



Strukton



Monitoringsysteem van een wielentrekinrichting

Afstudeerstage

Naam: Robin de Goede
Studentnummer: 1562125
Datum: 4-7-2014
Cursuscode: TEET-VABACHEX-13
Stage bedrijf: Strukton, Zutphen
Opdrachtgever: Karel Vroom
Versiebeheer: Eindverslag 1.0
Bladzijden: 80

Het bestuur van de Stichting Hogeschool Utrecht te Utrecht aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade voortvloeiende uit het gebruik van enig gegeven, hulpmiddel, werkwijze of procedure in dit verslag beschreven. Vermenigvuldiging zonder toestemming van de auteur(s) en de school is niet toegestaan. Indien het afstudeerwerk in een bedrijf is verricht, is voor vermenigvuldiging of overname van tekst uit dit verslag eveneens toestemming van het bedrijf vereist.

Hierbij verklaar ik, Robin de Goede, dat deze versie hetzelfde is als de eerder ingeleverde digitale versie die voldoende is beoordeeld.

Naam project	Wielentrekinrichting
Studentnaam	Robin de Goede
Studentnummer	1562125
Cursusnaam + cursuscode	Afstudeerstage, TEET-VABACHEX-13
Naam begeleider	Karel Vroom
Datum	4-7-2014
Plaats	Zutphen
Versiebeheer	1.0

Samenvatting

Strukton onderhoudt in haar werkplaats het reizigersmaterieel van Arriva. Dit materieel, 89 GTW's (Gelenktriebwagen) gebouwd door Stadler, heeft een zwakke plek in de constructie. Dit zijn de wielen. Deze slijten sneller dan gebruikelijk omdat er een ander soort staal is gebruikt dan gebruikelijk. Hierdoor staat het materieel vaker in de werkplaats dan vergelijkbaar materieel. Arriva wil daarom de wielen van haar materieel vervangen. Dit zal gebeuren in de werkplaats van Strukton. Arriva wil echter dat de gegevens van dit proces nauwkeurig worden vastgelegd en opgeslagen met een nieuw monitoringsysteem. Momenteel is dit nog niet mogelijk. Hiermee is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

Hoe kunnen de snelheid van het wiel, de kracht/trek van de wielentrekininstallatie en de afstand die het wiel over de wielas heeft afgelegd worden weergegeven tijdens en opgeslagen na het proces?

Om tot een goed antwoord op deze stelling te komen zijn de volgende stappen genomen.

In de eerste fase van het project is de opdracht verder worden uitgewerkt, waarbij er een overzicht is gemaakt van de functies waarover het monitoringsysteem moet gaan beschikken. In de tweede fase van het onderzoek is onderzocht, welke componenten er konden worden gebruikt voor het vervullen van deze functies. Hierbij zijn producten, van verschillende leveranciers, met elkaar vergeleken. Met de componenten die als beste uit de vergelijking kwamen, is een ontwerp gemaakt. Dit heeft plaatsgevonden in fase 3. Zodra het ontwerp was afgerond, beoordeeld en goedgekeurd, kon het worden gerealiseerd. Hierbij zijn als eerst de onderdelen besteld, waarna het monitoringsysteem kon worden gebouwd in de werkplaats van Strukton.

In het monitoringsysteem zijn 2 sensoren gebruikt. Een lasersensor voor het bepalen van de afstand en een hydraulische druksensor voor de kracht van de trekinstallatie. Er is voor de lasersensor gekozen omdat met deze methode, de hoogste nauwkeurigheid kon worden behaald en de hydraulische druksensor is gebruikt omdat deze methode bij de huidige trekinstallatie al naar behoren functioneert. Deze twee sensoren zijn via twee analoge input modules verbonden met een touch panel, waarbij het geheel in een kast is geplaatst. Via een USB-Wi-Fi dongle is de computer verbonden met het bedrijfsnetwerk, zodat de gegevens kunnen worden gecommuniceerd met andere computers in het gebouw.

Zodra al deze onderdelen waren besteld en geleverd, kon er een aantal testopstellingen worden gebouwd. Hierbij werd begonnen met alleen één input module en een spanningsbron. Zodra de opstelling naar behoren functioneerde, werd deze verder uitgebreid. Zo ontstond uiteindelijk een testopstelling waarin alle onderdelen waren opgenomen. Tijdens het testen van deze opstelling bleek dat alles naar behoren functioneerden. Hierna was het systeem klaar om ingebouwd te worden.

Inhoud

Samenvatting	4
Voorwoord.....	9
Inleiding	10
1. Strukton	11
2. Organisatie en Werkwijze.....	12
2.1 Organisatie	12
2.2 Werkwijze.....	12
3. Opdracht.....	13
3.1 Probleemstelling	13
3.1.1 Achtergronden.....	13
3.1.2 Huidige methode.....	13
3.1.3 Probleemstelling	13
3.2 Opdracht.....	14
3.2.1 Onderzoeksvraag en deelvragen	14
3.3 Productbeschrijving	15
3.4 Eisen en Randvoorwaarden.....	15
3.4.1 Eisen	15
3.4.2 Randvoorwaarden	15
3.5 Stakeholders	16
3.6 Eindproducten	16
4. Analyse.....	17
4.1 Overview en Analyse	17
4.2 Methodiek.....	19
5. Ontwerp.....	20
5.1 Plek van de sensor op de trekinstallatie.....	20
5.1.1 Optie 1: Op de trekinstallatie aan de binnenkant van het wiel	20
5.1.2 Optie 2: Aan een balk op de kop van de as	21
5.1.3 Optie 3: Met een beugel over de kop van de as.....	21
5.1.4 Overzicht van de voor- en nadelen van de opties.....	21
5.1.5 Resultaat	21

5.2	Afstand bepalen	22
5.2.1	Optie 1: Lasersensor	22
5.2.2	Optie 2: Draw wire sensor	22
5.2.3	Optie 3: Lineaire encoder	23
5.2.4	Overzicht van de voor- en nadelen van de opties.....	24
5.2.5	Resultaat	24
5.3	Snelheid bepalen	25
5.3.1	Optie 1: Draw wire sensor	25
5.3.2	Optie 2: Snelheid meten met radar	25
5.3.3	Optie 3: Snelheid bepalen met de afstand en de tijd.....	25
5.3.4	Overzicht van de voor- en nadelen van deze drie opties.....	25
5.3.5	Resultaat	25
5.4	Kracht bepalen	26
5.4.1	Optie 1: Kracht meten met een krachtsensor	26
5.4.2	Optie 2: Hydraulische druksensor	26
5.4.3	Overzicht van de voor- en nadelen van de twee opties	27
5.4.4	Resultaat	27
5.5	Stopzetten van het trek-proces.....	28
5.5.1	Optie 1: Relais	28
5.5.2	Optie 2: Hydraulisch ventiel	28
5.5.3	Overzicht van de voor- en nadelen van de twee opties	28
5.5.4	Resultaat	28
5.6	Omzetten van uitgangsignaal naar computer.....	29
5.6.1	Optie 1: Losse USB-voltmeter	29
5.6.2	Optie 2: Gecombineerde voltmeter Ethertek	29
5.6.3	Optie 3: Gecombineerde voltmeter velleman 8061	30
5.6.4	Optie 4: Dataq instruments 155(DI 155).....	30
5.6.5	Optie 5: ICPDAS I-7012.....	31
5.6.6	Overzicht van de voor- en nadelen van de 5 opties	31
5.6.7	Resultaat	31
5.7	Software	32
5.7.1	Mogelijke software	32
5.7.2	Overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende opties	32
5.7.3	Resultaat	32

5.8	Computer	33
5.8.1	Optie 1: Laptop.....	33
5.8.2	Optie 2: Industrial touch panel	33
5.8.3	Overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende opties	33
5.8.4	Resultaat	33
5.9	PCI kaarten	34
5.9.1	Optie 1: PCI kaarten	34
5.9.2	Optie 2: Losse module	34
5.9.3	Overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende opties	34
5.9.4	Resultaat	34
5.10	Behuizing	35
5.10.1	Behuizing	35
5.10.2	Resultaat	35
5.11	Netvoeding	36
5.12	Resultaten	37
5.12.1	Plek van de sensor op de wielentrekinrichting	37
5.12.2	Afstand en snelheid bepalen	37
5.12.3	Kracht bepalen	38
5.12.4	Stopzetten van het trekproces	38
5.12.5	Omzetten van het signaal naar een computer	38
5.12.6	Computer	39
5.12.7	PCI kaart	39
5.12.8	Schematische weergave van de gehele installatie.....	39
5.12.9	Kosten van onderdelen	40
6	Realisatie	41
6.1	Globale fasering	41
6.2	Realisatie per fase	42
6.3	Risicoanalyse	44
7	Eindproduct.....	45
7.1	Het testen van de schakeling	45
7.1.1	De testopstelling	45
7.1.2	De gebruikte software	46
7.1.3	De eerste test	47
7.1.4	De tweede test	49

7.1.5	Een tweede analoge input module	51
7.2	Inbouw in de kast	52
7.3	De laatste test.....	54
7.4	Resultaat.....	55
7.5	Aanbevelingen.....	57
8	Proces en Planning	58
8.1	Projectaanpak	58
8.2	Strokenplanning	59
8.3	Kosten en uren overzicht.....	60
8.4	Projectevaluatie.....	60
9	Reflectie	61
9.1	Reflectie technische competenties	61
9.2	Reflectie persoonlijk ontwikkelplan	63
9.3	Profielschets	64
10	Afkorting en begrippen	65
11	Bronnen.....	66
12	Bijlagen.....	71
	Bijlage 1	71
	Bijlage 2	73
	Bijlage 3	75
	Bijlage 4	75
	Bijlage 5	76
	Bijlage 6	76
	Bijlage 7	77
	Bijlage 8	78
	Bijlage 9	78
	Bijlage 10	79

Voorwoord

Op maandag 10 maart ben ik, na enkele weken voorbereiding, begonnen met mijn afstudeerstage bij de werkplaats van Strukton Rail Equipment in Zutphen. Het onderwerp van deze stage betrof het ontwerpen van een monitoringsysteem voor een wielentrekinstallatie om treinwielen op een wielas te persen. Hierbij moesten de gegevens van het proces, live in de gaten kunnen worden gehouden. Daarnaast moest het persproces automatisch stoppen wanneer de benodigde afstand bereikt was. Na een korte periode van inwerken, kon ik beginnen met de afstudeeropdracht.

Bij deze wens ik u veel plezier met het lezen van mijn verslag.

Robin de Goede

4-7-2014

Inleiding

In de werkplaats van Strukton in Zutphen wordt het reizigersmaterieel van Arriva onderhouden. Een zwakke plek van dit materieel zijn de wielen. Deze zijn van een soort staal gemaakt dat zeer snel slijt. Hierdoor staat het materieel vaker in de werkplaats dan ander vergelijkbaar materieel. Arriva wil daarom de wielen van haar materieel vervangen. Dit zal gebeuren in de werkplaats van Strukton. Arriva wil echter dat de gegevens van dit proces nauwkeurig worden vastgelegd en opgeslagen. Momenteel is dit nog niet mogelijk. Mijn opdracht houdt in dat ik een monitoringssysteem moet ontwerpen en vervolgens bouwen, waarmee het hierboven genoemde mogelijk wordt.

De doelstelling van deze opdracht is dat Strukton, na afloop van mijn afstudeerstage, de wielen van het materieel van Arriva mag vervangen. Het materieel hoeft hierna minder vaak naar de werkplaats en is dus vaker inzetbaar in de dagelijkse dienst. Ook Strukton is gebaat bij mijn opdracht. Wanneer zij de wielen van al het Arriva materieel mogen vervangen levert ze dat inkomsten op.

In dit verslag vindt u als eerst een beschrijving van het bedrijf Strukton en hoe de organisatie en werkwijze van mijn project zijn georganiseerd. Vervolgens wordt de opdracht behandeld met de daarbij behorende probleemstelling, eisen/randvoorwaarden en stakeholders. Hierna volgt een analyse van het probleem gevolgd door het hoofdstuk waarin het ontwerp wordt beschreven en het hoofdstuk realisatie met de verschillende mijlpalen van dit project. In het hoofdstuk eindproduct zal worden beschreven hoe het realiseren van het ontwerp in zijn werk is gegaan. Als laatste volgen dan de planning van het project en de zelfreflectie.

1. Strukton

Strukton is een bouw- en spoorbedrijf wat zich bezig houdt met ontwerp, financiering, bouw, beheer en onderhoud van infrastructuur en accommodaties. Het bedrijf is opgedeeld in vier verschillende onderdelen:

- Strukton Integrale projecten
- Strukton Rail
- Strukton Civiel
- Strukton Worksphere

Mijn afstudeerstage vindt plaats bij de afdeling Strukton Rail. Bij Strukton Rail ontwikkelt, installeert en onderhoudt men spoorsystemen met als doel het spoor optimaal beschikbaar, betrouwbaar, veilig en meetbaar te maken. De werkelden van Strukton Rail zijn spoorinfrastructuur, spoomaterieel, informatiesystemen, data-acquisitie, datamanagement en consultancy. Strukton Rail had al een treinenwerkplaats in Zutphen. Deze werkplaats, gevestigd bij de oude IJsselbrug, was te klein geworden voor de steeds grotere machines. Daarom is er in samenwerking met Arriva een nieuwe grotere werkplaats gebouwd die op 4 oktober 2012 werd geopend. Op deze locatie vindt mijn afstudeerstage plaats.

De hightech treinenwerkplaats van Strukton Rail ontzorgt haar klanten door service, onderhoud, revisie en testen van spoomaterieel. Strukton 's missie: een maximale betrouwbaarheid en inzetbaarheid leveren van de spooronderhoudsmachines, railwegvoertuigen, locomotieven en wagons van Strukton Rail en haar externe klanten. Deze missie wordt gerealiseerd door het optimale onderhoudsconcept. Hierdoor blijft spoomaterieel zo lang mogelijk vitaal en is de kans op storingen minimaal¹. Arriva is één van de belangrijkste externe klanten van Strukton. Mijn opdracht heeft dan ook betrekking op haar materieel.

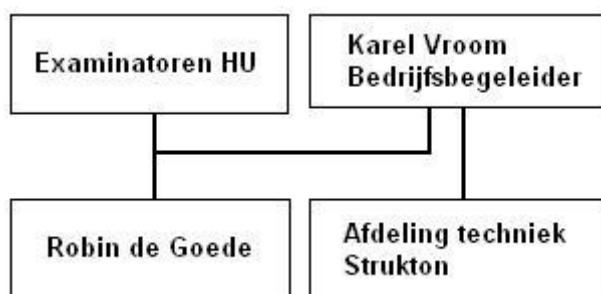
Mijn afstudeeropdracht speelt zich af in het kantoor van Strukton en in de naastgelegen werkplaats. In de eerste fase van de opdracht zal het monitoringsysteem worden ontworpen in het kantoor waarbij ik me bevindt in het ontwerpgedeelte van de organisatie. Wanneer dit is afgerond, zal het monitoringsysteem in de werkplaats gebouwd worden. Hierbij bevind ik me in het uitvoerende gedeelte van het bedrijf.

¹ Citaat: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Strukton>

2. Organisatie en Werkwijze

2.1 Organisatie

Binnen dit project ben ik het enige project lid, wat inhoud dat ik dus ook overal voor verantwoordelijk ben. Bij het project word ik begeleid door Karel Vroom. Hij ziet er op toe dat ik geen verkeerde dingen doe en helpt mij bij eventuele problemen. Daarnaast is Dhr. Vroom ook verantwoordelijk voor de uiteindelijke beoordeling van mijn project. Met vragen tijdens het project kan ik ook terecht bij de collega's van Karel op de afdeling van Strukton waar ik mijn afstudeerstage volg. Deze zijn ook allemaal op de hoogte van de opdracht die ik uitvoer. In het onderstaande organigram geeft het samenwerkingsverband weer van mijn afstudeeropdracht.



Figuur 1: Organigram afstudeeropdracht

2.2 Werkwijze

Deze afstudeerstage is fulltime. Ik ben er dus 40 uur per week mee bezig gedurende 17 weken. Bij elkaar ben ik dus 680 uur aan het werk bij Strukton. Gedurende deze stage zal er elke week minstens één bespreking zijn tussen mij en mijn begeleider, betreffende mijn voortgang. Daarnaast kan ik ieder willekeurig moment bij Dhr. Vroom terecht wanneer ik iets niet snap of vastloop op een probleem.

Tijdens deze opdracht zijn er 3 voortgangsrapportages ingepland. Na de eerste week wordt er een plan van aanpak opgeleverd, aan het einde van de vierde week het startverslag en helemaal aan het einde, na 17 weken, wordt het eindverslag afgerond. Deze zullen ter beoordeling naar de 1ste en 2de examinerator worden gestuurd.

3. Opdracht

3.1 Probleemstelling

3.1.1 Achtergronden

Sinds een paar jaar rijdt er in Nederland een nieuw type trein voor Veolia en Arriva, de GTW (gelenk-triebwagen) van Stadler. Deze treinstellen worden onderhouden in de werkplaats van Strukton in Zutphen. Deze verzorgen onder andere het afdraaien van de wielen. Bij dit proces wordt de wielband afgedraaid met een speciale draaibank, ook wel “Mobiturn” genaamd.

Bij de bouw van de GTW's zijn wielen gebruikt die gemaakt zijn van een zachter en goedkoper staal dan gebruikelijk. Door dit kwalitatief mindere staal ontstaan er bij remfouten van machinisten sneller vlakke plekken op de wielen, wat er toe leidt dat de treinstellen vaker in de werkplaats staan om de wielen af te draaien. Aangezien Arriva heeft aangegeven dat ze alle wielen van de treinstellen wil laten vervangen, is Strukton bezig om deze opdracht te krijgen. Hierbij worden de wielen van de wielas afgetrokken en vervangen door nieuwe exemplaren van een ander soort staal. Het eraf trekken van de wielen is geen probleem. Het er weer opzetten van de wielen met behulp van een wielenpersinrichting moet echter heel precies gebeuren. De afstand tussen de wielflenzen, ook wel speermaat of AR-maat genoemd, moet bij elk wiel gelijk zijn. Wanneer deze afstand kleiner is, kan er tijdens het rijden een vetergang ontstaan. Dit is een laagfrequente zijdelingse slingerbeweging tussen de twee spoorstaven, waardoor de wielen veel sneller slijten. Wanneer de afstand tussen de twee wielen groter is, gaat het wiel wringen in de bogen. Ook dit levert extra slijtage op aan de wielen. In het ergste geval kan een afwijking van de controlemaat zelfs leiden tot een ontsporing. Dit moet te allen tijde voorkomen worden.

3.1.2 Huidige methode

Momenteel vervangt Strukton al wielen bij ander materieel. Hierbij wordt als eerst de as schoon en vetvrij gemaakt. Vervolgens worden de wielas zitting en de wielboring gecontroleerd met respectievelijk een buiten- en een binnen schroefmicrometer. Wanneer deze waardes gecontroleerd zijn kan het wiel op de wielas worden geplaatst.

Het wiel wordt door een inductieverwarming tot maximaal 240 °C verwarmd. Als deze temperatuur is bereikt, wordt het wiel van de inductieverwarming afgehaald en voor de wielas gepositioneerd. Het door de warmte uitgezette wiel wordt nu in één beweging, met de hand, over de wielas geschoven tot aan het van tevoren vastgestelde punt en wordt hier vastgehouden totdat het wiel zover is afgekoeld dat deze niet meer van zijn plaats komt. Dit proces wordt herhaald bij het andere wiel(bron 1.1).

3.1.3 Probleemstelling

Vanwege de eerder genoemde vetergang en gezien het feit dat er iedere dag vele honderden mensen veilig vervoerd dienen te worden met de treinen, wil Arriva niet dat de controlemaat handmatig wordt bepaald. Daarnaast zal er ook een andere manier van montage worden toegepast. Bij het proces van verwarmen en weer laten afkoelen heeft Arriva niet de garantie dat het wiel ook echt vast zit. Dit, omdat er bij het verwarmen van het wiel, veranderingen kunnen optreden in de materiaaleigenschappen. Daarom moeten de wielen nu met een andere wielentrekinstallatie, koud en met een grote kracht van 650 tot 900 kN op de as worden getrokken waarbij de kracht met ongeveer 5 kN per seconde toeneemt. Deze range van de kracht is vastgesteld met de resultaten van in het verleden uitgevoerde montages. Aan de hand van de gebruikte kracht en snelheid kan men dan bepalen of het trekproces correct is uitgevoerd.

3.2 Opdracht

De opdracht houdt in dat er een monitoringsysteem moet worden ontworpen en gebouwd waarmee de speermaat met behulp van een sensor kan worden bepaald. Wanneer de ingestelde afstand is bereikt, dient het proces direct automatisch te stoppen. Daarnaast moeten ook de kracht die door de wielpersinrichting wordt uitgeoefend en de snelheid van het wiel worden vastgelegd door een sensor. Al deze gegevens moeten in grafiekvorm live worden weergegeven op een computer, waarop ze vervolgens opgeslagen kunnen worden.

Vanwege het belang van de correctheid van deze waardes, moeten ze er zeker van kunnen zijn deze maten ook echt kloppen. Er moet dus worden gewerkt met apparatuur met een hoge nauwkeurigheid. Wanneer Strukton over een wielentrekinstallatie beschikt die in staat is om deze waardes met een hoge nauwkeurigheid vast te leggen, mogen ze de wielen van de GTW's van Arriva vervangen.

Dit monitoringsysteem moet ik gaan ontwerpen en bouwen.

3.2.1 Onderzoeksvraag en deelvragen

Voor deze opdracht is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

Hoe kunnen de snelheid van het wiel, de kracht/trek van de wielentrekinstallatie en de afstand die het wiel over de wielas heeft afgelegd worden weergegeven tijdens en opgeslagen na het proces?

Onder deze onderzoeksvraag vallen de volgende deelvragen:

Afstand

1. *Hoe kan de afstand worden bepaald die het wiel nog over de wielas moet afleggen?*
2. *Hoe kan de afstand worden bepaald die het wiel over de wielas heeft afgelegd?*
3. *Hoe kan er een signaal worden gegeven als de van tevoren ingestelde afstand is bereikt?*
4. *Wat is de exacte afstand waaraan het wiel moet voldoen?*

Snelheid/tijd

5. *Hoe kan de snelheid worden bepaald waarmee het wiel over de wielas beweegt?*
6. *Hoe kan de tijdsduur van het proces worden bepaald?*
7. *Met welke snelheid moet het wiel op de as worden geperst?*
8. *Moet er onderzoek worden gedaan naar een gewenste proces-karakteristiek van de snelheid?*

Kracht

9. *Hoe kan de kracht worden bepaald die de trekinstallatie uitoefent op het wiel?*
10. *Met welke kracht moet het wiel op de as worden geperst?*
11. *Moet er onderzoek worden gedaan naar een gewenste proces-karakteristiek van de kracht?*

Communicatie met de computer

12. *Hoe kunnen deze gegevens worden gecommuniceerd met een computer?*
13. *Hoe kunnen deze gegevens automatisch worden opgeslagen op een computer?*
14. *Wat voor een computer kan het beste worden toegepast, een laptop of een vaste pc?*

Het bouwen van het monitoringssysteem

15. *Hoe moeten de sensoren worden geschakeld?*
16. *Hoe dienen de componenten gevoed te worden?*
17. *Wat voor beveiligingen dienen er te worden ingebouwd in de schakeling?*
18. *Waar op de trekinstallatie dient het monitoringssysteem te worden geplaatst?*

3.3 Productbeschrijving

Tijdens de eerste fase van het project dient er een ontwerp te worden gemaakt van de opstelling met sensoren. Dit wordt aan het einde van de eerste fase opgeleverd en zal worden beoordeeld door de mensen van Strukton. Wanneer het ontwerp is goedgekeurd kunnen de onderdelen worden besteld waarna het monitoringssysteem gebouwd kan worden. Het uiteindelijk op te leveren product is dus een opstelling van een aantal sensoren, waarmee de afstand, snelheid en kracht van het trekproces kunnen worden vastgelegd.

