

Tobias Schüttler

# Satelliten- navigation



Wie sie funktioniert  
und wie sie unseren Alltag  
beeinflusst

SACHBUCH



Springer

---

# Technik im Fokus

Die Buchreihe Technik im Fokus bringt kompakte, gut verständliche Einführungen in ein aktuelles Technik-Thema.

Jedes Buch konzentriert sich auf die wesentlichen Grundlagen, die Anwendungen der Technologien anhand ausgewählter Beispiele und die absehbaren Trends.

Es bietet klare Übersichten, Daten und Fakten sowie gezielte Literaturhinweise für die weitergehende Lektüre.

---

Tobias Schüttler

# Satellitennavigation

Wie sie funktioniert und wie sie  
unseren Alltag beeinflusst

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

 Springer

Tobias Schüttler  
Habach, Deutschland

ISSN 2194-0770

ISSN 2194-0789 (electronic)

Technik im Fokus

ISBN 978-3-662-58050-9

ISBN 978-3-662-58051-6 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58051-6>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2014, 2022  
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Michael Kottusch

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Danksagung

Ich danke den Lektorinnen und Lektoren des Springer Verlages für ihre Geduld und ihre professionelle Unterstützung. Meiner Frau Lisa danke ich dafür, dass sie mir den Freiraum geschaffen hat, der erforderlich war, um mich mit diesem spannenden Thema auseinanderzusetzen.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundprinzipien der Satellitennavigation</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Das erste Satellitenortungssystem: Transit</b> .....	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>NAVSTAR GPS</b> .....	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>GLONASS</b> .....	<b>107</b>
<b>5</b>	<b>Galileo</b> .....	<b>119</b>
<b>6</b>	<b>Anwendungen der Satellitennavigation</b> .....	<b>139</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>163</b>



# Grundprinzipien der Satellitennavigation

# 1

Das Wort Satellitennavigation wird meist als eine Art Überbegriff verwendet, bezeichnet jedoch eigentlich zwei unterschiedliche Dinge: neben der Ortung, also dem Ermitteln der eigenen Position, mit Hilfe von Satellitentechnologie, bedeutet Navigation eine Hilfe bei der Fortbewegung hin zu einem bestimmten Ziel. In der Umgangssprache ist damit aber meist beides, also die Satellitenortung und die Satellitennavigation gemeint, was streng genommen nicht ganz exakt ist. Da sich das vorliegende Buch jedoch in erster Linie nicht an derart spezialisiertes Fachpublikum wendet, welches sich an dieser Unsauberkeit stören könnte, sondern eher an Leser, deren Fokus in erster Linie auf allgemeiner Verständlichkeit liegt, ohne dabei auf den Anspruch auf prinzipielle fachliche Korrektheit zu verzichten, sei diese kleine Unsauberkeit verziehen.

Überhaupt möchte ich darauf hinweisen, dass jede Art von didaktischer Rekonstruktion, also letztlich der Versuch des Verständlich Machens von komplizierten Inhalten, immer die Gefahr in sich trägt, nicht jede denkbare Eventualität zu berücksichtigen, stellenweise lediglich auf Prinzipien zu verweisen und letztlich der Komplexität eines Sachverhaltes nicht vollständig gerecht zu werden. Daher halte ich es für angebracht, einleitend zu klären, was Sie von diesem Buch erwarten können und was nicht (Tab. 1.1).

