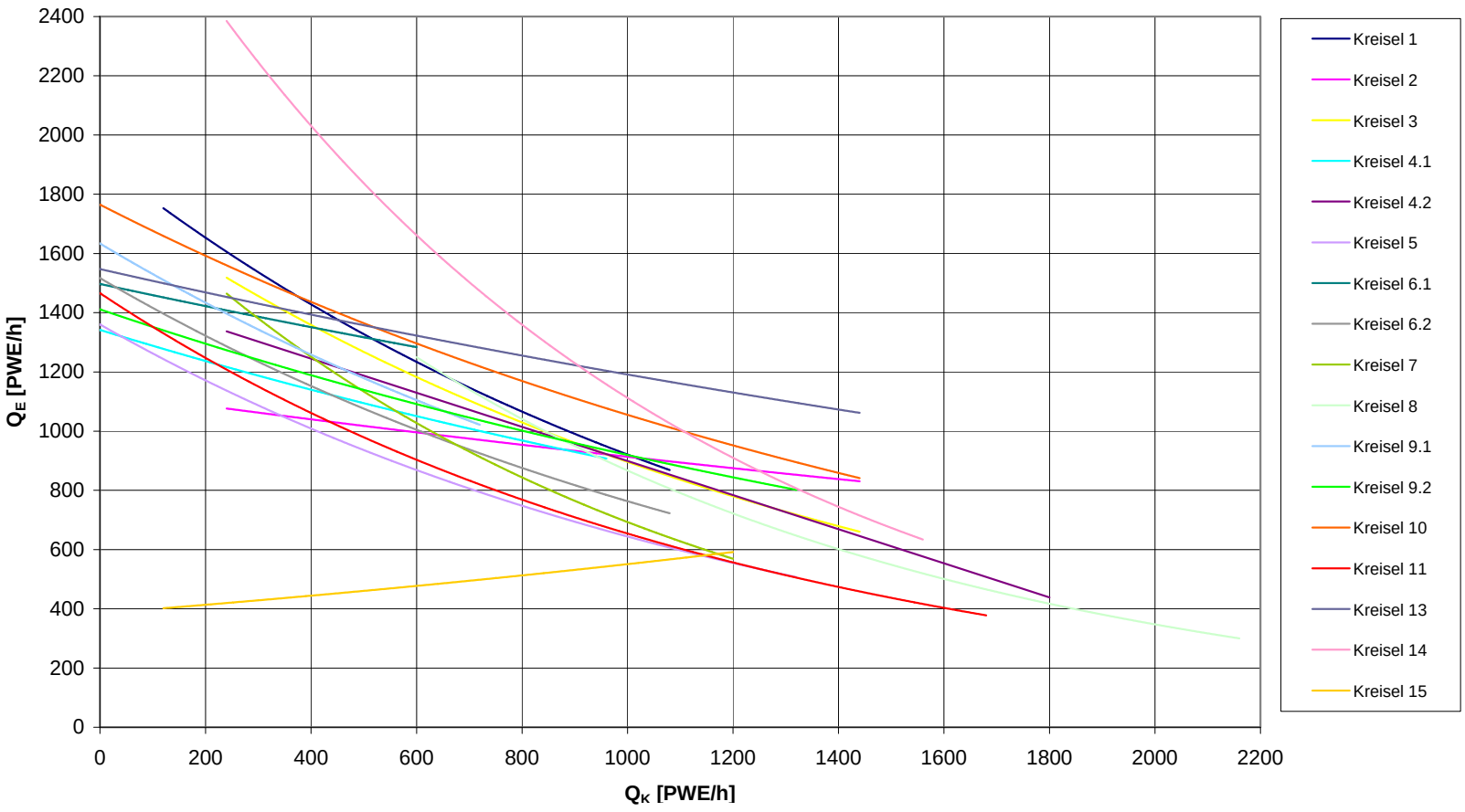
    mit $n_e = 1.14$ für 2 – streifige Zufahrten

t_g = Grenzzeitlücke [s]
t_f = Folgezeitlücke [s]
Δ = Mindestzeitlücke auf der Kreisfahrbahn = 2.1s [s]

