

# Inbetriebnahme einer freien Software zur Satellitenbahnvorhersage und Ansteuerung einer Hochleistungsantenne

**STUDIENARBEIT**  
über das dritte Studienjahr

im Studiengang  
Elektrotechnik, Nachrichten- und Kommunikationstechnik

an der DHBW Ravensburg  
Campus Friedrichshafen

von

Sarah Brückner,  
Maximilian Stiefel und  
Hannes Bohnengel

1. Mai 2016

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Bearbeitungszeitraum: | Oktober - Dezember 2015<br>April - Juni 2016 |
| Betreuer:             | Dipl.-Ing. (DH) Hardy Lau                    |

# Kurfassung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aenean porttitor mi purus, sit amet efficitur velit semper sit amet. Mauris et pulvinar nunc, id maximus metus. Suspendisse convallis sapien nisi, sed maximus quam gravida eu. Duis faucibus elit non nunc posuere dignissim. Sed ullamcorper fringilla felis ac mollis. Nunc blandit tristique auctor. Praesent elementum dictum nulla et vulputate. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Integer sed rutrum lacus. Morbi tincidunt dui at augue molestie rhoncus. Curabitur sagittis sed sapien quis vestibulum. Cras dictum sem quam, nec tincidunt augue tempor et. Morbi consectetur, dui id scelerisque consequat, velit tortor gravida eros, ac hendrerit massa magna sit amet lacus. Quisque mattis nulla diam, sed efficitur mi fermentum vitae. Nam vestibulum iaculis rhoncus.

## Abstract

Translation of „Kurzfassung“ comes here...

# Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.13 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2015.

Wir versichern hiermit, dass wir unsere Studienarbeit mit dem Thema:

**Inbetriebnahme einer freien Software zur  
Satellitenbahnvorhersage und Ansteuerung einer  
Hochleistungsantenne**

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt haben. Wir versichern zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Friedrichshafen, den 1. Mai 2016

---

Sarah Brückner

---

Maximilian Stiefel

---

Hannes Bohnengel

# Inhaltsverzeichnis

|   |            |
|---|------------|
| <b>Formelgrößen und Einheiten</b> . . . . .     | <b>I</b>   |
| <b>Abkürzungen</b> . . . . .                    | <b>II</b>  |
| <b>1 Einleitung</b> . . . . .                   | <b>1</b>   |
| <b>2 Hintergründe</b> . . . . .                 | <b>3</b>   |
| 2.1 Bahnmechanik . . . . .                      | 3          |
| 2.1.1 Die Bahnelemente . . . . .                | 3          |
| 2.1.2 Vorhersagemodelle . . . . .               | 6          |
| <b>3 GPredict</b> . . . . .                     | <b>7</b>   |
| 3.1 Übersicht . . . . .                         | 7          |
| 3.2 Oberfläche . . . . .                        | 8          |
| 3.3 Inbetriebnahme unter Windows . . . . .      | 8          |
| 3.4 Inbetriebnahme unter Linux . . . . .        | 9          |
| <b>4 Zusammenfassung und Ausblick</b> . . . . . | <b>10</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> . . . . .          | <b>III</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b> . . . . .            | <b>IV</b>  |
| <b>A Datenblatt XYZ</b> . . . . .               | <b>V</b>   |

# Formelgrößen und Einheiten

| Formelzeichen | Einheit | Abkürzung | Physikalische Größe                 |
|---------------|---------|-----------|-------------------------------------|
| R             | Ohm     | $\Omega$  | Elektrischer Widerstand             |
| U             | Volt    | V         | Elektrische Spannung                |
| P             | Watt    | W         | Elektrische Leistung                |
| f             | Hertz   | Hz        | Frequenz                            |
| D             | Bit     | -         | Daten                               |
| l             | Meter   | m         | Länge                               |
| -             | Dezibel | dB        | Logarithmisches Maß (Pseudoeinheit) |

# Abkürzungen

# Einleitung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aenean porttitor mi purus, sit amet efficitur velit semper sit amet. Mauris et pulvinar nunc, id maximus metus. Suspendisse convallis sapien nisi, sed maximus quam gravida eu. Duis faucibus elit non nunc posuere dignissim. Sed ullamcorper fringilla felis ac mollis. Nunc blandit tristique auctor. Praesent elementum dictum nulla et vulputate. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Integer sed rutrum lacus. Morbi tincidunt dui at augue molestie rhoncus. Curabitur sagittis sed sapien quis vestibulum. Cras dictum sem quam, nec tincidunt augue tempor et. Morbi consectetur, dui id scelerisque consequat, velit tortor gravida eros, ac hendrerit massa magna sit amet lacus. Quisque mattis nulla diam, sed efficitur mi fermentum vitae. Nam vestibulum iaculis rhoncus.

