

Kapitel 1

pilotforsøg

1.1 Test af accelerometer

I dette projekt anvendes to accelerometre, som er beskrevet i ???. Disse anvendes som sensorer til opsamling af acceleration, der giver et outputsignal i form af en spænding. For at kunne anvende et accelerometer er det vigtigt at kende forskellige tolerancer i forhold til deres datablade, hvorfor et forsøg udføres for at kunne tage højde for disse parametre.

1.1.1 Formål

Denne test har til formål at identificere en given spændingen for forskellige vinkler. Derudover identificeres offsettet og sensitiviteten for at teste accelerometrenes tolerancer.

1. Test af linearitet
2. Identificering af offsettet og sensitiviteten for accelerometrene
3. Identificering af spænding ved forskellige vinkler

1.1.2 Materialer

- Accelerometre ADXL335
- Tape
- Vaterpas
- Breadboard
- LEGO-model, fremgår af figur 1.1
- Computer med Scopelgger og MATLAB
- NI USB-6009

1.1.3 Metode

Der opstilles en metode til hvert formål i afsnit 1.1.1. Formål 1 opfyldes ved deltest 1, og formål 2 og 3 opfyldes ved deltest 2.

1. Der foretages målinger i accelerometerets tre akser i 11 positioner, hvorved der kan testes for linearitet
2. Der foretages målinger i accelerometerets tre akser i de seks positioner, hvorefter offset og sensitiviteten kan beregnes ud fra målingerne. Offsettet beregnes ud fra accelerometerets 0 g-påvirkning, der måles vinkelret på planet, hvilket svarer til at accelerometeret ikke udsættes for tyngdekraften. Sensitiviteten måles ud fra en 1 g-påvirkning
3. Ud fra målingerne ved 0 og 1 g-påvirkning kan spændingen ved 1° og 90° beregnes ved ??

1.1.4 Forsøgsopstilling

Forsøgsopstillingen udføres på samme måde for begge accelerometre.

Forsøgsopstilling af deltest 1

- Accelerometeret påsættes LEGO-modellen på figur 1.1
 - Accelerometeret indstilles efter fremgangsmåden for hver øvelse som er illustreret i afsnit 1.1.5
- Accelerometeret tilkobles NI USB-6009
- NI USB-6009 tilkobles en computer

Forsøgsopstilling af deltest 2

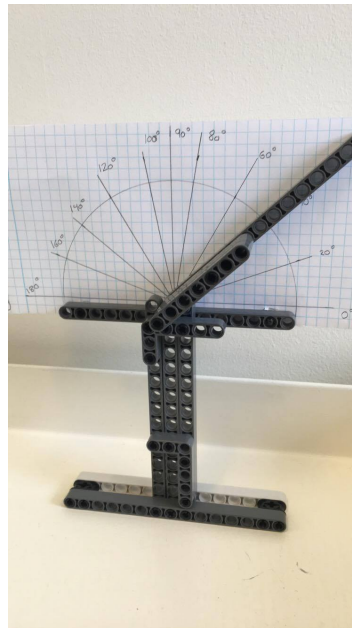
- Accelerometeret påsættes breadboardet og fastsættes med tape
- Accelerometeret indstilles, så det er i vater med et vaterpas
 - Accelerometeret placeres efter fremgangsmåden for hver øvelse, hvilket er illustreret i afsnit 1.1.5
- Accelerometeret tilkobles NI USB-6009
- NI USB-6009 tilkobles en computer

1.1.5 Fremgangsmåde

Fremgangsmåde for deltest 1

Hver vinkel måles og samples for hvert accelerometer i hver akse i 10 sekunder ved 100 Hz , hvilket er det dobbelte af båndbredden for accelerometrene [?]. Målingerne er udført for begge accelerometre i henholdsvis x-, y- og z-aksen, og vinklen ændres ved at justere LEGO-modellen på figur 1.1, så følgende vinkler fremgår af modellen:

- 0° til 180° med 20° 's intervaller
- 90°

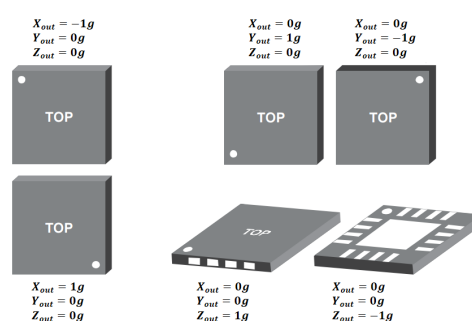


Figur 1.1: Vinkeltester, som anvendes under forsøget til at holde accelerometeret i bestemte vinkler.

Fremgangsmåde for deltest 2

Der foretages målinger i seks forskellige positioner. Hver position måles tre gange og samles i 10 sekunder ved 100 Hz . De forskellige positioner er illustreret på figur 1.2, og er som følger:

- Accelerometeret stilles, så det er lodret opad
- Accelerometeret stilles, så det er lodret nedad
- Accelerometeret stilles, så det er vandret mod højre
- Accelerometeret stilles, så det er vandret mod venstre
- Accelerometeret ligges plan på bordet med toppen opad
- Accelerometeret ligges plan på bordet med toppen nedad



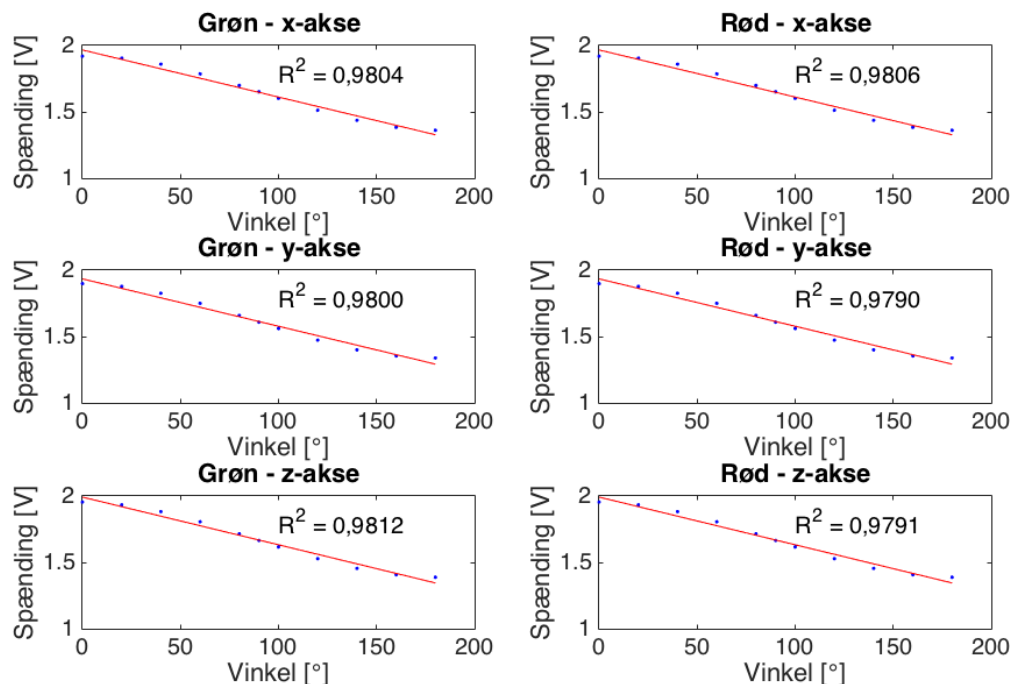
Figur 1.2: Påvirkning af accelerometeret i forskellige positioner. Til venstre måles accelerometeret i lodret plan, til højre øverst vandret og til højre nederst i plan [?].