Ergebnisse Leistungsfähigkeit Einfahrten

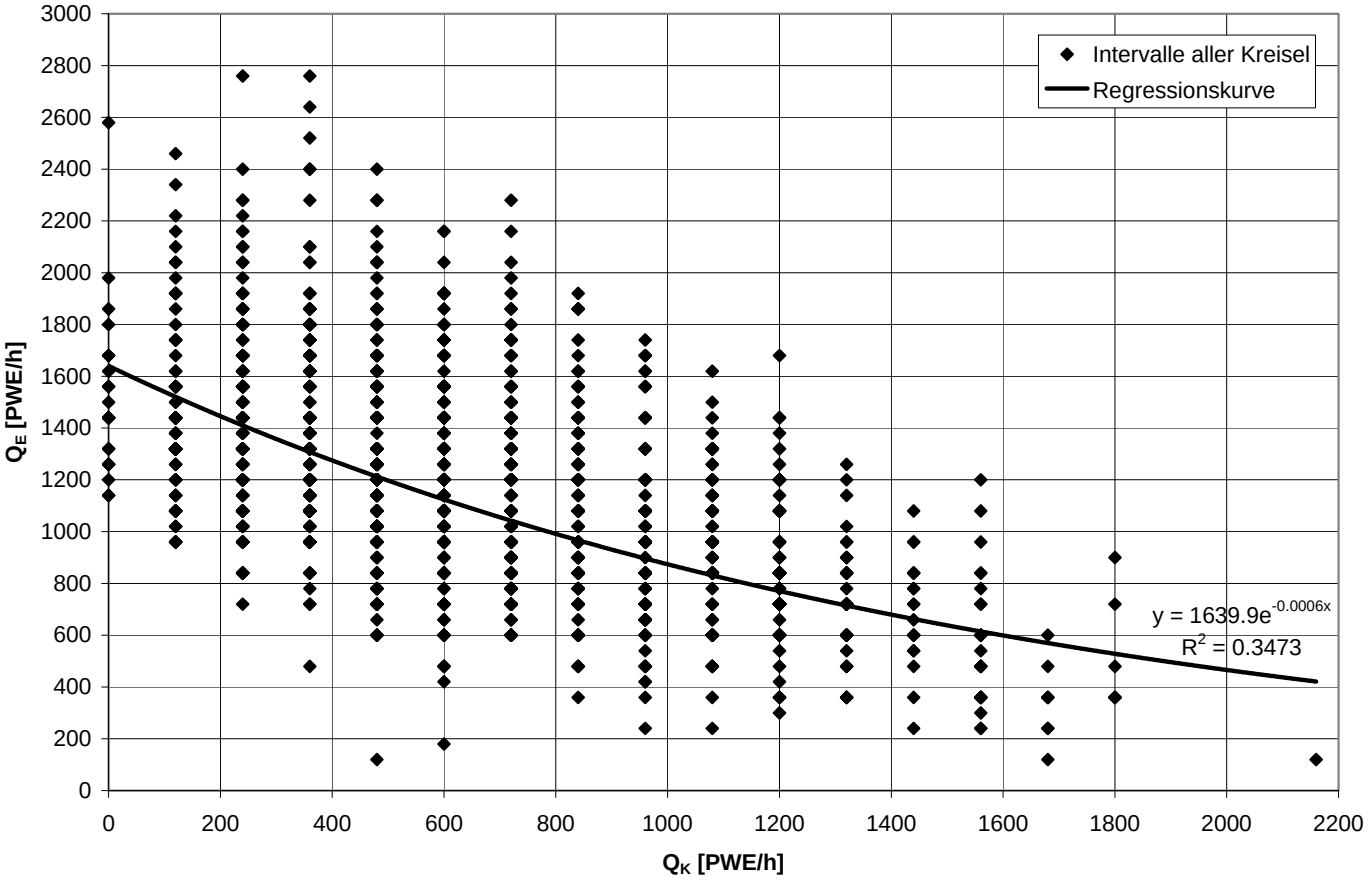
Regressionsverfahren

