



# Industriële Wetenschappen

## “Afregeling brouwinstallatie”

---

Mentoren

D. Vansteenlandt

K. Werbrouck

K. Geeraert

D. Goethals

T. Vandenbulcke

G. De Jaeger

Leerlingen

Willem Beel

Senne Debeuf

Yasmine Decadt

Diego De Schryvere

Thomas Ocket

Arthur Pattyn

DOSSIER GEINTEGREERDE PROEF 2020-2021

VRIJ TECHNISCHE INSTITUUT St. Aloysius | Papebrugstraat 8A | 8820 TORHOUT

e-mail: [vti@sint-rembert.be](mailto:vti@sint-rembert.be) | website: <https://vti.sint-rembert.be/>

## Voorwoord

Als leerlingen van het zesde jaar Industriële Wetenschappen keken we ernaar uit om een geïntegreerde proef te mogen realiseren. Eind vorig schooljaar kregen we te horen dat wij de brouwinstallatie mochten afwerken. Vorig jaar hadden we al eens bier gebrouwd, dus we kenden het proces al een klein beetje.

We schreven programma's, deden kleine aanpassingen en werkten nog enkele opdrachten naast het programmeren van de installatie af. Allemaal kleine opdrachtjes die samen gebundeld werden tot onze GIP. Een project waarin veel van de geziene leerstof van de voorbije jaren aan bod kwam.

Om dit allemaal tot een goed einde te kunnen brengen, kregen we de hulp van onze leerkrachten. Zij besteedden vele uren aan coördinatie en het geven van extra informatie. Ook de externe mensen en bedrijven die met veel enthousiasme ons hielpen en/of ons extra informatie gaven, zijn we dankbaar: Peter Verlinde (brouwer), Poco Loco en CoEnCo.

We bedanken deze mensen dan ook voor al hun enthousiasme, informatie en steun. Zonder hun hulp zouden we dit project niet gerealiseerd hebben.

## Frans voorwoord

Comme élèves de sixième année de sciences industrielles, nous étions enthousiastes pour réaliser une épreuve intégrée. À la fin de l'année passée, on nous a dit que nous pouvions terminer l'installation de la bière. L'année dernière, nous avons fait de la bière, donc nous étions déjà un peu au courant du processus.

Nous avons écrit des programmes, fait de petits ajustements et accompli quelques tâches. Notre test intégré, c'est la combinaison de toutes ces tâches. Un projet pour utiliser toutes nos connaissances des années précédentes.

Pour mener à bien tout cela, nous avons obtenu l'aide de nos professeurs. Ils ont consacré beaucoup de temps à nous coordonner et à nous donner beaucoup d'information. Nous sommes également reconnaissants aux personnes et aux entreprises qui nous ont aidés et donné des informations supplémentaires avec beaucoup d'enthousiasme: Peter Verlinde (brasseur), Poco Loco et CoEnCo.

Nous remercions ces personnes pour leur enthousiasme, information et soutien. Nous n'aurions pas pu réaliser ce projet sans leur aide.

---

## Inhoudstafel

Voorwoord .....	2
Frans voorwoord .....	3
1 Inleiding .....	8
2 Voorstudie .....	9
2.1 Brainstormen .....	9
2.2 Brouwdag .....	9
2.3 Brouwen van bier? .....	11
2.4 Brouwinstallatie .....	24
2.4.1 Overzicht leidingnet.....	24
2.4.2 Samenstelling bundel 'Standaardprogramma's' .....	25
3 Mechanische studie.....	30
3.1 Deksel buffervat.....	30
3.2 Kraan buffervat .....	32
3.3 Mouttrechter .....	33
3.4 Deksel kabelgoot.....	34
3.5 Houder halvemaansleutel.....	36
3.6 Ontwerp bierkratje .....	37
3.6.1 Mdf .....	37
3.6.2 Mdf schilderen.....	37
3.6.3 Soorten mdf.....	37
3.6.4 Mdf laseren.....	38
3.6.5 Verkoop .....	38
3.6.6 Test kratje .....	39
3.7 3D-tekening.....	39
3.7.1 Inleiding .....	39
3.7.2 Onderdelen.....	40
3.7.3 Samengestelde tekening .....	44
3.7.4 Rendering .....	45
3.8 Isolatie.....	50
3.8.1 Algemeen.....	50
3.8.2 Soorten isolatie.....	51



---

3.8.3	Uitvoering .....	58
3.8.4	Doel.....	59
3.8.5	Belangrijke waarden isolatie .....	59
4	Pneumatica.....	61
4.1	Inleiding.....	61
4.2	Verzorgingseenheid .....	61
4.2.1	Inleiding .....	61
4.2.2	Waterafscheider .....	61
4.2.3	LuchtfILTER .....	62
4.2.4	Drukregelaar .....	62
4.3	Ventieleiland .....	63
4.3.1	Inleiding .....	63
4.3.2	Werking .....	63
4.3.3	Samengevat .....	64
4.4	Pneumatische kleppen.....	64
4.4.1	Inleiding .....	64
4.4.2	Werking .....	65
5	Elektrische studie .....	66
5.1	Elektrisch schema .....	66
5.2	Nieuwe componenten .....	67
5.2.1	Spanningsbron .....	67
5.2.2	Auditieve melding.....	68
5.2.3	Niveausensor buffervat .....	70
5.2.4	Signaaltoren.....	73
5.3	Kabels.....	74
5.3.1	Soorten kabels .....	74
5.3.2	Doorsnede van draden .....	76
5.4	Kabelschoenen.....	77
5.5	Elektrische kast .....	77
5.6	Draadnummers .....	78
5.7	Elektrische veiligheid .....	79
5.7.1	Isolatie .....	80
5.7.2	Differentieelschakelaar.....	81

---

5.7.3	Aarding.....	82
5.7.4	Isolatieklassen.....	83
5.7.5	Automaten.....	83
5.8	Problemen testen installatie.....	87
5.9	Bundel 'Standaardprogramma's' .....	89
6	Elektronische studie .....	105
6.1	Afregeling installatie .....	105
6.1.1	PID.....	105
6.2	Programma .....	109
6.2.1	Temperatuursberekening.....	110
6.3	ICT-studie .....	110
6.3.1	Talen .....	110
6.3.2	Toepassingen.....	115
6.3.3	Visualisatie.....	116
6.3.4	Interface .....	116
6.4	Gebruikte software .....	117
6.4.1	FTP .....	117
6.4.2	Programming software.....	117
6.4.3	Operating software.....	117
7	Wetenschappelijke studie .....	118
7.1	Stemproject inleiding.....	118
7.2	Chemie .....	119
7.3	Biologie .....	153
7.4	Biochemie .....	174
8	Gebruiksaanwijzing .....	184
8.1	Inleiding.....	184
8.2	Inhoud.....	184
8.2.1	Inleiding .....	184
8.2.2	Normeren .....	184
8.2.3	Beschikbare normeringen .....	185
8.2.4	Keuze normering .....	185
8.3	Structuur .....	186
8.4	Formulering.....	186

---

8.5	Lay-out .....	186
8.6	Waarschuwingssymbolen .....	186
8.7	Gebruiksaanwijzing .....	188
9	Besluit .....	216
10	Figuren .....	217

## 1 Inleiding

Laatstejaars in de richting Industriële Wetenschappen krijgen ieder jaar een geïntegreerde proef als uitdaging. Onze opdracht was het afwerken van de brouwinstallatie. Ongeveer 4 jaar geleden startte de toenmalige 614 met het ontwerp van deze installatie. Omdat teamspirit belangrijk is om dit grote project met succes te realiseren, gaven we ons team een naam en een logo. Hexa bleek de ideale naam. Het cijfer zes kunnen we namelijk op veel plaatsen in het project terugvinden. Zo zijn we een groep van zes leerlingen, zitten we in het zesde jaar en bevat ons kratje zes bierflesjes. Het logo van onze groep werd een graankorrel. Dit hebben we gekozen omdat het brouwproces start met graan.



*Figuur 2.1-1: Logo*

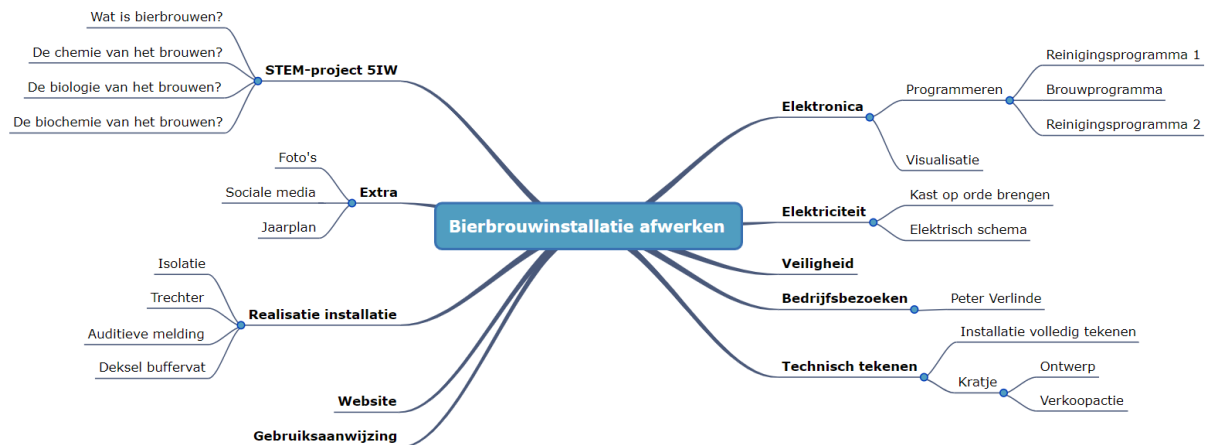
Het doel was om de installatie dit jaar af te werken. Dit houdt in dat we de installatie programmeren en nog enkele mechanische wijzigingen aanbrengen. Voor dit eindwerk waren we met een groep van zes omdat er ook nog enkele andere opdrachten naast het afwerken van de brouwinstallatie zijn. Zo werd de website grondig aangepakt en vernieuwd. De elektrische kast werd helemaal op orde gezet aan de hand van een elektrisch schema dat we zelf maakten. Er werden ook kratjes ontworpen om ons eigen bier in kleinere hoeveelheden te verkopen. Tot slot werd er een STEM-project gemaakt voor het vijfde jaar Industriële Wetenschappen.

Samengevat bestaat ons eindwerk uit een heleboel kleine opdrachten die ervoor zorgen dat we niet alleen heel veel eerder geziene leerstof konden gebruiken, maar dat we ook een resem nieuwe kennis en vaardigheden verwierven.

## 2 Voorstudie

### 2.1 Brainstormen

Een goede taakverdeling is essentieel bij de realisatie van een groepswerk. Daarom startten wij met een brainstorm. Wat moet er allemaal gebeuren en wie zal wat doen? We stelden samen bovenstaand schema op.



Figuur 2.1-1: Mindmap

Het belangrijkste wat dit jaar moet gebeuren is het automatiseren. Thomas zal de verschillende programma's schrijven met ondersteuning van Willem die kijkt voor de visualisatie en de website. Het deeltje elektriciteit nemen Diego en Senne dan voor hun rekening. Senne kijkt ook voor de veiligheidsvoorschriften, de gebruiksaanwijzing en de volledige technische tekening van de installatie. Voor de definitieve ingebruikname van de installatie zijn Diego, Senne en Arthur verantwoordelijk. Voor het kratje wordt Yasmine verantwoordelijk gesteld. Ten slotte gaan Arthur en Yasmine ook nog het STEM-project 'Bier brouwen' voor het vijfde jaar industriële wetenschappen realiseren.

Iedereen mocht zelf kiezen wat hij/zij graag zou doen, volgens zijn/haar interesses. Dit om ervoor te zorgen dat iedereen gemotiveerd is voor het afwerken van de installatie. De taakverdeling kan ook nog doorheen het jaar wijzigen als we zien dat er ergens problemen opduiken.

### 2.2 Brouwdag

Op donderdag 29 oktober vertrokken we met de fiets richting Kortemark waar brouwerij 'Den Buiten' gevestigd is. We waren daar vorig jaar al een keer geweest om bier te brouwen. Dit jaar gingen we terug om het brouwproces nog eens van dichtbij te kunnen meemaken en om een nieuw bier te creëren.



Figuur 2.2-1: Schroten

We zijn op zoek naar een bruine variant van ons blond bier Steentje. We denken daarbij aan een bier met een stevig alcoholpercentage van zeker 10%. We hebben een recept van vorig jaar nog eens opnieuw geprobeerd omdat het vorig jaar mislukt was, maar we gebruikten wel andere kruiden. We hebben namelijk twaalf gram jeneverbes en twee stokjes zoethout toegevoegd als kruidenmengsel. Voor het 2<sup>de</sup> bier dat we proberen te maken, hebben we het 1<sup>ste</sup> recept aangepast door het palemout te vervangen door pilsnout. We hebben ook caramout toegevoegd en extra kandijsuiker. Het toevoegen van extra mout zorgt voor een hoger alcoholgehalte. Als kruidenmengsel hebben we ook bij dit brouwsel de twaalf gram jeneverbes en twee stokjes zoethout toegevoegd.

Doordat we alle stappen van het brouwproces zelf mochten uitvoeren, hebben we het brouwproces nog beter onder de knie. We zijn gestart met het mout af te wegen en dit dan te schroten. Daarna deden we het schroot in het water. Na een bepaalde tijd hebben we de temperatuur van het mengsel verhoogd. Even later hebben we de temperatuur opnieuw verhoogd en daarna hebben we het mengsel gefilterd zodat al het wort uit het mengsel was. Vervolgens hebben we het mengsel laten koken. Tijdens het koken deden we de kruiden erin. Dit deden we 2 keer: de eerste keer 1 soort hop en de 2<sup>de</sup> keer hop met zoethout en jeneverbes. Uiteindelijk wanneer het brouwsel lang genoeg gekookt had, hebben we het laten afkoelen en in een gistvat gedaan. Toen het daarin zat, deden we er nog de gist bij en het mengsel was klaar om uit te gisten tot bier.



*Figuur 2.2-3: Naspoelen*



*Figuur 2.2-2: In gistvat overpompen*

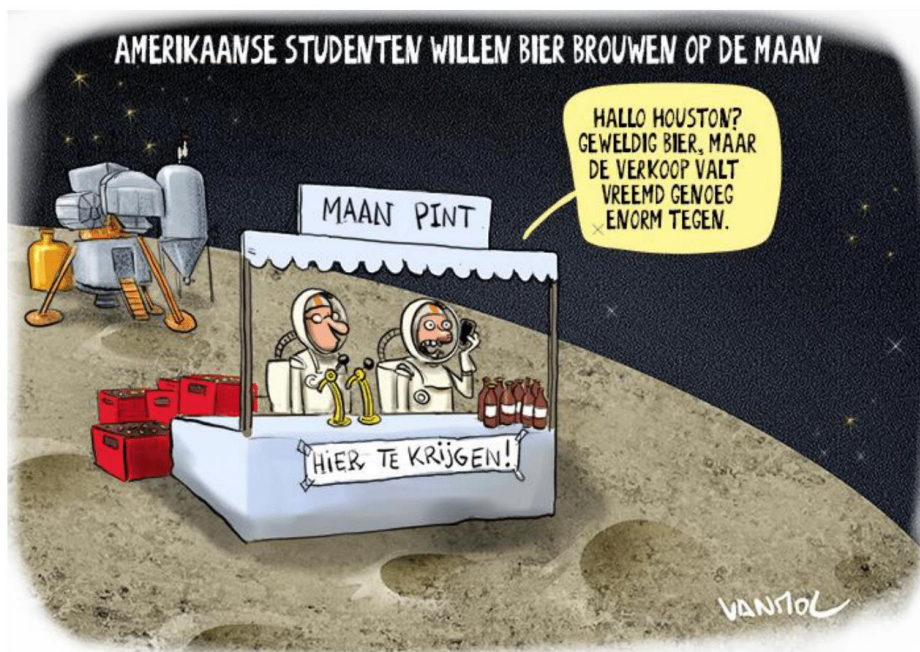
## 2.3 Brouwen van bier?

Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar

# Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar IW

Naam:

Klas:

Nr:

Dhr. D.Vansteenlandt

-1-





## 1 Inleiding

Het 6<sup>de</sup> jaar industriële wetenschappen heeft de voorbije jaren gewerkt aan een brouwinstallatie. Het eerste jaar heeft de klas de installatie ontworpen. Het tweede jaar heeft de nieuwe klas de installatie verder gebouwd en elektrisch aangesloten. Het laatste jaar hebben nog enkele leerlingen van 614 de installatie geprogrammeerd, een passend bierkratje ontworpen...



Om dit allemaal te kunnen waarmaken hebben die leerlingen eerst grondig het brouwproces bestudeerd, zodanig dat ze wisten hoe alles in zijn werk gaat gedurende heel dit traject. Doordat dit een heel leerrijk proces is waarin veel chemie en fysica aan bod komt, zal je dit jaar ook het brouwproces verkennen aan de hand van dit project. Dit project bestaat uit vier kleine bundels. De eerste bundel heb je nu in de hand. Hier leer je wat bierbrouwen precies inhoudt. De tweede bundel gaat over de chemie van het brouwen, de derde over de biologie en de laatste over de biochemie van het brouwen.

## 2 Geschiedenis

Om de geschiedenis van het bier te bestuderen is er een kleine kahootquiz voor jullie. Meer info bij dhr. Vansteenlandt.

## 3 Brouwproces

Bierbrouwen is plots ontstaan en het is ook niet zomaar alle ingrediënten bij elkaar gooien. Er komt heel wat meer bij kijken want je moet ervoor zorgen dat de chemische reacties correct gebeuren en op het juiste moment. Een verkeerde temperatuur kan er al voor zorgen dat de chemische reactie in een bepaalde stap niet plaatsvindt en bijgevolg het brouwen mislukt. We zullen in de volgende stap het brouwproces van naderbij bekijken.

Hieronder vind je alle stappen van het brouwproces met een bijhorende foto. In de brouwinstallatie zijn al die stappen geautomatiseerd.

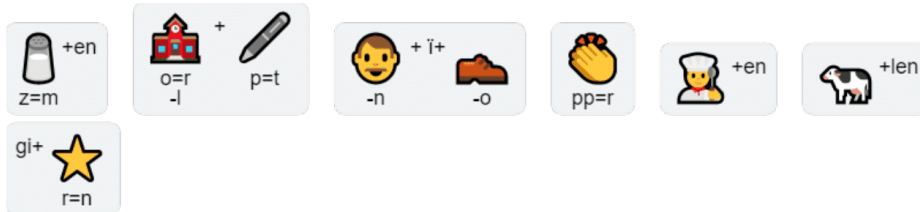
Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar

### 3.1 *Stappen van het brouwproces*

Het blijft als brouwer toch nog altijd belangrijk dat je alle stappen goed kent. In onderstaande rebus kom je alle namen van de stappen van het brouwproces te weten in chronologische volgorde.




---



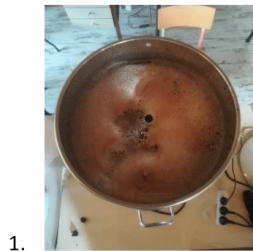
---



---

### 3.2 *Wat gebeurt er?*

Hieronder staan foto's van de verschillende stappen. Zet de nummers in de juiste volgorde in de tabel onderaan. De cijfers moeten in de eerste rij van de tabel komen. Onder de tabel staan de verschillende namen van alle stappen met een bijhorende letter. Zet de letters in de onderste rij van de tabel.



Dhr. D.Vansteenlandt

-4-

Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar



Foto (cijfer)							
Naam (letter)							

A = Gisten

D = Koelen

B = Koken

E = Mouten

C = Schroten

F = Maischen

Dhr. D.Vansteenlandt

-5-

### 3.4 Onderzoeksvraag

Nu je alle stappen van het brouwproces kent en al een beetje een zicht hebt op wat er globaal gezien gebeurt kunnen we nu vertellen wat er in iedere afzonderlijke stap gebeurt. In een van de projectweken gaan jullie zelf eens brouwen. Tijdens het brouwen maak je foto's van de verschillende stappen. Uiteindelijk zet je die foto's in een word-document met telkens de nodige uitleg waarom we die stappen doen tijdens het brouwen. Vertel ook wat de functie, het belang en de eigenschappen van die stappen zijn. Tijdens het brouwen kun je extra informatie vragen aan de brouwer zelf. Dit word-document zet je dan in de uploadzone.

## 4 Brouwinstallatie

Nu jullie goed weten wat de verschillende stappen zijn van het brouwproces bekijken we ook de gemaakte installatie eens van dichterbij.



Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar

Op de vorige pagina zie je de volledige brouwinstallatie met drie verschillende ketels. Maar kunnen jullie ook achterhalen welke ketel waarvoor dient?

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1) Buffervat ●   | ● In deze ketel wordt de temperatuur van het mengsel verhoogd zodat het begint te koken en de chemische reactie kan plaatsvinden. In deze ketel worden de kruiden en de hop ook toegevoegd. |
| 2) Maischketel ● |   |
| 3) Kookketel ●   | ● Hierin wordt het water opgeslagen en verwarmd. Het water dat hierin zit wordt ook gebruikt om de maischketel op te warmen via de warmtewisselaar.   |
|                  | ● Deze ketel zorgt ervoor dat het maischen kan plaatsvinden. In deze ketel wordt ook de wort toegevoegd via de mouttrechter.  |

#### 4.1 Whirlpoolsysteem

**Opdracht:** Neem een maatbeker en vul deze met water. Neem heel wat kleine stukjes gras en doe deze in de maatbeker met water. Maak nu snelle cirkelbewegingen in het water met je vinger of een stokje. Haal het stokje/je vinger uit het water en bekijk wat het gras doet.

Besluit: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Tijdens het brouwen is er een moment dat je het wort wil overpompen. Daarbij moeten we vermijden dat er brokken mout meekomen. Daarom gaan we het mengsel 'whirlpoolen' zodat het mout naar de zijkant zakt en we het wort kunnen aftappen zonder grote stukken mout mee over te pompen. 'Whirlpoolen' is een techniek waarbij je het mengsel zodanig laat ronddraaien dat de grote bestanddelen zich naar de zijkant verplaatsen.

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-7-





Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar

#### 4.2 Componenten installatie

Hieronder staan verschillende foto's van componenten die jullie kunnen terugvinden op de installatie zelf. Zoek deze onderdelen op de installatie en achterhaal welke functie ze hebben.

Dhr. D.Vansteenlandt

-8-

Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar



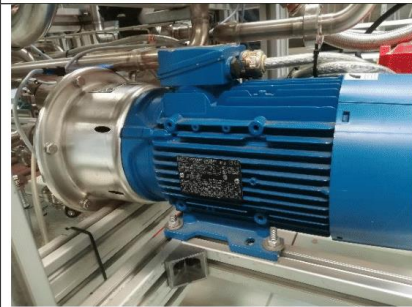
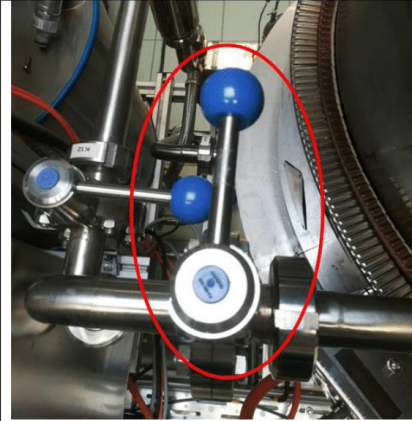
Dhr. D.Vansteenlandt

-9-

Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar



Dhr. D.Vansteenlandt

-10-



Project

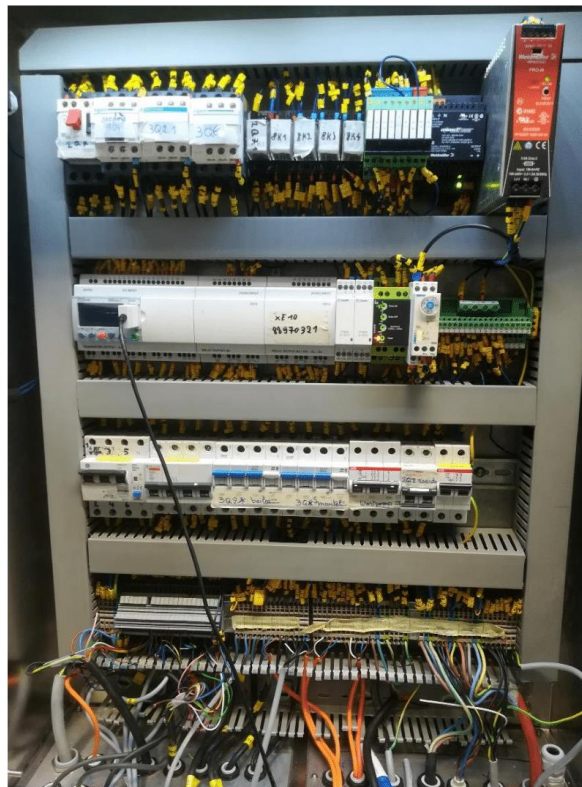
Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar

### 4.3 Installatie elektrische kast

Hieronder staat een foto van de elektrische kast van de brouwinstallatie. Zet de juiste benaming van de componenten op de juiste plaats.

Relais – contactoren – PLC – zekering – gelijkspanningsbron – differentieeschakelaar



Dhr. D.Vansteenlandt

-11-

Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar

## 5 Brouwjargon

Een jargon is een woordenlijst van woorden die in een bepaalde context gebruikt worden. Zo heeft ieder beroep een eigen jargon. Denk maar aan leest en els, dat zijn 2 woorden die regelmatig gebruikt worden bij schoenmakers. In onderstaand brouwjargon ontbreken woorden en soms zelf zinnen. Kunnen jullie de juiste woorden / zinnen invullen?

Alfazuren	Stoffen uit de harsen van een hopplant die voor een belangrijk chemisch proces zorgen.
Aromahop	
Bitterhop	Bitterhop is een type hop, dat als belangrijkste functie heeft het bier zijn bitterheid en houdbaarheid te geven.
Enzymen	Enzymen zijn eiwitmoleculen die in staat zijn chemische processen te versnellen onder milde condities.
	Meest voorkomende alcohol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH) die in drank zit.
Filterbed	
	De vrouwelijke bloemen van de hoppeplant, kegelvormige katjes.
Isomerisatie	Een chemische reactie waarbij het hoofdproduct een isomeer is van de belangrijkste reactant. Bij isomerisatie verandert de ruimtelijke ordening van moleculaire groepen.
Het kaf	Omhulsel van korrel mout.
	Het proces van een graansoort naar de gewenste mout.
Klaren	Een stap in het brouwproces waarbij de vaste bestanddelen uit het wort worden gefilterd.
Koolhydraten	
Maischen	Het proces wanneer men de geschrote mout samenvoegt met water. Het ontstane beslag noemt men wort.
Mouten	Tijdens het mouten worden graankorrels in water geweekt waardoor ze kiemen.
Schroten	Het breken van de gedroogde mout zonder dat deze kapot wordt gemaakt.
Steriliseren (=steriel)	
'Whirlpools'	Een manier om de vaste bestanddelen te scheiden van het wort. Dit gaat gepaard met een tangentiële afvoerstroming.
Wort	
	De pH van een bepaald(e) mengsel/stof/oplossing.

Dhr. D.Vansteenlandt

-12-

Project

Wat is bierbrouwen?

5<sup>de</sup> jaar

## 6 Ontwerp kratje

In het jaar dat de brouwinstallatie werd afgewerkt, hebben de leerlingen ook een kratje ontworpen om het bier te verkopen. Het kratje bevat 6 flesjes en moet handig zijn om te dragen. Het is de bedoeling dat jullie een eigen verkoopactie van kratjes organiseren rond nieuwjaar. Jullie kunnen zelf kiezen welk soort mdf jullie gebruiken. Ook eigen ontwerpen zijn van harte welkom.



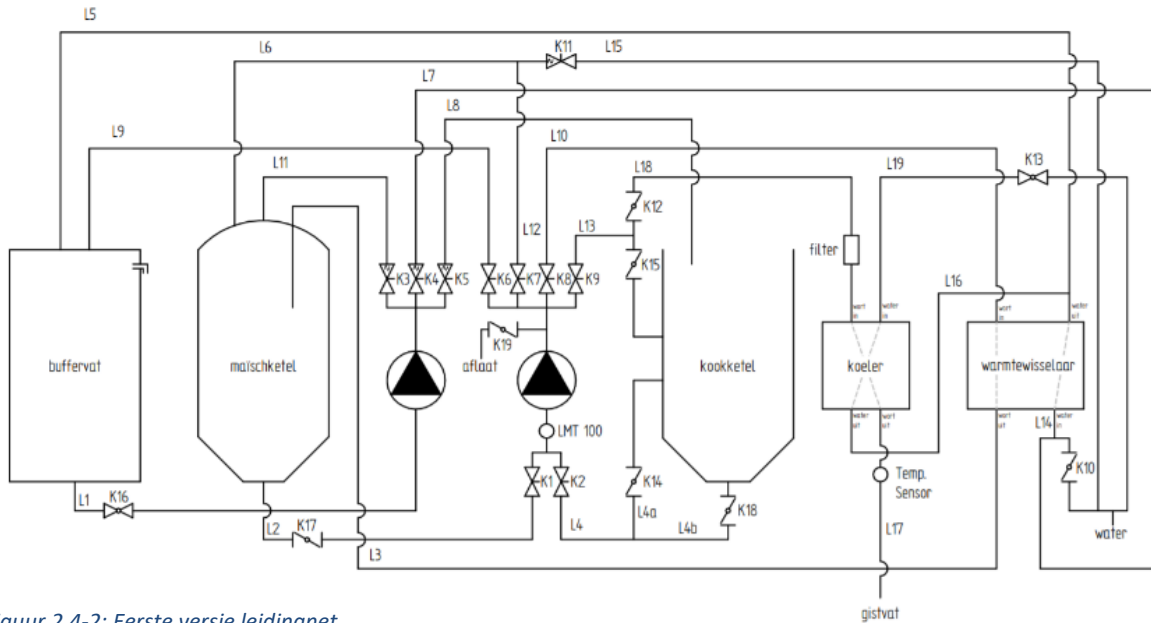
Dhr. D.Vansteenlandt

-13-

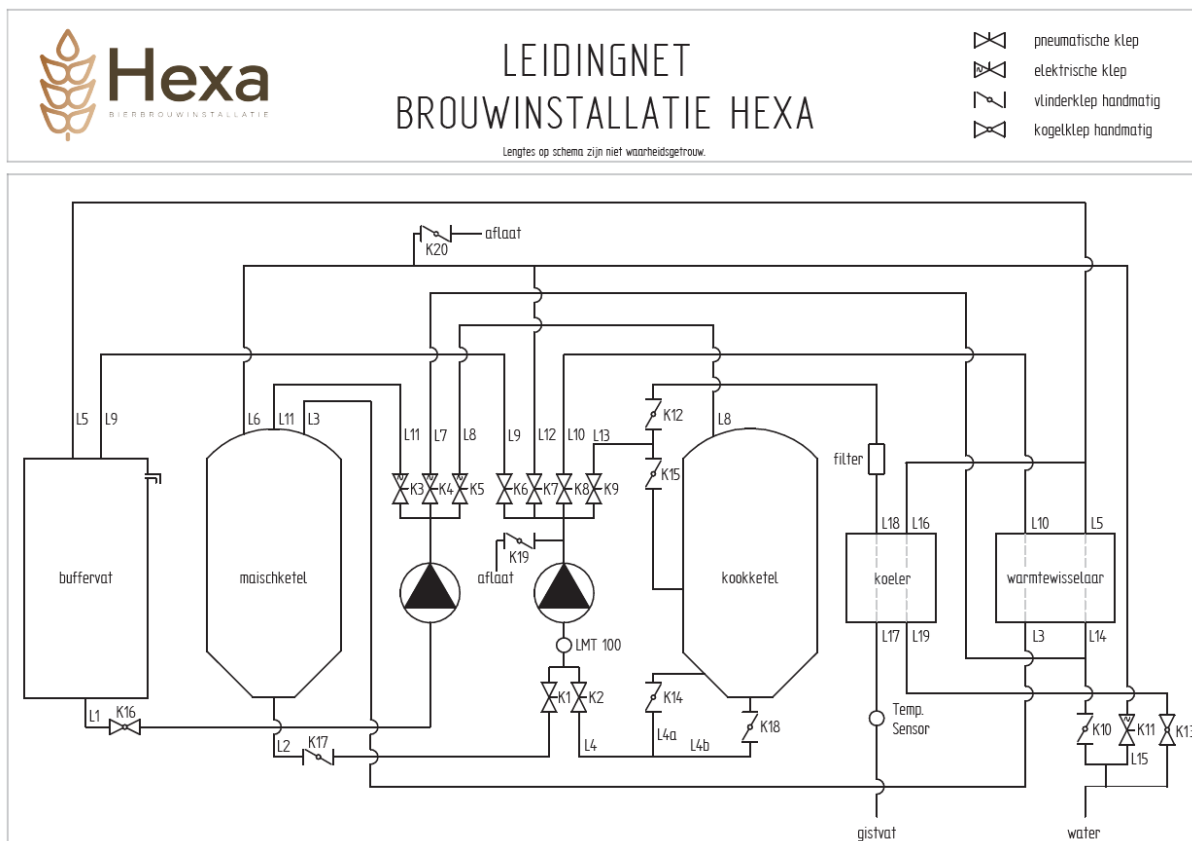
## 2.4 Brouwinstallatie

### 2.4.1 Overzicht leidingnet

Aan het leidingnet die we in het begin van dit schooljaar hebben ontvangen, deden we nog enkele aanpassingen. Inhoudelijk werd K20 toegevoegd, deze stond niet op de eerste versie van het leidingnet. Naar structuur, plaatsing van de kleppen en namen van de leidingen werden er ook wat zaken aangepast.



Figuur 2.4-2: Eerste versie leidingnet



Figuur 2.4-1: Huidige versie leidingnet

Voor de plaatsing van de namen van de leidingen hebben we ervoor gezorgd dat deze snel te vinden zijn, op de eerste versie stonden deze niet logisch geplaatst. We hebben ervoor gezorgd dat alle leidingnamen zoveel mogelijk op een rij staan zodat snel terug te vinden is hoe een bepaalde leiding noemt. De grootste verandering in het nieuwe schema zit bij de toevoer van het water. Daar zijn alle kleppen, die op de installatie bij die toevoer vertrekken, ook op het schema voor alle duidelijkheid samengebracht. Door deze kleppen samen te brengen konden we ook het aantal kruisingen tussen leidingen op het schema verminderen. Grafisch werd er ook nog een 'deksel' op de kookketel geplaatst en werd L3 in de ketel even lang gemaakt als L6 en L11. Boven het schema werd het logo toegevoegd alsook de vermelding dat de lengtes van de leidingen op het schema niet waarheidsgetrouw zijn.

## 2.4.2 Samenstelling bundel 'Standaardprogramma's'

### Inleiding

Voor de brouwinstallatie werd er een boekje samengesteld waarin alle geschreven programma's met bijhorende stappen gebundeld zijn.

In normale omstandigheden wordt er gestart met 'reinigingsprogramma 1'. In deze fase wordt er eerst water opgewarmd in het buffervat. Dit reinigingsprogramma dient om de installatie te reinigen voor het brouwen begint. Daarna volgt het 'brouwprogramma', bestaande uit 4 grote stappen: de voorbereiding voor het maischen, het maischen, koken en koelen. Op het einde hiervan kan er worden gestart met 'reinigingsprogramma 2'. In tegenstelling tot 'reinigingsprogramma 1' wordt er in dit programma gebruik gemaakt van het warme water dat reeds aanwezig is in het buffervat. Dit warme water blijft over na het koelen van het wort tijdens het brouwprogramma. Ook is er in het tweede reinigingsprogramma nog een deel handmatige reiniging voorzien, wat het eerste reinigingsprogramma niet heeft.



Figuur 2.4-3: Bundel standaardprogramma's

In alle programma's krijgt elke stap een uniek nummer. Stel dat er bijvoorbeeld een defect zou zijn tijdens een bepaalde stap, dan weet de brouwer meteen in welk programma en bijhorende stap hij zit. Daarom stelden we een algemene regel op voor de nummering van alle stappen doorheen de hele bundel 'standaardprogramma's'.

