



## Master's Thesis

# Autonomous driving in urban environments, roundabouts

Julian-B. Scholle  
January 13, 2017

---

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
1.1	Motivation . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Related Work</b>	<b>4</b>
2.1	Roundabouts in Law . . . . .	4
2.1.1	Elements of a Roundabout . . . . .	4
2.1.2	Types of Roundabouts . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Methodology</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Research</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Evaluation</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Conclusions</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Future Work</b>	<b>12</b>

---

# Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keinem anderen Prüfungsamt vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Göteborg, den January 13, 2017

---

Julian-B. Scholle

Das autonome Fahren und die Vernetzung von Fahrzeugen mit Ihrer Umwelt sind zusammen mit der Elektromobilität die meistdiskutierten Themen der Automobilbranche. Zu Recht: Autonomes Fahren besitzt das Potenzial, im Mobilitätsmarkt völlig neue Strukturen entstehen zu lassen.

---

## 1.1 Motivation

Da die Technische Hochschule Chalmers ergänzend zu Volvos “DriveMe” Projekt das Projekt “CampusShuttle” initiiert, “CampusShuttle” ist ein interdisziplinäres Forschungsprojekt der Technischen Hochschule Chalmers und der Universität Göteborg.

Das Projekt ist dabei im ReVeRe (Chalmers Research Vehicle Resource) angesiedelt. Die Vision ist dabei ein selbstfahrendes Auto zwischen den beiden Campus der Technische Hochschule Chalmers.

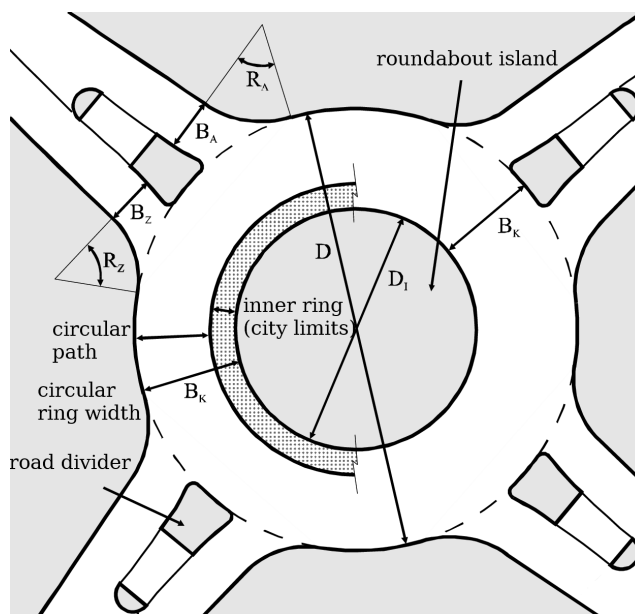
Dabei soll, im Rahmen des Projekts, das Fahrzeug in verschiedenen Verkehrsszenarien untersucht werden. Der Fokus liegt dabei besonders auf den Stadtverkehr, das Fahrzeug muss dabei nicht nur in der Lage sein mit anderen Autos zu interagieren, sondern ebenfalls mit Straßenbahnen, Bussen, Fahrrädern und Fußgängern sicher agieren.

## 2.1 Roundabouts in Law

In Germany, there is no law stipulating the exact construction of roundabouts. Instead, the elements of the rural roads and city streets are dealt with in Directives for the Design of rural roads [RAL] and the Directives for the Design of Urban Roads [RASt]. These guidelines are also relevant to the choice of a convenient junction type when linking roads. The considerations discussed there are based on traffic variables, area-related characteristics, economic criteria and spatial planning or urban planning requirements. The guidelines also regulate the basic design and operational formation of roundabouts. The Directives for the Design of Urban Roads [RASt] are relevant for this dispute. Since the access the RASt ist limited, most of the information is coming from [Str06] whereupon RASt is based on.