Regressionszusammenhang je Kreisel



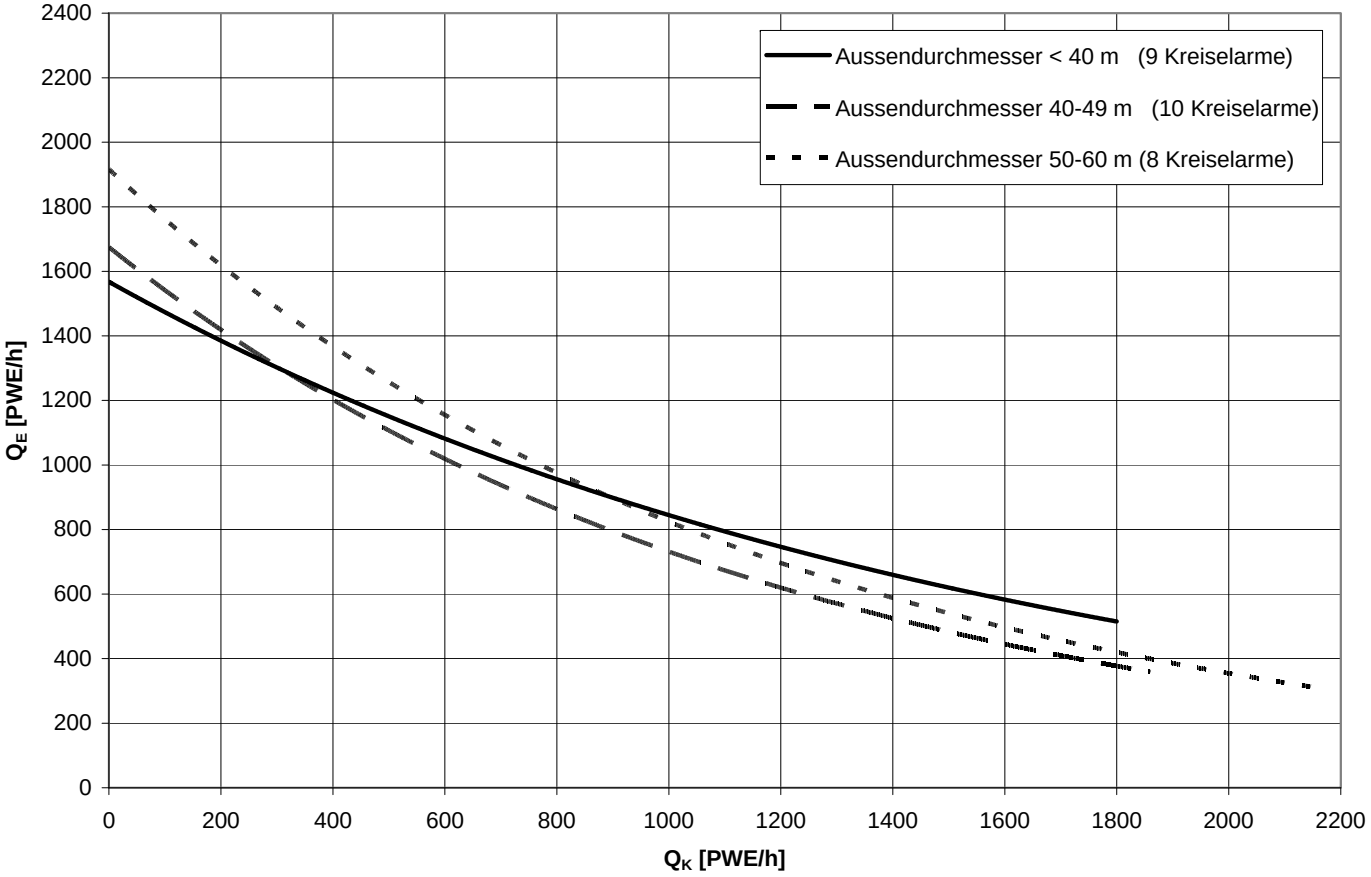
Ergebnisse Leistungsfähigkeit Einfahrten
Regressionsverfahren

