

Ontwerp opdracht Universele User Interface

Start: 28-08-2006

Eind: 31-12-2006

In opdracht van:

Universiteit Twente
Opl. Industrieel Ontwerpen
Postbus 217
7500 AE ENSCHEDE



Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

TCPM Ingenieurs & Adviseurs
Hanzepoort 23a
Postbus 156
7570 AD OLDENZAAL

Auteur:

Ir. Sjoerd F.A. Ankone
Studentnr. s9600566

Verslag:

Datum:	19-01-2007
Versie:	15
Status:	Definitief
Ter:	Beoordeling

**Ontwerp opdracht
Universele User Interface**

Verslag:

Datum: 19-01-2006

Versie: 15

Status: Definitief

Ter: Beoordeling

Auteur:

Ir. Sjoerd F.A. Ankone

Studentnr: s9600566

Voorwoord

Dit rapport is geschreven als afronding van een eenjarige Bachelor Opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Een opleiding die ik in September 2005 ben gestart om mezelf meer te scholen in de richting van mijn ambities: betrokken zijn bij innovatie en de ontwikkeling van nieuwe producten. Hetgeen gezien moet worden in lijn is met mijn afstuderen van de opleiding Civiele Technologie en Management in 2003: "Succes voor Productontwikkeling, in de bouw".

Een eerste woord van dank gaat daarom uit naar de Universiteit Twente en de Opleiding Industrieel Ontwerpen, die mij de mogelijkheid hebben geboden deze Bachelor in een jaar te voltooien. In het kader van deze bachelor opdracht bedank ik in het bijzonder Fjodor van Slooten en Mieke Brouwer voor de begeleiding die zij tijdens deze opdracht, vanuit de Universiteit, hebben gegeven.

Een tweede woord van dank gaat uit naar TCPM ingenieurs & adviseurs, het bedrijf waar ik deze opdracht heb volbracht. In het bijzonder bedank ik Ben Slatius die, als hoofd van het cluster Engineering, voor de begeleiding vanuit het bedrijf heeft gezorgd. Ook bedank ik mijn directe en indirecte collega's bij TCPM voor de gastvrijheid en de leuke tijd.

Een laatste woord van dank gaat uit naar mijn ouders Paul en Ingrid Ankoné, die mij door de jaren heen onvoorwaardelijk hebben gesteund. Zonder hun steun was het niet mogelijk geweest mijn ambitie na te streven. Het rapport draag ik op aan mijn oma, Marie Berendsen-Ankoné, die dit jaar is komen te overlijden en deze afronding helaas niet meer mee kan maken.

Samenvatting

Het doel van de opdracht was het definiëren en specificeren van een Universele User Interface voor de besturing van productiemachines. De UI diende uit te gaan van een standaard opbouw van de besturingssoftware en te worden bediend middels een touch screen. Aangezien de ontworpen UI gebruikt zal worden voor machines van TCPM Ingenieurs & Adviseurs, diende deze een duidelijke TCPM-uitstraling te krijgen.

Middels interviews met experts zijn gewenste functionaliteiten van de besturing van productiemachines achterhaald. Een systeem analyse van een productie machine leverde vervolgens inzicht in de materiaal en informatie stromen. Door het koppelen, van de gewenste functionaliteiten aan de analyse van de productie machine, konden 'standaard' softwaremodules worden opgesteld. Deze softwaremodules vormen samen de besturing- software, die middels de UI zal moeten worden bediend.

Door het groeperen en aanbrengen van hiërarchie in deze functionaliteiten is de menu indeling tot stand gekomen. Deze bestaat uit menu- en submenuknoppen, actieknoppen en bedienknoppen. De overige belangrijke elementen die een plek dienden te krijgen in de UI waren de error en waarschuwingsberichten en de machine representatie. Waarvan de machine representatie tevens de belangrijkste procesparameter diende te huisvesten. Zodat operators middels actieve feedback de productie kunnen monitoren.

Vijf concepten, met verschillende plaatsing van de menuknoppen, de plaatsing van berichtgeving en de grafische representatie van de machine, zijn doormiddel van een conceptkeuze beoordeeld. Hetgeen richting gaf aan de verdere ontwikkeling van de UI. Zo werd de bovenzijde van het scherm als meest prominente plaats aangewezen voor de positionering van de berichten. Werd de voorkeur gegeven aan een realistische machine representatie, in de vorm van een foto of render. En kwam de voorkeur voor de plaatsing van de menuknoppen, aan de onder of rechterzijde van het scherm, overeen met de traditionele inrichting van interfaces voor de besturing van machines.

Na diverse doorontwikkelde concepten werd de juiste inspiratie gevonden, door te ontspannen met een potje online poker. De inrichting van de aldaar gebruikte user interface gaf aanleiding voor de constructie van het voorlopige ontwerp. Door verder gebruik te maken van de stijlkenmerken van TCPM werd een redelijk eenvoudige user interface gerealiseerd, welke is uitgewerkt tot een simulatie model in HTML.

Het simulatiemodel is onderworpen aan een gebruikerstest, onder medewerkers van TCPM Ingenieurs & Adviseurs. De resultaten van deze test gaven een positief beeld aangaande de gebruiksvriendelijkheid en aansluiting bij de uitstraling van TCPM. Ook leverde de test enkele verbeterpunten, welke zijn verwerkt in het definitieve ontwerp.

Inhoud

VOORWOORD	3
SAMENVATTING	4
INLEIDING	6
HOOFDSTUK 1 : DE ONDERZOEKSOPZET	VII
HOOFDSTUK 1.1 : HET PROJECTKADER VANUIT DE OPDRACHTGEVER	VIII
HOOFDSTUK 1.2 : HET ONDERZOEKSONTWERP	IX
§ 1.2.1 : <i>Het conceptueel ontwerp.....</i>	<i>IX</i>
§ 1.2.2 : <i>De onderzoeksvragen.....</i>	<i>IX</i>
§ 1.2.3 : <i>Afbakeningen</i>	<i>XI</i>
§ 1.2.4 : <i>Uitgangspunten</i>	<i>XI</i>
§ 1.2.5 : <i>Begrippenlijst</i>	<i>XI</i>
HOOFDSTUK 1.3 : HET ONDERZOEKSTECHNISCH ONTWERP	XII
§ 1.3.1 : <i>Het onderzoeksmateriaal.....</i>	<i>XII</i>
§ 1.3.2 : <i>De onderzoekstrategie.....</i>	<i>XIII</i>
HOOFDSTUK 2 : DE TASKOMGEVING	14
HOOFDSTUK 2.1 : DE GEBRUIKERS	15
§ 2.1.1 : <i>De operator.....</i>	<i>15</i>
§ 2.1.2 : <i>Het management.....</i>	<i>16</i>
§ 2.1.3 : <i>De servicemonteur/ expert</i>	<i>16</i>
HOOFDSTUK 3 : EEN STANDAARD VOOR PRODUCTIEMACHINES.....	17
HOOFDSTUK 3.1 : STANDAARD BESTURINGS SOFTWARE.....	20
HOOFDSTUK 3.2 : DE INFORMATIE STROMEN	23
HOOFDSTUK 3.3 : STANDAARD SOFTWARE MODULES	25
HOOFDSTUK 4 : EEN USER INTERFACE	27
HOOFDSTUK 4.1 : USER INTERFACE OP EEN TOUCH SCREEN	29
HOOFDSTUK 5 : DE UITSTRALING VAN TCPM.....	32
HOOFDSTUK 6 : DE CONCEPTEN & BEOORDELING	33
HOOFDSTUK 6.1 : DE CONCEPTEN.....	34
HOOFDSTUK 6.2 : DE BEOORDELING	38
HOOFDSTUK 7 : HET VOORLOPIGE ONTWERP	41
HOOFDSTUK 8 : DE GEBRUIKERSTEST	42
HOOFDSTUK 9 : HET DEFINITIEVE ONTWERP	44
§ 9.1 : <i>De meldingen.....</i>	<i>45</i>
§ 9.2 : <i>De machine representatie.....</i>	<i>47</i>
§ 9.3 : <i>De bedieningsknoppen.....</i>	<i>48</i>
§ 9.4 : <i>De input en selectie knoppen.....</i>	<i>50</i>
§ 9.5 : <i>De gebruikte kleuren.....</i>	<i>51</i>
CONCLUSIES.....	52
AANBEVELINGEN.....	53
NAWOORD	54
LITERATUUR.....	55
BIJLAGEN	56
1. <i>Uitwerking Interviews (protocol/ gebundelde antwoorden).....</i>	<i>56</i>
2. <i>Software modules en Informatie stromen</i>	<i>56</i>
3. <i>Navigatiebomen (machine en menu navigatie).....</i>	<i>56</i>
4. <i>'Programma' van Eisen/Wensen (digitaal).....</i>	<i>56</i>
5. <i>Uitwerking Conceptkeuze (protocol/ gebundelde antwoorden).....</i>	<i>56</i>
6. <i>Uitwerking Gebruikerstest (protocol/ gebundelde antwoorden).....</i>	<i>56</i>
7. <i>Demonstratie model (digitaal)</i>	<i>56</i>

Inleiding

De bachelor opdracht is uitgevoerd bij TCPM Ingenieurs & Adviseurs, van 28 augustus tot 31 december 2006. TCPM is een onafhankelijk ingenieurs- en adviesbureau met een compleet pakket van technische en organisatorische dienstverlening. Het is ingericht om industriële bedrijven op professionele wijze snel, flexibel en daadkrachtig te ondersteunen met expertise en capaciteit. TCPM realiseert in dit kader onder andere productie machines op klant specificatie, inclusief besturingssoftware.

De besturing van deze machines is, afhankelijk van de toepassingen van de machine, iedere keer anders. TCPM heeft zich voorgenomen te komen tot een standaard uitvoering van de besturingssoftware, met name aangaande de inrichting van de User Interface (UI). Het ontwerpen, definiëren en specificeren van deze UI is het hoofddoel van deze opdracht.

Allereerst wordt de onderzoekopzet besproken in hoofdstuk een. Deze opzet heeft als leidraad gefungeerd tijdens de opdracht. Hoofdstuk twee behandelt de omgeving van de opdracht, de productie machine omgeving. Eisen van belanghebbenden en een mogelijke opbouw van de productiemachine worden uiteengezet.

De veronderstelde standaard opbouw van de productmachine wordt in hoofdstuk drie, samen met de belangen van gebruikers, omgezet in softwaremodules voor de realisatie van de besturingssoftware. Door het programmeren en samenvoegen van deze modules kan een groot deel van de benodigde software voor een willekeurige productiemachine worden gerealiseerd.

Hoofdstuk vier behandelt diverse aspecten aangaande een user interface, waaronder het gebruik van een touchscreen. Hoofdstuk vijf bespreekt de huisstijl van TCPM. De te ontwerpen user interface dient aan te sluiten bij deze huisstijl, om zodoende een als TCPM herkenbare user interface te realiseren.

Hoofdstuk zes bespreekt de conceptkeuze van de vijf concepten die zijn bedacht. Vooral het bedieningsgemak, de positionering van menuknoppen, de weergave van de productiemachine en de aansluiting bij de stijl van TCPM stonden hierbij centraal.

De uitkomsten van deze conceptkeuze en hernieuwde inspiratie leidde tot een voorlopig ontwerp voor de user interface, in hoofdstuk 7. Het ontwerp is uitgewerkt tot een simulatiemodel in HTML welke is gebruikt voor een gebruikerstest.

De resultaten van de gebruikerstest worden besproken in hoofdstuk acht. De uitkomsten van de gebruikerstest zijn verwerkt in het uiteindelijke ontwerp, dat in hoofdstuk negen wordt besproken. Dit rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen voor de verdere realisatie van de UI.

Hoofdstuk 1 : De onderzoeksopzet

De onderzoeksopzet is tot stand gekomen door gebruik te maken van '*Het ontwerpen van een onderzoek*', door P.Verschuren en H. Doorewaard, **Bron [1]**.

Deze onderzoeksopzet wordt gestart met het bespreken van het projectkader. Hetgeen wordt vervolgd door het onderzoeksontwerp, bestaande uit de doelstelling, onderzoeksvragen, de afbakening, de uitgangspunten en de begrippenlijst. Het hoofdstuk wordt afgesloten met het onderzoekstechnisch ontwerp, bestaande uit het onderzoeksmateriaal en de bronontsluiting strategie.

Hoofdstuk 1.1 : Het projectkader vanuit de opdrachtgever

TCPM Ingenieurs & Adviseurs is een onafhankelijk ingenieurs- en adviesbureau met een compleet pakket van technische en organisatorische dienstverlening. Het is ingericht om industriële bedrijven op professionele wijze snel, flexibel en daadkrachtig te ondersteunen met expertise en capaciteit. TCPM realiseert in dit kader onder andere productie machines met besturing, op verzoek van de klant. De aanleiding voor deze opdracht ligt bij het 'custom' karakter van deze machinebouw.

Iedere productielijn is in principe uniek en wordt dan ook voorzien van unieke besturingssoftware. De bijbehorende User Interface (UI) wordt ook op maat gemaakt en daardoor is vaak de indeling van de schermen iedere keer anders. De machines zijn echter wel vaak, op een zeker niveau, opgebouwd uit 'dezelfde' elementen. Ook hebben veel van de besturingssystemen vaak dezelfde basis functionaliteiten (als bv. start / stop / batch / lot / status indicatoren).

TCPM zou graag komen tot een inventarisatie van de gewenste functionaliteiten van de productie machines die zij nu en in de toekomst zal gaan maken, om hier vervolgens een hiërarchie in aan te brengen. Het doel van deze hiërarchie is te komen tot een standaard User Interface die het bedienen van de software, ongeacht de machine, grotendeels hetzelfde maakt (om o.a. leertijden te bekorten). De UI dient een duidelijke TCPM uitstraling te hebben. Het zou verder mooi zijn als er een simulatie zou kunnen worden gemaakt van de User Interface, zodat deze getest en beoordeeld kan worden. Er wordt hierbij de voorkeur gegeven aan een simulatie in C++ zodat de interface eventueel gelijk door TCPM toegepast kan worden.

De User Interface zal middels een touch screen worden bediend, hetgeen zijn eigen ergonomie met zich meebrengt. TCPM zou graag middels wetenschappelijke onderbouwing komen tot de indeling van de User Interface specifiek gericht op een touch screen. Andere ergonomische aspecten die onderdeel zouden kunnen zijn van studie:

- Effectieve en Logische indeling van displayvelden/frames, mbt:
 - o Grafische weergave van informatie of status;
 - o Presentatie van waarschuwingen en foutmeldingen;
 - o Presentatie van helpfaciliteiten (handleiding).
- Het gebruik van Kleuren, textuur, letter fonds, beweging en geluid;
- Aangeven van Functies middels Tekst of Iconen?

Verder zou het mooi zijn als er in de toekomst remote of web-enabled gewerkt kan worden, voor bijvoorbeeld online hulp van experts. Sowieso moet er nagedacht worden over de UI met betrekking tot experts en operators, aangaande de hiërarchie van de opties die een ieder kan bedienen. Ieder zijn eigen UI of integratie van beide? Omdat TCPM aan de start staat van dit project zijn er vooral veel vragen en ideeën, maar er is ook veel kennis, ervaring en expertise in eigen huis.

Hoofdstuk 1.2 : Het onderzoeksontwerp

Dit hoofdstuk behandelt het onderzoeksontwerp. Er wordt begonnen met de formulering van de doelstelling waarna de hieruit afgeleide onderzoeksvragen worden verwoord. De grenzen van dit onderzoek worden aangegeven in de paragraaf 'Afbakeningen', gevolgd door de uitgangspunten. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met de begrippenlijst.

§ 1.2.1 : Het conceptueel ontwerp

De doelstelling van dit onderzoek is als volgt gedefinieerd:

Doelstelling:

Het doel van de opdracht is het definiëren/specificeren van een User Interface, die gebruikt kan worden in de standaard besturingssoftware van de productie machines ontwikkeld door TCPM. Door het identificeren van mogelijke functies, het aanbrengen van hiërarchie in deze functies, voor de totstandkoming van de menu-indelingen. De User Interface dient gerealiseerd te worden als visueel simulatie model (bij voorkeur in C++) en dient een duidelijke TCPM uitstraling te hebben.