1.1.6 Resultater

Resultater for deltest 1

For deltest 1 udføres en lineær regression, hvor data fra målingerne af begge accelerometers output ved hver målt vinkel plottes som en funktion af vinklerne. Derefter udføres den lineære

regression, og R^2 -værdien findes, så det kan bestemmes, om punkterne er lineære. Plots, regressioner og R^2 -værdier kan ses på figur 1.3.



Figur 1.3: Lineær regression for hver akse på hvert accelerometer. Målingerne er plottet med blå prikker, og den lineære regression er illustreret med rød. R^2 -værdien er angivet for hvert plot.

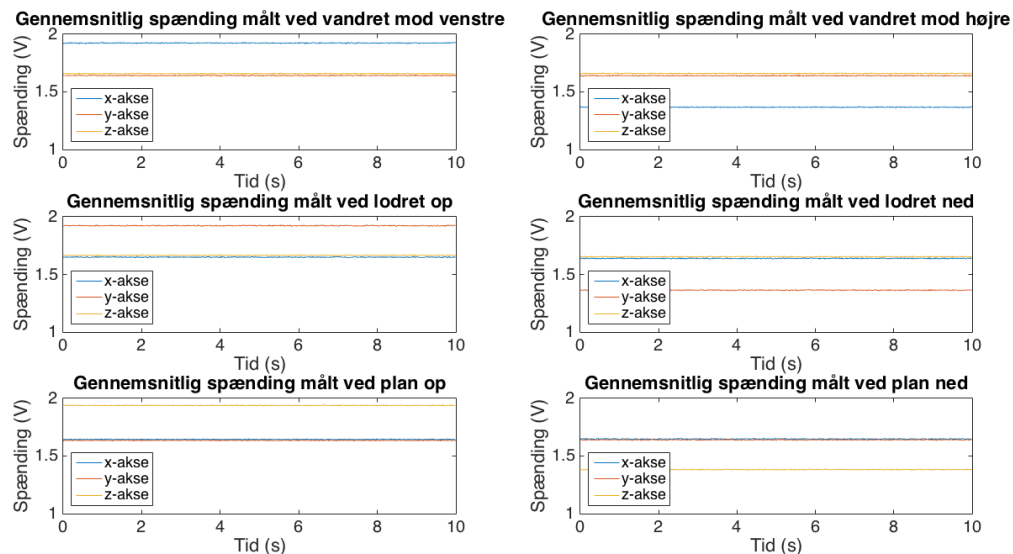
Ud fra figur 1.3 kan det ses, at R^2 -værdierne er mellem 0,9790 og 0,9812. Graferne ville have en perfekt lineær sammenhæng, hvis $R^2 = 1$. Det kan derfor siges, at der her ses en lineær tendens ud fra disse målinger, selvom punkterne på alle seks grafer viser en s-formet bølge omkring regressionslinjen, hvilket giver afvigelserne fra den perfekte lineære sammenhæng.

Resultater for deltest 2

De viste resultater heri er for det ene accelerometer¹, da sensitiviten og offsetet ændrer sig hver gang, der udføres et forsøg. Det vil derfor ikke være muligt at fastsætte konstante værdier for sensitivitet og offset, hvorfor det centrale at udlede er metoden til at beregne værdierne, da udregningerne skal foretages ved hvert forsøg.

Ud fra de tre målinger foretaget i de seks forskellige positioner beregnes den gennemsnitlige værdi af målingerne på de forskellige akser, herefter plottes disse i en graf. På denne måde bliver det muligt at se, hvilken akse der påvirkes mest under øvelsen. Målingerne fremgår af figur 1.4.

¹FiXme Note: resultaterne er fra det røde accelerometer



Figur 1.4: Påvirkningen af accelerometrets tre akser ved de seks forskellige positioner.

Offset beregnes ud fra de målinger, hvor accelerometeret påvirkes med 0 g. Den akse hvor accelerometeret påvirkes med 0 g i alle seks forskellige positioner fremgår af figur 1.2. Resultaterne fra målingerne fremgår af tabel 1.1.

