

Universität der Bundeswehr München



Drahtloses Sensorennetzwerk

Bellgardt, Grote, Menzel, Nerb, Ulit

Prüfer: Prof.Dr.-Ing Thomas Kuttner

Projektbericht

eingereicht im Februar 2024

Vorwort

TODO:

Im Rahmen des Moduls Experimentaltechnik des Studiengangs Computer Aided Engineering wurde dieses Projekt über zwei Trimester hinweg durchgeführt. Ziel des Moduls war das Erlangen von Kenntnissen und Fähigkeiten in der Planung, Auswertung, Dokumentation und Präsentation experimenteller Untersuchungen an technischen Bauteilen zu vermitteln.

Dieser Bericht stellt die Ergebnisse und Erkenntnisse unserer Projektarbeit "Netzwerk aus Sensoren" da. Neben der Beschreibung des jeweiligen Versuchsaufbaus und der eingesetzten Messtechnik werden die Vorgehensweise, die gewonnenen Messdaten sowie deren Auswertung erläutert. Abschließend werden die Resultate kritisch vorgestellt, auf Probleme eingegangen sowie Optimierungspotenziale aufgezeigt.

Wir danken allen Beteiligten für die Unterstützung und Anregungen während dieses Projekts, insbesondere Frau Ghosh, Herrn Professor Kuttner und Herrn Krammer.

Inhaltsverzeichnis

Listingverzeichnis	I
1 Einführung in den Versuch	1
1.1 Einleitung (Menzel)	1
1.2 Zielsetzung (Menzel)	1
1.3 Aufgabenverteilung (Menzel)	3
2 Stand der Technik	5
2.1 Biegebalken (Menzel)	5
2.1.1 Aufbau des Biegebalkens	5
2.1.2 Wahl des Messverfahrens	5
2.1.3 Berechnung der Sensitivity	6
2.2 Messbox (Nerb)	8
2.3 Fahrrad (Bellgardt, Menzel)	8
2.4 Flying Suit (Grote, Nerb, Ulit)	8
2.5 Software (Grote)	8
3 Versuchsplanung	9
3.1 Allgemein	9
3.2 Fahrrad	9
3.3 Flying Suit	9
4 Durchgeführte Versuche und Lösungswege	10
5 Ergebnisse	11
6 Interpretation und Schlussfolgerung	12
7 Fazit	13
7.1 Probleme	13
7.1.1 Limitierung durch Gateway	13
7.1.2 gelieferte Konfiguration des VLINK200	13
A Anhang	14
A.1 Anhang 1	14
Literaturverzeichnis	15

Listingverzeichnis

1 | Einführung in den Versuch

TODO:

1.1 Einleitung (Menzel)

Die Im Rahmen dieses Projekts zu behandelnde Aufgabe ist der Aufbau eines Netzwerks aus Sensoren. Während des HT2024 und des WT2025 hat sich unsere Gruppe mindestens einmal wöchentlich getroffen. Das Projekt umfasste sowohl die Planung, als auch die Durchführung und Auswertung von Messaufbauten und Versuchen. Als Grundlage diente ein bereits bestehender Versuchsaufbau an einem Fahrrad, siehe ???. Da im Laufe des Projekts in verschiedenen Entwicklungsteams gearbeitet wurde und jede Gruppe eigenständig an ihren Berichten arbeitete kann es zu Doppelungen im Bericht kommen.

1.2 Zielsetzung (Menzel)

Ein Ziel des Projekts ist es, den bestehenden Aufbau am Fahrrad weiterzuentwickeln und zu verbessern. Hierbei soll die neu entwickelte Technik angewendet werden und vom alten Aufbau sollen lediglich die bereits am Fahrradlenker angebrachten Dehnungsmessstreifen verwendet werden.

Ein weiteres Ziel ist es, an einem anderen Aufbau Sensoren anzubringen. Dieser andere Aufbau stellt den von LandurisStudio¹ entwickelten Flying Suit dar. LandurisStudio ist ein Münchener Startup Unternehmen.

Dies soll durch die Verwendung des VLINK200 Nodes der Hersteller LORD/HBK stattfinden. Dieses Unternehmen bietet Lösungen für drahtlose Sensornetzwerke an. Diese werden in der Industrie und dem Internet of Things, sowie auch in der Forschung und im Maschinen und Anlagenbau verwendet. Dort wird sie vor allem im Bereich der predictive Maintenance eingesetzt. Der Node verfügt über 8 Eingänge, 4 $\pm 156\text{mV}$ Differenzeingänge und 4 $\pm 156\text{mV}$ Single-Ended Eingänge. Er gewährleistet eine verlustfreie Datenübertragung sowie auch die Speicherung von Messdaten. Man kann den Node über interne, austauschbare Batterien und externe Akkus betreiben.