3.4 Eisen en Randvoorwaarden

3.4.1 Eisen

1. Met een sensor moet bepaald worden hoever het wiel nog over de wielas geschoven moet worden.
2. Bij het bereiken van de juiste afstand moet het proces automatisch worden gestopt.
3. Met een sensor moet de snelheid, waarmee het wiel over de wielas beweegt, worden gemeten.
4. Met een sensor moet de benodigde kracht/trek worden gemeten.
5. Met een sensor moet de tijdsduur van het proces worden bepaald.
6. Deze gegevens moeten live worden weergegeven op een laptop.
7. Het verloop van de afstand, snelheid en kracht/trek moeten automatisch in de vorm van een grafiek of een tabel worden opgeslagen op de laptop.

3.4.2 Randvoorwaarden

1. Het monitoringsysteem van de trekinstallatie moet toepasbaar zijn op de wielen van de Stadler GTW en de andere voertuigen die Strukton onderhoudt.
2. Er hoeft niets te worden ontworpen aan de werking van de wielenpersinrichting. Deze wordt kant-en-klaar geleverd aan de werkplaats (zie afbeelding 1)
3. Het monitoringsysteem moet kunnen functioneren in een werkplaats met de bijbehorende eisen en omstandigheden zoals olie, vuil en rook (IP 65).

3.5 Stakeholders

Er zijn een aantal partijen die gebaat zijn bij het oplossen van probleem van de wielen van het Arriva-materieel. Dit zijn in de eerste plaats de vervoerder, Strukton en de reizigers. Daarnaast kan de informatie ook nuttig zijn voor de leverancier van het materieel. De belangen van deze partijen zijn hieronder weergegeven:

1. Vervoerder(Arriva)
Door het zachte staal van de wielen, kan het wiel minder vaak worden afgedraaid en moet dus ook eerder worden vervangen. Dit is kostbaar. Wanneer de wielen worden vervangen door exemplaren van minder zacht staal gaan deze langer mee en dat is in het voordeel van de vervoerder. Met nieuwe wielen staan de treinen minder vaak in de werkplaats en zijn dus vaker inzetbaar. Ook dit is een voordeel.
2. Strukton
Strukton zal de assen van de treinstellen gaan vervangen. Dit project levert ze werk en inkomsten op.
3. Reizigers
Doordat de GTW's minder vaak naar de werkplaats moeten, als ze nieuwe wielen hebben, zijn ze vaker inzetbaar in de dagelijkse dienst. Hierdoor zijn er meer zitplaatsen beschikbaar voor de reizigers.
4. Leverancier(Stadler)
De leverancier kan met de uitkomsten van dit project aanpassingen doen aan het ontwerp, zodat dit probleem zich bij toekomstige producties niet meer voordoet.

3.6 Eindproducten

Gedurende de 6 fases worden er verschillende producten opgeleverd. Deze producten, en in welke fase het betreffende product wordt opgeleverd, zijn hieronder weergegeven in tabel 1:

Product	Moment van oplevering
Het plan van aanpak.	14-3-2014
Het startverslag.	4-4-2014
Een lijst van benodigde componenten.	25-4-2014
Het ontwerp.	23-5-2014
Een gebouwd en getest monitoringsysteem voor de wielentrekinstallatie.	20-6-2014
Een software programma(Excel) waarin de gegevens van het persproces worden opgeslagen.	20-6-2014
Het afstudeerverslag.	4-7-2014
Het beoordelingsformulier professioneel functioneren.	4-7-2014

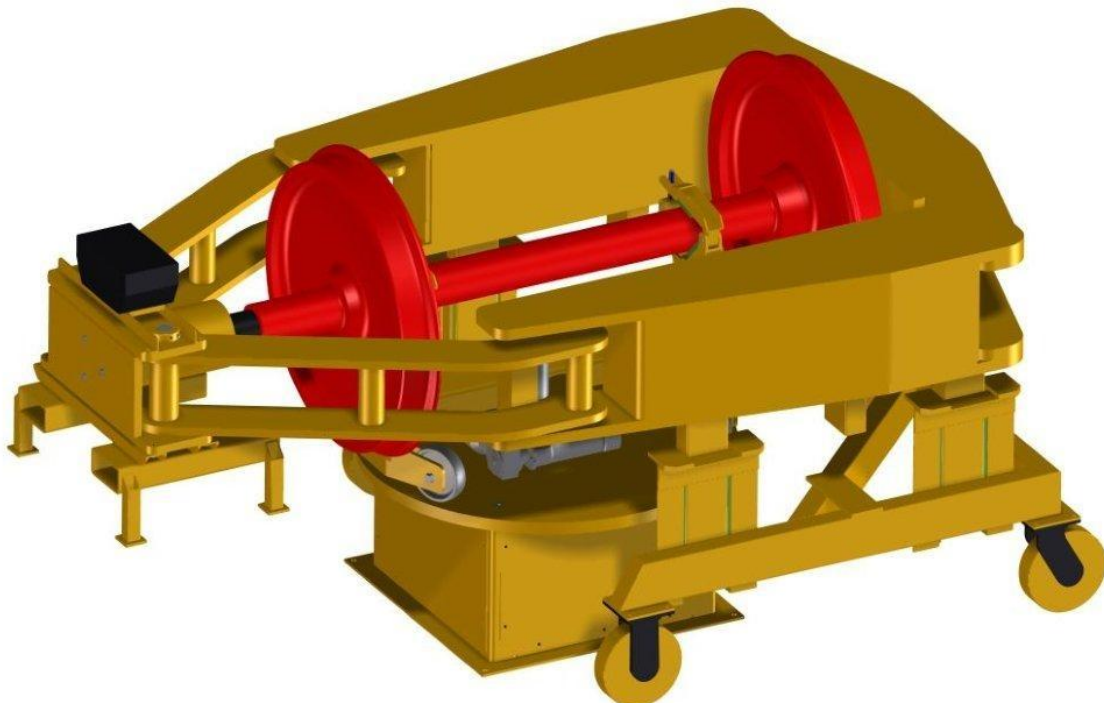
Tabel 1: Oplevering eindproducten

4. Analyse

4.1 Overview en Analyse

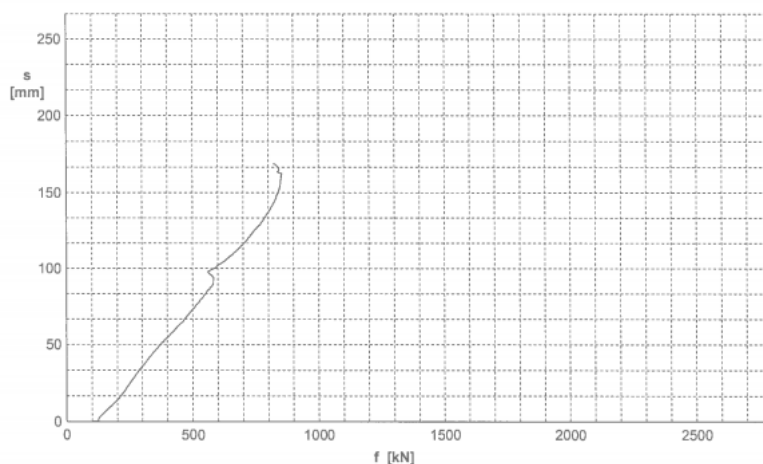
Voor dit project dient er dus een monitoringsysteem te worden ontworpen dat de afstand, snelheid en kracht van het trekproces van een treinwiel weergeeft en vastlegt. Momenteel kunnen er al wielen worden vervangen in de werkplaats van Strukton, maar deze methode voldoet niet aan de eisen van Arriva. Bij de GTW's moeten de wielen koud met grote kracht en een bepaalde snelheid op de as worden getrokken. In de bronnen 1.2 en 1.3 staat beschreven met welke kracht en snelheid een wielmontage dient te worden uitgevoerd. De oppers snelheid dient ca. 50 mm per min te bedragen. De oppers kracht is afhankelijk van het type wielstel. Bij een aangedreven wielstel moet de kracht min. 72 kN en max. 172 kN zijn en bij een loopwielstel is deze min. 52 kN en max. 120 kN. Hier hoeft dus geen onderzoek naar gedaan te worden. Wanneer uit de gegevens blijkt dat één van deze waardes afwijkt, kan dit duiden op fouten tijdens het persen of onregelmatigheden in het materiaal. In dat geval is het niet veilig om het wiel onder een trein te plaatsen.

Bij Strukton is een nieuwe wieltrekinstallatie besteld die werkt volgens dit principe. Tijdens dit project hoeft de trekinstallatie zelf dus niets meer ontworpen te worden. Op de onderstaande afbeelding 1 is deze trekinstallatie weergegeven. Hierbij hangt het rechterwiel in een standaard of kraan, terwijl de as er van links naar rechts doorheen word geduwd met de twee armen die zich aan de linkerkant bevinden. Aan de rechterkant van de installatie bevindt zich een gat waar de as doorheen wordt geduwd. Dit gat is niet zichtbaar op de afbeelding.



Afbeelding 1: De nieuwe trekinstallatie

De speermaat van de Arriva-wielen is net als de oppers kracht en de perssnelheid, vastgelegd in bron 1.2. Deze maat, 1361 mm met grensmaten van 1359 mm en 1363 mm, wordt momenteel met de hand bepaald. Ook hiermee neemt Arriva geen genoegen. Bij de nieuwe trekinstallatie moet deze maat worden bepaald met een sensor met een nauwkeurigheid die ook weer moet voldoen aan de normen. Daarnaast beschikt de bestelde trekinstallatie nog niet over systeem waarmee de kracht en snelheid kunnen worden vastgelegd. Ook hiervoor zullen dus sensoren moeten worden geplaatst. Welke sensoren hiervoor zullen worden toegepast, zal blijken uit het onderzoek. Het verloop van het trekproces zal live worden getoond op een computer die bij de trekbank wordt geplaatst. Hiermee moet met één druk op een knop, het trekproces kunnen worden gestart. Door de data na afloop van het proces op te slaan, kan aan de opdrachtgever worden aangetoond dat het trekproces volgens de betreffende normen is uitgevoerd. In figuur 2 is een voorbeeldgrafiek weergegeven met de data van de kracht en de afstand van een trekproces.



Figuur 2: Grafiek van het trekproces van een treinwiel

In deze grafiek is de kracht weergegeven op de horizontale as en de afstand op de verticale. Naarmate het wiel verder op de as wordt getrokken, wordt de kracht die daarvoor nodig is steeds groter. Dit is het geval tot ongeveer 90 mm. Hier zit een groef in het wiel die wordt gebruikt om olie in te persen als het wiel er weer af moet worden getrokken. Door die groef neemt de druk dus even af. Zodra de groef is gepasseerd, neemt de druk weer toe.

4.2 Methodiek

Het onderzoek naar de verschillende methoden zal plaatsvinden via het internet en via verschillende bezoeken aan leveranciers van mogelijke componenten. Allereerst zal worden onderzocht wat voor verschillende methoden er zijn om bijvoorbeeld de afstand te meten. Van deze methoden zullen de voor- en nadelen tegen elkaar worden afgewogen. Hieruit zal blijken, welke methode het beste kan worden toegepast. Met de methodes die hieruit komen, zal het onderzoek worden voortgezet.

In het tweede deel van het onderzoek zal bij verschillende leveranciers worden geïnformeerd naar geschikte sensoren die werken volgens de in de vorige stap gekozen methode. Deze worden samengevoegd in een morfologische matrix. De informatie uit deze matrix is afkomstig van de websites van de leveranciers van het betreffende component(zie bronnenlijst). Uit deze matrix volgen de sensoren die het meest geschikt zijn.

Met de sensoren uit de vorige stap, wordt begonnen met het maken van een ontwerp. Hierbij zal rekening worden gehouden met sensoren die, in combinatie met elkaar, problemen kunnen veroorzaken. Ook zal hier worden gekeken naar zaken als de voeding van de componenten en naar hoe de componenten met elkaar moeten communiceren. Dit ontwerp zal worden overlegd met de mensen van Strukton.

Wanneer het ontwerp is goedgekeurd kunnen de onderdelen worden besteld. Hieraan zit een bepaalde levertijd verbonden. Deze tijd zal worden benut om het ontwerp vast te leggen in verslagvorm. Wanneer de onderdelen geleverd zijn, kan worden begonnen met het bouwen en vervolgens getest. Gedurende deze verschillende fases, zal het eindverslag stap voor stap worden opgesteld.

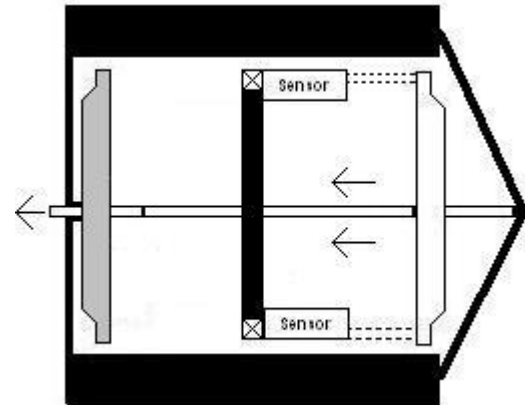
5. Ontwerp

5.1 Plek van de sensor op de trekinstallatie

5.1.1 Optie 1: Op de trekinstallatie aan de binnenkant van het wiel

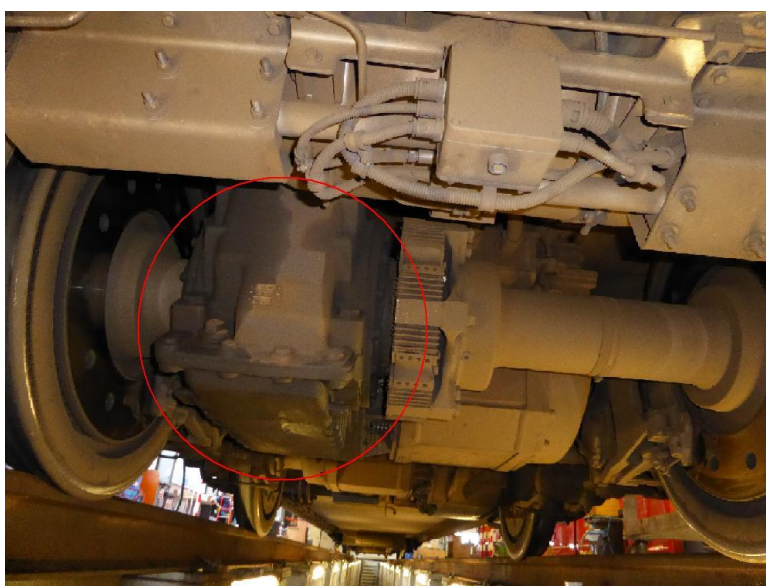
Hierbij worden er twee kolommen met hier bovenop een dwarsbalk op de wielentrekinrichting gelast, waardoor er een brug over de as ontstaat. De kolommen zijn zo gepositioneerd, dat ze gelijk vallen met het buitenste rechte vlak aan de binnenkant van het wiel. Op deze manier kan de afstand tot het naderende wiel op meerdere plaatsen worden berekend. Zo kan men zien of het wiel scheef op de as is geplaatst.

Er zijn ook nadelen aan deze methode. Zo moet een van de zijdes scharnierend worden gemaakt zodat de as voorafgaand aan het proces kan worden geplaatst en na afloop weer worden afgevoerd. Dit scharnierende deel kan onnauwkeurigheden en instabiliteit in de constructie veroorzaken. Hierbij moet men in de gaten houden dat de as altijd op exact dezelfde plek op de wielentrekinrichting moet liggen. Wanneer dit verschilt, verschilt ook de afstand van de sensor tot aan het wiel per geval. Dit levert snel onnauwkeurigheden op. Om dit te voorkomen kan de as worden vastgezet op de trekrichting, zodat de assen altijd op dezelfde plek liggen.



Figuur 3: Boven-aanzicht met de sensor aan de binnenkant

Ook de aandrijfbak op het aangedreven wielstel levert problemen op. Deze kan niet worden verwijderd van de as en steekt aan één kant buiten de diameter van het wiel uit. Aan deze kant kan dus niet worden gemeten met een sensor. Op afbeelding 2 is een wiel met aandrijfbak te zien, waarbij de bak rood omcirkeld is.

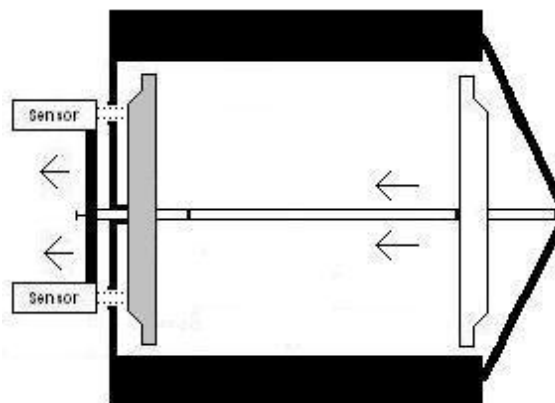


Afbeelding 2: Aandrijfbak van een GTW

5.1.2 Optie 2: Aan een balk op de kop van de as

De afstand die het wiel aflegt, kan ook vanaf de buitenkant van het wiel worden bepaald. De gekalibreerde randen zitten namelijk ook aan de buitenkant van het wiel. Verder zitten er in de kop van de as 3 schroefgaten waaraan de balk met sensoren kan worden bevestigd.

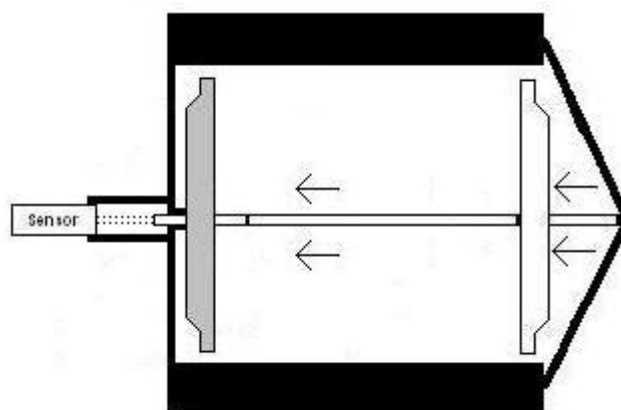
Bij deze methode is echter ook sprake van een probleem. Het wiel wordt op de as geperst met een grote stalen plaat waar het uiteinde van de as doorheen steekt. Er zullen dus gaten in deze plaat moeten worden geboord om de afstand tot het wiel te kunnen meten. Als er op de kop van de as een staaf wordt bevestigd die even lang is als de diameter van het wiel, kunnen aan de uiteinden sensoren worden bevestigd. De staaf dient wel precies recht zijn, omdat er anders onnauwkeurigheden ontstaan.



Figuur 4: Bovenaanzicht met de sensor aan een balk op de kop van de as.

5.1.3 Optie 3: Met een beugel over de kop van de as

Bij deze optie wordt er een beugel gemaakt over het gat waar de as doorheen wordt geperst. Op deze beugel wordt dan een lasersensor bevestigd. Zo wordt de afstand gemeten tot aan de kop van de as. Hierdoor is er slechts één sensor nodig. Net als bij optie 1 wordt de te meten afstand steeds kleiner, waardoor de nauwkeurigheid groter wordt. Om de sensor te kunnen justeren wordt er een correct getrokken as met wielen in de trekrichting gezet. Hierbij wordt met de sensor, de afstand tot de kop van de as



Figuur 5: Bovenaanzicht met een sensor die met een beugel over de kop van de as is geplaatst.

bepaald. Bij alle hierna te behandelen identieke assen wordt er door de sensor een signaal gegeven bij het bereiken van deze afstand. Met deze methode kan niet worden gecontroleerd of het wiel scheef op de as zit, omdat er niet op de randen van het wiel wordt gemeten. Deze maat zal nu na afloop worden gecontroleerd. Met dit type wielentrekrichting is de kans op een scheef wiel gelukkig nihil omdat het wiel tijdens het persen tegen een rand aan wordt gedrukt. Dit zorgt ervoor dat het wiel altijd precies verticaal zit.

5.1.4 Overzicht van de voor- en nadelen van de opties

Een overzicht van de voor- en nadelen is te vinden in bijlage 1.

5.1.5 Resultaat

De optie met een beugel over de kop van de as komt als beste uit deze vergelijking naar voren. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk "Resultaten".

5.2 Afstand bepalen

5.2.1 Optie 1: Lasersensor

Om een afstand te bepalen, kan gebruik worden gemaakt van een lasersensor. Deze bepaald met behulp van een laser, de afstand van de sensor tot aan het oppervlak waar de laser op is gericht. De nauwkeurigheid van deze meting is hoog, mits het oppervlak voldoende reflecteert. Hiervoor wordt speciale reflecterende folie geadviseerd. Deze kan op het betreffende oppervlak worden geplakt en is na afloop weer eenvoudig te verwijderen



Van deze sensor zijn verschillende varianten verkrijgbaar. Deze verschillen van elkaar op het gebied van bereik, nauwkeurigheid, kwetsbaarheid, de manieren waarop ze gemonteerd kunnen worden en de mogelijkheid om te kunnen communiceren met een computer. Vooral de nauwkeurigheid, kwetsbaarheid en het communiceren met een pc, zijn in dit project van belang. Alle verkrijgbare sensoren die hieraan voldeden zijn met elkaar vergeleken. Hieruit kwamen deze 4 als beste naar voren. Een overzicht van alle lasersensoren is te vinden in bijlage 2.