**Tab. 1.1** Zum Inhalt dieses Buches

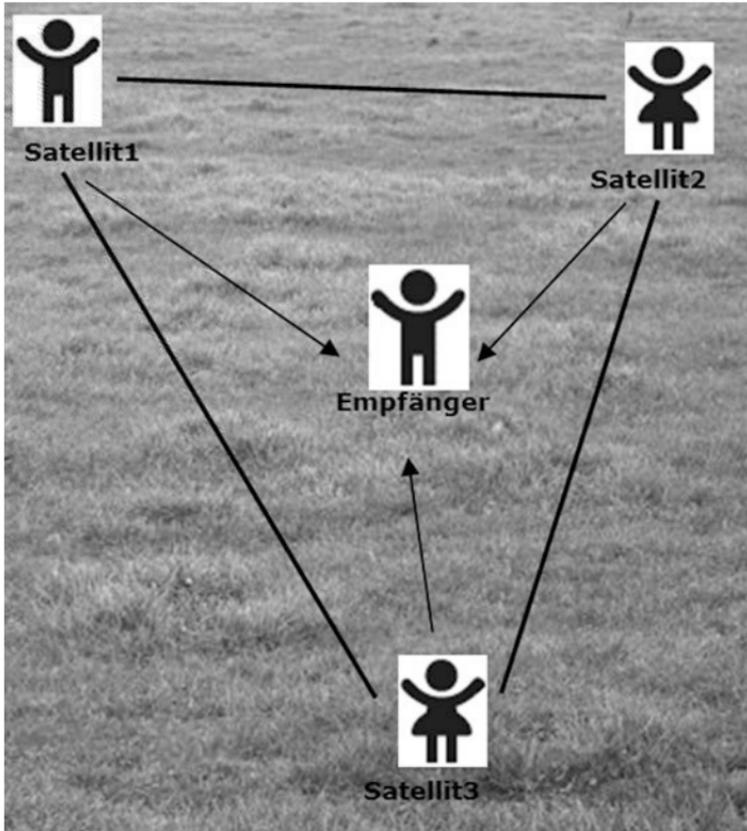
Das dürfen Sie erwarten	Das dürfen Sie nicht erwarten
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständliche, weitgehend formelfreie Darstellung der prinzipiellen Funktionsweise der Satellitenortung</li> <li>• Beschreibung einer ganzen Reihe von Anwendungen aus unterschiedlichen Gebieten</li> <li>• Einblicke in eine faszinierende Technologie, welche ohne die Erkenntnisse der modernen Naturwissenschaften undenkbar wäre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herleitungen der Formeln, welche bei der Satellitennavigation eine Rolle spielen</li> <li>• Exakte Beschreibung und Erklärung der Empfänger- und Antennentechnik</li> <li>• Mathematische Berechnungen jenseits der Grundrechenarten</li> <li>• Politische Hintergründe zu Galileo</li> <li>• Eine Anleitung zum Geo-caching und anderen Aktivitäten mit Satellitennavigationsempfängern</li> </ul>

## 1.1 Ein Mitmachexperiment zum Einstieg

Das grundlegende Funktionsprinzip der Satellitennavigation ist schnell erklärt – am besten ist es, wenn man dieses Prinzip gemeinsam mit ein paar (mindestens drei) befreundeten Interessierten einfach einmal im Freien nachspielt. Dazu benötigen Sie Papier, Bleistift, Zirkel und Lineal, ein Luftbild des eigenen Standorts (z. B. von Googlemaps), eine Stoppuhr und natürlich: ein Smartphone bzw. einen GPS-Empfänger.

Die Grundidee ist, dass man die Position eines Empfängers relativ zu einer bestimmten Anzahl von Satelliten bestimmt. Wenn nun die Position der Satelliten bekannt ist (und das ist sie!), kann man daraus die Position des Empfängers ableiten.

In der realen technischen Umsetzung, wie bei GPS, ist dieses Prinzip, wie wir noch sehen werden, ziemlich komplex, als Spiel jedoch recht einfach: Sie selbst und Ihre Mitspieler bilden ein Satellitennavigationssystem auf dem Boden nach. Dazu müssen drei Spieler Satelliten (beziehungsweise deren Signale) darstellen und einer den Empfänger. Legen Sie zu Beginn des Spiels zuerst einmal eine „Satellitenkonstellation“ fest. Dazu sucht man sich Geländepunkte auf dem Luftbild aus, welche man in der Realität gut wiederfinden kann, beispielsweise Bäume oder Ecken von



**Abb. 1.1** Bilden einer „Satellitenkonstellation“. (Quelle: Autor)

Gebäuden. Es werden drei Satelliten benötigt, daher auch drei markante Punkte – vergleiche Abb. 1.1.

Im Spiel sind die Satelliten zugleich auch deren eigene Funk-signale. Der Einfachheit halber legen wir fest, dass Sie, lieber Leser, in diesem Spiel den Empfänger spielen, Ihre Mitspieler die Satelliten(-signale). Nacheinander müssen nun die Signale einzelnen (Sie bekämen sonst arge Probleme mit der Signalverarbeitung) zum Empfänger, also zu Ihnen hin gehen. Dies tun sie möglichst gleichförmig, also geradlinig und mit konstanter Geschwindigkeit und, um leichter rechnen zu können, mit ungefähr vier km/h. Die