### 2.4



Programma

Alle nummers hebben als structuur A.B, waarbij A het hoofdprogramma is en B een bepaalde stap binnen het programma. De bundel bevat 7 hoofdprogramma's.

Het brouwprogramma bevat bijvoorbeeld stap 2.4. De '2' staat voor 'brouwprogramma' en de '4' staat voor het bijvullen van de kookketel.

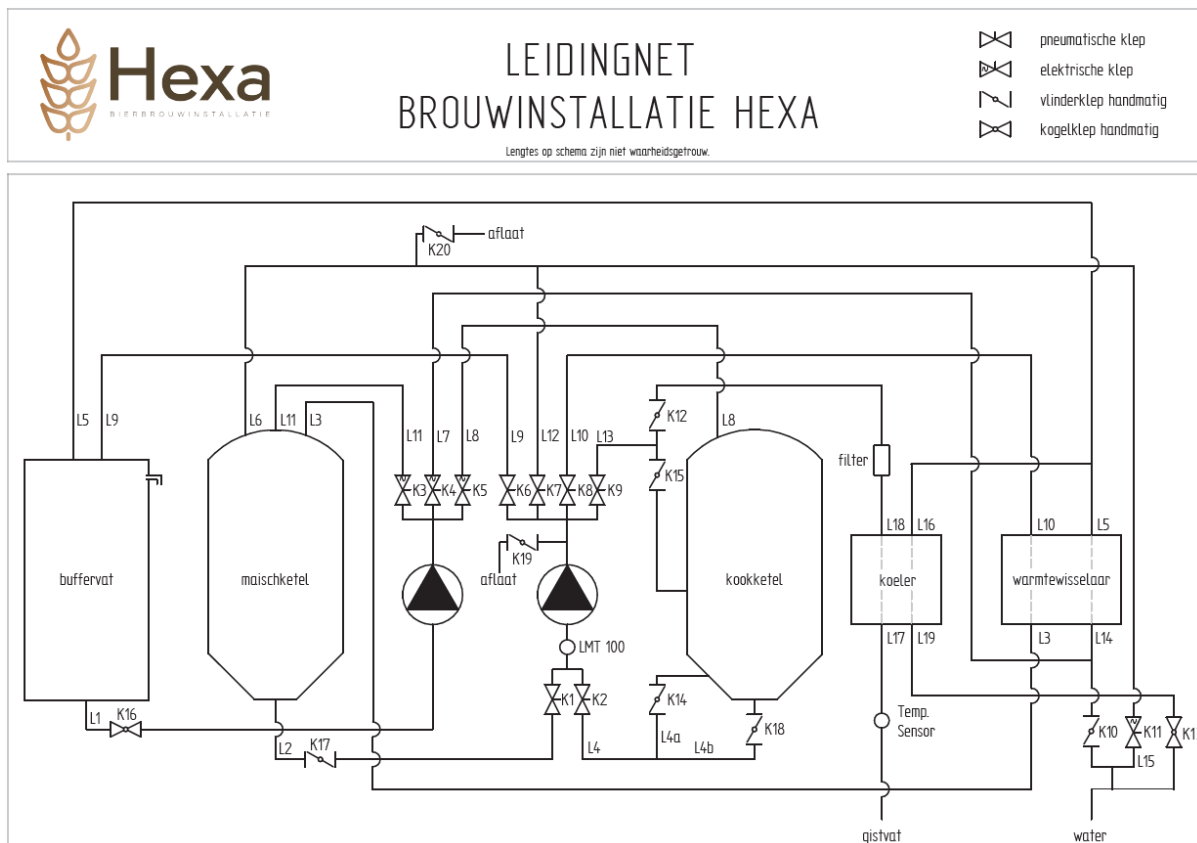
### Reinigingsprogramma 1

In het begin van het jaar werd een algemeen reinigingsprogramma opgesteld. We kregen echter de terechte opmerking van een leraar dat het beter zou zijn 2 reinigingsprogramma's op te stellen. Dit met het oog op het warme water dat overblijft in het buffervat na het koelen van het wort, zoals vermeld in de inleiding.

De hoofdgedachte bij het samenstellen van 'reinigingsprogramma 1' was dat de brouwer zo weinig mogelijk moet tussenkomen. Dit programma start met het toevoeren van water. Vanuit de watertoevoer bekeken we leiding per leiding, klep per klep met als doel zoveel mogelijk leidingen en kleppen in 1 stap te reinigen.

Reinigingsproces brouwinstallatie	21/09/2020
1. Leiding afvoer maïschketel afkoppelen + man-opening openen en mout uitscheppen.	
2. Deksel maïschketel afhalen.	
3. Filterbed maïschketel reinigen + maïschketel handmatig uitspoelen + filter uitspoelen.	
4. Filters en deksel maïschketel terug plaatsen	
5. Buffervat half vullen (platenkoeler reinigen)	K13 – L19 – Platenkoeler – L16 – L5 - BV
6. Buffervat half vullen (buisenkoeler reinigen)	K10 – L14 – Buisenkoeler – L5 - BV
7. Opwarmen buffervat + bijvullen reinigingsproduct.	
8. L7 spoelen	BV - L1 – K16 – WAP – K4 – L7 – L14 – WW – L5 - BV
9. Helft buffervat → kookketel (L9 spoelen)	BV - L1 – K16 – WAP – K5 – L8 - KK
10. Inhoud kookketel → buffervat (L9 spoelen)	KK - K18 – L4b – L4 – K2 – WOP – K6 – L9 - BV
11. Inhoud buffervat → maïschketel	BV - L1 – K16 – WAP – K3 – L11 – MK
12. Rondpompen L6 en K7 spoelen	MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K7 – L12 – L6 – MK
13. Rondpompen buisenkoeler spoelen	MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K8 – L10 – WW – L3 – MK
14. Inhoud maïschketel → kookketel	MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K9 – L13 – K15 – KK

Figuur 2.4-4: Eerste versie reinigingsprogramma (deel)



Figuur 2.4-5: Leidingnet brouwinstallatie

Al snel werd duidelijk dat het handig was alle stappen in een tabel te gieten met een onderverdeling in handmatige en automatische handelingen. Het programma werd vereenvoudigd en na wat testen haalden we er ook enkele fouten uit. Zo voegden we bijvoorbeeld een stap toe die ervoor zorgde dat het water tijdens het opwarmen enkele seconden per minuut rondgepompt werd om de warmtelagen te doorbreken en zo voor een snellere opwarming te zorgen.

RESET-knop indrukken als K15 en K17 open is.	K17 OPEN K15 OPEN	
Wort naar kookketel		K1 WOP K9
RESET-knop indrukken als K16 open is en K17 dicht.	K16 OPEN K17 DICTH	
Naspoelen met water buffervat		K3 WAP
RESET-knop indrukken als K17 open is en K16 dicht.	K16 DICTH K17 OPEN	
Spoel water naar kookketel		K1 WOP K9
RESET-knop indrukken als K17 dicht is en K18 open.	K17 DICTH K18 OPEN	
Koken		Warmte- weerstand kookketel

Figuur 2.4-6: Tweede versie reinigingsprogramma

Tijdens het uittesten van de voorlaatste versie van het eerste reinigingsprogramma ontstond er wat verwarring: wanneer moet een klep voor of tijdens een stap van stand veranderen? Daarom werd er voor elke stap een voorbereiding (VBR) toegevoegd. Tijdens deze aanpassing werd ook de flow van het water ingevoegd zodat de brouwer steeds weet waar het water passeert tijdens een bepaalde stap. Ook voerden we de standaardnummering in zoals besproken in de inleiding.

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
VBR	Blauwe darm aansluiten op L17. RESET-knop indrukken wanneer K19 dicht is en leidingen teruggeplaatst zijn.	K19 DICTH	SLB AAN
3.2.1	Maischketel deels vullen. Waarde bepalen door manueel inhoud te meten die nog over is tijdens brouwen. L15 – K11 – L6 – MK		SLG AAN K11
VBR	RESET-knop indrukken als K17 open is.	K17 OPEN	SLB AAN
3.2.4	Inhoud maischketel overpompen naar buffervat tot buffervat vol met sensor. L2 – K17 – K1 – WOP – K6 – L9 - BV		K1 WOP K6 SLG AAN
VBR	RESET-knop indrukken als K16 open is en K10 en K17 dicht is.	K17 DICTH K10 DICTH K16 OPEN	SLB AAN
3.2.5	Opwarmen buffervat Warmtelagen breken door rondpompen water (20 sec/min).		Warmte- weerstand boiler SLG AAN

Figuur 2.4-7: Derde versie reinigingsprogramma

Oorspronkelijk hadden we 3 hoofdprogramma's, namelijk 'reinigingsprogramma 1', 'brouwprogramma' en 'reinigingsprogramma 2'. Daardoor hadden we voor de stapnummering 3 cijfers. Omwille van de eenvoud zijn we overgeschakeld naar 2 cijfers waardoor we nu 7 hoofdprogramma's hebben zoals te zien in de inhoudstafel hiernaast. Deze aanpassingen vormen dan ook de definitieve versie van de bundel.

#### Inhoudstafel

Inleiding.....	3
Werking tabellen.....	4
Verklarende begrippen.....	4
Programma opstarten via interface.....	5
Reinigingsprogramma 1.....	6
1. Machinaal reinigen.....	6
Brouwprogramma.....	8
2. Voorbereiding maischen.....	8
3. Maischen.....	9
4. Koken.....	9
5. Koelen.....	10
Reinigingsprogramma 2.....	12
6. Handmatig reinigen.....	12
7. Machinaal reinigen.....	14

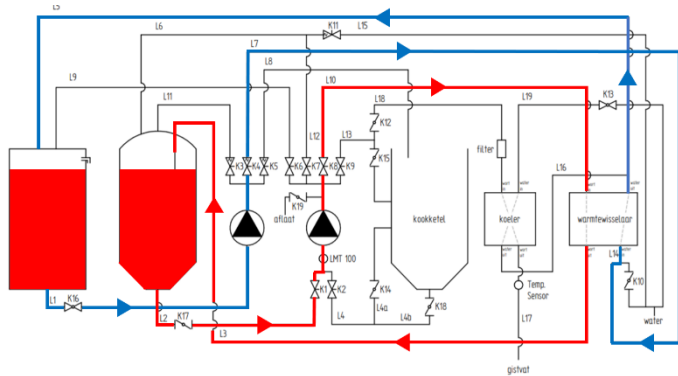
Figuur 2.4-8: Inhoudstafel 'standaardprogramma's'



## Brouwprogramma

Het brouwprogramma bestaat uit 'voorbereiding maischen', 'maischen', 'koken' en 'koelen'. De voorbereiding van het maischen omvat algemeen het vullen van het buffervat en opwarmen van het water.

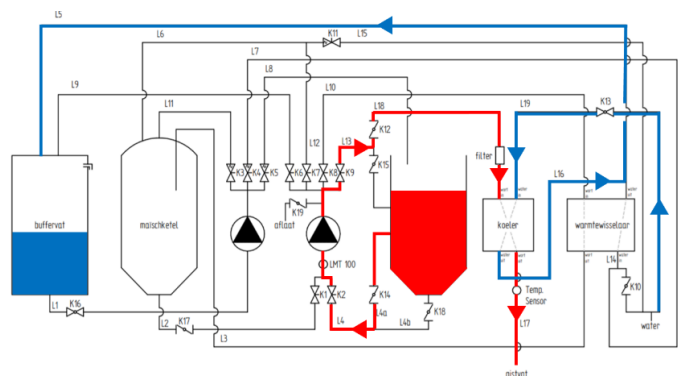
Tijdens het maischen zelf wordt het wort gedurende bepaalde tijden op bepaalde temperaturen gehouden. Dit wordt mogelijk gemaakt door 2 circuits: het eerste circuit met het wort passeert dus de maischketel zelf en de warmtewisselaar, het tweede circuit passeert het buffervat met het reeds opgewarmde water en vanzelfsprekend ook de warmtewisselaar. Door een PID-regeling (die nog wordt besproken) is de PLC in staat om zelf voor deze temperaturen te zorgen.



Figuur 2.4-9: Visualisatie maischcircuits

Tijdens het koken wordt het wort gekookt. Maar eerst gaat het wort van de maischketel naar de kookketel. Dan spoelen we na om precies de gewenste hoeveelheid wort in de kookketel te hebben en ook om alle voedingsstoffen vanuit het filterbed mee te krijgen in de kookketel. Na het koken wordt er dan nog 'gewhirlpoold' om alle grove brokken naar de onderkant te krijgen. Wanneer alle brokken zich onderaan bevinden, halen we met behulp van een leiding die hoger ligt het wort uit de ketel om geen brokken mee te hebben.

Tot slot vindt het koelen plaats, opnieuw met behulp van 2 circuits: het eerste circuit bevat de kookketel (en dus het wort) en de platenkoeler, het tweede circuit bevat de wateraansluiting voor de constante toevoer van koud water, de platenkoeler en het buffervat voor de opslag van dit water na het passeren van de warmtewisselaar.



Figuur 2.4-10: Visualisatie koelcircuits



## Reinigingsprogramma 2

Het tweede reinigingsprogramma is grotendeels hetzelfde als 'reinigingsprogramma 1'. Alleen vindt er in 'reinigingsprogramma 2' een handmatige reiniging plaats voordat de machinale reiniging start en wordt het resterend warm water gebruikt (dat overblijft in het buffervat na het koelen van het wort), zoals vermeld in de inleiding. Hoe het warme water ontstaat, is te zien in bovenstaande figuur. Het warme wort wisselt namelijk warmte uit in de platenkoeler met het leidingwater. Indien nodig kan het water nog extra gewarmd worden tot de gewenste temperatuur waarop het reinigingsprogramma kan starten.

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
6.1	1. Leiding afvoer maischketel afkoppelen. 2. Blauwe darm aankoppelen.	L2 BLD	
6.2	Mangat openen en mout uitscheppen.		
6.3	Mangat terug dicht doen.		
6.4	1. Leidingen L3, L6, L11 loskoppelen. 2. Deksel maischketel afhaken.	L3, L6, L11	
6.5	Filter, filterbed en maischketel uitspoelen en uitkuisen met grove borstel.		
6.6	1. Leiding afvoer kookketel afkoppelen. 2. Blauwe darm aankoppelen.	L4b, BLD	
6.7	1. Leiding L8 loskoppelen. 2. Deksel kookketel afhaken.	L8	
6.8	Kookketel uitspoelen en uitkuisen met grove borstel.		
6.9	Filter, deksel kookketel en L2 en L8 terugplaatsen.	L2, L8	

*Figuur 2.4-11: Deel van handmatige reiniging*

## Bundel standaardprogramma's

Onder de 'elektrische studie' is de volledige bundel standaardprogramma's terug te vinden.

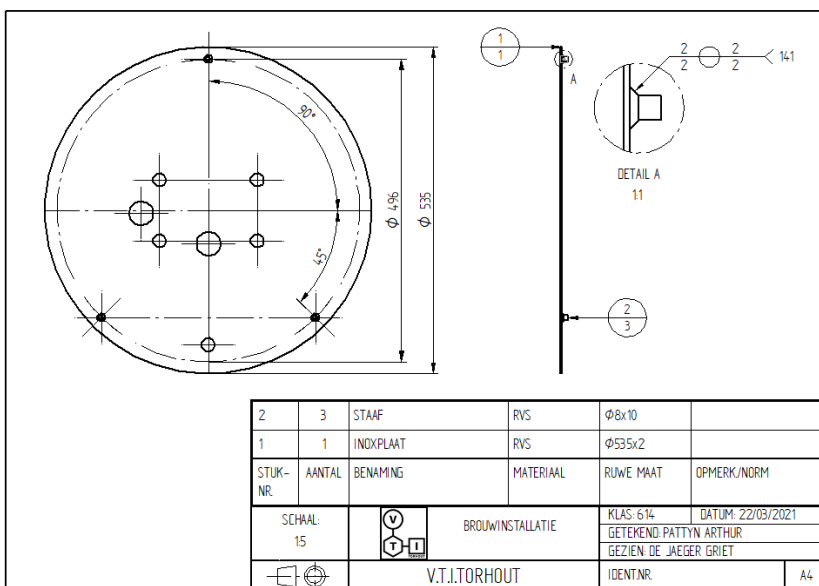
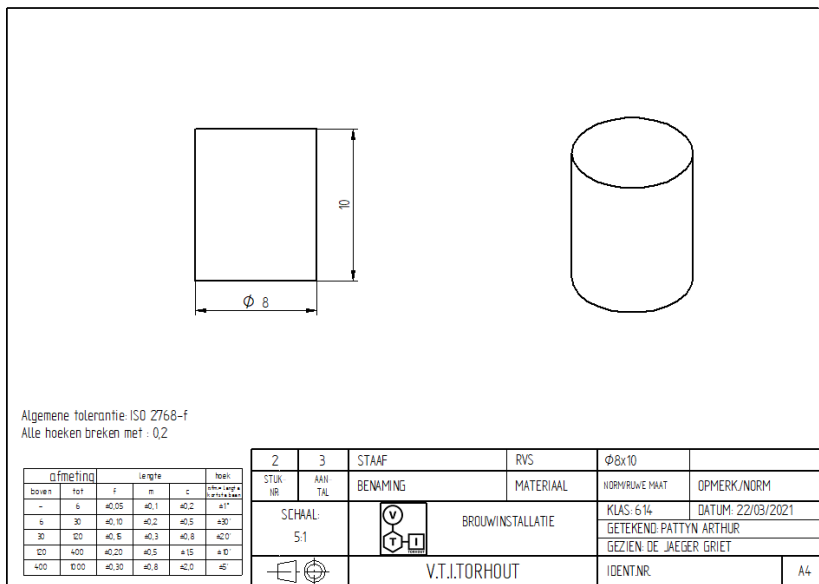
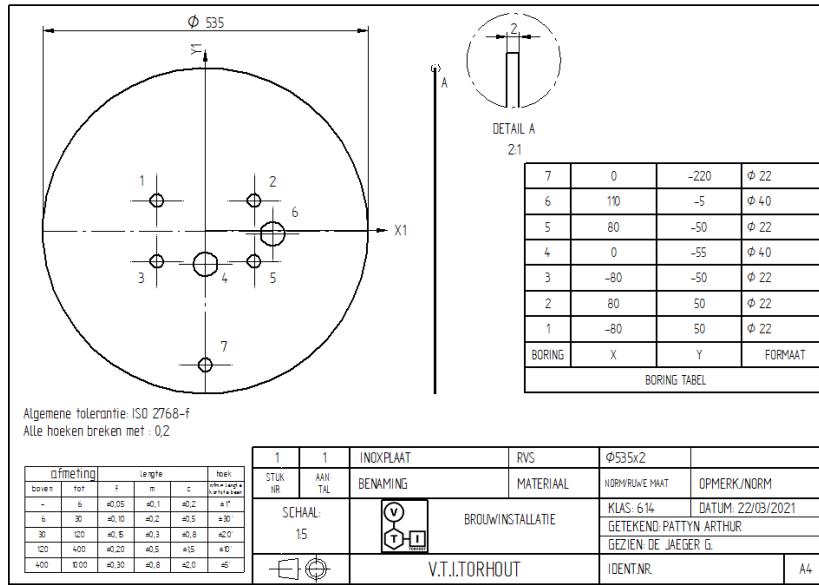
### 3 Mechanische studie

#### 3.1 Deksel buffervat

Het deksel heeft verschillende functies: afdichting van het buffervat en bevestigingsplaats van de niveausensoren die nodig zijn voor het verloop en de controle van het brouwproces. Voordien werd gebruik gemaakt van twee platen uit plexiglas (PMMA), maar met een grenstemperatuur gelegen tussen 70 en 95°C waren deze niet bestendig tegen de hoge temperaturen (maximaal +/- 95°C) met als gevolg dat dit deksel begon te smelten. Het huidige deksel is vervaardigd uit inox (304-2b), wat als extra pluspunt heeft dat dit een mooi geheel vormt met het buffervat dat dus ook net zoals de kook- en maischketel uit inox bestaat. De inoxplaat werd geproduceerd door Devos plaatbewerkingen NV en vervolgens werden de kleine staven, eveneens van inox, aan de onderkant van de plaat telkens op twee plaatsen gepunt, met behulp van TIG-lassen, in de lasserij op onze school. Dit proces zorgt voor een grote warmtetoevoer, waardoor er te veel kans zou zijn op kromtrekken als je rondom zou lassen. Ook het oppervlak zou te veel aangetast worden.



*Figuur 3.1-1: Deksel buffervat*



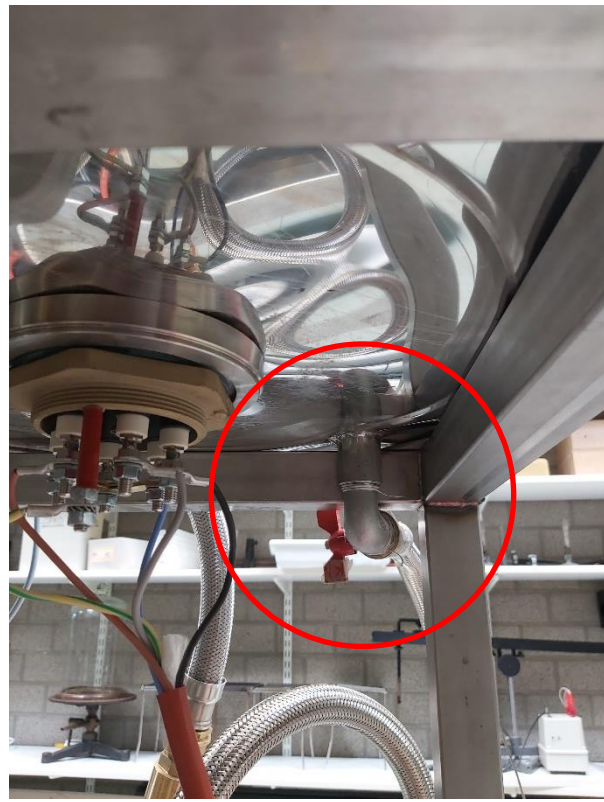
Figuur 3.1-2: Technische tekeningen deksel buffervat

### 3.2 Kraan buffervat

Via een kraan onderaan het buffervat wordt het water uit de ketel verwijderd. Oorspronkelijk was deze kraan geïnstalleerd aan de zijkant, maar hierdoor bleef het buffervat dus nog altijd met een klein volume water gevuld. Daarom werd door CoEnCo deze kraan verplaatst naar de onderkant.



Figuur 3.2-1: Kraan buffervat (zijkant)



Figuur 3.2-2: Kraan buffervat (onderkant)

### 3.3 Mouttrechter

Tijdens het bezoek aan brouwerij Den buiten merkten we bij het brouwen dat er een relatief groot volume mout moest worden toegevoegd om 30 liter bier te bekomen. Als we er dan rekening mee hielden dat onze installatie voor 150 liter bier voorzien is moet er vijf keer zoveel mout worden toegevoegd. Eens terug op school zagen we dat de opening bovenaan aan de maischketel zeer klein is om alle mout in de ketel te gieten.

Na overleg hebben we beslist om een extra boring te laten maken in het deksel van de maischketel en in deze boring een buis te laten lassen. Deze werken werden uitgevoerd door *CoEnCo*. Vervolgens hebben we een trechter gemaakt waarbij de kleinste opening is voorzien van een buis. Deze buis past precies in de buis die werd gelast in het deksel van de maischketel. Door deze trechter hebben we nu voldoende plaats om alle mout in de installatie te gieten.

De trechter die we hebben gemaakt heeft een vierkante vorm. We hebben voor dit ontwerp gekozen omdat dit toch iets eenvoudiger te realiseren is dan een ronde vorm. Bij deze vierkante vorm moesten



*Figuur 3.3-1: Mouttrechter*

er twee ruitvormen worden uitgesneden en geplooid worden op de korte diagonaal. Vervolgens moeten de geplooidde platen aan elkaar worden gelast. Door telkens een ruitvorm te plooiën moesten er maar twee naden gelast worden. Hadden we vier driehoeken uitgesneden moesten er vier naden worden gelast wat toch een minder mooie afwerking geeft.



### 3.4 Deksel kabelgoot

Om alle elektriciteitskabels mooi weg te werken wordt gebruik gemaakt van een kabelgoot. Om deze af te dichten werd een deksel gemaakt, zodat je de verschillende elektriciteitskabels niet kunt zien liggen in de kabelgoot. Dat deksel bestaat uit 6 U-profielen gemaakt uit gegalvaniseerde stalen platen. De hydraulische werkplaatspers kan tot maximaal 50 cm plooiën, waardoor we hier dus wel rekening mee moesten houden. Vandaar dat we het deksel dan ook hebben opgedeeld in een aantal U-profielen. Deze platen werden op lengte afgesneden en vervolgens geplooid.



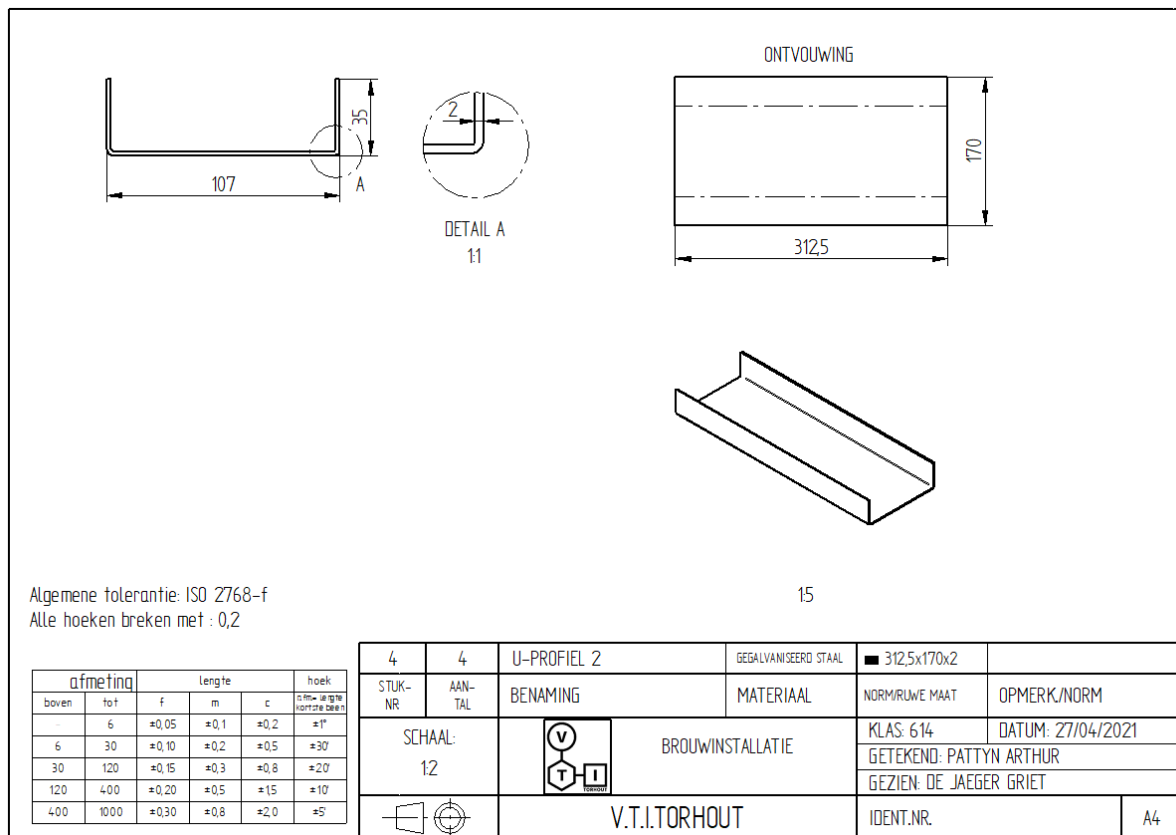
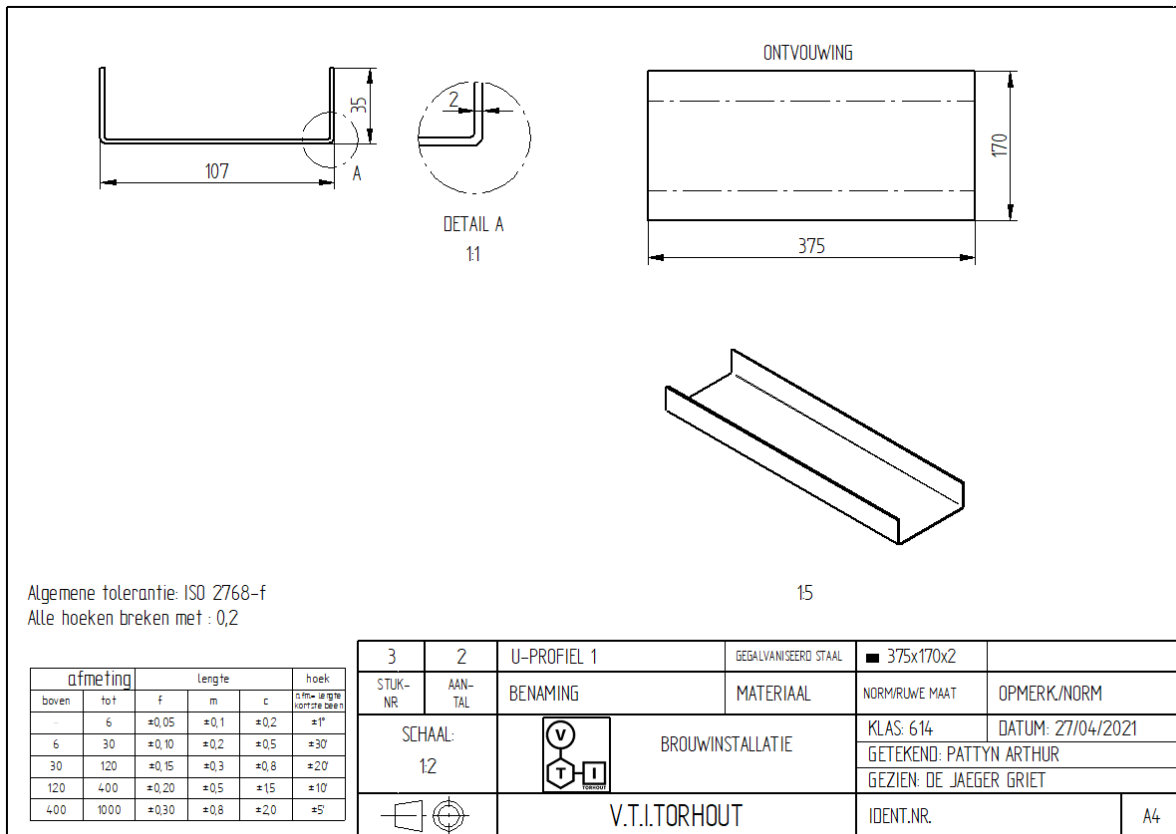
*Figuur 3.4-1: Snijden van gegalvaniseerde stalen platen*



*Figuur 3.4-2: Plooiën van gegalvaniseerde stalen platen*



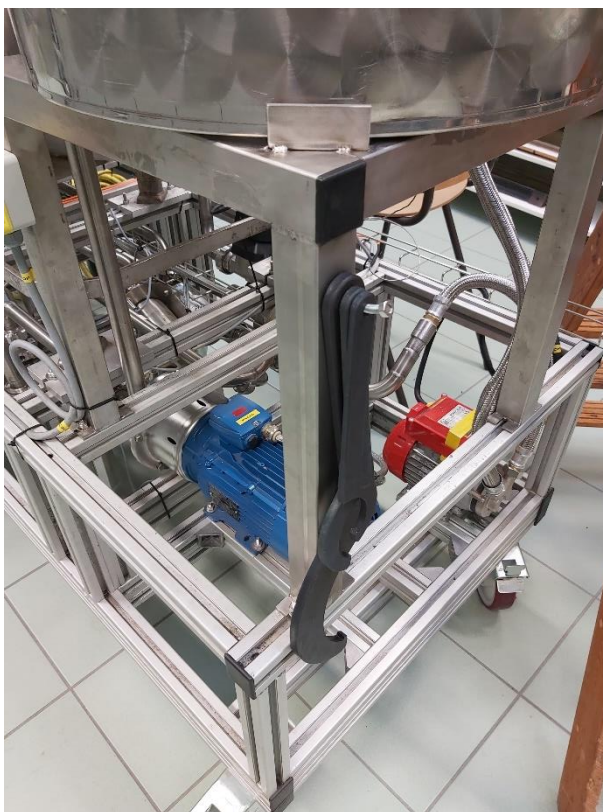
*Figuur 3.4-3: Deksel kabelgoot*



Figuur 3.4-4: Technische tekeningen deksel kabelgoot

### 3.5 Houder halvemaansleutel

Om de bierbrouwinstallatie te kunnen gebruiken, hebben we enkele tools nodig. Zo moeten er altijd drie halvemaansleutels ter beschikking zijn om de leidingen, indien nodig, te kunnen los- en vastmaken. Deze halvemaansleutels moeten snel ter beschikking zijn, waardoor ze dus beter ook aan de installatie bevestigd worden. Hiervoor hebben we een houder gemaakt die bestaat uit een gegalvaniseerde stalen draadstang M6. Die is bevestigd met moeren aan de constructie van de brouwinstallatie onderaan het buffervat. Op het uiteinde is deze draadstang wat naar boven geplooid en is er ook een moer aanwezig, zodat de sleutels niet op de grond terechtkomen bij eventuele verplaatsingen van de bierbrouwinstallatie of in andere onvoorziene situaties.



Figuur 3.5-1: Houder halvemaansleutels



### 3.6 Ontwerp bierkratje

Dit jaar hebben we een kratje gemaakt om ons bier, genaamd Steentje, eenvoudiger te kunnen verkopen. We moesten zorgen dat er plaats was voor 6 Steentjes en dat het kratje gemakkelijk draagbaar was. We kozen al snel om de kratjes te laten maken in mdf. Dit omdat we op onze school een lasercutter ter beschikking hebben om mdf te laseren. Daarmee kunnen we zelf onze kratjes maken. Het is de bedoeling dat de kratjes in de toekomst in de omloop zullen blijven doordat ze altijd bijgevuld kunnen worden bij dhr. Vansteenlandt. Dit zorgt ervoor dat we niet iedere keer nieuwe kratjes moeten produceren voor dezelfde persoon. Voor de consument komt dit ook goedkoper uit want hij/zij moet het kratje dan niet meer opnieuw betalen.

#### 3.6.1 Mdf

Mdf (Medium-Density Fibreboard) is een soort plaatmateriaal. Het zijn houtvezels die samen met lijm geperst zijn tot een plaatmateriaal. Doordat het geperst is, kan mdf niet splinteren, wat een groot voordeel is bij het bewerken van mdf. De kern van mdf heeft meestal een lagere massadichtheid. Het oplosmiddel van de gebruikte lijm is meestal formaldehyde. Dit zorgt ervoor dat mdf jaren na de productie nog altijd formaldehyde uitstoot. Zolang die uitstoot te niet groot is, is dit eigenlijk geen probleem, maar als je continu werkt in een ruimte waar er een formaldehyde-uitstoot is en er is daar bovendien niet genoeg ventilatie, dan kun je beroepsastma ontwikkelen. Er bestaat een soort mdf zonder toegevoegde formaldehyde, namelijk mdf zf.

#### 3.6.2 Mdf schilderen

Mdf een kleur geven is niet zo eenvoudig. Doordat het geperste houtvezels zijn, is dit plaatmateriaal zeer absorberend. Daardoor wordt je verf geabsorbeerd in plaats van je plaat een kleur te geven. Na enkele lagen te schilderen zou je wel een gekleurde plaat kunnen bekomen. Als je hem echt wil schilderen, kun je de plaat ook eerst ontvetten en daarna de plaat behandelen met een primer. Dit zorgt ervoor dat de plaat minder verf absorbeert waardoor je de plaat sneller met kleur kunt dekken. Hiernaast zie je een afbeelding van een deel mdf dat we met een spuitbus wit hebben gespoten. Al snel merkten we dat bijna al de verf geabsorbeerd wordt.