	SICK DT 20 Hi		P&F VDM 18-300		Di-Soric Lat 51		Leuze ODSL 9	
Meetbereik(meter)	100-600	++	80-300	+	50-500	++	50-450	++
Analoog Uitgangssignaal	4-20 mA	+	4-20 mA	+	0-10 Volt	+	0-10 Volt	+
Digitale uitgang	nee	+/-	Nee	+/-	nee	+/-	ja	+
Nauwkeurigheid	1 mm	+	0.3	++	0.5 mm	++	1%	-
IP-waarde	IP 65	++	IP 67	++	IP 67	++	IP 67	++
Formaat LxBxH(mm)	59x53x24	+	50x50x17	++	50x50x16	++	50x50x21	++
Prijs	674,82	-	658,-	-	730,00	-	652,48	-
Leverancier	Rs-online	++	Omnical .nl	++	Di-Soric	++	PLC center	++
Levertijd(dagen)	1	++	2	++	1-3	++	7-28	+/-
Laserklasse	2	+	2	+	2	+	2	+
Signaal bij bereiken gewenste afstand	ja	+	ja	+	ja	+	ja	+
Resultaat		12+		13+		14+		10+
Bron	3.2		3.5		3.7		3.10	

Tabel 2: De sensoren die als beste uit het onderzoek kwamen.

5.2.2 Optie 2: Draw wire sensor

Een andere methode om een afstand te bepalen, is met een draw-wire sensor of seilzugsensor. Hierbij komt er een kabel uit de sensor die d.m.v. een magneet aan het wiel kan worden bevestigd. De sensor registreert dan hoe groot deze afstand is. De voordelen van deze sensor zijn de nauwkeurigheid en het feit dat de reflectie van het oppervlak geen rol meer speelt. De nauwkeurigheid is bij deze sensor hoger dan die van de lasersensor, namelijk +/- 0,1 mm. Doordat er geen gebruik meer wordt gemaakt van een laser, vervalt het nadeel van het donkere oppervlak. De magneet die nu wordt gebruikt, heeft hier geen last van. Het grootste voordeel van deze sensor is echter dat deze sensor ook gebruikt kan worden om de snelheid te bepalen. Hierdoor kunnen twee functies worden vervuld door één sensor.



Vergeleken met de lasersensor, is de draw-wire sensor groot en zwaar. Het wordt daardoor erg moeilijk om de sensor aan de balk op de kop van de as te bevestigen. Wanneer deze sensor wordt toegepast, moet deze dus op de wielentrekinrichting zelf worden geplaatst. Dit kan problemen opleveren bij het aan- en afvoeren van de as. Alle verkrijgbare draw-wire sensoren met snelheidsmeter zijn met elkaar vergeleken. De resultaten hiervan zijn hier weergegeven:

	Waycon HX-VP	Celeasco DV301	Celeasco PT5AV	Celeasco PT 9301	ASM WGS2
Meetbereik (mm)	0-750 ++	0-1016 ++	0-750 ++	0-1905 ++	0-1500 ++
Meetbereik (m/s)	vrij +/-	vrij +/-	0-152 +/-	vrij +/-	0-0.002 ++
Uitgangs-signaal afstand	0-10 VDC ++	0-30 VDC ++	0-30 VDC ++	500 Ohm -	0-10 VDC ++
Uitgangs-signaal snelheid	0-10 VDC ++	0.4-20 VDC ++	0-20 VDC ++	500 Ohm -	0-10 VDC ++
Nauwkeurigheid(mm)	0.1 ++	0.5 ++	0.1 ++	0.1 ++	0.1 ++
IP-waarde	IP 65 +	IP 50 +	IP 65 +	IP 67 +	IP 50 +
Formaat LxBxH(mm)	121x74x 74 +/-	134x54x 56 +/-	173x89 x81 -	200x125 x135 -	200x130 x111 -
Prijs	1750,- --	1500,- --	1500,- --	1000,- -	2000,- --
Leverancier	Waycon +	Sentech +	Sentech +	Variohm +	AE sensors +
Levertijd (dagen)	21-28 -	42-49 --	42-49 --	42-49 --	42-49 --
Voltage bij gewenste snelheid	4.4 mV +/-	7.1 mV +/-	6.9 mV +/-	7.2 mV +/-	4.17 Volt ++
Gewicht(kg)	0.9 +	0.9 +	2.4 +/-	3.6 +/-	2.1 +/-
Resultaat	8+	7+	5+	0	9+
Bron	3.12	3.13	3.13	3.13	3.14

Tabel 3: Een overzicht van de draw-wire sensoren.

5.2.3 Optie 3: Lineaire encoder

De afstand kan ook worden bepaald met een lineaire encoder. Bij dit principe beweegt een sensor over een band waarmee de afgelegde afstand kan worden bepaald. Hierbij bedraagt de afstand tussen de sensor en de band slechts enkele micrometers. De lineaire encoder heeft veruit de hoogste nauwkeurigheid van alle afstand-sensoren. Deze ligt bij dit type sensoren rond de 10 micrometer.

Het nadeel van deze methode is dat er tussen de band en de sensor een vaste kleine afstand moet bestaan. In dit geval moet de sensor aan het wiel worden bevestigd en de band aan de trekrichting of precies omgekeerd. Hierbij mag de afstand tussen deze 2 slechts enkele micrometers bedragen. Dit wordt heel lastig omdat de afstand tussen het wiel en de trekrichting overal enkele centimeters bedraagt. Daarnaast trilt de trekrichting flink tijdens het trekproces. Dit kan de meting ernstig verstoren, omdat de afstand tussen de sensor en de band, door het trillen flink kan variëren. Door deze kritische waardes is deze methode niet geschikt om toe te passen op de wielentrekinrichting.



5.2.4 Overzicht van de voor- en nadelen van de opties

Een overzicht van de voor- en nadelen is weergegeven in bijlage 3.

5.2.5 Resultaat

De lasersensor komt als beste uit deze vergelijking naar voren. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk “Resultaten”.

5.3 Snelheid bepalen

5.3.1 Optie 1: Draw wire sensor

Zoals hiervoor al vermeld is, kan met een draw-wire sensor ook de snelheid van het wiel worden bepaald. Hierdoor hoeft er geen aparte sensor aan het ontwerp te worden toegevoegd.

5.3.2 Optie 2: Snelheid meten met radar

Dit is hetzelfde principe als dat de politie gebruikt bij een snelheidscontrole. Door de reflectie van het signaal is de snelheid van het voorwerp te bepalen. Deze radars worden ook gebruikt in de sportwereld om bijvoorbeeld de snelheid van een tennisbal te meten en in fietscomputers voor de snelheid van de fiets.

Het nadeel van deze methode is dat er bijna geen producten verkrijgbaar zijn die met zulke lage snelheden om kunnen gaan. Bijna alle verkrijgbare snelheidsmeters hebben een minimum snelheid van 1 km/h.



5.3.3 Optie 3: Snelheid bepalen met de afstand en de tijd

Met de afgelegde afstand, die door de laser sensor is berekend, kan de snelheid worden bepaald als bekend is hoelang het proces heeft geduurd. Op deze manier kan zowel de gemiddelde snelheid als de snelheid op een bepaald moment worden bepaald. Deze snelheid zal moeten worden bepaald met software van module waarop alle sensoren zijn aangesloten. De software moet in staat zijn om met de afgelegde afstand en een timer, de snelheid te kunnen bepalen. Hiervan moet vervolgens een grafiek worden opgesteld.

5.3.4 Overzicht van de voor- en nadelen van deze drie opties

Een overzicht van de voor- en nadelen is te vinden in bijlage 4.

5.3.5 Resultaat

Uit de vergelijking komt naar voren dat de snelheid het beste kan worden bepaald met de afstand en de tijd. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk "Resultaten".

5.4 Kracht bepalen

5.4.1 Optie 1: Kracht meten met een krachtsensor

Hierbij wordt een krachtsensor bevestigd tussen de trek arm en een vast punt wat niet beweegt. Zodra de arm beweegt wordt de veer in de sensor uitgetrokken en kan de kracht worden gemeten. Deze sensor kan worden aangesloten aan een pc.



Een sensor aan de arm is echter lastig te realiseren, omdat de arm op meerdere punten scharniert. Hierdoor zijn er geen onderdelen die recht van elkaar af bewegen en kan er dus ook geen betrouwbare meting worden gedaan. Bovendien zijn de sensoren erg duur. De prijs van een geschikte sensor is enkele duizenden euro's.

5.4.2 Optie 2: Hydraulische druksensor

Met deze sensor kan de kracht worden bepaald aan de hand van de druk die op de arm wordt gezet. Die druk ligt bij het trekken van wielen tussen de 400 en 500 bar, waarbij de trekrichting een maximale druk van 700 bar kan uitoefenen. Deze waarde wordt echter nooit gehaald. Bij gebruik van een druksensor hoeft er niets te veranderen aan de constructie van de arm. Daarnaast is deze sensor veel goedkoper dan een krachtsensor. De prijs van een drukmeter ligt rond de 300 euro.



	Jumo Midas HP		Jumo dtrans p30		Jumo dtrans p33		IFM PU5460		IFM PA9060	
Meetbereik (bar)	100-600	++	0-600	++	0-600	++	0-600	++	0-600	++
Uitgang(volt)	0-10	++	0-10	++	4-20 mA	++	0-10	++	0-10	++
Nauwkeurig- heid(bar)	0.5-3	+	0-3	+	0-3	+	0-3	+	0-3	+
IP-waarde	IP 65	++	IP 65	++	IP 65	++	IP 67	++	IP68	++
Formaat	57x27	+	109x27	+	157x27	+	66x19	+	77.3x30	+
Prijs	295,20	++	318.11	++	158.44	++	-	+/-	-	+/-
Leverancier	jumo	++	jumo	++	jumo	++	ifm	++	ifm	++
Levertijd(dagen)	14	-	14	-	14	-	28	--	28	--
Druk bestendigheid (bar)	900	++	900	++	1200	++	1200	++	800	++
Voltage bij gewenste druk(volt)	5	++	5.8	++	5.8	++	5.8	++	5.8	++
Resultaat		15+		15+		15+		12+		12+
Bron	3.15		3.15		3.15		3.8		3.8	

Tabel 4: Een overzicht van de hydraulische druksensoren.

5.4.3 Overzicht van de voor- en nadelen van de twee opties

Een overzicht van de voor- en nadelen van de beide opties is te vinden in bijlage 5.

5.4.4 Resultaat

De hydraulische druksensor komt als beste uit deze vergelijking naar voren. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk “Resultaten”.

5.5 Stopzetten van het trek-proces

5.5.1 Optie 1: Relais

Wanneer de van tevoren vastgestelde afstand is bereikt, moet de wielentrekinrichting worden stopgezet. Dit kan elektrisch door de voedingsspanning uit te schakelen d.m.v. een relais. Het relais zal dan NC(normally closed) moeten zijn. Het relais blijft dan gesloten totdat de betreffende waarde is bereikt. Dit signaal zal worden verstuurd door de module waarop de sensoren zijn aangesloten. Wanneer de voedingsspanning wordt afgeschakeld, stopt de elektromotor. Hiermee is de druk echter nog niet meteen weg. Na het uitschakelen zal de trekinrichting dus nog even doorgaan met trekken totdat de druk te laag is geworden. Omdat dit laatste stuk erg moeilijk te voorspellen is, zal het lastig worden om een relais te gebruiken in dit ontwerp.



5.5.2 Optie 2: Hydraulisch ventiel

De wielentrekinrichting kan ook worden stopgezet door een hydraulisch mono stabiel NO(normally open) ventiel met rondpomptestand na de hydraulische pomp te plaatsen. Het ventiel dient geschikt te zijn voor 700 Bar. Wanneer de gewenste afstand is bereikt, zal het ventiel omschakelen naar de rondpomptestand. Hierdoor valt de hydraulische druk direct van de trekarmen en zal deze direct stoppen met trekken. Het probleem van het na-ijlen speelt hierdoor niet. In de aanschaf is een ventiel wel een stuk duurder dan een relais.

Het benodigde ventiel wordt door een aantal firma's geleverd. De verschillen tussen de ventielen van deze firma's is minimaal. Om die reden is hiervan geen morfologische matrix opgesteld. De volgende firma's leveren geschikte ventielen.

- Bosch Rexroth
- Robucon
- Kladivar



5.5.3 Overzicht van de voor- en nadelen van de twee opties

Een overzicht van de voor- en nadelen van de opties is te vinden in bijlage 6.

5.5.4 Resultaat

Het hydraulisch ventiel komt als beste uit deze vergelijking naar voren. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk "Resultaten".

5.6 Omzetten van uitgangssignaal naar computer

5.6.1 Optie 1: Losse USB-voltmeter

Bij de hiervoor genoemde sensoren kan worden gekozen tussen verschillende uitgangssignalen. In mijn ontwerp zal gebruik worden gemaakt van uitgangen in Volt. Bij alle sensoren gaat het hier om uitgangen van 0-10 Volt, behalve bij de snelheid. Deze heeft een uitgang van 0-10 mV. De firma digital measure heeft een aantal voltmeters in het assortiment die geschikt zijn om toe te passen in mijn ontwerp.

Hier zijn verschillende types te krijgen, die allemaal een ander bereik hebben. De uitslag van de betreffende meting kan vervolgens met USB worden gecommuniceerd met een computer of laptop. Hierop zal geschikte software aanwezig moeten zijn, zodat er met deze gegevens kan worden gewerkt.



Deze modules zijn slecht verkrijgbaar. Ze worden alleen geleverd door de leverancier uit Slowakije.

5.6.2 Optie 2: Gecombineerde voltmeter Ethertek

In deze module zijn 6 voltmeters (0-100V) samengevoegd. Met de bijgeleverde software kan de spanning met een nauwkeurigheid van 0.0002 Volt worden vastgesteld. Daarnaast kan er ook een minimum en maximum voltage worden ingesteld. Dit kan worden gebruikt bij het bepalen van de afstand. Bij het bereiken van de ingestelde afstand, klinkt dan een alarm.

Er kan echter geen signaal worden verzonden vanuit de module aangezien er alleen ingangen aanwezig zijn. De trekkinrichting zal dan niet automatisch stilgezet worden. Dit moet dan handmatig gebeuren.

Wat verder nog ontbreekt aan deze module, is een galvanische scheiding. Deze dient aanwezig in geval van een kortsluiting. Deze scheiding voorkomt dat de laptop dan wordt opgeblazen. Wanneer er voor deze module wordt gekozen, zal de scheiding later apart moeten worden ingebouwd.



Wat ten slotte ook nog een nadeel is aan deze module, is de verkrijgbaarheid. Ethertek wordt namelijk alleen rechtstreeks door de fabrikant geleverd en die is gevestigd in Canada.

5.6.3 Optie 3: Gecombineerde voltmeter Velleman 8061

De K8061 van Velleman beschikt over 16 ingangen en 16 uitgangen. Hiervan zijn er steeds 8 analoog en 8 digitaal. Hiermee kunnen dus de signalen van de sensoren worden gelezen en er kan een signaal worden verstuurd wanneer de benodigde afstand is bereikt.

Verder is deze module al uitgerust met een galvanische scheiding. Deze hoeft er dus niet nog apart bij te worden gemaakt. De nauwkeurigheid van deze module is niet bekend.



De bijgeleverde software is niet geschikt voor onze toepassing. De spanning wordt hierbij met een nauwkeurigheid van 1.0 volt weergegeven en daarnaast is er geen mogelijkheid om een digitale uitgang aan te sturen bij een bepaalde waarde van een analoge ingang.

Er kan echter een eigen software worden ontwikkeld met bijvoorbeeld het programma Delphi. Wanneer er voor deze oplossing wordt gekozen, zal dit dus als eerst moeten gebeuren. Als dit goed functioneert, kan de module hierop worden aangesloten.

5.6.4 Optie 4: Dataq instruments 155(DI 155)

De DI 155 is een data acquisitie starter kit met usb aansluiting, die beschikt over 4 analoge ingangen(o.a. 0-10 Volt), 4 digitale ingangen(max. 30 Volt) en 4 digitale uitgangen(max. 30 Volt). Alle in-en uitgangen zijn beveiligd zodat in geval van kortsluiting het medium, waarop de gegevens worden getoond, gespaard blijft. De nauwkeurigheid van deze module is +/- 0.5% van de meetwaarde. Bij 10 Volt is dit een afwijking van maximaal 0.05 Volt. Dit houdt in dat de nauwkeurigheid minder dan 1 mm is tot een afstand van 200 mm. Als deze afstand niet wordt overschreden op het punt dat het wiel de afstand van 1361 mm heeft bereikt, voldoet deze module aan de gestelde eisen van de nauwkeurigheid.



Bij aankoop van de DI 155 krijgt men er software van WINDAQ bijgeleverd. Deze software kan goed gebruikt worden bij dit project. De geregistreerde waardes kunnen in mV worden weergegeven in de vorm van een grafiek en de resultaten kunnen eenvoudig worden omgezet naar Excel. Op de site van Dataq instruments is een uitgebreide handleiding van de module weergegeven.

Een nadeel van deze module is dat het niet mogelijk is om een uitgang aan te sturen bij het bereiken van een bepaalde waarde op een ingang.

5.6.5 Optie 5: ICPDAS I-7012

Dit is een analoge input module waarbij met iedere module één signaal kan worden gecommuniceerd met een computer. Hierbij maakt het niet uit of dit signaal als 0-10 Volt of als 4-20 mA wordt aangeboden. Iedere module heeft dus één ingang en één uitgang, Hierbij is de uitgang uitgevoerd als schakelaar. De metingen met deze module hebben een nauwkeurigheid van 0,25%. Hierdoor hebben metingen tot een afstand van 40 cm, een nauwkeurigheid van minder dan 1 mm. Dit voldoet aan de gestelde eisen op het gebied van nauwkeurigheid. Daarnaast is de module uitgerust met een beveiliging tegen een te hoge spanning.

De I-7012F functioneert met EZ datalogger software. Met deze software kan men zelf een programma bouwen waarin de resultaten van de sensoren kunnen worden weergegeven als grafiek of tabel. Deze resultaten kunnen ook worden gekoppeld aan Microsoft Excel.



In Nederland wordt deze module en de DI-155 geleverd door de firma Fieldworks. Hiervoor is er een bezoek gebracht aan deze firma om te informeren naar de mogelijkheden van deze modules. Uit dit bezoek bleek dat de DI-155 niet de mogelijkheden had om een uitgang aan te sturen. De I-7012F kon dit wel, maar op deze module kon slechts één sensor worden aangesloten. Hiervan zouden er dus 2 moeten worden aangeschaft. De levertijd van beide modules bedraagt enkele dagen.

5.6.6 Overzicht van de voor- en nadelen van de 5 opties

De voor- en nadelen van de 5 opties zijn terug te vinden in bijlage 7.

5.6.7 Resultaat

De ICPDAS I-7012F komt als beste uit deze vergelijking naar voren. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk "Resultaten".

5.7 Software

5.7.1 Mogelijke software

Bij alle hiervoor genoemde modules wordt standaard software geleverd. Deze is bij optie 1 heel eenvoudig. Hierbij wordt alleen de gemeten voltage weergegeven en voor de rest niets.

De software bij optie 2 is een stuk uitgebreider. De voltages worden hier met een nauwkeurigheid van 0.2 mV weergegeven en er kan een maximale waarde van de spanning worden ingesteld.

Net als bij optie 1, voldoet de software bij optie 3 ook niet. De voltages worden hierin met een nauwkeurigheid van 1.0 Volt weergegeven. Dit is veel te onnauwkeurig voor de sensoren die een nauwkeurigheid van minder dan 1 mV. Bij de module van Velleman bestaat echter de mogelijkheid om zelf software te schrijven voor de module. Dit kan bijvoorbeeld met een programma als Delphi. Er kan hier dus, wanneer de voltmeters het toelaten, zelf een geschikte software voor worden gemaakt.

De software bij optie 4 voldoet aan bijna alle gestelde eisen. Er kan een maximale waarde worden ingesteld, de resultaten kunnen worden gekoppeld naar Excel en de voltages worden weergegeven in mV. Verder heeft deze module een nauwkeurigheid van 0.5%. Dit houdt in dat de nauwkeurigheid minder dan 1 mm is tot een afstand van 200 mm. Het is bij deze software echter niet mogelijk om een uitgang aan te sturen bij een bepaalde waarde van een ingang. De trekinrichting zal hiermee dus niet automatisch kunnen stoppen.

Bij optie 5 wordt software geleverd waarmee de gebruiker zelf een programma kan maken waarin de gemeten waardes worden getoond. Dit is het programma **"EZ data logger"**. Hierin kunnen zowel volt als ampère worden weergegeven en ook het koppelen van gegevens naar Excel is mogelijk. De software geeft de gemeten waardes weer in een nauwkeurigheid van 0.1%. Daarnaast is het ook mogelijk om een digitaal signaal uit te zenden bij het bereiken van een bepaalde waarde op één van de ingangen. Deze software voldoet dus aan alle gestelde eisen.

5.7.2 Overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende opties

Een overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende software is terug te vinden in bijlage 8.

5.7.3 Resultaat

De software die wordt geleverd bij de ICPDAS I-7012F is beste optie vergeleken met software die met de andere opties wordt meegeleverd. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk "Resultaten".

5.8 Computer

5.8.1 Optie 1: Laptop

De software om de gegevens van de sensoren weer te geven, moet worden geïnstalleerd op een computer. Dit kan bijvoorbeeld op een laptop. De laptop kan bij de wielentrekinrichting worden geplaatst, zodat de gegevens live kunnen worden gevolgd. Na afloop kan de laptop worden meegenomen om de gegevens te verwerken.

Een laptop is wel kwetsbaar. Wanneer deze door trillingen of aanraking door een object of persoon ten val komt, bestaat de kans dat alle gegevens verloren gaan. Bij de aanschaf van een laptop moet daarom op de IP-waarde worden gelet, zodat de laptop tegen een stootje kan. Het risico van vallen wordt nog eens vergroot door de kabels die vanuit de laptop naar de module en de voeding lopen. Hier kan gemakkelijk een bewegend deel van de trekinrichting achter blijven hangen. Een ander risico is dat de laptop door een medewerker wordt aangezien voor normale laptop en vervolgens wordt meegenomen voor werk elders in het bedrijf. Wanneer men dan met de wielentrekinrichting aan de slag wil, is de laptop verdwenen en loopt het trekken van de wielen kostbare vertraging op. Wat ook meespeelt, is het risico op diefstal. Om dit risico zo klein mogelijk te maken kan de laptop niet vast bij de trekinrichting kunnen blijven staan en zal iedere avond moeten worden opgeruimd.

5.8.2 Optie 2: Industrial touch panel

Een industrial touch panel is een losse monitor die op de wielentrekinrichting kan worden gebouwd. Deze monitor kan met bijvoorbeeld Drop box, draadloos communiceren met een computer elders in het gebouw. Op deze manier kunnen de meetresultaten eenvoudig worden overgezet naar een andere computer. Met een vaste monitor vormen losse kabels ook geen risico meer. Alle kabels kunnen nu namelijk via de binnenkant van de trekinrichting naar de monitor worden geleid. Doordat de monitor vast zit hebben de trillingen geen invloed en de computer kan ook niet meer worden meegenomen door een onwetende medewerker. Het is aan te bevelen om een monitor aan te schaffen met een, voor een werkplaats, geschikte IP-waarde, vanwege materialen die tegen de monitor aan kunnen stoten. Verder kan het touch panel nog worden uitgerust met een aantal PCI kaarten. Een nadeel van een monitor ten opzichte van een laptop is de levertijd. Deze is 3 tot 4 weken.