Aliquam sed finibus sapien. Cras sapien purus, tempus vel lorem nec, egestas auctor urna. Morbi iaculis felis eget mi sollicitudin consectetur sit amet sit amet turpis. Donec malesuada risus sit amet erat euismod dignissim. Etiam faucibus eleifend est in molestie. Maecenas nec elit at purus vulputate tincidunt. Vivamus pulvinar viverra porttitor. Fusce aliquet tristique enim, eget sollicitudin ex tincidunt vel. Praesent turpis erat, consequat at finibus eget, ultrices vel neque. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Pellentesque turpis nulla, suscipit at mauris quis, rhoncus pharetra ligula. Suspendisse leo lorem, imperdiet a vehicula at, porta eu mauris.

«««< HEAD



# Hintergründe

## Bahnmechanik

### Die Bahnelemente

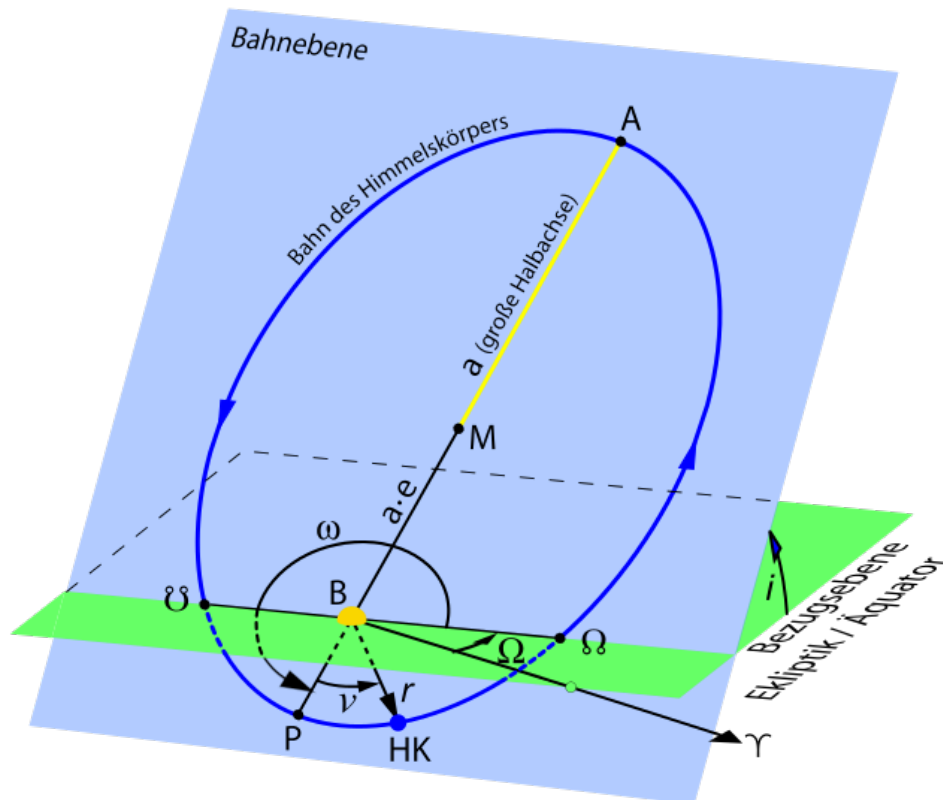


Abbildung 2.1: Bahnelemente, Quelle: Wikipedia

Die Bahnelemente dienen der Beschreibung einer Bewegung eines Himmelskörpers auf einer Umlaufbahn (meist einer Ellipse). Dieser Körper unterliegt den Keplerschen Gesetzen. Wird die Bewegung eines Himmelskörpers durch äußere Einflüsse (z.B. Gravitationskraft der Sonne) nicht gestört, so kann sie durch sechs Größen beschrieben werden. Diese Größen sind die Bahnelemente. Zwei Bahnelemente beschreiben die Form der Bahn, drei legen die Lage der Bahn im dreidimensionalen Raum fest und ein Bahnelement gibt an zu welcher Zeit sich der Himmelskörper wo auf der Bahn befunden hat.