§ 1.2.2 : De onderzoeksvragen

Deze doelstelling valt uiteen in de volgende genummerde onderzoeksvragen, welke uiteenvallen in de diverse subvragen:

1. Welke functies dient de UI te herbergen?
 - Welke gewenste functionaliteiten kunnen worden afgeleid van bestaande UI, voor machine besturingen?
 - Welke functionaliteiten worden aangedragen vanuit de ervaring van besturing ingenieurs (*vanuit besturingssoftware geredeneerd*)?
 - Welke gewenste functionaliteiten kunnen worden afgeleid van een standaard representatie van een productie proces?
 - Welke functionaliteiten worden aangedragen vanuit de ervaring van mechanische ingenieurs (*vanuit machine geredeneerd*)?
 - Welke functionaliteiten worden aangedragen vanuit de ervaring van 'experts' (*vanuit geheel geredeneerd*)
2. Welke hiërarchie/structuren zijn in deze functionaliteiten aan te brengen (voor de realisatie van de Navigatiestructuur)?
 - Welke standaard representaties/methodes kunnen een basis vormen voor het aanbrengen van hiërarchie/structuur in de functionaliteiten?
 - Hoe is het in deze hiërarchie mogelijk onderscheid te maken tussen operators en experts m.b.t. de te bedienen functies?

3. Welke stijlkenmerken definiëren de uitstraling van TCPM?
 - Hoe definieert TCPM de eigen uitstraling?
 - Welke uitstraling heeft de website van TCPM?
 - Welke uitstraling heeft het promotie materiaal van TCPM?
 - Welke kleuren worden er in deze media gebruikt?
 - Welk lettertype is het standaard lettertype van TCPM?
4. Welke Ergonomische aspecten spelen een rol bij een UI op een touch screen?
 - Ten aanzien van werkplek aspecten bij gebruik van een touch screen?
 - T.a.v. de schermopdeling m.b.t. de plaats van het weergeven van de benodigde informatie?
 - T.a.v. Leesbaarheid van teksten? Is het standaard lettertype van TCPM geschikt om toe te passen in een UI?
 - T.a.v. Kleurgebruik in de User Interface, ter decoratie, functioneel gebruik, associatief gebruik?
 - T.a.v. begripbaarheid van de Navigatiestructuur (intuïtief)?
 - Kunnen er Iconen gebruikt worden voor de representatie van functies of is tekst beter?
 - Welke Iconen kunnen er gebruikt worden voor de representatie van functies?
 - Welke ergonomische aspecten zijn van belang bij een UI op een touch screen, worden aangedragen vanuit de ervaring van besturings-ingenieurs?
5. Hoe zijn de antwoorden op vragen onder 1-4 te combineren in een UI voor de standaard besturingssoftware van TCPM?
 - Welke eisen ten aanzien van de UI kunnen er gesteld worden, op basis van de analyses van stap 1-4?
 - Welke UI concepten zijn er te genereren met behulp van deze informatie?
6. Hoe is het door TCPM gekozen concept om te zetten in een definitief ontwerp, in de vorm van een template voor toekomstige UI's en een simulatie van de User Interface, (*bij voorkeur in C++*)?
 - Welke grafische software elementen zijn er te definiëren in C++, die gebruikt zouden kunnen worden in de User Interface?
 - Welke aspecten (attributes) van deze grafische elementen kunnen aangepast worden om de UI een TCPM uitstraling te geven?
7. Eventueel, als er nog tijd is, de simulatie testen. Waarbij er eventueel gebruik kan worden gemaakt van faciliteiten van het IDC.
 - Wordt de gerealiseerde simulatie van de UI ervaren als een echt TCPM product?
 - Wordt de gerealiseerde simulatie van de UI ervaren als simpel en eenduidig?

§ 1.2.3 : Afbakeningen

Buiten de grenzen van de bachelor opdracht vallen:

- Een uitputtende vulling van hulp of info berichten;
- Een uitputtende vulling van het programma aangaande de syntax (b.v. voor de PLC besturingsomgeving).

§ 1.2.4 : Uitgangspunten

Bij de realisatie van de UI gelden de volgende uitgangspunten:

- De softwareomgeving waarin deze UI zal worden toegepast is C⁺⁺. Gecreëerd beeldmateriaal dient toegepast te kunnen worden in deze programmeertaal;
- De UI wordt bediend middels een touch screen;
- De definitie/specificatie van de UI zou voor 80% van de mogelijke machine besturingen van TCPM moeten kunnen gelden.

§ 1.2.5 : Begrippenlijst

- Standaard software van TCPM: definities van fysieke elementen met bijbehorende besturingssoftware, software modules en User Interface elementen, welke herbruikbaar zijn voor 80% van de machinebesturingen van TCPM;
- Visueel simulatie model: een realisatie van de UI (*bij voorkeur in de C⁺⁺-syntax*), welke de werking van de UI demonstreert;
- TCPM uitstraling: een uitstraling die aansluit bij de huisstijl van TCPM.

Hoofdstuk 1.3 : Het onderzoekstechnisch ontwerp

Dit hoofdstuk behandelt het onderzoekstechnisch ontwerp. Bestaande uit het onderzoeksmateriaal, dat beoogd wordt te gebruiken voor de totstandkoming van de UI. De wijze waarop deze bron 'ontgonnen' wordt, is verwoord in de onderzoeksstrategie.

§ 1.3.1 : Het onderzoeksmateriaal

De volgende bronnen zullen worden aangesproken om te komen tot de User Interface, zoals geformuleerd in de doelstelling.

1. Voorbeelden van reeds bestaande UI's, voor het identificeren van functies. Ook geven de voorbeelden mogelijk inspiratie voor de te construeren besturingsstructuren en schermindelingen;
2. Standaard representaties van bijvoorbeeld een productie proces geven een algemeen beeld waaruit mogelijk gewenste functionaliteiten geïdentificeerd kunnen worden (*en standaarden afgeleiden is een wens van TCPM*);
3. Ingenieurs binnen TCPM, voor het identificeren van de functies die de User Interface dient te herbergen:
 - Besturing ingenieurs (*'Software bouwers'*);
 - Mechanische ingenieurs (*'Machine bouwers'*).
4. Operators en Experts 'in het veld', voor het identificeren van functies en ervaringen aangaande UI's (*wat bevalt, wat niet, wat nodig, wat ontbreekt*);
 - Diverse contacten van TCPM kunnen worden bezocht en als expert worden geïnterviewd.
5. Beeldmateriaal van TCPM, geeft een indicatie van de uitstraling van TCPM
 - Website;
 - Huisstijl documenten (*Briefpapier, kaartjes, etc.*);
 - Promotie materiaal (*o.a. Brochures*);
 - De communicatie afdeling van TCPM.
6. Theorie aangaande de Ergonomie van UI's in het algemeen en aangaande bediening middels een touch screen. Voor het definiëren van de ergonomische randvoorwaarden die gesteld kunnen worden aan een UI op een touch screen.
7. Het computer programma Visual C++, dat gebruikt kan worden voor het construeren van schermweergaven, waaruit de aan te passen grafische elementen zijn te identificeren. Als mede welke aspecten van deze elementen zijn aan te passen.

§ 1.3.2 : De onderzoekstrategie

De ontginning van het onderzoeksmateriaal geschiedt middels de onderstaande onderzoeksstrategieën. Voor een toelichting op de strategie wordt verwezen naar "het ontwerpen van een onderzoek" **Bron** [1].

Face to face Interviews

- Binnen TCPM, met bediening ingenieurs en mechanische ingenieurs (*incl. groepsterugkoppeling*);
- In het veld, met experts;
- Met de communicatie afdeling van TCPM, voor het vaststellen van de uitstraling van 'TCPM'.

Theorie/Desk research

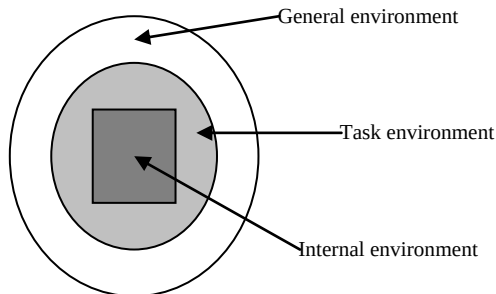
- Ten aanzien van bestaande User Interfaces;
- Ten aanzien van Beeldmateriaal van TCPM;
- Ten aanzien van de ergonomie van de werkplek;
- Ten aanzien van de ergonomie van een touch screen;
- Ten aanzien van het gebruik van kleuren in User Interfaces;
- Ten aanzien van het identificeren van de grafische elementen in C⁺⁺.

Evaluatie

- Als het lukt de simulatie ruim voor het einde van de bachelor opdracht te completeren, zal deze middels een gebruikerstest worden beoordeeld op de gestelde doelen. (*o.a. Simpel, Ergonomisch, TCPM uitstraling*).

Hoofdstuk 2 : De taskomgeving

Wordt er op de omgeving van TCPM ingezoomd dan wordt deze in 3 lagen opgedeeld: een interne omgeving, de task omgeving en de algemene omgeving.



Afbeelding 2.1 : Omgeving
Bron [2] Daft

General environment:

The outer layer that is widely dispersed and effects organizations indirectly. It includes social cultural, economic, technological and Legal/political factors that influence all organizations about equally. The events in this environment do not directly change day-to-day operations, but they do effect all organizations eventually.

Task environment:

Is closer to the organization than the general environment. It includes the sectors that conduct day-to-day transactions with the organization and directly influence its basic operations and performance. It is generally considered to include competitors, suppliers, labor market, and customers

Internal environment:

Includes the elements within the organization's boundaries. The internal environment is composed of current employees and departments, management, and especially corporate culture, which defines employee behavior in the internal environment and how well the organization will adapt to the external environment

De interne omgeving van TCPM is ingericht in overeenkomst met de kennisgebieden: project management, engineering, veiligheid, optimalisatie en opleidingen. Voor een nadere toelichting op deze clusters wordt verwezen naar de website van TCPM Ingenieurs & Adviseurs, www.tcpm.nl. Het cluster Engineering, waar deze opdracht wordt uitgevoerd, komt met oplossingen voor het ontwerp en de ontwikkeling van nieuwe of verbeterde producten, productiemiddelen en productieprocessen voor de klant. De Task Omgeving van TCPM is vanuit dit oogpunt nog zeer divers, er kan immers aan ieder bedrijf dat behoefte heeft aan Engineering capaciteit een dienst geleverd worden. Ten aanzien van deze opdracht is een specifieke task omgeving te definiëren, namelijk een productiemachine omgeving. Aangezien de 'task environment' direct van invloed is op de organisatie, wordt deze als beschouwings-niveau gebruikt. Deze bestaat naar Daft uit consumenten, concurrenten, arbeidsmarkt en toeleveranciers.

Binnen de productiemachine omgeving worden de volgende consumenten/gebruikers geïdentificeerd: de operator, het management, service/experts; de door deze gebruikers gewenste functionaliteit wordt in het hoofdstuk '*De Gebruikers*' nader toegelicht. Een andere belangrijk element in de omgeving is de machine zelf. Er zal dieper worden ingegaan op de opbouw van de machine en de bijbehorende materiaal en informatie stromen in hoofdstuk 3 '*Constructie van een standaard*'.

De concurrenten zijn van belang voor het identificeren van gangbare functies en als kunnen dienen als inspiratie of voorbeeld. De toeleveranciers van TCPM, ten aanzien van de machine bouw, zijn de bouwers van de productiemachine, TCPM besteedt de materiele realisatie van de machine namelijk uit. Ten aanzien van deze opdracht is de toeleverancier van het Touchscreen nog te noemen. De arbeidsmarkt levert voor zowel de opdrachtgever als TCPM en haar toeleveranciers de personen die als producent, consument of gebruiker optreden. Er wordt niet verder ingegaan op deze arbeidsmarkt omdat deze te ver staat van deze opdracht. Hetzelfde geldt voor de algemene omgeving van TCPM.

Hoofdstuk 2.1 : De gebruikers

De task omgeving van TCPM, aangaande deze opdracht, betreft de productiemachine omgeving. In de productiemachine omgeving zijn middels interviews de volgende gebruikers en hun belangen geïdentificeerd: operator, management, service/expert. Eventuele tussenvormen kunnen bestaan, afhankelijk van de inrichting van de klantorganisatie en de kennis van de gebruiker. De gebruikers worden per paragraaf besproken. De weergegeven belangen zijn middels interviews met experts, op het gebied van productiemachines en besturing, geïdentificeerd. De uitwerking van deze interviews is in bijlage 1 opgenomen. De uiteindelijke UI zal aan dienen te sluiten bij de belangen van deze gebruikers.

§ 2.1.1 : De operator

Veelal 'lager' geschoolde werknemers; In de basis verantwoordelijk voor het aanleveren van grondstoffen, het verwijderen van gerede producten en afval;

- Niet teveel schermen door hoeven lopen.
- Eventueel onderdeel van de productielijn bij niet geautomatiseerde onderdelen van het productieproces;
- Bediening van de machine bestaat voornamelijk uit het starten en stoppen van de machine;
- In het geval van complexere productie machines, geschikt voor het produceren van meerdere producten, kunnen werkzaamheden bestaan uit het ombouwen van de machine, het selecteren van te produceren product 'recept' op de GUI, om vervolgens de machine te starten en te voorzien van grondstoffen, etc.
- Omdat de operator geen tot weinig rechten heeft tot het aanpassen van parameters op de machine, dienen fouten (Errors) zo min mogelijk op te treden en/of moeten eenvoudig op te lossen zijn. Duidelijke lokalisatie van de storing en een duidelijke omschrijving van het probleem (met eventueel een hulpbericht) kunnen hieraan bijdragen.
- Het inzichtelijk maken van de processen in de machine en de positie van een product in de machine vergroot het begrip van de operator ten aanzien van de machine.
- Een operator is ten aanzien van machine effectiviteit hooguit geïnteresseerd in algemene gegevens. Hoeveel heeft hij geproduceerd, hoeveel producten zijn afgekeurd, wat is de OEE (Overall Equipment Efficiency).
- Operator functies en informatie behoefte kunnen per productie machine en per klantorganisatie verschillen!

§ 2.1.2 : Het management

Afhankelijk van de inrichting en grootte van de klantorganisatie kan dit een lijnmanager zijn, een productie manager/planner, of hoger management (verantwoordelijk voor de gehele productie plant);

- Verantwoordelijk voor het opstellen van de productieplanning, het aanleveren van de batchinformatie (product, klant, hoeveelheid, etc), en verder vooral geïnteresseerd in de machine effectiviteit met de achterliggende oorzaken (productie aantallen, afkeuring en oorzaak, soort storing, tijd in storing, etc) zodat de machine en de productie beter gemanaged kan worden;
- Bediening van de machine bestaat uit het invoeren van batch (en eventueel recept) data én het raadplegen van OEE informatie (eventueel rapporten afdrukken/ exporteren);
- Remote Acces mogelijk. Omdat de manager niet altijd zijn kantoor naast de machine heeft staan en de gegevens vooral zijn bedoeld ter analyse kan het handig zijn de OEE gegevens remote te kunnen uitlezen/ afdrukken/ importeren;
- Eventueel Remote controll voor het invoeren van een productie planning en/of batchinformatie;
- Het management heeft over het algemeen onvoldoende technische kennis om de machine in/af te stellen. Het aanpassen van de machine, naar aanleiding van de OEE analyse dient dan ook 'altijd' door een expert te worden gedaan.
- Management functies en informatie behoefte kunnen per productie machine en per klantorganisatie verschillen!