Tijdens het bezoek aan de firma Fieldworks bleek dat zij ook een uitgebreid assortiment monitoren hebben die speciaal gemaakt zijn voor dit soort werkzaamheden. Ze voldoen dus aan de IP 67 en EN-13260/262. De monitor moest wel aan een aantal eisen voldoen. Zo moest het Touch screen kunnen worden bediend met handschoenen en het beeldscherm moest 15" groot zijn zodat deze makkelijk kan worden bediend en de waardes goed zichtbaar zijn. Hierop raadde Fieldworks de GOT5152T van Axiomtek aan. Dit type monitor kan met handschoenen aan worden bediend en wordt geleverd in verschillende formaten, waaronder 15".

5.8.3 Overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende opties

Een overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende opties is terug te vinden in bijlage 9.

5.8.4 Resultaat

Het industrial touch panel zal worden toegepast in het ontwerp. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk "Resultaten".

5.9 PCI kaarten

5.9.1 Optie 1: PCI kaarten

Wanneer het industrial touch panel wordt toegepast, kan er gebruik worden gemaakt van PCI kaarten. Deze PCI kaarten zijn in verschillende uitvoeringen verkrijgbaar, waaronder een variant als multimeter. Hiermee kunnen de uitgangen van de sensoren worden gemeten, ongeacht of deze uitgang “0-10 Volt” of “4-20 mA” is. Daarnaast zijn er ook PCI switch-kaarten beschikbaar die het ventiel kunnen aansturen bij het bereiken van de juiste afstand. Op ieder touch panel zitten 2 PCI sloten. Dit is dus precies genoeg voor de 2 sensoren die worden gebruikt. Er zijn dan echter geen mogelijkheden meer voor een eventuele uitbreiding.



5.9.2 Optie 2: Losse module

De mogelijkheden van een losse module zijn terug te vinden in hoofdstuk 5.6.

5.9.3 Overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende opties

Een overzicht van de voor- en nadelen is terug vinden in bijlage 10.

5.9.4 Resultaat

Het resultaat van deze vergelijking is dat er geen PCI-kaart zal worden toegepast. Een uitgebreide beargumentering hiervan is te vinden onder het hoofdstuk “Resultaten”.

5.10 Behuizing

5.10.1 Behuizing

Het monitoringsysteem moet worden ingebouwd in een kastje, dat aan de trekinstallatie kan worden bevestigd. Alleen de lasersensor bevindt zich buiten deze behuizing. In het kastje moet ruimte genoeg zijn voor alle losse onderdelen, waarbij de monitor in de voorkant van het kastje zal worden ingebouwd. De behuizing dient tevens in bezit te zijn van een deurtje aan de voorkant zodat men bij storingen eenvoudig bij de onderdelen kan.

Bij Strukton worden regelmatig soortelijke kastjes besteld. Deze worden altijd besteld bij dezelfde firma: Rittal. Rittal heeft uitgebreid assortiment van kastsystemen, behuizing en bijbehorende accessoires zoals rail- en schuifsystemen. Vanwege de goede ervaring van Strukton met Rittal zal hier de behuizing van het monitoringsysteem worden besteld.

Het 15" beeldscherm is 388x55x308mm(LxDxH). De voorkant van het kastje moet dus minimaal 500x400 mm zijn om het beeldscherm hier netjes in te kunnen bouwen. Een kastje van 400x400 mm is te klein, omdat zich aan de voorkant van het kastje ook al de scharnieren van het deurtje bevinden. Daardoor zou het beeldscherm er in de breedte niet meer in passen. Voor de diepte van het kastje moet rekening worden gehouden met 200 tot 300 mm. Het beeldscherm is al 55 mm diep daarbij komen dan nog de verschillende onderdelen en de bijbehorende bedrading. Met een diepte van 300 mm blijft er dan ook nog ruimte over voor eventuele uitbreidingen in de toekomst.

5.10.2 Resultaat

Voor de behuizing zal de AE 1350.500 van Rittal worden gebruikt. Deze kast is 500x500x300mm, voldoet dus aan alle minimum maten en beschikt over een deurtje aan de voorkant. Daarnaast bleek dit type nog op voorraad te zijn bij Strukton, waardoor er geen lange levertijd was.

5.11 Netvoeding

Nu alle componenten van het systeem zijn vastgelegd, kan worden berekend hoe groot de voeding van het geheel moet zijn. In totaal maken 7 componenten gebruik van de voeding. Dit zijn de volgende:

- GOT5152T Touchpanel (72 Watt)
- Hydraulisch Ventiel (30 Watt)
- Hydraulische druksensor (5,1 Watt)
- LAT 51 lasersensor (1,5 Watt)
- ICPDAS I-7012F (1,3 Watt)
- ICPDAS I-7012F (1,3 Watt)
- ICPDAS I-7520 (1,2 Watt)

In totaal moet de netvoeding dus minimaal 113 Watt kunnen leveren. Aangezien alle 7 componenten functioneren met een ingangsspanning van 24 VDC komt dit, volgens de formule $P = U \times I$, overeen met 5 Ampère. Er moet verder rekening worden gehouden met eventuele uitbreidingen van het monitoringsysteem. Wanneer er wordt gekozen voor een voeding van 24 VDC/5 A bestaat de kans dat er bij een uitbreiding een voeding moet worden bijgeplaatst. Er zal daarom worden gekozen voor een voeding 24 VDC/ 10 A.

5.12 Resultaten

5.12.1 Plek van de sensor op de wielentrekinrichting

Er zal een sensor worden gemonteerd op een beugel die over de kop van de as is gepositioneerd. De voornaamste reden voor deze keuze zijn de nauwkeurigheid en kwetsbaarheid. Met een beugel over de kop van de as kunnen de sensoren namelijk zeer dicht tegen het wiel aan worden geplaatst, zodat de nauwkeurigheid maximaal is. Daarnaast ondervindt men bij deze methode geen problemen bij het plaatsen van de as omdat de sensor zich aan de buitenkant van de trekkinrichting bevindt. Het aandrijfblok op de aangedreven assen vormt hierdoor ook geen probleem meer. Het justeren van de sensor vindt plaats door als eerste een as met twee correct geplaatste wielen in de trekkinrichting te plaatsen en de afstand tot de kop van de as op te meten met de sensor. Bij alle hierna te behandelen assen zal de sensor een signaal geven bij het bereiken van deze afstand. Ten slotte is deze methode goedkoper dan de andere 2 omdat er slechts van één sensor gebruik wordt gemaakt. Dit is tegelijkertijd ook een nadeel. Er kan met één sensor namelijk niet worden gecontroleerd of het wiel recht op de as zit. Dit zal dan na het trekproces moeten worden gecontroleerd. Door de constructie van de trekkinrichting is de kans op een scheef wiel gelukkig nihil.

5.12.2 Afstand en snelheid bepalen

Aangezien de sensoren op een beugel zullen worden geplaatst, kunnen alle soorten sensoren worden toegepast op de trekkinrichting. De draw-wire sensor heeft als nadeel dat hij groot en zwaar is, terwijl er met een lasersensor geen snelheid gemeten kan worden. Wanneer wordt gekozen voor een lasersensor zal dus nog een aparte sensor moeten worden geplaatst om de snelheid te meten. Een lineaire encoder zal niet worden toegepast vanwege de kwetsbare band waarover de sensor beweegt.

Na contact met verschillende leveranciers is gebleken dat alle draw-wire sensors een lange levertijd hebben, waarbij de nauwkeurigste sensor die als beste uit de matrix kwam, een minimale levertijd van 6 tot 7 weken heeft. Vanwege de einddatum van het project is het daarom niet mogelijk om dit type sensor toe te passen en zal gebruik worden gemaakt van een lasersensor. De snelheid dan softwarematig worden berekend met de afgelegde afstand en tijd. De optie van de snelheidsradar valt af omdat deze veel te onnauwkeurig is.



Voor het bepalen van de afstand zal een “Lat 51” lasersensor van Di-Soric worden aangeschaft. Deze sensor kwam samen met de “DT 20 Hi” van Sick als beste naar voren uit deze vergelijking. De sensor van Di-soric is echter iets kleiner en er is veel meer informatie van beschikbaar. Wat de lasersensoren echter beide als nadeel hebben, is dat de nauwkeurigheid op het randje zit van wat er bij Strukton toegestaan is. Dit is een nauwkeurigheid van +/- 1,5 mm of meer bij een afstand van 50 cm. Hierbij geldt dat de afwijking kleiner wordt naarmate de te overbruggen afstand korter wordt. Aangezien de afwijking maximaal 1 mm mag zijn, zal de afstand tussen het wiel en de sensor zo klein mogelijk gemaakt moeten worden. Bij een afstand van 30 cm of minder, levert de nauwkeurigheid geen problemen meer op. Wat ook meespeelt in de nauwkeurigheid is de kleur van het oppervlak waarop de laserstraal terecht komt. Dit is in dit geval roestbruin/bruingroen. Dit is een kleur die niet goed weerkaatst. Er zijn echter reflecterende stickers verkrijgbaar die op het wiel kunnen worden geplakt. Hiermee bereikt men de maximaal mogelijke nauwkeurigheid. Daarnaast beschikken deze beide sensoren alleen over een analoge uitgang, terwijl andere lasersensoren ook een digitale uitgang hebben. Er zal dus een analoge input module moeten worden aangeschaft om het signaal op de computer te kunnen tonen. Er is niet gekozen voor een sensor met een digitale uitgang, omdat alle beoordeelde sensoren met een digitale uitgang op andere punten, waaronder nauwkeurigheid, minder scoorde dan de Lat 51 van Di-soric en omdat een extra module geen negatieve invloed heeft op de door de sensor gegenereerde waarde.

Verder is het met alle sensoren (analoog en digitaal) niet mogelijk om direct het hydraulische ventiel aan te sturen bij het bereiken van een bepaalde afstand. Dit kan wel met een analoge input module. Hierdoor is uiteindelijk gekozen voor de Lat 51 lasersensor in combinatie met een analoge input module.

5.12.3 Kracht bepalen

De kracht van de arm zal worden bepaald aan de hand van de druk die erop wordt gezet. Deze wordt gemeten met een hydraulische druksensor. Een treksensor is te lastig te installeren en bovendien vele malen duurder dan een hydraulische druksensor.

Uit de morfologische matrix komen drie sensoren als beste naar voren. Dit zijn de **"MIDAS HP"**, de **"Dtrans p30"** en de **"Dtrans p33"**, allen gefabriceerd door **"JUMO"**. Deze drie sensoren scoren op alle criteria evengoed. Momenteel wordt er bij de wielentrekinrichting gebruik gemaakt van de Dtrans P30. Deze functioneert goed. Voor dit project zal daarom wederom gebruik worden gemaakt van dit type sensor. Aangezien deze sensor ook een analoge uitgang heeft, zal hiervoor ook een zelfde analoge input module moeten worden aangeschaft als voor de lasersensor.



5.12.4 Stopzetten van het trekproces

Wanneer de gewenste afstand is bereikt, moet het trekproces automatisch stoppen. Dit kan worden gerealiseerd door de voedingsspanning af te schakelen of door de lucht terug te leiden door middel van een ventiel. Bij het afschakelen van de voedingsspanning zal gebruik moeten worden gemaakt van een relais. Echter, wanneer de spanning wordt afgeschakeld, zal het proces niet meteen stoppen. Dit gebeurt pas wanneer de druk ver genoeg gedaald is. Dit kan de nauwkeurigheid van de meting verstoren. Met een ventiel speelt dit probleem niet. Hierbij valt direct de druk weg en daarmee stopt ook direct het trekproces.



Er zijn verschillende firma's die deze ventielen leveren. De onderlinge verschillen hiertussen zijn echter minimaal. Het maakt dus niet zoveel uit welk ventiel wordt gebruikt, zolang deze maar wel aan de voorgeschreven voorwaarden voldoet. Het ventiel dient dus een elektromagnetisch mono stabiel NO (normally open) ventiel met rondpomptestand te zijn dat geschikt is voor 700 Bar. Hiervan heeft Strukton er verschillende van op voorraad in haar magazijn. Bij dit project zal dan ook gebruik worden gemaakt van één van deze ventielen.

5.12.5 Omzetten van het signaal naar een computer

Alle analoge uitgangsignalen van de sensoren komen samen in een module die weer in verbinding staat met een computer. Deze module krijgt twee signalen binnen (afstand en kracht) en zendt ook nog één signaal uit (Het stopzetten van het trekproces). De signalen zouden ook met een losse voltmeter kunnen worden gemeten. Hiermee kan echter geen signaal worden uitgezonden. Omdat dit wel moet gebeuren, zal een complete module worden toegepast die wel over deze functie beschikt.

Van de 5 bekeken modules komt de ICPDAS I-7012F het beste uit de bus. Deze scoort goed op alle in de morfologische matrix opgenomen criteria. Bij de andere 4 is dit niet het geval. Een ander voordeel is dat deze sensor verkrijgbaar is bij de Nederlandse firma Fieldworks en daardoor een kortere levertijd heeft dan modules die geleverd worden door een buitenlandse firma.



5.12.6 Computer

Er worden met de wielentrekinrichting grote en zware materialen behandeld. De gebruikte instrumenten moeten dus wel tegen een stootje kunnen, oftewel voldoen aan IP 67 en EN-13260/262. Daarom zal een touch panel worden toegepast. Deze is veel steviger en kan niet zomaar door iemand worden meegenomen. Daarnaast beschikt het touch panel over een aantal PCI sloten. Hier kunnen kaarten in worden gestopt die bijvoorbeeld een voltmeter bevatten. Zo zou de extra module kunnen komen te vervallen. Hier staat tegenover dat deze optie een langere levertijd heeft dan een normale laptop.



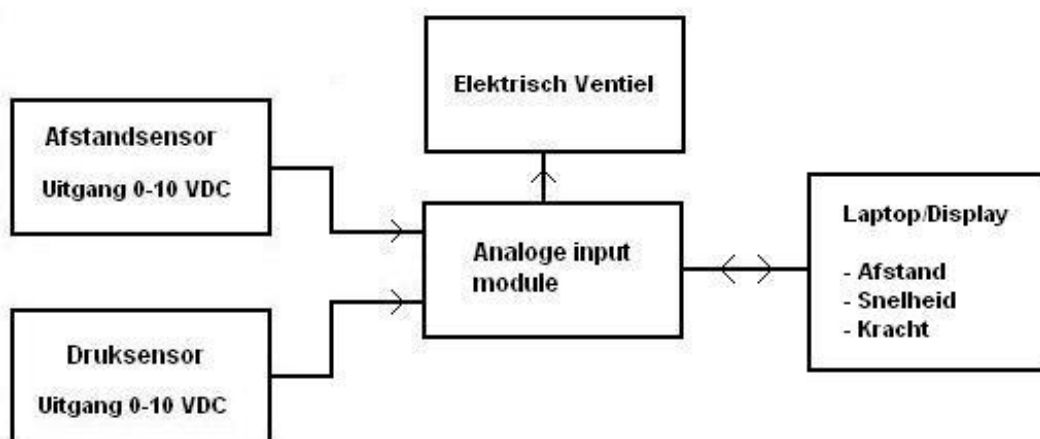
Op advies van de firma Fieldworks zal de GOT5152T van Axiomtek worden aangeschaft. Deze voldoet aan alle door Strukton gestelde eisen en doordat de monitor bij dezelfde firma is besteld als de analoge input modules, heeft Strukton de zekerheid dat deze twee onderdelen met elkaar kunnen communiceren. Dit is tijdens het bezoek aan de firma bevestigd.

5.12.7 PCI kaart

Wanneer er een industrial touch panel wordt toegepast, kan gebruik worden gemaakt van PCI kaarten. Dit is echter niet aan te raden. Ze zijn weliswaar nauwkeuriger dan bijvoorbeeld de DI-155 en in staat om mA te meten, maar daar staat tegenover dat iedere kaart 1500 tot 2000 euro kost, waarbij er met iedere kaart slechts 1 sensor gemeten kan worden. Daar komt nog eens bij dat er per panel slechts 2 kaarten kunnen worden geplaatst, terwijl er gebruik wordt gemaakt van 3 sensoren en een aan te sturen ventiel. Er zullen dus geen PCI kaarten worden toegepast in het ontwerp.



5.12.8 Schematische weergave van de gehele installatie



Figuur 6: Blokschema van het monitoringsysteem

5.12.9 Kosten van onderdelen

Component	Bestelnummer/Uitvoering	Voedingspanning	Aantal	Prijs
Di-Soric LAT 51(laser sensor)	LAT 51 M 500 UG3-B5	24 VDC	1	730,00
Jumo Dtrans p30(Hydraulische druksensor)	404366/000-468-415-502-20-36/000	11.5-30 VDC	1 ²	0,00
Analoge input module	ICPDAS I-7012F	24 VDC	2	386,00
Industrial touch panel	GOT5152T	100-240 VAC	1	1294,00
Omvormer 240/24 Volt	DIN-KA52F	240 VAC	1	57,00
Converter RS 232 naar RS 485	I-7520 CR	24 VDC	1	65,00
Ventiel	-	24 VDC	1 ²	0,00
Netvoeding 24 VDC/ 10 A, 240 Watt	Meanwell WDR-240-24	200-500 VAC	1	129,00

Tabel 5: Overzicht van de prijzen van de componenten.

² Dit component is al aanwezig in de huidige installatie en zal worden hergebruikt.

6 Realisatie

6.1 Globale fasering

Onderzoeksfase	Activiteit	Mijlpaal & datum deadline	Week-nummers
Vooronderzoek: Opdracht verder uitwerken.	V1 Opstellen van het plan van aanpak.	Plan van aanpak (14-3-2014)	11
	V2 Beginnen met het startverslag.		
	V3 Mezelf inlezen over de projectopdracht.		
Fase 1: Een overzicht maken van de gewenste functies van het monitoringsysteem.	1.1 Overzicht maken van functies en eigenschappen, waar het monitoringsysteem over moet beschikken.	Startverslag (4-4-2014)	12, 13
Fase 2: Uitzoeken welke componenten er moeten worden toegepast.	2.1 Onderzoeken welke leveranciers, welke componenten leveren.	Lijst van benodigde componenten (25-4-2014)	14, 15, 16, 17
	2.2 Onderzoeken welke verschillende mogelijkheden er zijn om een functie te realiseren.		
	2.3 Onderzoeken welke van de mogelijkheden het beste is voor deze toepassing en deze resultaten vastleggen in een morfologische matrix.		
	2.4 Onderzoeken hoe het ontwerp op de aanwezige trekinstallatie kan worden geïnstalleerd		
Fase 3: Een ontwerp maken met de componenten uit fase 2.	3.1 Uitzoeken hoe de geselecteerde componenten in het monitoringsysteem moeten worden geplaatst.	Het ontwerp (23-5-2014)	16, 17, 18, 19, 20, 21
	3.2 Uitzoeken hoe ik de componenten met elkaar kan laten communiceren.		
	3.3 Uitzoeken hoe ik de componenten met de laptop kan laten communiceren.		
	3.4 Het voorgaande onderwerpen aan verschillende tests om het correct functioneren ervan aan te tonen.		
	3.5 De onderdelen bestellen.		
	3.6 Uitzoeken hoe de resultaten van het oppersen automatisch kunnen worden opgeslagen.		
	3.7 Uitzoeken hoe de resultaten van het oppersen kunnen worden vastgelegd in een meetrapport.		
Fase 4: Het ontwerp realiseren.	4.1 Het ontworpen monitoringsysteem in elkaar zetten in een testopstelling.	Een gebouwd en getest monitoring-systeem. (20-6-2014)	20, 21, 22, 23, 24, 25
	4.2 Het monitoringsysteem aan verschillende tests onderwerpen.		
	4.3 Het monitoringsysteem op de trekinstallatie installeren.		
	4.4 Na de installatie nogmaals testen.	Software programma. (20-6-2014)	
	4.5 De communicatie met software programma(Excel) realiseren.		

Verslaglegging: Het eindverslag samenstellen.	EV1 Alle resultaten vastleggen in verslagvorm. EV2 Het verslag laten controleren.	Het afstudeer- verslag (4-7-2014) Het beoordelings- formulier professioneel functioneren (4-7-2014)	24, 25, 26, 27
--	--	---	-------------------

Tabel 6: Fasering van het project.

6.2 Realisatie per fase

Het project is onderverdeeld in 6 verschillende fases, welke weer onderverdeeld zijn in verschillende activiteiten. Na elke fase heb ik mijn resultaten overlegd met mijn begeleider. Deze beoordeelde of de resultaten correct waren of dat er onjuistheden inzaten. De 6 fases, en de daarbij behorende activiteiten zijn hier weergegeven.

Onderzoeksfase: Opdracht verder uitwerken.

Dit is de eerste fase van het onderzoek. Tijdens het vooronderzoek ben ik gestart met de projectopdracht door mezelf in te lezen over het onderwerp. Daarnaast ben ik begonnen met het Plan van Aanpak en het startverslag. Deze fase vond plaats in week 11. Na afloop van deze fase is het Plan van Aanpak opgeleverd op 14-3-2014.

Fase 1: Een overzicht maken van de gewenste functies van het monitoringsysteem.

Tijdens fase 1 (week 12 en 13) is gekeken naar de functies waarover de trekinstallatie moest beschikken. Hieruit bleek dat het monitoringsysteem in staat moest zijn om de afstand tussen de wielflenzen, de snelheid van het wiel en de benodigde kracht te bepalen. Daarnaast moest het proces automatisch worden gestopt bij het bereiken van een ingestelde afstand en moesten de gegevens na afloop kunnen worden opgeslagen. Verder moest in deze fase het startverslag worden opgeleverd. De deadline hiervoor was 4-4-2014. Deze kon helaas niet in één keer worden goedgekeurd. In fase 2 zijn daarom een aantal wijzigingen aan dit document doorgevoerd. Na deze correctie werd het startdocument wel goedgekeurd.

Fase 2: Uitzoeken welke componenten er moeten worden toegepast.

In deze fase is bekeken, hoe de functies uit de vorige fase konden worden gerealiseerd. Hiermee wordt een lijst opgesteld, aan de hand van een onderzoek met het internet, met mogelijkheden om de benodigde functies te realiseren. Uit deze lijst wordt aan de hand van een aantal criteria, per functie één mogelijkheid uitgekozen waarmee deze functie kan worden vervuld. Deze criteria zijn opgesteld na overleg met mijn bedrijfsbegeleider en met behulp van de projectopdracht. Van deze mogelijkheid is uitgezocht door welke leveranciers en in welke uitvoeringen het wordt geleverd. Hiervoor is contact opgenomen met verschillende leveranciers, waarna er aan enkele hiervan ook een bezoek is gebracht. Alle geschikte producten zijn in een morfologische matrix geplaatst. Hierin zijn ze beoordeeld op o.a. bereik, nauwkeurigheid, formaat en IP-waarde. Deze waardes komen uit de technische gegevens van deze producten. Het product wat hier als best uitkwam, is meegenomen naar de ontwerpfase. Zo ontstond er een lijst met één product voor elke functie. Deze lijst wordt 25-4-2014 opgeleverd. Daarnaast is in deze fase onderzocht, hoe het monitoringsysteem op de trekinstallatie kan worden geïnstalleerd. Hiervoor zijn de tekeningen van de trekinstallatie gebruikt, aangezien de installatie op dat moment nog niet geleverd was. Deze fase beslaat week 14 t/m 17.