Målt retning	Målt akse	Offset
Lodret op	X	1,6793 V
Lodret op	Z	1,6857 V
Lodret ned	X	1,6750 V
Lodret ned	Z	1,6806 V
Vandret højre	Y	1,6760 V
Vandret højre	Z	1,6828 V
Vandret venstre	Y	1,6755 V
Vandret venstre	Z	1,6836 V
Plan op	X	1,6773 V
Plan op	Y	1,6734 V
Plan ned	X	1,6787 V
Plan ned	Y	1,6755 V

Tabel 1.1: Offsettet beregnet for de forskellige akser, hvor accelerometeret udsættes for en 0 g-påvirkning.

Sensitiviten beregnes ud fra forskellen mellem 0 og 1 g-påvirkningen af accelerometeret. Der hvor accelerometeret er påvirket med 1 g er illustreret på figur 1.2. Målingerne fremgår af tabel 1.2.

Målt retning	Målt akse	Sensitivitet
Lodret op	Y	0,1092 V/g
Lodret ned	Y	-0,1164 V/g
Vandret højre	X	0,1130 V/g
Vandret venstre	X	-0,1167 V/g
Plan op	Z	0,1232 V/gV
Plan ned	Z	-0,1079 V/g

Tabel 1.2: Sensitiviteten beregnet for de forskellige akser hvor accelerometeret udsættes for en 1 g-påvirkning.

Ud fra sensitiviteten beregnes spændingen ved 1° og 90° i negativ og positiv retning². Spændingen svarende til 0° svarer til den målte offsetværdi som fremgår af tabel 1.1. Udregningerne af spænding ved de valgte grader fremgår af tabel 1.3 og er beregnet ud fra ligning ??.

Målt retning	Målt akse	Spændingen ved 1°	Spændingen ved 90°
Positiv	Y	1,7985 V	12,7589 V
Negativ	Y	1,5692 V	-8,0339 V
Positiv	X	1,7917 V	11,5105 V
Negativ	X	1,5614 V	-8,7982 V
Positiv	Z	1,7924 V	11,8494 V
Negativ	Z	1,5629 V	-8,8190 V

Tabel 1.3: Beregnet spænding ved henholdsvis 1° og 90° i positiv og negativ retning.

²FiXme Note: Er der nødvendig med 1 grad?

1.2 Pilotforsøg

I dette bilag beskrives pilotforsøgets fremgangsmåde samt, hvilke resultater, der opsamles.

1.2.1 Formål

Dette pilotforsøg har til formål at kunne præcisere samt optimere kravspecifikationerne i de enkelte blokke, hvorved uklare parametre forventes besvaret ud fra pilotforsøgets resultater. Disse parametre omfatter identificering af støjsignaler samt EMG-signalets frekvensområde, da der ses variation i litteraturen. Parametrene vil forsøges besvaret ud fra målinger ved udførelse af en squat-øvelse. Hertil anvendes elektroder og to accelerometre som sensorer. På baggrund af dette opstilles følgende formål:

EMG-måling

1. Opsamling af signal fra rectus femoris
 - Identificering af frekvensområde
 - Identificering af støjsignaler

Accelerometer-måling

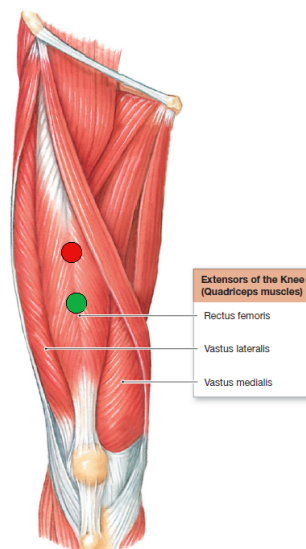
1. Identificering af støjsignaler
2. Identificering af knæleddets vinkel

1.2.2 Materialer

- EMG-forstærker, Muscle Sensor V3
- Elektroder
- Desinfektionsservietter
- Skraber
- To accelerometre ADXL335Z
- Tape
- Tusch
- Breadboards
- Linial
- Vinkelmåler
- Computer med Scopelogger og MATLAB
- Ni USB-6009
- USB-isolater USI-01