§ 2.1.3 : De servicemonteur/ expert

Een expert heeft meer (tot alle) inzicht in het technisch functioneren van de productiemachine en heeft veelal alle rechten op de machine. Waarvan het recht om parameters aan te passen de belangrijkste is;

- Verantwoordelijk voor het verhelpen van technische storingen en het in/afstellen van de machine (bijvoorbeeld nav een OEE analyse);
- Bediening van de machine bestaat uit het aanpassen van parameters en het raadplegen van de machine historie (log data: welke storingen wanneer, hoelang, eventuele oorzaak, etc);
- Duidelijke lokalisatie van de storingen en een duidelijke omschrijving van het probleem (met eventueel een hulpbericht) kunnen bijdragen aan een snelle oplossing van een probleem. (Hetgeen de klant ten goede komt.)
- Remote controll mogelijk. Omdat de expert niet altijd onderdeel is van de klantorganisatie en productie locaties verspreid over heel de wereld kunnen staan, kan het handig zijn als de expert op afstand de machine kan controleren en bedienen;
- Expert functies en informatie behoefte kunnen per productie machine verschillen!

Hoofdstuk 3 : Een standaard voor productiemachines

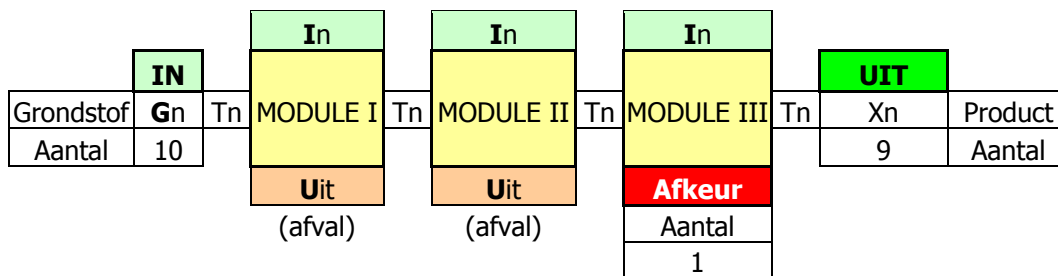
Als er nader wordt ingezoomd op de productiemachine omgeving dan staat de productie machine centraal. Omdat er nog geen standaard machine opbouw binnen TCPM gedefinieerd is, is er een algemene 'standaard' gedefinieerd waarop de UI gebaseerd kan worden. Hierbij speelt mee dat het op dit moment onduidelijk is wat voor soort productie machines TCPM in de toekomst zal realiseren. Om de UI zoals gespecificeerd, voor 80% van deze machines bruikbaar te maken, is een algemene standaard een goed startpunt.

Voor het realiseren van deze algemene standaard is in eerste instantie uitgegaan van onderstaande black box met invoer van grondstoffen, informatie en energie en een uitstroom van het geproduceerde product of halffabrikaat, sensor data, en afkeur/afval.



Afbeelding 2.2 : 'Productie machine, black box'

In de werkelijkheid is een dergelijke machine veelal opgebouwd uit opeenvolgende 'modules', die op zichzelf weer als black box kunnen worden beschouwd. Onderstaand overzicht geeft een algemene standaard representatie van een productieproces. Bestaande uit de IN stroom van grondstoffen, transport/verplaatsing naar/tussen de modules. De modules zijn hier nog een black box met een eigen instroom (van bv. Subonderdelen) en een afvalstroom. De laatste module bevat tevens een productkeuring met verwijderactie, waarna het product of halffabrikaat gereed is.



Afbeelding 2.3 : 'Productie machine, modulaire opbouw'

Voor de invulling van de modules is teruggegrepen op het boek dat wordt gebruikt voor het vak Product Creatie en Realisatie **Bron [3]**. Als er namelijk dieper wordt ingezoomd op de modules, ofwel de inhoud van de black box, dan zijn er 4 activiteiten te identificeren die binnen een module kunnen plaatsvinden:

1. Een bewerking
2. Een toevoeging,
3. Een keuring (met verwijdering uit het proces) en
4. Een verplaatsende activiteit (T_n).

Afhankelijk van de klantspecificaties kan nu elke productiemachine worden gedefinieerd als zijnde opgebouwd uit één of meerdere van deze activiteiten, eventueel samen-gevoegd tot modules. De activiteiten definiëren in principe de materiaalstromen door de machine. In de onderstaande figuur zijn de activiteiten weergegeven binnen een module in het productie proces.



Afbeelding 2.4 : 'Productie machine, activiteiten binnen modules'

Bewerking:

Een actieve verandering van de basisgrondstof. Voorbeelden: Verwijderen, scheiden, buigen, eigenschappen veranderen, etc. Een bewerking heeft alleen een algemene IN-stroom van de basisgrondstof en naast de doorstroom UIT, een uitstroom van eventueel afvalmateriaal.

Toevoeging:

Een actieve toevoeging van een materiaal, onderdeel of halffabrikaat aan de 'basis' grondstof. Voorbeelden: verbinden (op diverse manieren), vullen, opbrengen, etc. Een toevoeging heeft naast de algemene IN-stroom een In-stroom van toevoegingmaterialen. En naast de doorstroom UIT een uitstroom van afvalmateriaal.

Keuren:

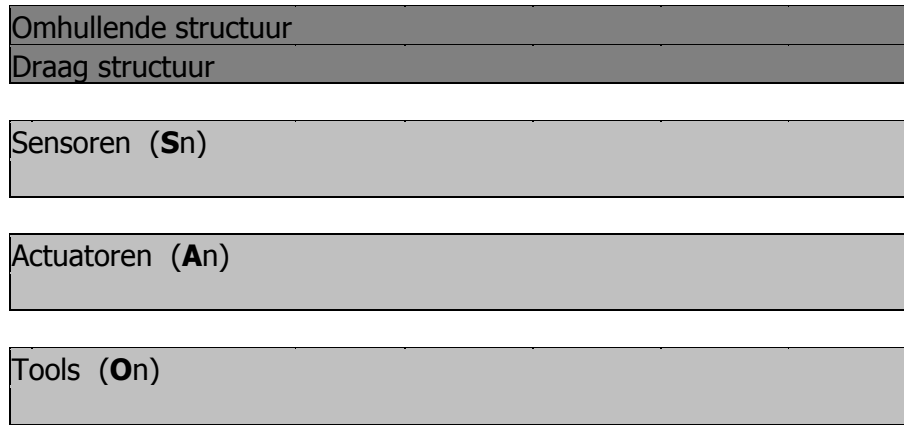
Het controleren van het product/halffabrikaat of zelfs een invoergrondstof door middel van sensoren. De software 'beredeneert' of het product voldoet aan vooraf gespecificeerde kwaliteit. Indien een product niet voldoet wordt deze verwijderd. Een keuractiviteit heeft een algemene IN-stroom en naast de algemene doorstroom UIT een Afkeur Uitgang.

Transport:

Het veranderen van de positie van het product. Voorbeelden, een lineaire horizontale of verticale verplaatsing, een verplaatsing in 3D ruimte; tussen invoer punten en modules, tussen modules onderling en binnen modules. Een transportactiviteit heeft een Ingang en een uitgang van materiaal.

Deze activiteiten zeggen echter nog weinig over de fysieke opbouw van de machine. Ze zijn vooral bedoeld voor het schematisch weergeven van de materiaalstroom door de machine. Ook zijn deze activiteiten nog erg algemeen, zoals uit de voorbeelden blijkt zijn er bijvoorbeeld meerdere bewerkingen mogelijk. De wijze waarop deze bewerkingen vervolgens fysiek worden gerealiseerd is mogelijk nog uitgebreider. Veel zal afhangen van de specificaties en wensen van de klant ten aanzien van te realiseren productie machine (wat moet er, hoe worden geproduceerd).

Toch zijn er op dit niveau, onder de activiteiten, duidelijke categorieën te definiëren die overeenkomen met de fysieke elementen waaruit een productiemachine is opgebouwd. En kan er dus gesteld worden dat de 'activiteiten' ook bestaan uit combinaties van deze fysieke elementen. Zo worden bewerkingen uitgevoerd door tools (bv. Een boorbitje), welke veelal zijn bevestigd aan een actuator (motor), welke door de software wordt aangestuurd. De actuatoren en tools worden veelal voorzien van een sensor die de software voorziet van informatie over de staat van de tools en/of actuator. Daarnaast zijn er ook nog proces en kwaliteitssensoren aan te merken. Al deze elementen zijn fysiek gekoppeld aan de draagstructuur van de machine, welke is voorzien van een omhullende structuur. De onderstaande figuur geeft een overzicht van deze machine onderdelen.



Afbeelding 2.5 : 'Fysieke elementen machine'

Tools:

Fysiek element dat bij (deel) bewerking(en) in contact komt met het product. Voorbeeld: boor, frees, grijper, cutter, pons, etc.

Actuatoren:

Fysiek element dat (deel)bewerking(en) mogelijk maakt, veelal beweging van een tool. Voorbeeld: motor, robotarm, pneumatische cilinder, etc.

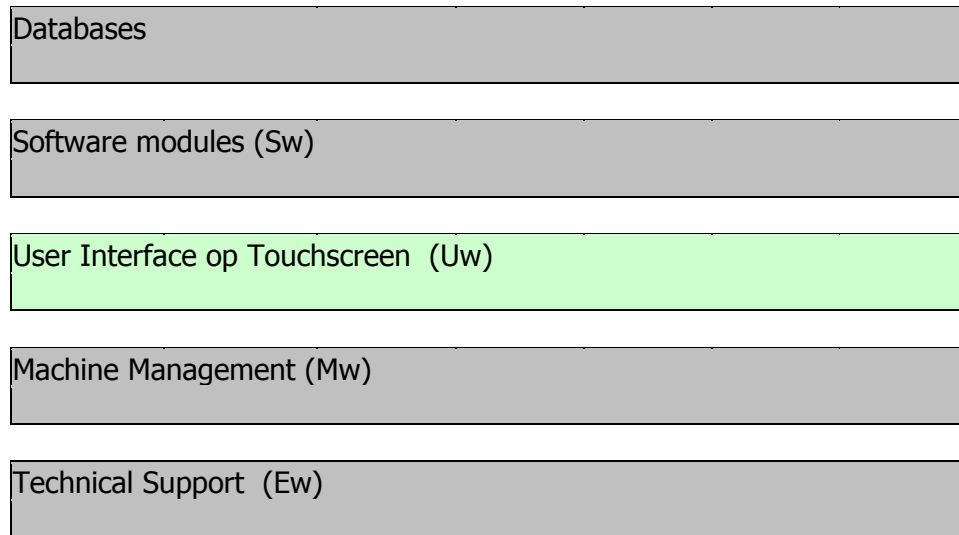
Sensoren:

Fysiek element dat condities of eigenschappen kan detecteren. Voorbeeld: lineaire encoder, krachtsensor, temperatuur sensor, etc.

De draagstructuur en omhullende structuur hebben zowenig met de GUI te maken dat deze buiten beschouwing worden gelaten.

Hoofdstuk 3.1 : Standaard besturingssoftware

TCPM heeft er reeds voor gekozen de machine te laten aansturen middels software die draait op een industriële PC met een Windows XP besturingssysteem. De software stuurt middels de I/O-poorten, in de schakelkast, actuatoren in de machine aan. De software wordt door TCPM geschreven in de computertaal C⁺⁺. De onderstaande figuur geeft de veronderstelde lagen in de standaard software weer.



Afbeelding 2.6 : 'Software lagen'

Databases

In deze laag zijn alle data (gegevens) opgeslagen. Te denken valt aan de definitie van parameters van de tools, actuatoren en sensoren; eventuele procescondities en natuurlijk de grafische data die de GUI vormen. Meer database modules kunnen, middels de informatie stromen in hoofdstuk drie, worden geïdentificeerd.

Software modules (Syntax)

In deze laag zijn alle activiteiten (syntax) opgenomen. Te denken valt aan de procedures voor de aansturing van de machine en het loggen van data; het afhandelen van storingen én het weergeven van gespecificeerde data in de GUI. Hiervoor haalt de software gegevens uit de Data laag. Meer software modules zullen middels de informatie stromen in hoofdstuk drie worden geïdentificeerd.

User Interface op touch screen

Deze laag verbindt de software met de gebruikers middels het touch screen. Met dit touch screen kunnen de gebruikers de software modules bedienen en diverse gegevens uit de data laag aanpassen. De bovenliggende software lagen, machine management en technisch support, maken gebruik van dezelfde User Interface als op operator niveau, maar dan met meer/ andere opties. Meer UI functies zullen middels de informatie stromen in hoofdstuk drie worden afgeleid.

Machine Management

Deze 'laag' verbindt de software met de managementgebruiker(s) uit de task omgeving. Via het touch screen kan het management batchinformatie ingeven, zichzelf op de hoogte stellen van de machine effectiviteit en/of rapporten printen/exporteren. Deze functies zouden ook 'remote' bediend moeten kunnen worden. Meer Management User Interface functies zullen in hoofdstuk drie worden geïdentificeerd.

Technisch Support

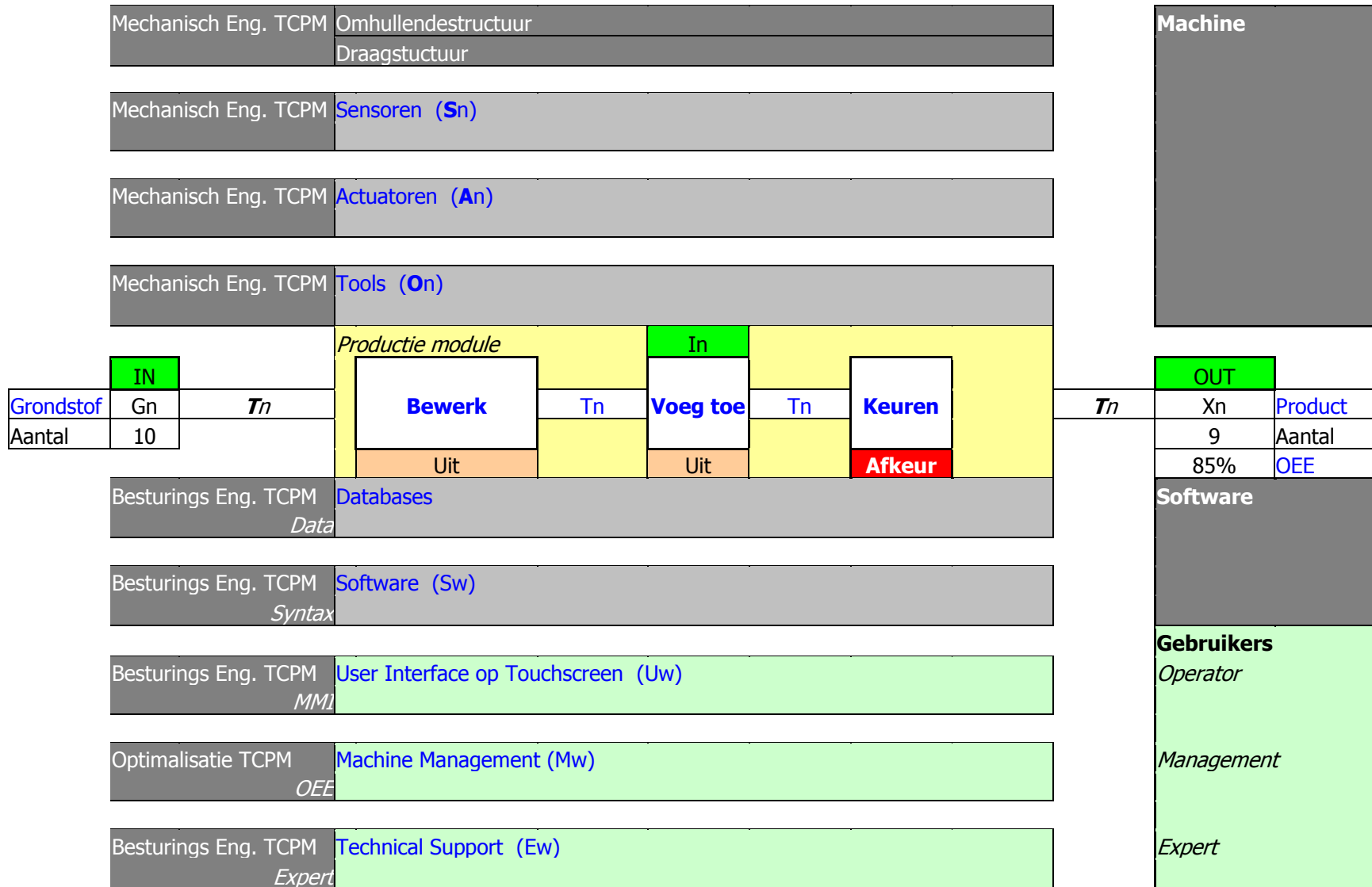
Deze 'laag' verbindt de software met de expertgebruiker(s) uit de task omgeving. Via het touch screen kan de expert geavanceerde parameters aanpassen, zichzelf op de hoogte stellen van machine historie en/of rapporten printen/exporteren. Deze functies zouden ook 'remote' bediend moeten kunnen worden. Meer Expert User Interface functies zullen in hoofdstuk drie worden geïdentificeerd.