Fase 3: Een ontwerp maken met de componenten uit fase 2.

In fase 2 is bepaald welke onderdelen het beste kunnen worden gebruikt om de functies te vervullen. Hiermee is in fase 3 worden uitgezocht of de verschillende onderdelen ook in combinatie met elkaar konden functioneren. Dit is onderzocht met de technische gegevens en door het contact met de leveranciers. Als dit niet het geval was, moest er naar andere alternatieven worden gekeken. Ook de bijbehorende computer en software zijn in deze fase worden onderworpen aan verschillende test. Zo moest de computer geschikt zijn voor in een werkplaats en het scherm moest met handschoenen kunnen worden bediend. Bij de software waren de nauwkeurigheid en een eenvoudige bediening van belang. Verder is er gekeken naar hoe de verschillende componenten moeten communiceren met de computer en hoe de gegevens van een meting automatisch kunnen worden opgeslagen. Zodra hieruit een geschikte combinatie van onderdelen en computer was gevormd, kon worden begonnen met het ontwerp. Dit ontwerp is 23-5-2014 opgeleverd. Zodra het ontwerp was afgerond, konden de onderdelen worden besteld. Gedurende de levertijd van de onderdelen, is al het voorgaande vastgelegd in een eerste versie van het eindverslag. Hierdoor blijft er aan het einde meer tijd over om het monitoringsysteem te bouwen. Deze fase besloeg week 16 t/m 21.

Fase 4: Het ontwerp realiseren.

Zodra de eerste onderdelen waren geleverd, kon worden begonnen met bouwen. Als eerste werden de analoge input modules en de converter geleverd. Aangezien de monitor en de sensoren twee weken later geleverd zou worden, zijn de modules bij de eerste testen aan een laptop gekoppeld voor het uitlezen van de resultaten en werd er een regelbare spanningsbron gebruik in plaats van de sensoren. Nadat de bij de modules geleverde software was geïnstalleerd kon de opstelling worden getest. Zodra de opstelling naar behoren functioneerde, kon het geheel worden ingebouwd in de behuizing. Hierin werd vervolgens de monitor ingebouwd. Toen dit allemaal functioneerde kon de regelbare spanningsbron worden vervangen door de inmiddels geleverde sensoren. Nadat ook deze opstelling met succes was getest, was het systeem klaar om op de trekinstallatie te worden geïnstalleerd. Dit was gedurende de afstudeerperiode helaas nog niet mogelijk, omdat de nieuw bestelde trekinstallatie nog niet geleverd was. Dit zal dus op een later tijdstip plaatsvinden, evenals het instrueren van het bedienend personeel. Deze fase beslaat week 20 t/m 25. Het gebouwde en geteste monitoringsysteem met de bijbehorende software is 27-6-2014 opgeleverd.

Verslaglegging: Het eindverslag samenstellen.

Gedurende fase 4 is bijna alle verwerkte informatie al toegevoegd aan de conceptversie van het afstudeerverslag. Hierdoor was het verslag qua informatie helemaal compleet aan het begin van de laatste week. Deze laatste week is vervolgens benut om het verslag te professionaliseren en te voorzien van een goede opmaak. Daarnaast is het verslag ter beoordeling neergelegd bij Karel Vroom. Het verslag is uiteindelijk ingeleverd op 4 juli 2014.

6.3 Risicoanalyse

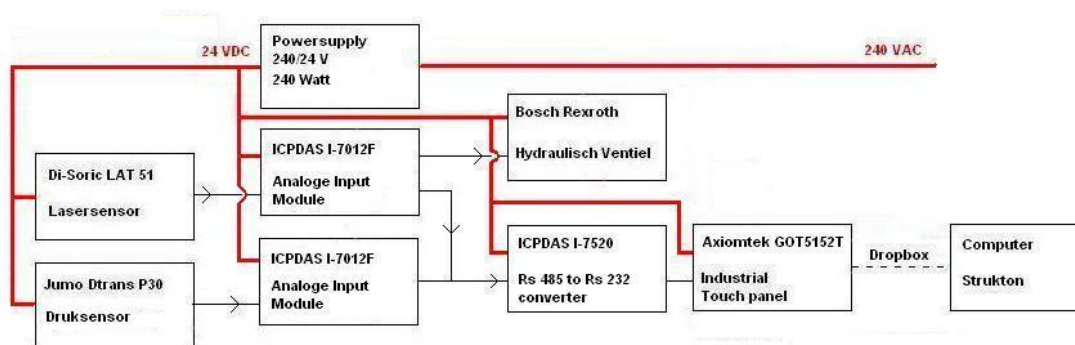
Tijdens het project zijn een aantal zaken niet gegaan zoals ze van tevoren gepland waren. Dit zijn de volgende punten.

- **De trekinstallatie**
In eerste instantie was het de bedoeling dat het monitoringsysteem zou worden geplaatst op de huidige wielentrekinstallatie. Er werd echter al vrij snel duidelijk dat deze installatie zou worden vervangen door een compleet nieuw exemplaar dat ook nog eens volgens een heel ander principe werkt. Deze wijziging zorgde niet voor grote problemen, omdat dit al in de eerste week van het project duidelijk werd. Hierdoor hoefde er bijna niets te worden overgedaan.
- **De analoge input modules**
Toen de analoge input modules voor de eerste test waren aangesloten en er een commando's werd gegeven voor het aansturen van een digitale uitgang bij een bepaalde spanning, leverde dit een error op. Deze error heb ik niet kunnen oplossen. Na contact met de leverancier, bleek dat de digitale uitgang ook kon worden aangestuurd met de alarmfunctie. Deze moest echter worden ingesteld met een ander programma. Nadat dit programma was gedownload, en de waarde was ingesteld, lukte het inderdaad om de uitgang aan te sturen met de alarmfunctie van de module.
- **Snelheid en kracht uitrekenen**
In eerste instantie wilde ik de snelheid en de kracht met de software van de analoge input module uitrekenen. Dit bleek echter niet mogelijk. Dit probleem is opgelost door een beveiligd Excel-bestand te maken waarnaar de gegevens van het proces kunnen worden gekopieerd. Hierin staan al verschillende formules in geprogrammeerd waarmee de snelheid en de kracht worden uitgerekend met de data die van het trekproces afkomstig zijn. Dit bestand kan dan vervolgens worden opgeslagen.
- **De levertijd van de trekinstallatie**
Aan het begin van het project bleek dus dat er een nieuwe trekinstallatie was besteld. Dit leverde vrijwel geen problemen op aangezien de levertijd slechts een aantal weken bedroeg. Hier ontstond echter een dusdanig grote vertraging in, dat de installatie pas geleverd kon worden na de einddatum van mijn afstudeerperiode. Het onderdeel van het installeren van het monitoringsysteem op de trekinstallatie kon dus niet worden opgenomen in het verslag. Dit is overlegd met mijn stagedocent en daarmee is afgesproken dat dit onderdeel niet in het verslag hoeft. Echter, wanneer de het monitoringsysteem kan worden geïnstalleerd voor de eindpresentatie, kan dit onderdeel hierin nog worden meegenomen door middel van een filmpje of een aantal foto's.

Verder zijn de in het startdocument genoemde risico's niet opgetreden tijdens het project.

7 Eindproduct

In de ontwerpfase is duidelijk geworden uit welke onderdelen het monitoringsysteem gaat bestaan. Hierbij worden de hydraulische drukmeter en het hydraulisch ventiel hergebruikt vanuit het oude systeem. De andere onderdelen zullen nieuw moeten worden aangeschaft. Het systeem is weergegeven in figuur 7.



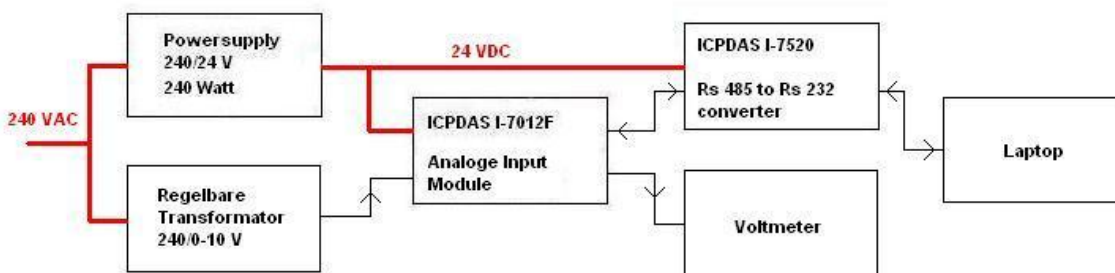
Figuur 7: Schematische weergave van het totale systeem.

Op de trekbank zullen een lasersensor en een drukmeter worden geplaatst. Deze meten de afstand en de kracht. Deze worden allebei aangesloten op een aparte analoge input module. Met de analoge input module, die is aangesloten aan de lasersensor, zal tevens het hydraulische ventiel worden aangestuurd. De beide I-7012F modules worden gekoppeld aan de GOT5152T. Aangezien de analoge input modules werken met de seriële interface RS-485, dient er een Rs-485 naar Rs-232 converter (I-7520) tussen te worden geplaatst. De GOT5152T kan via drop box gegevens overbrengen naar andere computers van Strukton. Om de componenten te voeden dienen ze allemaal te worden aangesloten op een power supply. Deze kan dan weer worden aangesloten op 240 VAC.

7.1 Het testen van de schakeling

7.1.1 De testopstelling

In de eerste fase van de bouw van het monitoringsysteem is één analoge input module met de converter aangesloten aan een laptop. Het ingang signaal van 0 tot 10 Volt werd hierbij gesimuleerd door een regelbare transformator, omdat de sensoren op dat moment nog niet geleverd waren. Verder werd in plaats van een ventiel een voltmeter geplaatst om de uitgang te kunnen meten. Deze situatie is schematisch weergegeven in figuur 8.



Figuur 8: Schematische weergave van de testopstelling.

7.1.2 De gebruikte software

Om de gegevens op de laptop te kunnen tonen, diende allereerst de geadviseerde software te worden geïnstalleerd. Deze software, EZ datalogger van ICPDAS, kan gratis worden gedownload vanaf de site van de leverancier van de analoge input modules. Het downloaden en installeren van het programma verliep probleemloos.

In het programma kan in totaal met 255 modules worden gewerkt, die één voor één in drie stappen kunnen worden toegevoegd. Hierbij moeten in de eerste stap de “Driver Mode”, “BaudRate” en de gebruikte COM poort worden ingesteld, waarbij de waarde van de eerste twee instellingen is terug te vinden in de specificaties van de modules. Verder is het per computer verschillend welke COM poort er gebruikt moet worden. In de tweede stap kan men aangeven welk type module er gebruikt wordt en wat het adres is van de betreffende module. Alle modules staan standaard op adres 1. Wanneer er meerdere modules worden gebruikt, moeten deze adressen dus worden gewijzigd. Hier ontstond het eerste probleem.

Het bleek niet mogelijk te zijn om met “EZ Datalogger” een adres van een module te wijzigen. Aangezien dit bij mij wel moest gebeuren, werd contact opgenomen met de leverancier van de modules. Hieruit bleek dat er een apart programma gedownload moest worden om de adressen van de analoge input modules te wijzigen. Met dit programma, “DCON_Utility”, kunnen er digitale commando's worden gestuurd naar de betreffende module waarmee de instellingen van de module kunnen worden gewijzigd. Alle digitale commando's zijn opgenomen in de “user manual” van de module(zie bron 1.5).

Om een adres te wijzigen dient het volgende commando te worden gegeven:

%AANNTTCCFF(cr)

% = Openingsteken voor algemene commando's.
AA = Huidige adres van de module.
NN = Nieuw adres van de module.
TT = Nieuw input type module.
CC = Nieuw type BaudRate.
FF = Nieuw type dataformaat.
(cr) = Afstuitend teken.

Dit werd in dit geval het volgende commando:

%0102080600(cr)

% = Openingsteken voor algemene commando's.
01 = Het huidige adres van de module.
02 = het nieuwe adres van de module.
08 = Een input van -10 V tot 10 V, de sensor heeft een uitgang van 0-10 Volt.
06 = Een BaudRate van 9600 bits/sec, deze waarde staat vermeld in de specificaties.
00 = Het standaard dataformat, deze waarde staat vermeld in de specificaties.
(cr) = Afstuitend teken.

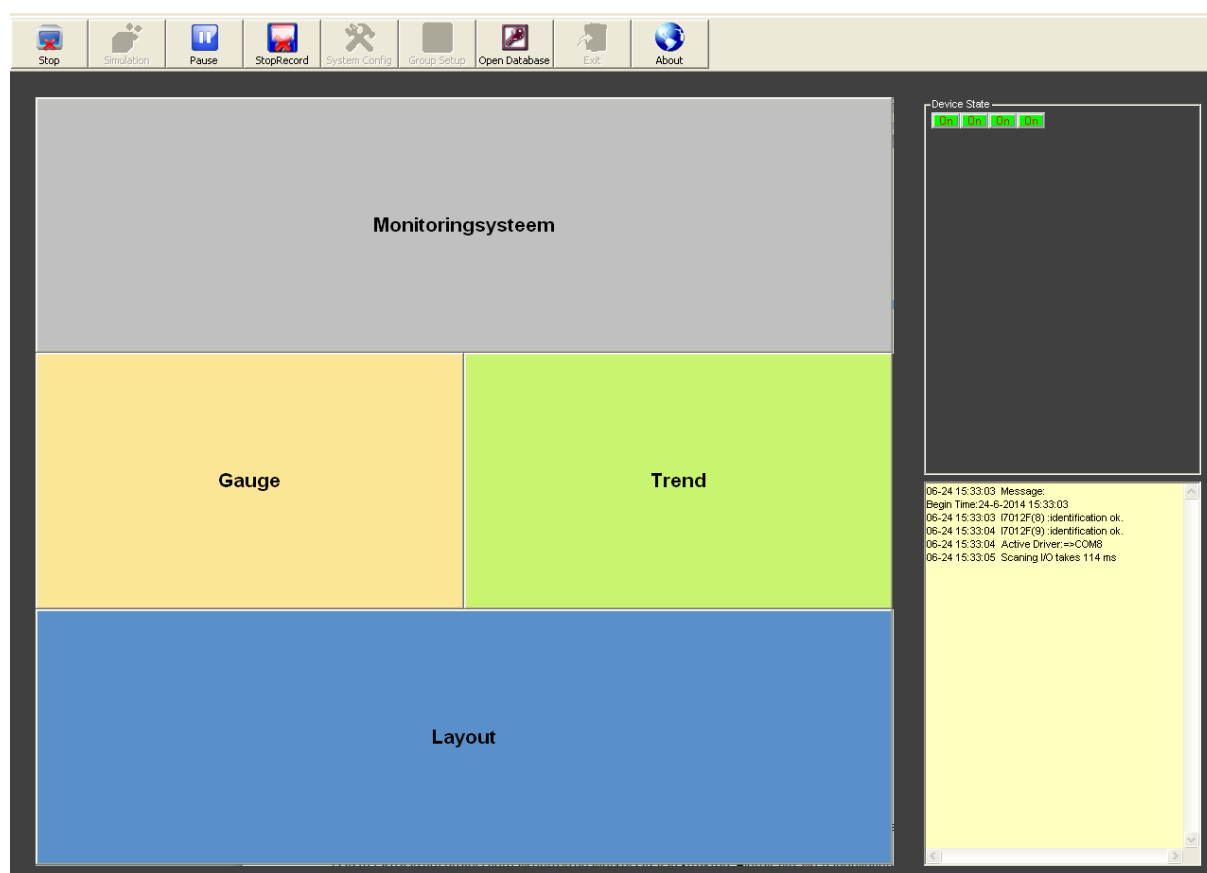
Dit commando wordt beantwoord met “!02”. Dit betekent dat de instellingen succesvol zijn gewijzigd.

Nu de eerste module een ander adres had gekregen kon verder worden gegaan met stap 3. Hier moeten alle te gebruiken in- en uitgangen van de module worden ingesteld. Doordat in stap 2 al is aangegeven om welk type module het gaat, wordt in de derde stap automatisch weergegeven over hoeveel in- en uitgangen de module beschikt. Alle in- en uitgangen bleken in dit geval al goed ingesteld te staan waardoor er alleen nog maar een “Virtual Channel(VC0)” hoefde te worden

aangemaakt. In VC0 wordt de uitgangswaarde van 0-10 volt vermenigvuldigd met 50. Hierdoor ontstaat een uitgangswaarde van 0-500. Dit komt overeen met het bereik van de lasersensor van 0-500 mm. Op deze manier is de afgelegde afstand eenvoudig af te lezen. Hierna konden voorgaande instellingen worden toegevoegd aan de juiste “workgroup”. In het programma zijn standaard 3 van deze groepen aangemaakt. Hiervan hoeft er in dit geval maar één te worden gebruikt en de andere kunnen dan ook worden verwijderd. Zodra alle instellingen waren toegevoegd, kon het programma worden gestart.

7.1.3 De eerste test

De eerste test verliep goed. Nadat het programma was gestart verscheen het volgende beginscherm zoals weergegeven in figuur 9.



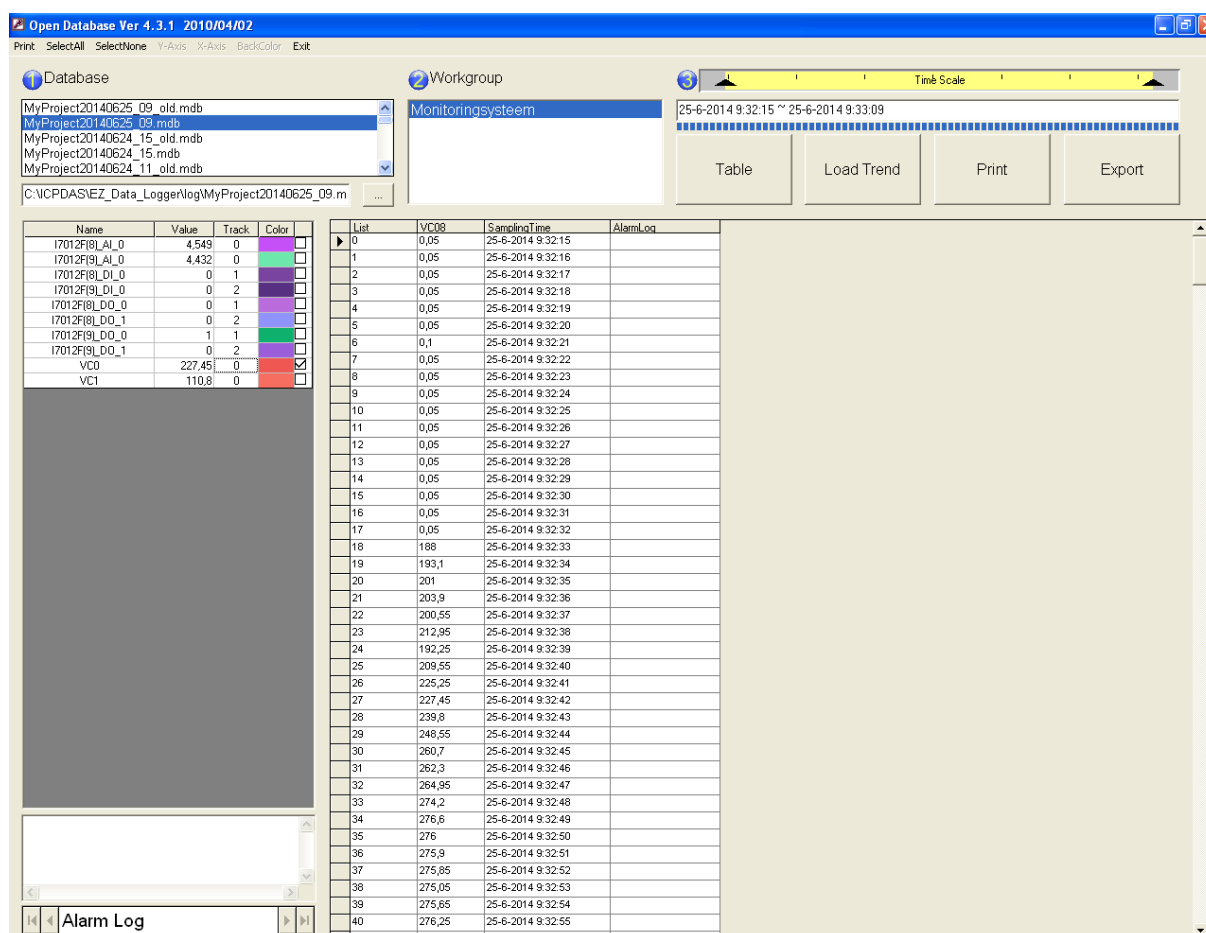
Figuur 9: Het beginscherm van EZ datalogger software.

Aan de groene vakjes met “on” in de “Device State” is te zien dat het programma succesvol is gestart. Zodra er één of meerdere vakjes rood kleuren is er een fout opgetreden. In het geval van een fout wordt er in het gele vlak rechtsonder een error-code of een beschrijving van de fout gegeven.