1.2.3 Forsøgsopstilling

Til forsøget benyttes en EMG-forstærker, der måler en differensmåling over rectus femoris. Hertil anvendes én positiv-, negativ- samt én referenceelektrode. Forinden påsættelse af elektroder, præpareres huden for således at fjerne hår samt døde hudceller. For at identificere elektrodeplacering på musklen tages der udgangspunkt i SENIAM's anvisning for elektrodeplacering [?]. Elektroderne placeres midt for linjen mellem anterior spina iliaca superior og den superior del af patella [?]. Placeringen af elektroderne illustreres af figur 1.5.



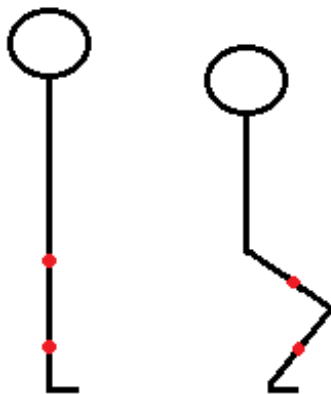
Figur 1.5: Låret set anterior. Placering af positiv (rød) samt negativ (grøn) elektrode ses på rectus femoris [?].

Referenceelektroden placeres, ligeledes efter SENIAM's anvisninger, omkring anklen [?]. Placeringen af reference elektroden ses af figur 1.6.



Figur 1.6: Placering af referenceelektrode omkring anklen [?].

Til forsøget benyttes endvidere to accelerometre, som måler i x, y- samt z-aksen. Disse benyttes for at kunne identificere vinklen af knæet under øvelsen. For så vidt muligt at kunne stabilisere accelerometrene under udførelsen af forsøget, placeres disse på breadboards. Som det fremgår af figur 1.7 placeres det ene accelerometer midt på den laterale side af låret, parallelt med femur. Det andet accelerometer placeres midt på den laterale side af underbenet, parallelt med tibia. Disse breadboards påsættes benet ved brug af tape. Knæets vinkel i oprejst position måler 180° , hvilket svarer til en 0 g-påvirkning. Vinklen af knæet ændres i takt med udførelse af en squat-øvelse, hvorved g-påvirkningen bevæger sig mod 1. Den samlede vinkel af knæet bestemmes ud fra de to accelerometres parametre. Udregningen for dette kan ses i afsnit 1.1.



Figur 1.7: Placering af accelerometrene på låret samt underbenet. Disse placeringer er markeret med rød.

Til identificering af støj fra EMG-forstærkeren foretages der baselinemålinger, som senere analyseres via en frekvensanalyse. Det samme gør sig gældende for identificeringen af EMG-signalets frekvensområde. Dette vil foregå under udførelsen af en squat-øvelse. En squat-øvelse defineres, således den kan gengives på tværs af forsøgspersonerne.

1. Forsøgspersonen står i oprejt position. Fødderne placeres med en afstand svarende til ens skulderbredde, hvortil tåspidserne peges let til siderne
2. Armene placeres over kors, som vist på ??
3. Hofte og knæ bøjes således kroppen sænkes kontrolleret. Dette fortsættes indtil en vinkel på maks 90° af knæet er opnået
 - Ryggen holdes ret under squat-øvelsen
 - Knæene må ikke gå ud over tåspidserne
4. Kroppen returneres til udgangspunktsposition

En illustration af squat-øvelsen ses af ??.

En nedadgående squat-øvelse defineres som punkt 1 – 2 i overstående, hertil forbliver forsøgspersonen i en siddende squat indtil den givne måling er gennemført.

