

Einflüsse von Erdkabeln und Freileitungen auf die Zuverlässigkeit von automatischen Lenksystemen

Patrick Noack, David Eder, Norbert Bleisteiner

08.10.2021



Einleitung & Motivation

Digitale Landwirtschaft

- Die Digitalisierung in der Landwirtschaft nimmt zu.
- Vor allem im Bereich der Außenwirtschaft werden in diesem Zusammenhang GNSS-Sensoren eingesetzt:
 - Steuerung und Regelung von Anbaugeräten (Mengensteuerung)
 - Kartierung von Boden- und Pflanzeigenschaften
 - Automatisiertes Lenken von Fahrzeugen
 - Autonome Systeme (Feldrobotik)
- Die Systeme dienen der ökonomischen und ökologischen Optimierung.
- Die Integrität muss aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Sicherheit jederzeit gewährleistet sein.

Stand des Wissen

- Mehrfach berichteten Landwirte von Lenksystem-Ausfällen unter oder in der Nähe von Freileitungen.
- Silva und Olsen (2002)
 - elektromagnetische Interferenzen können GNSS-Empfänger stören
 - GNSS-Signale können durch elektromagnetische Felder abgelenkt werden
- De Bakker (2007)
 - Potentielle Reduktion des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR)
- Bancroft und Morrison (2011)
 - Kein Einfluss von Starkstromleitungen auf GNSS im stationären Betrieb nachweisbar

Bancroft, Jared; Morrison, Aiden (2011): Effects of Transmission Lines on Global Positioning Systems. Hg. v. Department of Geomatics Engineering. University of Calgary. Winnipeg.

De Bakker, Peter F. (2007): Effects of Radio Frequency Interference on GNSS Receiver Out-put. Hg. v. esa. TU Delft.

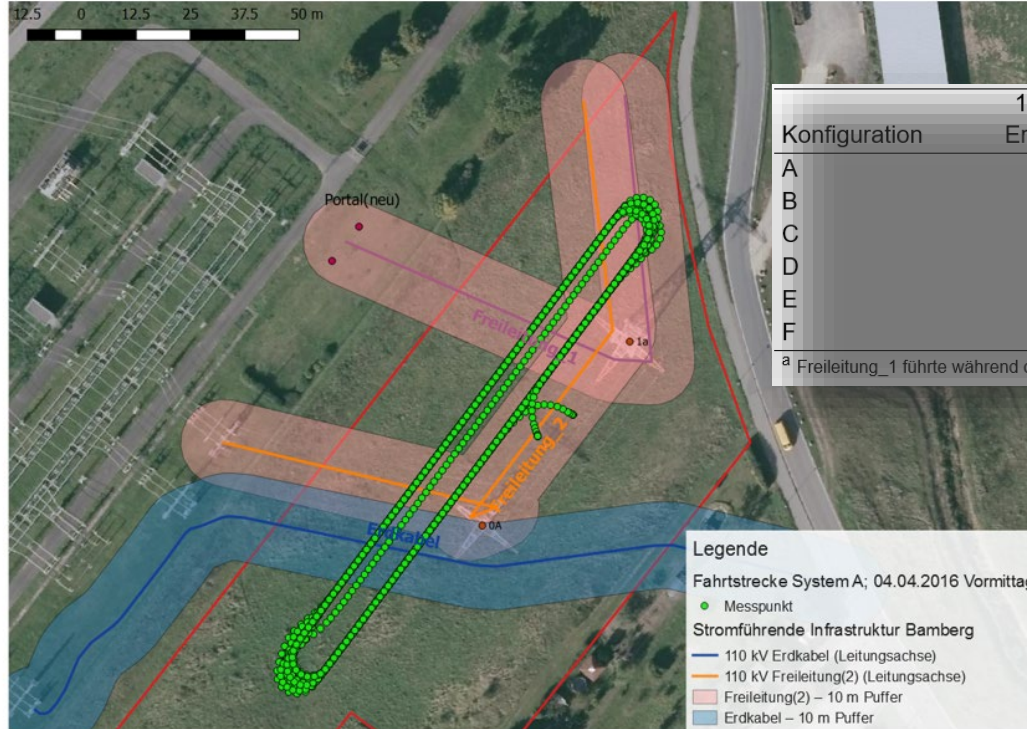
Silva, J. M.; Olsen, R. G. (2002): Use of Global Positioning System (GPS) receivers under power-line conductors. In: IEEE Trans. Power Delivery 17 (4), S. 938–944. DOI: 10.1109/TPWRD.2002.803791.