Regressionszusammenhang über alle Kreisel



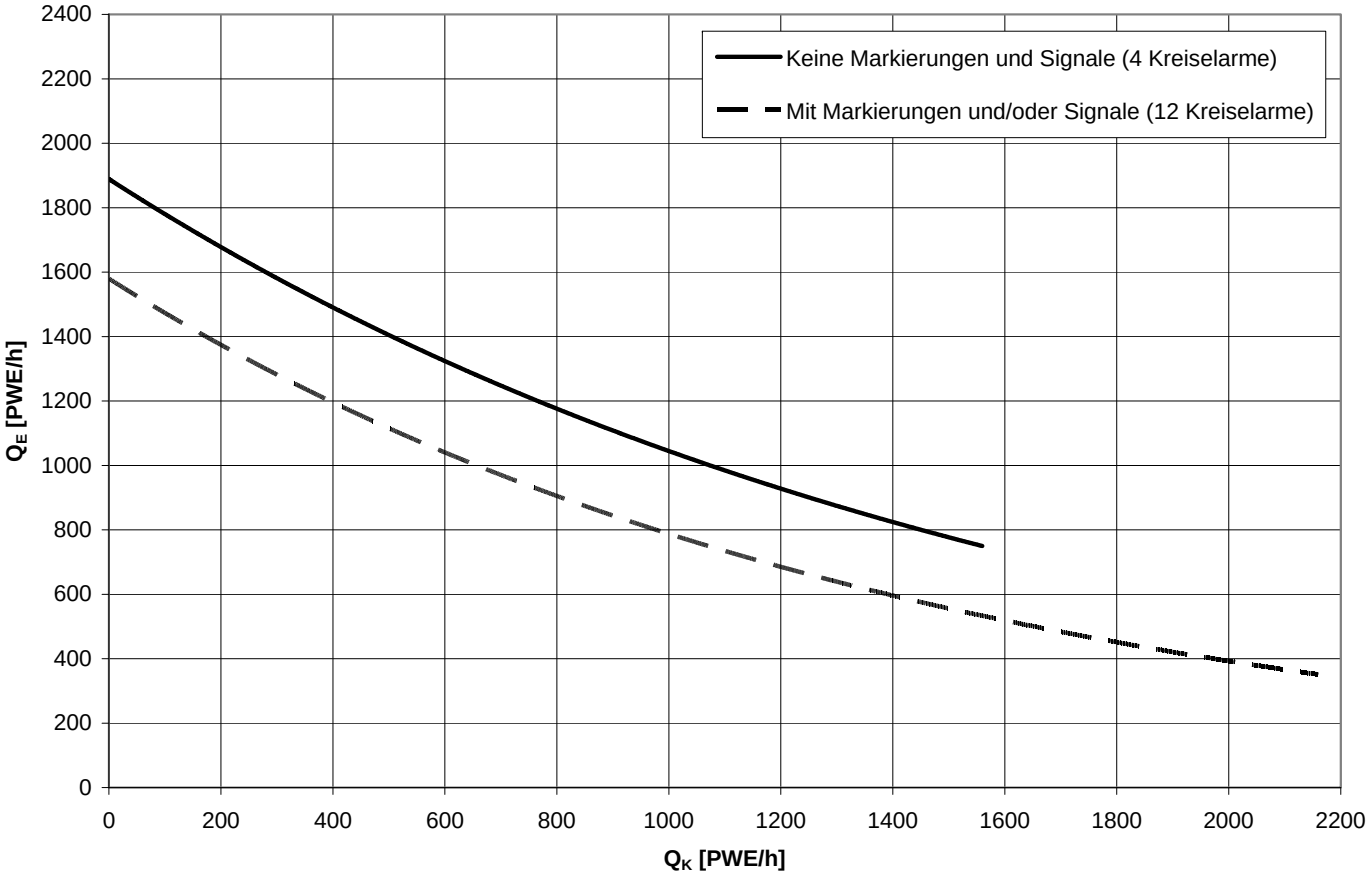
Ergebnisse Leistungsfähigkeit Einfahrten
Regressionsverfahren