Diese Bahnelemente reichen in der Praxis nicht aus, um die Position eines Himmelskörpers z.B. eines Satelliten mit einem Vorhersagemodell berechnen zu können. Aus diesem

Grund werden die Bahnelemente meist um von Vorhersagemodellen benötigten Informationen ergänzt. Im Folgenden werden die Bahnelemente in Ihrer Bedeutung anhand der Abbildung 2.1 erläutert.

## Gestalt der Bahn

Um die Gestalt der Bahn zu beschreiben wird die **numerische Exzentrizität**  $e$  und die Angabe der Länge der **großen Halbachse**  $a$  benötigt.

Zunächst soll die Ellipse an sich betrachtet werden. Die einfachste Möglichkeit eine Ellipse zu konstruieren besteht darin zwei Nägel in einer Holzplatte mit einem Stück Schnur mit einer Schlaufe zu verbinden. Das Stück Schnur muss länger sein als der Abstand zwischen beiden Nägeln. Nimmt man nun einen Bleistift und drückt ihn in der Schlaufe gegen die Schnur, kann man die beiden Nägel mit Kontakt der Bleistiftspitze zum Holzbrett umrunden. Hält man die Schnur konstant auf Spannung, so ergibt sich eine Ellipse. Nichts anderes besagt die folgende Mengendefinition mit Bezug zu Abbildung 2.2.

$$E = \{P | \overline{F_1P} + \overline{F_2P} = 2a = \text{konstant}\} \quad (2.1)$$

$F_1$  und  $F_2$  heißen Brennpunkte der Ellipse.  $M$  ist der Mittelpunkt der Ellipse.  $S_1$  und  $S_2$  sind die Haupt-,  $S_3$  und  $S_4$  die Nebenscheitel. Die Strecke  $\overline{MS_1}$  ist gleich der Strecke

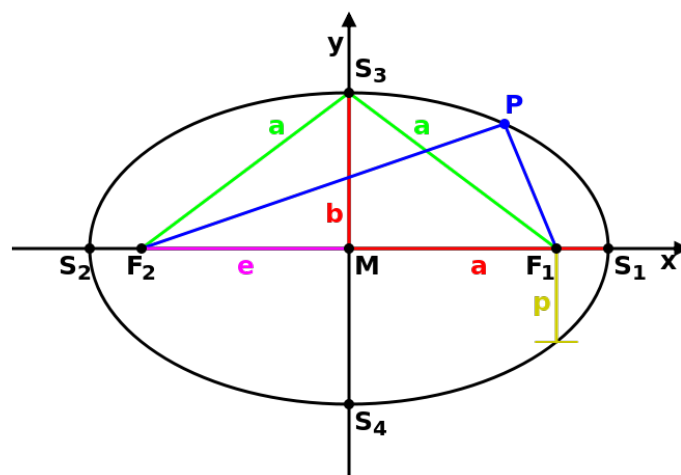


Abbildung 2.2: Ellipse, Quelle: Wikipedia

$\overline{MS_2}$ . Man spricht bei der Länge dieser Strecke von der großen Halbachse  $a$ . Beide Strecken ergeben zusammen die Hauptachse  $\overline{S_1S_2}$ . Analog gibt es hierzu die Nebenachse, welche

durch die Strecke  $\overline{S_3S_4}$  bestimmt wird. Die kleinen Halbachsen sind  $\overline{MS_3}$  und  $\overline{MS_4}$ . Diese haben die Längen  $b$ . Das Wort numerisch gibt bei der Exzentrizität an, dass diese sich auf eine andere Größe (die große Halbachse) bezieht. Der Wert der numerischen Exzentrizität lässt sich in vier Bereiche aufteilen:

- Der Wert 0 repräsentiert eine perfekte kreisförmige Bahn.
- Der Bereich von 0 bis 1 beschreibt eine elliptische Bahn.
- Der Wert 1 erzeugt eine exakt parabolische Bahn.
- Jeder Wert größer 1 gehört zu einer immer offener werdenden Hyperbel.

Bis zum Wert 1 handelt es sich um eine geschlossene Bahn. Oberhalb von 1 ist die Bahn immer geöffnet. Das bedeutet jeder Punkt der Bahn wird von einem Satellit nur einmal abgeschieden. Für eine elliptische Bahn ( $e < 1$ ) kann aus der Halbachse der Ellipse und der numerischen Exzentrizität ein minimaler ( $r_{min}$ ) und ein maximaler ( $r_{max}$ ) Abstand vom Brennpunkt der Ellipse berechnet werden.

## Lage der Bahn

### Zeitlicher Bezug

- Unter der **Inklination** ( $i$ ) versteht man den Winkel zwischen Bahn- (blau) und Äquatorebene (grün). Der Schnittpunkt mit der Äquatorebene ergibt die Knotenlinie.
- Die **Rektaszension des aufsteigenden Knotens** ( $\Omega$ ) ist jener Winkel, der zwischen einer Geraden vom Brennpunkt (B) zum Frühlingspunkt ( $\gamma$ ) und einer Geraden vom Brennpunkt zum aufsteigenden Knoten ( $\Omega$ ) ausgebildet wird.
- Die **Periapsisdistanz**  $r_{min}$  stellt den Abstand des Perigäums (P) zum Brennpunkt dar. Das Perigäum ist der Punkt auf der Bahn, welcher den geringsten Abstand zum Brennpunkt hat.
- **Apogäum:** Im Gegensatz zu dem Perigäum definiert das Apogäum den größten Erdbestand den der Satellit erreichen kann.

- **Argument des Perigäums:** Unter dem Argument des Perigäum versteht man den Winkel zwischen der Knotenlinie und der Apsidenlinie, welche die beiden Punkte Perigäum mit Apogäum verbindet.
- **Exzentrizität:** Dadurch dass ein Orbit nicht wie ein Kreis beschreiben lässt, wird ein Maß benötigt, welches die Form beschreibt. Die Exzentrizität gibt an, wie weit die beiden Brennpunkte vom Mittelpunkt der Ellipse entfernt sind und beschreibt somit die Form des Orbits.
- **Mittlere Anomalie:** Die Mittlere Anomalie sagt aus, wo sich der Satellit vom Referenzpunkt Perigäum auf seiner Bahn befindet.
- **Große Halbachse:** Die Große Halbachse beschreibt die Größe der Bahn.

## Vorhersagemodelle

# GPredict

## Übersicht

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aenean porttitor mi purus, sit amet efficitur velit semper sit amet. Mauris et pulvinar nunc, id maximus metus. Suspendisse convallis sapien nisi, sed maximus quam gravida eu. Duis faucibus elit non nunc posuere dignissim. Sed ullamcorper fringilla felis ac mollis. Nunc blandit tristique auctor. Praesent elementum dictum nulla et vulputate **paper0** Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Integer sed rutrum lacus. Morbi tincidunt dui at augue molestie rhoncus. Curabitur sagittis sed sapien quis vestibulum. Cras dictum sem quam, nec tincidunt augue tempor et **kauffels** Morbi consectetur, dui id scelerisque consequat, velit tortor gravida eros, ac hendrerit massa magna sit amet lacus. Quisque mattis nulla diam, sed efficitur mi fermentum vitae. Nam vestibulum iaculis rhoncus.

Donec feugiat augue leo, a malesuada tortor laoreet eu. Praesent dictum tortor eu egestas sodales. Maecenas rhoncus pretium leo ut sodales. Praesent blandit sit amet ante posuere malesuada. Vestibulum egestas sit amet ex et placerat. In sed dapibus sem, placerat interdum mi. Sed eget eros ante. Duis varius molestie eleifend. Suspendisse eu aliquet velit. Nulla facilisi. Morbi eu sapien in odio viverra luctus.

Praesent nec viverra lacus. Integer eget mattis lectus. Sed id neque erat. Etiam fermentum semper euismod. Fusce interdum non nunc sed efficitur. Donec a justo nec lectus cursus dapibus. Morbi eu gravida enim. Donec tellus eros, suscipit vitae ex tristique, lacinia luctus dolor. Praesent vel tellus blandit nulla tempus faucibus. Curabitur cursus nibh quis lectus pulvinar, id aliquam ipsum ultrices. Aenean interdum turpis est, eget feugiat sapien dapibus et. Nulla facilisi. Integer est quam, lacinia et iaculis porta, cursus vitae quam. Nulla facilisi.

## Oberfläche

Donec auctor, orci eget fermentum semper, justo justo iaculis nunc, a placerat mauris ligula ac ipsum. Praesent tincidunt iaculis mauris. Donec blandit blandit magna, ac rhoncus turpis rutrum at. Etiam rhoncus leo porta nisl eleifend vehicula. Nunc a est egestas, luctus augue in, lacinia orci. Curabitur ultricies, neque sit amet tempor vulputate, diam est dapibus libero, vitae faucibus mauris ante et nisi. Sed efficitur elit ac viverra facilisis. In hac habitasse platea dictumst. In hac habitasse platea dictumst. Etiam eu neque eget eros iaculis iaculis nec eget turpis.