Material und Methoden

Versuchsdesign

- Zwei Standorte mit Freileitungen bzw. Freileitungen und Erdkabel (110 bis 380 kV)
- Drei unterschiedliche, handelsübliche Schlepper/Lenksysteme
- Pro Standort zwei Messkampagnen an aufeinander folgenden Tagen im April/Mai 2016
- Durchführung von drei Messfahrten à 1 h pro Tag
- Fahrt im (+/- 10 m) und außerhalb des Einflussbereichs der Leitungen
- Geschwindigkeit variabel zwischen 5 und 20 km/h
- Kontinuierliche Aufzeichnung von NMEA-Daten (GGA, GSA, GST, VTG) mit 1 Hz
- Auswertung der Daten mit einem geographischen Informationssystem

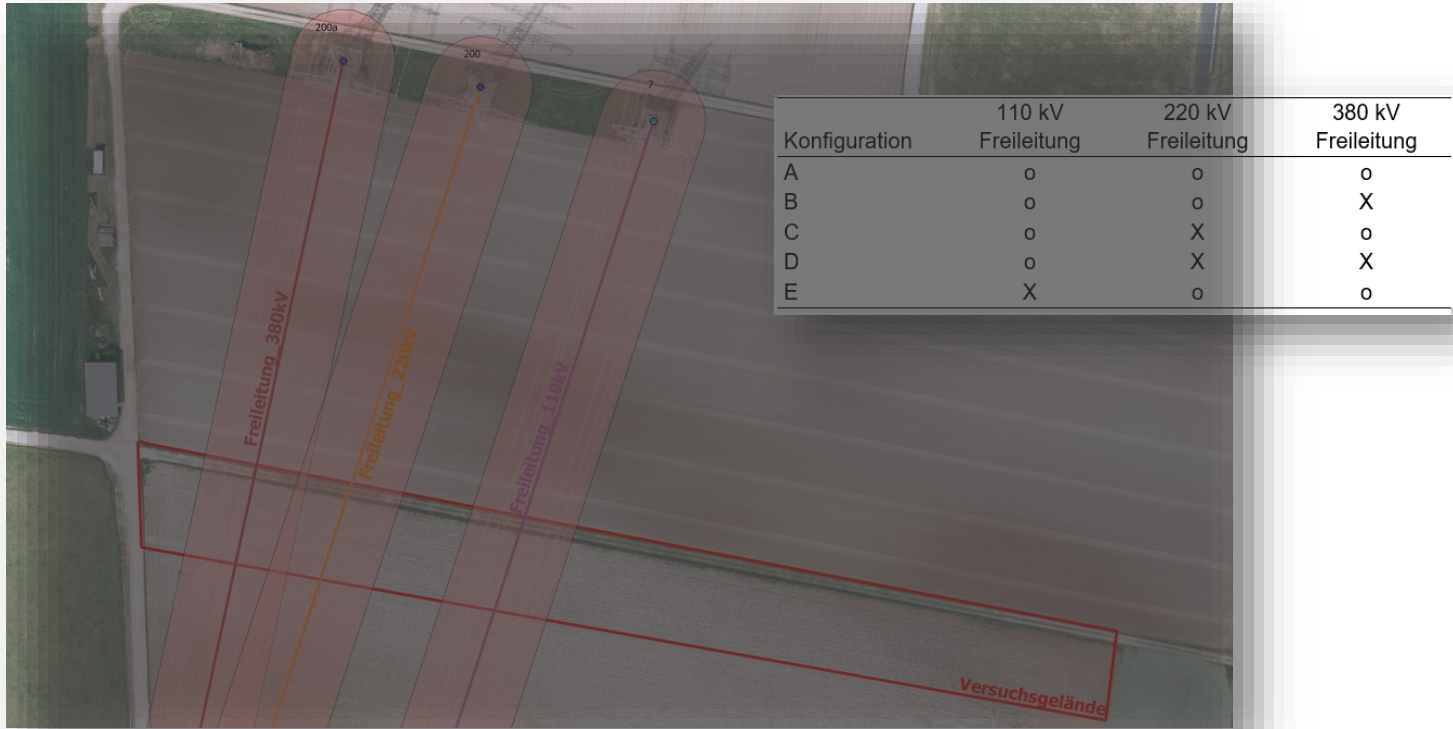
Versuchsaufbau Standort 1



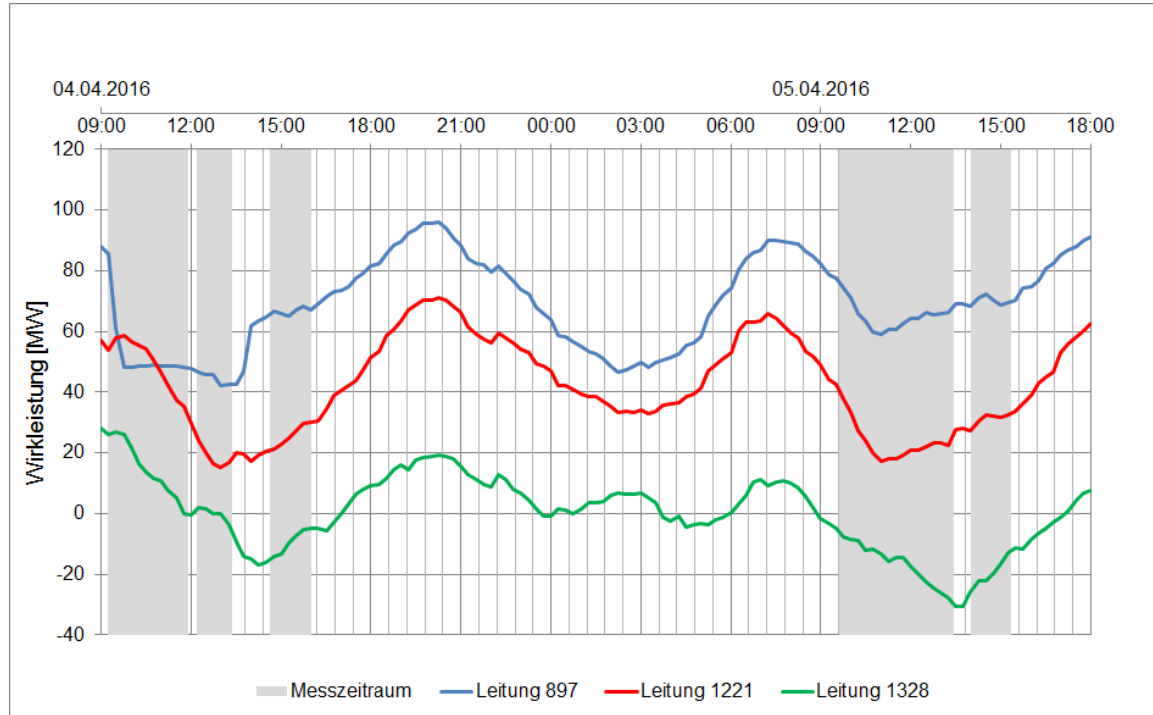
Konfiguration	110 kV Erdkabel	110 kV Freileitung_1 ^a	110 kV Freileitung_2
A	o	o	o
B	o	o	X
C	o	X	o
D	o	X	X
E	X	o	o
F	X	o	X