Einfluss Aussendurchmesser



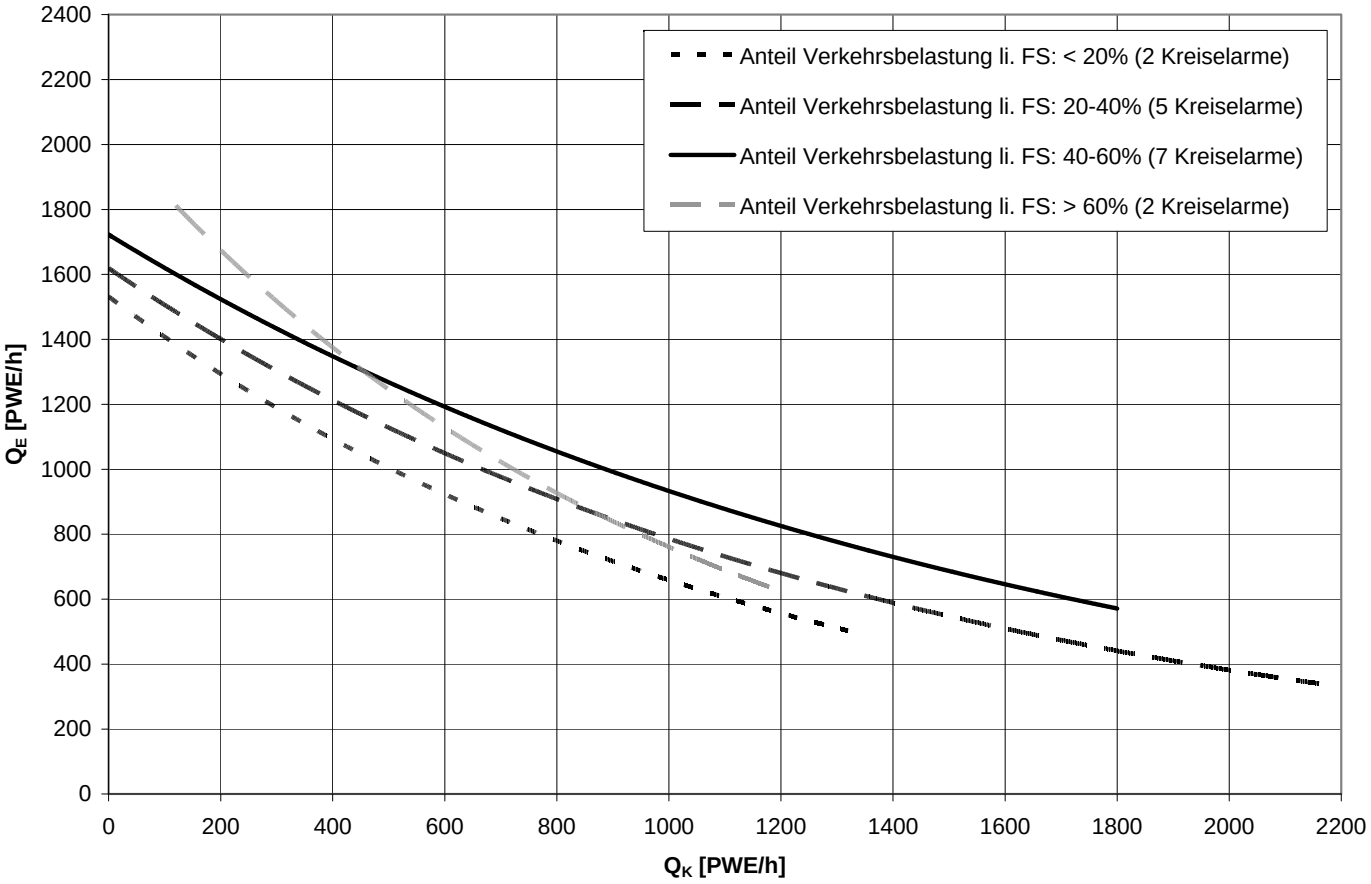
Ergebnisse Leistungsfähigkeit Einfahrten
Regressionsverfahren