In het linker gedeelte van het beeld zijn vier vlakken weergegeven. Het bovenste vlak, “monitoringsysteem”, toont alleen de naam van het systeem en heeft voor de rest geen functie. Het blauwe vlak onderaan, “layout”, geeft alle in- en uitgangen van de module weer als display of als schakelaar. Hiermee kunnen ze handmatig worden afgelezen en eventueel bediend. Dit is voor dit project niet zo interessant, omdat er bij het monitoringsysteem juist zo min mogelijk handmatig moet

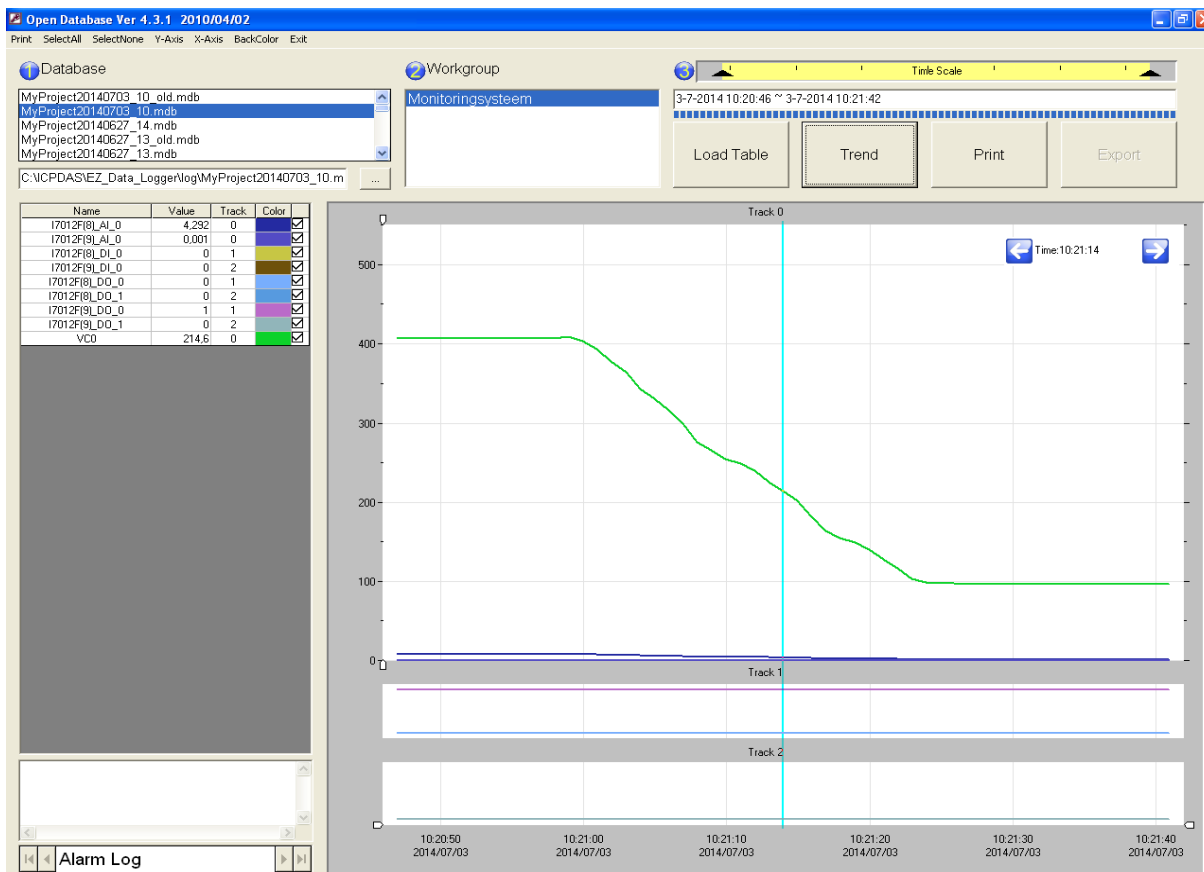
worden gehandeld. Ditzelfde geldt voor het linker gele vlak. Wanneer men op “gauge” klikt, verschijnen er een aantal meters, die de hoogte van het ingangssignaal weergeven. Hier kan voor de rest niets mee gedaan worden. Het rechter groene vlak (trend) is wel interessant dit project. In dit menu worden de data van de meting weergegeven als grafiek. Hierin kan worden aangegeven welke in- en uitgangen getoond moeten worden. Zodra de juiste afstand is bereikt wordt de digitale uitgang van de module wordt aangestuurd. Dit wordt in de grafiek weergegeven door een horizontale lijn. Op dit punt kan de meting worden gestopt.

Het weergegeven van de gegevens in Excel vindt plaats via de “open database”. Dit menu is weergegeven in figuur 10.



Figuur 10: De database van EZ datalogger

Hier kan worden aangegeven in de database, van welke meting men de data wil zien. Daarnaast kan worden aangegeven welke in- en uitgangen men wil zien, door middel van het plaatsen of verwijderen van vinkjes in het linker vlak. Het resultaat is dan een tabel zoals weergegeven in de afbeelding. De gegevens kunnen vervolgens naar Excel worden gekopieerd door op “Export” te klikken. Hier kan de data worden weergegeven als tabel of als grafiek, waarna het bestand kan worden opgeslagen. Het is ook mogelijk om een grafiek te tonen in de “open database”. Hiervoor moet men op de knop “load trend” klikken. Hierbij verschijnt het scherm zoals weergegeven in figuur 11.



Figuur 11: De grafiek in de database

In deze figuur is te zien hoe een object steeds dichterbij de sensor komt. Vanaf 2 volt(100 mm) wordt de digitale uitgang aangestuurd en komt het object tot stilstand.

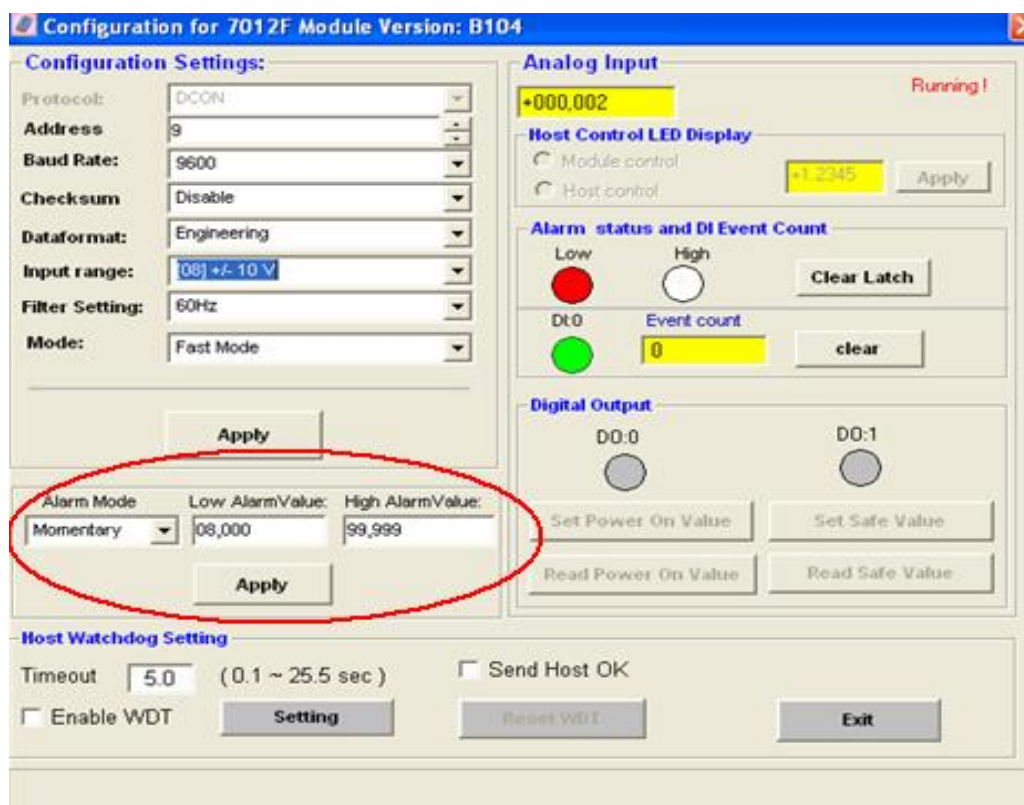
7.1.4 De tweede test

In de eerste test is alleen de input van de module getest. Bij de tweede test is hieraan ook een digitale output gekoppeld die bij een bepaalde waarde van de input moet worden aangestuurd. Ook hiervoor dienen de instellingen van de module te worden gewijzigd met een commando van het programma "DCON Utility".

Het programma heeft twee mogelijkheden om een Digitale uitgang aan te sturen.

- Handmatig via het menu "Digital Output".
- Automatisch via een "high alarm" of een "low alarm".

Aangezien de uitgang moet worden aangestuurd bij een bepaalde afstand, zal moeten worden gewerkt met een alarm. De digitale uitgang van de module is eigenlijk een schakelaar die bij het bereiken van de alarmwaarde zal worden geopend of gesloten. Zoals al is aangegeven in het ontwerp zal de sensor met een beugel over de kop van de as worden geplaatst waarbij de as op de sensor afkomt. Het signaal van de sensor zal daarom aflopen vanaf 10 Volt. Er zal dan vanaf de vooraf ingestelde waarde, bijvoorbeeld 8 Volt, tot aan 0 Volt een alarm moeten worden gegeven, waarbij de schakelaar wordt geopend bij een alarm en het ventiel vervolgens spanning krijgt. In het programma wordt een alarm bij een afnemende voltage een low-alarm genoemd. Om dit alarm te activeren wordt het programma gestart waarna de betreffende module wordt geselecteerd. Hierbij verschijnt het scherm zoals weergegeven in figuur 12.

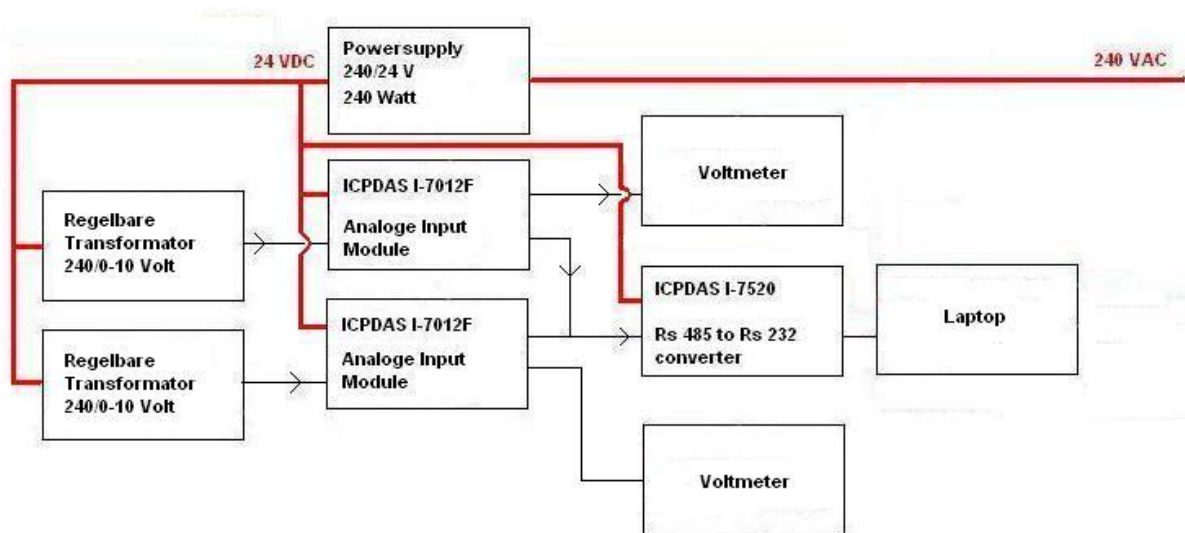


Figuur 12: Het configuratiescherm van de I-7012F

Hier kan in het rood omcirkelde gedeelte een waarde worden ingevuld voor een “high” en een “low” alarm. Daarnaast kan de alarmmode worden ingesteld. Voor dit project wordt deze op “momentary” gezet zodat het alarm zichzelf weer reset, wanneer de volgende meting wordt gestart. In dit voorbeeld wordt de waarde van het low alarm op 8,000 Volt gezet. Dit komt bij de sensor overeen met een afstand van 40 cm. Deze waarde is bij ieder soort wielas anders. Voorafgaand aan het trekproces moet deze waarde worden vastgesteld aan de hand van de gegevens van de betreffende wielas, zodat deze waarde kan worden ingevoerd in het programma. Onder het materieel van Arriva zitten twee verschillende soorten wielassen, de aangedreven en de loopassen. De afstand van de kop van de as tot aan het wiel verschilt bij deze wielen ongeveer 3 cm en zal dus bij ieder wiel moeten worden ingesteld. Deze 2 voltages, behorende bij de twee verschillende afstanden, zullen eenmalig worden uitgerekend en vastgelegd zodat ze direct kunnen worden ingevoerd door het bedienend personeel wanneer er een Arriva-wielas moet worden behandeld. Deze afstanden zullen worden bepaald aan de hand van de gegevens van de wielassen van de GTW(zie bron 1.2). Wanneer er ander type as wordt behandeld, zal ook de afstand opnieuw moeten worden bepaald. Na het wijzigen van de instellingen, werd de digitale ingang inderdaad aangestuurd. Bij een voltage van 10 tot 8 Volt was de weerstand oneindig hoog waarbij de schakelaar geopend was. Van 8 tot 0 Volt was de schakelaar gesloten, waarmee de weerstand verwaarloosbaar laag werd.

7.1.5 Een tweede analoge input module

Nadat de vorige test met succes was afgerond, kon de tweede module aan de schakeling worden toegevoegd. Tijdens de eerste test was het adres van de eerste module al gewijzigd en daardoor kon de tweede module nu zonder problemen worden aangesloten. De schakeling kwam er nu uit te zien als in figuur 13.



Figuur 13: Schematische weergave van het systeem met 2 analoge input modules.

Als eerst werd het adres van de laatst toegevoegde module veranderd. Zo worden problemen voorkomen in het geval dat er in de toekomst nog een extra module wordt toegevoegd. Het adres werd gewijzigd met de al eerder beschreven methode en ook de waarde van het low alarm werd op dezelfde wijze ingesteld als bij de eerste module. Hierna functioneerde de gehele schakeling naar behoren.

7.2 Inbouw in de kast

Nu de schakeling goed functioneert in de testopstelling, kan het geheel worden ingebouwd in de kast. Bij de kast is een losse bodemplaat geleverd waarop de losse componenten kunnen worden bevestigd. Voor het bevestigen van de losse componenten op de bodemplaat is gekozen voor een DIN-rail. De 2 analoge input modules, de Rs-485 to Rs-232 converter en de voeding zijn al geschikt om op DIN-rail te plaatsen, dus hier hoeven geen wijzigingen meer aan te worden doorgevoerd. Om ruimte over te houden voor eventuele toekomstige uitbreidingen is gekozen voor 2 DIN-rails die over de complete breedte van de bodemplaat lopen. Deze worden doorsneden door een verticale kabelgoot waarin de draden zullen worden weggewerkt. In figuur 14 hieronder is de bodemplaat met DIN-rails en kabelgoot weergegeven.



Figuur 14: De bodemplaat met DIN-rails en kabelgoot

Vervolgens konden de 4 al eerder genoemde componenten op de DIN-rails worden geplaatst. Daarnaast diende er nog een doorgangsklem te worden geplaatst op de DIN-rail om alle 7 componenten te verbinden met de netvoeding. Alle tijdelijke bedrading, die was gebruikt tijdens de tests, kon nu ook worden vervangen door de definitieve bedrading. Deze werd aan elk uiteinde voorzien van een kabelschoen om zo goed mogelijk contact te kunnen maken. Voordat de bodemplaat in de kast kon worden geplaatst, moest in de deur een opening worden gevreesd voor de monitor. Het formaat van deze opening was 372 x 296 mm (zie bron 1.3). Hierna werd het geheel in de kast geplaatst en zag de installatie er uit als in figuur 15.



Figuur 15: De installatie in de kast.

Op de afbeelding ziet men linksboven de voeding van het systeem. Deze is via de doorgangsklem ernaast verbonden met alle componenten. De twee modules rechtsonder zijn de twee analoge input modules die weer in contact staan met het scherm via de converter linksonder. Rechtsboven is de tijdelijke voltmeter te zien. Dit is nog niet de definitieve opstelling. Zo zit er nu een voltmeter op de plaats van het hydraulisch ventiel om de werking van de schakelaar aan te tonen. Daarnaast zijn de sensoren nog niet opgenomen in de schakeling.



Figuur 16: De kast incl. touch panel.

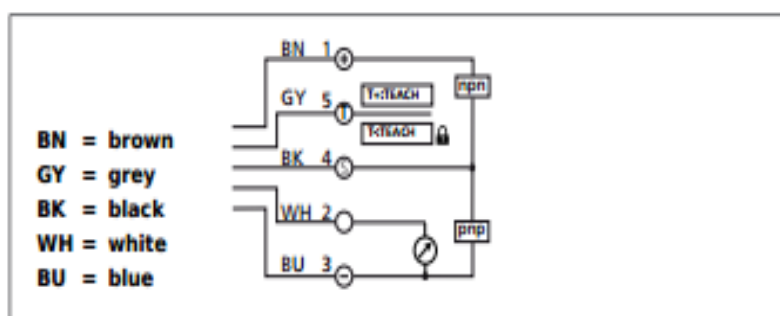
Vervolgens kon het scherm, de axiomtek GOT5152T, in de deur van de kast worden geplaatst. Deze zit met 10 klemmen aan de deur bevestigd. Het scherm in de deur is weergegeven in figuur 16.

Het scherm wordt gevoed door de voeding in de kast en is verder verbonden met het systeem door middel van de converter. Deze verbinding wordt gerealiseerd met een Rs-232 connector. Het scherm zelf is een touchscreen zodat het eenvoudig te bedienen is door het bedienend personeel. Hierbij maakt het niet uit of men handschoenen aanheeft of niet. Er is geen los toetsenbord aanwezig, omdat dit de constructie kwetsbaar zou maken. De functie van toetsenbord wordt nu vervuld door een digitale variant die op de computer is geïnstalleerd. Verder is alle benodigde software ook al aanwezig op de computer. Om de

computer te kunnen laten communiceren met andere computers op het netwerk van Strukton, dient het touchpanel te worden voorzien van een wifi-ontvanger. Hiervoor is een usb wifi-dongle aangeschaft van Eminent Europe b.v. Deze dongle is voorzien van een aparte antenne aan de buitenkant van de kast. Dit is nodig omdat de dongle zich in de metalen kast bevindt, wat het ontvangst ervan niet ten goede komt. De overige specificaties van de monitor zijn terug te vinden in bron 1.4.

7.3 De laatste test

Nadat ook de sensoren waren geleverd, was het monitoringsysteem qua onderdelen helemaal compleet. Dit systeem kan, mits alles naar behoren functioneert, één op één worden overgezet op de trekinstallatie.



Figuur 17: Schema van stekker lasersensor.

De sensoren beschikken beide over een vijfpolige m12 stekker. Deze diende volgens het schema in figuur 17 te worden aangesloten. Hierbij zorgen de blauwe en de bruine draad voor de voeding (nr. 1 en 3) en de uitgangsspanning van 0-10 Volt gaat via de witte en de blauwe draad (nr. 2 en 3). De grijze en zwarte draad hoeven in dit geval niet

aangesloten te worden. Nadat de sensor was aangesloten, kon deze worden getest. Voor deze test werd de sensor op tafel gelegd en werd er een object voorgeplaatst wat heen en weer werd bewogen. De sensor bleek uitstekend te functioneren. Zodra er een verandering optrad in de afstand tot de sensor, werd dit direct in het computerprogramma weergegeven.

Met deze laatste test is het project afgerond. Het systeem is ontworpen, gebouwd en getest. Nu de laatste test met succes is afgerond, kan het systeem worden ingebouwd in de trekinstallatie. Dit zal plaatsvinden vanaf het moment dat de trekinstallatie in de werkplaats is gearriveerd. Het elektrische schema van het systeem is terug te vinden in bijlage 11.

7.4 Resultaat

Het was tijdens het project dus helaas nog niet mogelijk om de installatie op de trekinstallatie te installeren. De oorzaak hiervan was vertraging in de productie van de trekinstallatie zelf. Deze wordt daardoor pas twee weken na de einddatum van de afstudeerperiode geleverd. Het resultaat van het afstudeerproject is daarom een getest en goed functionerend monitoringsysteem dat nog geplaatst dient te worden.

Aan het begin van het project is er een hoofdvraag opgesteld die bestond uit een aantal deelvragen. Deze kunnen nu beantwoord worden. Hierbij zal het antwoord op de hoofdvraag worden gegeven door de antwoorden op de deelvragen.

1. *Hoe kan de afstand worden bepaald die het wiel nog over de wielas moet afleggen?*
Deze afstand wordt bepaald door een lasersensor. Deze berekent de afstand tot de kop van de as met een laser met een nauwkeurigheid van 0,1%. Dit komt neer op een maximale afwijking van 0,5 mm op een afstand van 400 mm.
2. *Hoe kan de afstand worden bepaald die het wiel over de wielas heeft afgelegd?*
Deze zal worden berekend met het Excel-bestand waarin alle gegevens worden opgeslagen. Hierin wordt de afstand die het wiel nog moet afleggen, afgetrokken van de totale af te leggen afstand. Deze laatste afstand staat vermeld in de gegevens van de wielen (bron 1.2).
3. *Hoe kan er een signaal worden gegeven als de van tevoren ingestelde afstand is bereikt?*
Dit signaal wordt gegeven door de alarmfunctie van de analoge input module. Wanneer deze functie is ingeschakeld, wordt er een stil alarm gegeven bij het bereiken van een bepaalde spanning en wordt tegelijkertijd de digitale uitgang van de module aangestuurd. Hiermee kan dan het hydraulische ventiel worden gestuurd.
4. *Wat is de exact afstand waaraan het wiel moet voldoen?*
Dit is de afstand tussen de wielflenzen. Deze moet volgens bron 1.2, 1361 mm bedragen. Hierbij mag deze afstand bij een aangedreven wielstel minimaal 1357 mm en maximaal 1363 mm bedragen. Bij het loopwielstel zijn deze 1359 mm en 1363 mm.
5. *Hoe kan de snelheid worden bepaald waarmee het wiel over de wielas beweegt?*
De snelheid zal niet worden berekend met een aparte sensor, maar achteraf in het Excel-bestand met de afgelegde afstand en de tijd. De snelheid van de installatie kan namelijk al worden bepaald met de trekinstallatie zelf en de snelheidsberekening in het Excel-bestand dient enkel als bewijs hiervan.
6. *Hoe kan de tijdsduur van het proces worden bepaald?*
De tijdsduur van het proces wordt vastgelegd door de software van de analoge input module. Deze wordt dus automatisch weergegeven in het Excel-bestand wanneer alle gegevens hier naartoe worden geëxporteerd.
7. *Met welke snelheid moet het wiel op de as worden geperst?*
De snelheid waarmee het wiel op de as wordt geperst, dient ca. 50 mm/min te bedragen. Deze waarde is terug te vinden in de gegevens van het wiel (zie bron 1.2).
8. *Moet er onderzoek worden gedaan naar een gewenste proces-karakteristiek van de snelheid?*
Er hoeft hier geen onderzoek naar gedaan te worden. De oppers-snelheid dient een constante waarde te hebben gedurende het hele proces.