Figuur 3.6-1: Gespoten mdf

#### 3.6.3 Soorten mdf

Er bestaan verschillende soorten van mdf. De normale mdf kun je herkennen aan de lichtbruine kleur. Op school maken we gebruik van deze mdf. De gewone mdf kun je voor alles gebruiken in droge omstandigheden. Het plaatmateriaal van mdf kan verschillende diktes aannemen. Op school gebruiken we altijd de diktes 3, 4 of 6 mm.



Figuur 3.6-2: Gewone mdf

Aangezien het moeilijk is om mdf te verven en aangezien er wel zwarte mdf bestaat, kiezen wij ervoor om zwarte mdf te gebruiken. Dat is mdf die tot in de kern zwart is gekleurd. Dit komt doordat ze bij het maken van dit plaatmateriaal gebruik hebben gemaakt van een zwart pigment. Deze zwarte mdf wordt ook harder samengedrukt waardoor de massadichtheid groter wordt. Dit merken we bij het laseren. De laserstraal gaat namelijk moeilijker door de zwarte mdf dan door een normale mdf-plaat. Het pigment zorgt er ook voor dat de laser sneller vervuild geraakt waardoor de mdf moeilijker te laseren is. Deze mdf is ook vochtwerend doordat bij de productie van deze plaat waterafstotende lijm is gebruikt. Doordat de plaat vochtwerend is, kan hij nu gebruikt worden in vochtige ruimtes als je de mdf lakt, maar nog altijd niet buitenshuis.



Figuur 3.6-3: Zwarte mdf

### 3.6.4 Mdf laseren

Met de lasercutter op onze school kunnen we mdf gemakkelijk laseren. Mdf wordt het best gelaserd want als je mdf gebruikt voor bewerking met een frees of met beitels dan zal je snel vaststellen dat er slijtage optreedt aan je frees of beitel. Dit komt doordat mdf houtvezels zijn die samengedrukt zijn met lijm.

### 3.6.5 Verkoop

Voor de herfstvakantie konden alle leerkrachten en leerlingen van onze klas kratjes bestellen. Dit was de eerste keer dat de kratjes besteld konden worden. Uiteindelijk hebben we de kratjes dan tegen de kerstvakantie gemaakt en verkocht. Voor deze eerste verkoop hebben we zwarte mdf gekleurd in de massa,



Figuur 3.6-4: Kratje verkoop

gebruikt. We kozen voor speciale mdf te gebruiken voor het decoratieve aspect alsook omdat de gewone mdf de mensen direct aan mdf deed denken. Bij dit materiaal zie je niet direct dat het geperste houtvezels zijn. Dat deze mdf vochtwerend is en een hogere densiteit heeft, is handig meegenomen, maar niet noodzakelijk om een kratje te produceren.

In de toekomst zouden we elk schooljaar 1 à 2 verkoopacties houden zodat ons bier bekend blijft. Die verkoopactie zou dan georganiseerd worden door het vijfde jaar industriële wetenschappen. Ze kiezen dan zelf welke mdf ze gebruiken. De opbrengst van deze verkoopacties wordt gebruikt om al het materiaal te kunnen aankopen voor toekomstige GIP's.

### 3.6.6 Test kratje

Bij de productie van de zwarte kratjes ondervonden we dat de lasercutter veel meer moeite had om de zwarte mdf te laseren dan de gewone mdf. Dit kwam door de grotere massadichtheid en het pigment van de zwarte mdf. Uiteindelijk merkten we ook dat de mdf zeker sterk genoeg was, maar werden we nieuwsgierig of er veel verschil was in de sterkte van mdf van 3 mm en van 6 mm. Daarom hebben we twee kratjes gemaakt van gewone mdf. Een kratje met een dikte van 3 mm, het andere kratje had een dikte van 6 mm. Daarna wogen we de twee kratjes zonder het middenstuk. Het kratje van 3 mm woog 390,1 gram, het tweede kratje woog 820,9 gram. Toen wogen we ook de inhoud van een kratje, dit hield in dat we de gevulde flesjes wogen. Een flesje woog 624,8 gram. Als we dat vermenigvuldigen met zes komen we aan een gewicht van 3,749 kilogram. We vulden het kratje van 3 mm met 6 flesjes en dit lukte zonder problemen. Toen zochten we zware gewichten om erin te leggen. Het maximumgewicht in een kratje van 3 mm was 20,2 kilogram. Toen er zoveel gewicht in het kratje lag, kon het kratje dit gewicht nog dragen. Toen we een beetje met het kratje bewogen, brak het handvat in het midden in twee. Daarna schoten de twee stukjes uit de constructie en viel het kratje op de grond. Door de harde klap is het grondvlak ook gesneuveld. Dit aan de vertanding alsook op de plaatsen waar het gewicht eindigde, dus rond de cilinders. Dit omdat we eerst de cilinders in het kistje hebben geplaatst en dan nog enkele extra stalen plaatjes op de cilinders.



Figuur 3.6-5: Test kratje

We kunnen dus concluderen dat we gerust ook een dunnere soort mdf mogen gebruiken. Want met deze test hebben we aangetoond dat mdf van 3 mm ook sterk genoeg is voor 6 flesjes. Het gewicht van een zwart kratje is zonder middenstuk is 843,0 gram. Dit is een klein beetje zwaarder dan een kratje van gewone mdf en dikte van 6 mm. Dit wil zeggen dat zwarte mdf niet zo heel veel verschilt van de standaard mdf op het vlak van sterkte. Om het kratje in elkaar te zetten, gebruiken we wel lijm.

## 3.7 3D-tekening

### 3.7.1 Inleiding

Van de brouwinstallatie werd ook een 3D-tekening gemaakt. Een 3D-tekening is in vele opzichten handig.

- Een 3D-tekening is veel duidelijker dan een foto (bv. In de gebruiksaanwijzing).
- Voor de brouwer kan het een referentie zijn wanneer hij onzeker is over het terugplaatsen van een losgemaakt onderdeel.
- Door het onzichtbaar maken van onderdelen kan de flow zeer duidelijk worden gevisualiseerd.
- Fysische eigenschappen van de installatie zijn a.d.h.v. een 3D-tekening snel te bepalen, zoals massa, lengte, hoogte ...



Figuur 3.7-1: Gerenderde 3D

- Wanneer we niet in staat zijn om bij de brouwer ter plaatse te gaan bij een probleem, hebben we meteen een realistisch beeld van de installatie. De installatie kan ook bekeken worden met een VR-bril.
- De 3D-tekening kan ook gebruikt worden om werktekeningen van te maken. Als een onderdeel ontbreekt, kan dit op deze manier gemakkelijk gemaakt of besteld worden.

De 3D-tekening was al in ontwikkeling vanaf de start van het project. Dit schooljaar werden er heel wat aanpassingen doorgevoerd omwille van ontbrekende onderdelen. Voor het eerst werd de installatie ook in zijn geheel getekend.

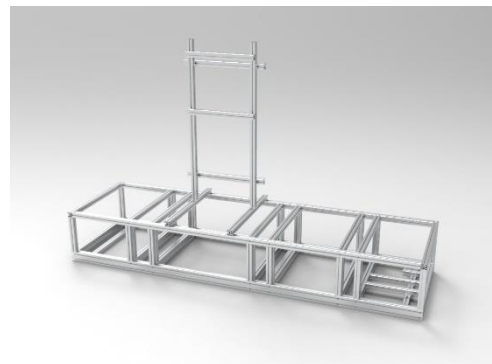
### 3.7.2 Onderdelen

#### Inleiding

Begin dit schooljaar stelden we vast dat de 3D-tekening die de voorbije jaren gemaakt werd, onvolledig was. De leidingen waren er wel al. We kwamen echter tot de vaststelling dat we hier weinig aan hadden voor onze doelstelling dit jaar, waarom dit zo is, leggen we verder uit. Hieronder kan je terugvinden welke onderdelen nog moesten getekend of aangepast worden.

#### Onderstel

Het onderstel was nagenoeg perfect. Enkel bij de elektrische kast en de pompen werden nog enkele Rexroth-profielen bijgevoegd. Het ontwerpen van het onderstel wordt mogelijk gemaakt door de functie 'Frame' in Solid Edge. Eerst moeten via een 3D-schets lijnen getekend worden waar alle profielen moeten komen, daarna vervangt Solid Edge deze lijnen door het geselecteerde profiel. Dit is handig aangezien we anders alle profielen apart op maat zouden moeten tekenen. Een bijkomend voordeel is dat Solid Edge heel snel een zaaglijst kan genereren alsook de totale lengte van de benodigde profielen. Zo kan ook snel een goede kostprijsberekening gebeuren.



Figuur 3.7-2: Definitieve versie onderstel

#### Kookketel en maischketel

De kook- en maischketel waren ook al getekend, maar bij het vergelijken met de installatie zelf bleken de afmetingen tussen de poten niet te kloppen. Ook werd het filterbed op de bodem van de maischketel getekend. De buis (om de trechter over te schuiven) die bovenop de ketel werd gelast om het mout gemakkelijker in de ketel te kunnen brengen, werd toegevoegd.



Figuur 3.7-3: Maischketel

## Frequentieregelaars

De frequentieregelaars waren nog niet getekend. De Danfoss-frequentieregelaar (links op de rendering) werd overgetekend, de Lenze SMD werd van het internet gehaald. De behuizing waarin de Lenze SMD zit, hebben we overgetekend.



Figuur 3.7-4: Frequentieregelaars

## Onderstel buffervat

Het onderstel was nog niet getekend en werd bijgevolg ook toegevoegd aan de tekening.

## Leidingen

We stelden vast dat de getekende leidingen niet volledig klopten met de werkelijke leidingen. Na wat research bleek waarom dit zo was. De voorbije jaren was het doel van het tekenen van de leidingen niet de installatie in zijn geheel te tekenen, maar de stappen doorheen het brouwproces apart te visualiseren. Daarom werd er geen aandacht besteed aan bijvoorbeeld een S-bocht, omdat dit toch geen nut had op een tekening die niet werd samengevoegd met andere tekeningen. Wij moesten daarmee wel rekening houden. Als wij bijvoorbeeld de S-bocht niet zouden tekenen, dan zou de leiding ergens anders op de installatie komen te liggen in vergelijking met de echte installatie en zou de samengestelde tekening dus niet meer correct zijn.



Figuur 3.7-5: Deel van het leidingnet



### Elektrische kast

De elektrische kast werd ook getekend, alsook de signaaltoren en auditieve melder die er bovenop komen. Om de tekening zo waarheidsgetrouw mogelijk te maken, werden de stickers die op de elektrische kast hangen, ook toegevoegd.

### Afdekplaat buffervat

Voor het buffervat werd er een nieuwe afdekplaat gemaakt. Deze was eerst uit plexiglas, maar bij het testen begon deze te smelten door de hoge temperaturen. De plaat werd uiteindelijk vervangen door RVS. Er werden extra gaten toegevoegd voor de nieuwe sensoren en er werden punten aan de onderkant van de plaat gelast zodat deze niet kan verschuiven.

### Pneumatische kleppen

Bij controle van de cilinder op de tekening bleek dat deze te lang was, deze werd dan ook ingekort om te voorkomen dat de cilinders kruisen met andere leidingen.

### Mantelweerstand

De mantelweerstand werd ook getekend. Op de bovenkant van de weerstand werd 1 inkerving getekend en deze handeling werd vervolgens automatisch herhaald aan de hand van de functie 'pattern'.

### Wortpomp

De motor van de wortpomp werd van de website van de producent gehaald, MEZ-motoren. Het stuk dat zorgt voor het rondpompen van de vloeistof hebben we zelf getekend.



Figuur 3.7-6: Elektrische kast



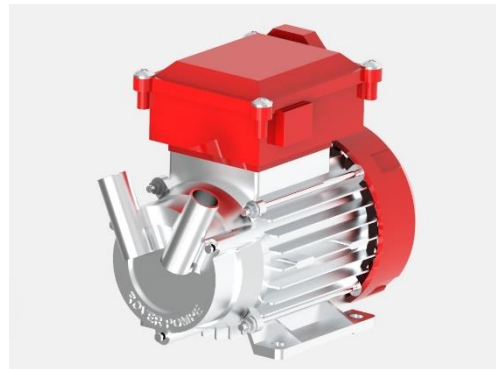
Figuur 3.7-7: Mantelweerstand



Figuur 3.7-8: Wortpomp

## Waterpomp

De waterpomp was reeds van het internet gehaald, maar het stuk waar de leidingen op aangesloten worden, ontbrak. Dit onderdeel hebben we dan zelf getekend.



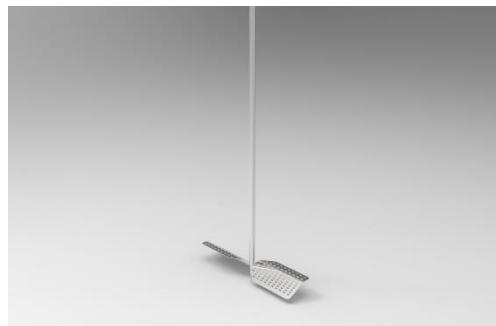
*Figuur 3.7-9: Waterpomp*

## Motor roerder

De motor van de roerder en de roerder zelf waren er nog niet. Deze onderdelen hebben we zelf getekend, alsook de reductie.



*Figuur 3.7-10: Motor roerder*



*Figuur 3.7-11: Roerder*

## Overige

De noodstop, luchtverzorgingseenheid en het ventieleiland waren er nog niet en werden van het internet gehaald.



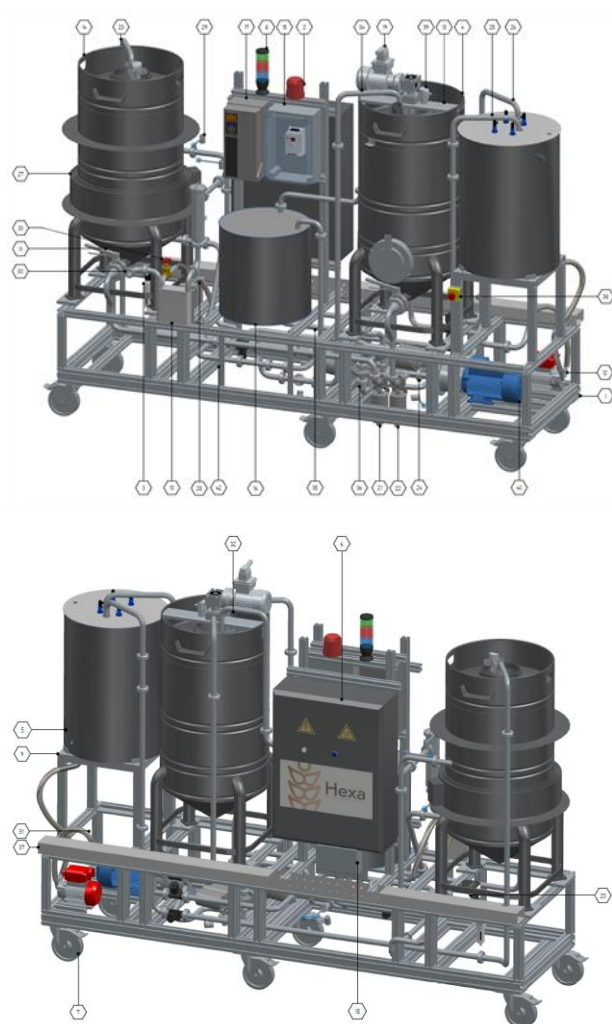
### 3.7.3 Samengestelde tekening

De voorbije jaren was de intentie dus om de stappen doorheen het brouwproces apart te visualiseren en niet om de installatie in zijn geheel te tekenen. Voor onze doeleinden hebben we wel een samengestelde tekening aangemaakt. Alles op de samengestelde tekening komt zo goed mogelijk overeen met de installatie zelf, maar wanneer verschillende leidingen moeten samenkomen op een bepaald punt, is het vanzelfsprekend dat dit niet volledig klopt. Dit is te verklaren door meetfouten, leidingen die niet volledig recht liggen... Daardoor was er heel wat werk om de leidingen aan te passen op de tekening, zodanig dat ze mooi aansluiten op elkaar. Ook waren er leidingen die elkaar kruisten die moesten aangepast worden.



Figuur 3.7-12: Leiding sluit niet goed aan

Van de samengestelde tekening werd ook een 2D gemaakt voor in de gebruiksaanwijzing. Op deze 2D krijgt elk onderdeel een nummer en kan in de stukkenlijst de naam dan teruggevonden worden.



Figuur 3.7-13: 2D-tekening met stukkenlijst

STUK-NR.	AANTAL	BENAMING	STUK-NR.	AANTAL	BENAMING
1	1	ONDERSTEL	22	1	L2
2	1	ALARM	23	1	L8
3	1	LUCHTVERZORGINGSEENHEID	24	1	K1-K2-WOP
4	1	MAISCHKETEL	25	1	L9
5	1	BUFFERVAT	26	1	L5
6	1	ELEKTRISCHE KAST	27	1	MANTELWEERSTAND
7	6	WIEL	28	1	L16
8	1	SIGNAALTOREN	29	1	L18-L13
9	1	ONDERSTEL	30	1	L17
10	1	PLATENKOELER	31	1	L11-L1
11	2	VILINDERKLEP KETEL	32	1	L3
12	1	WATERPOMP	33	1	L19
13	1	STEUNPLAAT POMP	34	1	L6-L12-L15
14	1	KOOKKETEL	35	1	L10
15	1	LENZE	36	1	WOP NAAR PNEU KLEPPEN
16	1	WARMTEWISSELAAR	37	1	KABELGOOT
17	1	DANFOSS	38	1	NOODSTOP
18	1	OMVORMINGSKAST	39	1	LR2750
19	1	NORD 63L-4	40	1	WORTPOMP
20	1	PNEUMATISCH VENTIELEILAND	41	1	ROERDER
21	1	L4b-L4c-L4	42	2	STEUNPLAAT LEIDING

### 3.7.4 Rendering

#### Inleiding

Alle voorgaande afbeeldingen uit dit deel zijn gerenderde afbeeldingen. Het renderen stelt ons in staat om van onze samengestelde tekening een levensechte afbeelding te maken. Renderen laat ons toe de informatie van een 3D-object om te zetten naar een 2D-afbeelding.

#### Renderen?

Onbewust komen we in ons dagelijks leven veel in contact met renderings. Bijvoorbeeld een advertentie voor een nieuw appartement in uw buurt. Uiteraard staat dit appartementsgebouw er nog niet, maar doordat deze 3D-tekening gerenderd is, lijkt dit gebouw levensecht.

Bedrijven maken ook nog om een andere reden gebruik van renderings. Voordat ze investeren in een fysiek model, kunnen ze de potentie en interesse van de markt testen doordat renderings levensecht lijken. Veel reclames bevatten hierdoor dus renderings.

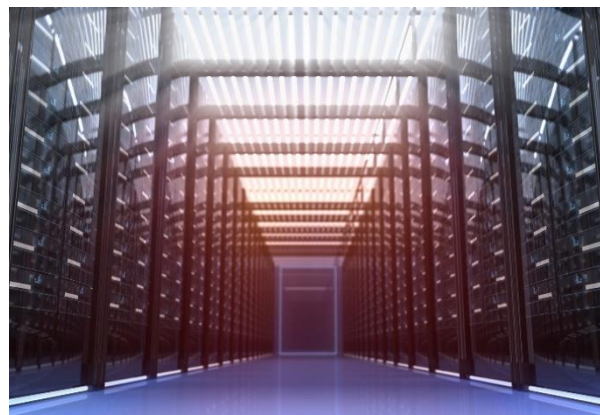


Figuur 3.7-14: Gerenderde 3D van appartementsgebouw

Nog een voorbeeld waar renderings enorm veel worden toegepast, zijn animatiefilms. Video's bestaan uit frames, waarbij een frame een foto (cameratoestel) of een rendering (3D-model) is. Per seconde hebben we dus een aantal frames nodig om het beeld vloeiend te laten overkomen. De meeste formaten zijn 24 FPS, 30 FPS en 60 FPS, waarbij FPS staat voor frames per second.

Een toepassing uit de film *Monster's University* van Pixar ter illustratie. Deze film is een animatiefilm, dus ieder frame in deze film moet gerenderd worden. Pixar liet weten dat op een 'standaardcomputer' het 24 uur zou duren om 1 frame te renderen. De meeste films worden gemaakt op 24 FPS en deze film van Pixar duurt ongeveer 100 minuten. Dat komt neer op 144000 frames voor de film in het totaal. Dit zou willen zeggen dat deze film 395 jaar nodig heeft om te renderen!

Dit is in de realiteit niet zo, want hier bieden zogenaamde 'render farms' een oplossing. Bedrijven die veel met 3D-renderings in contact komen, hebben standaard 'render farms' in hun bedrijf. Een 'render farm' is in feite een supercomputer. Zo heeft ook Pixar zijn eigen 'render farm' die bestaat uit 2000 machines, en 24000 cores (ter vergelijking: een standaard computer heeft 2 tot 4 cores). Deze 'render farm' van Pixar maakt deel uit van de 25 grootste supercomputers in de wereld. Met al deze rekenkracht kostte het nog steeds 2 jaar om *Monster's University* te renderen.



Figuur 3.7-15: Render farm

## Werking

Om te weten wat nu het verschil is tussen een standaard 3D-tekening en een gerenderde 3D moeten we bekijken wat we allemaal toevoegen van informatie in de rendering.

Een eerste verschil is dat we in een rendering een materiaal kunnen toevoegen aan een bepaald onderdeel. In Solid Edge (het tekenprogramma waarin alles werd getekend) kunnen we ook onderdelen een kleur geven, maar het materiaal in de rendering is veel accurater, en past zich ook aan. De reflectie van een materiaal wordt bijvoorbeeld sterker bij verhoogd omgevingslicht.

Het omgevingslicht wordt bepaald door de omgeving, en ook die kunnen we aanpassen. Voor de afbeeldingen in de interface kozen we een neutrale omgeving, met voldoende licht zodat alle onderdelen duidelijk zichtbaar zijn. Het verschil wordt meteen zichtbaar wanneer we kiezen voor een donkere omgeving, onderdelen worden meteen een stuk onduidelijker.

Verder kunnen we de intensiteit van de schaduwen en reflecties wijzigen.



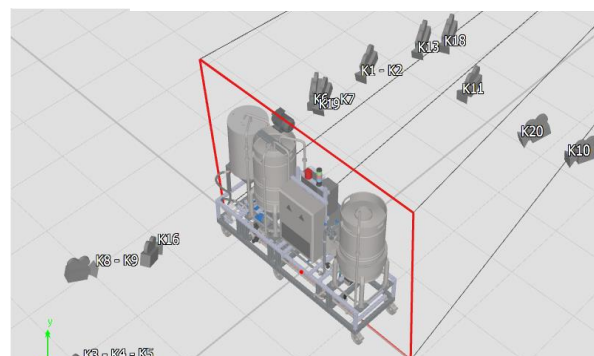
*Figuur 3.7-16: Heldere omgeving*

Voor de afbeeldingen in de presentaties kozen we voor een moderne opslagplaats, zodat de rendering nog beter overeenkomt met de werkelijkheid. Deze renderings kunt u verder terugvinden.



*Figuur 3.7-17: Donkere omgeving*

In de rendering werden ook camera's toegevoegd. Iedere handmatige klep heeft zijn eigen camera, elektrische en pneumatische kleppen werden samengenomen. Het toevoegen van de camera's voorkomt dat we 18 renderings handmatig moeten maken, we voegen namelijk een keer alle camera's toe en laten het programma deze 18 aanzichten in een keer renderen. Deze aanzichten hebben we nodig voor de online interface, waarin de brouwer zal kunnen zien hoe een klep moet komen te staan tijdens een bepaalde stap.



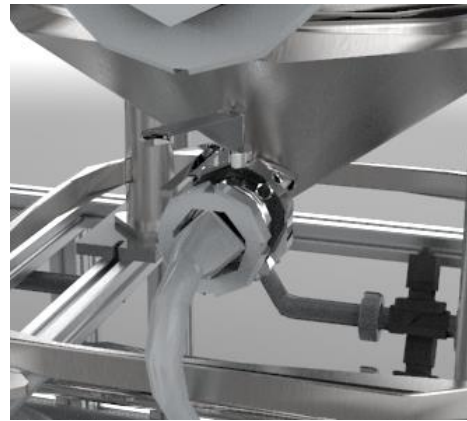
*Figuur 3.7-18: Aanzichten in rendering*

## Problemen

De afbeeldingen van deze aanzichten moeten in het intern geheugen van de ESP32, omdat ook hier de code van de interface op staat. Het probleem is nu dat dit intern geheugen slechts 4 MB groot is, en dat er dus maximum 2-3 MB over is voor de afbeeldingen. Dit wil zeggen dat de afbeeldingen een zeer kleine bestandsgrootte moeten hebben.

Eigenlijk bestaat onze tekening uit allemaal driehoekjes, maar dit uitleggen zou ons te ver leiden. Het principe is dat hoe lager de kwaliteit, hoe minder driehoekjes er zijn. Doordat we de kwaliteit zo laag mogelijk houden, worden ronde objecten plots hoekig. Dit lossen we op door de afbeeldingen wél te renderen op een hoge kwaliteit en dan online te comprimeren naar een kleinere bestandsgrootte. Ter vergelijking: bij de lage-kwaliteitsrendering hadden we 366 098 driehoekjes, bij de hoge-kwaliteitsrendering hadden we er maar liefst 5 138 170.

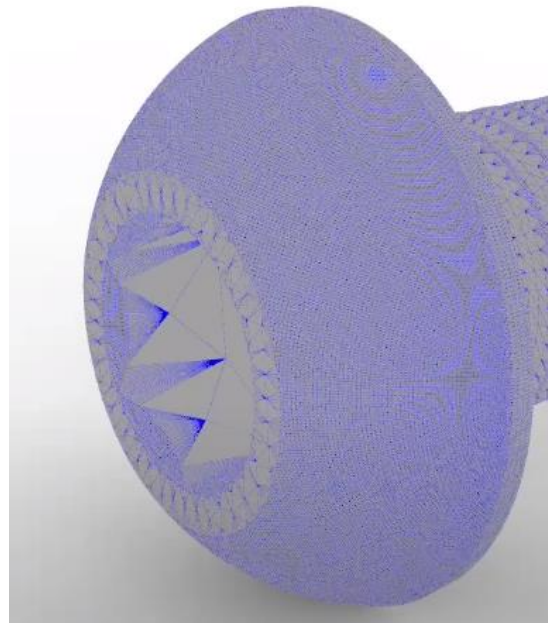
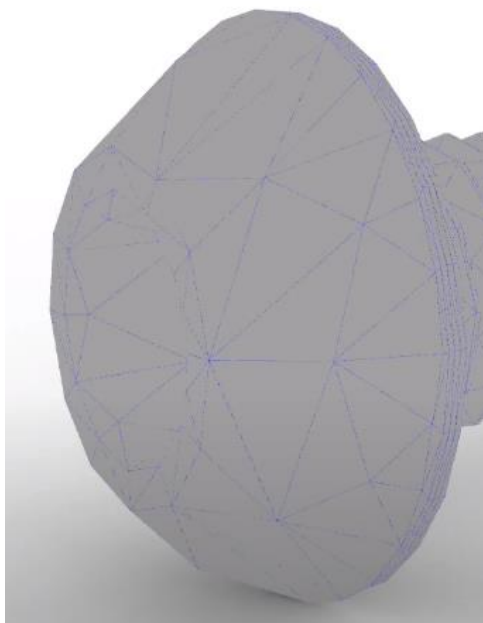
Op onderstaande afbeelding zien we links een rendering op lage kwaliteit en rechts een rendering op hoge kwaliteit. De blauwe lijnen zijn de omtrekken van de driehoeken. De linker afbeelding zal dus hoekiger zijn dan de rechter afbeelding.



*Figuur 3.7-19: Gerenderde aanzicht op lage kwaliteit*



*Figuur 3.7-20: Gerenderd aanzicht op hoge kwaliteit*



*Figuur 3.7-21: Driehoekjes in rendering*



## Resultaat

Onderstaand resultaat bekomen we na het renderen van de 3D-tekening. Ter vergelijking is de niet-gerenderde 3D-tekening bijgevoegd.



*Figuur 3.7-22: Gerenderde 3D-tekening voorkant*



*Figuur 3.7-23: Niet-gerenderde 3D-tekening voorkant*



*Figuur 3.7-25: Gerenderde 3D-tekening achterkant*



*Figuur 3.7-24: Niet-gerenderde 3D-tekening achterkant*

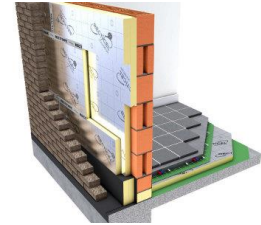
## 3.8 Isolatie

### 3.8.1 Algemeen

Isolatie is een veelgebruikt materiaal in de bouw, maar ook in enkele andere sectoren.

#### Bouw

De bouw is de meest gekende sector op vlak van isolatie. Zowel vloer-, dak- als muurisolatie zijn noodzakelijk in iedere woning, kantoorgebouw, industriegebouw...



*Figuur 3.8-1: Isolatie in de bouw*

#### Machinebouw

Ook in de machinebouw wordt dus isolatie toegepast, voornamelijk om geluidsoverlast van de machines te voorkomen.



*Figuur 3.8-2: Isolatie in de machinebouw*

#### Bierbrouwinstallatie

Bij de bierbrouwinstallatie komt ook de nodige isolatie voor. Zo werken we met XPS-isolatie rond de ketels en met PE-isolatie rond de leiding van het buffervat, die dient als toevoer, om zo de warmteverliezen tijdens het brouwen van het bier zo goed mogelijk te vermijden.



*Figuur 3.8-3: Isolatie rond het buffervat, de maischketel en de (toevoer)leiding van het buffervat*



*Figuur 3.8-4: Geen isolatie rond de kookketel (\*mantelweerstand)*



### 3.8.2 Soorten isolatie

#### Grondstof

##### Minerale isolatie

Minerale isolatie heeft enkele grondstoffen:

- gerecycleerd glas;
- gesmolten mineralen;
- gesteenten.



*Figuur 3.8-5: Minerale isolatie*

Deze isolatie bestaat uit gesponnen draden gemaakt uit bovenstaande grondstoffen. De wol kan je laten inblazen in bv. spouwmuur, maar de woldraden worden ook samengeperst of gesmolten tot isolatiedekens en isolatieplaten.

- Glaswol

Dit is 1 van de meest gebruikte isolatiematerialen binnenshuis (gemaakt van gerecycleerd glas en zand). Glaswoldekens en gespoten glaswol zijn bv. ideaal om hellende daken aan de binnenkant te isoleren. Maar ook plafonds, houten vloeren en binnenmuren kan je isoleren met glaswol.

- Rotswol

Met deze minerale wol (gemaakt van gesmolten vulkanische gesteente) kan je zowel daken, muren als vloeren isoleren. Rotswol (steenwol) zorgt voor een even goede thermische isolatie als glaswol én zelfs voor een nog betere geluidsisolatie.

- Cellenglas

Isolatiespecialisten gebruiken platen of blokken van cellenglas (gemaakt van gerecycleerd glas en een aantal hulpstoffen) voor de isolatie van vochtige omgevingen zoals kelders, platte daken, groendaken en gevels. Cellenglas is namelijk damp- en waterdicht en heeft een levensduur van meer dan 50 jaar.

- Lambdawaarde

Soort minerale isolatie	Lambdawaarde [W/mK]
Glaswol	0,030 – 0,040
Rotswol	0,035 – 0,040
Cellenglas	0,040 – 0,050

- Voor- en nadelen

Soort minerale isolatie	Voordelen	Nadelen
Glaswol	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruiksvriendelijk</li> <li>- Brandveilig materiaal</li> <li>- Recycleerbare isolatie</li> <li>- Duurzaam</li> <li>- Prijs / kwaliteit zeer goed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grotere isolatiedikte nodig dan bij kunststofisolatie</li> <li>- Slechte vochtbestendigheid</li> <li>- Vrijkomen vezels bij verwerken</li> </ul>

Rotswol	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruiksvriendelijk</li> <li>- Brandveilig materiaal</li> <li>- Recycleerbare isolatie</li> <li>- Duurzaam</li> <li>- Prijs / kwaliteit zeer goed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grotere isolatiedikte nodig dan bij kunststofisolatie</li> <li>- Slechte vochtbestendigheid</li> <li>- Vrijkomen vezels bij verwerken</li> </ul>
Cellenglas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brandveilig materiaal</li> <li>- Goede vochtbestendigheid</li> <li>- Recycleerbare isolatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grotere isolatiedikte nodig dan bij kunststofisolatie</li> <li>- Stug waardoor moeilijker te verwerken dan glas- en rotswol</li> <li>- Vrijkomen ongewenste geuren bij verwerken</li> <li>- Duur</li> </ul>

- **Kostprijs**

Soort minerale isolatie	Kostprijs per m <sup>2</sup> (excl. btw en plaatsing) [€]
Glaswol	4 – 45
Rotswol	4 – 20
Cellenglas	10 – 100

- **Kunststofisolatie**

Kunststofisolatie omvat vooral chemische (hard)schuimen op basis van aardolie als PUR, PIR, EPS, XPS... Die zijn verkrijgbaar als harde, drukvaste isolatieplaten, maar ook als spuitisolatie (PUR) of zelfs in de vorm van isolatiechips (EPS).



*Figuur 3.8-6: Kunststof isolatie*

- **PUR**

Dit is de meest gebruikte kunststofisolatie. Je kan polyurethaan (PUR)-isolatie gebruiken om zowel je dak, (zolder)vloer, kelder als muren te isoleren. Dit hardschuim is verkrijgbaar in de vorm van harde isolatieplaten en als spuitisolatie.

- **PIR**

Polyisocyanuraat (PIR)-isolatie lijkt op PUR-isolatie qua structuur, maar isoleert nog beter op thermisch vlak. Daardoor haal je met een geringere dikte een even goede of zelfs betere isolatiewaarde dan bij andere kunststofisolatie. PIR-isolatie is een goede keuze voor het isoleren van spouwmuren, platte daken, hellende daken en ook vloeren. Het is verkrijgbaar in isolatieplaten en als spuitisolatie.

- **Icynene**

Icynene is een open cel PU-isolatieschuim dat ontwikkeld werd in Canada. Door de open celstructuur heeft het isolatiemateriaal ‘dampopen’ (ademende) eigenschappen, terwijl het toch luchtdicht isoleert. Het is bovendien een isolatieschuim op watergeblazen basis. Daardoor komen tijdens het verwerken minder geuren en geen schadelijke stoffen vrij. Icynene isolatieschuim wordt gespoten en vult zo de kleinste kieren en openingen op waardoor het een doeltreffende isolatielaag vormt. Het kan gebruikt worden voor verschillende toepassingen: vloer-, dak-, en muurisolatie.

- EPS

EPS staat voor ‘geëxpandeerd polystyreen’, maar is beter bekend als piepschuim. EPS-isolatie is goedkoop, ongevoelig voor vocht en gemakkelijk te verwerken. Je kan dit lichte hardschuim verkrijgen als isolatieplaten (vloeren, muren en daken), maar ook als parels (spouwmuur) en isolatiechips (koude, vochtige kelderbodem).

- XPS

XPS staat voor ‘geëxtrudeerd polystyreen’ en is enkel verkrijgbaar in plaatvorm. Deze drukvaste platen zijn ideaal om je (spouw)muren, dak, kelder en ook vloeren te isoleren. Zoals eerder vermeld wordt deze isolatiesoort (XPS-isolatie Styrodur 2800 C) gebruikt bij de bierbrouwinstallatie. Voordien werd gewerkt met glaswol (Rollisol Plus). Glaswol is echter gevoelig voor vocht, waardoor we op zoek moesten gaan naar een andere isolatiesoort, zo kwamen we terecht bij XPS-isolatie. Een groot voordeel aan deze isolatiesoort is dat de lambdawaarde bij een kleinere dikte goed overeenstemt met die van glaswol die een veel grotere dikte vereist (zie onderstaande tabel). Een van de nadelen is dus wel dat XPS-isolatie enkel te verkrijgen is in plaatvorm, maar ook hier hebben we een oplossing voor gevonden. Per 4 cm sneden we de isolatieplaten half door, zodat we deze toch rond de ketels konden bevestigen (zie figuur 3). In onderstaande tabel ziet u enkele belangrijke eigenschappen van de twee isolatiesoorten.