Einfluss Fahrstreifenmarkierung/-signalisation



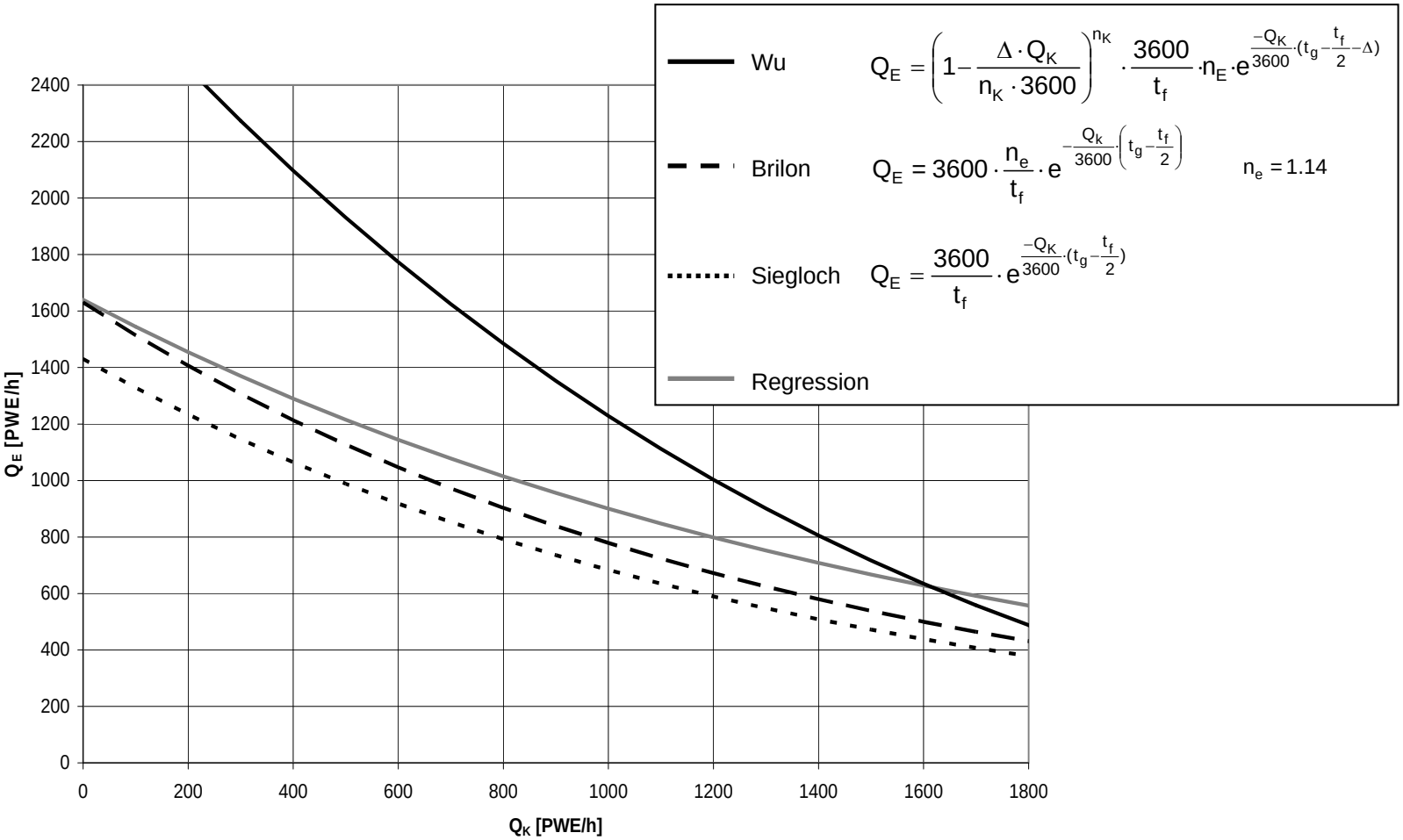
Ergebnisse Leistungsfähigkeit Einfahrten
Regressionsverfahren

Einfluss Fahrstreifenbelastung



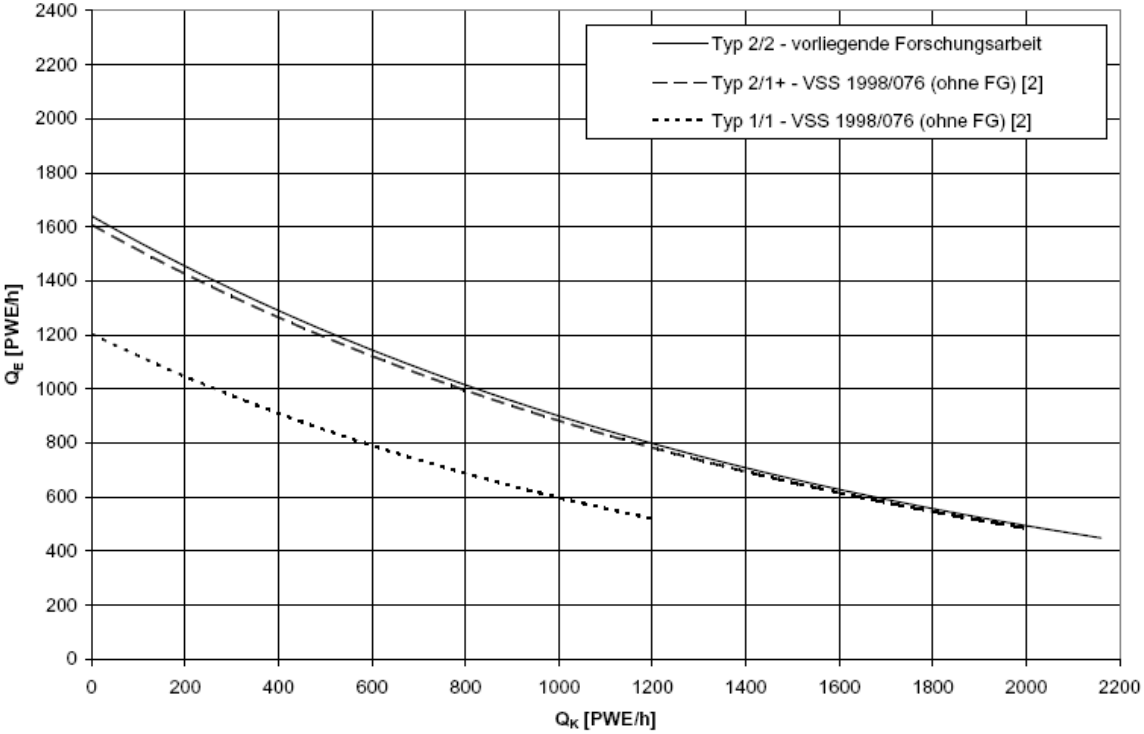
Ergebnisse Leistungsfähigkeit Einfahrten