For at præcisere øvelsen således alle forsøgspersoner så vidt muligt rammer den samme vinkel på maks 90° af knæet ved gentagende squat-øvelser, måles hver enkel forsøgsperson forinden forsøget udføres. Målingen foregår ved at placere forsøgspersonen på et givent sted med siden til en væg, hvorved en squat-øvelse til maks 90° udføres. Vinklen måles med en vinkelmåler, hvortil der påsættes tape på væggen, som udgør underbenet samt lårets position. Ved udførelsen af forsøget irttesætter forsøgspersonen sig efter det påsatte tape på væggen, for således at genskabe squat-øvelsen med mindst mulig afvigelse. Under dette kontrollerer øvrige deltager forsøgspersonens position samt squat-bevægelse.

Da mikrokontrolleren benytter en operationsspænding på $XX\text{ V}$ ønskes en signalamplitude under operationsspændingen, da dette vil bidrage til en mindre støjpåvirkning.

1.2.4 Oversigt af forsøgsopstilling

Forsøgsopstillingen ses nedenfor i punktform, for således at give bedre overblik herover.

- Identificering af musklen rectus femoris

- Huden prepereres ved fjernelse af hår og døde hudceller samt desinficering
- Elektroderne påsættes
 - Positiv og negativ på rectus femoris
 - Reference på anklen
- Accelerometrene placeres
 - Accelerometer 1: midt på den laterale side af låret, parallelt med femur
 - Accelerometer 2: midt på den laterale side af underbenet, parallelt med tibia
- Accelerometrene vælges til at måle i x, y og z-aksen

1.2.5 Fremgangsmåde

Forsøgspersonen placeres på et fast punkt under forsøget. Øvelserne udføres tre gange, hvoraf der ud fra målingerne foretages en senere databehandling.

Pilotforsøg

Baseline måling

- 10 sekunders måling, hvor forsøgspersonen står oprejst

1. måling

- Måling i en nedadgående squat-øvelse
 - 1 sekunds baseline oprejst
 - 4 sekunder nedadgående squat
 - 1 sekunds baseline i squat-øvelsen

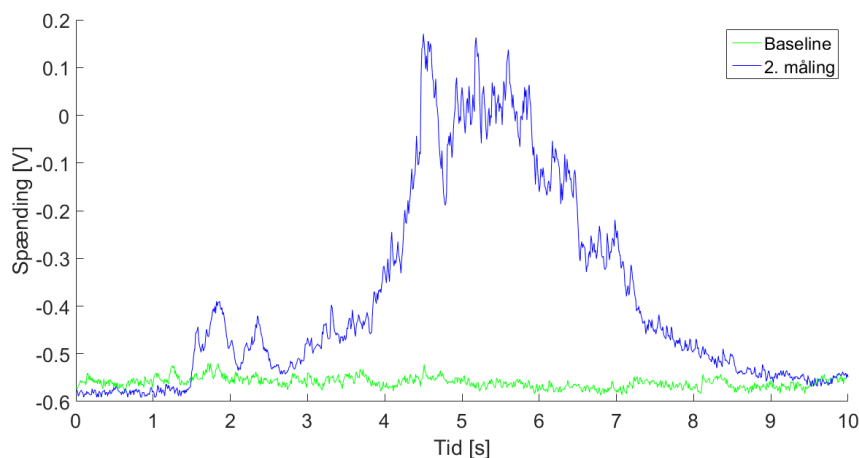
2. måling

- Måling i en squat-øvelse
 - 1 sekunds baseline oprejst
 - 4 sekunder nedadgående squat
 - 4 sekunder opadgående squat
 - 1 sekunds baseline oprejst