9. *Hoe kan de kracht worden bepaald die de trekinstallatie uitoefent op het wiel?*
De kracht zal worden bepaald aan de hand van de druk. Deze wordt vastgelegd door een hydraulische druksensor, waarmee dan met een omrekenfactor, de kracht wordt bepaald. Momenteel gebeurt dit ook al op deze manier bij de huidige trekinstallatie.
10. *Met welke kracht moet het wiel op de as worden geperst?*
De wielen van de Arriva GTW dienen met een kracht van 650 tot 900 kN op de as te worden geperst. Dit komt bij de huidige trekinstallatie overeen met ongeveer 250 tot 350 Bar.
11. *Moet er onderzoek worden gedaan naar een gewenste proces-karakteristiek van de kracht?*
Er hoeft geen onderzoek te worden gedaan naar de proces-karakteristiek. Tijdens het trekproces neemt de kracht gelijkmatig toe met ongeveer 5 kN per seconde.
12. *Hoe kunnen de gegevens worden gecommuniceerd met een computer?*
Dit gebeurt via de I-7012F analoge input modules en een Rs-232 to Rs-485 converter. De I-7012F zorgt ervoor dat de analoge uitgang van de sensoren kan worden getoond op het Touch panel en dat kan via de converter met Rs-232.
13. *Hoe kunnen deze gegevens automatisch worden opgeslagen op een computer?*
Met de I-7012F is software meegeleverd. Hiermee kunnen de gegevens live tijdens het proces worden getoond. Zodra het proces is gestopt, wordt de data automatisch opgeslagen in de database van het programma. Deze data kunnen vervolgens worden geëxporteerd naar Excel waarmee ze eventueel kunnen worden bewerkt en nogmaals opgeslagen.
14. *Wat voor een computer kan het beste worden toegepast, een laptop of een vaste pc?*
Er zal een vaste pc worden toegepast. Bij een laptop bestaat het risico dat monteurs de laptop voor andere klussen gaan gebruiken. Wanneer er dan een wiel moet worden gemonteerd, kan men eerst de laptop gaan zoeken en dat kost veel tijd. Met een vaste pc vervalt dit risico.
15. *Hoe moeten de sensoren worden geschakeld?*
Om dit te bepalen is een schema van het totale systeem opgesteld. De beide sensoren hebben een in- en een uitgang. Ze worden gevoed met 24 VDC en hebben een uitgang van 0-10 VDC of 4-20 mA. Deze uitgang wordt aangesloten op de ingang van de I-7012F.
16. *Hoe dienen de componenten gevoed te worden?*
Alle componenten hebben een voedingspanning van 24 VDC. Hiervoor is een voeding aangeschaft met voldoende vermogen voor alle componenten en een eventuele toekomstige uitbreiding.
17. *Wat voor beveiligingen dienen er te worden ingebouwd in de schakeling?*
Zowel de voeding als de analoge input modules zijn voorzien van een beveiliging tegen een te hoge ingangsspanning. Zo wordt voorkomen dat andere componenten beschadigd kunnen raken bij een defect of kortsluiting.
18. *Waar op de trekinstallatie dient het monitoringssysteem te worden geplaatst?*
Dit kan pas definitief worden vastgelegd op het moment dat de trekinstallatie is geleverd. Wat al wel vaststaat, is dat de lasersensor met een beugel over de kop van de as zal worden geplaatst. De plek waar de kast aan de installatie wordt gehangen, wordt later vastgesteld.

Op deze manier kunnen dus de snelheid van het wiel, de kracht van de installatie en de afgelegde afstand van het wiel over de as worden weergegeven tijdens en opgeslagen na afloop van het proces.

7.5 Aanbevelingen

Ondanks dat het project goed is verlopen, zijn er gedurende het proces toch nog een aantal verbeterpunten en aanbevelingen naar voren gekomen. Dit zijn de volgende:

- De software
Bij het monitoringsysteem wordt nu de software gebruikt die door de firma ICPDAS wordt meegeleverd met de analoge input modules. Hiermee kunnen de snelheid en kracht niet direct in het programma worden berekend. Hiervoor moet de data eerst naar Excel worden gekopieerd. In de toekomst zou men zelf een programma kunnen schrijven waarmee dit wel mogelijk is.
- Het aantal sensoren
Momenteel zijn er 2 sensoren op de trekinstallatie geïnstalleerd. Dit aantal kan in de toekomst nog worden uitgebreid om een nauwkeurigere meting te realiseren. Er zal dan voor iedere sensor ook een aparte analoge input module moeten worden aangeschaft. Hiervoor is nog ruimte in de behuizing van het monitoringsysteem
- Het toetsenbord
Vanwege de kwetsbaarheid is er geen fysiek toetsenbord aan het systeem toegevoegd. Deze is vervangen door een digitale variant, die op het scherm verschijnt. Wanneer dit niet bevalt bij het bedienend personeel, zal er alsnog een fysiek toetsenbord moeten worden geplaatst.
- De USB WIFI-ontvanger
Om verbinding te kunnen maken met het draadloos netwerk is het touch panel voorzien van een USB-dongle. Deze moet echter vanwege het gevaar op diefstal in de kast worden geplaatst. Omdat deze waarschijnlijk zeer slecht ontvangst heeft in de kast is er een USB-antenne toegevoegd aan het ontwerp. Uit tests moet blijken in hoeverre deze antenne nodig is.

8 Proces en Planning

8.1 Projectaanpak

Tijdens het project is de projectmethodiek gevolgd die is genoemd in hoofdstuk 4.2. Hierbij is allereerst onderzoek gedaan naar welke onderdelen het beste konden worden toegepast. Met deze onderdelen is een ontwerp gemaakt van een monitoringsysteem. Dit ontwerp is vervolgens in de laatste fase van het project gerealiseerd in de werkplaats van Strukton. Hierbij zijn alle handelingen door mij uitgevoerd, aangezien ik het enige project lid was. Hierbij moet wel vermeld worden dat ik, gedurende het project, goed geholpen ben door het personeel van Strukton.

Gedurende het project zijn ook alle gemaakte uren en kosten bijgehouden. Hierbij zou ik iedere dag dat ik afwezig was opschrijven, zodat ik deze uren aan het einde kon inhalen. Dit was echter niet nodig, omdat ik geen enkele dag afwezig ben geweest. Verder zijn de gemaakte kosten zijn tijdens het project bijgehouden in een overzicht. Dit overzicht is te vinden in tabel 8.

Aan het begin van het project is er een strokenplanning opgesteld. Hierin stond per week globaal aangegeven waaraan gewerkt moest worden. In de praktijk week dit wel eens af. Het kwam regelmatig voor dat er nog iets moest worden gedaan uit een vorige fase of juist uit een volgende. Daarom is er aan het begin van iedere week een apart lijstje gemaakt met activiteiten die in die week moesten worden uitgevoerd. In drukke weken schoven sommige activiteiten dan door naar de volgende week. Zo werd voorkomen dat er activiteiten vergeten werden. De strokenplanning is weergegeven in hoofdstuk 8.2.

8.2 Strokenplanning

Fase:	Week 11	Week 12+13	Week 14+15	Week 16+17	Week 18+19	Week 20+21	Week 22+23	Week 24+25	Week 26+27
Vooronderzoek: De opdracht verder uitwerken.									
Fase 1: Een overzicht maken van de gewenste functies van met monitoringsysteem									
Fase 2: Uitzoeken welke componenten er moeten worden toegepast.									
Fase 3: Een ontwerp maken met de componenten uit fase 2.									
Fase 4: Het ontwerp realiseren.									
Verslaglegging En Uitloop									

Tabel 7: De strokenplanning van het project.

In de fases 1, 2, 3 en 4 zal bij onduidelijkheden gebruik worden gemaakt van extra vooronderzoek om deze problemen op te lossen. Dit extra vooronderzoek wordt weergegeven door het grijze gedeelte in de vooronderzoeksfase. Daarnaast zullen de resultaten direct in een conceptversie van het eindverslag worden geplaatst. Op deze manier wordt de tijd die moet worden besteed aan het opstellen van het eindverslag, verdeeld over een langere periode. Zo wordt ook het risico kleiner dat er aan het einde van het project een tijdnoed ontstaat.

8.3 Kosten en uren overzicht

De kosten die bij dit project worden gemaakt bestaan uit personeel en materiaalkosten. In totaal loop ik 17 weken stage bij Strukton. Dit komt neer op 680 uur stagevergoeding. De materiaalkosten bestaan uit de kosten van de computer en de componenten waaruit het monitoringsysteem gaat bestaan. Deze zijn weergegeven in tabel 8.

Component	Kosten
Di-Soric Lat 51 lasersensor	730,00
Jumo Dtrans p30 hydraulische druksensor	Word hergebruikt
Analoge input module ICPDAS I-7012F	386,00
Industrial touch panel GOT5152T	1294,00
Omvormer DIN-KA52F 240/24 Volt	57,00
I-7520 CR Rs 485 to Rs 232 converter	65,00
Hydraulisch ventiel	Word hergebruikt
Netvoeding 24 VDC/ 10 A, 240 Watt	129,00
Totaal	2661,00

Tabel 8: Kostenoverzicht.

In totaal wordt er dus 680 uur aan dit project gewerkt. Deze uren zijn weergegeven in tabel 9.

Projectfase	Aantal uur
Vooronderzoek: De opdracht verder uitwerken.	40 uur
Fase 1: Een overzicht maken van de gewenste functies van het monitoringsysteem.	80 uur
Fase 2: Uitzoeken welke componenten er moeten worden toegepast.	160 uur
Fase 3: Een ontwerp maken met de componenten uit fase 2.	200 uur
Fase 4: Het ontwerp realiseren.	100 uur
Verslaglegging En Uitloop	120 uur

Tabel 9: Urenverantwoording

8.4 Projectevaluatie

Tijdens het project is er op een aantal plaatsen afgeweken van de planning. Dit kwam, omdat de fases 2 en 3 allebei een week uitliepen. Dit is gecompenseerd door een aantal activiteiten uit de laatste fase te verplaatsen naar fase 3 en 4. Hierbij werd alle informatie die op dat moment gereed was, alvast verwerkt in de eerste conceptversie van het eindverslag. Daarnaast kon er een gedeelte van fase 4 niet worden uitgevoerd, omdat de trekinstallatie nog niet geleverd was. Zo kon deze tijd weer worden besteed om het werk uit de andere fases te professionaliseren. Zo ben ik uiteindelijk nergens mee in tijdnood gekomen.

Gedurende het project is de van tevoren vastgestelde methodiek aangehouden. Deze werkte naar behoren, waardoor er geen reden was om hiervan af te wijken. In tegenstelling tot voorgaande projecten, heb ik bij dit project geprobeerd om sneller om hulp te vragen. Hierdoor had ik bijvoorbeeld bij het probleem met het instellen van het alarm van de I-7012F, snel een oplossing waardoor er geen vertraging ontstond.

9 Reflectie

9.1 Reflectie technische competenties

Competentie 1: Inzicht krijgen

Op dit moment vindt de wielmontage op de andere manier plaats, dan hoe het in de toekomst gaat gebeuren. Men was hier dus, bij Strukton, nog niet heel bekend mee. Om dit inzicht te krijgen, heb ik extra vooronderzoek moeten doen om dit te begrijpen, onder meer door een aantal filmpjes over de werking van een wielentrekinstallatie. Daarnaast heb ik de eerste fase van het onderzoek een opsomming gemaakt van welke zaken, die al bekend waren, interessant waren voor mijn onderzoek. Hieronder viel bijvoorbeeld de constructie van het wiel.

Competentie 1: Resultaat

Dankzij het vooronderzoek ben ik erachter gekomen, hoe de nieuwe trekinstallatie functioneert. Dit heb ik gerealiseerd door er informatie over op te zoeken, een instructiefilm ervan te bekijken en ten slotte nog wat hulp van het personeel van Strukton. Daarnaast heb ik uit de gegevens van de wielassen veel informatie kunnen halen. Hierin stond onder andere met welke snelheid de wielen op de as diende te worden getrokken en met welke kracht dit moest gebeuren. Het bestuderen van de trekinstallatie zelf was helaas nog niet mogelijk omdat deze ten tijde van het afstudeerproject nog niet geleverd was. Er was gelukkig wel een tekening die kon worden gebruikt bij het opstellen van het ontwerp. Met deze kennis kon bijvoorbeeld inzicht worden verkregen in de manier waarop de sensor op de trekinstallatie moest worden bevestigd.

Competentie 2: Ontwerpen

Deze competentie heb ik tijdens dit project goed kunnen verbeteren omdat ongeveer de helft van het eindresultaat een ontwerp betrof. Bij het ontwerp moest worden gekeken naar de functies die er vervuld moesten worden. Tegelijkertijd moest er rekening gehouden worden met de beschikbare tijd. Van het ontwerpen diende vervolgens ook nog een elektrisch en hydraulisch schema te worden gemaakt. Ook dit maakte deel uit van het ontwerp.

Competentie 2: Resultaat

In het uiteindelijke ontwerp is gebruik gemaakt van de componenten die als beste uit het vergelijkende onderzoek waren gekomen. Van de elektrische componenten is een ontwerp gemaakt in de vorm van een schema. Dit was echter niet het enige. Er is ook een ontwerp gemaakt van het gehele monitorsysteem. Hieronder vielen bijvoorbeeld ook de kast en de uiteindelijke plaats van de sensoren. De zaken waarmee hierbij rekening moest worden gehouden, zijn van tevoren vastgesteld met een brainstorm. Denk hierbij aan zaken als bedieningsgemak en of de manier waarop de as op de trekrichting wordt geplaatst, niet in conflict komt met plek waar de sensoren zijn geplaatst.

Competentie 3: Plannen

Omdat dit project uit meerdere onderdelen bestond, diende er goed gepland te worden. Bij een uitloop in de ontwerpfase, ontstaat dan namelijk direct een tijdnoed in de realisatiefase. Hierbij moest ook worden gekeken naar welke onderdelen van het ontwerp- en bouwproces binnen de afstudeerperiode vielen en welke erbuiten. Daarnaast moest nog rekening worden gehouden met de tijd die nodig was voor het opstellen van het verslag.

Competentie 3: Resultaat

Het proces van het plannen is tijdens dit project goed verlopen. Er hebben tussentijds echter wel wat wijzigingen in de planning plaatsgevonden. Zo heeft de ontwerpfase langer geduurd dan eerst was gepland. Deze tijd is later ingehaald door eerder met het samenstellen van het verslag te beginnen. Dit kon ik doen in de tijd dat ik moest wachten totdat bepaalde onderdelen waren geleverd. Uiteindelijk is noodgedwongen besloten dat het installeren van het monitoringsysteem op de trekinstallatie zelf, kwam te vervallen. De tijd die hiermee vrij kwam, kon vervolgens worden benut om het werk uit de andere fases te professionaliseren.

Competentie 4: Uitvoeren

Het was dus in eerste instantie de bedoeling dat er aan het einde van het project een volledig werkend systeem zou worden opgeleverd dat reeds was geïnstalleerd op de trekinstallatie. Hiervan zou een rapport worden opgesteld met het ontwerp en een verantwoording van de gemaakte keuzes. Met dit systeem moest Strukton in staat zijn de wielen van het materieel van Arriva te vervangen, volgens de door Arriva daaraan gestelde eisen.

Competentie 4: Resultaat

Het uiteindelijke eindproduct is dus niet een volledig werkend systeem geworden, maar een systeem dat klaar staat om geïnstalleerd te worden. Hierbij was echter sprake van overmacht. Voor de rest is wel het rapport opgesteld, met daarin het complete ontwerp en de verantwoording daarvan. Omdat ik, naast het installeren van het systeem, alles heb kunnen afronden, vind ik dat ik mezelf goed heb ontwikkeld op deze competentie.

9.2 Reflectie persoonlijk ontwikkelplan

1. Mijn presenteervaardigheden.

Om mijn presenteervaardigheden te verbeteren, heb ik halverwege het project een presentatie gehouden voor mijn ouders. Deze heb ik van tevoren een aantal keer voor mezelf geoefend. Deze presentatie ging best goed. Op één punt dreigde ik het verhaal even kwijt te raken, maar dit duurde slechts heel even. In het vervolg van de presentatie is dit niet meer voorgekomen. Er kwam nog wel een ander aandachtspunt naar voren tijdens de presentatie. Mijn ouders begrepen niet direct hoe de trekinstallatie van de wielen functioneerde. Omdat dit wel van belang is bij het begrijpen van het verhaal, heb ik het verhaal hier aangepast. Zodra ik het verslag helemaal heb afgerond, zal ik nogmaals een proefpresentatie houden waarin de verbeterpunten van de eerste presentatie zijn meegenomen. Uiteindelijk moet de afstudeerpresentatie dan vlekkeloos verlopen. Op dit punt kan ik dus nog verbeteringen maken in aanloop naar de afstudeerweek.

2. Mijn vaardigheden op het gebied van verslaglegging.

Om het verslag een professionele uitstraling te geven, heb ik gedurende het project meerdere afstudeerverslagen bestudeerd. Hierbij heb ik vooral gelet op de indeling van het verslag, het taalgebruik en de opmaak. Daarnaast ben ik al halverwege het project begonnen met het samenstellen van het verslag, om zo tijdnoed aan het einde te voorkomen. Dit is goed gelukt, omdat ik in de beschikbare tijd alles heb kunnen doen, wat gepland stond. Gedurende het project heb ik de verschillende stadia van het verslag laten controleren door Dhr. Karel Vroom. Hierdoor kon ik al tussentijds wijzigingen doorvoeren en hoefde ik niet aan het einde alles tegelijkertijd te controleren.

3. Het bouwen van een elektrische aansturing vanuit een ontwerp

Tijdens dit project moest het monitoringsysteem ontworpen én gebouwd worden. Het bouwen ervan was relatief nieuw voor mij. Hiervoor heb ik dan ook hulp gevraagd aan specialisten bij Strukton. Deze hebben eerst mijn ontwerp bekeken en beoordeeld. Nadat deze wijzigingen waren aangepast, kon worden begonnen met bouwen. Ook dit verliep, met hulp van mijn collega's, heel voorspoedig. Tijdens het testen zijn hierbij, op een enkel los draadje na, geen defecten opgetreden. Gezien deze punten, vind ik dat ik mezelf goed heb ontwikkeld op deze competentie.

4. Eerder om hulp vragen bij problemen

Bij vorige projecten wachtte ik altijd te lang met hulp vragen bij een probleem. Hier heb ik dit project extra op gelet. Ik ben nu, als ik met een probleem zat, direct naar mijn bedrijfsbegeleider gestapt om hulp te vragen. In de meeste gevallen kon hij me helpen, waardoor ik snel weer verder kon. Wanneer hij het ook niet wist, bijvoorbeeld bij moeilijke elektrische problemen, ging ik naar de specialist op dat gebied en die kon me dan verder helpen. Uiteindelijk ben ik niet in tijdnoed gekomen en daardoor vind ik dat ik vooruit ben gegaan op dit persoonlijke ontwikkelpunt.

5. Het opstellen van een bronnenlijst

In het afstudeerverslag moesten de bronnen worden weergegeven in een bronnenlijst die was opgesteld volgens de APA-normen. Omdat ik hier nog nooit mee had gewerkt, moest ik eerst uitzoeken hoe deze eruit zag. Dit was gemakkelijk te vinden en het opstellen van de lijst was daarna ook heel eenvoudig. In het verleden begon ik altijd in de laatste week van het project met het opstellen van de bronnenlijst. Dit kostte altijd veel tijd en het lukte nooit om alle bronnen weer te achterhalen. Dit project heb ik de bronnen vanaf het begin bijgehouden. Hiermee ontstond een flinke lijst, die ik aan het einde alleen nog maar in het verslag hoefden te zetten. Dit scheelde weer een hoop tijd, die weer aan andere zaken besteed kon worden. Ook op dit punt heb ik mezelf dus verbeterd.

9.3 Profielschets

Nu mijn opleiding is afgerond, na afloop van dit project, kan ik de volgende profielschets van mezelf maken. Als professional en technicus heb ik, vergeleken met het begin van de opleiding, enorme vorderingen gemaakt. Toen ik begon met de opleiding had ik op de middelbare school alleen een klein beetje elektrotechniek gehad bij natuurkunde. Door alle vakken die ik bij deze opleiding heb gehad, is deze kennis ontzettend gegroeid. Ook als professional ben ik ontzettend gegroeid. Wanneer je een verslag van mij uit het eerste jaar naast mijn afstudeerverslag legt, is deze groei heel goed te zien. Deze groei zit in zowel het niveau van het verslag als in de uitstraling ervan. Gedurende de opleiding heb ik ieder blok met andere projectgroepen samengewerkt aan uiteenlopende projecten. Waar deze in het eerste jaar nog wel eens mislukte door onervarenheid, kwam dit in de laatste 2-3 jaar eigenlijk niet meer voor. Iedereen wist hoe belangrijk deze projecten waren, waardoor iedereen zijn uiterste best deed om het project tot een goed einde te brengen.

Wanneer ik al mijn functies binnen de projecten met elkaar vergelijk, denk ik dat een gedeelde functie van ontwikkelaar en uitvoerende het beste bij mij past. Gedurende de opleiding heb ik ontzettend veel kennis opgedaan als ontwikkelaar maar ook een uitvoerende functie zou me ontzettend interessant lijken. Dit laatste is vooral ontstaan tijdens het afstudeerproject met het bouwen van het monitoringsysteem voor Strukton. Hierdoor lijkt het me fantastisch om in de toekomst een baan te hebben waarin beide aspecten naar voren komen. Mijn drive hierbij is iets bedenken en ontwikkelen, wat je daarna zelf kan realiseren en ook daadwerkelijk kunt laten werken. Mijn ambitie is dan ook om na het afronden van deze opleiding, een baan te vinden waarin dit mogelijk is.

10 Afkortingen en begrippen

GTW: GelenkTriebWagen
kN: Kilo Newton
mV: Millivolt
n.b.: Niet Bekend
VAC: Wisselspanning
VDC: Gelijkspanning

11 Bronnen

Boeken:

- **Bron 1.1:**
Schepers, R. (15-6-2012). De- Montage van treinwielen met behulp van inductiewarmte en hydraulische pers.
- **Bron 1.2:**
Rogall, I.(2008). Aangedreven en niet aangedreven wielstellen met volwielen Arriva plc Netherlands, BA07010NL, Bochumer Verein.
- **Bron 1.3:**
Comité Européen de normalisation.(2003). EN 13260 Railway applications, Brussel.
- **Bron 1.4:**
Axiomtek.(z.d.). User manual GOT5152T-832
- **Bron 1.5:**
ICPDAS. (z.d.). User manual I-7012F

Websites:

Bron 2.1:

Infrasite.nl(verschillende data), lijst met betekenissen en definities van infra gerelateerde termen.
Geraadpleegd op: Verschillende data, van
<http://www.infrasite.nl/definitions/definition.php>

Bron 2.2:

ARBO podium. (2007). Werkplaatsen en magazijnen.
Geraadpleegd op: 20-3-2014, van
<http://www.arbopodium.nl/default.asp?path=v2zlt749>

Bron 2.3:

Wikipedia. (z.d.). IP code.
Geraadpleegd op: verschillende data, van
<http://nl.wikipedia.org/wiki/IP-code>

Bron 2.4:

Vereniging Platform omgevingstechnologie. (z.d.). IP testen.
Geraadpleegd op: 15-4-2014, van
http://industrielelektronica.fhi.nl/images/stories/PLOT/otbs/otb-10- ip-testen_1_3.pdf

Bron 2.5:

Wikipedia. (11-6-2014). IO link.
Geraadpleegd op: 20-6-2014, van
<http://de.wikipedia.org/wiki/IO-Link>

Bron 2.6:

ASM Sensors. (z.d.). Bezeichnungen Seil Geber.
Geraadpleegd op: 27-3-2014, van
http://www.asm-sensor.com/asm/content_page.php?lang=de&cont=sup_faq&faq=57

Bron 2.7:

Direct Industry. (z.d.). Verschillende fabrikanten van seilzugsensoren.
Geraadpleegd op: 25-3-2014, van
<http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/draw-wire-position-sensor-81156.html>

Bron 2.8:

MMsoft software en elektronica. (z.d.). Verschillende USB voltmeters met software.