Soort isolatie	Dikte [mm]	Lambdawaarde [W/mK]	Smeltemperatuur [°C]	Glasovergangstemperatuur [°C]
Glaswol	60	0,040	+/- 700	/
XPS	20	0,033	275	+/- 100

**Glasovergangstemperatuur: temperatuur waarbij het materiaal slap en vervormbaar wordt**

Bij het gebruik van XPS-isolatie moeten we dus wel rekening houden met de glasovergangstemperatuur, wat dus betekent dat het kookpunt van het brouwwater beter niet wordt overschreden, anders kan dit zorgen voor lichte vervorming van de isolatie. Ook voegen we een brandremmer (brandvertragende spray) aan de isolatie toe, want XPS-isolatie is namelijk brandbaar vanaf 75°C.

Doordat de mantelweerstand rond de kookketel (zie figuur 4) constant warmte afgeeft aan de (dichte) omgeving rond de ketel en dus de temperaturen hoog oplopen, hebben we besloten dat de isolatie weinig nut zou hebben. Vandaar dat we dus zonder isolatie werken rond de kookketel.

XPS-isolatie is natuurlijk niet het meest geschikte materiaal voor deze toepassing. De glasovergangs- en smelttemperatuur zijn te laag, alsook het half doorsnijden van isolatieplaten zou in veel gevallen niet goedgekeurd worden. Maar in ons geval was dit wel een goede keuze rekening houdend met onze mogelijkheden. Door de kleine afstand tussen het buffervat en de kookketel moesten we rekening houden met de dikte van de isolatie. Vandaar dat de dikte van XPS-isolatie (20mm) één van de aspecten is die de doorslag gaf voor onze isolatiekeuze.



*Figuur 3.8-7: Kleine afstand tussen het buffervat en de kookketel*

- PE

Deze kunststofisolatie dient als geluidsisolatie voor vloeren. Daarnaast gebruiken vakmannen het ook als vulmateriaal en als randisolatie. Polyethyleen (PE)-isolatie is beschikbaar op rollen, platen en in buisvorm. Ook bij de brouwinstallatie wordt deze isolatiesoort dus toegepast rond de (toevoer)leiding van het buffervat.

- Lambdawaarde

Soort kunststofisolatie	Lambdawaarde [W/mK]
PUR	0,023 – 0,032
PIR	0,023 – 0,032
Icynene	0,027 – 0,038
EPS	0,033 – 0,042
XPS	0,029 – 0,038
PE	0,017 – 0,040

- Voor- en nadelen

Soort kunststofisolatie	Voordelen	Nadelen
PUR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Goede isolatiewaarde bij geringe dikte</li> <li>- Brandveilig materiaal</li> <li>- Goede vochtbestendigheid</li> <li>- Prijs/ kwaliteit zeer goed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruik van schadelijke stoffen bij productie</li> <li>- Vrijkomen gassen bij aanbrengen</li> </ul>
PIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruiksvriendelijk</li> <li>- Goede isolatiewaarde bij geringe dikte</li> <li>- Brandveilig materiaal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruik van schadelijke stoffen bij productie</li> <li>- Relatief duur</li> </ul>

	- Goede vochtbestendigheid	
Icynene	- Goede isolatiewaarde bij geringe dikte - Goede vochtbestendigheid - Prijs/ kwaliteit zeer goed	- Gebruik van schadelijke stoffen bij productie - Mag enkel door specialisten aangebracht worden
EPS	- Gebruiksvriendelijk - Brandveilig materiaal - Recycleerbare isolatie - Prijs/ kwaliteit zeer goed	- Gebruik van schadelijke stoffen bij productie - Relatief hoge lambdawaarde - Mindere vochtbestendigheid
XPS	- Gebruiksvriendelijk - Goede isolatiewaarde bij geringe dikte - Goede vochtbestendigheid - Recycleerbare isolatie	- Gebruik van schadelijke stoffen bij productie - Brandbaar - Relatief duur
PE	- Gebruiksvriendelijk - Goede isolatiewaarde bij geringe dikte - Recycleerbare isolatie	- Gebruik van schadelijke stoffen bij productie - Mindere vochtbestendigheid - Brandbaar - Relatief duur

- Kostprijs

Soort kunststofisolatie	Kostprijs per m <sup>2</sup> (excl. btw en plaatsing) [€]
PUR-isolatieplaten PUR-isolatieschuim	7 – 33 25 – 30 (incl. btw en plaatsing door externe firma) 5 – 10 (per spuitbus)
PIR-isolatieplaten	8 – 55
Icynene	30 (incl. btw en plaatsing door externe firma)
EPS-isolatieplaten EPS-isolatieparels EPS-isolatiechips	3 – 32 27 (300 l) 23 (500 l)
XPS	4 – 40

PE-randisolatie	5 – 65 (per rol van 50 m)
PE-buisisolatie	1 – 5 (per meter)

### Ecologische isolatie

Wil je je woning isoleren zonder het milieu te belasten? Dan kun je ook kiezen voor ecologische isolatie. Dit soort isolatie bestaat uit natuurlijke, onuitputbare én recycleerbare grondstoffen. Bovendien is weinig energie nodig bij het productieproces.



*Figuur 3.8-8: Ecologische isolatie*

- Papiervlokken (cellulose)

Cellulose-isolatie is gemaakt van gerecycleerd krantenpapier. Je kan een naadloze laag van deze vlokken laten inblazen voor de isolatie van daken, spouwmuren en vloeren.

- Schapenwol

Isolatiegedeken van schapenwol zijn ideaal om holle ruimtes op te vullen in een houtskeletbouw (daken, wanden en vloeren). Dit materiaal is vochtabsorberend en valt bovendien veilig en makkelijk te verwerken.

- Houtwol

Net als schapenwol heeft ook houtwol een groot vochtregulerend vermogen en een hoge warmteopslagcapaciteit. Het gebruikte hout is afkomstig van duurzaam beheerde bossen. Met houtwolgedeken en houtvezelplaten kan je gemakkelijk en vlot daken, vloeren en muren isoleren.

- Kurk

Van de kurkschors kunnen geëxpandeerde korrels en platen worden gemaakt voor isolatiedoeleinden. Het voordeel van kurk is dat het erg goed tegen vocht kan en dat het akoestisch goed isoleert. Nadeel van kurk is de hoge prijs.

- Hennep

De houtachtige vezels van de hennepplant zijn erg sterk en kunnen onder meer gebruikt worden voor de productie van isolatiegedeken.

- Lambdawaarde

Soort ecologische isolatie	Lambdawaarde [W/mK]
Papiervlokken	0,035 – 0,040
Schapenwol	0,035 – 0,040
Houtwol	0,037 – 0,040
Kurk	0,038 – 0,040
Hennep	0,040 – 0,042

- Voor- en nadelen

Soort ecologische isolatie	Voordelen	Nadelen
Papiervlokken	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Milieuvriendelijk</li> <li>- Brandvertragend materiaal</li> <li>- Duurzaam</li> <li>- Prijs / kwaliteit zeer goed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vrijkomen papierstof bij inblazen</li> <li>- Mag enkel door specialisten aangebracht worden</li> <li>- Slechte vochtbestendigheid</li> </ul>
Schapenwol	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruiksvriendelijk</li> <li>- Brandvertragend materiaal</li> <li>- Duurzaam</li> <li>- Prijs / kwaliteit zeer goed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Slechte vochtbestendigheid</li> <li>- Hoge milieubelasting</li> </ul>
Houtwol	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruiksvriendelijk</li> <li>- Milieuvriendelijk</li> <li>- Brandvertragend materiaal</li> <li>- Duurzaam</li> <li>- Prijs / kwaliteit zeer goed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Slechte vochtbestendigheid</li> </ul>
Kurk	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruiksvriendelijk</li> <li>- Milieuvriendelijk</li> <li>- Brandvertragend materiaal</li> <li>- Duurzaam</li> <li>- Goede vochtbestendigheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Duur</li> </ul>
Hennep	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruiksvriendelijk</li> <li>- Recycleerbaar materiaal</li> <li>- Duurzaam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stug waardoor moeilijker te verwerken</li> <li>- Slechte vochtbestendigheid</li> <li>- Brandbaar</li> <li>- Relatief duur</li> </ul>



- **Kostprijs**

Soort ecologische isolatie	Kostprijs per m <sup>2</sup> (excl. btw en plaatsing) [€]
Papiervlokken	20 – 35 (incl. btw en plaatsing door externe firma)
Schapenwol	5 – 24
Houtwol	6 – 20
Kurk isolatiedekens Kurk isolatieplaten	100 – 130 (per rol van 10 m) 6 – 33 (per plaat van 1000 x 50 mm)
Hennep	5 – 40

### 3.8.3 Uitvoering

#### Isolatiedekens

Isolatiedekens zijn een relatief goedkope en praktische uitvoering van isolatie. Ze zijn namelijk erg flexibel, waardoor je ze ook kan gebruiken bij een ongelijke ondergrond. Je kan isolatiedekens vlot op maat (laten) snijden om ze dan op het te isoleren oppervlak te plaatsen. In de machinebouw wordt gewerkt met isolatiedekens, indien ze niet in contact kunnen worden gebracht met water of andere vloeistoffen.



Figuur 3.8-9: Isolatiedekens

#### Isolatiematten

Isolatiematten, gemaakt van kunststoffen, hebben het voordeel dat ze in vergelijking met isolatiedekens vochtbestendig zijn. Daarnaast hebben isolatiematten flexibele eigenschappen, waardoor ze dus ook in de machinebouw gebruikt worden.



Figuur 3.8-10: Isolatiematten

#### Isolatieplaten

Verschillende isolatiematerialen zijn ook verkrijgbaar in de vorm van drukvaste isolatieplaten. Ook dergelijke platen kunnen isolatiespecialisten op maat snijden om ze dan vlot te plaatsen op het te isoleren oppervlak.



Figuur 3.8-11: Isolatieplaten

#### Spuitisolatie

Spuitisolatie is de eenvoudigste manier om te isoleren. Een isolatiespecialist hoeft geen dekens of platen op maat te snijden, hij spuit het isolatiemateriaal gewoon met een pistool op het te isoleren oppervlak. Daardoor gaat de plaatsing sneller en spaar je arbeidskosten uit.



Figuur 3.8-12: Spuitisolatie

## Inblaasisolatie

Naast spuiten kan je bepaalde isolatiematerialen ook laten inblazen. Het principe is gelijkaardig, maar inblaasisolatie is milieuvriendelijker dan spuitisolatie.



*Figuur 3.8-13: Inblaasisolatie*

### 3.8.4 Doel

#### Thermische isolatie

Thermische isolatie zorgt ervoor dat de warmte niet zomaar uit een ruimte ontsnapt. Zo bespaar je op je stookkosten en geniet je van een constante binnentemperatuur. Ook je uitstoot van CO<sub>2</sub> daalt dankzij een optimale thermische isolatie. Goed voor je portemonnee én het milieu dus.



*Figuur 3.8-14: Thermische isolatie*

#### Geluidsisolatie

Met geluidsisolatie kan je ook geluiden van buitenuit (buren, auto's...) weren. Daarnaast kunnen geluidswerende isolatiematerialen ook de geluidsoverdracht van de ene ruimte in je woning naar de andere verminderen (tv, schuivende stoelen...). In de machinebouw probeert men dus ook met geluidsisolatie de geluidsoverlast van de machines te vermijden. Vaak gebruikte geluidsisolerende materialen zijn glaswol, rotswol en polyethyleen.



*Figuur 3.8-15: Geluidsisolatie*

#### Akoestische isolatie

Naast thermische en geluidsisolatie is er ten slotte ook nog akoestische isolatie. Dat is een vorm van interieurafwerking om de geluidswaarneming in een ruimte te verbeteren (bv. kantoorruimtes, muziekstudio's...).



*Figuur 3.8-16: Akoestische isolatie*

### 3.8.5 Belangrijke waarden isolatie

#### Lambdawaarde

De lambdawaarde ( $\lambda$ ) geeft de warmtegeleidbaarheid van een materiaal weer. Ze wordt uitgedrukt in W/mK. Hoe hoger de waarde is, hoe beter de warmte geleid wordt en dus hoe minder goed het materiaal isoleert. Dat betekent niet dat materialen met een lage lambdawaarde altijd beter isoleren dan een materiaal met een iets hogere waarde. De hogere (slechtere) waarde kan gecompenseerd worden door de dikte van het materiaal.

**R-waarde**

De R-waarde geeft het warmte-isolerend vermogen van een materiaallaag weer, vaak gebruikt als isolerende waarde van dubbelglas, muren, vloeren en daken uitgedrukt in  $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ . Hoe groter R, hoe groter de weerstand die de warmtedoorgang ondervindt en hoe beter het materiaal isoleert. De berekening van de R-waarde is afhankelijk van de materialen waaruit de te onderzoeken constructie bestaat. De materiaaldikte, in meter, wordt gedeeld door de lambdawaarde. Hoe hoger de waarde, hoe beter de isolatie, een dubbel zo dikke laag heeft proportioneel ook een dubbel zo goede warmteweerstand.

De formule is  $R = d/\lambda$  waarbij:

R = warmteweerstand in  $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ;

d = dikte van het materiaal in m;

$\lambda$  = warmtegeleidingscoëfficiënt in  $\text{W}/\text{mK}$ .

**U-waarde**

De U-waarde wordt uitgedrukt in  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . Deze waarde geeft aan hoeveel warmte er per seconde en per vierkante meter verloren gaat van een constructiedeel als het temperatuurverschil tussen binnen en buiten  $1^\circ\text{C}$  is. De U is het symbool voor de warmtedoorgangcoëfficiënt. Deze waarde wordt bepaald door de verschillende materiaallagen waaruit het constructiedeel bestaat: dikte en lambdawaarde van elk materiaal. Hoe lager de U-waarde van een constructiedeel, hoe minder warmte er verloren gaat.

## 4 Pneumatica

### 4.1 Inleiding

Op de brouwinstallatie bevinden zich heel wat pneumatische onderdelen. Het is essentieel om de werking van alle pneumatische onderdelen te begrijpen om eventuele problemen te kunnen ontdekken en het systeem te kunnen verbeteren. Als we starten vanaf de luchttoevoer van de compressor komen we achtereenvolgens de verzorgingseenheid, het pneumatisch ventieleiland en de pneumatische kleppen tegen.

### 4.2 Verzorgingseenheid

#### 4.2.1 Inleiding

In het begin van het jaar merkten we op dat de brouwinstallatie geen verzorgingseenheid voor perslucht bevatte. We werken met warme vloeistoffen en de lucht in de pneumatische kleppen warmt dus op. Daardoor heerst er een verhoogd risico op condensvorming in de kleppen en dat is niet bevorderlijk voor de levensduur van de kleppen. Daarom is het essentieel om een verzorgingseenheid voor het pneumatisch ventieleiland te plaatsen. Na wat onderzoekwerk kozen we voor nevenstaande verzorgingseenheid, die op school beschikbaar was.

Deze eenheid bevat een waterafscheider alsook een drukregelaar. De waterafscheider haalt water en olie uit de aangevoerde perslucht. Stel dat de compressor zelf olie zou toevoegen aan de perslucht, dan moet deze olie ook absoluut uit de perslucht gehaald worden voor deze in het ventieleiland komt. Deze olie is namelijk bedoeld om de onderdelen van de compressor te smeren, maar is wel niet geschikt voor onze kleppen.

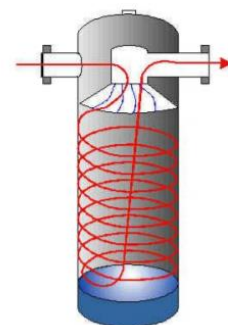
De drukregelaar op de verzorgingseenheid is ook een goede reden om te kiezen voor de plaatsing van de verzorgingseenheid. Door deze drukregelaar krijgen alle pneumatische kleppen een constante druk, onafhankelijk van de druk die de compressor levert. Wanneer we dit niet implementeren, kunnen de kleppen hard dichtslaan wanneer de compressor een te hoge druk zou leveren.



Figuur 4.2-1: Festo MS4-LFR 5µm

#### 4.2.2 Waterafscheider

Om de werking van de waterafscheider beter te begrijpen maken we gebruik van nevenstaande figuur. De ongefilterde perslucht komt binnen, links op de figuur. De perslucht passeert vervolgens de schoepen bovenaan de waterafscheider, die de deflector vormen. De schoepen van de deflector zijn zo gepositioneerd dat de perslucht in een draaiende beweging wordt gebracht. Door de hoge snelheid van die draaiing zorgt de centrifugale kracht ervoor dat de olie- en waterdeeltjes van de perslucht worden gescheiden. Deze worden dan tegen de binnenwand van de waterafscheider geslingerd en vloeien vervolgens naar onder.



Figuur 4.2-2: Olie- en waterafscheider

Wanneer de vloeistof op de bodem boven een – door de fabrikant bepaald – niveau komt, moet bij ons type waterafscheider de brouwer manueel een pinnetje onderaan de filter induwen om de vloeistof eruit te laten vloeien. Wanneer dit niet tijdig gedaan wordt, bestaat het risico dat de perslucht de vloeistof weer opneemt.

### 4.2.3 Luchtfilter

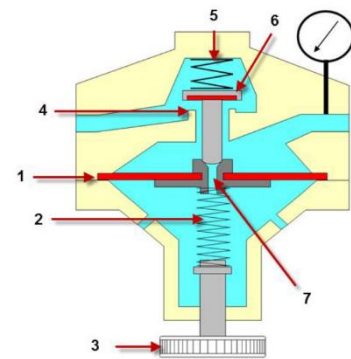
Wanneer de gezuiverde perslucht in de waterafscheider naar boven gaat, passeert de perslucht nog door een luchtfilter. Deze heeft als doel alle vaste bestanddeeltjes uit de perslucht te halen.



Figuur 4.2-3: Luchtfilter

### 4.2.4 Drukregelaar

Zoals reeds vermeld, zorgt de drukregelaar op de verzorgingseenheid voor een constante druk voor alle pneumatische kleppen. Om de werking van de drukregelaar beter te begrijpen maken we gebruik van bovenstaande figuur. De perslucht komt binnen in het – op de figuur blauwe – linkerkanaal. Met de regelschroef (3) bepalen we welke druk uit het rechterkanaal zal komen. Door aan de regelschroef (3) te draaien kunnen we de kracht op de veer (2) veranderen. De druk wordt dan uiteindelijk geregeld door de klep (6) die gestuurd wordt door het membraan (1). Op dit membraan werken 2 krachten: de veer (2) en de uitgangsdruk.



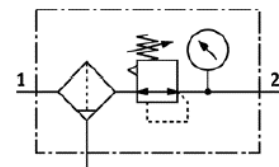
Figuur 4.2-4: Drukregelaar

Stel dat de uitgangsdruk stijgt, dan zal het membraan tegen de veer in naar onder worden geduwd. Dit zorgt ervoor dat de klep (6) op zijn klepzitting (4) komt te zitten en dat met andere woorden de persluchttoevoer wordt afgesloten. Hierdoor daalt de uitgangsdruk.

Als we dan stellen dat de uitgangsdruk te laag is, dan zal de veer het membraan omhoogduwen en zal de klep (6) openen. Hierdoor kan de uitgangsdruk weer toenemen. Deze constante wisselwerking zorgt voor een constante druk, die kan worden verhoogd of verlaagd met behulp van de regelschroef (3).

Wanneer de uitgangsdruk sterk stijgt, dan wordt het membraan sterk naar omlaag geduwd, waardoor het teveel aan druk kan ontsnappen via de correctie-uitlaat (7). Belangrijk: de drukregelaar kan enkel werken als de ingangsdruk minimum 1 bar hoger is dan de ingestelde uitgangsdruk.

Als we dan alles samennemen, gaat de perslucht eerst door de luchtfilter en daarna door de drukregelaar zoals op nevenstaand symbool te zien is. Het meest rechtse symbool is de manometer op de verzorgingseenheid.



Figuur 4.2-5: Symbool voor verzorgingseenheid

## 4.3 Ventieleiland

### 4.3.1 Inleiding

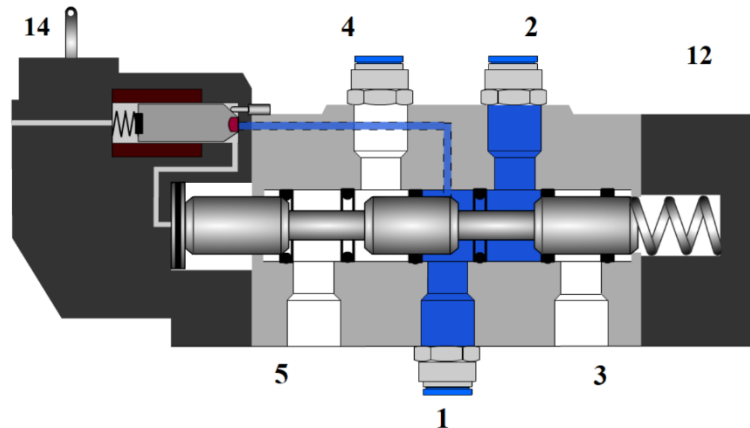
Om alle pneumatische kleppen te kunnen veranderen van stand, maken we gebruik van een pneumatisch ventieleiland. Het ventieleiland wordt gestuurd door de PLC. Het ventieleiland beschikt over 6 stuks 5/2-monostabiele ventielen met luchtveer. De ventielen op de installatie worden elektropneumatisch gestuurd en noemt men daarom elektroventielen.



Figuur 4.3-1: Ventieleiland

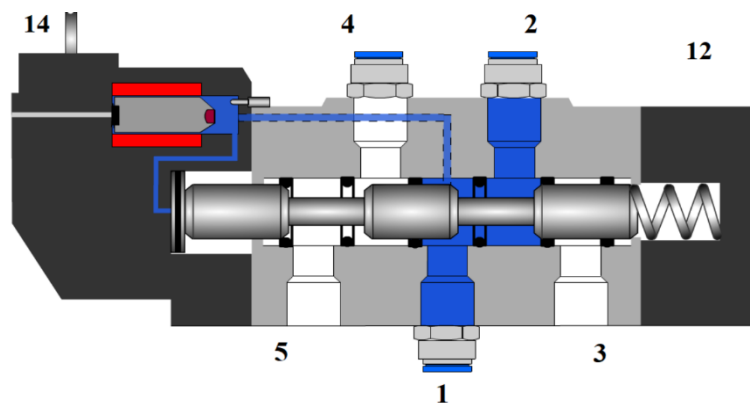
### 4.3.2 Werking

Ieder elektroventiel wordt aangestuurd door de PLC. In figuur 7 staat het elektroventiel niet onder spanning. Aankomende perslucht kan van poort 1 naar poort 2, vertrekkende perslucht verlaat het ventiel via ontluchtingspoort 5.

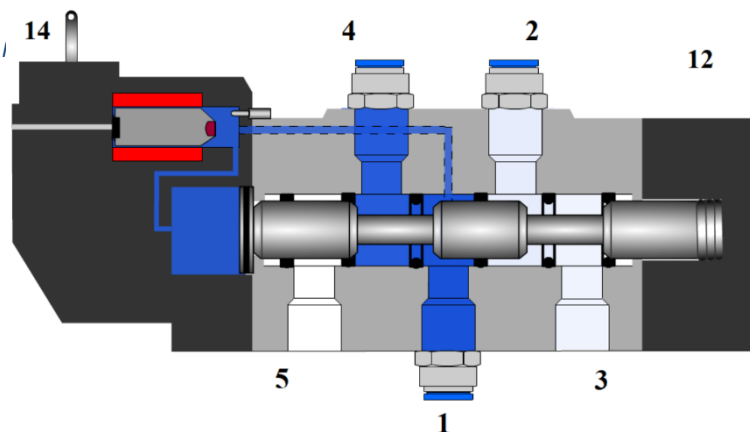


Figuur 4.3-2: Elektroventiel in ruststand

Wanneer een bepaald ventiel aangestuurd wordt, komt er spanning te staan op de spoel via aansluiting 14. Daardoor wordt de spoel in het ventiel magnetisch en trekt hij de tussenliggende pin aan.



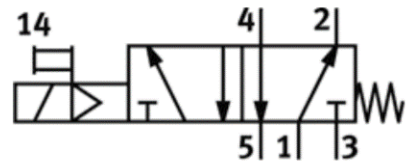
Doordat de pin wordt aangetrokken duwt de toegevoerde luchtdruk (1) de stang tegen de veer in naar rechts, hierdoor gaat de luchtdruk nu van poort 1 naar poort 4. Vertrekkende perslucht verlaat nu het ventiel via ontluchtingspoort 3.



Figuur 4.3-4: Aangestuurd ventiel

### 4.3.3 Samengevat

- 1 Aansluitpoort voor de voeding
- 2 + 4 Aansluitpoorten voor de uitgangen
- 3 Ontluchting van de uitgangspoort 2
- 5 Ontluchting van de uitgangspoort 4
- 14 Stuurpoort die de lucht van poort 1 naar poort 4 stuurt



Figuur 4.3-5: 5/2-monostabiel elektroventiel

## 4.4 Pneumatische kleppen

### 4.4.1 Inleiding

De elektroventielen sturen als laatste stap in de keten de pneumatisch bediende vlinderkleppen aan. Op de brouwinstallatie bevinden zich 6 stuks. Om te weten wanneer een klep open of dicht is, zit op ieder klep een inductieve sensor. De kleppen zijn normaal gesloten en veersluitend.



Figuur 4.4-1: Pneumatische klep



#### 4.4.2 Werking

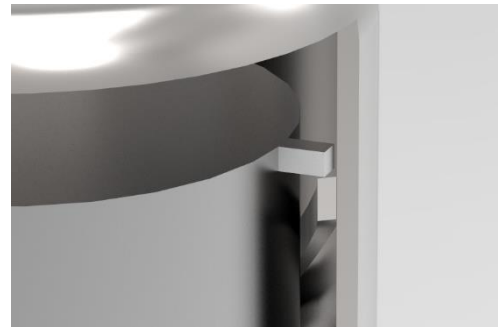
Om de werking van de pneumatisch bediende vlinderkleppen beter te begrijpen hebben we deze heel eenvoudig getekend in Solid Edge. In de cilinder bevindt zich een zuiger. In tegenstelling tot lineaire cilinders roteert de zuiger in onze cilinders. Dit is nodig om de klep 90° te kunnen verdraaien.

In de niet-bediende toestand duwt de veer, die zich onderaan in de cilinder bevindt, de zuiger naar boven in de cilinder, dit komt overeen met een gesloten vlinderklep.

Wanneer de cilinder wél bediend wordt, duwt de perslucht de zuiger naar beneden, maar doordat er op de zuiger een pootje aangebracht is, kan deze niet anders dan de, op de cilinder aangebrachte, verdikking te volgen. Doordat deze verdikking een draaiende beweging maakt, roteert de zuiger mee en dus ook de drijfstang die ervoor zorgt dat de vlinderklep roteert.



*Figuur 4.4-2: 3D-tekening pneumatische vlinderklep*



*Figuur 4.4-3: Detailfoto zuiger*



*Figuur 4.4-3: Cilinder zonder zuiger*

## 5 Elektrische studie

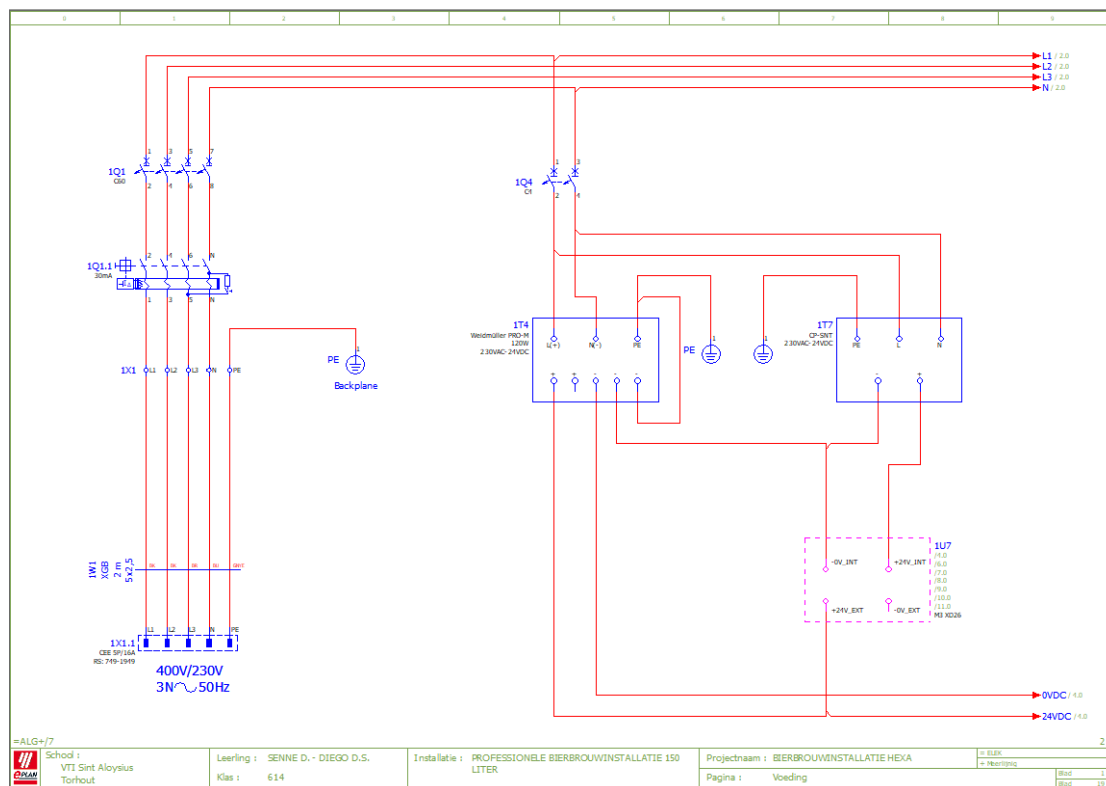
Het elektrische systeem is een onmisbaar onderdeel van de brouwinstallatie. Het is belangrijk om te begrijpen hoe de installatie elektrisch werkt om zo de installatie nog te verbeteren door bijvoorbeeld nieuwe componenten in te voegen of door de schakeling aan te passen. Door de elektrische schakeling te kennen en te begrijpen kunnen we ook veel sneller defecten opsporen en bepalen hoe de machine zal reageren op een bepaalde invoer.

### 5.1 Elektrisch schema

Een elektrisch schema is zeer belangrijk voor een machine zoals de brouwinstallatie. Twee jaar geleden werd er van deze installatie al een elektrisch schema opgesteld. Vorig jaar werd de elektrische installatie sterk gewijzigd, maar het elektrische schema werd niet aangepast. Hierdoor was het schema volledig verouderd. Onze eerste opdracht hield in om dit schema aan te passen aan de huidige elektrische situatie.

Tijdens het aanpassen van het elektrisch schema hebben we de componenten ingevoegd die vorig jaar werden aangebracht in de elektrische installatie. Ook hebben we draadkleuren en kabeltypes toegevoegd.

Dit volledige elektrische schema hebben we getekend in EPLAN. Het schema is onderverdeeld in elf deelschema's die samen het meerlijnige schema van de brouwinstallatie vormen. Doorheen het jaar hebben we bij iedere aanpassing in het elektrische systeem telkens het elektrische schema aangepast.



Figuur 5.1-1: Deelschema "voeding brouwinstallatie"

## 5.2 Nieuwe componenten

Doorheen het jaar hebben we nieuwe elektrische componenten toegevoegd. We hebben deze toegevoegd omdat ze een meerwaarde bieden aan de installatie of omdat de oude componenten niet naar behoren werkten.

### 5.2.1 Spanningsbron

De brouwinstallatie was voorheen uitgerust met één 24 volt-gelijkspanningsbron. Deze spanningsbron voedde alle componenten die werken op gelijkspanning. Hieronder vallen de PLC, sensoren, signaallampen en de elektrische kleppen.

De opstelling met één gelijkspanningsbron werkt goed, maar als er nu bij deze opstelling ergens kortsluiting ontstaat, gaat de bron in overstroombeveiliging. Dit komt doordat we gebruik maken van een intern beveiligde bron. Het uitvallen van de bron betekent dat alle componenten op gelijkspanning uitvallen en hieronder valt ook de PLC. Als deze kortsluiting midden in een brouwproces gebeurt, valt de PLC uit en bij het heropstarten zal deze terug het brouwproces starten vanaf het begin. Het brouwsel dat we tot dusver hadden, moet dus worden weggegooid.

Gevoelige plaatsen om kortsluiting te hebben bij de brouwinstallatie zien we bij het demonteren en monteren van de deksels van de maischketel en kookketel. Hierbij kunnen namelijk verschillende kabels gekneld raken. Als de kabels hierbij ook beschadigd raken, kunnen ze kortsluiting veroorzaken.

Om het voorgaande probleem te voorkomen, hebben we ervoor gekozen om een extra gelijkspanningsbron te plaatsen. Met deze nieuwe spanningsbron voedden we alleen maar de PLC waardoor de nieuwe bron een kleinere bron mag zijn, die minder vermogen levert dan de oorspronkelijke bron.

Als er nu kortsluiting optreedt bij de nieuwe opstelling zal alleen maar de grote bron uitschakelen en zal de PLC actief blijven. Hierdoor kan na het oplossen van de kortsluiting verder worden gebrouwen.

Een belangrijk gegeven dat we in het achterhoofd moeten houden bij het plaatsen van een extra spanningsbron is dat de negatieve klemmen van beide bronnen aan elkaar moeten worden gelegd. Dit zorgt ervoor dat de bronnen op eenzelfde referentie werken.



Figuur 5.2-1: Nieuwe spanningsbron

### 5.2.2 Auditieve melding

Tijdens het brouwen bij dhr. Verlinde in de projectweek merkten we op dat de kleine brouwketels waarmee hij momenteel brouwt een auditieve melding geven. Bijvoorbeeld wanneer er een stap beëindigd is of wanneer een tussenkomst van de brouwer nodig is om een bepaalde temperatuur in te stellen. Het leek ons handig om dit ook op de bierbrouwinstallatie te installeren aangezien de brouwer tijdens het brouwen niet altijd aanwezig zal zijn bij de installatie, hij zal zich vaak in een ruimte ernaast bevinden.



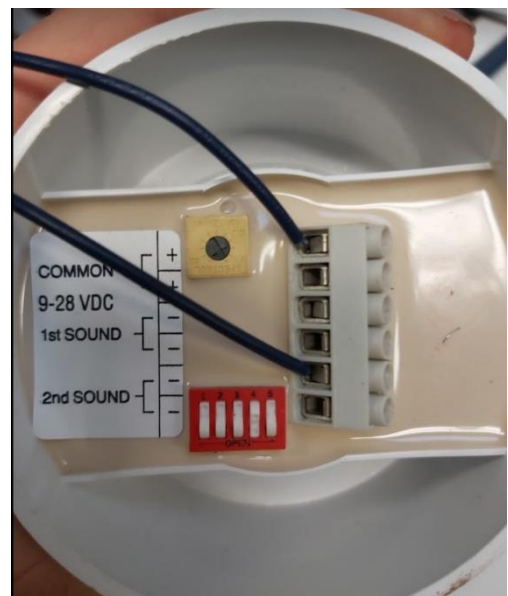
Figuur 5.2-2: Auditieve melder op brouwinstallatie

Een alarm leek ons geschikt om deze auditieve meldingen te geven, maar op voorwaarde dat het aan bepaalde eisen voldoet. Eerst en vooral moet het voldoende waterdicht zijn aangezien we met een installatie werken waar vloeistoffen aan te pas komen. Het aantal decibel van de auditieve melding moet ook hoog genoeg zijn zodat het achtergrondgeluid kan overstegen worden.