^a Freileitung_1 führte während der Messungen keinen Strom

Versuchsaufbau Standort 2



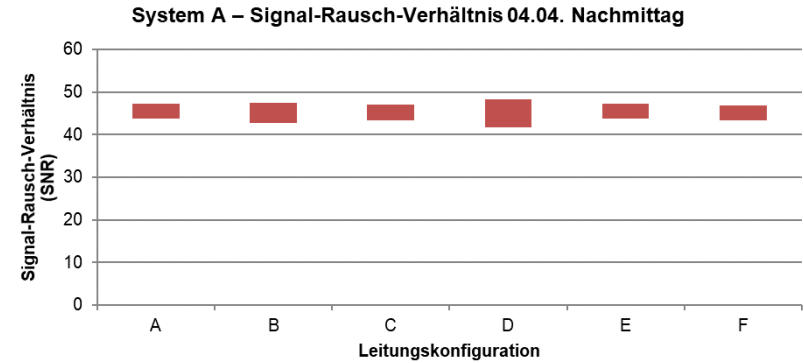
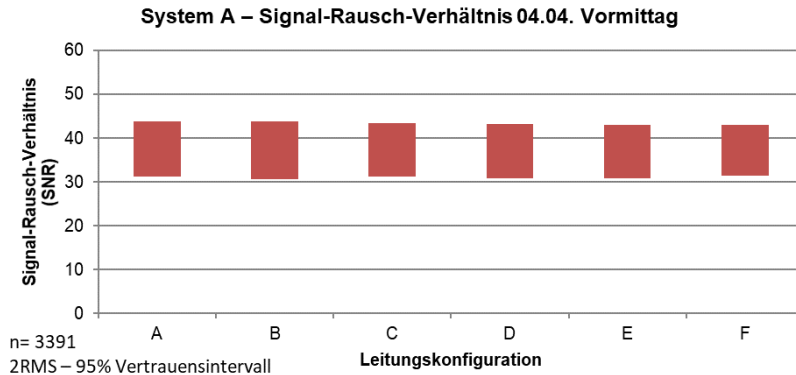
Wirkleistung und Messzeitraum



Messungen fanden nicht im optimalen Zeitraum statt

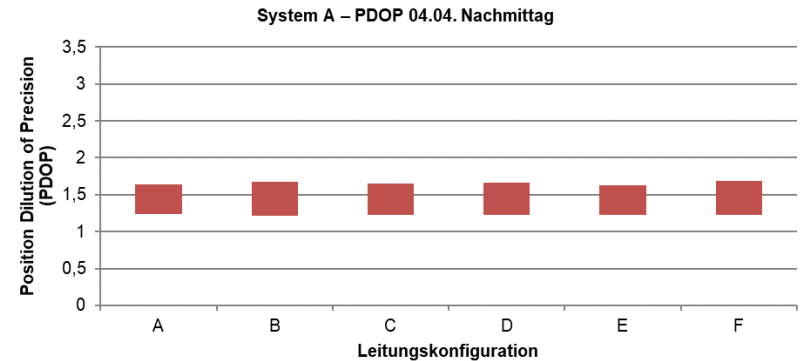
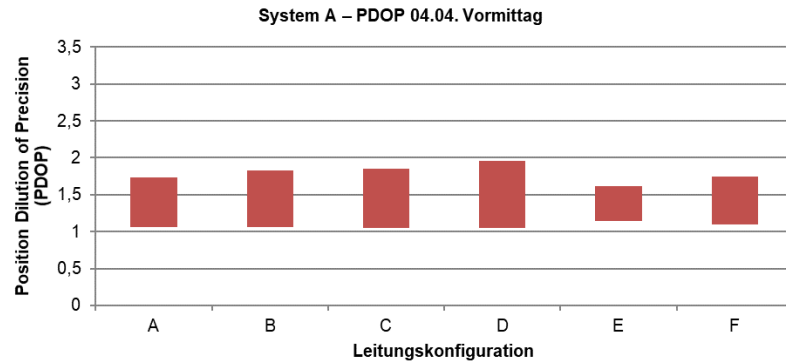
Ergebnisse + Diskussion

Signal-Rausch-Verhältnis (Standort 1)