Vergleich Regressions- und Zeitlückenverfahren



Ergebnisse Leistungsfähigkeit Einfahrten

Vergleich mit anderen Kreiseltypen



2/2: $Q_E = 1639.9 \cdot e^{-0.0006 \cdot Q_K}$

2/1+: $Q_E = 1607.5 \cdot e^{-0.0006 \cdot Q_K}$

1/1: $Q_E = 1203.7 \cdot e^{-0.0007 \cdot Q_K}$

Auswertungen Leistungsfähigkeit Ausfahrten

- Videoerhebung liefert:
  - Fahrzeuge in der Ausfahrt
- Bildung 30 s Intervalle
- Nur gesättigte Intervalle werden betrachtet
- Definition Sättigungszustand:
  - Abbruchkriterium: Fahrzeugstrom reisst ab $\rightarrow$ Zeitlücke > 4 s
- Umrechnung auf eine Stunde

Ergebnisse Leistungsfähigkeit Ausfahrten Richtwerte

- Einstreifige Ausfahrten: 1700 Fz/h
- Zweistreifige Ausfahrten: 1850 Fz/h

→ Ohne Einfluss von Fussgängern

Ergebnisse Unfallauswertung

Absolute Unfallkenngrössen

	Kreisel-Nr.														Total
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	
Anz. U	16	11	8	18	5	6	10	28	6	12	35	19	34	46	254
Anz. VU	10	7	1	3	2	1	3	4	1	3	7	k.A.	k.A.	6	48
Beob.dauer	3	5	5	5	5	5	4.5	4.5	2	5	5	5	8	5	

	Kreisel-Nr.														Total
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	
Anz. U pro Jahr	5.3	2.2	1.6	3.6	1.0	1.2	2.2	6.2	3.0	2.4	7.0	3.8	4.3	9.2	3.79
Anz. VU pro Jahr	3.3	1.4	0.2	0.6	0.4	0.2	0.7	0.9	0.5	0.6	1.4	k.A.	k.A.	1.2	0.95

Ergebnisse Unfallauswertung

Absolute Unfallkenngrössen

- Unfallorte

	Unfälle		Verunfallte		Unfallschwere
Einfahrtsbereich	90	(44.8 %)	28	(58.3 %)	31.1 %
Kreisfahrbahn	80	(40.3 %)	9	(18.8 %)	11.1 %
Ausfahrtsbereich	29	(14.4 %)	11	(22.9 %)	37.9 %
Keine Angaben	1	(0.5 %)	0	(0.0 %)	0.0 %
Total	201	(100 %)	48	(100 %)	23.9 %