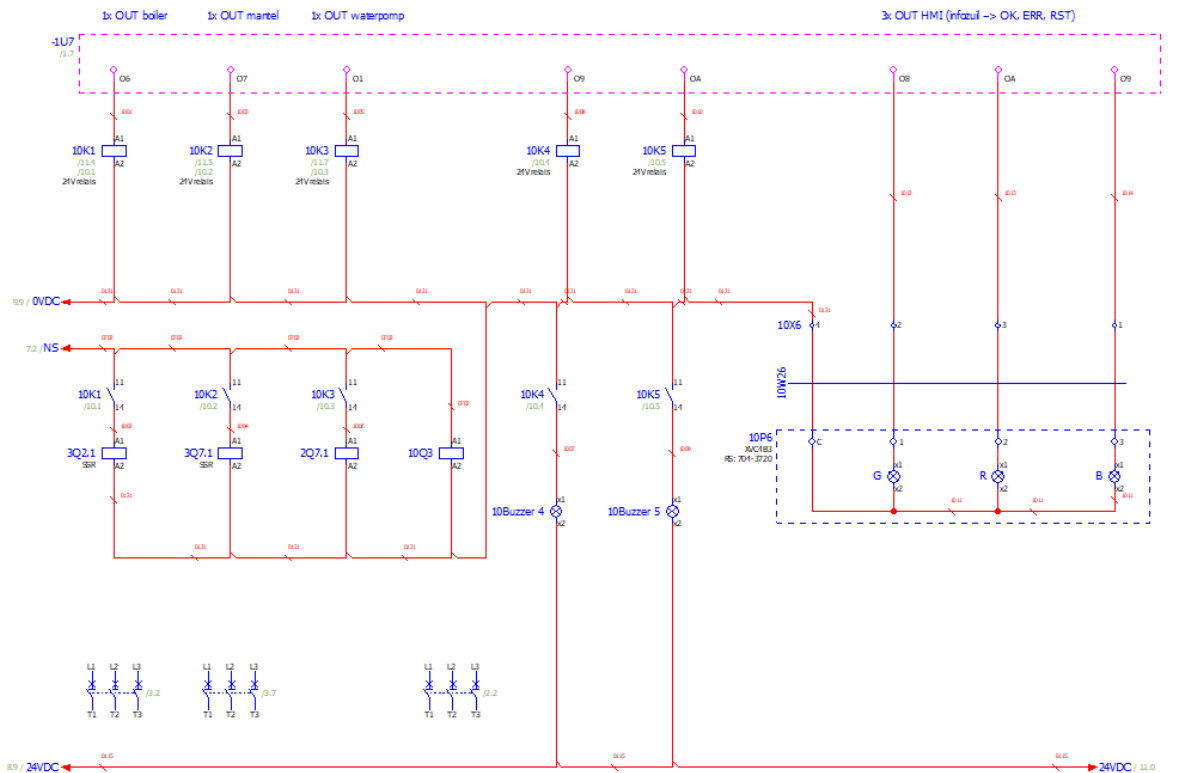
Bij een eerste opzoekronde stelden we vast dat dergelijke alarmen relatief prijzig zijn. Na een tip van een leerkracht kregen we uiteindelijk een brandalarm van school in onze handen. Na enkele tests bleek dit uitermate geschikt om de auditieve meldingen van de bierbrouwinstallatie uit te voeren.

Het brandalarm heeft een DIP-switch met 6 posities waarmee verschillende soorten alarmtonen kunnen worden ingesteld. Elke combinatie van posities levert 2 alarmtonen op: de eerste toon wordt gecreëerd door de positieve en de eerste negatieve klem aan te sluiten, de tweede toon wordt bijgevolg gecreëerd door de positieve en de tweede negatieve klem aan te sluiten.

Wanneer een bepaald statuslicht van de signaaltoren brandt, moet het brandalarm ook geactiveerd worden. Dit was het gemakkelijkst te realiseren door het brandalarm parallel met de signaaltoren te zetten, omdat beiden werken op 24 volt gelijkspanning. De PLC kan echter enkel logisch hoog uitsturen en voor het brandalarm hebben we logisch laag nodig omdat het 'de min' is die moet geschakeld worden.



Figuur 5.2-3: Binnenkant auditieve melder



Figuur 5.2-4: Deelschema "out2"

Zoals weergegeven in het elektrische schema hierboven worden uitgangen 9 en A van de PLC respectievelijk gebruikt om de blauwe en de rode lamp op de signaaltoren te schakelen. Om het brandalarm te schakelen hebben we de relais 10K4 en 10K5 in parallel geplaatst met de blauwe en rode lamp. Op de ene klem van de maakcontacten van het relais plaatsen we een logisch laag signaal. Op de andere klem van het maakcontact wordt telkens het brandalarm geplaatst. De plus-klem van het brandalarm wordt op zijn beurt aan de 24 volt-gelijkspanning aangesloten.

Als de blauwe lamp van de signaaltoren brandt, wordt er een constante frequentie van 970 hertz geproduceerd. Doordat we de blauwe lamp laten knipperen met een frequentie van 0,5 hertz om extra aandacht te trekken van de brouwer gaat het brandalarm ook mee aan en uit. Wanneer de rode lamp (constant) brandt, wordt er een frequentie geproduceerd van afwisselend 800 hertz en 970 hertz. Als de groene lamp brandt, gaat er geen melding af.

Alle tonen zijn op hun maximum 101 decibel luid. Aan de hand van een draaiknop in het brandalarm kan het volume wel sterk verminderd worden.

### 5.2.3 Niveausensor buffervat

De niveausensor van het buffervat werkte bij het begin van dit schooljaar niet. We konden met het oorspronkelijke systeem twee niveaus meten, namelijk of de ketel leeg of vol is. Bij het opstellen van het reinigingsproces bleek dat er meer ingelezen niveaus in het buffervat nodig waren.

Om het probleem op te lossen hebben we ervoor gekozen om nieuwe sensoren te plaatsen in het buffervat. Om te bepalen welke sensor we hiervoor zouden gebruiken, hebben we de verschillende mogelijkheden onderzocht. Belangrijk informatie die we bij iedere optie moeten weten, is:

- het aantal niveaus die er kan ingelezen worden;
- of we de waarden gemakkelijk kunnen inlezen met de PLC;
- de kostprijs van de opstelling.

Voor de niveaumeting in het buffervat hebben we gekozen voor het systeem met geleidende vloeistoffen. We hebben voor deze optie gekozen omdat dit de goedkoopste optie was. We hadden ook al een controlerende relais voor deze toepassing voor handen.

Om deze installatie te installeren in het buffervat hebben we vier metalen staven in het buffervat geplaatst. De eerste staaf, ook wel de COM-staaf genoemd, gaat tot bijna op de bodem en brengt stroom aan. Deze stroom zal zich doorheen de vloeistof begeven. De tweede sensor wordt onderaan de ketel geplaatst, de derde sensor halfweg de ketel en de vierde op het maximaal bereik van de ketel. In de elektrische kast hebben we vervolgens twee controlerende relais geplaatst om zo drie verschillende niveaus te kunnen detecteren: leeg, halfvol of vol.



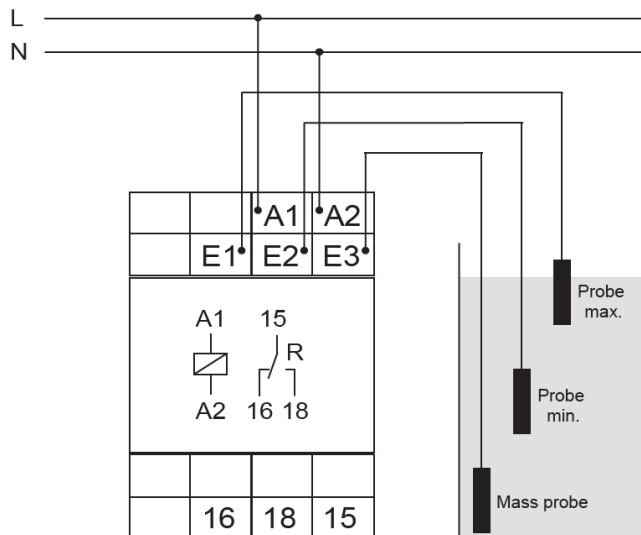
*Figuur 5.2-5: Niveausensoren buffervat*





Figuur 5.2-6: Controlerende relais niveausensor buffervat

De controlerende relais van de niveausensoren van het buffervat worden gevoed door 230 volt wisselspanning. Deze wisselspanning moet op beide componenten worden aangesloten, op A1 en A2. Op pin 15 hebben wij 24 volt-gelijkspanning aangesloten omdat de digitale ingangen van de PLC werken op dit spanningsniveau. De hieronder weergegeven afdruk uit de datablader van het controlerende relais verduidelijkt de aansluiting van dit component.



Figuur 5.2-7: Aansluitingen 'TELE E3LM10'

Hieronder volgen de verschillende mogelijkheden van niveausensoren die we hebben onderzocht.

### **Niveaumeting met geleidende vloeistoffen**

Bij dit type niveaumeting worden metalen staven in de ketel geplaatst. De controlerende relais bepalen of er een elektrische verbinding is tussen de staven. De elektrische verbinding wordt gevormd door de vloeistof in de ketel. Dit is een goedkope optie die gemakkelijk is waar te nemen door de PLC. Het aantal niveaus die kunnen gedetecteerd worden, is wel beperkt. Voor ieder niveau moet er een extra staaf en een extra controlerend relais geplaatst worden.

### **Niveaumeting met geleide radar of TDR (time domain reflectometry)**

Dit systeem wordt toegepast in de maischketel en de kookketel. Hierbij worden elektromagnetische pulsen over een vaste of flexibele geleider gezonden. Deze pulsen worden teruggekaatst door het vloeistofoppervlak. De tijd tussen het uitzenden van puls en het terug ontvangen van de echo wordt gemeten en omgerekend naar de niveauhoogte in de tank. Dit systeem wordt ook toegepast met geluid en licht. Deze systemen worden respectievelijk ultrasone en optische meting genoemd. Met deze optie kunnen we oneindig veel niveaus meten. Dit systeem kan zeer eenvoudig ingelezen worden met de PLC die wij gebruiken omdat deze voorzien is van verschillende analoge ingangen. Het enige probleem waar we op stuiten is dat de analoge ingangen intern zijn voorzien van een spanningsmeting terwijl de sensoren een stroomsignaal genereren. Dit probleem kan omzeild worden door het stroomsignaal door een ohmse weerstand te sturen en met de PLC de spanning over deze weerstand te meten. Niveaumeting met geleidende radar is wel eerder een dure optie.



*Figuur 5.2-8: TDR niveausensor*

### **Hydrostatische niveaumeting**

Bij dit systeem wordt er een niveaudruksensor onderaan in de ketel geplaatst. Deze druksensor meet de hydrostatische druk in de vloeistof. Hoe meer vloeistof er in de ketel aanwezig is, hoe hoger deze druk. Deze gemeten druk wordt vervolgens omgerekend naar de vloeistofhoogte. Bij dit systeem kunnen er oneindig veel niveaus worden gemeten. Dit systeem kan ook zeer eenvoudig worden ingelezen met de PLC die wij gebruiken omdat deze voorzien is van verschillende analoge ingangen. Dit is ook eerder een duurdere optie.



Figuur 5.2-9: Niveau druksensor

### 5.2.4 Signaaltoeren

Op de brouwinstallatie bevindt zich een signaaltoeren. Signaaltoeren worden gebruikt om de status op een bepaald ogenblik van een installatie weer te geven. Rond signaaltoeren zijn geen specifieke normeringen, deze hangen af van de toepassing waarin ze worden gebruikt. Een wettekst kan echter wel een bepaalde norm voorschrijven, maar dit is in onze installatie niet het geval. De kleur van een lamp bepaalt de graad van belangrijkheid van de melding. Het knipperen van de lamp dient om de aandacht van de brouwer te trekken. Algemeen worden kleuren met hun betekenis als standaard aangenomen, zoals in onderstaande tabel. Kleuren die niet in de signaaltoeren op de brouwinstallatie zitten, laten we buiten beschouwing.



Figuur 5.2-10: Signaaltoeren op brouwinstallatie

De 3 lichten van de signaaltoeren zijn elk op een uitgang van de PLC aangesloten en worden aan- of uitgezet wanneer nodig.

Kleur	Functie	Beschrijving	Toepassing brouwinstallatie
Groen	Veilig	Toestand met normale condities.	Een correct werkend proces.
Blauw	Actie vereist	Toestand waarin verplichte tussenkomst van de operator nodig is voor een specifieke actie.	Bepaalde stap waarin er manueel kleppen moeten gewijzigd worden van stand.
Rood	Gevaar	Toestand met een noodsituatie of fout.	De mantelweerstand warmt niet op.

## 5.3 Kabels

### 5.3.1 Soorten kabels

Op de brouwinstallatie worden er verschillende soorten kabels gebruikt. Deze kabels hebben allemaal een specifiek doel. Hieronder volgt een lijst van de kabels die gebruikt worden op de brouwinstallatie.

- **SIF-kabel**

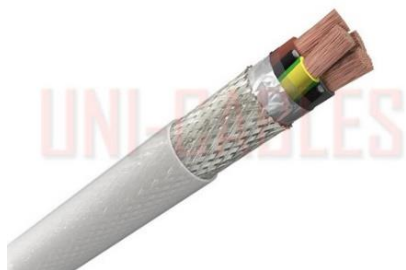
Een SIF-kabel, ook wel een siliconekabel genoemd, is een kabel die bestand is tegen hoge temperaturen tot 180°C. Deze worden bij de brouwinstallatie gebruikt om de warmte-elementen van het buffervat en de kookketel op aan te sluiten. Op de plaatsen waar de kabels binnenkomen op de warmte-elementen kan de temperatuur stevig oplopen, we hebben er dan ook voor gekozen om deze aan te sluiten met een SIF-kabel.



*Figuur 5.3-1: SIF-kabel*

- **VFD-kabel**

VFD is de afkorting van “Variable Frequency Drive”. Dit is dus een kabel die wordt gebruikt bij een toepassing waarbij de frequentie van de spanning variabel is. Dus typisch bij een snelheidsregeling van een motor aan de hand van een frequentieregelaar. Deze kabel onderscheidt zich door een metalen omhulsel dat rond de kabel is aangebracht. Dit metalen omhulsel kan gezien worden als een “kooi van Faraday”. Een “kooi van Faraday” is een kooivormige constructie van elektrisch geleidend materiaal, zoals koper en ijzer, die ondoordringbaar is voor elektromagnetische straling. Deze kabel zorgt er dus voor dat er zo weinig mogelijk elektromagnetische straling kan ontsnappen uit de kabel en dus geen andere componenten kan beïnvloeden. Op de bouwinstallatie wordt deze kabel toegepast bij het aansluiten van de motoren van de roerder en de wortpomp omdat deze frequentiegestuurd zijn.



*Figuur 5.3-2: VFD-kabel*

- **LIYY-kabel**

Een flexibele LIYY-kabel is een stuurstroomkabel die verschillende toepassingen kent binnen de stuur-, regel-, meet- en signaaltechniek. De voordelen van deze kabel zijn de hoge flexibiliteit en de geringe diameter waardoor deze gemakkelijk bruikbaar is. Bij de brouwinstallatie wordt dit type kabel gebruikt voor de aansluiting van sensoren en sturing van de frequentieregelaars.



*Figuur 5.3-3: LIYY kabel*

- **CTMB-kabel**

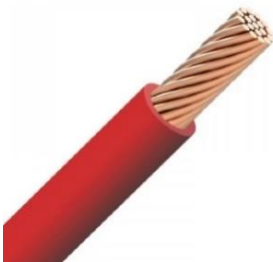
Een CTMB-kabel is een flexibele kabel met een omhulsel van rubber en neopreen. Deze kabel is vochtbestendig en heeft een hoge flexibiliteit. De waterpomp en de elektrische kleppen van de brouwinstallatie zijn met dit type kabel aangesloten.



*Figuur 5.3-4: CTMB-kabel*

- **VOB-draad**

Bij het bedraden van de elektrische kast hebben we gebruik gemaakt van flexibele VOB-draad. Dit is een draad die in verschillenden kleuren en diktes te verkrijgen is. Een flexibele draad is een draad van een bepaalde doorsnede die is opgebouwd uit zeer veel draden met een kleinere doorsnede. Dit zorgt ervoor dat de draad veel meer geplooid kan worden en veel gemakkelijker is bij het toepassen van deze draad.



*Figuur 5.3-5: Flexibele VOB-draad*

### 5.3.2 Doorsnede van draden

Om te bepalen welke doorsnede van draden we moeten gebruiken bij het bedraden van de elektrische kast zijn er twee belangrijke elementen waar we rekening moeten meehouden. Deze zijn:

- stroomsterkte die doorheen de draad zal vloeien;
- maximale lengte van de draad.

In kW	in Amp.	Nominale geleiderdoorsnede (mm <sup>2</sup> )											
		1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
3.9	6	143	234	375	560	936	*	*	*	*	*	*	*
6.55	10	86	140	225	336	561	885	*	*	*	*	*	*
10.5	16	53	87	140	210	351	553	862	*	*	*	*	*
13.1	20	**	70	112	168	280	442	689	945	*	*	*	*
16.4	25	**	**	90	134	224	354	551	756	*	*	*	*
22.9	35	**	**	**	96	160	253	394	540	717	*	*	*
32.8	50	**	**	**	**	112	177	275	378	502	703	944	*
41.3	63	**	**	**	**	**	140	218	300	398	558	749	914
52.4	80	**	**	**	**	**	**	172	236	313	439	590	720
65.5	100	**	**	**	**	**	**	**	189	251	351	472	576
81.9	125	**	**	**	**	**	**	**	**	200	281	377	460
104.9	160	**	**	**	**	**	**	**	**	**	219	295	360
131.1	200	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	236	288

Kabellengte in meters

Figuur 5.3-6: Tabel om doorsnede van draden te bepalen

Als er nu een belasting moet worden geschakeld, moeten we eerst kijken hoeveel stroom deze nominaal trekt. Dit kan worden bepaald aan de hand van het vermogen. Dan moet er een automaat worden gekozen met een grotere nominale stroom dan de geschakelde belasting. Vervolgens zal afhankelijk van de nodige draadlengte de correcte kabeldoorsnede afgelezen kunnen worden in de tabel.

#### Toepassing op brouwinstallatie

De wisselstroom die binnenkomt in de brouwinstallatie wordt in de kast afgezekerd met een C20-automaat. In de tabel moeten we dus gaan kijken in de rij van 20 ampère. Het eerste wat we tegenkomen, is een maximale draadlengte van 70 meter. Op de brouwinstallatie komt er geen enkele draad voor die langer dan 70 meter is. We kunnen besluiten dat een draaddoorsnede van 2,5 mm<sup>2</sup> voldoende is.



## 5.4 Kabelschoenen

Bij het bedraden van de elektrische kast hebben we ook iedere draad voorzien van kabelschoenen. Deze kabelschoenen zorgen voor de bescherming van de zeer dunne draadjes in de VOB-draad. Doordat de kabelschoenen de draadjes samenhouden, kunnen deze draadjes niet afbreken. Hiernaast zorgen de kabelschoenen er ook voor dat de kracht bij het opspannen van de draad overgebracht wordt op alle draadjes.

Wij beschikten over kabelschoenen voor verschillende draaddoorsneden zodat we voor ieder type draad de gepaste kabelschoenen konden gebruiken. Hiernaast hadden we ook kabelschoenen om twee draden in te plaatsten, dit is zeer eenvoudig bij het doorlussen van een draad van de ene naar de andere component.



*Figuur 5.4-1: Kabelschoenen voor 2 draden*

## 5.5 Elektrische kast

Begin dit jaar kregen we de brouwinstallatie, waarbij de schakelkast een warboel was. Draden waren te kort of te lang, lagen door elkaar en waren niet genummerd.

Als de schakeling van alle componenten werkte en het elektrische schema volledig op punt stond, hebben we alle draden uit de schakelkast verwijderd en hebben we de componenten herschikt. Bij het herschikken van de componenten hebben we rekening gehouden met de warmteontwikkeling in de kast. Elke component ontwikkelt warmte die moeilijk kan ontsnappen uit de kast omdat deze waterdicht is vervaardigd. Er zijn enkele componenten in de kast die warmtegevoelig zijn waardoor een lange levensduur niet kan worden gegarandeerd.

Warme lucht stijgt door een verschil in dichtheid. Daarom plaatsen we de warmtegevoelige componenten best niet bovenaan. Op de onderste DIN-rail zitten de klemmen voor de aansluitingen met de componenten van buiten de kast. We hebben ervoor gekozen om op de tweede DIN-rail de automaten te plaatsen. Dit om zoveel als mogelijk de 230 volt-wisselspanning te scheiden van de 24 volt-gelijkspanning. Op de middelste rail plaatsen we de warmtegevoelige componenten. Hieronder verstaan we de PLC, componenten om de PWM-signalen voor de frequentieregelaars te generen en de controlerende relais van de niveausensor van het boilervat. Op de bovenste rail plaatsen we de spanningsbronnen en het schakelmateriaal. Dit zijn de relais van de warmteweerstanden, de veiligheidsrelais en de relais van de elektrische kleppen.

Na het herschikken van de componenten hebben we via het elektrische schema de draden terug geplaatst in de kast. Bij het terugplaatsen van de draden hebben we erop gelet dat de draden mooi in de voorziene kabelgootjes lagen. Zodat de kast een hoge afwerkingsgraad kreeg.



*Figuur 5.5-1: Schakelkast begin dit jaar*



*Figuur 5.5-2: Schakelkast na onze ingreep*

## 5.6 Draadnummers

Tijdens het terugplaatsen van de draden in de schakelkast hebben we op alle draden draadnummers voorzien. Deze draadnummers hebben we automatisch laten genereren door EPLAN. Bij het toekennen van draadnummers is er veel vrijheid. Je kan op veel manieren de draden laten nummeren

bijvoorbeeld met letters of cijfers. Wij hebben voor het volgende systeem gekozen omdat dit ons het meest overzichtelijk lijkt. Ieder draadnummer bestaat uit vier cijfers. De eerste twee cijfers vormen het cijfer van het deelschema van het elektrische schema en gaan van één tot elf. De laatste twee cijfers vormen de onderverdeling per deelschema. Met dit systeem zie je bij eender welke draad direct op welk deelschema deze terug te vinden is. Op het deelschema kan je dan ook direct de functie van de draad achterhalen.

Op iedere draad in de elektrisch kast is het draadnummer twee maal aangebracht, één maal bij het begin van de draad en één maal op het einde van de draad. De draadnummers zorgen ervoor dat de elektrische kast zeer overzichtelijk wordt. Als er bijvoorbeeld bij een defect een draad moet vervangen worden, zie je in één oogopslag waar de draad begint en eindigt.



*Figuur 5.6-1: Draadnummers aangebracht in elektrische kast*

## 5.7 Elektrische veiligheid

Op de brouwinstallatie wordt er gebruik gemaakt van wisselspanning van 230 en 400 volt. Personen die in aanraking komen met onder spanning staande delen krijgen een elektrische schok. Zij kunnen zware letsels oplopen of zelfs gedood worden. Hoe ernstig het letsel is bij aanraking van onder spanning staande delen hangt af van de stroomsterkte die door het lichaam vloeit tijdens het aanraken. Ook de duur van de stroom doorheen je lichaam heeft een grote invloed.

De grootte van de stroom die kan veroorzaakt worden door het lichaam hangt op zijn beurt af van de weerstand van het lichaam. Vochtigheid van de huid beïnvloedt voor een groot deel de weerstandswaarde van het lichaam. Omdat we in de brouwinstallatie werken met water kan het lichaam van de gebruiker vochtig worden waardoor de elektrische weerstandswaarde van het lichaam sterk kan dalen.

Met het voorgaande in het achterhoofd kunnen we eenvoudig besluiten dat de elektrische veiligheid een zeer belangrijk onderdeel is van de installatie. Bij het ontwerpen en het verder realiseren van de installatie is er dan ook steeds rekening gehouden met de voorgeschreven regels van het AREI wat staat voor “Algemeen reglement op de elektrische installatie”. Hierna volgen de verschillende beschermingsmaatregelen die we hebben genomen bij de brouwinstallatie.

### 5.7.1 Isolatie

De eerste beschermingsmaatregel die we hebben genomen, is isolatie van de onder spanning staande delen. Dit voorkomt dat een persoon deze delen kan aanraken. Naargelang hun isolatie worden de toestellen onderverdeeld in categorieën. De belangrijkste indelingen zijn de beschermingsgraden en de isolatieklassen.

#### Beschermingsgraden

Uit veiligheidsoverwegingen wordt elk elektrisch toestel beschermd door een omhulsel. De aanduiding van de beschermingsgraad bestaat uit de letters IP (Ingress Protection) gevolgd door twee cijfers.

- Eerste cijfer: het eerste cijfer geeft de bescherming weer tegen aanraking van onder spanning staande delen of tegen indringen van vaste voorwerpen.
- Tweede cijfer: het tweede cijfer geeft de bescherming weer tegen indringen van vloeistoffen.

IP EERSTE CIJFER TEGEN STOF	IP TWEEDE CIJFER TEGEN VLOEISTOF
<p><b>IP2X</b></p> <p>Bescherming tegen vaste stoffen met een doorsnee van meer dan 12,5 mm</p>	<p><b>IPX0</b></p> <p>Geen bescherming tegen water</p>
<p><b>IP3X</b></p> <p>Bescherming tegen vaste stoffen met een doorsnee van meer dan 2,5 mm</p>	<p><b>IPX1</b></p> <p>Bescherming tegen vallende druppels</p>
<p><b>IP4X</b></p> <p>Bescherming tegen vaste stoffen met een dikte of doorsnee van meer dan 1 mm</p>	<p><b>IPX3</b></p> <p>Bescherming tegen verstuivend water</p>
<p><b>IP5X</b></p> <p>Bescherming tegen stof in hoeveelheden die tot storingen kunnen leiden</p>	<p><b>IPX4</b></p> <p>Bescherming tegen spatten</p>
<p><b>IP6X</b></p> <p>Geheel stofbestendig</p>	<p><b>IPX5</b></p> <p>Bescherming tegen waterstralen</p>
	<p><b>IPX7</b></p> <p>Bescherming tegen tijdelijk onderdompelen</p>
	<p><b>IPX8</b></p> <p>Bescherming tegen volledige, onafgebroken onderdompeling</p>

Figuur 5.7-1: Tabel met betekenis IP-waarde



De elektrische onderdelen van de brouwinstallatie hebben allemaal een bepaalde beschermingsgraad. Deze werd bepaald door de constructeur van het onderdeel. Het is dan ook de verantwoordelijkheid van deze constructeur dat het onderdeel voldoet aan de beschermingsgraad op voorwaarde dat de adviezen gevolgd werden omtrent de montage van het onderdeel.

Het onderdeel van de installatie dat wij hebben samengesteld, met name de elektrische kast, valt onder onze verantwoordelijkheid inzake veiligheid. Er is dan ook gekozen voor een kast met een hoge IP-waarde namelijk 65. Zoals je kan zien in bovenstaande tabel betekent dit dat de kast geheel stofbestendig is en ook bestand is tegen waterstralen.

### 5.7.2 Differentieelschakelaar

Een volgende beschermingsmaatregel is de differentieelschakelaar. Dit is een component die de totale stroomsterkte van de fase draden en de nul draad controleert. De vectoriële som moet nul zijn. Als op een bepaald moment de vectoriële som niet meer nul is, zal de differentieelschakelaar hierop reageren door de stroomtoevoer af te sluiten. Deze vectoriële som kan op een bepaald moment niet meer nul zijn als er ergens een bepaalde hoeveelheid stroom wegvloeit. Deze kan bijvoorbeeld wegvloeien doorheen de aarding.

Als de totale stroomsterkte vectorieel niet gelijk is aan nul kunnen we spreken van een lekstroom. Deze lekstroom kan ontstaan als er een onder spanning staand deel wordt aangeraakt door een persoon. Bij het aanraken ontstaat er een lekstroom doorheen het lichaam van de persoon. Is deze lekstroom gelijk of groter dan de waarde van de differentieelschakelaar, dan zal deze schakelaar de stroom afsluiten. Op de onderstaande afbeelding zien we een isolatiefout bij de wasmachine. Door de isolatiefout komt het uit staal vervaardigd omhulsel onder spanning te staan. Bij het aanraken van dit omhulsel ontstaat er een stroom doorheen het lichaam. Als deze stroomsterkte groter is dan de waarde van de differentieelschakelaar zal de stroom worden afgesloten.



*Figuur 5.7-2: Gevaar van onder spanning staande delen*

Het AREI schrijft voor dat in iedere woning bij het begin van de elektrische installatie een differentieelschakelaar van 300mA geïnstalleerd wordt (AREI artikel 86.07). Deze schakelaar is geplaatst in de installatie van de brouwer. Hiernaast schrijft het AREI ook voor dat vaste toestellen, die waterdamp produceren of water gebruiken, na een 30mA-differentieelschakelaar geplaatst horen te worden (AREI artikel 86.08). We hebben dan ook gekozen om deze te plaatsen in de elektrische kast. Hierdoor zijn we steeds zeker dat de brouwinstallatie na een 30mA-differentieelschakelaar geplaatst is.



Figuur 5.7-3: Differentienschakelaar

### 5.7.3 Aarding

De aarding van de brouwinstallatie biedt ook bescherming. Om te bepalen op welke manier we best de installatie aarden, is het belangrijk om eerst te kijken hoe het elektrische net is opgebouwd waar de installatie zal toegepast worden. Dit is namelijk een elektrisch TT-net. Dit is een net waarbij:

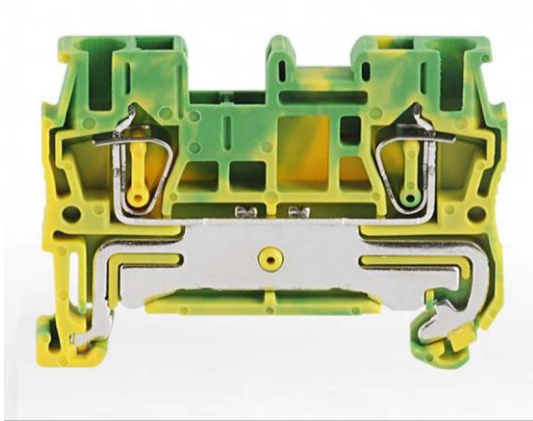
- het netsterpunt verbonden is met de aarde ter hoogte van de distributie of klantcabine;
- de massa's van de verbruikstoestellen met de aarde verbonden zijn.

Bij de aarding van een TT-net is het belangrijk dat alle genaakbare onderdelen verbonden zijn met de aarding. Als er dan ergens een isolatiefout optreedt waardoor er een genaakbaar onderdeel onder spanning komt te staan, zal er een foutstroom ontstaan door de aarding. Deze foutstroom zal doorheen de aarding, de aarde en terug naar de aarding bij de distributie of klantcabine lopen.

Als er een isolatiefout optreedt bij een geleider van 230V zal er een stroom doorheen de aarding ontstaan. De grootte van deze stroom hangt af van de weerstandswaarde van de aarding. Het AREI schrijft voor dat de weerstand van de aarding maximaal  $30\Omega$  mag bedragen. Dit geeft als gevolg dat bij het voorbeeld de grootte van foutstroom ongeveer 7,5A zal bedragen. Hierop zal de differentieelschakelaar meteen reageren en de stroom afsluiten.

Het verbinden van de genaakbare onderdelen van brouwinstallatie met de aarding gebeurt door middel van de elektrische kast. Deze is namelijk verbonden met de aardingsgeleider en op zijn beurt met metalen bouten verbonden aan de volledige installatie. Iedere elektrische component buiten de kast is verbonden met een aardingsgeleider tot in de kast. De aarding van de componenten in de schakelkast die op een DIN-rail zijn geplaatst, gebeurt door contact tussen de component en de rail. Omdat de DIN-rail en de elektrische kast soms een minder goede elektrische verbinding heeft, hebben we ervoor gekozen om iedere DIN-rail in de kast nog eens extra te aarden.





Figuur 5.7-4: Component om DIN-rail te aarden

### 5.7.4 Isolatieklassen

De isolatieklasse van het elektrisch materiaal duidt aan hoe dit materiaal geïsoleerd is. Bij elke klasse horen eigen beveiligingsmaatregelen. De brouwinstallatie kunnen we rekenen onder een klasse I-toestel. Dit betekent dat de aanraakbare elektrisch geleidende delen (metalen omhulsels) zijn voorzien van een aardingsklem die via de beschermgeleider met de aarde verbonden is.

### 5.7.5 Automaten

#### Werking van een automaat

De voorgaande veiligheidsmaatregelen werden telkens getroffen om de veiligheid van de gebruiker te garanderen. Hiernaast wilden we ook de installatie zelf beschermen. Dit deden we aan de hand van niet-instelbare thermomagnetische beveiligingen, in de volksmond ook wel gekend als automaten of automatische zekeringen.

Een automaat geeft twee belangrijke onderdelen.

- **Magnetische beveiliging**

Deze beveiliging wordt gerealiseerd door middel van elektromagneet. Deze elektromagneet reageert zodra er een zeer grote stroom doorheen de automaat vloeit. Deze stroom ontstaat meestal door een kortsluiting, op dat moment spreken we van een kortsluitstroom. Zodra de kortsluitstroom door de elektromagneet vloeit, zal de spoel een as tegen het uitschakelmechanisme duwen waardoor de stroom uitgeschakeld wordt.

- **Thermische beveiliging**

Deze beveiliging beschermt tegen overbelasting van de elektrische kring. In de automaat zit een bimetaal staafje dat bij langdurige grote stromen zal opwarmen. Door het opwarmen zal het bimetaal plooiën en hierdoor het uitschakelmechanisme bedienen waardoor de stroom afgesloten wordt.

1. Bedieningshefboom, opent en sluit de contacten.
2. Schakelmechanisme
3. Schakelcontacten
4. Aansluitingen
5. Bimetaal
6. Ijkschroef - om de schakelstroom precies in te stellen na fabricage
7. Spoel
8. Bluskamer

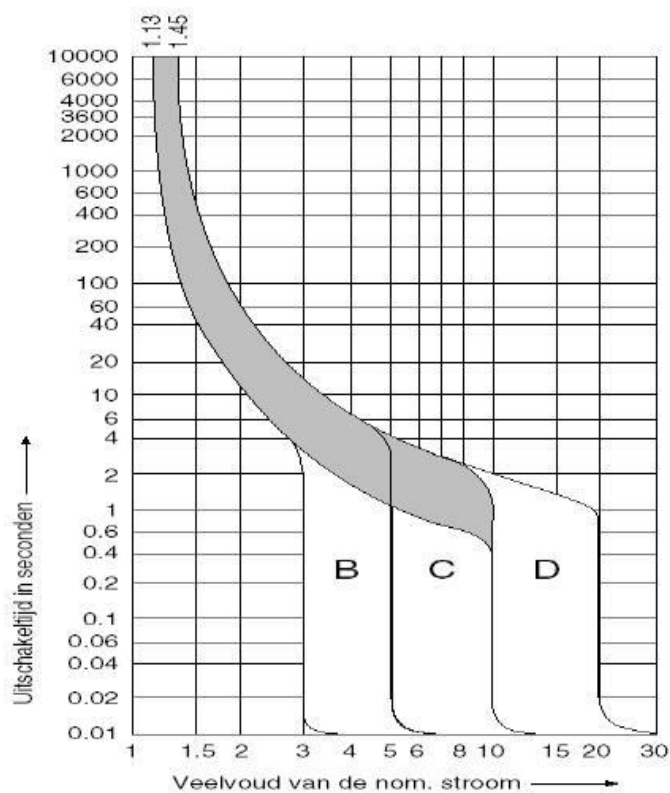


Figuur 5.7-5: Doorsnede van een automaat

### Type van een automaat

Ieder automaat behoort tot een bepaald type. Dit type bestaat uit een letter (B, C of D) gevolgd door een getal (bv. 20, 25, 32...).

- De letter staat voor de karakteristiek waarin de automaat wordt toegepast. Er is een B-, C- en D-karakteristiek.