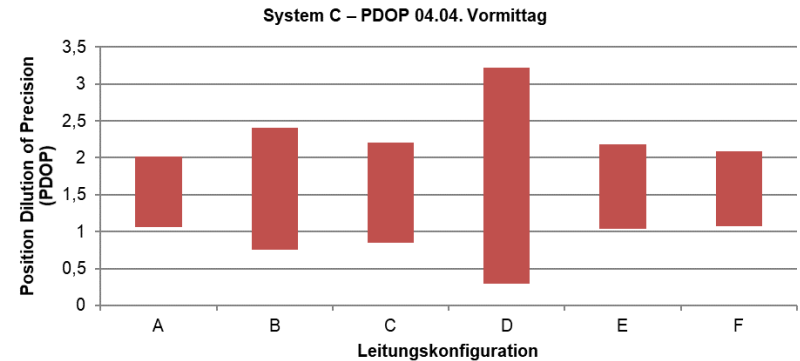
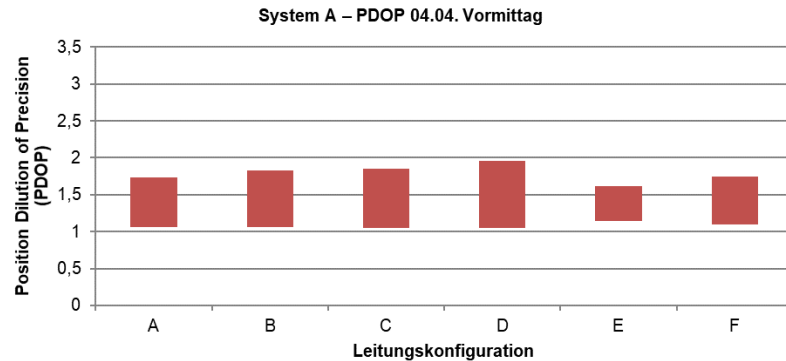
- Unterschiede zwischen Tageszeiten größer als zwischen Konfigurationen

PDOP - Konstellation (Standort 1)



- Unterschiede zwischen Tageszeiten größer als zwischen Konfigurationen

PDOP - Konstellation (Standort 1)



- Unterschiede zwischen Systemen größer als zwischen Konfigurationen

Ausfall Korrektursignal (GNSS-Status), Standort 1

04.04.2016

Geschwindigkeit > 1 km/h

			System A				System B				System C				Tageszeit				
			Status				Status				Status				Status				
		Erdleitung	Oberleitung	1	2	4	5	1	2	4	5	1	2	4	5	1	2	4	5
Vormittag		0	0	10	0	1631	0	0	0	591	0	0	1333	930	0	10	1333	3152	0
		0	1	34	0	1102	0	0	0	457	0	0	799	646	0	34	799	2205	0
		1	0	0	0	242	0	0	0	88	0	0	182	129	0	0	182	459	0
		1	1	1	0	372	0	0	0	121	0	0	268	231	0	1	268	724	0
Mittag		0	0	0	0	1639	0	0	0	1107	0	0	1343	208	0	0	1343	2954	0
		0	1	16	0	1138	0	0	0	744	0	0	990	192	0	16	990	2074	0
		1	0	0	0	263	0	0	0	195	0	0	212	40	0	0	212	498	0
		1	1	0	0	322	0	0	0	242	0	0	280	45	0	0	280	609	0
Nachmittag		0	0	0	0	1899	0	0	0	1345	0	0	1927	15	0	0	1927	3259	0
		0	1	0	0	1179	0	0	0	814	0	0	1061	10	0	0	1061	2003	0
		1	0	0	0	273	0	0	0	196	0	0	266	8	0	0	266	477	0
		1	1	0	0	342	0	0	0	272	0	0	330	8	0	0	330	622	0
System		0	0	10	0	5169	0	0	0	3043	0	0	4603	1153	0				
		0	1	50	0	3419	0	0	0	2015	0	0	2850	848	0				
		1	0	0	0	778	0	0	0	479	0	0	660	177	0				
		1	1	1	0	1036	0	0	0	635	0	0	878	284	0				
Anteil Leitung				50.50%				50.70%				49.74%				50.23%			
Anteil Status <> 4 über/unter Leitung				0.97%				0.00%				77.02%				31.46%			
Anteil Status <> 4 ohne Leitung				0.19%				0.00%				79.97%				33.00%			