### 2.1.1 Elements of a Roundabout

Figure 2.1: Definition of individual design elements and dimensions of a roundabout [Str06]



**Definition 2.1 (roundabout island)** *The roundabout island is the constructional area in the middle of the roundabout, which is surrounded by vehicles. For miniature roundabouts, the roundabout island is crossable.*

**Definition 2.2 (circular path)** *The circular path is the road that serves to drive the roundabout island. An inner ring, if present, is not part of the circular path (VwV-StVO zu §9a V, Rn. 5).*

**Definition 2.3 (circular ring with  $(B_K)$ )** *The structural width includes the circular track and a paved inner ring, if any. It is dependent on the outer diameter and the desired traffic routing (one or two lanes). The edge strip width is oriented on the relevant continuous roadway.*

**Definition 2.4 (outer diameter  $(D)$ )** *The outer diameter is measured at the outer edge of the circular ring. It is the essential measure for describing the size of the roundabout.*

**Definition 2.5 (inner diameter  $(D_I)$ )** *The inner diameter is the diameter of the roundabout island.*

**Definition 2.6 (road divider)** *The road divider is the structurally designed island between the circular exit and circular driveway. It serves to separate the circular exit and circular driveway, the management of the traffic, as well as the pedestrians and cyclists as cross-bordering aid.*

**Definition 2.7 (lane width of the circular driveway  $(B_Z)$  and circular exit  $(B_A)$ )** *The width of the circular driveway and exit is measured at the beginning of the corner.*

**Definition 2.8 (Corner rounding radius  $(R_Z$  and  $R_A)$ )** *This is the radius of the rounding at the right edge of the road between the circular driveway and the circular path. For a elliptical arch with a radius sequence of three different radii,  $R_Z$  is the radius  $R_2$  of the central arc. When the road edge is formed as a tractrix,  $R_Z$  is the smallest radius of the road edge.*

### 2.1.2 Types of Roundabouts

There are several types of roundabouts, which are differentiated by the different application criteria and the partly different design principles according to the situation inside and outside built areas. Furthermore, a division is made as a function of its size.

#### Mini Roundabout

Within built-up areas, smaller outer diameters are possible under certain conditions. These roundabouts are called mini roundabout. The roundabout island must then be capable of being passed over. The outer diameter should be at least 13 m, so that the circular island does not become too small. Larger outer diameters make driving easier. Outer diameters of more than 22m, however, do not offer any transport advantages. From an outside diameter of about 22 m, therefore, the installation of a small roundabout with 26 m is generally more convenient. Bypasses are generally not required in the areas where mini roundabout can be used.

Figure 2.2: Mini Roundabout  
[Str06]

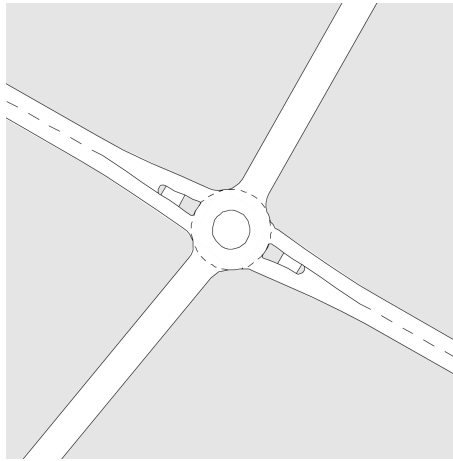
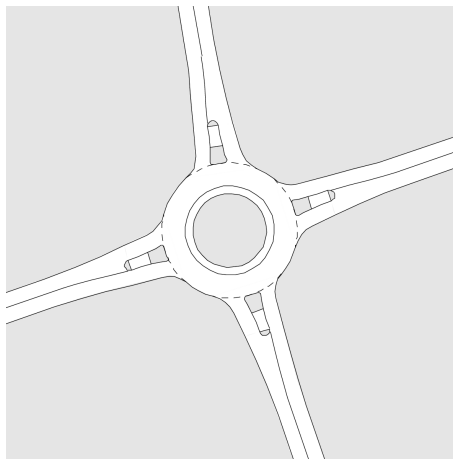


Figure 2.3: Small Roundabout  
[Str06]

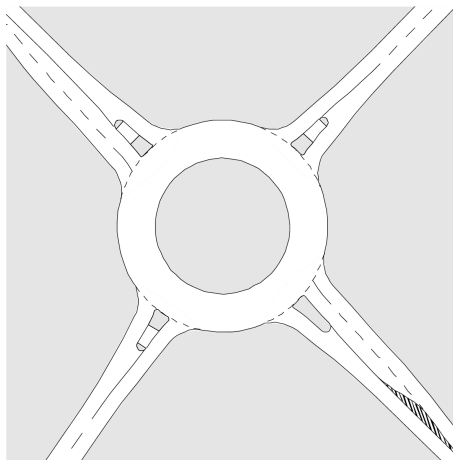


### Small Roundabout

The small roundabout has a single lane circular path and single lane circular driveways and exits. The roundabout island is not passable. The outer diameter must be at least 26 m. Bypasses can be set up for driving geometric reasons or to increase performance.