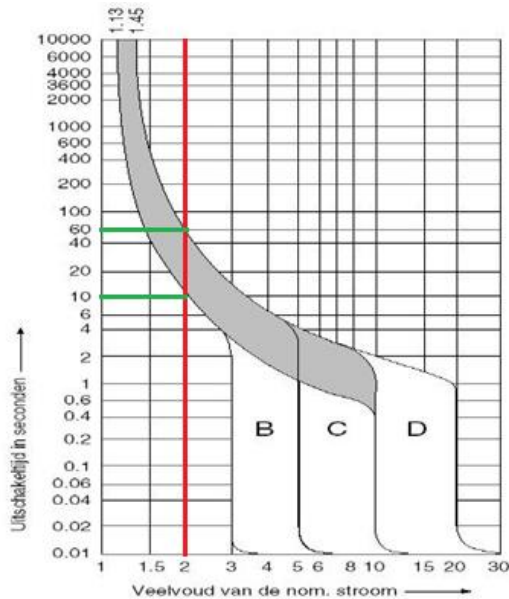


Figuur 5.7-6: Karakteristiek automaten

- Het getal staat voor de nominale stroom van de automaat. Deze nominale waarde wordt gebruikt om af te lezen op de karakteristiek of de automaat bij een bepaalde stroomsterkte zal uitschakelen en in welke tijdspanne dit zal gebeuren.

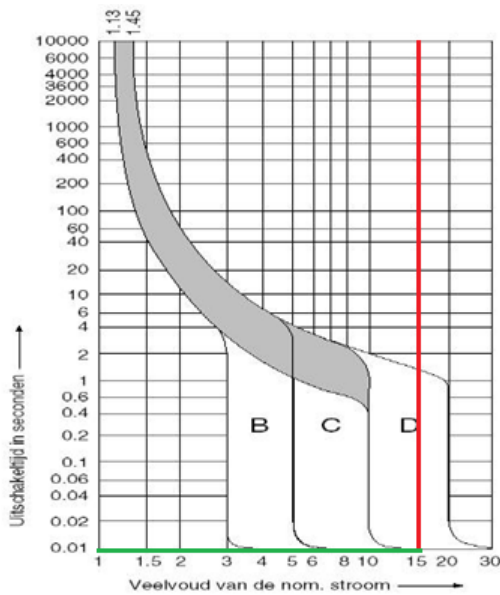
### Praktische voorbeelden

Er wordt een C20-automaat geplaatst in een bepaalde elektrische kring. Deze kring wordt door de gebruiker constant belast met 40 ampère. Deze 40 ampère is 2 maal de nominale stroom. Als we met deze gegevens in de C-karakteristiek kijken dan zien we dat de automaat zal uitschakelen binnen minimaal 10 seconden en maximaal 60 seconden. Dit is een beveiliging tegen overbelasting van de elektrische kring. Bij een beveiliging tegen overbelasting reageert de automaat eerder traag.



Figuur 5.7-7: Toegepaste karakteristiek praktisch voorbeeld 1

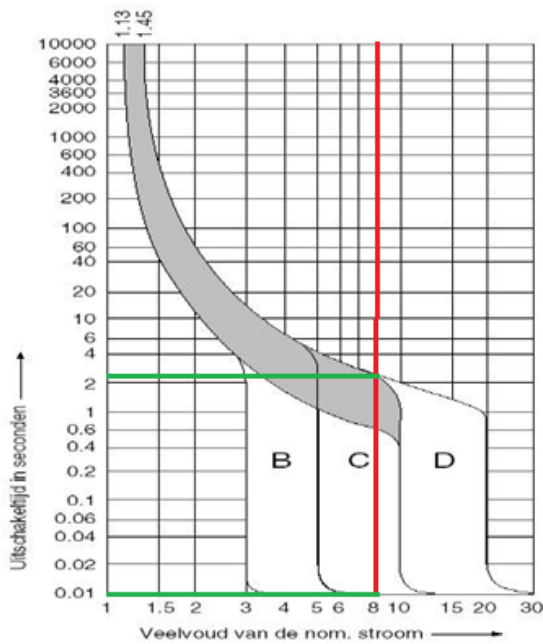
Om de beveiliging tegen kortsluiting te duiden bekijken we een tweede praktisch voorbeeld. We hebben opnieuw dezelfde elektrische kring met dezelfde automaat. Er is nu een kortsluitstroom van 300 ampère. Dit is 15 maal de nominale stroom van onze automaat. We zien op de karakteristiek dat de automaat nu binnen de 10 milliseconden zal uitschakelen. Bij een beveiliging tegen kortsluiting reageert de automaat zeer snel.



Figuur 5.7-8: Toegepaste karakteristiek praktisch voorbeeld 2

Op de karakteristiek zien we ook nog een derde gebied, vaak de grijze zone genoemd. Bij een C-automaat is dit het gebied tussen 5 en 10 maal de nominale stroom. Om het probleem bij deze zone te duiden nemen we opnieuw dezelfde elektrische kring met dezelfde automaat, er is nu een kortsluitstroom van 160 ampère, dit is 8 maal de nominale stroom. We zien op de karakteristiek dat in dit geval de automaat kan uitschakelen tussen 10 ms en 2,5 seconden. Als de automaat maar uitschakelt na 2,5 seconden kan dit zorgen voor schade aan de installatie. In dit geval heeft er dan 2,5 seconden lang 160 ampère door de installatie gevloeid. We kunnen besluiten dat het gevaarlijk is om een gebied binnen de grijze zone te gebruiken.

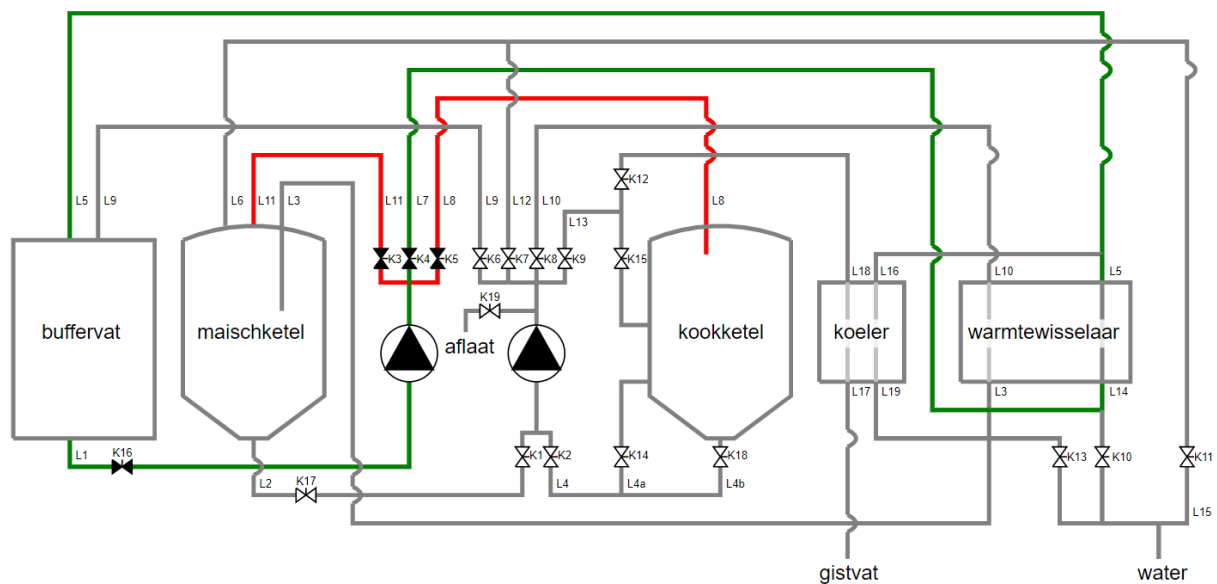
Om te voorkomen dat een automaat wordt gebruikt binnen dit gebied moeten we ervoor zorgen dat er bij een kortsluiting een voldoende grote stroom vloeit die meer dan tien maal de nominale stroom bedraagt. Om te zorgen dat de stroom voldoende groot is, moeten we de weerstand van de geleiders beperken. Uit de *Wet van Pouillet* kunnen we besluiten dat we hiervoor de doorsnede van de gebruikte draden voldoende groot moeten nemen. De draaddiktes die we moeten gebruiken, wordt vaak weergegeven in tabellen.



Figuur 5.7-9: Toegepaste karakteristiek praktisch voorbeeld 3

### 5.8 Problemen testen installatie

Tijdens de eerste lange PID-test stelden we een probleem vast met een klep. Deze klep liet toen water lopen van het buffervat direct naar de maischketel en de kookketel. Hieronder zie je waar het water liep. In de groene leidingen mag het water lopen, maar in de rode leidingen niet. Dit was wel het geval.



Figuur 5.8-1: Visualisatie probleem

Het gevolg hiervan was dat het waterniveau van het buffervat zakte. Dit zorgde er dan voor dat de warmteweerstand boven water kwam te staan. Wat dan weer tot gevolg had dat een impedantie van de dompelweerstand sneuvelde. Hierdoor werkte de warmteweerstand nog maar op twee derde van zijn vermogen. We hebben dit probleem aangepakt door de weerstand elektronisch te beveiligen. Dit

gebeurt door een relais dat pas schakelt als het waterniveau hoog genoeg is in het buffervat. Als het water te laag komt, kan de warmteweerstand niet ingeschakeld worden.

Voordat de warmteweerstand vervangen werd, deden we nog een test door het water eerst op te warmen in de kookketel. Dit was ook de eerste langdurende test van de mantelweerstand. Hierdoor vonden we nog een aantal problemen. Ten eerste begon het silicone onder de mantelweerstand te smelten. Dit losten we op door het silicone te verwijderen. Daarnaast smolten er ook nog kabels waardoor er kortsluiting ontstond. Dit hebben we opgelost door hittebestendige kabels te gebruiken (zie punt 5.3 Kabels).



## 5.9 Bundel 'Standaardprogramma's'

# STANDAARDPROGRAMMA'S

## BROUWINSTALLATIE HEXA



## Inhoudstafel

Inleiding.....	3
Werking tabellen.....	4
Verklarende begrippen.....	4
Programma opstarten via interface.....	5
Reinigingsprogramma 1.....	6
1. Machinaal reinigen.....	6
Brouwprogramma.....	8
2. Voorbereiding maischen.....	8
3. Maischen.....	9
4. Koken.....	10
5. Koelen.....	11
Reinigingsprogramma 2.....	12
6. Handmatig reinigen.....	12
7. Machinaal reinigen.....	14

## Inleiding

Beste gebruiker

In deze module kunt u de standaardprogramma's terugvinden samengesteld voor bierbrouwinstallatie Hexa. In normale omstandigheden wordt er gestart met 'reinigingsprogramma 1'. Hierbij wordt er eerst water opgewarmd in het buffervat om de installatie te reinigen voor het brouwen begint. Daarna volgt het 'brouwprogramma' zelf. Op het einde van het brouwprogramma kan er worden gestart met 'reinigingsprogramma 2'. In 'reinigingsprogramma 2' wordt er voor de eerste cyclus gebruikgemaakt van het warme water dat reeds aanwezig is in het buffervat.

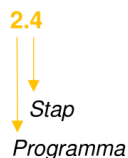
Vóór elke stap in een programma vindt er een voorbereiding plaats. In deze voorbereiding moeten kleppen manueel geopend of gesloten worden of moet er bijvoorbeeld een leiding aangesloten worden. Dit wordt aangeduid door een blauwe signaallamp. Wanneer alle manuele handelingen uitgevoerd zijn, wordt dit manueel bevestigd door op de RESET-knop te drukken op de installatie. Hierna loopt het programma verder.

'Reinigingsprogramma 1' bestaat enkel uit een machinale reiniging. De machinale reiniging wordt tweemaal doorlopen, de eerste maal met reinigingsproduct (indien gewenst) en de tweede maal zonder reinigingsproduct. In 'reinigingsprogramma 1' wordt het buffervat volledig gevuld.

Het 'brouwprogramma' start met de voorbereiding voor het maischen waarna het maischen zelf volgt. Na het maischen volgt het koken en het koelen.

'Reinigingsprogramma 2' start met een handmatige reiniging, waarna de machinale reiniging start. De machinale reiniging wordt tweemaal doorlopen, de eerste maal met reinigingsproduct (indien gewenst) en de tweede maal zonder reinigingsproduct. In 'reinigingsprogramma 2' wordt het warme water gebruikt dat reeds aanwezig is in het buffervat van het 'brouwprogramma' voor de eerste cyclus, voor cyclus 2 wordt het buffervat opnieuw gevuld met leidingwater.

In de online interface is steeds een nummer te zien, hierdoor kan men zien waar de installatie op dat moment mee bezig is door onderstaande methode te volgen. Met behulp van de inhoudstafel kan snel genavigeerd worden naar de juiste pagina. Ook kunnen alle temperaturen manueel worden aangepast, voor meer info verwijzen we naar de gebruiksaanwijzing.



## Werking tabellen

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
VBR	1. 'Brouwprogramma' starten via interface. 2. RESET-knop indrukken als K10 open is.	K10 OPEN	SLB AAN
2.1	Vullen buffervat tot sensor vol niveau leest. 5 K10 – L14 – WW – L5	6 K10 DICHT (snel)	SLG AAN SLB AAN (bij vol niveau)

- 1 In deze kolom vindt u het stapnummer (2.1). Vóór iedere stap is er ook een voorbereiding (VBR).
- 2 In deze kolom vindt u de actie die moet ondernomen worden in woorden. Binnen sommige stappen kan er nog een extra onderverdeling gemaakt worden van stappen.
- 3 Hier vindt u zaken die handmatig moeten gebeuren tijdens een stap of voorbereiding.
- 4 Hier vindt u zaken die automatisch gebeuren tijdens een stap of voorbereiding.
- 5 Onder iedere stap kan de flow teruggevonden worden in het blauw.
- 6 Manuele stappen die snel uitgevoerd moeten worden staan in het rood. Voorbeeld: K10 moet zo snel mogelijk dicht als de blauwe signaallamp aangaat.

## Verklarende begrippen

VBR	= Voorbereiding
BLD	= Blauwe darm
TSL	= Tuinslang
WOP	= Wortpomp
WAP	= Waterpomp
SLB	= Signaallamp blauw
SLG	= Signaallamp groen
BV	= Buffervat
MK	= Maischketel
KK	= Kookketel
WW	= Warmtewisselaar
RBOILER	= Boilerweerstand
RMANTEL	= Mantelweerstand
ROERDER	= Roerder maischketel

### Programma opstarten via interface

1. Laptop verbinden met brouwinstallatie (zie gebruiksaanwijzing).
2. *Open de visuele interface.\**
3. *Open het submenu 'Brouwparameters'.\**

**Brouwparameters**

Temperatuur:  °C

°C

°C

°C

Tijd:  min.

min.

min.

min.

---

Kookvolume:  liter

Kooktijd:  min.

4. *Pas de brouwparameters aan.\**
5. *Druk op versturen (vóór het starten van het programma).\**
6. Druk op de START-knop.

\* Parameters worden in het geheugen opgeslagen. Deze stappen zijn dus enkel nodig als er een ander recept gewenst is. Wijzigingen doorvoeren is enkel mogelijk als er geen brouwprogramma actief is.

## Reinigingsprogramma 1

### 1. Machinaal reinigen

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
<b>VBR*</b>	<b>EERSTE CYCLUS</b>		SLB AAN
	1. 'Reinigingsprogramma 1' starten via interface.		
	2. START-knop indrukken.		
	3. Blauwe darm aansluiten op L17.	K10 OPEN	
	4. RESET indrukken, daarna K10 openen.		
	<b>TWEDE CYCLUS (START BIJ 1.5)</b>	K12 DICHT K18 DICHT K10 OPEN K13 DICHT	
	1. K12 en K18 sluiten.		
	2. RESET indrukken, daarna K10 openen.		
<b>1.1</b>	Buffervat vullen tot timer afloopt (20s). K10 – L14 – L5 – BV		SLG AAN
<b>VBR</b>	K10 sluiten, RESET indrukken, daarna K13 openen.	K10 DICHT K13 OPEN	SLB AAN
<b>1.2</b>	Buffervat bijvullen tot ingang 9 hoog is. K13 – L19 – L16 – L5 – BV		SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET indrukken na het sluiten van K13.	K13 DICHT (snel)	SLB AAN (bij half niveau)
<b>1.3</b>	Maischketel deels vullen om buffervat volledig te vullen. L15 – K11 – L6 – MK		K11 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K17 open is.	K17 OPEN	SLB AAN
<b>1.4</b>	Inhoud maischketel overpompen naar buffervat tot ingang 9 en N hoog zijn L2 – K17 – K1 – WOP – K6 – L9 – BV		K1 WOP K6 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K16 open is en K17 dicht.	K16 OPEN K17 DICHT	SLB AAN
<b>1.5</b>	Opwarmen buffervat. Warmtelagen breken (20 sec/min). L1 – K16 – WAP – K4 – L7 – L14 – WW – L5		SLG AAN RBOILER K4 WAP
<b>VBR</b>	<i>Hier kan reinigingsproduct toegevoegd worden.</i>		
<b>1.6</b>	L7 spoelen BV – L1 – K16 – WAP – K4 – L7 – L14 – WW – L5 – BV		WAP K4



<b>VBR</b>		
<b>1.7</b>	Helpt buffervat → kookketel (L8 spoelen). BV – L1 – K16 – WAP – K5 – L8 – KK	WAP K5
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K16 dicht is en K18 open.	K16 DICHT K18 OPEN SLB AAN
<b>1.8</b>	Inhoud kookketel → buffervat (L9 spoelen). KK – K18 – L4b – L4 – K2 – WOP – K6 – L9 – BV	K2 K6 WOP SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K18 dicht is en K16 open.	K18 DICHT K16 OPEN SLB AAN
<b>1.9</b>	Inhoud buffervat → maischketel. BV – L1 – K16 – WAP – K3 – L11 – MK	WAP K3 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K16 dicht is en K17 open.	K16 DICHT K17 OPEN SLB AAN
<b>1.10</b>	Rondpompen (L6 en K7 spoelen). MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K7 – L12 – L6 – MK	K1 WOP K7 SLG AAN
<b>VBR</b>		
<b>1.11</b>	Rondpompen (warmtewisselaar spoelen). MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K8 – L10 – WW – L3 – MK	K1 WOP K8
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K15 open is.	K15 OPEN SLB AAN
<b>1.12</b>	Inhoud maischketel → kookketel. MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K9 – L13 – K15 – KK	K1 WOP K9 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K15 en K17 dicht is en K12 en K14 open. K13 openen volgens markering om warm water in buffervat te krijgen.	K15 DICHT K17 DICHT K12 OPEN K14 OPEN K13 OPEN SLB AAN
<b>1.13</b>	Helpt kookketel → afvoer. KK – K14 – L4a – L4 – K2 – WOP – K9 – L13 – K12 – L18 – FILTER – KOELER – L17 – AFVOER	K2 WOP K9 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K14 dicht is en K18 open.	K14 DICHT K18 OPEN SLB AAN
<b>1.14</b>	Inhoud kookketel → afvoer. KK – K18 – L4b – L4 – K2 – WOP – K9 – L13 – K12 – L18 – FILTER – KOELER – L17 – AFVOER	K2 WOP K9 SLG AAN
<b>VBR</b>	Ga verder bij <b>VBR*</b> : TWEEDE CYCLUS.	

## Brouwprogramma

### 2. Voorbereiding maischen

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
VBR	1. 'Brouwprogramma' starten via interface. 2. START-knop indrukken. 3. RESET-knop indrukken als K10 open is.	K10 OPEN	SLB AAN
2.1	Vullen buffervat tot ingangen 9 en N hoog zijn. K10 – L14 – WW – L5		SLG AAN
VBR		K10 DICHT (snel)	SLB AAN (bij vol niveau)
2.2	Vullen maischketel (hoeveelheid om te brouwen). L15 – K11 – L6 - MK		SLG AAN K11
VBR	RESET-knop indrukken als K15 en K17 open zijn.	K15 OPEN K17 OPEN	SLB AAN
2.3	Inhoud maischketel naar kookketel. MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K9 – K15 - KK		SLG AAN WOP K1 K9
VBR	RESET-knop indrukken als K17 dicht is en K16 en K18 open zijn.	K17 DICHT K16 OPEN K18 OPEN	SLB AAN
2.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buffervat opwarmen + warmtelagen breken (20 sec/min) (1<sup>ste</sup> T maischen + 12°C). L1 – K16 – WAP – K4 – L7 – L14 – WW – L5</li> <li>• Kookketel opwarmen + warmtelagen breken (20 sec/min) (1<sup>ste</sup> T maischen). K18 – L4b – L4 – K2 – WOP – K9 – L13 – K15</li> </ul>		SLG AAN RBOILER RMANTEL K4 K2 K9 WAP WOP
VBR	RESET-knop indrukken als K15 en K16 dicht zijn.	K15 DICHT K16 DICHT	SLB AAN
2.5	Inhoud kookketel naar maischketel. KK - K18 – L4b – L4 – K2 – WOP – K7 – L6 - MK		SLG AAN K2 K7 WOP

### 3. Maischen

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
VBR	RESET-knop indrukken als K18 dicht is en K16 en K17 open zijn.	K18 DICHT K16 OPEN K17 OPEN	SLB AAN
3.1	<p>1. Mout toevoegen en terwijl roerder opdrijven van minimumsnelheid in water naar minimumsnelheid in wort. (10 minuten) <i>Buffervat op constante T houden.</i> L1 – K16 – WAP – K4 – L7 – L14 – WW – L5</p> <p>2. Wort laten rusten, roerder op minimumsnelheid in wort. (15 minuten) <i>Buffervat op constante T houden.</i> L1 – K16 – WAP – K4 – L7 – L14 – WW – L5</p> <p>3. Rondpompen wort en terwijl roerder opdrijven naar maximumsnelheid in wort. (10 minuten) <i>Snelheid wortpomp verhoogt in trapjes tot 50%.</i> L2 – K17 – K1 – WOP – K7 – L12 – L6</p>		<p>SLG AAN K4 WAP RBOILER ROERDER</p> <p>K1 K7 WOP</p>
3.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Circuit maischketel L2 – K17 – K1 – WOP – K8 – L10 – WW – L3</li> <li>Circuit buffervat (buffervat op c<sup>le</sup> T houden) L1 – K16 – WAP – K4 – L7 – L14 – WW – L5</li> </ul>		<p>K1 K8 WOP K4 WAP RBOILER ROERDER</p>

#### 4. Koken

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
VBR	RESET-knop indrukken als K15 open is en filterbed gevormd is.	K15 OPEN	SLB AAN
4.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wort naar kookketel               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Pompen tot inhoud kookketel = 149 liter.</li> <li>◦ Wanneer volume kookketel = 80 liter: aanzetten mantelweerstand.</li> </ul> </li> </ul> <p>L2 – K17 – K1 – WOP – K9 – L13 – K15</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maischketel bijvullen met spoelwater uit buffervat               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Pompen tot inhoud kookketel = 149 – inhoud maischketel.</li> </ul> </li> </ul> <p>L1 – K16 – WAP – K3 – L11</p>		SLG AAN K1 WOP K9 RMANTEL  WAP K3
VBR	RESET-knop indrukken als K16 en K17 dicht zijn en K14 open.	K16 DICHT K17 DICHT K14 OPEN	SLB AAN
4.2	Koken Warmtelagen breken (20 sec/min). <p>K14 – L4a – L4 – K2 – WOP – K9 – L13 – K15</p>		SLG AAN RMANTEL K2 WOP K9
VBR			
4.3	Whirlpoolen <p>K14 – L4a – L4 – K2 – WOP – K9 – L13 – K15</p>		K2 WOP K9

## 5. Koelen

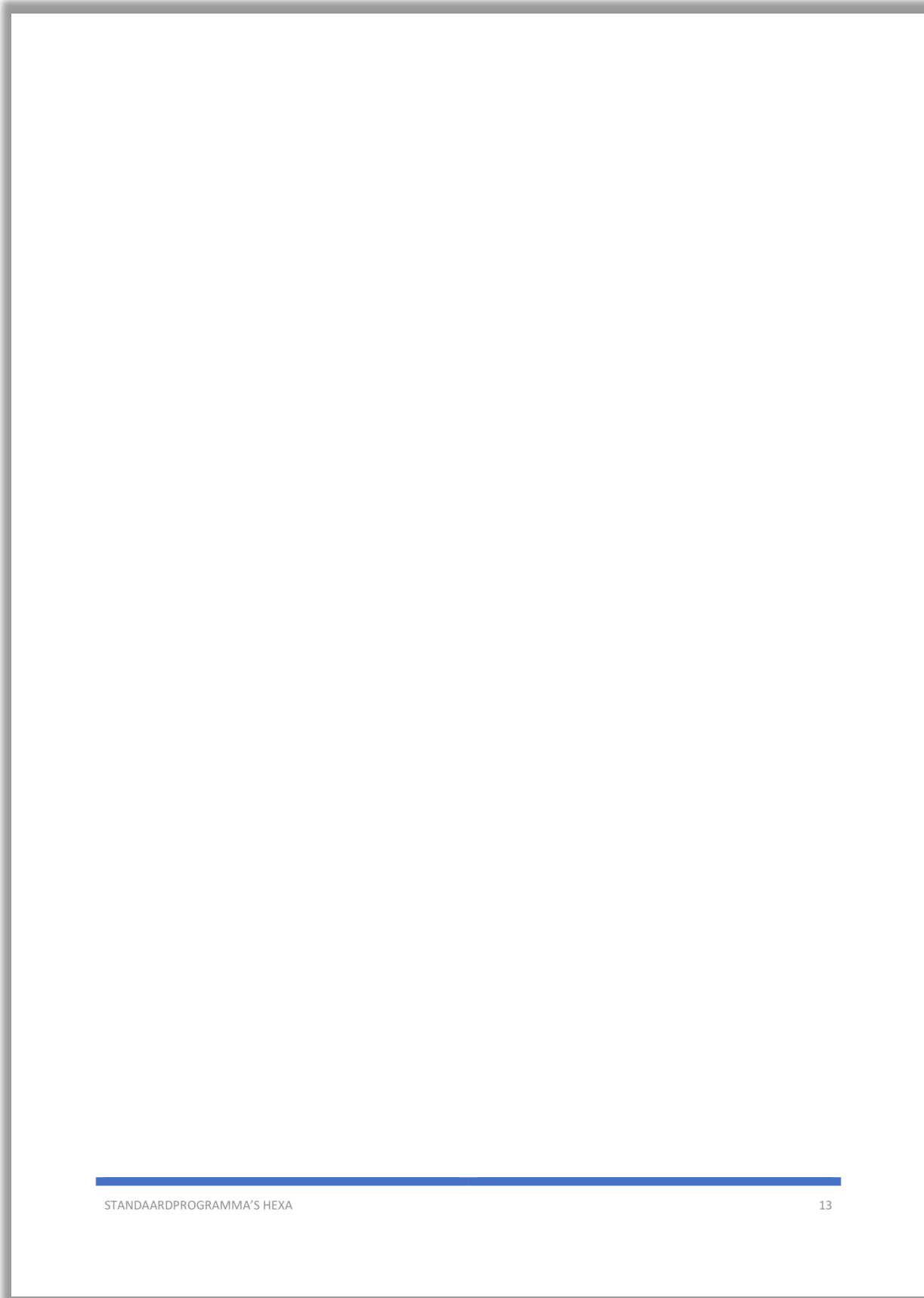
Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
VBR	RESET-knop indrukken als K15 dicht is en K12 en K13 open zijn.	GISTVAT AANKOPPELEN K15 DICHT K12 OPEN K13 OPEN	SLB AAN
5.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Circuit kookketel K14 – L4a – L4 – K2 – WOP – K9 – K12 – L18 – KOELER – L17 – GISTVAT</li> <li>Circuit net (K13 volgens markering opendraaien). K13 – L19 – KOELER – L16 – L5</li> </ul>		SLG AAN K2 K9 WOP
VBR	RESET-knop indrukken als K12, K13 en K14 dicht zijn.	K12 DICHT K13 DICHT K14 DICHT	SLB AAN

## Reinigingsprogramma 2

### 6. Handmatig reinigen

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
6.1	1. Leiding afvoer maischketel afkoppelen.	L2	
	2. Blauwe afvoerleiding aankoppelen.	BLD	
6.2	1. Leidingen L3, L6, L11 loskoppelen.	L3, L6, L11	
	2. Deksel maischketel afhalen.		
6.3	Mout uitscheppen. Filter, filterbed en maischketel uitspoelen en uitkuisen met grove borstel.		
6.4	1. Leiding afvoer kookketel afkoppelen.	L4b	
	2. Blauwe afvoerleiding aankoppelen.	BLD	
6.5	1. Leiding L8 loskoppelen.	L8	
	2. Deksel kookketel afhalen.		
6.6	Kookketel uitspoelen en uitkuisen met grove borstel.		
6.7	Filter, filterbed, deksel maischketel, deksel kookketel en L2 en L8 terugplaatsen.	L2, L8	





STANDAARDPROGRAMMA'S HEXA

13

## 7. Machinaal reinigen

Stap-nr.	Actie	Handmatig	Automatisch
<b>VBR</b>	<b>EERSTE CYCLUS (START BIJ 7.5)</b> 1. 'Reinigingsprogramma 2' starten via interface. 2. START-knop indrukken. 3. Blauwe darm aansluiten op L17. 4. K19 dicht en deksel maischketel en bijhorende leidingen terugplaatsen. 5. K16 openen. 6. RESET indrukken.	K19 DICHT	SLB AAN
<b>VBR*</b>	<b>TWEDE CYCLUS (START BIJ 7.1)</b> 1. K12 en K18 sluiten. 2. RESET indrukken, daarna K10 openen.	K12 DICHT K18 DICHT K10 OPEN	
<b>7.1</b>	Buffervat vullen tot timer afloopt (20s). <a href="#">K10 – L14 – L5 – BV</a>		SLG AAN
<b>VBR</b>	K10 sluiten, RESET indrukken, daarna K13 openen.	K10 DICHT K13 OPEN	SLB AAN
<b>7.2</b>	Buffervat bijvullen tot ingang 9 hoog is. <a href="#">K13 – L19 – L16 – L5 – BV</a>		SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET indrukken na het sluiten van K13.	<b>K13 DICHT (snel)</b>	<b>SLB AAN</b> (bij half niveau)
<b>7.3</b>	Maischketel deels vullen om buffervat volledig te vullen. <a href="#">L15 – K11 – L6 – MK</a>		K11 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K17 open is.	K17 OPEN	SLB AAN
<b>7.4</b>	Inhoud maischketel overpompen naar buffervat tot ingang 9 en N hoog zijn <a href="#">L2 – K17 – K1 – WOP – K6 – L9 – BV</a>		K1 WOP K6 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K16 open is en K17 dicht.	K16 OPEN K17 DICHT	SLB AAN
<b>7.5</b>	Opwarmen buffervat. Warmtelagen breken (20 sec/min). <a href="#">L1 – K16 – WAP – K4 – L7 – L14 – WW – L5</a>		SLG AAN RBOILER K4 WAP
<b>VBR</b>	<i>Hier kan reinigingsproduct toegevoegd worden.</i>		
<b>7.6</b>	L7 spoelen <a href="#">BV - L1 - K16 - WAP - K4 - L7 - L14 - WW - L5 - BV</a>		WAP K4

<b>VBR</b>			
<b>7.7</b>	Helpt buffervat → kookketel (L8 spoelen). BV – L1 – K16 – WAP – K5 – L8 – KK		WAP K5
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K16 dicht is en K18 open.	K16 DICHT K18 OPEN	SLB AAN
<b>7.8</b>	Inhoud kookketel → buffervat (L9 spoelen). KK – K18 – L4b – L4 – K2 – WOP – K6 – L9 – BV		K2 K6 WOP SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K18 dicht is en K16 open.	K18 DICHT K16 OPEN	SLB AAN
<b>7.9</b>	Inhoud buffervat → maischketel. BV – L1 – K16 – WAP – K3 – L11 – MK		WAP K3 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K16 dicht is en K17 open.	K16 DICHT K17 OPEN	SLB AAN
<b>7.10</b>	Rondpompen (L6 en K7 spoelen). MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K7 – L12 – L6 – MK		K1 WOP K7 SLG AAN
<b>VBR</b>			
<b>7.11</b>	Rondpompen (warmtewisselaar spoelen). MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K8 – L10 – WW – L3 – MK		K1 WOP K8
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K15 open is.	K15 OPEN	SLB AAN
<b>7.12</b>	Inhoud maischketel → kookketel. MK – L2 – K17 – K1 – WOP – K9 – L13 – K15 – KK		K1 WOP K9 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K15 en K17 dicht is en K12 en K14 open.	K15 DICHT K17 DICHT K12 OPEN K14 OPEN	SLB AAN
<b>7.13</b>	Helpt kookketel → afvoer. KK – K14 – L4a – L4 – K2 – WOP – K9 – L13 – K12 – L18 – FILTER – KOELER – L17 – AFVOER		K2 WOP K9 SLG AAN
<b>VBR</b>	RESET-knop indrukken als K14 dicht is en K18 open.	K14 DICHT K18 OPEN	SLB AAN
<b>7.14</b>	Inhoud kookketel → afvoer. KK – K18 – L4b – L4 – K2 – WOP – K9 – L13 – K12 – L18 – FILTER – KOELER – L17 – AFVOER		K2 WOP K9 SLG AAN
<b>VBR</b>	Ga verder bij <b>VBR*</b> : TWEEDE CYCLUS.		



© 2021

VTI-Torhout

## 6 Elektronische studie

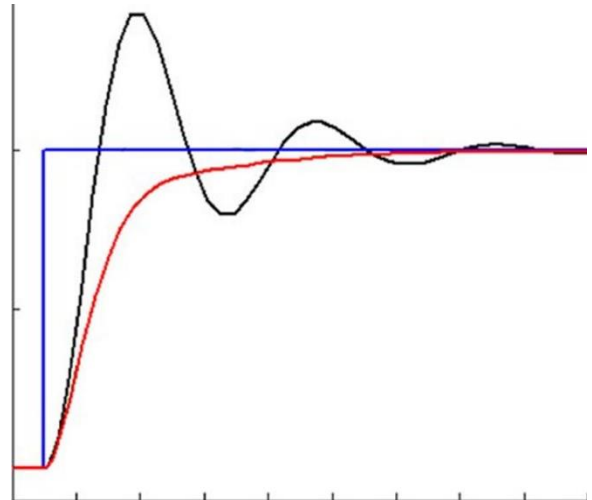
### 6.1 Afregeling installatie

#### 6.1.1 PID

Bij het brouwen is het zeer belangrijk om tijdens het maischen het wort op een constante temperatuur te houden.

Dit gebeurt door middel van een PID-regeling.

PID staat voor proportioneel, integrerend en differentiërend. Elk deel heeft een invloed op het proces. Het proportionele gedeelte zorgt ervoor dat het wort zo snel mogelijk de gewenste temperatuur heeft. Het integrerende deel zorgt dan dat er geen schommelingen meer zijn in de temperatuur en het differentiërende deel zorgt ervoor dat de invloed van wijzigingen niet te groot wordt. Maar bij ons speelt dit geen grote rol omdat de hoeveelheid ongeveer 120 liter is, zal de temperatuur traag stijgen.



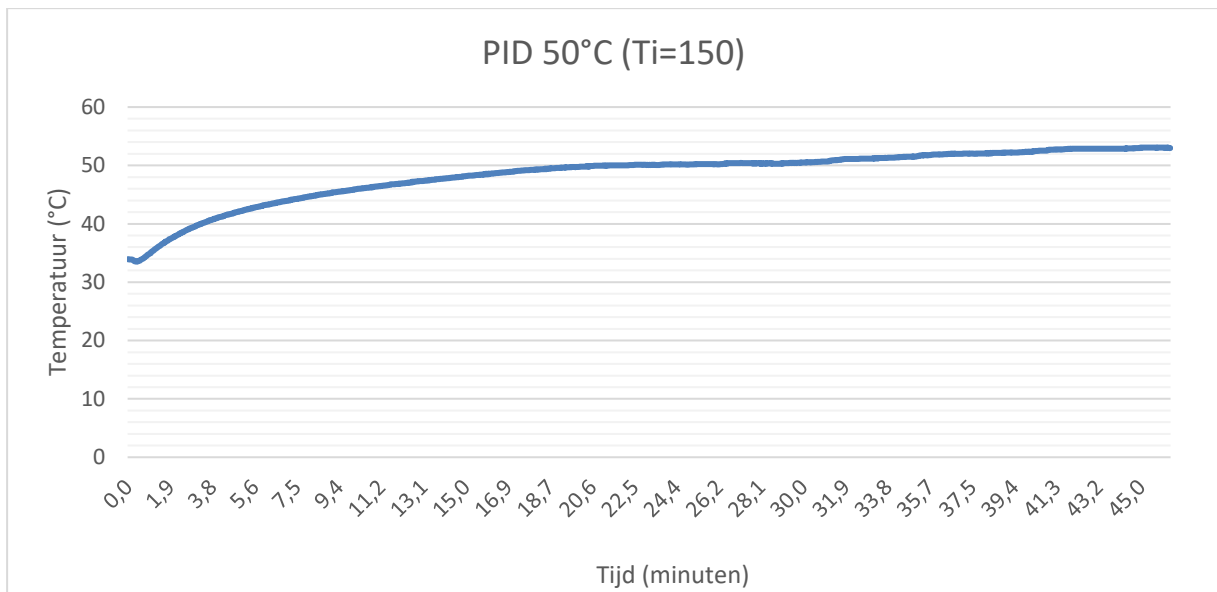
Figuur 6.1-1: Grafiek PID

De PID regelt de snelheid van de wortpomp waardoor het wort dat in de maischketel zit met een bepaalde snelheid door de warmtewisselaar gaat en hierdoor warmte kan opnemen uit het warme water van het buffervat in de warmtewisselaar.

Het programma dat we gebruiken om de code te schrijven voor de brouwinstallatie heeft een blokje waarin de installatie zelf naar de waarden zoekt voor de PID. Dus we gebruikten dit blokje om de test te doen voor die waarden. We hebben deze test enkele malen gedaan zonder resultaat van de PID-waarden. Maar zo hebben we wel problemen van de installatie ontdekt.

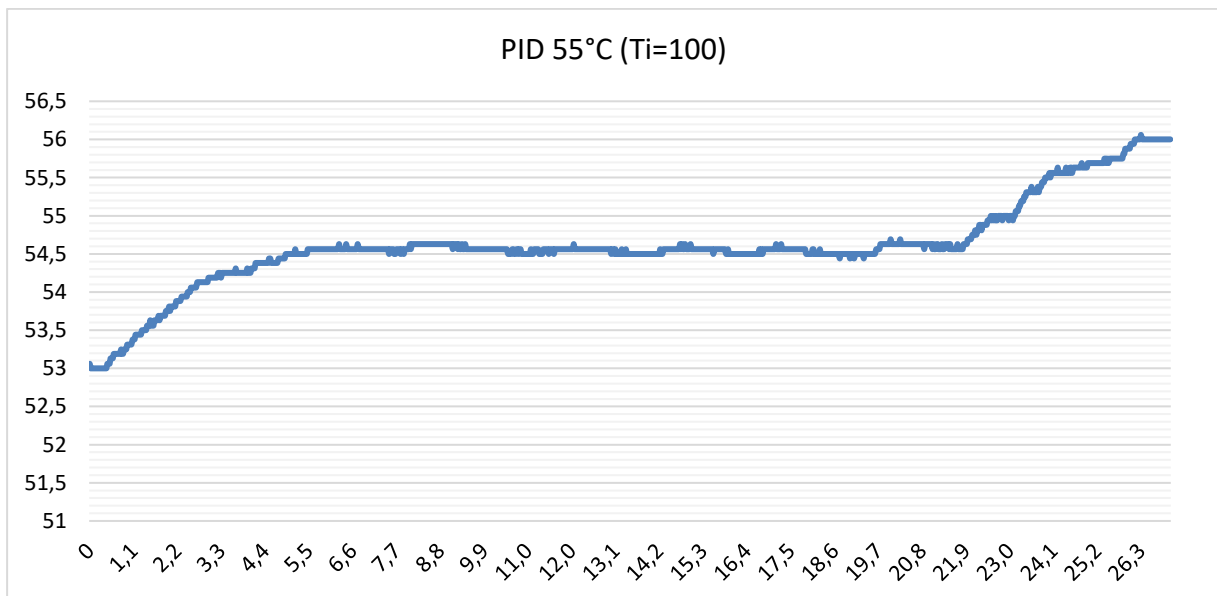
Toen de problemen opgelost waren, hebben we het anders aangepakt. In plaats van het blokje te gebruiken dat het programma aanbood, lieten we de wortpomp op een bepaalde snelheid draaien. Dan meten we de temperatuur via een Arduino om er een grafiek van te kunnen maken. Hieronder zijn de grafieken die de Arduino opgemeten heeft, weergegeven in Excel.

Deze grafiek toont een meting waarbij de waarden nog niet goed waren: na een bepaalde tijd was er toch een temperatuurstijging. Dit kwam doordat de I-waarde van de PID te groot was.



Figuur 6.1-2: Grafiek 50°C I=150

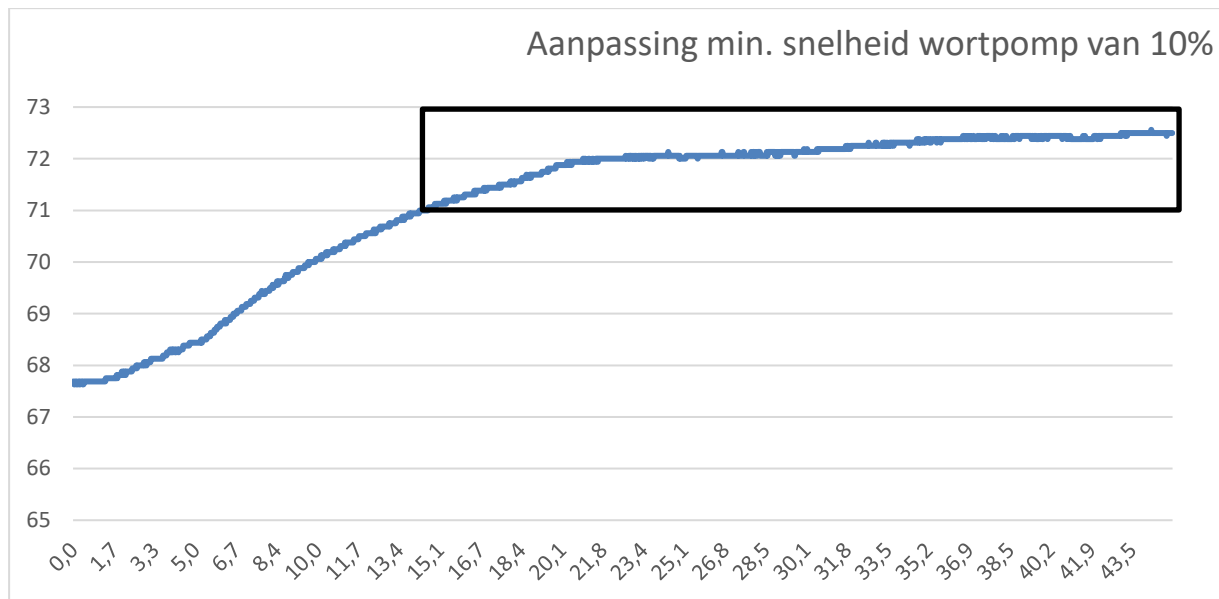
Hier bleef die ongeveer 10 minuten rond 50°C. Dit is dus toch niet goed geregeld via dat blokje. Dan hebben we de I-waarde van de I verlaagd en dan kregen we dit.



Figuur 6.1-3: Grafiek 55°C I=100

Het water had hier langer een constante temperatuur, deze keer was het 15 minuten, maar nog altijd niet goed. Dan hebben we de wortpomp op een constante snelheid laten draaien om ervoor te zorgen dat het water in de wisselaar niet te warm wordt en dit zorgde voor veel betere resultaten.

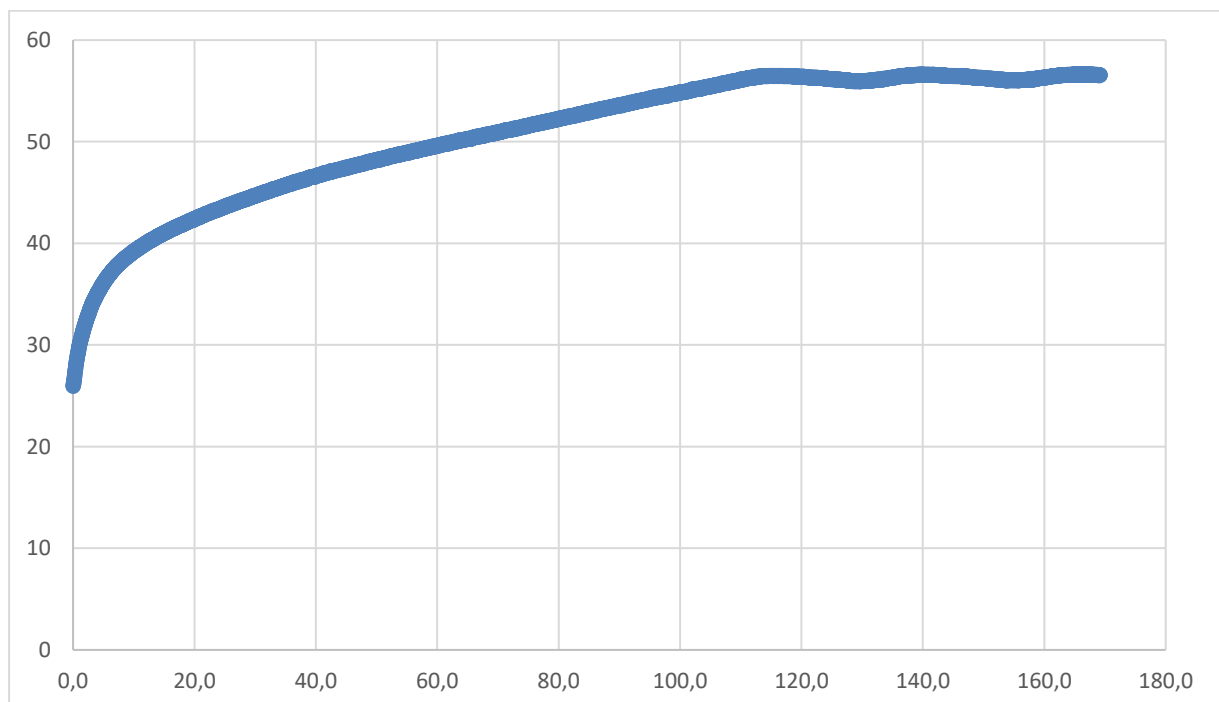




Figuur 6.1-4: Grafiek 72°C

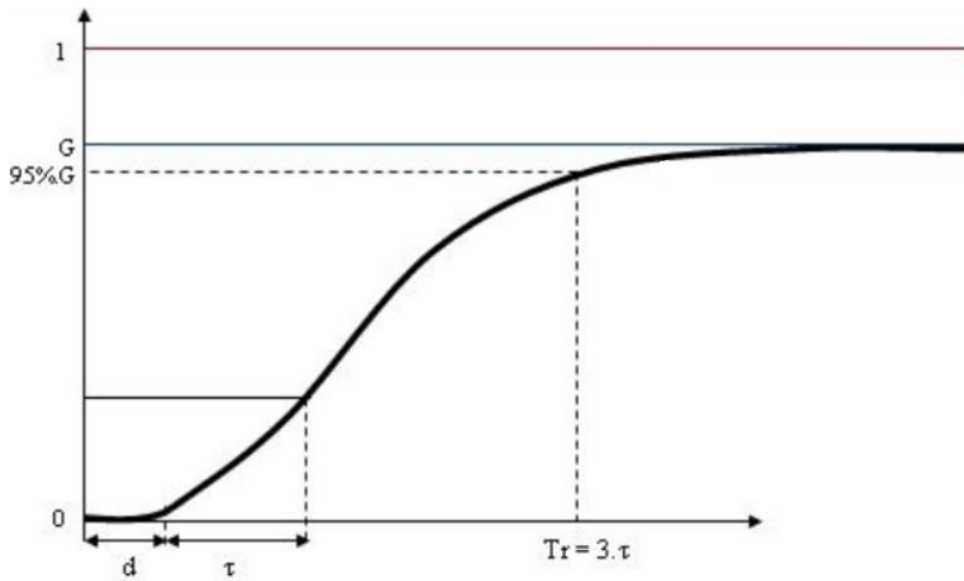
Alles in de rechthoek wordt door de installatie als goed gezien. En hier zie je dat het water 30 minuten op een redelijk constante temperatuur bleef. Maar toen we daarna nog een meting deden met dezelfde waarden was het toch niet meer in orde. Deze grafiek is echter verloren geraakt. De oorzaak was dat het water toen op 72°C was ingesteld en dat het sneller kon koelen door de hoge temperatuur waardoor het op temperatuur bleef.

Dit was nog allemaal met de gemeten waarden via het blokje. Dan zijn we overgestapt naar een andere manier om de PID-waarden te verzamelen: door middel van een meting waarbij de wortpomp constant draait.



Figuur 6.1-5: Grafiek meting constante snelheid

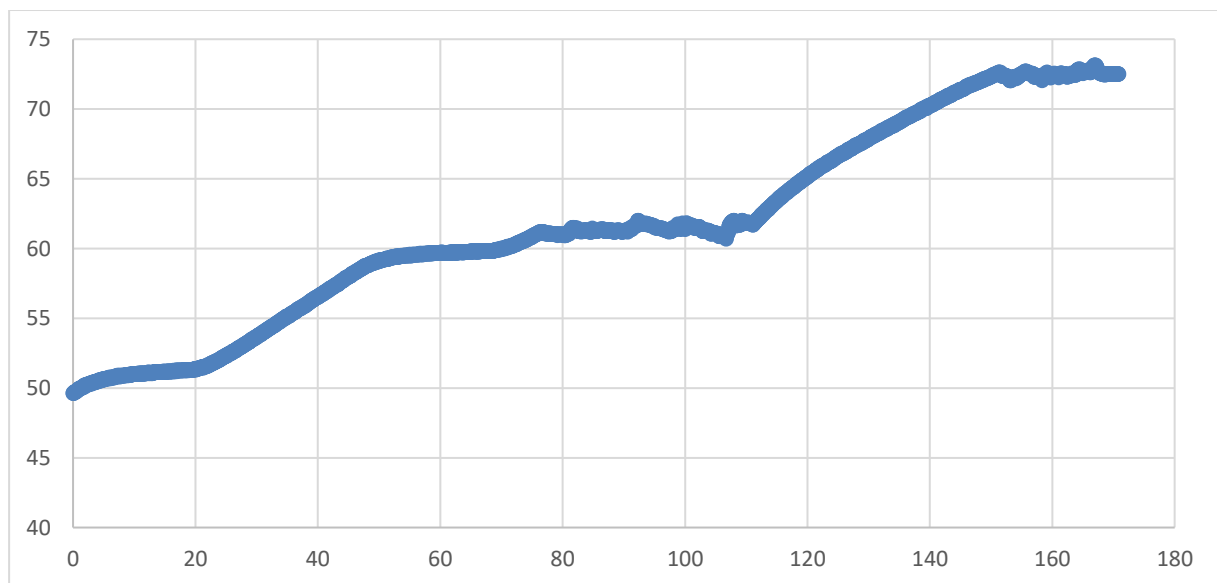
Online vonden we toen hoe we daaruit de PID-waarden konden afleiden.



r	K	T <sub>i</sub>	T <sub>d</sub>
0 : 0,1	5/G	tau	0
0,1 : 0,2	0.5/(G.r)	tau	0
0,2 : 0,5	0,5.(1+0,5.r)/(G.r)	tau.(1+0,5.r)	tau.0,5.r/(0.5r+1)
>0,5	« The PID Controller is not efficient for this class of system »		

Figuur 6.1-6: Tabel voor berekenen PID

En met de waarden die we dan zelf berekend hebben, hadden we eindelijk een goede meting bij lagere temperaturen.



Figuur 6.1-7: Grafiek drie plateau

Dit is een 'drie-temperatuur-plateau' na elkaar met de zelfuitgerekende waarden. Bij deze test was de temperatuur nooit hoger dan 1°C boven de gewenste temperatuur: 15 minuten op 50°C, daarna 50

minuten op 60°C en dan nog eens 20 minuten 72°C. De grafiek staat een beetje verkeerd doordat de Arduino bovenaan de ketel gemeten heeft en de PLC meet onderaan de ketel.

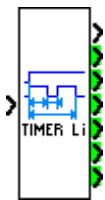
## 6.2 Programma

Om te kunnen brouwen hadden we een programma nodig om het systeem te sturen. Het besturingsprogramma maakten we in M3-soft. In M3-soft programmeer je door lijnen te trekken van uitgangen naar ingangen van blokjes. Deze blokjes verwerken ingaande signalen en sturen de uitgangen aan volgens de functie van het specifieke blokje. Er zijn twee soorten lijnen. Er zijn digitale en analoge lijnen. De digitale lijn betekent aan of uit. Deze kan je in onderstaande voorbeelden herkennen aan de zwarte pijltjes en lijnen. De analoge lijn is een getal van 16 bit. Deze kan je herkennen aan de zwarte pijltjes met groene achtergrond. De lijnen hiervan werden dubbel getekend.

Toen ik alle programmaonderdelen apart geprogrammeerd had, kwam het grootste probleem naar boven. Het samengestelde programma was te groot en dus moest ik op zoek naar besparingsmogelijkheden zonder de functies van het programma weg te nemen. Het programma verkleinen was niet zo simpel. Een eerste stap was blokken, die veel geheugen innamen, vervangen door blokken die minder geheugen bezetten.

Hier zie je een aantal voorbeelden van blokken die te veel plaats innamen in het programma en hoe ik ze kleiner heb gemaakt.

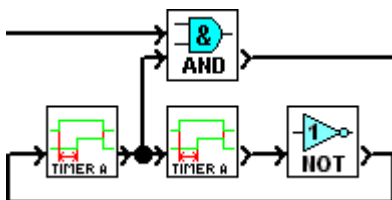
### Timerblokje



Figuur 6.2-1:  
Timerblokje

Dit is een blokje, een timer, waarmee je kon instellen hoe lang de uitgang in- of uitgeschakeld moet zijn als de ingang geactiveerd is. Dit stond eerst meerdere keren in het programma omdat het telkens nodig was wanneer een ketel moest opwarmen. Nu komt het één keer voor per ketel omdat het telkens dezelfde uitgangen moet aansturen. Deze functie werd gebruikt om de warmtelagen te breken en om de pomp niet voortdurend te laten draaien. Aangezien het 6 analoge uitgangen heeft, nam dit 12 bytes in. Deze 6 analoge uitgangen tonen de gegevens van het blokje, zoals bijvoorbeeld hoe lang de pomp in- of uitgeschakeld was. Deze gegevens werden verder niet gebruikt in het programma en waren dus overbodig.

Hieronder zie je het alternatief voor het timerblokje. Het ziet er complexer uit, maar het neemt minder geheugen in.

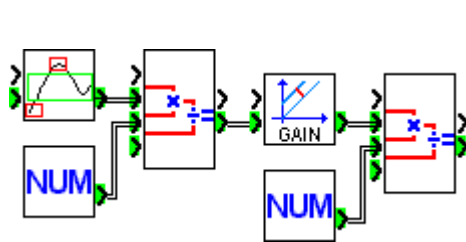


Figuur 6.2-2: Vervanging timerblokje


Dit werd gemaakt door middel van 2 kleinere timerblokjes die in een lus zitten met een NOT-poort. De 2 timerblokjes zorgen ervoor dat de uitgang, na een vooraf ingestelde tijd, pas geactiveerd wordt als de ingang geactiveerd is. Dit zorgde ervoor dat de onderste ingang van de AND-poort geactiveerd werd voor de duur van de ingestelde tijd. Het bleef uitgeschakeld voor de duur van de 2<sup>de</sup> ingestelde tijd. Dus dit kopieerde de functie van het originele timerblokje, maar spaarde 12 bits uit.


## 6.2.1 Temperatuurberekening

Voor het berekenen van de temperaturen gebruikten wij het volgende systeem.



Figuur 6.2-3: Temperatuur berekening

Het eerste blokje  zorgt ervoor dat de sensorwaarde uitgevlakt wordt en dus niet constant wijzigt tussen 2 waarden. In het GAIN-blokje vulden we een eerstegraadsfunctie in zodat de uitgang de juiste temperatuur gaf.

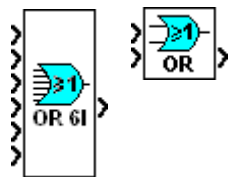
De functie x10  zat tweemaal in het programma. Eén keer voor en één keer na het GAIN-blokje.

Het laatste kon weg omdat het laatste cijfer een 0-waarde gaf. Dit werd eerst gebruikt om te kunnen werken met twee cijfers na de komma. Nu werken we met 1 cijfer na de komma. Het eerste x10-blokje konden we ook weglaten door in het GAIN-blokje de waarde te vermenigvuldigen met 10. In het programma kwam dit 6 keer voor.

De temperatuurberekening is dan dit geworden:



Figuur 6.2-4: Vervanging temperatuur



Dan waren er nog functies die compacter konden. Maar deze werden gebruikt om het gemakkelijker te hebben tijdens het programmeren. Bijvoorbeeld: een OR-poort met 6 ingangen waarvan er uiteindelijk toch maar twee gebruikt werden. Deze werden ook aangepast in het programma.

Figuur 6.2-5: OR blokje

Tenslotte werden alle overbodige blokjes verwijderd. Ik startte bij deze 'minimaliseringsoefening' met 10579 bits en eindigde met 8665 bits.

## 6.3 ICT-studie

### 6.3.1 Talen

#### Html


HTML staat voor HyperText Markup Language en is de standaard opmaaktaal voor webpagina's. Browsers (Chrome, Firefox...) kunnen deze tekst omzetten naar een leesbare webpagina. HTML is een opmaaktaal, geen programmeertaal.

#### Geschiedenis

De taal vindt zijn oorsprong in het CERN in Genève. Tim Berners-Lee zag daar namelijk een groot probleem. Wetenschappers die samenwerkten, wisselden informatie uit via verschillende systemen en software. Dit kostte veel tijd en zorgde voor ergernissen. Inmiddels werd het internet al jaren gebruikt door militaire organisaties en onderwijsinstututen, alhoewel er nog veel tekortkomingen

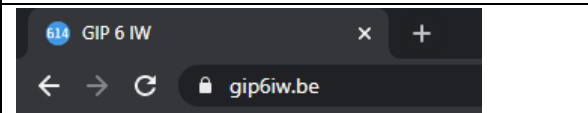
waren. Berners-Lee kwam met een nieuw en beter systeem dat op het internet draaide en er elementen van gebruikte. In 1989 schreef hij zijn voorstel voor 'a large hypertext database with typed links'. Een project genaamd World Wide Web. Eind 1990 had Berners-Lee alle tools gerealiseerd die nodig waren voor een werkend web, waaronder HTML.

### Praktisch

HTML-code	Code in browser
<pre>&lt;html&gt; &lt;body&gt;  &lt;h1&gt;My first Heading&lt;/h1&gt;  &lt;p&gt;My first paragraph.&lt;/p&gt;  &lt;/body&gt; &lt;/html&gt;</pre>	 <p><i>Figuur 6.3-1: Voorbeeld HTML</i></p>

HTML-code staat tussen < en > en wordt HTML-elementen genoemd. Meestal zijn er twee tags: een openingstag, bijvoorbeeld <h1> en een tag om te sluiten </h1>. Er bestaan verschillende elementen met elk hun eigen functies. Zo kun je met de tags <title> en </title> de tekst bepalen die bovenaan in de titelbalk zal staan.

Alles tussen de tussen de tags <body> en </body> zal weergegeven worden in de browser.

HTML-code	Code in browser
<pre>&lt;title&gt;GIP 6 IW&lt;/title&gt;</pre>	 <p><i>Figuur 6.3-2: Voorbeeld elementen</i></p>

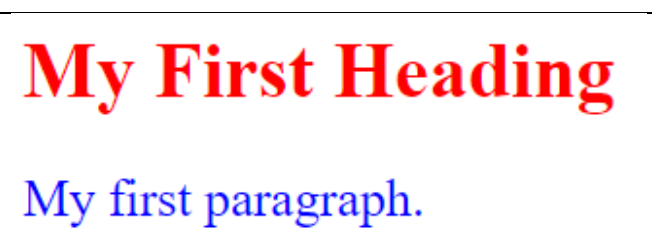
### CSS

CSS is een programmeer- en opmaaktaal waarmee men webpagina's kan structureren en opmaken. CSS is de afkorting van cascading style sheets. Deze kan inbegrepen zijn in het html-bestand, maar kan ook aangeroepen worden vanuit een extern .css bestand.

Cascade is Engels voor waterval. Eén van de eigenschappen van de taal doet ons denken aan een waterval. Als je namelijk een element onder een ander element plaatst dat al een opmaak had, dan zal dat element die opmaak overnemen.

Met deze opmaaktaal kan je de opmaak van tags bepalen op één plaats. Je kan dus de opmaak van een hele webpagina in één document zetten. Dit heeft 2 grote voordelen. Zo kan je snel de opmaak van de pagina aanpassen, wat het heel overzichtelijk maakt. Bovendien beperkt dit de plaats die de opmaak inneemt.

Praktisch

HTML-code	Code in browser
<pre>&lt;html&gt; &lt;body&gt;  &lt;style type="text/css"&gt;   h1{       color: #ff0000;       font-size: 30pt;   }   p{       color: #0000ff;       font-size: 20pt;   } &lt;/style&gt;  &lt;h1&gt;My first Heading&lt;/h1&gt;  &lt;p&gt;My first paragraph.&lt;/p&gt;  &lt;/body&gt; &lt;/html&gt;</pre>	 <p><i>Figuur 6.3-3: Voorbeeld CSS</i></p>

In bovenstaande code is er een deel CSS inbegrepen in de code. Via de CSS-code kunnen we de eigenschappen van de elementen wijzigen. Alle elementen 'h1' zullen er hetzelfde uitzien op die pagina. Zo wijzigden we in dit voorbeeld zowel de kleur als de grootte van de elementen 'h1' 'p'.

De code kan ook in een apart document geschreven worden. Het is dan wel nodig om in de HTML-code te verwijzen naar het CSS-bestand. Dit kan via onderstaande code:

```
<link rel="stylesheet" href="assets/css/main.css" />
```

*Figuur 6.3-4: Locatie CSS-bestand*

Vanuit de map waar het html-bestand staat, zal de computer dan gaan zoeken naar een mapje met de naam "assets" en vervolgens naar "css". In dat mapje zal de computer opnieuw zoeken naar het bestand genaamd "main.css", waar het de juiste code vindt.

**JavaScript**

JavaScript is een programmeertaal die veel gebruikt wordt om webpagina's interactief te maken en webapplicaties te ontwikkelen. Net als CSS kan de taal zowel inbegrepen zijn in het .html-bestand, maar kan het ook aangeroepen worden vanuit een extern .js bestand.

**JQuery**

JQuery is een JavaScript-bibliotheek waarmee men stukken code korter en efficiënter kan noteren. De bedoeling van JQuery is om het gebruik van JavaScript in je website te vereenvoudigen. De taal verpakt



veel voorkomende taken in methoden die je met een code van één enkele regel kan oproepen, iets waarvoor JavaScript meer regels nodig heeft.

### Praktisch

JQuery-code	Code in browser
<pre>&lt;!DOCTYPE html&gt; &lt;html&gt; &lt;head&gt; &lt;script src="/js/jquery-3.4.1.min.js"&gt;&lt;/script&gt; &lt;script&gt; \$(document).ready(function(){   \$("p").click(function(){     \$(this).hide();   }); }); &lt;/script&gt; &lt;/head&gt; &lt;body&gt;  &lt;p&gt;Als je op me klikt verdwijnt ik.&lt;/p&gt; &lt;p&gt;Klik me weg!&lt;/p&gt; &lt;p&gt;Mij ook!&lt;/p&gt;  &lt;/body&gt; &lt;/html&gt;</pre>	<p>Voor het klikken:</p> <p><b>Als je op me klikt verdwijnt ik.</b></p> <p><b>Klik me weg!</b></p> <p><b>Mij ook!</b></p> <p><i>Figuur 6.3-5: Pagina voor aanklikken</i></p> <p>Na het aanklikken van de eerste zin:</p> <p><b>Klik me weg!</b></p> <p><b>Mij ook!</b></p> <p><i>Figuur 6.3-6: Pagina na aanklikken</i></p>

Dit stukje heeft 2 scripts nodig om te werken. Enerzijds het script om JQuery te laden en anderzijds het zelfgeschreven stukje script. Het deel “\$(document).ready(function(){ });” roept alles tussen de accolades op zodra het document geladen is. Onder andere het stuk “\$("p").click(function(){ });” dat op zijn beurt wacht tot de tekst die tussen de tags <p> en </p> wordt aangeklikt. Als dit gebeurt, verbergt het stukje “\$(this).hide();” die tekst.

### JSON

JSON staat voor JavaScript Object Nation. Het is een lichtgewicht format om data uit te wisselen. Ondanks de naam kan de code om JSON-data uit te lezen in verschillende talen geschreven worden.


### SVG

Voor de browser wordt er ook een visualisatie voorzien. Via deze applicatie, die hij kan raadplegen via bijvoorbeeld zijn gsm, kan hij live meevolgen waar er vloeistof vloeit en welke temperatuur deze heeft. Ook de temperaturen van de vaten, de stand van de kleppen en het gegeven of de motor al dan niet draait worden weergegeven.

Deze applicatie kon gerealiseerd worden via SVG-afbeeldingen (Scalable Vector Graphics) en wordt gebruikt om vectorgebaseerde afbeeldingen en animaties te maken. Ook is dit zeer geschikt voor deze toepassing, aangezien dit heel gemakkelijk geïntegreerd kan worden in html.

Het grote voordeel van een SVG is dat deze heel compact is. Aangezien de afbeelding gevormd wordt met vectoren, zal dit bestand niet zwaarder worden als het uitvergroot wordt. Ook worden vectorafbeeldingen niet wazig bij uitvergroting.

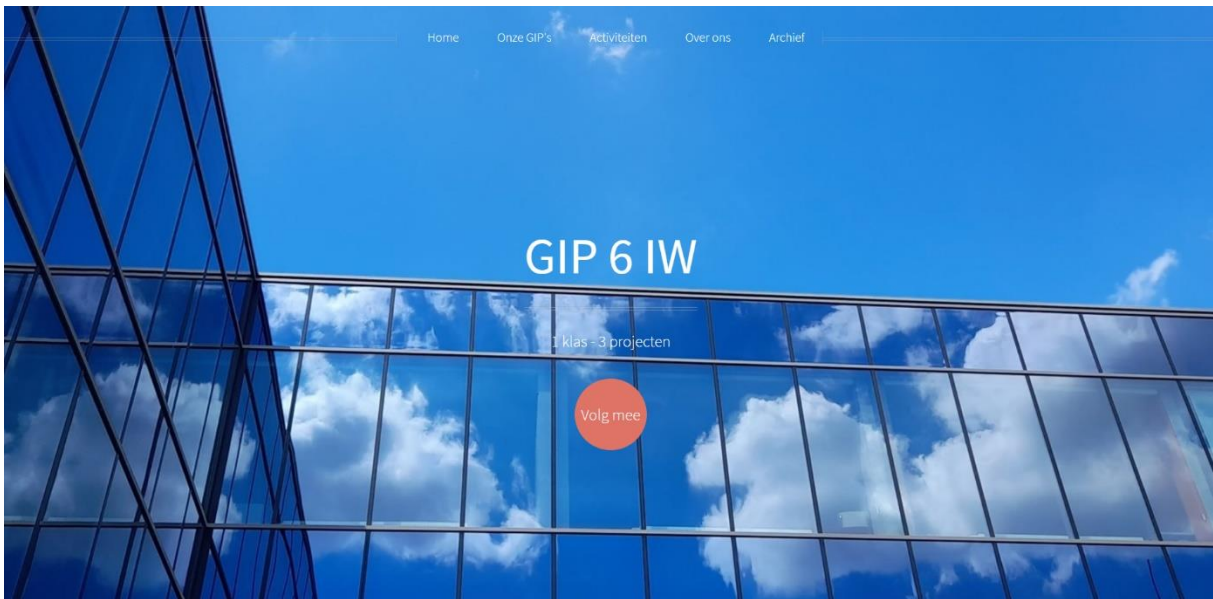
### Praktisch

HTML-code	Code in browser
<pre data-bbox="199 459 925 1097">&lt;html&gt; &lt;body&gt;  &lt;h1&gt;My first SVG&lt;/h1&gt;  &lt;svg height="200" width="500"&gt;    &lt;polyline points="20,20 40,25 60,40 80,120 120,140 200,180"    style="fill:none;stroke:black;stroke-width:3" /&gt;  &lt;/svg&gt;  &lt;/body&gt; &lt;/html&gt;</pre>	<p data-bbox="949 470 1252 526"><b>My first SVG</b></p>  <p data-bbox="949 862 1228 896"><i>Figuur 6.3-7: Voorbeeld SVG</i></p>

In het voorbeeld werd er een zogenaamde 'polyline' getekend. Eerst worden de afmetingen van de SVG bepaald. Daarna worden de karakteristieken van de vorm gekozen. Polyline is een lijn die kan gevormd worden door verschillende coördinaten. Dit zijn de getallenkoppels die opgesomd worden. Op regel 10 wordt vervolgens de kleur en de lijndikte bepaald.

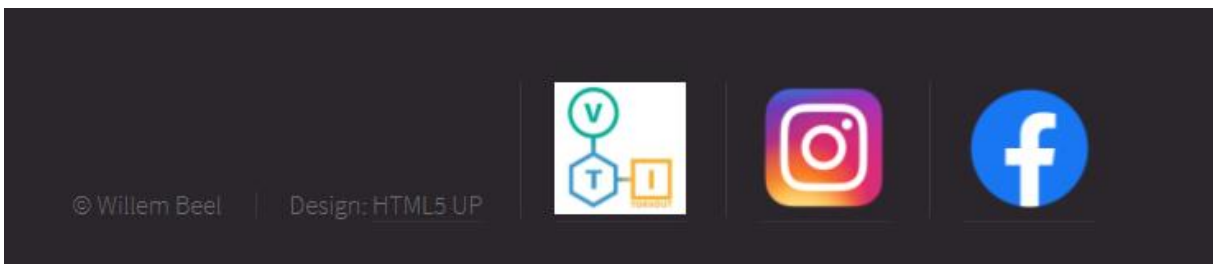
## 6.3.2 Toepassingen

### Website



Figuur 6.3-8: gip6iw.be

Om de site gip6iw.be snel te kunnen realiseren wordt er net zoals de vorige jaren gebruik gemaakt van een template. Deze template was te vinden op de site html5up.net. Voor deze template geldt het Creative Commons-licentie. Dit betekent dat de eigenaar van de site toestemming geeft om het werk te verspreiden en te bewerken, zolang de eigenaar vermeld wordt. Het domein mag ook niet commercieel gebruikt worden.