1.3 Databehandling

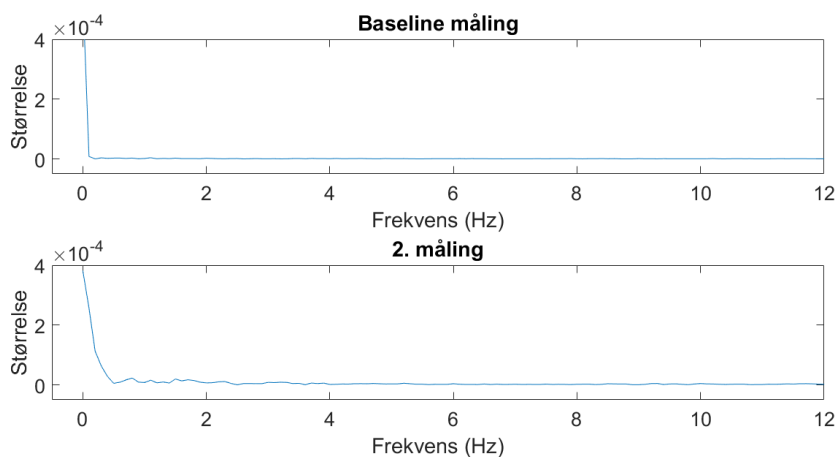
I det præsenterede data tages der udgangspunkt i forsøgsperson 1. Dette er som følge af, at målingerne for forsøgsperson 2 er påvirket af muskelrystelser. Til trods for muskelrystelserne ses der ligheder mellem målingerne for forsøgspersonerne.

Resultater for EMG-målinger



Figur 1.8: EMG-målinger af baseline og 2. måling.

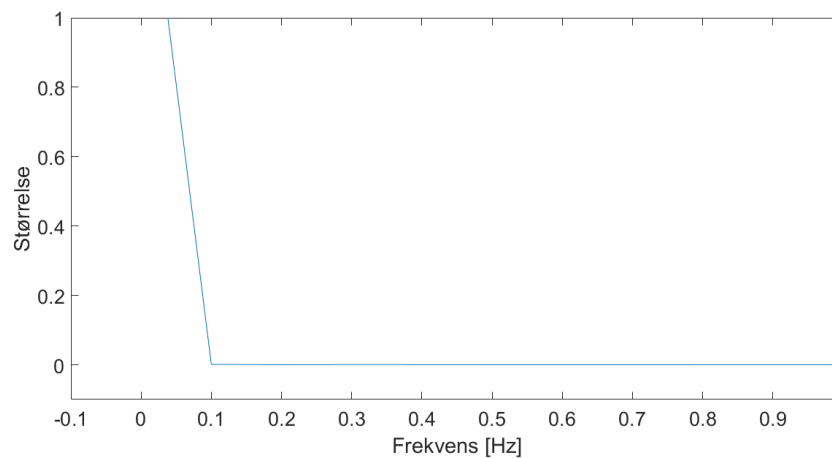
Ud fra figur 1.8, ses baseline samt 2. måling for forsøgsperson 1. Hertil ses et negativt offset for begge målinger mellem $0,5 - 0,6$ V. Ved 2. måling ses en stigning ved $1,5$ s, hvilket relateres til forsøgspersonens nedadgående bevægelse til maks 90° flektion af knæet under squat-øvelsen. Yderligere ses et fald i amplitude ved ca. 6 s, der relateres til en opdagående bevægelse til øvelsens udgangsposition.



Figur 1.9: Frekvensanalyse af EMG-måling for baseline og 2. måling.

Der er foretaget en frekvensanalyse af baseline måling for at identificere støjsignaler. Dette ses af figur 1.9, hvor der yderligere fremgår en frekvensanalyse af 2. måling for identificering af frekvensområdet for bevægelsen. Der opserveres ingen støjsignaler på signalet, udover en dc-komponent ved 0 Hz. Derudover fremgår det ikke af figuren, hvorvidt der er 50 Hz støj på signalet, da der samples med 100 Hz, hertil er nyquist-frekvensen 50 Hz. Herudover viser frekvensanalysen ikke amplituden af 50 Hz støj, dog antages den for at være tilstede, da dette er en kendt støjfaktor. Af frekvensanalysen for 2. måling identificeres frekvensområdet som værende relativt lavfrekvent, $0 - 2$ Hz. Dette kan relateres til, at EMG-forstærkeren har en knæfrekvens på $1,94$ Hz, hvortil udregningen ses i ??.