Abbildung 1.1 zeigt die Funktionsweise der drahtlosen Datenübertragung. Ein an das Node angeschlossener Sensor wird innerhalb des Nodes verstärkt und digitalisiert. Anschließend werden die Messdaten vom Node drahtlos an eine Base Station gesendet welche mit einem Laptop verbunden ist. Dort kann durch die Software SensorConnect auf den Node zugegriffen werden und dessen Daten visualisiert oder weiter verarbeitet werden.

¹<https://www.landuris.com/>.

1 Einführung in den Versuch

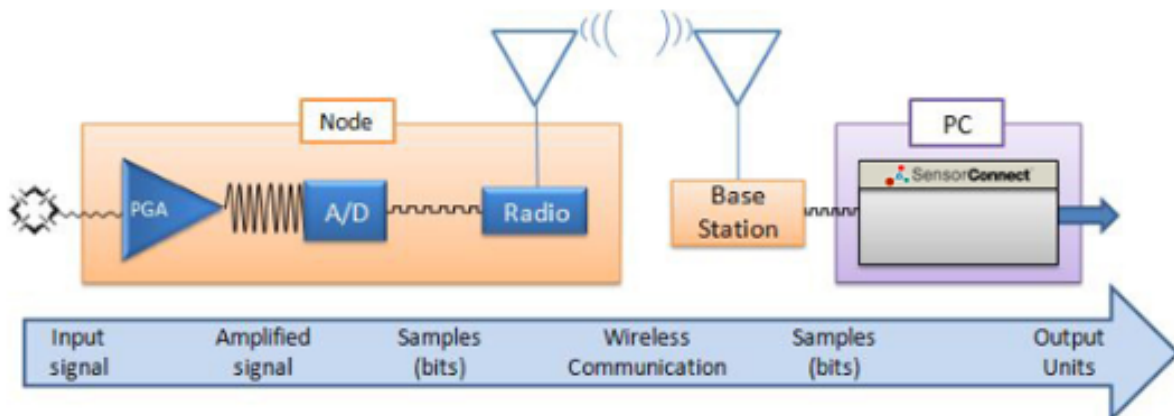


Abbildung 1.1: LORD drahtlose Übertragung [1]

Abbildung 1.2 zeigt einen Teil der Produktpalette. Als Gateway wurde von uns der dort gezeigte USB Stick genutzt. Insgesamt wurden uns zwei VLINK 200 Node, und ein USB Stick zur Verfügung gestellt was in der späten Projektphase teilweise zu Problemen führte, siehe 7.1 Probleme.



Abbildung 1.2: LORD Produkte [1]

1.3 Aufgabenverteilung (Menzel)

Um dem Umfang des Projekts gerecht zu werden war es nötig sich zunächst über die Aufgaben bewusst zu werden. Hierfür wurden diese in einem Projektstrukturplan zusammengefasst. Im Laufe des Projekts haben sich einzelne Aspekte verändert beziehungsweise konkretisiert, dennoch diente der ursprüngliche Entwurf des Plans als grobe Orientierung stets einen Überblick zu haben.

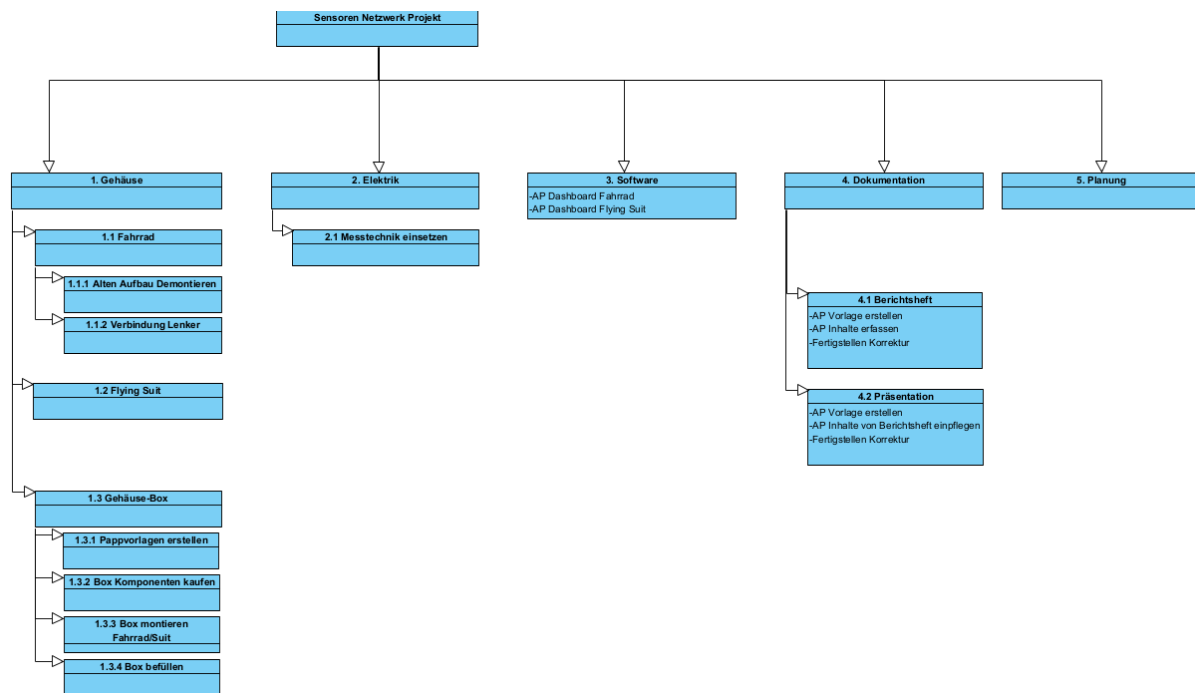


Abbildung 1.3: Aufgaben

Aufgrund der Gruppenstärke von fünf Studenten erschien es sinnvoll zunächst eine Aufgabenverteilung und Aufteilung in Teams durchzuführen. Nachdem sich jeder mit der Aufgabenstellung und den notwendigen theoretischen Grundlagen vertraut gemacht hatte geschah die Aufteilung in die Teams Fahrrad (Bellgardt, Menzel) und Flying Suit (Grote, Nerb, Ulit). Zu einem späteren Zeitpunkt hat sich vom Team Flying Suit das Team Software (Grote) abgespalten, siehe Abbildung 1.4.



Abbildung 1.4: Aufgabenverteilung Entwicklungsteams

2 | Stand der Technik

Die Entwicklung einer neuen Messtechnik für das Fahrrad und den Flying Suit stellt eine komplexe Aufgabe da. Dies beinhaltet die Planung und Bestellung nötiger Materialien und die Anbringung dieser am jeweiligen Aufbau. Um sicherzustellen, dass die zu entwickelnde technische Umsetzung möglich ist, wurde das Zusammenspiel von Node und Dehnungsmessstreifen zunächst am einfacheren Aufbau eines Biegebalkens getestet.

2.1 Biegebalken (Menzel)

2.1.1 Aufbau des Biegebalkens

Auf der Ober- und Unterseite des Biegebalkens sind Dehnungsmessstreifen angebracht um die beim aufbringen eines Gewichts entstehende Dehnung messen zu können. Dies wurde mit verschiedenen Gewichten und in verschiedenen Einheiten durchgeführt.

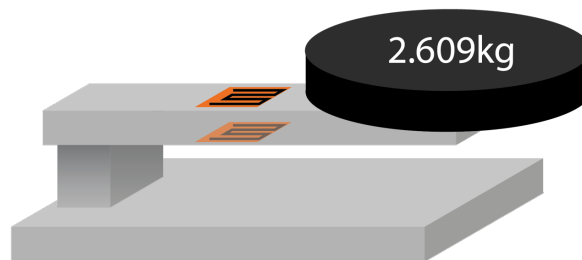


Abbildung 2.1: Biegebalken Schema

2.1.2 Wahl des Messverfahrens

Um Messungen durchführen zu können bieten sich verschiedene Verfahren an. Die in der Software SensorConnect verfügbaren und für uns relevanten Verfahren sind die Shunt-, Field-, und Sensitivity(geometriebasierte)-kalibrierung. Die Beschreibung sowie die Vor- und Nachteile dieser Verfahren sind in 2.1 Messverfahren dargestellt. Um die theoretische Grundlage für den Aufbau des Fahrrads und des Flying Suits zu schaffen wurde sich beim Biegebalken für die Wahl des mV/V Messverfahrens entschieden.

Verfahren	Beschreibung	Vorteil	Nachteil
Shunt Kalibrierung	Interner (Shunt) Widerstand wird zur DMS-Brücke geschaltet. Es wird eine definierte Dehnung simuliert, um die Messkette zu überprüfen.	schnell, einfach	Simuliert keine echte mech. Belastung, nur elektrische Effekte
Field Kalibrierung	Messung von realer mech. Belastung mit Referenzlast	Wenn Last bekannt ist, kann man sehr genau messen.	Definierte Belastung der Struktur notwendig
Geometriebasierte Kalibrierung (mV/V)	Berechnung für Software basierend auf Materialparametern und Geometrie	Ermöglicht eine Abschätzung und Vergleich zwischen erwarteten und gemessenen Werten	Abweichungen bei ungenauen Materialparametern möglich

Tabelle 2.1: Messverfahren

2.1.3 Berechnung der Sensitivity

Um eine Messung am Biegebalken durchführen zu können wurde zunächst die Sensitivity mathematisch berechnet. Sie basiert auf der Geometrie des Biegebalkens, sowie des zu erwartendem maximalen Gewicht und wird als Parameter in SensorConnect eingegeben. Sie stellt den gemessenen Wert in mV/V bei Maximalbelastung dar. Aufgrund der einfachen Geometrie des Biegebalkens ist dies ein wichtiger Schritt, bevor diese für die komplexere Geometrie des Fahrradlenkers oder des Gestells des Flying Suits berechnet wird.

In der folgenden Berechnung wird für den Parameter n der Wert 2 verwendet, da es sich um die Anzahl der angebrachten DMS und die daraus resultierende Brückenkonfiguration handelt. Der Parameter k ist durch die verwendeten DMS gegeben. Als maximale Last dient eine Hantelscheibe mit einem Gewicht von 2.609kg.

Maße des Biegebalkens:

$$l = 117 \text{ mm}, \quad b = 19.8 \text{ mm}, \quad h = 2.94 \text{ mm}$$

Maximale Last:

$$M = 2.609 \text{ kg}$$

Berechnung des Widerstandsmoments

$$W_x = \frac{bh^2}{6}$$

Einsetzen der Werte:

$$W_x = \frac{19.8 \times 2.94^2}{6} = 28.52 \text{ mm}^3$$

Berechnung des Biegemoments

$$M_b = F \times l$$

$$M_b = 2.609 \times 9.81 \times 117 \text{ mm} = 2994.53 \text{ Nmm}$$

Berechnung der Spannung

$$\sigma = \frac{M_b}{W_x}$$

$$\sigma = \frac{2994.53}{28.52} = 104.99 \text{ N/mm}^2$$

Berechnung der Dehnung

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Mit $E = 210000 \text{ N/mm}^2$:

$$\varepsilon = \frac{104.99}{210000} = 0.499 \times 10^{-3}$$

Berechnung der Brückenausgabe

$$\frac{U_M}{U_B} = \frac{n}{4} \times k \times \varepsilon$$

Mit $n = 2$, $k = 2.01$:

$$\frac{U_M}{U_B} = \frac{2}{4} \times 2.01 \times 0.499 \times 10^{-3}$$

$$\frac{U_M}{U_B} = 0.000502 \text{ V/V} = 0.5 \text{ mV/V}$$

Mit der berechneten Sensitivity wurden mehrere Messungen durchgeführt. Die erste Messung wurde mit einem Gewicht von 2.609kg durchgeführt und in MPa gemessen, siehe 2.2 Messung 1 mit Maximalgewicht, [MPa].

Die zweite Messung wurde mit verschiedenen Gewichten getestet und in N gemessen, siehe 2.3 Messung 2, [N].

Gegeben	Gemessen	Abweichung
105MPa (2.609kg)	120MPa (2.8kg)	+14%

Tabelle 2.2: Messung 1 mit Maximalgewicht, [MPa]

Gegeben	Gemessen	Abweichung
0N (0kg)	0.2N (0.02kg)	-
3.9N (0.4kg)	4.6N (0.46kg)	+17.9%
24.5N (2.609kg)	27.6N (2.81kg)	+12.6%

Tabelle 2.3: Messung 2, [N]

2.2 Messbox (Nerb)

2.3 Fahrrad (Bellgardt, Menzel)

TODO:

2.4 Flying Suit (Grote, Nerb, Ulit)

TODO:

2.5 Software (Grote)

TODO:

3 | Versuchsplanung

3.1 Allgemein

TODO: reichweite, datenübertragung, speicherung

3.2 Fahrrad

TODO: Biegung Lenker im Gestell

3.3 Flying Suit

4 | Durchgeführte Versuche und Lösungswege

TODO:

5 | Ergebnisse

TODO:

6 | Interpretation und Schlussfolgerung

TODO:

7 | Fazit

TODO:

7.1 Probleme

7.1.1 Limitierung durch Gateway

Da zwar zwei Nodes zur Verfügung standen, jedoch nur ein Gateway in Form eines USB Sticks konnte nur ein Entwicklungsteam gleichzeitig damit arbeiten. Dies war zu Anfang des Projekts nicht problematisch da zunächst der Aufbau der Messboxen ansich geplant wurde. Gegen Ende des Projekts hin führte dies jedoch zu Terminkonflikten was dazu führte, dass die Teams teilweise Sondertermine vereinbaren mussten um Zugriff auf den USB Stick bekommen zu können wenn das andere Team nicht anwesend war.

7.1.2 gelieferte Konfiguration des VLINK200

A | Anhang

A.1 Anhang 1

Literaturverzeichnis

Verweise

- [1] Microstrain, *VLink200 Manual*, Microstrain, Hrsg. <http://www.microstrain.com/sites/default/files/v-link-200_user_manual_8500-0063.pdf> (besucht am 23.02.2025).