### Two-lane Passable Roundabout

Figure 2.4: Two-lane Passable  
Roundabout [Str06]

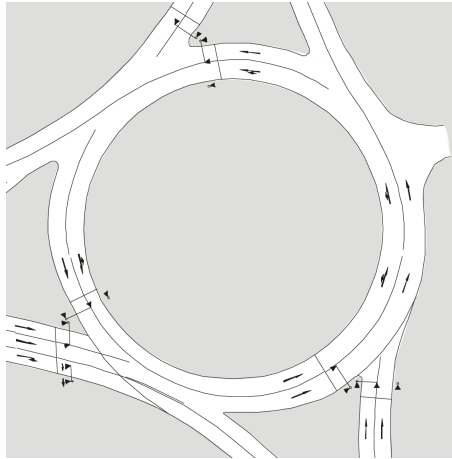


If the capacity of the small roundabout is not sufficient and can not be ensured by the installation of bypasses, the circular path of a small roundabout can be designed to be two-lane driveable. At such a roundabout, the circular path is

so wide that cars can travel side by side in a circle. If a further increase in the capacity is required, individual circular driveway can also be carried out in two lanes, if pedestrians and cyclists are not to be considered regularly. For safety reasons, circular exits are always carried out in single lanes. For geometrical reasons, the outer diameter must be at least 40 m for two-laned accessibility.

### Large Roundabout

Figure 2.5: Large Roundabout  
[Str06]



Large Roundabouts with two or more lanes marked by markers on the circular path should be operated with a light signaling system only, if the nodal point design and traffic control are closely coordinated.



Gefragt wird hier nach den Kriterien dafür, welche Methode für eine bestimmte Art der Anwendung geeignet ist, warum eine bestimmte Methode angewandt werden muss oder angewendet wird und keine andere. Verständnisfragen zum methodischen Weg werden hier geklärt. Die Methodologie ist demnach eine Metawissenschaft und somit eine Teildisziplin der Wissenschaftstheorie. Demgegenüber bezeichnet Methodik das Methodenwissen des Praktikers oder des Wissenschaftlers.

Klare, logische Gliederung

Möglichst ausgeglichene Kapitel (bezüglich Umfang und Zahl der Unterkapitel)

Gesamte Arbeit enthält so wenig Redundanz wie möglich

Ist auch innerhalb der einzelner Kapitel oder Abschnitte sinnvoll strukturiert

Kapitel und Unterkapitel beginnen stets mit einer ganz kurzen Einleitung (in der Regel 1-3 Sätze, die erklären, was im Folgenden zu erwarten ist)

Kurze, aussagekräftige Überschriften in einheitlichem Stil

Beschreibung von Konzepten. Technische Details, wie z.B. Quellcode, umfangreiche Auflistungen, ergänzende Abbildungen usw. kommen in den Anhang.

---

# 5

## Evaluation

Kann in mehrere Unterkapitel gegliedert werden

Greift Thesen oder Fragestellungen aus der Einleitung wieder auf

Fasst die Arbeit knapp und prägnant zusammen

Ordnet die Ergebnisse in Gesamtzusammenhänge ein

Zieht Schlussfolgerungen aus den erarbeiteten Ergebnissen

Kann auch eigene Bewertungen oder Meinungen enthalten

Gibt einen Ausblick auf mögliche Konsequenzen oder notwendige weitere zu lösende Probleme

---

# 7

## Future Work

---

# Bibliography

- [RAL] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Straßenentwurf. *Richtlinien für die Anlage von Landstrassen (RAL)*. FGSV (Series). FGSV-Verlag, 2013.
- [RASt] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Straßenentwurf. *Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen: RASt 06*. FGSV (Series). FGSV-Verlag, 2007. ISBN: 9783939715214.
- [Str06] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Straßenentwurf. *Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren*. 2006.