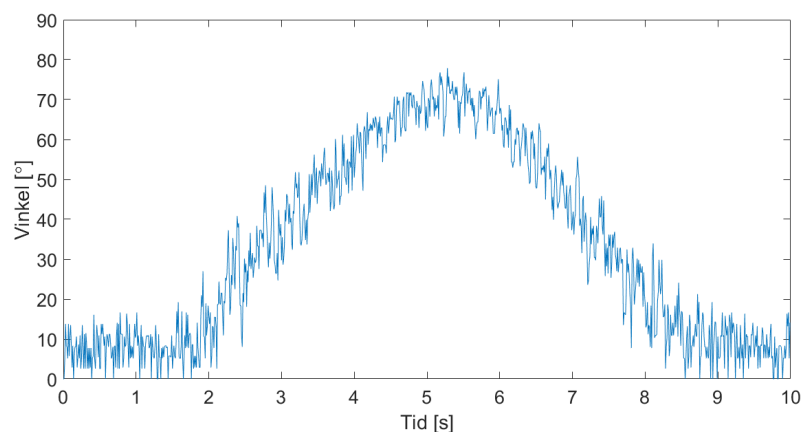
Resultater for accelerometer målinger



Figur 1.10: Frekvensanalyse af baseline måling for accelerometer

Af figur 1.10 ses frekvensanalysen for accelerometeret i x-aksen. Ud fra dette ses ingen støjsignaler ud over en dc-komponent, der er dæmpet ved $0,1 \text{ Hz}$. Grundet samplingsfrekvensen er der ingen 50 Hz støj, hvortil årsagen er beskrevet under frekvensanalysen for EMG-målingen.

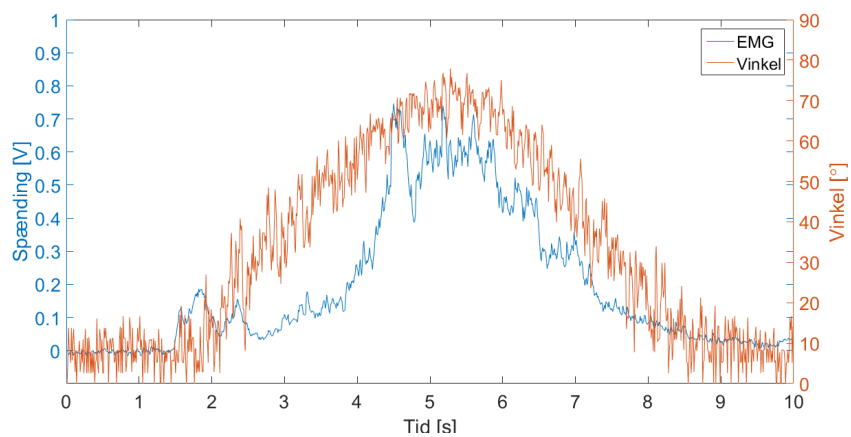
Spændingerne fra accelerometeret repræsenterer vinklerne for femur og tibia i y-aksen. Denne spændingsværdi ønskes omregnet til grader, for således at undersøge vinklen af knæet. Til at omregne spændingen fra begge accelerometer til grader anvendes målingerne anvendt i ???. Disse resultater er anvendt i funktioner, hvortil lineær interpolation benyttes. EMG-spændingerne for 2. måling er hertil anvendt i funktionerne, således graderne for EMG-målingen findes. Resultaterne fra omregningen visualiseres af figur 1.11.



Figur 1.11: Vinkler fra accelerometerne under 2. måling

Det fremgår af figur 1.11, at forsøgspersonen udfører en flektion af knæet under 2. måling til en grad på ca. 78° .

For at kunne se relationen mellem udslag i EMG samt for accelerometerne, plottes begge disse målinger på samme graf. Dette ses af figur 1.12.



Figur 1.12: EMG og vinkler fra accelerometre under 2. måling