- Unfalltypen

	Unfälle		Verunfallte		Unfallschwere
Schleuder-/Selbstunfall	37	(18.4 %)	9	(18.8 %)	24.3 %
Auffahrunfall	20	(10.0 %)	15	(31.3 %)	75.0 %
U. beim Vorbeif. / FS-Wechsel	72	(35.8 %)	5	(10.4 %)	6.9 %
Unfall beim Richtungswechsel	65	(32.3 %)	17	(35.4 %)	26.2 %
Andere Unfälle	7	(3.5 %)	2	(4.1 %)	28.6 %
Total	201	(100 %)	48	(100 %)	23.9 %

Ergebnisse Unfallauswertung

Absolute Unfallkenngrössen

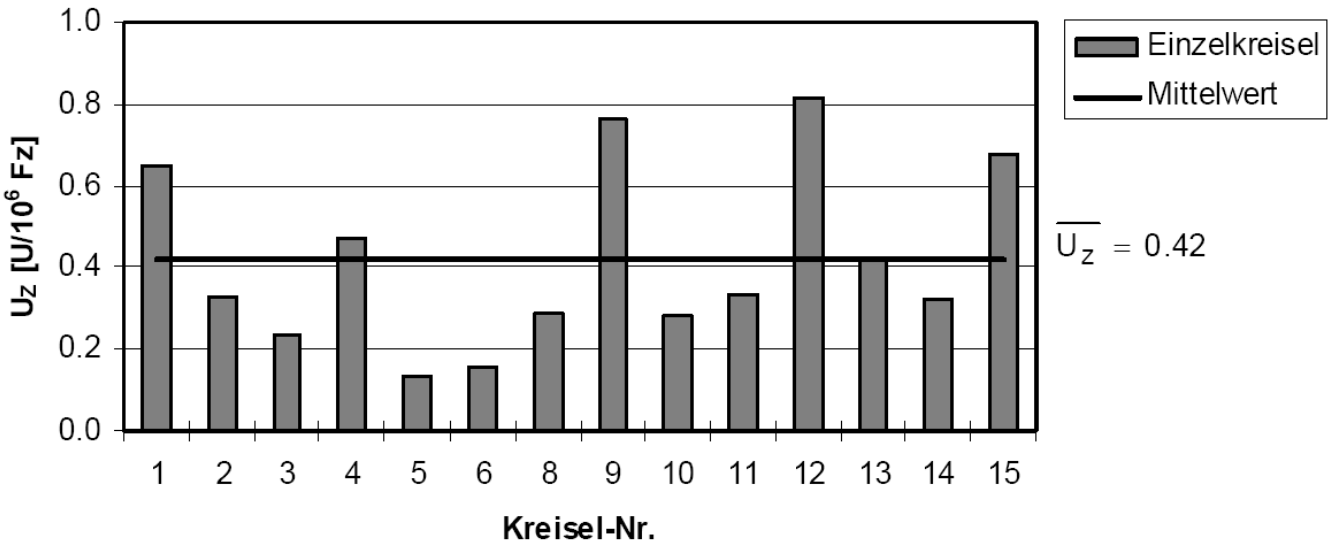
- Ausfahrten:

  - ∅ Einstreifige Ausfahrten: 0.10 U/Jahr
  - ∅ Zweistreifige Ausfahrten: 0.74 U/Jahr

Ergebnisse Unfallauswertung

Relative Unfallkenngrössen

- Unfallziffer



Ergebnisse Unfallauswertung

Vergleich mit anderen Kreiseltypen

- Relative Unfallkenngrössen

Quelle	Kreiseltyp 1/1	Kreiseltyp 2/1+	Kreiseltyp 2/2
Vorliegende Forschungsarbeit			0.42 U/10^6 Fz
Lindenmann, 2004		0.43 U/10^6 Fz	
Bühlmann, 1997	*0.44 U/10^6 Fz*		
Brilon, 2004			0.63 U/10^6 Fz
Matthews, 2009	0.54 U/10^6 Fz		

Bewertung der Ergbnisse

- Leistungsfähigkeit der Einfahrten bei Kreiseltyp 2/2 etwa gleich hoch wie bei 2/1+
- Leistungsfähigkeit der Einfahrt etwa 300 PWE/h höher als bei Kreiseltyp 1/1
- Leistungsfähigkeit stark von Fahrstreifenauslastung in der Zufahrt abhängig
  $\rightarrow$ Einfluss Signalisation oder Markierung unklar
- Unfallgeschehen vergleichbar mit anderen Kreiseltypen
- Ausfahrten sind aus Sicherheitsgründen einstreifig zu gestalten

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit