

Programmentwurf zur Vorhersage von Satellitenbewegungen und zur Ansteuerung einer Hochleistungsantenne

PROJEKTARBEIT
über das dritte Studienjahr

im Studiengang
Elektrotechnik – Nachrichten- und Kommunikationstechnik

an der DHBW Ravensburg
Campus Friedrichshafen

von

Sarah Brückner,
Maximilian Stiefel und
Hannes Bohnengel

27. April 2016

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

Zusammenfassung

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

Erklärung

gemäß §5(3) der „Studien- und Prüfungsordnung der DHBW Technik“ vom 22. September 2011.

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel

Programmentwurf zur Vorhersage von Satellitenbewegungen und zur Ansteuerung einer Hochleistungsantenne

selbständig angefertigt, nicht anderweitig zu Prüfungszwecken vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und wörtliche sowie sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Friedrichshafen, den 27. April 2016

Sarah Brückner

Maximilian Stiefel

Hannes Bohnengel

Inhaltsverzeichnis

Formelgrößen und Einheiten	I
Abkürzungen	II
1 Einleitung	1
2 Zweiter Teil	2
2.1 Section 1	2
2.1.1 Subsection 1	2
2.1.2 Subsection 2	2
2.2 Section 2	2
3 Hintergründe	3
3.1 Bahnmechanik	3
3.1.1 Die Bahnelemente	3
3.1.2 Vorhersagemodelle	6
4 Zweiter Teil	7
4.1 Section 1	7
4.1.1 Subsection 1	7
4.1.2 Subsection 2	7
4.2 Section 2	7
5 Zusammenfassung	8
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
A Datenblatt XYZ	V

Formelgrößen und Einheiten

Formelzeichen	Einheit	Abkürzung	Physikalische Größe
R	Ohm	Ω	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

1 | Einleitung

2 | Zweiter Teil

2.1 Section 1

2.1.1 Subsection 1

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

2.1.2 Subsection 2

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

2.2 Section 2

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

3 | Hintergründe

3.1 Bahnmechanik

3.1.1 Die Bahnelemente

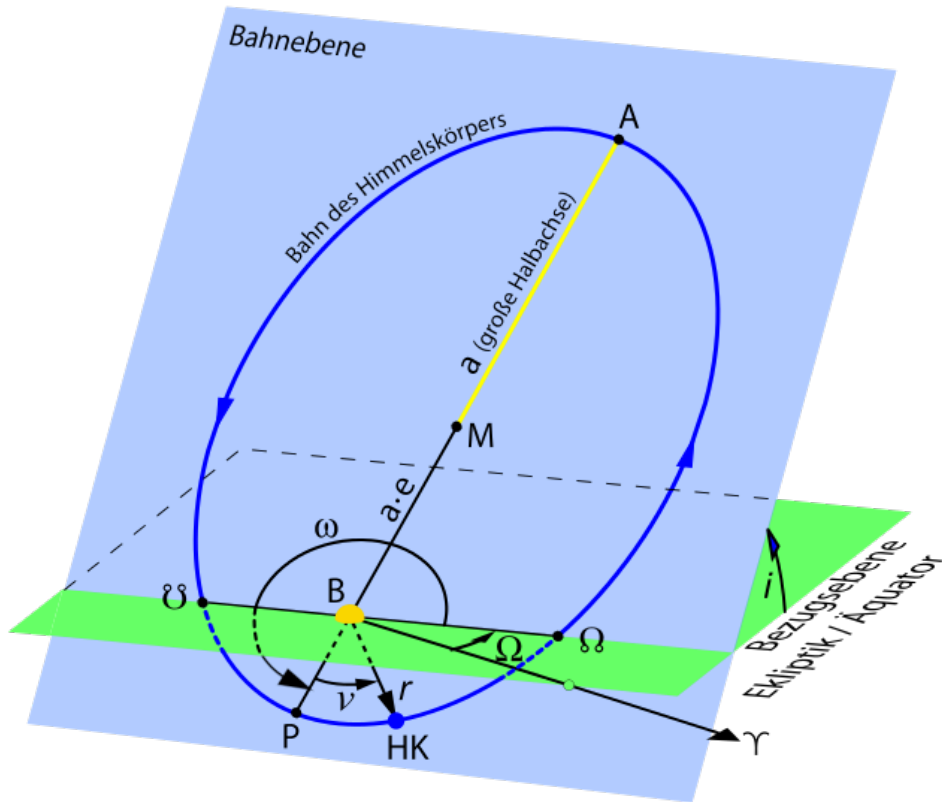


Abbildung 3.1: Bahnelemente, Quelle: Wikipedia

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 3.1 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 3.2.

$$E = \{P | \overline{F_1P} + \overline{F_2P} = 2a = \textit{konstant}\} \quad (3.1)$$

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

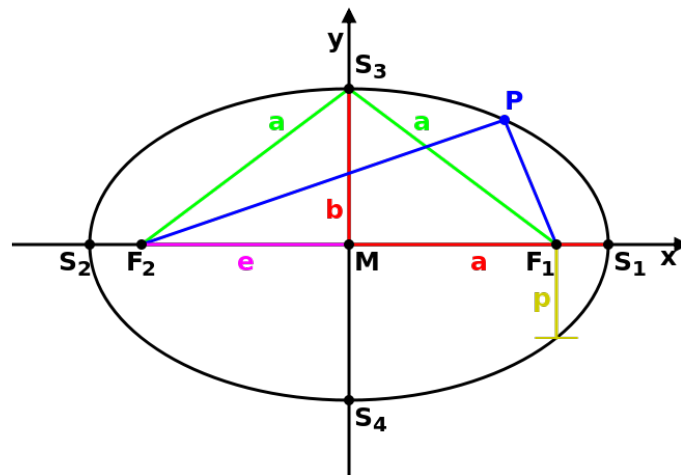


Abbildung 3.2: Ellipse, Quelle: Wikipedia

$\overline{MS_2}$. 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 abgesprochen. 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** (Ω) ist jener Winkel, der zwischen einer Geraden vom Brennpunkt (B) zum Frühlingspunkt (γ) und einer Geraden vom Brennpunkt zum aufsteigenden Knoten (Ω) 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.

3.1.2 Vorhersagemodelle

4 | Zweiter Teil

4.1 Section 1

4.1.1 Subsection 1

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

4.1.2 Subsection 2

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

4.2 Section 2

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

5 | Zusammenfassung

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

3.1	Bahnelemente	3
3.2	Ellipse	4

Tabellenverzeichnis

A | Datenblatt XYZ