

# Technik im Fokus

Konzeption der Energie-Bände in der Reihe Technik im Fokus: Prof. Dr.-Ing. Viktor Wesselak, Institut für Regenerative Energiesysteme, Fachhochschule Nordhausen

## **Technik im Fokus**

Photovoltaik – Wie Sonne zu Strom wird

Wesselak, Viktor; Voswinckel, Sebastian, ISBN 978-3-642-24296-0

Komplexität – Warum die Bahn nie pünktlich ist

Dittes, Frank-Michael, ISBN 978-3-642-23976-2

Kernenergie – Eine Technik für die Zukunft?

Neles, Julia Mareike; Pistner, Christoph (Hrsg.), ISBN 978-3-642-24328-8

Energie – Die Zukunft wird erneuerbar

Schabbach, Thomas; Wesselak, Viktor, ISBN 978-3-642-24346-2

Werkstoffe – Unsichtbar, aber unverzichtbar

Weitze, Marc-Denis; Berger, Christina, ISBN 978-3-642-29540-9

Werkstoff Glas – Alter Werkstoff mit großer Zukunft

Schaeffer, Helmut; Langfeld, Roland, ISBN 978-3-642-37230-8

3D-Drucken – Wie die generative Fertigungstechnik funktioniert

Fastermann, Petra, ISBN 978-3-642-40963-9

Wasserstoff und Brennstoffzellen – Unterwegs mit dem saubersten Kraftstoff

Lehmann, Jochen; Luschtinetz, Thomas, ISBN 978-3-642-34667-5

Weitere Bände zur Reihe finden Sie unter

<http://www.springer.com/series/8887>

Tobias Schüttler

# Satellitennavigation

Wie sie funktioniert und wie sie  
unseren Alltag beeinflusst



Springer Vieweg

Tobias Schüttler  
Benediktbeuern, Deutschland

ISSN 2194-0770

ISBN 978-3-642-53886-5

ISBN 978-3-642-53887-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-53887-2

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

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

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 Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

*Umschlaggestaltung:* ESA–P. Carril

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media

[www.springer-vieweg.de](http://www.springer-vieweg.de)

---

## Vorwort

Meinen ersten Kontakt mit dem Thema Satellitennavigation hatte ich 2003 im Rahmen meiner damaligen studentischen Tätigkeit im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen bei der Betreuung des gleichnamigen Experimentes. Für viele gute und geduldige Erklärungen danke ich in diesem Zusammenhang Dr. Johann Furthner. Dr. Dieter Hausmann danke ich ganz besonders dafür, mich zum Schreiben dieses Buches motiviert zu haben. Den Lektorinnen des Springer Verlages sei Dank für ihre Geduld – das gesteckte Ziel, das Manuskript des Buches abzugeben, bevor Galileo den operationellen Dienst aufnimmt, habe ich gnadenlos ausgereizt. Zu guter Letzt danke ich meiner Frau für ihre Geduld mit mir.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundprinzipien der Satellitennavigation</b>	1
1.1	Ein Mitmachexperiment zum Einstieg	2
1.2	Grundlagen der Navigation – bei der nächsten Welle bitte links abbiegen	7
1.2.1	Navigationswerkzeuge	8
1.2.2	Koordinaten auf der Erde	19
1.2.3	Karten und das WGS 84	23
<b>2</b>	<b>Das erste Satellitenortungssystem: Transit</b>	29
2.1	Systemarchitektur	32
2.1.1	Bodensegment	32
2.1.2	Raumsegment	33
2.1.3	Nutzersegment	35
2.2	Funktionsprinzip des Transit Systems	35
<b>3</b>	<b>NAVSTAR GPS</b>	43
3.1	Systemarchitektur	43
3.1.1	Bodensegment	44
3.1.2	Raumsegment	45
3.1.3	Nutzersegment	52
3.2	Funktionsprinzip	52
3.2.1	Laufzeitmessung	56
3.2.2	Atomuhren	58
3.2.3	Informationsübertragung mit elektro- magnetischen Wellen	62

3.2.4	Satellitensignale und Navigationsmitteilung . . .	69
3.2.5	Pseudozufalls Codes und Autokorrelation . . .	72
3.2.6	Die GPS-Codes . . . . .	75
3.2.7	Auswertung der Satellitensignale . . . . .	76
3.3	Genauigkeit und Fehlerursachen . . . . .	80
3.3.1	Systemimmanente Fehler . . . . .	81
3.3.2	Atmosphärenbedingte Fehler . . . . .	82
3.3.3	Einfluss der Satellitengeometrie . . . . .	84
3.3.4	Fehler durch Mehrwegeeffekte . . . . .	86
3.3.5	Zusammenfassung der Fehlergrößen und Systemintegrität . . . . .	87
3.4	Ergänzungen zu GPS . . . . .	89
3.4.1	Differentielles GPS (DGPS) . . . . .	90
3.4.2	WAAS und EGNOS . . . . .	94
<b>4</b>	<b>GLONASS</b> . . . . .	99
4.1	Systemarchitektur . . . . .	99
4.1.1	Bodensegment . . . . .	100
4.1.2	Raumsegment . . . . .	102
4.1.3	Nutzersegment . . . . .	105
4.2	Funktionsprinzip . . . . .	106
<b>5</b>	<b>Galileo</b> . . . . .	111
5.1	Systemarchitektur . . . . .	114
5.1.1	Bodensegment . . . . .	115
5.1.2	Raumsegment . . . . .	117
5.1.3	Nutzersegment . . . . .	122
5.2	Funktionsprinzip . . . . .	125
<b>6</b>	<b>Anwendungen der Satellitennavigation</b> . . . . .	129
6.1	Militärische Anwendungen . . . . .	129
6.2	Zivile Anwendungen . . . . .	134
6.2.1	GNSS im Straßenverkehr . . . . .	134
6.2.2	GNSS auf der Schiene . . . . .	137
6.2.3	GNSS in der Seefahrt . . . . .	139
6.2.4	GNSS in der zivilen Luftfahrt . . . . .	139

---

6.2.5 Outdoor und Freizeit . . . . .	142
6.2.6 Wissenschaftliche Anwendungen . . . . .	145
6.2.7 Weitere Anwendungen . . . . .	146
<b>Literatur</b> . . . . .	149
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	151