Donec feugiat augue leo, a malesuada tortor laoreet eu. Praesent dictum tortor eu egestas sodales. Maecenas rhoncus pretium leo ut sodales. Praesent blandit sit amet ante posuere malesuada. Vestibulum egestas sit amet ex et placerat. In sed dapibus sem, placerat interdum mi. Sed eget eros ante. Duis varius molestie eleifend. Suspendisse eu aliquet velit. Nulla facilisi. Morbi eu sapien in odio viverra luctus.

Praesent nec viverra lacus. Integer eget mattis lectus. Sed id neque erat. Etiam fermentum semper euismod. Fusce interdum non nunc sed efficitur. Donec a justo nec lectus cursus dapibus. Morbi eu gravida enim. Donec tellus eros, suscipit vitae ex tristique, lacinia luctus dolor. Praesent vel tellus blandit nulla tempus faucibus. Curabitur cursus nibh quis lectus pulvinar, id aliquam ipsum ultrices. Aenean interdum turpis est, eget feugiat sapien dapibus et. Nulla facilisi. Integer est quam, lacinia et iaculis porta, cursus vitae quam. Nulla facilisi.

## Inbetriebnahme unter Windows

Donec auctor, orci eget fermentum semper, justo justo iaculis nunc, a placerat mauris ligula ac ipsum. Praesent tincidunt iaculis mauris. Donec blandit blandit magna, ac rhoncus turpis rutrum at. Etiam rhoncus leo porta nisl eleifend vehicula. Nunc a est egestas, luctus augue in, lacinia orci. Curabitur ultricies, neque sit amet tempor vulputate, diam est dapibus libero, vitae faucibus mauris ante et nisi. Sed efficitur elit ac viverra facilisis. In hac habitasse platea dictumst. In hac habitasse platea dictumst. Etiam eu neque eget eros iaculis iaculis nec eget turpis.

Donec feugiat augue leo, a malesuada tortor laoreet eu. Praesent dictum tortor eu egestas sodales. Maecenas rhoncus pretium leo ut sodales. Praesent blandit sit amet ante posuere malesuada. Vestibulum egestas sit amet ex et placerat. In sed dapibus sem, placerat interdum mi. Sed eget eros ante. Duis varius molestie eleifend. Suspendisse eu aliquet velit. Nulla facilisi. Morbi eu sapien in odio viverra luctus. Praesent nec viverra lacus. Integer eget mattis lectus. Sed id neque erat. Etiam fermentum semper euismod. Fusce interdum non nunc sed efficitur. Donec a justo nec lectus cursus dapibus.

Praesent nec viverra lacus. Integer eget mattis lectus. Sed id neque erat. Etiam fermentum semper euismod. Fusce interdum non nunc sed efficitur. Donec a justo nec lectus cursus dapibus. Morbi eu gravida enim. Donec tellus eros, suscipit vitae ex tristique, lacinia luctus dolor. Praesent vel tellus blandit nulla tempus faucibus. Curabitur cursus nibh quis lectus pulvinar, id aliquam ipsum ultrices. Aenean interdum turpis est, eget feugiat sapien dapibus et. Nulla facilisi. Integer est quam, lacinia et iaculis porta, cursus vitae quam. Nulla facilisi. Curabitur cursus nibh quis lectus pulvinar, id aliquam ipsum ultrices. Aenean interdum turpis est, eget feugiat sapien dapibus et. Nulla facilisi. Integer est quam, lacinia et iaculis porta, cursus vitae quam. Nulla facilisi.

## Inbetriebnahme unter Linux

=====

»»»> 8a18950946a922e331ac98e6f94c2fbe78bc18a0

# Zusammenfassung und Ausblick

Today, mobile communication is a matter of course. Every conventional smartphone is transporting a huge amount of data without any interaction of the user. Because of the good network coverage in most of the populous countries even when the smartphone user moves very quickly, for example in a car or train, the data stream does not brake off. But as soon as you leave the populated

Today, mobile communication is a matter of course. Every conventional smartphone is transporting a huge amount of data without any interaction of the user. Because of the good network coverage in most of the populous countries even when the smartphone user moves very quickly, for example in a car or train, the data stream does not brake off. But as soon as you leave the populated



# Abbildungsverzeichnis

|     |                        |   |
|-----|------------------------|---|
| 2.1 | Bahnelemente . . . . . | 3 |
| 2.2 | Ellipse . . . . .      | 4 |

Alle hier nicht eigens nachgewiesenen Abbildungen stammen vom Autor.

# Tabellenverzeichnis

# Datenblatt XYZ