Omgeving totaaloverzicht

Op de volgende bladzijde zijn de elementen uit de voorgaande hoofdstukken samengevoegd in een grafisch overzicht:

- Met donkergrijs en witte letters worden de elementen aangegeven die buiten de opdracht vallen.
- Met lichtgrijs en blauwe letters de elementen die in principe buiten de opdracht vallen maar wel invloed hebben op de informatie in de User Interface.
- Met geel wordt de productie machine/module aangeduid, met erin opgenomen de activiteiten waaruit de module is opgebouwd.
- Lichtgroen geeft vervolgens de scope van de opdracht weer.

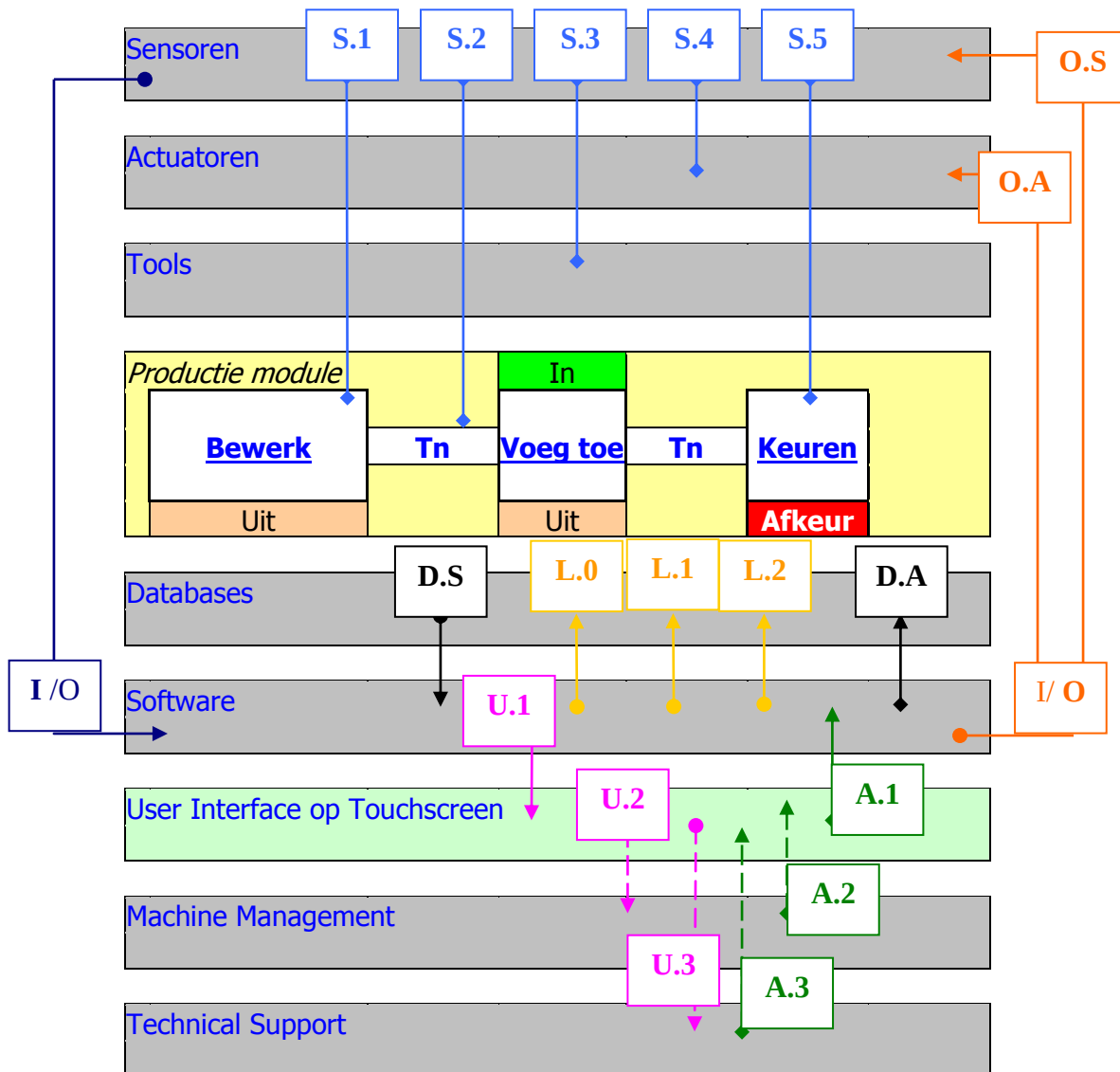
Een deel van dit totaaloverzicht zal in het volgende hoofdstuk worden gebruikt om de informatiestromen door deze lagen te identificeren en te omschrijven.



Afbeelding 2.7 : 'Omgeving totaaloverzicht'

Hoofdstuk 3.2 : De informatie stromen

Een deel van het totaaloverzicht uit het vorige hoofdstuk is gebruikt om de informatie stromen door de machine te analyseren. In onderstaande afbeelding zijn de kanalen, de informatie bronnen, de software onderdelen en de mogelijke gebruikersacties opgenomen om de informatiestromen te visualiseren. Op de volgende bladzijde wordt een algemene informatie stroom als voorbeeld uitgewerkt. Deze uitwerking dient tevens als legenda. De uiteindelijke getoonde informatie in de laag User Interface (**U.***) en de gebruikers actie (**A.***) zijn het belangrijkste. Deze definiëren namelijk voor een groot deel de gewenste functionaliteit van de User Interface. De geïdentificeerde informatie-stromen worden in hoofdstuk 3.3 opgesomd.



Afbeelding 3.1 : 'Informatie stromen'

Aangezien de actuatoren en tools bij alle activiteiten in de module betrokken zijn, zijn de pijlen hiervoor niet weergegeven.

De informatiestroom voor het aansturen van het productieproces is hieronder als voorbeeld/legenda opgenomen.

Proces Aansturen: Sw – D.S – U.1 – A.1 – I/O – O.A – O.S – S.* – I/O – Sw – L.*

Sw – Proces uitvoeren (*in dit geval het productie proces aansturen*)

D.S – Datastructuur (*proces informatie ophalen uit data laag*)

U.1 – Weergeven User Interface (*proces informatie weergeven*)

A.1 – Gebruikers Input/Actie (*b.v. de productie modus selecteren*)

A.1 – Gebruikers Input/Actie (*b.v. Proces starten*)

Start main program (*besturing syntax*)

Start Transport

Start bewerking

Start Toevoeging

Start In Transport

Start Uit Transport

Start keuring

Start Afkeur Transport

Start UIT Transport

I/O – Adres aanduiding **Out** (*fysiek adres van sensoren & actuatoren*)

O.A – Actuator commando's (*aansturing van de actuatoren*)

O.S – Sensor commando's (*aansturing van de sensoren*)

S.* – Sensoren (*de diverse sensoren in de machine*)

S.1 – Proces conditie sensoren

S.2 – Tracking Sensoren

S.3 – Tool Sensoren

S.4 – Actuator Sensoren

S.5 – Product keuring Sensoren

I/O – Adres aanduiding **In** (*fysiek adres van sensoren & actuatoren*)

Sw – Ondersteunende softwaremodules uitvoeren

Start **Actuator/Sensor-koppel aansturing**

Start **Tool Identificatie / Tool Kwaliteit**

Start **Proces Monitoren / Proces Condities**

Start **Product Tracking**

Start **Product Keuren**

Start **Error afhandeling**

Start **Data Log**

L.* – Log gegevens (*Data log van operaties voor diverse analyse*)

L.0 – Product Log (*Operator gegevens*)

L.1 – Proces Log (*Management gegevens*)

L.2 – Proces Log (*Expert gegevens*)

Hoofdstuk 3.3 : Standaard software modules

De informatiestromen door de machine, zoals deze zijn geïdentificeerd uit de omgeving, de interviews en uitgeschreven door gebruik te maken van afbeelding 3.1, zijn in dit hoofdstuk opgesomd. Er wordt gestart met de algemene informatiestromen, gevold door de informatiestromen specifiek voor de Operator, het management en afsluitend de expert. De uitwerkingen van deze informatiestromen, zoals het voorbeeld op de vorige bladzijde, zijn opgenomen in Bijlage 2 : '*Informatie stromen uitgeschreven*'.

De geïdentificeerde informatie stromen vormen de basis voor de software modules. Het omschrijven, van de uitwerkingen van deze informatie stromen, naar C++ syntax zal een groot deel van de software opleveren. Deze software modules kunnen onafhankelijk van de inrichting en eisen van een werkelijke machine opgesteld worden en voor 'iedere' machine worden hergebruikt. Het nalopen van alle uitgewerkte activiteiten levert de benodigde databases, log files, Interface Informatie en de te faciliteren gebruikersacties. Het uitwerken van deze informatiestromen naar besturingssyntax valt buiten de scope van deze opdracht, zoals omschreven in de onderzoeksopzet.

Algemene informatiestromen

Tonen User Interface: $I/O - Sw - D.S - U.* - A.* - D.A - Sw - I/O$

Proces Aansturen: $Sw - D.S - U.1 - A.1 - I/O - O.A - O.S - S.* - I/O - Sw - L.*$

Actuator/ Sensor Aansturen: $S.4 - I/O - Sw - D.S - L.* - U.1 - I/O - O.A - O.S$

Sensor Kalibreren: $O.S - S.* - I/O - Sw - D.S - L.* - U.1 - O.A - D.A$

Tool Identificatie: $S3 - I/O - Sw - D.S - L.* - U.1 - I/O - O.A - O.S$

Tool Kwaliteit: $S3 - I/O - Sw - D.S - L.* - U.1 - I/O - O.A - O.S$

Proces Monitoren: $I/O - Sw - D.S - L.* - U.1 - I/O - O.A$

Proces Condities: $S.1 - I/O - Sw - D.S - L.* - U.1 - I/O - O.A - O.S$

Product Tracking: $O.A - S.2 - I/O - Sw - D.S - L.* - U.1 - I/O - O.A - O.S$

Product Keuren: $S.5 - I/O - Sw - D.S - L.* - U.1 - I/O - O.A - O.S$

Error afhandeling: $Sw - D.S - Sw - L.* - U.1 - A.1$

Data Log: $I/O - Sw - L.0 - L.1 - L.2$

Toevoegingen aan database: $Sw - D.S - U.* - A.* - Sw - D.A$

Op **operator niveau** lopen door de User Interface de volgende informatie stromen

Modus Selecteren: $D.S - Sw - U.1 - A.1 - Sw$

Batch Selectie: $D.S - Sw - U.1 - A.1 - Sw$

Starten/Stoppen: $U.1 - A.1 - D.S - Sw$

Rapporten uitdraaien: $L.* - Sw - U.1 - A.1 - Sw$

Door de machine **management 'laag'** lopen de volgende informatie stromen:

Log In/Out: $A.1 - Sw - A.* - Sw - D.S - U.* - A.1 - Sw - D.S - U.*$

Productie Planning Aanpassen: $Sw - D.S - U.2 - A.2 - D.A.2$

Batch Invoeren: $Sw - D.S - U.2 - A.2 - D.A.2$

Batch Verwijderen: $Sw - D.S - U.2 - A.2 - D.A.2$

Product Invoeren: $Sw - D.S - U.2 - A.2 - D.A.2$

Machine Report Raadplegen: $L.* - Sw - D.S - U2 - A2 - I/O$

Machine Efficiency report: $L.1 - Sw - D.S - U2 - A2 - I/O$
(*MTTR, MTBF, MTTA, Pareto*)

Door **de expert 'laag'** lopen de informatie stromen:

Log In/Out: $A.1 - Sw - A.* - Sw - D.S - U.* - A.1 - Sw - D.S - U.*$

Modus Selecteren: $D.S - Sw - U.3 - A.3 - Sw$

Settings Aanpassen: $D.S - Sw - D.S - U.3 - A.3 - D.A.3$

Storing Verhelpen: $L.2 - Sw - D.S - U.3 - A.3 - D.A.3$

Machine Prestatie Tunen: $L.1 - Sw - D.S - U.3 - A.3 - D.A.3$

In een uitzonderlijk geval

Besturing Syntax Aanpassen: $D.S - Sw - D.S - U.3 - A.3 - D.A.3$

Hoofdstuk 4 : Een User Interface

Het weergeven van de interface is een van de activiteiten die de software zal moeten uitvoeren. De informatiestroom die hieraan ten grondslag ligt, is hieronder uitgeschreven.

User Interface: I/O – Sw – D.S – U.* – A.* – D.A – Sw – I/O

Sw – Display User Interface
 D.S – Ophalen grafische data
 Machine representatie, Menu representatie, berichtgeving
 U.* – Weergeven grafische data op Touch Screen
 I/O – Input Sensor data
 Sw – Analyseren data (in diverse software activiteiten)
 Sw – Display Actieve data
 D.S – Ophalen grafische data mbt weergave data
 label, eenheid, referentie waarde
 U.* – Tonen data op Touch Screen
 A.* - Gebruikers Acties
 A.1 – Operator Acties
 A.2 – Management Acties
 A.3 – Expert Acties
 D.A – Gebruikers Toevoegingen aan database
 Sw – Uitvoeren aangeroepen Software Activiteiten
 I/O – Adres aanduiding **O**ut

Door het nalopen van de uitgeschreven software activiteiten uit hoofdstuk 3.3, zijn de weer te geven UI-elementen geïnventariseerd. Dit zijn de **U.*** (weergave op UI) en **A.*** (gebruikers acties) stappen in de informatie-stromen. Deze functionaliteiten zullen in de UI moeten worden gerealiseerd.

Uit de interviews en voorbeelden kwam verder naar voren dat een UI voor een productiemachine veelal is opgebouwd uit de Machine representatie, een Menu representatie en Actieve hulp/berichtgeving. In deze elementen dient de output van de softwaremodules (U.*) worden weergegeven en/of te worden bediend (A.*).

De machine representatie:

De machine representatie is dat deel van de User Interface waarin de productiemachine, als foto, render of schematisch is weergegeven. De gebruiker kan middels het klikken op delen van de machine meer details over dat deel van de machine oproepen en eventueel instellingen aanpassen. In het begin/hoofdscherm kan verder de volgende informatie worden getoond, gekoppeld aan de machine representatie:

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| • Product Positie | • Productie Aantallen |
| • Actuator Status | • Tool Status |
| • Error locatie | • Tool Kwaliteit |
| • Proces Condities | • Sensor Status. |
| • Product Status | |

De menu representatie:

De menurepresentatie is dat deel van de User Interface waarin alle machine opties in de vorm van bedienknoppen zijn opgenomen. De knoppen dienen voor het aansturen van de machine (o.a. start/stop), het oproepen van submenu's en het bedienen van de software functies. Veel van de geïdentificeerde software activiteiten uit hoofdstuk drie dienen middels de menurepresentatie toegankelijk te worden gemaakt.

De actieve hulp/berichtgeving:

De berichtgeving is dat deel van de User Interface waarin de gegenereerde informatie, de waarschuwingen en de Error berichten worden getoond. De getoonde informatie kan eventueel voorzien worden van Help/Hulp informatie, aangaande de optreden situatie en hoe deze verholpen kan worden.

Proces Informatie:

Dit betreft informatie over de modus waarin de machine zich bevindt en eventueel batch informatie. De overige details aangaande de proces informatie wordt getoond in de machine representatie.

Error/Waarschuwing informatie:

Dit betreft informatie over de optredende problemen in de machine, zoals het niet voldoen aan procescondities en/of andere settings. Afhankelijk van de impact van het optredende probleem kan dit een waarschuwing opleveren of bij ernstige problemen een Error met een volledige processtop. In bijlage 2 is de afhandeling van de errors uitgeschreven.

Help/Hulp informatie:

De getoonde berichtgeving bij de proces en error informatie is meestal kort en bondig geformuleerd. Middels een hulp functie kan deze berichtgeving voorzien worden van overige informatie aangaande het optredende probleem en hoe dit verholpen kan worden. Deze functie is overeenkomstig met bijvoorbeeld de tooltips in Word of Excel (*de bekende paperclip*).

Hoofdstuk 4.1 : User interface op een touch screen

Middels de User Interface op het Touch Screen kunnen de gebruikers de machine bedienen. TCPM heeft ervoor gekozen een Touch Screen met de volgende specificaties te gebruiken.

Afmetingen: 17 inch
 Resolutie: 1280x1024 pixels
 Kleur diepte: 32bit

Samen met de industriële computer met Windows XP besturing kan voor de grafische vormgeving in principe worden uitgegaan van de mogelijkheden van een 'normale' PC. Hierbij dient wel rekenschap te worden gehouden met de bediening middels het aanraken van het scherm. In de onderstaande tabel zijn de resultaten opgenomen van een persoonlijke brainstorm, aangaande de mogelijke voor- en nadelen van een Touch Screen.

<i>Voordelen</i>	<i>Nadelen</i>
Sluit aan bij gewoonte, vanuit 'zwart/wit' LCD met knoppen	Geen toetsenbord, input lastiger
Perceptie dat het makkelijker is, toetsenbord schrikt niet af	<i>On Mouse Over</i> minder nuttig
Geen plek voor toetsenbord nodig	<i>Dubbelclick</i> minder nuttig
Directe respons	Direct respons, <i>direct fouten</i>
Geen specificatie M neumonics nodig (want geen toetsen)	Knoppen vergen minimale afmetingen
	Minimale afmeting van andere clickbare objecten

Tabel 4.1 : Brainstorm voor- en nadelen Touch Screen

De voordelen kunnen goed opwegen tegen de nadelen, indien hier in het ontwerp van de UI rekening mee wordt gehouden. Vooral de oplossing voor de input van waarden of gegevens is hierbij van belang. Het Touch Screen zou hierbij namelijk moeten dienen als vervanging van het toetsenbord. Er zijn wel diverse grafische 'touch screen' toetsenborden in de markt beschikbaar. Indien nodig kan een dergelijk softwarematig toetsenbord worden toegepast. In het ontwerp zal getracht worden dit te vermijden.

Mneumonics

Mneumonics is de term die wordt gebruikt voor het aangeven van de sneltoets combinatie voor het aanroepen van een functie op een toetsenbord. Bijvoorbeeld de toetsen combinatie ctrl + c voor kopiëren in Word. Deze wordt in het keuze menu aangeduid met het woord **C**opy, de sneltoets letter is dik en onderstreept. Aangezien er bij een touchscreen 'geen' gebruik wordt gemaakt van een toetsenbord wordt het gebruik van Mneumonics niet erg zinvol geacht.

Afmeting Menuknoppen

Om de knoppen makkelijk bedienbaar te maken wordt uitgegaan van de wijsvinger en duimbreedtes als minimale afmetingen. In onderstaande tabel is direct te zien dat de duim breedte voor mannen maatgevend zal zijn, overige breedtes zijn kleiner.

De knoppen zullen door 80-95% van de gebruikers makkelijk bedienbaar moeten zijn. Deze 95% procent wordt bepaald als zijnde $P_{2,5}$ en $P_{97,5}$. Waarmee de knoppen in principe door 97,5 procent van de bevolking makkelijk bediend kunnen worden.

$$P_{q>50\%} = x_{gem} + / - Z_a * Sd$$

	Mannen		Vrouwen		97,5% bev.	80% bev.
	Xgem	Sd	Xgem	Sd	Minimale breedte	Minimale breedte
18-60jr	in mm	in mm	in mm	in mm	In mm	in mm
Wijsvinger breedte	18	1	15	1	19.96	18.84
Duim breedte	23	2	18	1	26.92	24.68

Tabel 4.3 : minimale afmetingen knoppen op touchscreen

Bron [4] Productontwerpen blz 212 - 215

Positionering Menuknoppen

De positionering van de menuknoppen kan hetzelfde blijven als bij 'traditionele' User Interfaces, aan de onder en/of rechterzijde van het scherm. Aangezien het merendeel van mensen rechts is, zal bij een linker of boven positionering de gebruiker anders met zijn arm voor het scherm zitten.

Tekst of Iconen?

De voorkeur gaat uit naar het gebruik van tekst, aangezien dit in de meeste gevallen het duidelijkst is. Uitzonderingen op het gebruik van tekst voor het aangeven van de functie op de knoppen is:



Afbeelding 4.1 : 'traditionele' UI

- Bij ruimte gebrek (*bv. klein scherm*)
- Bij een doelgroep met taalproblemen (*internationaal/analfabeet*)
- Wanneer de doelgroep 'gewend' is aan het gebruik van Iconen.

Bron [5] collegesheet 20 [hc 5] Ergonomie

Kleurgebruik

Bij het gebruik van kleuren in de User Interface dient rekening gehouden te worden met kleurenblindheid. Van de mannen is ongeveer 1 op de 12 en van de vrouwen 1 op de 200 kleurenblind. De meeste problemen met kleurenblindheid treden op bij het gebruik van groen en rood. Omdat dit een combinatie is die veel wordt gebruikt bij onder andere 'onveilig/veilig', zijn bij dergelijke aanduidingen extra maatregelen nodig om het onderscheid duidelijk te maken.

Bron [4] Productontwerpen, blz 126-127



Afbeelding 4.2 : 'Moderne' UI

In een ontwerp guide voor user interface in Java wordt aangeraden het gebruik van kleuren te beperken en kleuren te kiezen die bij elkaar passen:

"Use color only as a secondary means of representing important information. Make use of other characteristics (shape, texture, size, or intensity contrast) that do not require color vision or a color monitor." ... "Select colors that do not overwhelm the content of your application or distract users from their tasks ... For the sake of visual appeal and ease of use, choose groups of muted tones for your interface elements." **Bron** [7]

Heuristieken

Bij het ontwerpen van de UI dient verder nog rekening te worden gehouden met de algemene principes voor het ontwerpen van interfaces. Veel van deze richtlijnen van Jakob Nielsen **Bron** [8] werden ook al vernomen via de interviews met experts, zie ook bijlage 1.

1. **Zichtbaarheid van systeemstatus**, duidelijke feedback van het proces
2. **Link systeem en werkelijkheid**, het systeem dient de taal van de gebruiker 'te spreken' overeen te komen met de werkelijkheid
3. **Gebruikers vrijheid en controle**, verkeerde keuzes moeten makkelijk ongedaan gemaakt kunnen worden
4. **Consistentie en standaarden**, gebruikers moeten zich niet hoeven afvragen of andere woorden, situatie of acties hetzelfde betekenen.
5. **Fouten voorkomen**, probeer systemen te ontwerpen zonder fouten.
6. **Herkennen is beter dan herinneren**, minimaliseer de cognitieve belasting door opties en acties zichtbaar te maken.
7. **Flexibiliteit en efficient gebruik**, maak het systeem begrijpbaar en bestuurbaar voor zowel onervaren als ervaren gebruikers.
8. **Esthetisch en minimalistisch ontwerp**, toon zo min mogelijk onrelevante of nauwelijks gebruikte informatie, dit leidt aandacht af van de belangrijke zaken.
9. **Help gebruikers bij het herkennen, diagnosticeren en herstellen van fouten**. Druk fouten uit in duidelijke taal, in plaats van codes.
10. **Help en documentatie**, indien nodig voorzie het systeem van een makkelijk toegankelijke handleiding met duidelijke stappen.

Hoofdstuk 5 : De uitstraling van TCPM

Voor het definiëren van de uitstraling van TCPM is in eerste instantie gebruik gemaakt van de website van TCPM, www.tcpm.nl en het aanwezige promotie-/ foldermateriaal. De uitstraling van deze media kwam op mij over als strak, professioneel en zakelijk.

Ter validatie van mijn eigen interpretatie is een interview afgenomen met K. Vanopstal, lid van de communicatie commissie bij TCPM. In dit interview omschrijft 'TCPM' haar eigen uitstraling als: *"TCPM wenst professionaliteit en zakelijkheid uit te dragen, aangaande mens en Techniek. Het design is inderdaad als strak te interpreteren. Echter, TCPM wenst geen stijve uitstraling te hebben, maar een overeenkomstig met de credo's 'kennis in beweging' en 'blijf bewegen'."*

TCPM heeft nog geen beleidsdocument waarin alle stijlkenmerken zijn vastgelegd. TCPM maakt gebruik van een grafisch ontwerp bureau. Het materiaal dat van dit bureau komt, wordt door de communicatie commissie getoetst alvorens het voorgelegd wordt aan het management team. Deze geeft het uiteindelijke oordeel over het materiaal.

In samenspraak met dit ontwerp bureau zijn wel een aantal stijlkenmerken overeen gekomen. Deze elementen zijn in de hiernaast weergegeven Banier opgenomen, welke kan worden gezien als een moodboard:

- De donkere achtergrondkleur
- Blauw logo (*met of zonder tekst*)
- Kleuren van de kennisclusters
- Ruitfade achter headers en kopteksten
- De Kineticballs/Pendule
- Het lettertype Tahoma, kleur wit

De RGB codes van de gebruikte kleuren zijn:

Logo blauw	000.070.135
PM_Blauw	000.118.189
Engi_Groen	066.166.042
Opti_Rood	227.033.024
Veilig_Geel	255.226.000
Intrim_Paars	126.074.148
Achter_Donker	031.014.022

Indien mogelijke worden zoveel mogelijk van de stijlkenmerken van TCPM gebruikt in de UI.



Afbeelding 5.1 : Banier Uitstaling TCPM

Hoofdstuk 6 : De concepten & beoordeling

In de voorgaande hoofdstukken zijn de gebruikers en de gewenste functionaliteiten geïdentificeerd. De Machine opbouw is gedefinieerd en de Software elementen zijn op hoofdlijnen gespecificeerd. De details van de UI en het Touch Screen zijn uitgewerkt. Veel van de informatie uit de analyses is bijgehouden als een soort van programma van eisen/wensen, welke vooral dienst deed als overzicht. Het 'Programma' van Eisen is opgenomen in bijlage 4. Enkele bestaande interfaces, samen met de uitstraling van TCPM, dienden als inspiratie voor de te construeren UI.

In dit hoofdstuk worden de concepten, die voor deze beoordeling zijn gegenereerd, besproken. Alle concepten gaan uit van de standaard machine indeling uit hoofdstuk drie. Ze hebben eenzelfde menu indeling en dezelfde hiërarchie van de meldingen. De concepten dienden onder andere voor het beoordelen van, de machinerepresentatie de posities van informatie en de menuknoppen op het scherm, welke per concept verschillen. Het bedienings- en navigatie gemak, samen met de bij TCPM aansluitende uitstraling waren verder belangrijke beoordelingscriteria. Hoofdstuk 6.1 bespreekt de vijf bedachte concepten en het doorlopen van de interface. De resultaten van de conceptkeuze, onder medewerkers bij TCPM, worden in hoofdstuk 6.2 besproken.

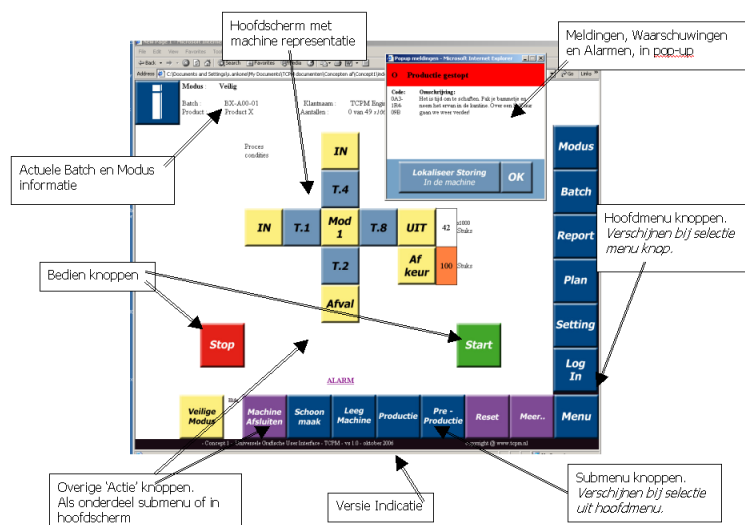
Hoofdstuk 6.1 : De concepten

De elementen die in de Interface een plek dienen te krijgen, zijn in de voorgaande hoofdstukken geïdentificeerd en zijn hieronder nogmaals opgesomd.

- Batch en modus informatie
- Meldingen en alarm informatie
- Overige informatie/ hulp
- Een machine representatie
- Processtatus informatie
- Hoofdmenu knoppen
- Submenu knoppen
- Bedieningsknoppen
- Input knoppen
- Navigatie ondersteuning
- Versie indicatie

Binnen de UI zijn de drie navigatie structuren aanwezig. De navigatie door de machine en het navigeren door de menuschermen, waarvan de navigatieboom zijn opgenomen in bijlage 3, en het navigeren door de meldingen. De navigatie wijzen worden afwisselend met de concepten toegelicht. Het kleurgebruik in de concepten is overgenomen van de huisstijl, er worden kleuren gebruikt voor:

- De prioritering van de meldingen
- Het onderscheiden van de categorieën bedienknoppen:
Hoofdmenu, Submenu, Bedieningsknoppen en Input knoppen.
- Rood en Groen voor Start/Stop
- Processtatus indicatoren
- In de schematische machine representatie



Machine rep:
Schematisch met knoppen

Meldingen als pop-up

Knoppen:
Groot, Vierkant onderin en rechts geplaatst

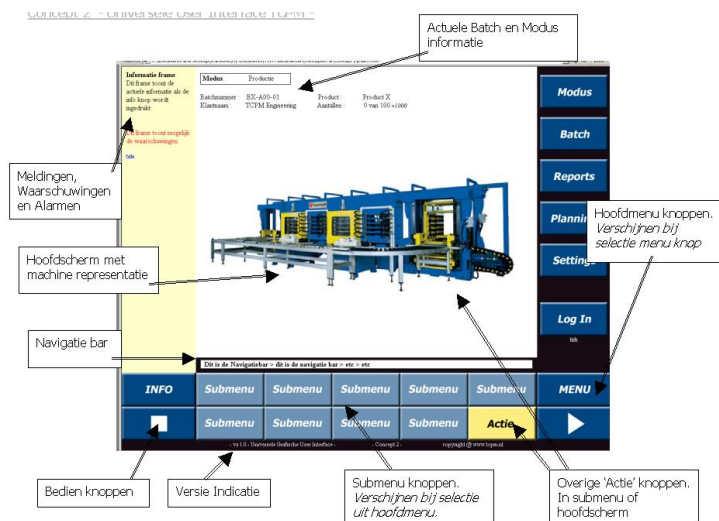
Kleuren:
Logo_blaauw, Paars

Start/stop:
Rood/Groen met tekst

Afbeelding 6.1 : Concept 1

De Machine doorlopen

Het navigeren door de machinerepresentatie gebeurt in overeenstemming met de opbouw van de machine, zoals in hoofdstuk 2.2 is uitgewerkt. Het hoofdscherm toont de hele machine, opgebouwd uit modules. In deze machinerepresentatie wordt de belangrijkste processtatus informatie getoond. Door te 'klikken' op een module wordt er 'ingezoomd' op deze module en wordt in een volgend scherm de opbouw van de module getoond. Deze bestaat uit de bewerkingen, toevoegingen, keuring en de transport activiteiten. Door te klikken op een van de activiteiten wordt het laagste niveau van de machine representatie bereikt. De betreffende activiteit wordt uitgesplitst in de tools, actuatoren en sensoren die betrokken zijn bij de activiteit. In het overzicht van deze fysieke elementen zijn ook de actuele waarden en instellingen weergegeven. Deze navigatiestructuur kan onafhankelijk zijn van de wijze waarop de structuur wordt weergegeven (*schematisch, als render of foto(s)*).



Machine rep:
Foto met hyperlinks

Meldingen embedded bovenin

Knoppen:
Rechthoekig, onderin en rechts geplaatst

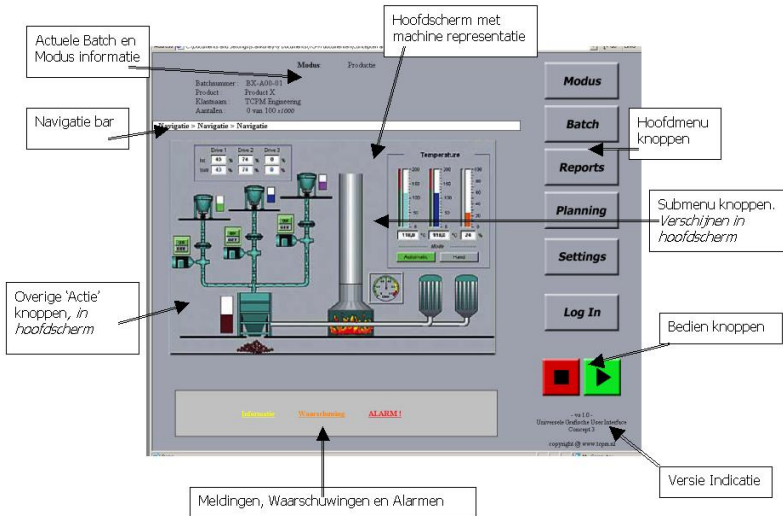
Kleuren:
Logo_blauw, Licht blauw, Geel

Start/stop:
Logo_blauw met icoon

Afbeelding 6.2 : Concept 2

Het Menu doorlopen

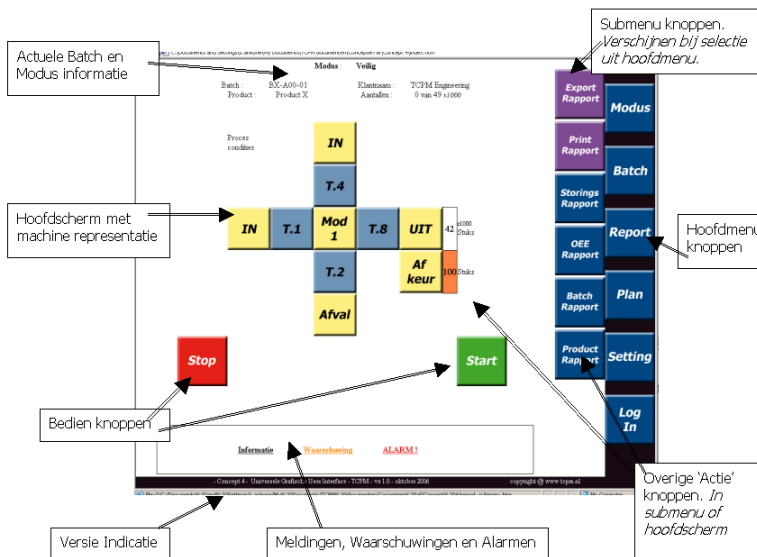
Het doorlopen van de menuschermen geschiedt door middel van een hoofdmenu bestaande uit: Modus, Batch, Rapport, Planning, Settings. Middels selectie uit dit hoofdmenu wordt het bijbehorende submenu opgeroepen. Het submenu biedt vervolgens toegang tot de verschillende menuschermen en voorziet de gebruiker van de bewerkingsopties (*bv. nieuw en opslaan*). Het aanpassen en invoeren van de gegevens is het laagste niveau van de menunavigatie en wordt gefaciliteerd in het hoofdscherm, onder andere middels ophoog/verlaag knoppen en pulldown menu's.



Afbeelding 6.3 : Concept 3

De Meldingen doorlopen

De meldingen worden door de software gerangschikt op prioriteit, waarbij Alarmen de hoogste prioriteit krijgen, waarschuwingen gemiddelde prioriteit en informatie berichten de laagste prioriteit. De alarmen worden weergegeven met een rode achtergrond. Met een 'volgende' knop kan er naar beneden genavigeerd worden naar de waarschuwing, met een oranje achtergrond. Nogmaals de 'volgende' knop geeft toegang tot het informatiebericht met een gele achtergrond. De meldingen kunnen verder weergegeven worden als pop-up (zoals in Windows) of 'embedded' in de User Interface.



Afbeelding 6.4 : Concept 4

Machine rep:
Schematische visualisatie

Meldingen embedded onderin

Knoppen:
Rechthoekig, rechts geplaatst

Kleuren:
Grijs

Start/stop:
Rood/Groen met icoon

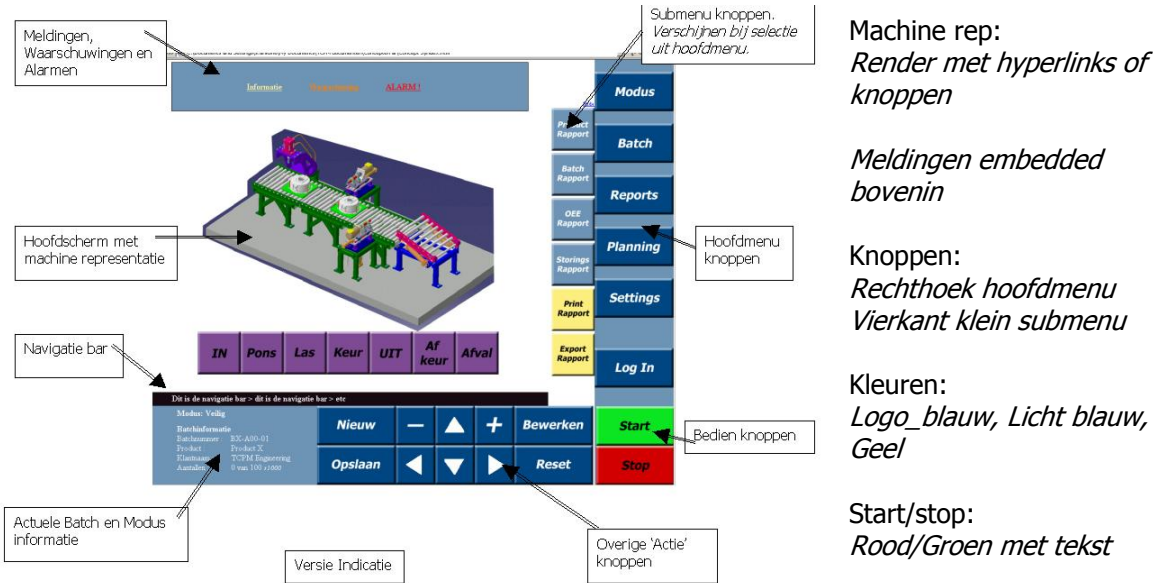
Machine rep:
Schematisch met knoppen

Meldingen embedded onderin

Knoppen:
Vierkant, groot, Rechts geplaatst

Kleuren:
Logo blauw, paars

Start/stop:
Rood/Groen met tekst



Afbeelding 6.5 : Concept 5

Het lettertype

Het gebruikte lettertype is voor alle tekst het huisstijltype Tahoma. Overwegend in de huisstijlkleur wit. De grote van de letters is afhankelijk van de categorie waar de tekst wordt toegepast. In alle concepten zijn de lettertype groottes:

- | | |
|-------------------------|-------|
| - Tekst in Meldingen | 12 pt |
| - Tekst in hoofdscherm | 12 pt |
| - Koppen in hoofdscherm | 18 pt |
| - Hoofd menuknoppen | 18 pt |
| - Submenuknoppen | 16 pt |

Helaas wordt het lettertype Tahoma slecht ondersteund door sommige software, in diverse concepten werden vooral de kleine letter weergegeven in het type Times New Roman. Ook in het programma Photoshop wordt het lettertype Tahoma in een ietwat *italic-stijl* weergegeven.

Hoofdstuk 6.2 : De beoordeling

De verschillende concepten uit het vorige hoofdstuk zijn middels een groepsbeoordeling beoordeeld op diverse aspecten. In dit hoofdstuk worden enkele resultaten en commentaren besproken van deze conceptkeuze. In bijlage 5 zijn alle resultaten van de conceptkeuze opgenomen.

Vr.3. Deze machine representatie wordt als **wel / niet** als duidelijk beoordeeld.

Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
-	+	+	-	+
-	-	+	-	+
-	-	+	-	+
-	+	+	-	+

Tabel 6.1 : Antwoorden vraag 3

Het moge duidelijk zijn dat de schematische weergave met knoppen, gebruikt in concepten 1 en 4 niet duidelijk werd gevonden. De schematische weergave van concept 3 daarentegen werd dit wel. Een nadeel van een dergelijke schematische weergave is echter dat een operator verwacht dat de inrichting van de schematisch weergave grotendeels overeenkomt met de werkelijkheid. Hetgeen bij storingen aan de machine verwarrend kan werken, leidingen en actuatoren blijken niet op de plek te zitten die weergegeven is op het scherm.

Bron [6] *Human Interaction with complex systems blz. 197-198.*

Een foto zonder knop indicatie wordt door sommigen ook niet duidelijk gevonden. Een render die voorzien is van knoppen wordt dit wel. Ofwel, een machine representatie komt bij voorkeur zoveel mogelijk overeen met de werkelijkheid, waarbij een duidelijke indicatie van 'drukbaarheid' de functionaliteit (*scrollen door machine*) vergroot.

De locatie van de hoofd menuknoppen, rechts, wordt door iedereen als goed ervaren. Over de locatie van de sub menuknoppen waren de testpersonen echter meer verdeeld.

Vr.8. De locatie van de sub menuknoppen wordt als **goed / slecht** ervaren

Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
-	+	+	+	+
+	+	+	-	+
+	-	-	-	-
-	+	+	-	-

Tabel 6.2 : Antwoorden vraag 8

Met name de positionering aan de onderzijde van het scherm (*concept 2*) én het laden van submenu knoppen in het hoofdscherm, als een soort van tussen keuze scherm

(concept 3), werden het meest positief bevonden. Uit deze vraag kwam verder nog de eis naar voren dat het aantal buttons in het submenu ieder geval niet mochten groeien, naarmate het aantal submenu opties toeneemt. De start en stop knoppen worden bij voorkeur van een icoon voorzien en naast elkaar geplaatst. Vanuit de overweging van kleurgebruik en kleurblindheid wordt echter overwogen deze knoppen juist ver uit elkaar te plaatsen.

Vr.19. De locatie van de meldingen (info / waarschuwing / alarm) wordt als **goed / slecht** ervaren.

Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
-	-	+	+	+/-
+	+	+	+	+/-
-	-	+	+	+
-	+	+	-	+

Tabel 6.3 : Antwoorden vraag 19

Bij de positionering van de alarm en waarschuwingsberichten wordt de voorkeur gegeven aan een positionering boven of onderin het scherm. Vanuit de westerse gewoonte, rechts bovenin te beginnen met lezen, lijkt dit de meest aannemelijke positie om deze informatie te plaatsen. Uit deze vraag kwam verder nog de eis naar voren dat de berichtgeving in ieder geval embedded moest worden weergegeven.

De laatste twee vragen betroffen een beoordeling van het aansluiten bij de uitstraling van TCPM en een algemene beoordeling uitgedrukt in een cijfer.

Vr.25. Dit concept past **wel / niet** bij TCPM

Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
+/-	+	+/-	-	+/-
-	+/-	-	-	-
-	+	-	-	+
-	+	+	-	+
NIET	WEL	MATIG	NIET	Redelijk

Tabel 6.4 : Antwoorden vraag 25

Vr.26. Dit concept krijgt van mij het **cijfer**

Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
6,5	7	6	6 -	6,5
6	6	6	6	7
6	7	8	6	7
5	7	7	-	7
6 -	7 -	7 -	5	7

Tabel 6.5 : Antwoorden vraag 26

Hieruit komt duidelijk naar voren dat concepten 1 en 4 niet geschikt worden bevonden. Het ontwerp zal zich verder moeten ontwikkelen in de richting van concepten 2 en 5. In de vorm van zeven ontwerp doorontwikkelingen, is dit uiteindelijk uitgemond in een ontwerp dat als demo dienst kon doen bij de gebruikerstest. Dit ontwerp en de gebruikerstest worden in het volgende hoofdstuk toegelicht.

Hoofdstuk 7 : Het voorlopige ontwerp

Diverse ontwerpen, voortbordurend op de concepten 2 en 5, hadden 'het' niet. Nieuwe inspiratie werd opgedaan door gebruik te maken van de creativiteitstechniek:

Doe eens iets geheel anders en probeer te ontspannen.

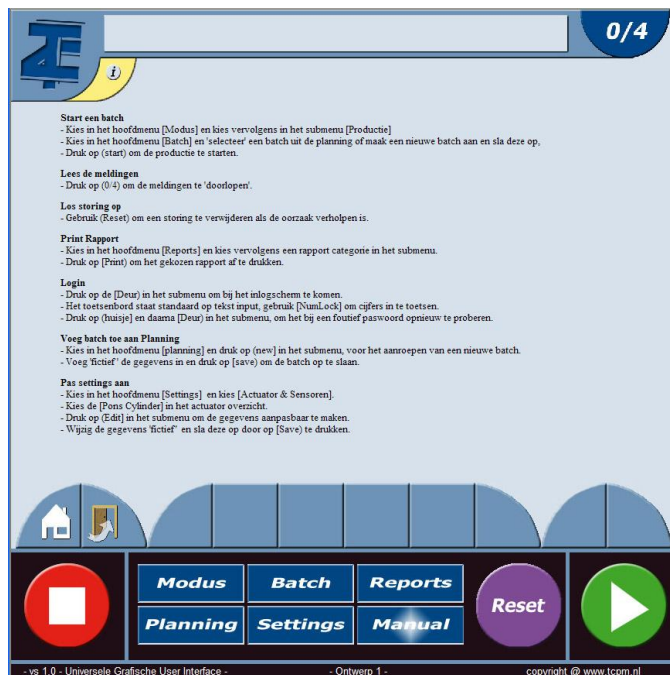
Een potje poker gaf die hernieuwde inspiratie. Met een frisse blik werd opnieuw naar de huisstijl elementen gekeken en de onderstaande UI ontworpen.



Afbeelding 7.1 : Computer Game interface

Aan de bovenzijde van het scherm is een venster voor de meldingen, met een infotab voor verdere informatie. Het midden gedeelte is voor de machine representatie en de menuschermen. Aan de onderzijde van het scherm zijn de menu en submenuknoppen gesitueerd.

Dit ontwerp is verder uitgewerkt tot een demo/simulatie model in HTML. Welke dienst heeft gedaan als testmodel voor de gebruikerstest. In deze gebruikerstest werd een aantal testpersonen gevraagd de meest trivale operaties 'uit te voeren' op de User Interface.



Afbeelding 7.2 : Voorlopig ontwerp

1. Start een batch
2. Scroll door meldingen
3. Los storingen op
4. Print een rapport
5. Login met paswoord
6. Voeg een batch toe aan de planning
7. Pas settings aan van de ponscilinder

Ter ondersteuning van deze opdrachten is er in de UI een manual opgenomen. In deze manual zijn alle te ondernemen acties, voor de uitvoering van de opdrachten, volledig uitgeschreven.

Hoofdstuk 8 : De gebruikerstest

Tijdens de gebruikerstest werden de testpersonen geobserveerd ten aanzien van: De tijd die over een opdracht werd gedaan, het aantal fouten dat werd gemaakt én het gebruik van de manual. Na afloop van de opdrachten is er een kort interview afgenomen. Voor het volledige testprotocol wordt verwezen naar de bijlage 6. Het ontwerp is ook voorgelegd aan de Communicatie Commissie van TCPM, ter toetsing voor een eventuele publicatie.

In de onderstaande opsomming zijn de belangrijkste resultaten van deze gebruikerstest en de conclusies, met betrekking tot de nodige aanpassingen aan het voorlopige ontwerp, opgenomen.

- Het gebruik van modussen is erg verwarrend. Geen van de testpersonen realiseerde zich dat, voor het starten van een batch eerst de machine in de productiemodus gezet moet worden. Ondanks dat in het ontwerp de modusknop als eerste menukeuze is weergegeven. Commentaar van een van de gebruikers op deze constatering was, dat gebruikers aannemen dat de machine reeds in productiemodus staat, aangezien een machine er staat om te produceren.

Omdat de modusinstelling pas verschijnt in het meldingenframe na de selectie van de betreffende modus, wordt er gezocht naar een andere oplossing die het gebruik van modussen duidelijker maakt

- Het scrollen door de meldingen is niet voor alle gebruikers even duidelijk, ondanks het plaatsen van het meldingsaantal (0/4) op de scrollknop.

Twee knoppen met scroll < > iconen is waarschijnlijk duidelijker, hetgeen betekend er een andere oplossing gevonden dient te worden voor het weergeven van het aantal meldingen.

- Door de positionering van de resetknop onderin is niet voor alle gebruikers duidelijk dat deze dient voor het resetten van storingsen. Dit was vooral het geval bij minder ervaren gebruikers.

De resetknop dient meer betrokken te worden bij het meldingen frame.

- Het printen van een rapport was voor alle gebruikers duidelijk.
- Het inloggen middels een 'sms' toetsenbordje met een numlock toets voor het typen van cijfers was voor geen van de testpersonen direct duidelijk. Men verwachtte meerdere malen te moeten drukken (*net als bij sms*) om een letter te toetsen die verder op de toets staat. Met de feedback van een *, voor het ingegeven van een karakter, kreeg de gebruiker geen zicht op welk karakter er was ingegeven.

Indien mogelijk kan een pasjes systeem uitkomst bieden, zodat er geen wachtwoord hoeft te worden ingegeven of enkel een numeriek wachtwoord.

- Het toevoegen van een batch aan de planning was voor iedereen duidelijk zodra de knop 'new' werd gevonden. Deze knop, voorzien van het icoontje in de vorm van een lege bladzijde (*zoals in Word*) werd blijkbaar in deze omgeving (*productie machine*) niet als zodanig gekoppeld aan zijn functie.

Verwacht wordt dat gebruikers snel wennen aan dit veel gebruikte icoon.

- Bij het aanpassen van de settings was het vooral lastig te identificeren of de Ponscilinder een Tools of een Actuator was. Vooral de grote hoeveelheid aan Tools en Actuators maakte het vervolgens even zoeken naar de gevraagde knop voor de ponscilinder. Verder was het niet voor alle gebruikers duidelijk dat de input van nieuwe waarde pas plaats kan vinden na het aanroepen van de functie 'edit'.

Aangezien het aanpassen van settings een functie is voor de expertgebruiker kan deze edit knop eventueel verwijderd worden, door het ingeven van waardes actief te maken bij het inloggen. Aangezien van experts verwacht wordt dat ze de inrichting van de machine kennen, worden zoekproblemen niet direct verwacht.

- Een commentaar was verder dat de respons van de demo enigszins beperkt was, aangezien met name de functies voor het uitvoeren van de opdrachten waren uitgewerkt.

Vooraf voor het starten en 'lopen' van de productie dient nog een duidelijke oplossing gevonden te worden.

- Aanbevolen door een van de gebruikers was, het opnemen van plaatjes van knoppen in de manual in plaats van uitschrijven in tekst. Met name voor de knoppen die voorzien zijn van een icoon.

Er wordt toch gekozen voor alleen het gebruik van tekst, vooral om de omvang van de gebruiksaanwijzing (manual) te beperken.

- Erg positief was dat vrijwel alle gebruikers, na afloop van het interview, aangaven dat met een beetje oefenen de interface goed te begrijpen valt.
- Het commentaar van de communicatiecommissie beperkte zich tot het correct vermelden van de handelsnaam TCPM Ingenieurs & Adviseurs en weergave van het logo.

Deze opmerkingen zijn meegenomen in het definitieve ontwerp.

Hoofdstuk 9 : Het definitieve ontwerp

In het uiteindelijke ontwerp zijn de commentaren van de gebruikerstest verwerkt. In het ontwerp is, middels het gebruik van de kleuren uit de huisstijl van TCPM, getracht een grote mate van associatie met TCPM tweeweg te brengen.

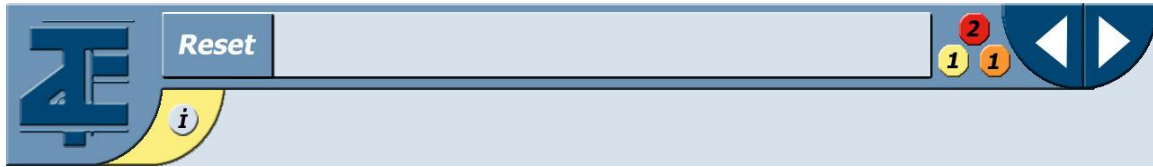


Afbeelding 9.1

Door het gebruik van ronde vormen, aansluitend bij de balletje van de pendule en het credo '*blijf bewegen!*', is getracht deze associatie te vergroten. Het opnemen van het logo op een prominente plek, dient om de herkenbaarheid als een TCPM Interface verder te vergroten. De verschillende functie knoppen zijn uiteindelijk te onderscheiden doormiddel van verschil in vorm, het gebruik van tekst of iconen en niet alleen door kleurgebruik. Bijna alle elementen in de UI, inclusief het logo, hebben een 3D effect doormiddel van een schuinekant van 2pt. Deze 3D stijl is vooral gebruikt als indicatie voor de knoppen. In de komende paragrafen worden de verschillende onderdelen van de Standaard User Interface afzonderlijk toegelicht. Het digitale demonstratie model is opgenomen in bijlage 7.

§ 9.1 : De meldingen

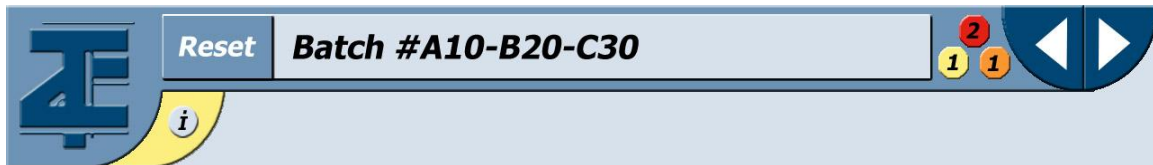
De meldingen worden bovenin het scherm getoond, aangezien dit de meest prominente plek is, gezien vanuit de westerse leesgewoonte.



Afbeelding 9.2

Indeling Meldingframe:

Het meldingenframe bestaat uit de plek voor het logo, een reset knop die paars oplicht als deze gebruikt kan worden, de 'bar' waar de meldingen en batchinformatie worden getoond, een indicatie van het aantal meldingen en de categorie waartoe deze meldingen behoren. Twee scrollknoppen voor het navigeren door de meldingen en een knop voor het oproepen van extra informatie.



Afbeelding 9.3

Getoonde informatie

De informatie die in het meldingen frame wordt getoond zijn de batchinformatie (*welke batch wordt er op het moment geproduceerd*), eventuele Errors die optreden, waarschuwingen aan de operator en overige informatieberichten



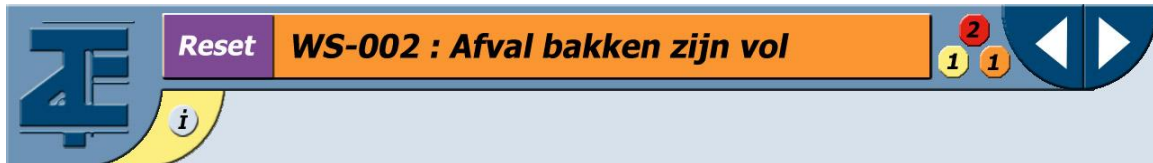
Afbeelding 9.4

Sortering & Bediening

De meldingen worden door de software ingedeeld in een van de categorieën. Indien van alle categorieën een melding wordt gegenereerd worden de Errors als eerst getoond, daarna waarschuwingen en als laatste de informatie berichten. De onderste categorie is de batchinformatie.

Kleurgebruik meldingen

De batchinformatie wordt getoond op een 'bar' met een lichtblauwe achtergrond. RGB: 215.225.235. De Errors worden, vanwege 'de ernst' van hetgeen optreedt, voorzien van een rode achtergrond. De machine zal veelal stoppen met produceren bij het optreden van een error. De rode kleur is hierbij het Optimalisatie rood van TCPM. RGB: 227.033.024



Afbeelding 9.5

Bij de Waarschuwingen wordt de 'bar' voorzien van een oranje achtergrond. Om zo de urgentie van de waarschuwing te benadrukken. RGB: 250.150.50
Overige informatie wordt getoond met een gele achtergrond overeenkomstig met het geel dat ook gebruikt wordt voor het oproepen van extra informatie. De kleur komt overeen met TCPM Veiligheid geel dat 50% is gedempt. RGB: 252.238.126



Afbeelding 9.6

Lettergrootte / Kleur

De grootte van het lettertype dat gebruikt wordt in het meldingen frame is 24 pt. De kleur van de letters is zwart, vooral omdat het tonen van de batchinformatie op de lichtblauwe achtergrond in wit niet valt te lezen.

§ 9.2 : De machine representatie

De machine representatie is in het midden van de UI gepositioneerd, zodat na het vernemen van eventuele berichten, de status van de machine bekeken kan worden.



Afbeelding 9.7

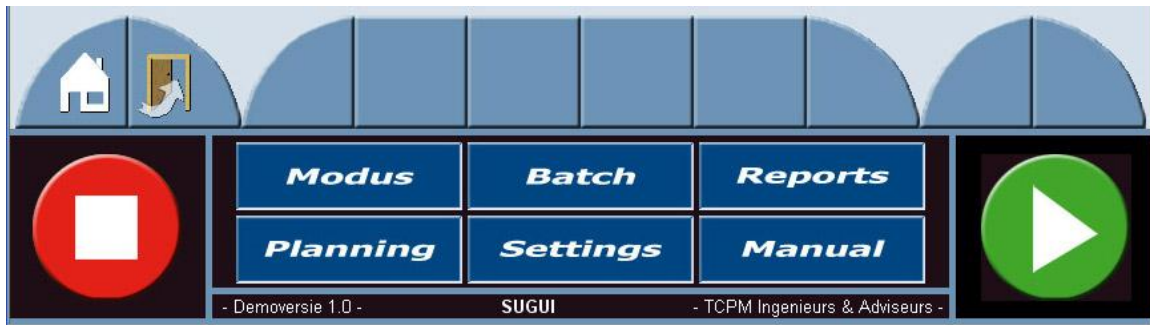
De machine representatie wordt bij voorkeur weergegeven als een bewerkte foto of een render overeenkomstig met de werkelijkheid. De getoonde proces informatie is afhankelijk, van de belangrijkste proces parameters, van de productie machine die gerepresenteerd wordt. Aangeraden wordt het aantal parameters te beperken en in ieder geval de productie totalen te vermelden, zodat de productie op hoofdlijn door de operator te monitoren is.

Het navigeren door een willekeurige machine is gelijk aan de structuur van die machine, zoals in hoofdstuk 2 is uitgewerkt. De navigatieboom van de machine, die voor dit verslag is verondersteld, is opgenomen in bijlage 3.

De modus informatie is van dermate belang, gezien de gebruikerstest, dat deze een prominente plek hebben gekregen in de machine representatie. De pendule die zo kenmerkend is voor TCPM wordt gebruikt om de procesactiviteit weer te geven. De achtergrondkleur gebruikt in de modus en productie gegevens is project management blauw RGB: 000.118.189. De algemene zeer lichtblauwe achtergrond is RGB: 215.225.235

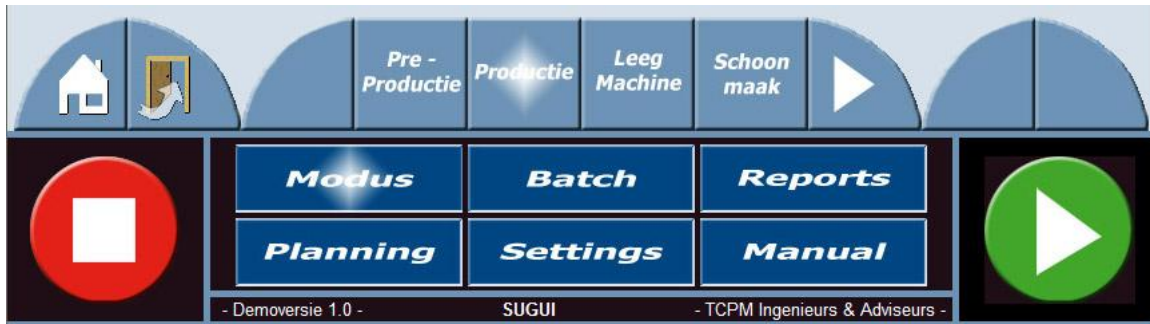
§ 9.3 : De bedieningsknoppen

De bedieningsknoppen zijn allemaal aan de onderzijde van het scherm geplaatst. Bijna iedere categorie menuknop heeft een andere vorm en/of kleur. De menudelen worden gescheiden door blauwe raders van 5pt, RGB: 109.147.181, op een zwarte achtergrond.



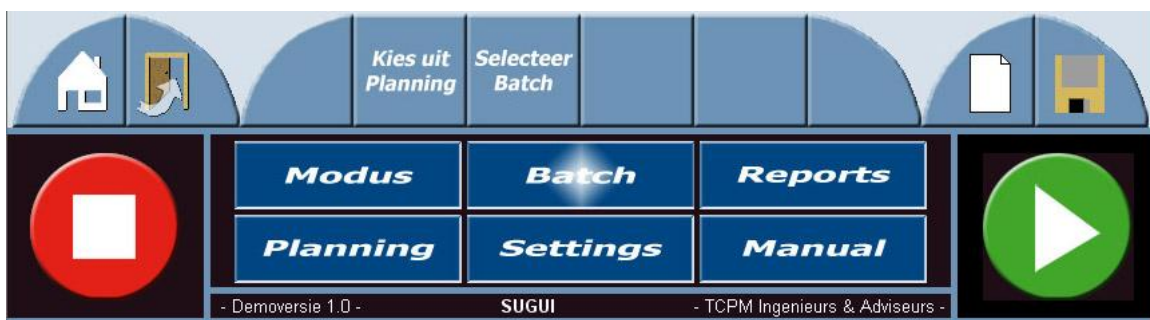
Afbeelding 9.8

De hoofdmenuknoppen zijn logoblaauw RGB: 000.070.135 en rechthoekig (1.8×6 cm) met een witte rand van 2 pt. De font-grootte op de hoofdmenuknoppen is 16pt. Bij de selectie van een menu worden de submenuknoppen geladen in de vierkante (3×3 cm) licht blauwe knoppen, RGB: 109.147.181. Als er meer dan 4 submenus zijn, wordt er gebruik gemaakt van een volgende pijl.



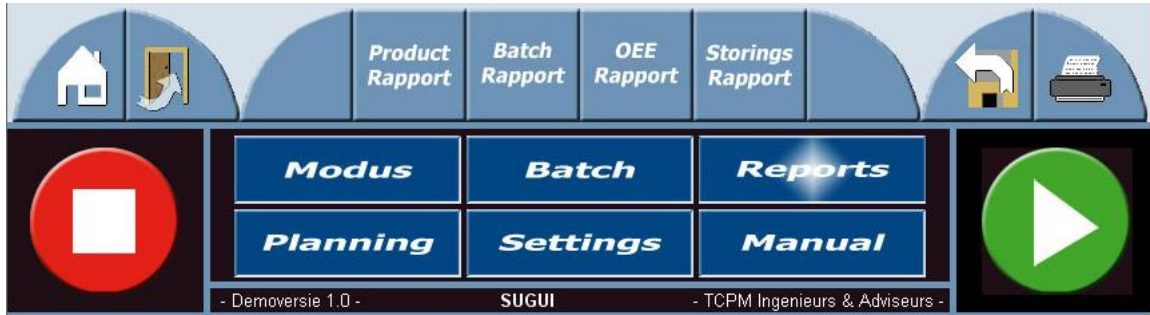
Afbeelding 9.9

Doormiddel van een ruitfade achter de tekst van de hoofdmenuknop is altijd duidelijk in welk menu de gebruiker zich bevindt. Dezelfde ruitfade wordt gebruikt voor de submenuknoppen. De fontgrootte op de submenuknoppen is 15,45pt.



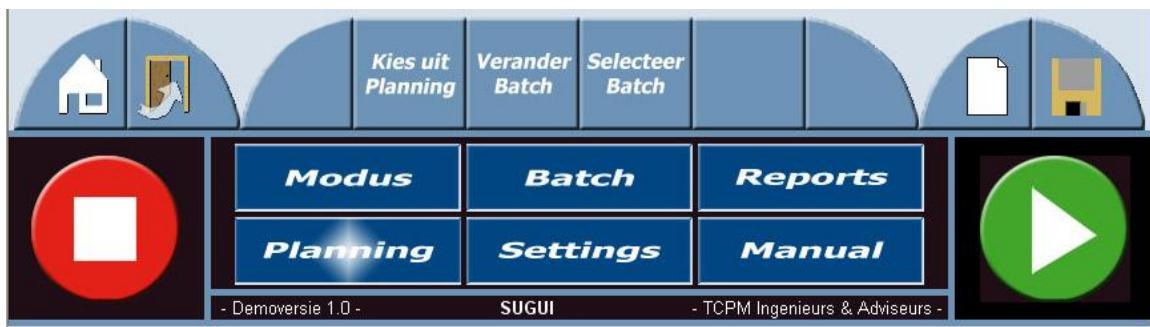
Afbeelding 9.10

De start en stopknop zijn rond (straal 2cm) en rood RGB: 227.033.024 en groen RGB: 066.166.042 gekleurd. Er is bewust gekozen deze knoppen ver uit elkaar te plaatsen, dit vanwege kleurenblindheid en esthetische overwegingen. Er is op deze knoppen gebruik gemaakt van bekend veronderstelde iconen voor starten en stoppen.



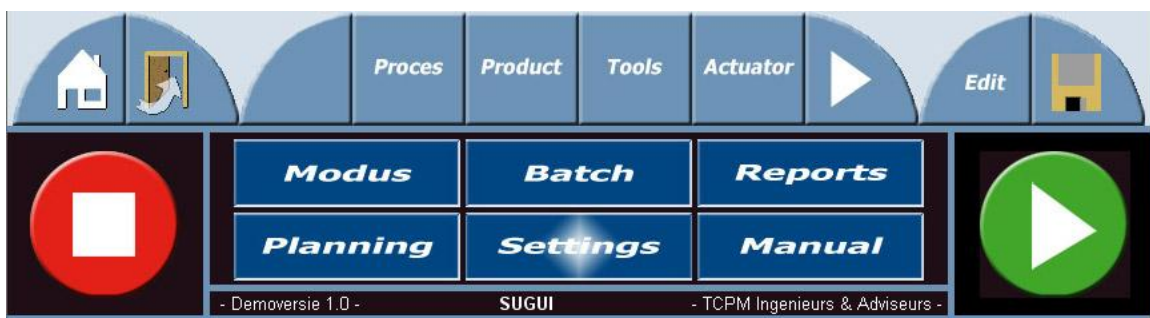
Afbeelding 9.11

De afwijkende knoppen zijn de knoppen voor home (het witte huisje) en de loginknop (het deurtje met pijl). Deze enigszins speciale knoppen zijn in het submenu gedeelte geplaatst, maar wel altijd zichtbaar. Ze hebben dezelfde vorm als de 'actie'-knoppen in de submenus, een kwartrondje met een straal van 3 cm.



Afbeelding 9.12

De actieknoppen behoren tot de laatste categorie van knoppen in het menugedeelte. Deze worden aan de rechterzijde van het submenu geladen. De acties: export, print, new en safe worden doormiddel van iconen weergegeven. Alleen de edit knop, voor het bewerkbaar maken van de settings, is in tekst. Hiervan is echter reeds beargumenteerd dat deze ook weggelaten kan worden, indien deze functie na het inloggen actief wordt.



Afbeelding 9.13

§ 9.4 : De input en selectie knoppen

De laatste categorieën knoppen zijn de input- en selectieknoppen, welke onderdeel uitmaken van de submenuschermen. De inputknoppen dienen voor het ingeven of aanpassen van waardes (*instellingen*). Aangezien de machine voorgeprogrammeerd is met basis instellingen, zullen deze aanpassingen waarschijnlijk minimaal zijn.

Er is daarom gekozen deze knoppen als ophoog en verlaag knoppen op te nemen, in plaats van bijvoorbeeld een numeriek toetsenbord. De ophoog en verlaag knoppen worden bij iedere in te stellen waarde weergegeven. Een volgende/vorige knop wordt gebruikt voor niet numerieke instellingen.

Pons Cylinder	Parameter	Status	Waarde	Setting	Eenheid	Bewerk	
✖	0-stand	OK	In	In	In/Uit	<	>
	timing 0-1	OK	10	10	mili Sec	—	+
	druk	OK	250	250	Bar	—	+
	Onderhoud	OK	jan 2007	jan 2007	Datum	Terug	

Afbeelding 9.14

Indien een gebruiker geen rechten heeft om bepaalde waardes aan te passen worden de inputknoppen niet weergegeven. De inputknoppen zijn logo blauw RGB: 000.070.135 van kleur en 2,5 cm bij 2,5 cm groot. Een andere veelgebruikte manier om te selecteren uit een lijst van opties is een scroll-downmenu. De pulldownknop heeft dezelfde kleur en afmetingen als de inputknop. De optiekноп heeft de afmeting 2,5 cm bij 8 cm en heeft de lichtblauwe kleur, RGB: 109.147.181.

Klant:	TCPM Engineering Nr. K1.000.L1	▼
Product:	Product X Nr. PX-S21-15	▼

Afbeelding 9.15

De laatste categorie knoppen die in de UI wordt gebruikt, zijn de selectieknoppen in de submenus. Deze zijn 2,5 cm bij 6 cm groot en in dezelfde lichtblauwe kleur als de pulldown selectie knop.

Tools	Status	Waarde	Eenheid	Tools	Status	Waarde	Eenheid	Tools
Pons (10 mm) Pons Scherpste	OK	45	x1000 Stuks	Transportband 5 Uit-stroom Afval	OK	jan 2007	Datum	Bladzijde
Spanningsmeter 2 Stroomvoorz. Lassen	OK	500	Volt	Transportband 6 Las -> Keur	OK	jan 2007	Datum	▼ ▲
Transportband 1 IN-stroom grondstof	OK	jan 2007	Datum	Transportband 7 Uit-stroom Afkeur	OK	jan 2007	Datum	1/1
Transportband 2 Uit-stroom Afval	OK	jan 2007	Datum	Transportband 8 UIT-stroom Product	OK	jan 2007	Datum	
Transportband 3 Pons -> Las	OK	jan 2007	Datum					
Transportband 4 Instroom Materiaal	OK	jan 2007	Datum					

Afbeelding 9.16

§ 9.5 : De gebruikte kleuren

Als samenvatting nogmaals alle RGB codes van de gebruikte kleuren in de user interface en voor welke elementen in de user interface de kleuren zijn gebruikt.

Benaming	R.G.B	Gebruikt voor
Logo_Blauw	000.070.135	Logo, Hoofdmenu knoppen, Input en scroll knoppen
PM_Blauw	000.118.189	Achtergrond Modus en Productie informatie
Engi_Groen	066.166.042	Alle groen in UI (startknop en status indicatie)
Opti_Rood	227.033.024	Alle rood in UI (Stop knop en error achtergrond en status indicatie)
Veilig_Geel	255.226.000	-
Intrim_Paars	126.074.148	Reset knop
Achtergr_Donker	031.014.022	In Menu representatie
Oranje	250.150.50	Waarschuwing achtergrond
Licht_geel	252.239.127	Alle geel in UI. (info knop en achtergrond, status indicatie)
Licht_blauw	109.147.181	Submenuknoppen, selectieknoppen
Licht_Achter_Blauw	215.225.235	Achtergrond kleur

Tabel 9.1

Conclusies

Ten aanzien van de onderzoeksvragen en de doelstelling van deze bachelor opdracht.

1. Functies zijn geïdentificeerd middels een gebruikersanalyse in de vorm van interviews met experts op het gebied van industriële interfaces;
2. Functies zijn geïdentificeerd en hierarchie is aangebracht middels de analyse van een fictieve productie machine, op een systeem analytische wijze met materiaal en informatie stromen;
3. Structuren zijn aangebracht middels een hierarchie in de menuschermen;
4. Hierarchie is aangebracht in de meldingen, middels het gebruik van kleuren;
5. Het geheel aan functionaliteiten is ondergebracht in een ontwerp dat aansluit bij de stijlkenmerken van TCPM;
6. Het ontwerp is gerealiseerd in een visueel simulatie model in HTML (demo). Helaas zou het realiseren van het model in C++ teveel tijd hebben gevergd, er is daarom teruggeslagen op een reeds bekende programmatuur;
7. Het ontwerp is getest op gebruikers, hetgeen een ruimvoldoende beoordeling gaf aangaande de gebruiksvriendelijkheid. Vooral achteraf werd door de testpersonen geopperd dat met enige instructie de Interface makkelijk te begrijpen valt;
8. Het beantwoorden van de onderzoeksvragen heeft geleid tot het voldoen aan de doelstelling van deze bachelor opdracht:

Het doel van de opdracht is het definiëren/specificeren van een User Interface, die gebruikt kan worden in de standaard besturingssoftware van de productie machines ontwikkeld door TCPM. Door het identificeren van mogelijke functies, het aanbrengen van hiërarchie in deze functies, voor de totstandkoming van de menu-indelingen. De User Interface dient gerealiseerd te worden als visueel simulatie model en dient een duidelijke TCPM uitstraling te hebben.

9. De standaard onderdelen berichtgeving en de menuknoppen, geplaatst aan de boven en onderzijde van het scherm, bepalen de grafische schil van de besturingssoftware. Het midden van het scherm is volledig beschikbaar voor de presentatie van een willekeurige productiemachine.

De neven conclusies ten aanzien van theorievorming van User Interfaces.

1. Het positioneren van meldingen boven in het scherm sluit het meeste aan bij de westerse manier van lezen;
2. Voor de machine representatie wordt bij voorkeur een interface gebruikt die aansluit bij de werkelijkheid. Een render lijkt hiervoor meer geschikt dan een foto, aangezien in deze render belangrijke elementen gekleurd kunnen worden;
3. De machinerepresentatie heeft bij voorkeur een soort van 'knop indicatie', zodat het duidelijk is dat er op geklikt kan worden om door de machine te navigeren;
4. Vanuit ervaring wordt aangeraden het aantal procesindicatoren te beperken tot de hoogst nodige proces informatie. Overige informatie dient wel toegankelijk te zijn via andere (sub)menus;
5. Beperk het aantal modussen waarin de machine kan opereren, vooral voor operators.

Aanbevelingen

Naar aanleiding van deze ontwerpopdracht worden de volgende aanbevelingen aan TCPM adviseurs en Ingenieurs gedaan, voor de verdere totstandkoming van de Universele User Interface.

1. Het ontwerp uitwerken in C++, bijvoorbeeld door een stagiair met een software achtergrond;
2. Software modules uitwerken in C++ en opzetten van een database zodat de modules kunnen worden hergebruikt;
3. Het ontwerp toepassen bij een echte productiemachine, waarbij de bewuste machine zal bepalen welke softwaremodules gebruikt worden;
4. De grafische weergave van de machine representatie nader uitwerken;
5. Remote toegang tot de machinebesturing kan eenvoudig door gebruik te maken van bestaande software (b.v. Remote desktop);
6. Aanschaffen van een 3d 'game' engine en deze engine gebruiken voor een 3d-weergave van de machine representatie.

Nawoord

Tijdens het kennismakingsgesprek met TCPM Ingenieurs & Adviseurs werd mij door B. Slatius voorgespiegeld dat de ontwikkeling van een standaardsoftware pakket, inclusief ontwerp van de UI, bij een con-collega een ontwikkelingstraject was van vijf jaar en enkele miljoenen aan ontwikkelingsgelden had gekost. Ik had mij danook geen illusies voorgenomen om een dergelijke ontwikkeling in 12 a 16 weken te evenaren. Edoch, de doelstelling van de opdracht betrof het realiseren van een standaard User Interface in dit tijdsbestek.

De grote hoeveelheid aan gegevens, uit de interviews en uit de verkenning van literatuur en industriële interfaces, maakte duidelijk dat zonder enige vorm van standaard opbouw van de machine een standaard interface moeilijk te realiseren zou zijn. Het opstellen van de basis voor een dergelijke standaard (hoofdstuk 3) leverde voldoende inzicht, in de opbouw van een machine en de software die middels de UI moet worden bediend, maar zette de ontwikkelingstijd voor de realisatie van het ontwerp wel verder onder druk. Vooral triviale vragen (hoofdstuk 4) en de voorkeur van TCPM Ingenieurs & Adviseurs aangaande de mogelijke oplossingen werden hierdoor onderwerp van de conceptkeuze, welke plaats had in de zevende week van de opdracht.

Een persoonlijke tegenslag in week acht gaf aanleiding tot het verminderen van de inspanningen aangaande de bachelor opdracht en zorgde voor een toename in de behoefte om te ontspannen. Vooral door het verwerken en uitwerken van informatie werd afleiding gezocht, ook om toch enige procesvoortgang te boeken. De tijd die werd genomen om te ontspannen gaf, als een geluk bij een ongeluk, de nodige inspiratie die resulteerde in het voorlopige ontwerp.

Door de coulante instelling van TCPM Ingenieurs & Adviseurs was het mogelijk de opdrachtijd met een maand te verlengen. Dit gaf voldoende tijd om het voorlopige ontwerp uit te werken in een simulatiemodel en een beperkte gebruikerstest af te nemen. De kleine verbeteringen resulteerden in het definitieve ontwerp, waarvan TCPM Ingenieurs & Adviseurs al heeft aangegeven dat ze de ontwikkeling van de achterliggende software gaan oppakken.

Het geeft een tevreden gevoel te weten dat mijn inspanningen niet *'boven op de kast belander'* en dat ik in de beperkte tijd heb weten te voldoen aan de doelstelling van de opdracht. Ik wens TCPM Ingenieurs & Adviseurs danook veel succes met de verdere ontwikkeling van deze standaard user interface.

Literatuur

- [1] Verschuren P. en Doorewaard H.: *Het ontwerpen van een onderzoek*, 3^e druk, Lemma BV, Utrecht, 2005.
- [2] Daft, R.L., *Organization Theory & Design*, 5th edition, West Publishing Company, USA, 1995.
- [3] Kals H.J.J., Buiting-Csikós Cs., Luttervelt van C.A., Moulijn K.A., Industriële Productie het voortbrengen van mechanische producten, 3e herziene druk, ten Hagen & Stam B.V., Den Haag, 2003.
- [4] Eger A., Bonnema M., Lutters E., Voort van der M.,: *Productontwerpen*, Lemma BV, Utrecht, 2005.
- [5] Brouwer M., Voort van der M.C., *College sheet 20 [hoorcollege 5]*, Ergonomie voor BMT, Universiteit Twente, 2006.
- [6] Ntuen C.A., Park E.H.: *Human Interaction with complex systems: Conceptual Principles and Design Practice*, blz. 197-198, North Carolina A&T State University, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996.
- [7] <http://java.sun.com/products/jlf/ed1/dg/higc.htm>
- [8] http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html

Bijlagen

1. Uitwerking Interviews (protocol/ gebundelde antwoorden)
2. Software modules en Informatie stromen
3. Navigatiebomen (machine en menu navigatie)
4. 'Programma' van Eisen/Wensen (digitaal)
5. Uitwerking Conceptkeuze (protocol/ gebundelde antwoorden)
6. Uitwerking Gebruikerstest (protocol/ gebundelde antwoorden)
7. Demonstratie model (digitaal)