Ausfall Korrektursignal (GNSS-Status), Standort 1

05.04.2016

Geschwindigkeit > 1 km/h

			System A				System B				System C				Tageszeit				
			Status				Status				Status				Status				
		Erdleitung	Oberleitung	1	2	4	5	1	2	4	5	1	2	4	5	1	2	4	5
Vormittag		0	0	0	0	1757	0	0	0	1848	0	0	0	1754	0	0	0	5359	0
		0	1	0	0	1058	0	0	0	1183	0	0	22	1063	0	0	22	3304	0
		1	0	0	0	232	1	0	0	249	0	0	0	245	0	0	0	726	1
		1	1	1	0	286	2	0	0	335	0	0	0	316	0	1	0	937	2
Mittag		0	0	0	0	1790	0	0	0	1879	0	0	343	1494	0	0	343	5163	0
		0	1	0	0	1070	0	0	0	1086	0	0	164	866	0	0	164	3022	0
		1	0	0	0	229	0	0	0	236	0	0	47	201	0	0	47	666	0
		1	1	0	0	300	0	0	0	328	0	0	58	266	0	0	58	894	0
Nachmittag		0	0	0	0	1837	0	0	0	1952	0	0	7	1968	0	0	7	5757	0
		0	1	1	0	1091	0	0	3	1120	0	0	6	266	0	1	9	2477	0
		1	0	0	0	232	0	0	0	250	0	0	0	1116	0	0	0	1598	0
		1	1	0	0	319	0	0	0	338	0	0	0	346	0	0	0	1003	0
System		0	0	0	0	5384	0	0	0	5679	0	0	350	5216	0				
		0	1	1	0	3219	0	0	3	3389	0	0	192	2195	0				
		1	0	0	0	693	1	0	0	735	0	0	47	1562	0				
		1	1	1	0	905	2	0	0	1001	0	0	58	928	0				
Anteil Leitung			47.25%				47.45%				47.23%				47.31%				
Anteil Status <> 4 über/unter Leitung			0.10%				0.06%				5.96%				2.04%				
Anteil Status <> 4 ohne Leitung			0.00%				0.00%				6.29%				2.10%				

Ausfall Korrektursignal (GNSS-Status), Standort 2

System A – 04.05. Vormittag		GPS-Status						
Konfiguration	Anzahl			Anteil				
	1	2	4	5	1	2	4	5
A		3564			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
B		483			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
C		382			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
D		48			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
E		434			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%

System A – 04.05. Nachmittag		GPS-Status						
Konfiguration	Anzahl			Anteil				
	1	2	4	5	1	2	4	5
A		2596			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
B		356			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
C		318			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
D		40			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
E		353			0,0%	0,0%	100,0%	0,0%

System C – 04.05. Vormittag		GPS-Status						
Konfiguration	Anzahl			Anteil				
	1	2	4	5	1	2	4	5
A	135	5304			0,0%	2,5%	97,5%	0,0%
B	33	749			0,0%	4,2%	95,8%	0,0%
C	37	636			0,0%	5,5%	94,5%	0,0%
D	3	80			0,0%	3,6%	96,4%	0,0%
E	47	647			0,0%	6,8%	93,2%	0,0%

System C – 04.05. Nachmittag		GPS-Status						
Konfiguration	Anzahl			Anteil				
	1	2	4	5	1	2	4	5
A	313	2465			0,0%	11,3%	88,7%	0,0%
B	45	306			0,0%	12,8%	87,2%	0,0%
C	39	301			0,0%	11,5%	88,5%	0,0%
D	4	39			0,0%	9,3%	90,7%	0,0%
E	59	325			0,0%	15,4%	84,6%	0,0%

Ausfall Korrektursignal abhängig vom System, kaum von Konfiguration

Zusammenfassung

1. Ein negativer Einfluss der stromführenden Infrastruktur auf die Zuverlässigkeit von automatischen Lenksystemen ist nicht nachweisbar.
2. Die in 1. getroffene Aussage hat auch für verschiedene Tageszeiten, Orte und Lenksysteme Bestand.
3. Die Ergebnisse von System C legen im Vergleich mit den System A und B nahe, dass ein ordnungsgemäß installiertes und konfiguriertes Lenksystem nicht von Freileitungen oder Kabeln beeinflusst wird.
4. An beiden Standorten waren die Stromleitungen während der Messfahrten nie voll belastet. Aussagen über Leistungsspitzen und deren Einfluss konnten deshalb nicht getroffen werden.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Patrick Noack, David Eder, Norbert Bleisteiner

08.10.2021

*Applied Sciences
for Life*