Geraadpleegd op: 2-5-2014, van

http://members.home.nl/mapn.megens/6_Elektronicasoftware/elektronica.html

Bron 2.9:

Kuenstler Bahntechnik GmbH. (z.d.). Informatie over de voedingsspanning van een draai/trek installatie voor treinwielstellen.

Geraadpleegd op: 21-3-2014, van

<http://www.kuenstler-bahntechnik.de/maschinenbau-radsatzdrehmaschinen.htm>

Bron 2.10:

Fieldworks. (z.d.). Informatie over de firma die het beeldscherm en de analoge input modules levert.

Geraadpleegd: Verschillende data, van

<http://www.fieldworks.nl/>

Bron 2.11:

Wikipedia. (7-5-2014). Informatie over het bedrijf Strukton.

Geraadpleegd: Verschillende data

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Strukton>

Bronnen losse componenten**Bron 3.1:**

Walker Industrial

Geraadpleegd: Verschillende data

<http://www.walkerindustrial.com/>

Bron 3.2:

SICK

Geraadpleegd: Verschillende data

<http://www.mysick.com/>

Bron 3.3:

Sensor partners

Geraadpleegd: Verschillende data

www.sensor.nl

Bron 3.4:

Conrad

Geraadpleegd: Verschillende data

www.conrad.nl

Bron 3.5:

Newark

Geraadpleegd: Verschillende data

www.newark.com

Bron 3.6:

Products4engineers

Geraadpleegd: Verschillende data

www.products4engineers.nl

Bron 3.7:

Digitron

Geraadpleegd: Verschillende data

www.digitron.biz

Bron 3.8:

IFM

Geraadpleegd: Verschillende data

www.ifm.com**Bron 3.9:**

Micro epsilon

Geraadpleegd: Verschillende data

www.micro-epsilon.com**Bron 3.10:**

Leuze elektronik

Geraadpleegd: Verschillende data

www.leuze.com**Bron 3.11:**

Mikro-elektronik

Geraadpleegd: Verschillende data

www.MELsensor.de**Bron 3.12:**

Waycon

Geraadpleegd: Verschillende data

www.waycon.biz**Bron 3.13:**

Celesco

Geraadpleegd: Verschillende data

www.celesco.com**Bron 3.14:**

ASM

Geraadpleegd: Verschillende data

www.asm-sensor.com**Bron 3.15:**

Jumo

Geraadpleegd: Verschillende data

www.jumo.nl

Geraadpleegde personen:

Gedurende de afstudeerstage heb ik verschillende personen geraadpleegd, wanneer ik hulp nodig had bij het oplossen van problemen. Hierbij had iedere persoon zijn eigen expertise. Het gaat hierbij om de volgende personen:

Karel Vroom: Karel was mijn bedrijfsbegeleider en bij hem kon ik terecht met alle vragen over het afstudeerproces en over de gang van zaken binnen het bedrijf. Daarnaast wist hij ook veel op elektrotechnisch gebied.

Gerald Oldeman: Bij Strukton ging de inkoop van onderdelen via Gerald. Hij heeft mij geholpen met het bestellen van de onderdelen.

Richard Koerhuis: Richard is bij Strukton de elektrische man. Hij heeft mij dan ook geholpen met het maken van schema's en het aansluiten van de componenten.

Ronald Schepers: Aangezien Ronald ervaring had met het programmeren van digitale componenten via de computer, kon hij mij helpen toen ik hierbij met een probleem zat.

Kees Maassen: Nadat de behuizing van de elektronica was binnengekomen, moest er een opening voor het beeldscherm worden gemaakt. Verder moesten er in de behuizing DIN-rails en kabelgoten worden geplaatst. Dit heeft Kees uitstekend gedaan.

Peter van Uitert: Peter werkt voor de firma Fieldworks. Hier komen de analoge input modules en het beeldscherm vandaan. Nadat ik Peter had uitgelegd waar de componenten voor gebruikt gingen worden, heeft hij uitgezocht welke modules ik het beste kon gebruiken en welk scherm hier het beste mee functioneerde. Daarnaast heeft hij mij nog meerdere malen telefonisch te woord gestaan bij vragen over het aansluiten van de modules.

Informatie over de verschillende componenten:

Tijdens dit project heb ik voor het beoordelen van de verschillende componenten gebruik gemaakt van de gegevens die op de websites van de leveranciers worden weergegeven. Het gaat hierbij om de volgende leveranciers:

Laser sensoren

OptoNCDT
Leuze
Di-Soric
Sick
Baumer
Sensor Partners
Pepperl & Fuchs
Lase
Elektor
MEL mikroelektronik GmbH

Draw-wire Sensoren

Waycon
Celesco
ASM

Hydraulische druksensor

Jumo
IFM

Hydraulisch Ventiel

Bosch-Rexroth
Robucon
Kladrivar

Module/Voltmeter

Digital measure
Ethertek
Velleman
Dataq instruments
ICPDAS/Fieldworks

Industrial Touch panel

Axiomtek/Fieldworks

Behuizing

Rittal

12 Bijlagen

Bijlage 1

	Brug over de as.	Balk op de kop van de as.	Beugel over de kop van de as.
Aantal mogelijke sensoren, zodat kan worden gecontroleerd of het wiel recht op de as zit.	Hierbij kan de afstand op 3 plaatsen worden gemeten. Dit aantal kan nog worden vergroot, wanneer er meerdere dwarsbalken worden toegepast.	Hierbij wordt de afstand tot de as op twee plaatsen gemeten vanwege de links en rechts uitstekende plaat die het wiel over de as trekt.	Bij deze methode kan maar op slechts één plaats worden gemeten.
Aandrijfbak om het aangedreven wiel.	Doordat deze bak aan één kant uitsteekt kan er bij deze wielas slechts op 2 plaatsen worden gemeten en daarnaast is er geen ruimte voor 1 van de dragers van de brug.	Omdat de balk aan de buitenkant zit, heeft deze methode hier geen last van.	Omdat de beugel aan de buitenkant zit, heeft deze methode hier geen last van.
As op de trekrichting Plaatsen.	Bij deze methode is de brug over de as heen gebouwd. Er zal dus een zijde scharnierend moeten worden uitgevoerd voor als de as moet worden verplaatst. Dit kan onnauwkeurigheden veroorzaken.	Hierbij wordt het wiel eerst een stukje op de as getrokken totdat de kop van de as zichtbaar is. Nu kan de balk op de as worden geschroefd en vervolgens kan het trekproces worden voortgezet.	Het plaatsen van de as op de trekrichting levert geen problemen op bij deze methode.
Het justeren van de sensor.	Bij deze methode wordt de as ingeklemd op de trekrichting. Dit gebeurt zo, dat elke as op exact dezelfde plek ligt. De afstand van het wiel tot aan de sensor is dan automatisch ook altijd gelijk.	Bij deze methode worden de sensoren aan de as bevestigd. Zo is de afstand tot het wiel automatisch in alle gevallen gelijk. De balk moet dan wel precies recht zijn, anders ontstaan onnauwkeurigheden.	Om de sensor te justeren wordt er een correct getrokken as in de trekrichting geplaatst. Hiermee wordt de afstand tot de kop van de as bepaald. Bij alle hierna te behandelen assen wordt er door de sensor een signaal gegeven bij het bereiken van deze afstand.

	Brug over de as.	Balk op de kop van de as.	Beugel over de kop van de as.
Hufterproof/ kwetsbaarheid.	In deze constructie zijn een aantal scharnierende delen aanwezig om de as op de trekrichting te kunnen plaatsen. Dit zijn kwetsbare punten. Deze sensoren zijn, in tegenstelling tot de variant met de balk, wel vast bevestigd op de trekrichting. Dit maakt ze minder kwetsbaar.	Wanneer deze balk van een stijf materiaal wordt gemaakt, en de balk dus niet kan buigen, is deze constructie redelijk hufterproof. De sensoren aan de uiteinden zullen wel beschermd moeten worden. Doordat de balk steeds losgehaald moet worden, bestaat er een valgevaar.	Deze constructie is zeer stevig. De beugel zit permanent op de trekrichting, de sensor wordt beschermd door de beugel en deze kan daarnaast niet in aanraking komen met het wiel en de as.
Nauwkeurigheid.	Bij deze variant beweegt het wiel naar de sensor toe. Hoe kleiner de afstand tussen de sensor en het object, hoe hoger de nauwkeurigheid.	Hierbij beweegt het wiel van de sensor af. De nauwkeurigheid is hier dus minder dan bij de andere variant.	Bij deze variant beweegt de as naar de sensor toe. Hoe kleiner de afstand tussen de sensor en de as, hoe hoger de nauwkeurigheid.
Aanpassingen aan de trekrichting.	De brug kan eenvoudig op de trekrichting worden geïnstalleerd zonder dat deze hoeft te worden aangepast.	De montage is bij deze variant lastiger. Hierbij zit namelijk de trekrichting zelf in de weg. De sensoren moeten dan ook door een gat in de trekrichting heen werken.	De hierbij gebruikte beugel moet aan de trekrichting worden bevestigd. Voor de rest hoeft er niets te worden aangepast.
Kosten.	Bij deze methode moeten er 2 of 3 sensoren worden aangeschaft.	Hierbij dienen er 2 sensoren te worden aangeschaft.	Bij de beugel over de as, hoeft er slechts 1 sensor te worden aangeschaft.
Beste keus.			

Bijlage 2

	Baumer OADM 13		Baumer OADM 20		SICK OD mini		SICK DT 20 Hi		L-LAS-LT-250-CL	
Meetbereik (mm)	50-350	++	100-500	+	50-250	++	100-600	+	50-450	++
Analoge uitgang	4-20 mA	+	< 100 mA	+	4-20 mA	+	4-20 mA	+	0-10 V	+
Digitale uitgang	Nee	+/-	Nee	+/-	ja	+	ja	+	Nee	+/-
Nauwkeurigheid(mm)	0.05-0.4	++	0.2-0.5	++	0.2	++	1	+	0.5	++
IP-waarde	IP 67	++	IP 67	++	IP 67	++	IP 65	++	IP 67	++
Formaat LxBxH(mm)	48.2x40 x13.4	++	65x50x2 0.6	+	44.4x31 x17.8	++	59.4x52.9 x24.3	+	71.3x60 x20	+/-
Prijs	1003,-	--	1264,-	--	n.b.	-	674,82	-	1295,-	--
Leverancier	Walker emd	+	Walker emd	+	n.b.	-	Rs-online	++	Sensor .nl	++
Levertijd (dagen)	7-14	+	7-14	+	n.b.	-	2	++	7-14	+
Laserklasse	2	+	2	+	2	+	2	+	2	+
Signaal bij bereiken gewenste afstand	nee	-	nee	-	nee	-	ja	+	nee	-
Resultaat		9+		7+		7+		12+		8+
Bron	3.1		3.1		3.2		3.2		3.3	

Legenda tabel	
Heel Goed	++
Goed	+
Voldoende	+/-
Matig	-
Slecht	--
Niet bekend	n.b.

	P&F VDM 28-8		P&F VDM 18-300		LASE 1000T-250		Di-Soric Lat 51		Elector 200 O5D100	
Meetbereik (meter)	200-8000	+/-	80-300	+	100-400	+	50-500	++	3-2000	++
Analoge uitgang	4-20 mA	+	4-20 mA	+	4-20 mA	+	0-10 V	+	0-10 V	+
Digitale uitgang	Nee	+/-	Nee	+/-	Ja	+	Nee	+/-	Nee	+/-
Nauwkeurigheidsheid(mm)	25	--	0.3	++	0.08	++	0.5 mm	++	?	--
IP-waarde	IP 65	++	IP 67	++	IP 65	++	IP 67	++	IP 65	++
Formaat LxBxH(mm)	88x54.3 x25.8	+/-	50x50 x17	++	146x136 x50	-	50x50 x16	++	56x46.8 x18.2	+
Prijs	354,26	+	658,-	-	n.b.	-	730,00	-	152,-	++
Leverancier	Conrad	++	Omnicall	++	n.b.	-	Di-Soric	++	lfm/ebay	++
Levertijd	2	++	2	++	n.b.	-	1-3	++	28	--
Laserklasse	2	+	2	+	2	+	2	+	2	+
Signaal bij bereiken gewenste afstand	ja	+	ja	+	Nee	-	ja	+	Nee	-
Resultaat		8+		13+		3+		14+		6+
Bron	3.4		3.5		3.6		3.7		3.8	

	Opto 1402 250 sc		Opto 1700-250 vt		Leuze ODSL 9		MEL M7L 200	
Meetbereik (meter)	100-350	+	70-320	+	50-450	++	240-440	+/-
Analoge uitgang	1-5 Volt	+	0-10 Volt	+	0-10 Volt	+	0-10 Volt	+
Digitale uitgang	ja	+	ja	+	ja	+	Nee	+/-
Nauwkeurigheidsheid (mm)	0,5%	+/-	0.05	++	1%	-	0.2	++
IP-waarde	IP 69K	++	IP 65	++	IP 67	++	IP 64	++
Formaat LxBxH(mm)	65x50x20	+	80x75x30	+/-	50x50x21	++	100x50x29	+/-
Prijs	472,-	+	n.b.	-	652,48	-	998,-	-
Leverbaar	CDI/Ebay	+	CDI/Ebay	+	Plc center	++	cdiweb	+
Levertijd	5	++	n.b.	-	7-14	+/-	14-28	-
Laserklasse	2	+	2	+	2	+	2	+
Signaal bij bereiken gewenste afstand	Nee	-	nee	-	ja	+	Ja	+
Resultaat		10+		6+		10+		6+
Bron	3.9		3.9		3.10		3.11	

Bijlage 3

	Laser sensor	Draw-wire sensor	Lineaire encoder
Nauwkeurigheid.	De lasersensor heeft een nauwkeurigheid van +/- 0.5 tot 1 mm.	De draw-wire sensor heeft een nauwkeurigheid van +/- 0.1 mm.	Een lineaire encoder heeft een nauwkeurigheid van enkele micrometers.
Formaat.	De meeste sensoren hebben een formaat van ongeveer 60 x 60 x 20 mm en wegen minder dan 100 gram.	Deze sensoren zijn +/- 120 x 80 x 80 mm en wegen ongeveer een kilo.	Een lineaire encoder is maar half zo groot als een laser sensor.
Toepassing.	Deze sensor kan op alle plekken op de trekrichting worden geplaatst.	De draw-wire sensor kan vanwege zijn grootte en gewicht niet op de balk op de kop van de as worden geplaatst.	Deze sensor bestaat uit twee delen en moet dus op zowel het wiel als op de trekrichting worden geplaatst.
Snelheid bepalen.	Met een laser sensor kan geen snelheid worden bepaald.	Met deze sensor kan met sommige uitvoeringen ook de snelheid worden bepaald.	Met de lineaire encoder kan geen snelheid worden bepaald.
Beste keus.			

Bijlage 4

	Draw-wire sensor	Radar	Afstand en tijd
Nauwkeurigheid.	Deze sensor heeft een nauwkeurigheid van 0.1 tot 0.5 mm.	Een radar heeft een nauwkeurigheid van ongeveer 2%.	De nauwkeurigheid hiervan is afhankelijk van de afstand-sensor.
Bereik.	Deze sensor kan de gevraagde snelheid meten.	Een radar is niet in staat om deze snelheid te meten.	Hiermee kan de gevraagde snelheid worden berekend.
Live weergave van gegevens.	De snelheid kan hiermee live worden weergegeven op een laptop.	De snelheid wordt live weergegeven op het apparaat.	De snelheid moet met behulp van de software van de module, waarop de sensoren zijn aangesloten, worden weergegeven.
Leverbaar.	Deze sensoren zijn slecht leverbaar.	Deze sensoren zijn goed leverbaar.	De software wordt geleverd met de module.
Beste keus.			

Bijlage 5

	Trek-sensor	Hydraulische druksensor
Toepassing.	Doordat deze sensor uitgetrokken dient te worden, is deze vrij lastig te plaatsen in een trekrichting. Dit gaat namelijk vrijwel altijd ten koste van de constructie.	Hiermee wordt de druk berekend, waarmee dan weer de kracht kan worden bepaald. Deze is redelijk eenvoudig in een leiding te plaatsen.
Prijs.	+/- 25.000,-	+/- 300,-
Nauwkeurigheid.	Deze sensor is nauwkeurig genoeg voor de te meten kracht.	Deze sensor is nauwkeurig genoeg voor de te meten kracht.
Bereik.	De te meten waarde valt binnen het bereik van de sensor.	De te meten waarde valt binnen het bereik van de sensor.
Beste keus.		

Bijlage 6

	Relais	Hydraulisch ventiel
Nauwkeurigheid.	Door het na-ijlen kan de afstand niet nauwkeurig genoeg worden bepaald.	Doordat deze meteen uitschakelt, ijlt deze niet na.
Prijs.	Een relais kost slechts een paar euro.	Een goed hydraulisch ventiel kost rond de 250 euro.
Reactiesnelheid.	De reactiesnelheid is door het na-ijlen bij een relais, niet groot genoeg. Hierdoor ontstaan onnauwkeurige afstandsmetingen.	De reactiesnelheid bij een ventiel is goed. Het ventiel gaat direct dicht waardoor er geen verschillen ontstaan in de afstandsmeting.
Leverbaar.	Bij bijna elke elektronicahandel zijn relais' uit voorraad leverbaar.	De hydraulische ventielen zijn allen uit voorraad leverbaar.
Beste keus.		

Bijlage 7

	Losse voltmeter	Module Ethertek	Module Velleman
Nauwkeurigheid.	Deze voltmeters zijn in een aantal verschillende nauwkeurigheden te verkrijgen. Hierbij voldoet de nauwkeurigste aan de gestelde eisen.	De module van Ethertek heeft een nauwkeurigheid van 0,2 mV. Dit voldoet aan de gestelde eisen.	Over de nauwkeurigheid van de voltmeters op de module van velleman wordt niets in de handleiding vermeld.
Voldoende in- en uitgangen.	Elke voltmeter heeft maar één ingang. Het is niet mogelijk om een signaal te versturen.	Deze module heeft 6 ingangen en geen enkele uitgang. Er kan echter wel een alarm worden aangestuurd, wanneer er een bepaalde waarde is bereikt.	De module van Velleman beschikt over 16 ingangen en 16 uitgangen.
Wordt er geschikte software bijgeleverd.	De bijgeleverde software is niet geschikt.	Met de bijgeleverde software kan aan de gestelde eisen worden voldaan.	De bijgeleverde software is niet geschikt. Er kan echter zelf software worden gemaakt.
Is er een galvanische scheiding aanwezig.	Nee.	Nee.	Ja.
Verkrijgbaar.	Slowakije.	Invictus/Amerika.	Conrad.
Beste keus.			

	DI 155	ICPDAS I-7012F
Nauwkeurigheid.	De DI 155 heeft een nauwkeurigheid van 0.5%. Dat is +/- 1mm bij een afstand van 20 cm.	Deze module heeft een nauwkeurigheid van 0.25%. Dit betekent dat de nauwkeurigheid tot een afstand van 40 cm voldoet aan de gestelde eisen.
Voldoende in- en uitgangen.	Deze module heeft 8 ingangen en 4 uitgangen.	Deze module heeft slechts één ingang en één uitgang. Er moet dus voor iedere sensor een module worden aangeschaft.
Wordt er geschikte software bijgeleverd.	De bijgeleverde software voldoet niet aan de gestelde eisen. Hiermee zijn wel de signalen uit te lezen, maar het is zeer lastig om bij een bepaalde waarde een ventiel aan te sturen.	De bijgeleverde software voldoet aan de gestelde eisen.
Is er een galvanische scheiding aanwezig.	Er is een beveiliging aanwezig tegen 150 VDC en piek AC.	In deze module is een galvanische scheiding aanwezig.
Verkrijgbaar.	Fieldworks.	Fieldworks.
Beste keus.		

Bijlage 8

	Software Optie 1	Software Optie 2	Software Optie 3	Software Optie 4	Software optie 5
Volt meten.	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Nauwkeurigheid.	0.01 mV	0.2 mV	1.0 Volt	0.5%	1 mV
Instellen van maximale waardes.	Niet mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk
Mogelijkheid om een grafiek te simuleren.	Niet mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk
Mogelijkheid om zelf software te schrijven.	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk
Koppelen aan Excel.	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk	Mogelijk
Aansturen van ventiel bij het bereiken van een ingestelde afstand.	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk
Beste keus.					

Bijlage 9

	Laptop	Industrial touch panel
Mobiliteit.	Na afloop van een meting kan de laptop mee worden genomen om de resultaten te verwerken.	Via het wifi-netwerk kunnen de gegevens van het trekproces, draadloos worden gecommuniceerd met een andere computer.
Kwetsbaarheid.	Een laptop kan makkelijk ergens vanaf worden gestoten en is dus redelijk kwetsbaar.	De monitor zit vast in de trekinrichting en daardoor veel minder kwetsbaar.
Kabels.	Hierbij lopen kabels van de laptop naar de trekinrichting.	Bij het touch panel zitten de kabels weggewerkt achter de monitor.
Ontvreemding.	Een laptop kan door iedereen worden losgekoppeld en meegenomen.	Een monitor zit ingebouwd en kan niet los worden gehaald.
Prijs.	Een laptop die geschikt is voor het werk in de werkplaats kost +/- 1500 euro.	Een industrial touch panel kost +/- 1300 euro.
Leverbaar.	Laptop 's zijn goed verkrijgbaar.	De meeste panels hebben een levertijd van 2 tot 4 weken.
Beste keus		

Bijlage 10

	PCI Kaart	Losse module
Voltmeter/Multimeter.	Een PCI kaart beschikt over een multimeter.	Een losse module heeft een ingang voor 0-10 Volt en één voor 4-20 mA.
Aantal in- en uitgangen.	Op iedere PCI kaart is één multimeter aanwezig en in ieder touch panel is plaats voor 2 kaarten.	Dit verschilt per module. De I-7012F van ICPDAS heeft 2 ingangen(1x analoog en 1x digitaal) en 2 uitgangen(digitaal).
Prijs.	Een PCI kaart met multimeter kost tussen de 1500, - en 2000, -.	De prijs van de I-7012F is ongeveer 200, -.
Nauwkeurigheid.	Bij een PCI kaart bedraagt de nauwkeurigheid 10 microvolt en 10 Nano ampère.	De I-7012F heeft een nauwkeurigheid van 0.5%. Dat is +/- 1mm bij een afstand van 20 cm.
Uitbreidingen in de toekomst.	Er kunnen niet meer dan 2 kaarten worden gebruikt.	In één systeem kunnen in totaal 255 modules worden opgenomen.
Leverbaar.	PCI kaarten zijn leverbaar bij een aantal buitenlandse firma's met een levertijd van 10 tot 15 dagen.	De I-7012F is bij een aantal firma's direct leverbaar.
Beste keus.		

Bijlage 11