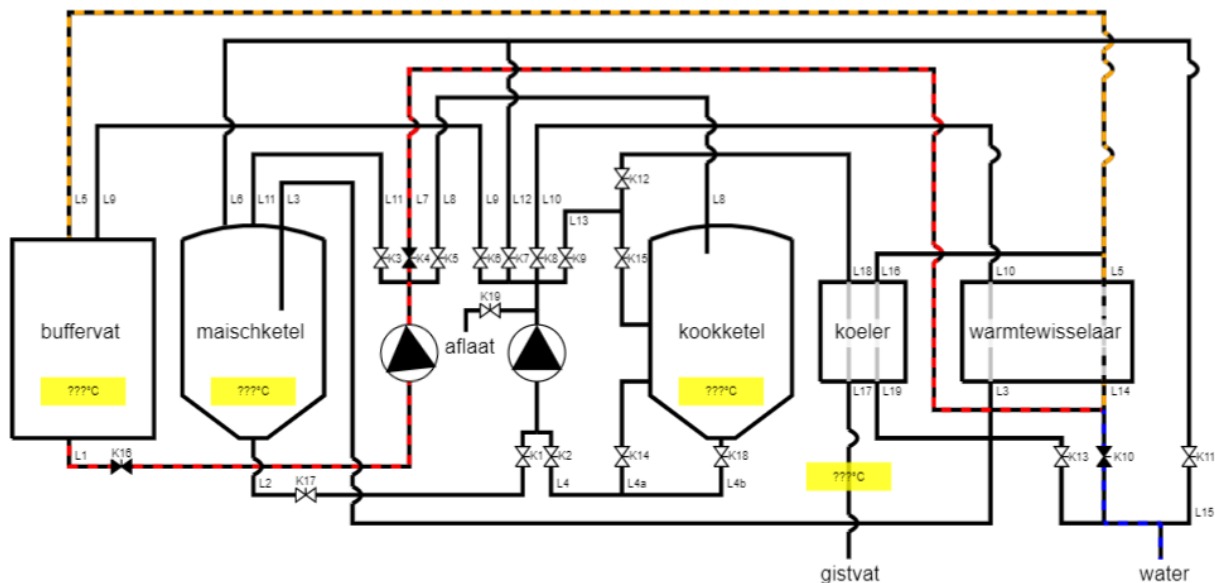


Figuur 6.3-9: Footer gip6iw.be

Er werd gekozen om niet verder te bouwen op de al bestaande website, maar om vanuit diezelfde template de site opnieuw op te bouwen. De site bevatte veel overbodige documenten. Ook was het grootste deel van de bestanden niet meer georganiseerd en klopte de lay-out in de code niet.

Deze site bevat HTML, CSS en JavaScript.

### 6.3.3 Visualisatie



Figuur 6.3-10: Visualisatie

Dit is een animatie waarop de brouwer livetemperaturen, stand van kleppen... kan meevolgen.

Deze animatie werd voornamelijk getekend met polylines. Deze vorm is namelijk ideaal om de brouwinstallatie te tekenen. Zo kunnen we in een code van 1 lijntje een leiding tekenen.

Er werd JQuery gebruikt om data uit te wisselen. De machine geeft bovengenoemde data door via een arduino. Deze data worden gebruikt om de svg te animeren. Ook in de omgekeerde richting kunnen er data worden doorgestuurd. De brouwer kan namelijk via de interface verschillende kleppen en motoren 'overriden' (een onderdeel dat bestuurd wordt door de machine manueel aansturen).

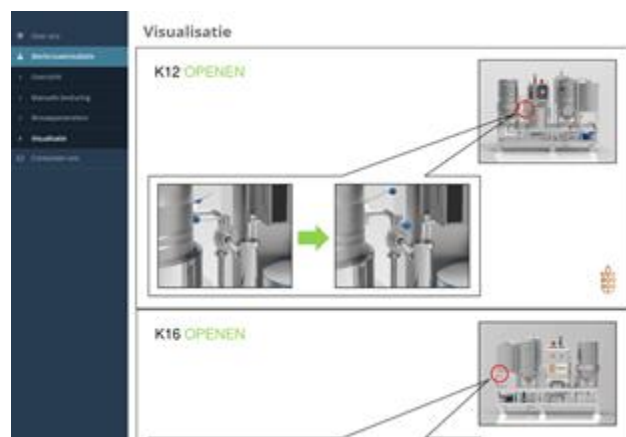
### 6.3.4 Interface

De interface is een lokale site waarop onder andere de visualisatie staat. De brouwer krijgt op deze site aanwijzingen via korte tekst en afbeeldingen. Zo wordt bijvoorbeeld duidelijk gemaakt welke manuele klep er geopend moet worden of wanneer ingrediënten toegevoegd moeten worden. Ook andere info zoals de geschiedenis van de machine en contactgegevens kan de brouwer hier vinden.

Er wordt een arduino gebruikt om deze site op het lokale netwerk van de brouwer te zetten. Deze toepassing moet zo compact mogelijk

geschreven worden, aangezien de arduino niet krachtig is en er niet veel opslag beschikbaar is. Daarom worden de afbeeldingen bij de website [gip6iw.be](http://gip6iw.be) gezet (met een duidelijke waarschuwing naar toekomstige klassen 6 IW toe dat ze deze niet mogen verwijderen). De arduino kan deze afbeeldingen dan via de link laden. Zo wordt er veel plaats bespaard en zal de webpagina sneller reageren.

Deze toepassing maakt voornamelijk gebruik van HTML en CSS.



Figuur 6.3-11: Visualisatie interface

## 6.4 Gebruikte software

### 6.4.1 FTP

FTP (File Transfer Protocol) staat je toe om bestanden te uploaden naar je site of bestanden van je website te downloaden. Om FTP te kunnen gebruiken heb je een 'FTP client' nodig. Dit is een applicatie die je computer met je website verbindt. Wij maakten gebruik van FileZilla, een populaire opensourcesoftware.

### 6.4.2 Programming software

Programming Software is een software die een programmeur helpt om andere software te ontwikkelen. Deze kunnen verschillende handige functies hebben om onder andere de code overzichtelijk te houden. Zo krijgen bepaalde delen code een kleurtje, worden de lijnen automatisch uitgelijnd en kun je delen tekst even verbergen. Wij gebruikten Microsoft Visual Studio omdat we daar al wat ervaring mee hadden. Andere mogelijkheden zijn Notepad++, Brackets...

### 6.4.3 Operating software

Operating software (OS) is het programma dat de hardware aanstuurt. Veelgebruikte voorbeelden zijn Windows, macOS, iOS, Android en Linux.

De code van de website werd geschreven op een computer die Windows gebruikt als operating software. Bestandsnamen in Windows zijn niet hoofdlettergevoelig. De website daarentegen staat op een Linux-server. Deze is wel hoofdlettergevoelig.

Dit kan voor fouten zorgen die men tijdens het programmeren niet opmerkt. Het is dus heel belangrijk om steeds dezelfde regels te volgen. Er wordt aangeraden om nooit hoofdletters te gebruiken in bestandsnamen. Deze zorgen alleen maar voor verwarring en zijn eigenlijk overbodig.

## 7 Wetenschappelijke studie

### 7.1 Stemproject inleiding

Het proces van brouwen is heel leerrijk. Er komen verschillende aspecten in aan bod die te maken hebben met chemie, biologie en biochemie. Daarom willen we graag een STEM-project uitwerken voor het vijfde jaar Industriële Wetenschappen. In dat project krijgen ze het brouwproces helemaal onder de knie aan de hand van vier verschillende bundels. De theorie wordt toegepast aan de hand van heel wat opdrachtjes.

In de eerste bundel komen ze te weten hoe het brouwproces in elkaar zit en maken de leerlingen ook kennis met de installatie die we dit jaar hebben afgewerkt. De tweede bundel gaat over de chemie van het brouwen. Daar komen ze in contact met het alcoholpercentage, de zuurtegraad, de waterhardheid en de schuimkraag. De bundel die daarop volgt, gaat dan over de biologie. Daar komt dan kort de functie van gerst, mout, gist, hop en de kruiden aan bod. Tot slot hebben we nog een vierde bundel over de biochemie. In deze laatste stap komen leerlingen te weten wat sachariden en enzymen zijn en hoe ze werken. De eerste bundel staat hierboven in het dossier bij het 'Brouwen van bier' (punt 2.3). De andere drie bundels komen een voor een hieronder aan bod. Als de leerlingen het volledige project hebben gezien, is er nog een eindopdracht waarin alle leerstof nog eens aan bod komt.

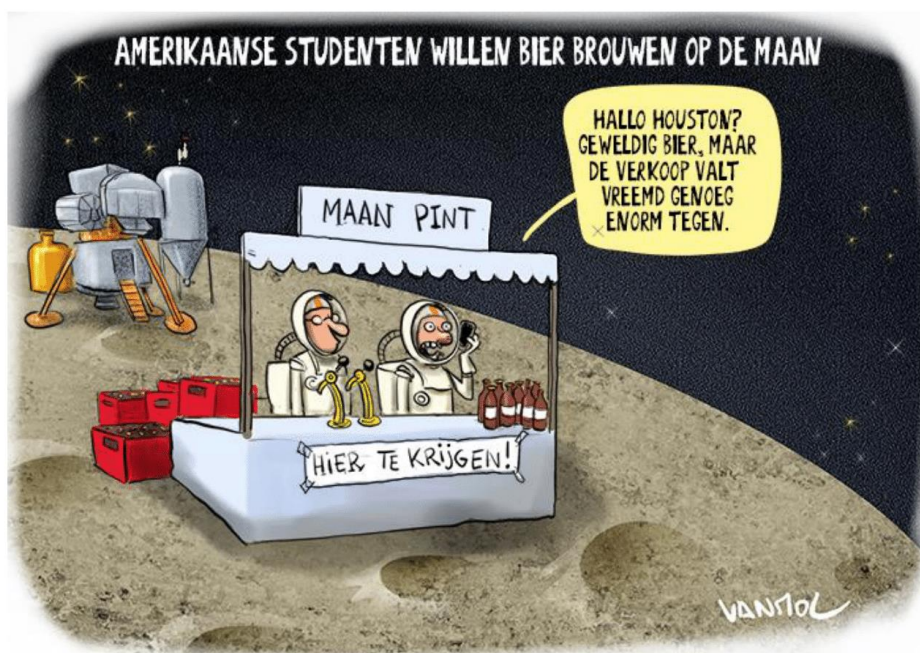
## 7.2 Chemie

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

### De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar IW

Naam:

Klas:

Nr:

Dhr. D.Vansteenlandt

-1-



## Inhoudsopgave

1	Alcohol en alcoholpercentage .....	3
1.1	Inleiding .....	3
1.2	Alcoholpercentage .....	4
1.3	Alcoholgebruik .....	5
1.4	Bepalen van alcoholpercentage .....	7
2	Wateronderzoek .....	15
2.1	Soorten water .....	15
2.2	Chemische opbouw van water .....	15
2.3	Hardheid van water .....	19
2.4	Parameters .....	24
3	Zuurtegraad .....	25
3.1	Voorbeelden pH-waarden .....	27
3.2	Bepalen van de zuurtegraad .....	28
3.2.1	PH-strips .....	28
3.2.2	PH-meter .....	28
3.2.3	PH-sensor (Arduino) .....	29
4	Schuimkraag .....	30
4.1	Meting .....	30
4.2	Functie .....	30
4.3	Welke factoren beïnvloeden de schuimkraag? .....	30
4.4	Meting .....	33

## 1 Alcohol en alcoholpercentage

### 1.1 Inleiding

De alcohol in bier, wijn en andere alcoholische dranken is ethanol, ook wel ethylalcohol ( $C_2H_5OH$ ) genoemd. In pure vorm een reuk- en smaakloze vloeistof die bij het drinken een branderig gevoel kan geven. Het is een vloeistof die goed oplosbaar is in water. Het wordt verkregen door een gistingsproces, wat ook tijdens ons brouwproces plaatsvindt. Ethanol wordt ook gebruikt als ontsmettingsmiddel, oplosmiddel en als brandstof.

De alcohol in bier kan zeker niet vervangen worden door methanol ( $CH_3OH$ ), wat in het verleden al een aantal keer is gebeurd. Methanol is een veel goedkoper product dan ethanol en wordt om deze reden dan ook soms gebruikt. Deze alcohol heeft andere eigenschappen dan het drinkbare ethanol. Methanol is namelijk een kleurloze, heel giftige vloeistof. Je vindt het in de handel als methylalcohol, brandspiritus of brandalcohol. Het wordt gebruikt als brandstof voor fonduestelletjes of om de barbecue mee aan te steken. Het wordt ook gebruikt als oplosmiddel en als grondstof voor de industrie. Dit is ook de stof die zorgt voor een alcoholvergiftiging waarover soms gesproken wordt in het nieuws.

Oefening: Stel de structuurformule van ethanol en methanol op.

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

## 1.2 Alcoholpercentage

Alcohol ontstaat door de vergisting van suikers, die voorkomen in vruchten en granen. Afhankelijk van je beginproduct kunnen de verschillende alcoholische dranken opgesplitst worden in drie groepen: bier, wijn en gedistilleerde of sterke dranken. Binnen deze drie soorten drank bestaan er vele varianten, zowel qua smaak als qua alcoholpercentage.

Wanneer we praten over het alcoholpercentage van een bepaald bier bedoelen we eigenlijk wat het volumepercent is van ethanol. Volumepercent van alcohol is hoeveel milliliter ethanol zich bevindt in een glas van 100 milliliter bier. Dit kunnen we eenvoudig berekenen aan de hand van onderstaande formule:

$$\text{volumepercent} = \frac{\text{volume van het ethanol}}{\text{volume van het volledige mengsel}} \times 100$$

Volumepercent wordt uitgedrukt in V%. Meestal laten we de V wegvallen omdat we de hoeveelheid vloeistoffen meestal uitdrukken of meten in volume.

	Glas	Calorieën per glas	Alcoholpercentage
<b>Bier</b>	250 ml	115 kcal	5%
<b>Breezer</b>	275 ml	204 kcal	4%
<b>Jenever</b>	35 ml	69 kcal	35% of meer
<b>Appelcider</b>	250 ml	138 kcal	5%
<b>Port</b>	50 ml	78 kcal	20%
<b>Rode wijn</b>	150 ml	123 kcal	12%
<b>Rosé</b>	150 ml	107 kcal	12%
<b>Rosébier</b>	250 ml	115 kcal	4%
<b>Rum</b>	35 ml	82 kcal	38% of meer
<b>Vieux</b>	35 ml	70 kcal	35% of meer
<b>Whisky</b>	35 ml	86 kcal	40% of meer
<b>Witte wijn (droog)</b>	150 ml	101 kcal	12%
<b>Witte wijn (zoet)</b>	150 ml	144 kcal	12%

Oefening: Bij welke consumptie krijg je meest alcohol binnen: 1 pintje bier (25 cl) of een shot jenever (4 cl)?

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

### 1.3 Alcoholgebruik

Iedereen weet ondertussen wel al dat er aan alcoholgebruik enkele risico's zijn verbonden. Het is zeker ook nodig dat we op de hoogte zijn van de mogelijke gevolgen van ons alcoholgebruik.

#### Bier en gezondheid

Als je de woordzoeker juist oplost, kom je een weetje over bier en je gezondheid te weten.

E	A	L	M	C	O	T	U	O	H	R	O	T	B	H	B	O	M	L		
Z	G	R	O	D	S	R	N	E	D	I	U	R	K	R	L	E	N	I		
E	N	A	U	R	E	T	A	W	K	E	O	N	O	H	E	N	E	E		
T	E	A	T	A	V	R	E	F	F	U	B	U	F	T	T	E	W	T		
M	W	L	E	N	G	O	E	E	W	N	W	L	S	L	E	R	U	E		
E	N	E	N	E	E	W	G	P	N	J	E	Y	O	S	K	A	O	K		
E	W	S	R	E	I	C	R	A	A	T	S	L	C	H	K	L	R	L		
L	A	S	A	T	E	O	R	R	A	L	J	H	E	N	O	K	B	I		
R	T	I	V	C	C	P	G	E	O	R	R	E	E	O	O	C	R	O		
U	E	W	S	E	H	O	I	O	P	O	K	M	T	E	K	E	L	G		
U	R	E	S	I	N	A	P	S	T	L	Y	M	L	N	W	E	I	A		
T	H	T	W	V	E	L	R	E	C	Z	O	E	I	U	E	S	M	A		
A	A	M	A	R	R	R	N	I	N	H	R	H	O	U	T	K	T	O		
R	R	R	C	I	A	H	B	E	D	L	O	R	O	V	H	H	O	P		
E	D	A	H	D	I	J	T	I	J	F	T	E	B	O	A	C	H	C	E	K
P	H	W	R	M	A	Ï	S	C	H	E	N	T	L	T	L	O	S	N		
M	E	G	E	E	Z	O	N	Z	U	U	R	T	E	G	R	A	A	D		
E	I	G	I	S	T	E	N	M	A	Ï	S	C	H	K	E	T	E	L		
T	D	D	B	R	O	U	W	I	N	S	T	A	L	L	A	T	I	E		

- Alcohol
- Alcoholpercentage
- Bier
- Brouwen
- Brouwerij
- Brouwinstallatie
- Brouwjargon
- Brouwproces
- Buffervat
- Enzymen
- Gerst
- Gisten
- Gistvat
- Hop
- Klaren
- Koelen
- Koeler
- Koken
- Kookketel
- Kruiden
- Maischen
- Maischketel
- Mouten
- Sachariden
- School
- Schroten
- Schuimkraag
- Steentje
- Tarwe
- Temperatuur
- Torhout
- VTI
- Warmtewisselaar
- Water
- Waterhardheid
- Whirlpoolsysteem
- Wort
- Zetmeel
- Zuurtegraad

Alcohol drinken heeft wel enkele positieve maar toch blijft het ongezond.

Dhr. D.Vansteenlandt

-5-

---

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

---

Ja, je hebt het goed gelezen dat bier positieve effecten heeft. Onderzoek heeft uitgewezen dat matig alcoholgebruik (1,5 glas per dag) het risico op sommige chronische ziekten, zoals hart- en vaatziekten en diabetes type 2 verlaagt. Ondanks deze positieve effecten is het nog altijd geen goede reden om alcohol te drinken. Dit omdat een glas alcohol per dag nog altijd het risico op verschillende vormen van kanker vergroot.

Als je dan toch bier drinkt, is blond bier gezonder dan bruin bier. Dit omdat de donkere kleur verkregen wordt door gebrande granen en alles wat gebrand is, is ongezond. Rodenbach daarentegen is wel een gezonder bier doordat hier de kleur het gevolg is van het rijpen in eiken vaten.

### **Risico's**

Iedereen weet ondertussen wel al dat er aan alcoholgebruik enkele risico's zijn verbonden. Kun je enkele voorbeelden geven van risico's die gebonden zijn aan het drinken van alcohol?

---

---

---

---

Om risico's te beperken wordt aangeraden om niet meer dan 10 standaardglazen per week te drinken. Deze 10 standaardglazen moeten wel gespreid zijn over meerdere dagen. Om geen risico te lopen drink je natuurlijk beter geen alcoholische dranken.

Bepaalde bevolkingsgroepen mogen nooit alcohol drinken: jongeren onder 16 jaar, onder de 18 jaar voor sterke drank, vrouwen die zwanger zijn of zwanger willen worden en vrouwen die borstvoeding geven. De hersenen van jongeren zijn namelijk nog volop in de ontwikkeling en alcohol kan die schaden. Omwille van de gezondheidsrisico's blijft alcohol tot 18 jaar beter achterwege.

Als er wordt gedronken tijdens de zwangerschap gaat een deel van de alcohol door naar de baby die dit moet kunnen afbreken. Ongeboren kinderen zijn hier meestal niet toe in staat waardoor het kan leiden tot afwijkingen aan organen en hersenen van de baby.

### **Wetgeving**

In België moeten we altijd rekeninghouden met de Belgische wetgeving die nu van toepassing is. Zoals iedereen weet gelden er ook wetten rond het gebruik van alcohol. Zo is openbare dronkenschap verboden. Zo mag je ook geen voertuig besturen van zodra je alcohol hebt genuttigd. Zoek nu eens wat meer informatie over de wetgeving rond het gebruik van alcohol en leg deze wetten ook uit. (bv. Openbare dronkenschap is verboden, maar vanaf wanneer is het openbare dronkenschap? Wat gebeurt er als je die wet overtreedt?) Zet dit in een worddocument in de uploadzone.

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-6-

#### **1.4 Bepalen van alcoholpercentage**

##### **Factoren die het alcoholpercentage beïnvloeden**

Om alcohol te verkrijgen wordt glucose omgezet in alcohol en koolzuurgas. Stel de vergelijking van deze chemische reactie op.

---

De glucose is bij bieren afkomstig van het mout. Het mout kan afkomstig zijn van verschillende graangewassen, denk maar aan tarwe, gerst, spelt, haver of rogge. Tijdens het mouten worden graankorrels in water geweekt waardoor ze kiemen. Dit is een belangrijke stap voor het bier, want tijdens het kiemproces ontstaan er enzymen, die later het zetmeel omzetten in suikers. Je bekijkt deze stap van de enzymen nog van dichterbij in een volgend deel van het project. Dit proces zal dus een grote invloed hebben op het alcoholpercentage.

Er zijn natuurlijk nog andere zaken die het alcoholpercentage beïnvloeden. Om een bier met een hoog alcoholpercentage te verkrijgen, zijn twee dingen nodig: een hoog percentage vergistbare suikers en een grote hoeveelheid actieve en gezonde gist.

Zware bieren kunnen bijvoorbeeld soms erg dik of stroperig worden als ze niet voldoende zijn gegist. De vergistingsgraad geeft de verhouding aan tussen de hoeveelheid vergiste en de oorspronkelijke hoeveelheid aanwezige suikers in procent.

Een andere manier om een hoog alcoholpercentage te verkrijgen, is het toevoegen van enkelvoudige suikers (=enkelvoudige koolhydraten). Ze hebben bijna geen smaak en vergisten volledig, waardoor het alcoholpercentage verhoogt.

Ook de gist is van groot belang. De meeste gisten kunnen niet overleven in een omgeving met een alcoholpercentage hoger dan 10%. Met de geschikte gist is het echter wel mogelijk om een percentage van 15% te behalen. Een laatste truc is om bij de start van de vergisting niet met alle suikers te beginnen, maar tijdens de vergisting suikers toe te voegen.

##### **Bepalen van het alcoholpercentage met densimeter**

De densimeter, ook wel hydrometer, dichtheidsmeter of suikermeter genoemd, is een glazen meetinstrument, dat eruitziet als een dobber. Als het bier gebrouwen is, wordt hiermee de dichtheid of ook wel het soortelijk gewicht (SG) van het brouwsel gemeten. Dit is eigenlijk het gewicht in kilogram van 1 m<sup>3</sup> van die vloeistof.

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Op het meetinstrument is een schaalverdeling gemaakt. De waarden worden afgelezen waar de vloeistof de lucht raakt. Onderin het meettoestel bevinden zich meestal een aantal loodkorreltjes, die dienen om de dobber stabiel te houden. Het meetinstrument is gebaseerd op de wet van Archimedes. De opwaartse kracht die een lichaam in een vloeistof of gas ondervindt, is even groot als het gewicht van de verplaatste vloeistof of het gas.



Maar waarom is die dichtheid nu zo belangrijk? Het soortelijk gewicht van het wort geeft aan hoeveel opgeloste suikers er in het wort zitten voor de vergisting is gestart. Dit wordt dan ook gemeten voor er gist wordt toegevoegd. Na de vergisting wordt het soortelijk gewicht opnieuw bepaald en zoals je ziet in onderstaande tabel zit er een verschil in de SG-waarden voor en na de gisting. De oorzaak hiervan is de vermindering in suiker, vandaar dat een van de termen voor dit meetinstrument suikermeter is. Een vermindering in suiker betekent een stijging in alcohol, want zoals in vorig punt al werd vermeld, wordt glucose omgezet in ethanol en koolstofdioxide. Het soortelijk gewicht van alcohol is 790 kg/m<sup>3</sup>, terwijl dat van glucose 1540 kg/m<sup>3</sup> is, vandaar dat het soortelijk gewicht daalt en het verschil in SG een maat is voor het alcoholpercentage. Om het alcoholpercentage eenvoudig te berekenen gebruiken we volgende formule:

$$\text{alcoholpercentage} = \frac{\text{verschil in dichtheid}}{\text{delingsfactor}}$$

Soortelijk gewicht wort	Delingsfactor
1100	7,000
1095	7,020
1090	7,045
1085	7,070
1080	7,090
1075	7,125
1070	7,155
1065	7,185
1060	7,215
1055	7,250
1050	7,280
1045	7,320
1040	7,390

Hierbij is de delingsfactor een waarde die afgelezen wordt in een tabel vertrekkende van het SG van het wort na het koken.

Dhr. D.Vansteenlandt

-8-



---

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

---

Oefening: Wanneer je brouwt, is het de bedoeling dat je zelf het alcoholpercentage van je gebrouwen bier berekent aan de hand van bovenstaande info.

---

---

---

---

### **Bepalen van het alcoholpercentage met fotospectrometrie**

Om het alcoholpercentage van bier te bepalen kunnen we gebruik maken van fotospectrometrie. Dit moeten we doen aan de hand van  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (dichromaat). Dit product mogen we uit veiligheidsoverwegingen op school niet meer gebruiken, dus gaan we voor deze meting naar de UGent campus Kortrijk. Vooraleer we naar Kortrijk gaan, doen we de spectrofotometrische proef eerst eens op school, maar dan wel om de hoeveelheid ijzer in het water te bepalen. Dit doen we om de handelingen onder de knie te hebben voor we naar Kortrijk gaan.

Op onderstaande afbeelding kunnen jullie de werking van fotospectrometrie zien. We starten met wit licht dat we uitzenden op een prisma. Door het prisma wordt het witte licht gebroken waardoor we alle verschillende kleuren verkrijgen. Iets verderop is er een muur met een kleine spleet in. Deze spleet stellen we in op de lichtstraal die we willen gebruiken voor de meting, dit omdat iedere kleur een andere golflengte heeft. Voor onze meting gebruiken we de waarde 509 nm. Dan gaat het licht met deze golflengte door de cuvet met ons mengsel, die het licht met deze golflengte optimaal opneemt.

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-9-

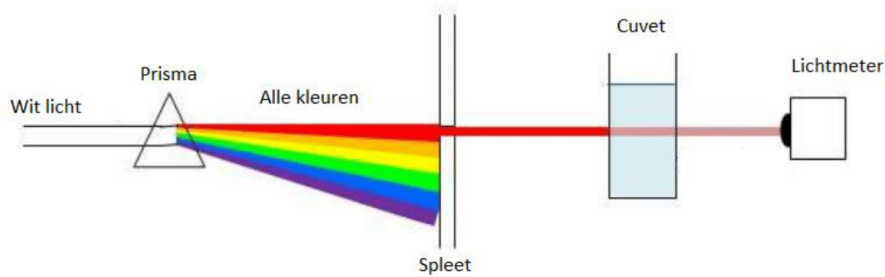
Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Bij de aanvang van de meting stellen we de absorptie van een wateroplossing op nul, waarmee het toestel eigenlijk ook de intensiteit  $I_0$  van het oorspronkelijk wit licht meet.

Tenslotte komt de lichtstraal toe in de lichtmeter en deze meet de intensiteit ( $I_T$ ) van het overgebleven licht. De spectrometer berekent vervolgens de absorptie van de oplossing met de volgende formule:  
 $A = E = -\log I_T/I_0$



Voor de proef met fotospectrometrie maken we verschillende standaardmengsels. Deze reeks mengsels zijn een reeks oplossingen met toenemende concentratie van het te bepalen bestanddeel, gemaakt uit de stockoplossing. Deze standaardreeks valt in een concentratiegebied, waarbij we de Wet van Lambert-Beer kunnen gebruiken. Volgens deze wet is de absorptie recht evenredig met de concentratie.

Wet van Lambert-Beer:

$$A = E = \epsilon \cdot l \cdot c$$

We kunnen dan de absorptie uitzetten in functie van de concentratie in een grafiek. We bekomen dan een ijklijn. Via lineaire regressie kunnen we de vergelijking van deze rechte gaan opstellen. Vervolgens meten we ook de absorptie van de onbekende oplossing. Dit onbekende mengsel moet dan wel op die ijklijn liggen. Als dit niet op de ijklijn ligt, dan kunnen we eventueel ons mengsel verder verdunnen om wel op die ijklijn terecht te komen. De absorptie van de onbekende oplossing kunnen we dan invullen in de vergelijking van de ijklijn om hieruit de bijhorende concentratie van deze onbekende oplossing te berekenen.

De mengsels die we zullen maken, hebben een rode kleur door de vorming van een complex, wat hieronder stapsgewijs wordt aangetoond. Vooraleer het complex wordt gevormd, treden een aantal redoxvergelijkingen op. Hieronder worden de redoxreacties die plaatsgrijpen in de proef genoteerd. Bepaal van iedere redoxreactie wat de reductor en de oxidator is. Een eerste reactie is:

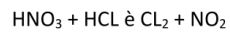
Dhr. D.Vansteenlandt

-10-

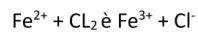
---

Project De chemie van het brouwen 5<sup>de</sup> jaar

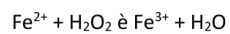
---



In bovenstaande reactie hebben we dichloor gemaakt. Dichloor wordt dan gebruikt voor de volgende reactie, waarin je probeert opnieuw de reductor en de oxidator aan te duiden:



Om zeker alle  $\text{Fe}^{2+}$  te laten omzetten naar  $\text{Fe}^{3+}$ , laten we een derde reactie plaatsvinden met waterstofperoxide. Noteer opnieuw de reductor en de oxidator in deze reactie:



---

Dhr. D.Vansteenlandt

-11-

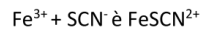
---

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Nu alle ijzerdeeltjes omgezet zijn in Fe<sup>3+</sup> kunnen we de laatste reactie laten doorgaan, wat de vorming van een kleurrijk complex voorstelt:



Het complex dat we nu bekomen, zorgt ervoor dat ons mengsel rood kleurt. Dit complex absorbeert goed het licht met een golflengte van 509 nm.

Om te weten of we gezond water hebben, kunnen we een aantal elementen in het water controleren, waaronder bijvoorbeeld het ijzer. In ons drinkwater zit er altijd wel een beetje ijzer. Maar wanneer je meer dan 0,20mg/l ijzer in je water hebt, is het ijzergehalte van je water eigenlijk te hoog en je water bijgevolg niet drinkbaar.

Hieronder volgen de stappen die we zetten om het ijzergehalte van een zelfgekozen waterstaal te bepalen.

#### Stap 1

We starten met het maken van de standaardoplossingen. Hieronder staat een tabel met de juiste hoeveelheden. Je moet uiteindelijk 6 kolfjes hebben met een hoeveelheid van 100 ml. De laatste kolf is deze met je eigen waterstaal. Breng in je kolfje één voor één de verschillende stoffen zoals hieronder in de tabel aangegeven. Op het einde leng je de kolfjes aan met demiwater tot een hoeveelheid van 100 ml. Voordat we starten met het maken van deze mengsels doen we een schort en handschoenen aan om ons te beschermen, want koningswater is een uiterst gevaarlijke stof.

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-12-

Project De chemie van het brouwen 5<sup>de</sup> jaar

C ijzer (ppm)	Aantal ml Fe stockopl.	Aantal ml koningswater	Aantal druppels H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Aantal ml KSCN	Totaal volume (ml)
	vol pipet	kleine maatcilinder	plastieken pipetjes	maatcilinder	kolfjes aanlengen
0	0	4	4	20	100
1	10	4	4	20	100
2	20	4	4	20	100
4	40	4	4	20	100
5	50	4	4	20	100
onbekend	50 (eigen water)	4	4	20	100

### Stap 2

We plaatsen nu een cuvet van elke oplossing in het toestel en meten de absorptantie. Noteer telkens de gemeten waarde in onderstaande tabel.



Oplossing met concentratie in ppm	Absorptantie
0	
1	

---

Project De chemie van het brouwen 5<sup>de</sup> jaar

---

2	
4	
5	
Onbekende	

Stap 3

Zet al de gemeten waarden uit in een grafiek in excel. Zet op je grafiek een trendlijn met de vergelijking erbij. Noteer de vergelijking van de absorptie in functie van de concentratie.

Stap 4

De absorptie van je waterstraal werd ook gemeten. Met deze waarde berekenen we nu hoeveel ijzer er in het waterstaal zit aan de hand van de opgestelde vergelijking. Maak een verslag met je meetresultaten en besluit aan de hand van een sjabloon. Plaats dit verslag in de uploadzone.

Nu we fotospectrometrie grondig onder de knie hebben, kunnen we in Kortrijk het alcoholpercentage gaan bepalen van ons bier. Zet ook dit resultaat in het verslag en upload je verslag dan in de uploadzone.

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

## 2 Wateronderzoek

Water is de belangrijkste stof op aarde. De allergrootste verzameling water wordt gevormd door de zeeën. Zo'n 70 % van de aarde wordt hierdoor ingenomen. Water is ook voor ons lichaam van levensbelang. Ons lichaam bestaat voor zo'n 60 % uit water. Verder wordt water voor heel veel toepassingen gebruikt. Ook om bier te brouwen is water dus essentieel.

### 2.1 Soorten water

Oefening: Zoek op internet de volgende soorten water en noteer of ze geschikt zijn om bier mee te brouwen. Wat kan je hieruit besluiten?

Soorten water	Geschikt/ niet geschikt
Regenwater	
Oppervlaktewater	
Grondwater en bronwater	
Leidingwater	

Besluit:

---

### 2.2 Chemische opbouw van water

Al van in het 4<sup>de</sup> jaar kwam je in contact met de chemie rond water.

#### Dipoolkarakter

Laten we eerst en vooral het dipoolkarakter onderzoeken. De watermolecule bestaat uit een positieve en negatieve zijde. Hoe dit komt onderzoeken we hier door het tekenen van de structuur van een watermolecule.

Bereken het verschil in elektronegatieve waarde ( $\Delta EN$ ) van de atomen en het sterisch getal van het zuurstofatoom in de watermolecule. Wat kun je hieruit besluiten?

---

---

---

Teken hieronder de structuur van de watermolecule, en voeg hieraan de ladingswolken toe. Onderzoek na het tekenen, van de ladingswolken of er een scheidingsas kan getekend worden:

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-15-



Project

De chemie van het brouwen

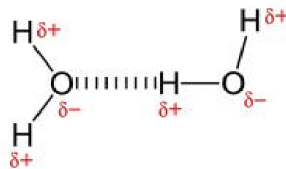
5<sup>de</sup> jaar

Uit het voorgaande kunnen we dus afleiden dat er twee voorwaarden bestaan wat betreft de polariteit van een molecule:

- er moet een voldoende groot verschil zijn in elektronegatieve waarde tussen de gebonden atomen;
- de negatieve en de positieve ladingswolk moeten van elkaar kunnen gescheiden worden door een denkbeeldige scheidingslijn.

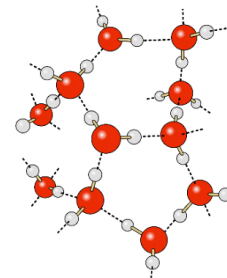
In het 5<sup>de</sup> jaar worden de begrippen 'intramoleculaire en intermoleculaire krachten' al uitgelegd. Deze zijn van groot belang bij de watermolecule. De intramoleculaire krachten zijn de krachten die de atomen binnen een molecule samenhouden. De krachten die de moleculen onderling samenhouden, noemen we de intermoleculaire krachten.

Duid in de onderstaande afbeelding de intermoleculaire en intramoleculaire krachten aan:



Watermoleculen gaan verbindingen aan met naburige watermoleculen, waardoor een aantrekkingskracht ontstaat tussen de negatieve pool van de ene watermolecuul en de positieve pool van de andere. Deze zogenaamde waterstofbruggen zijn niet zo sterk als de bindingskrachten binnen de molecule, maar wel de sterkste onder de intermoleculaire krachten.

Deze verbindingen spelen een beslissende rol bij de stabilisatie van veel grote organische moleculen. Omdat de verbindingen nog relatief zwak zijn, kunnen ze in fysiologische reacties snel afbreken en weer opnieuw opbouwen. De afbraak en het opnieuw aangaan van verbindingen is de essentie van de chemie van het leven.



Vloeistoffen (bij 20°C)	Oppervlaktespanning [ $10^{-3}$ N/m]	Kookpunt [°C]
Ethanol	22,55	
Methanol	22,60	
Aceton	23,30	
Benzeen	28,90	
Glycerol	63,40	
Water	72,75	

Oefening: Vervolledig de bovenstaande tabel.

Dhr. D.Vansteenlandt

-16-

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Waarneming: Vergelijk hieronder water met de andere vloeistoffen op vlak van oppervlaktespanning en kookpunt.

---



---

Verklaring:

---

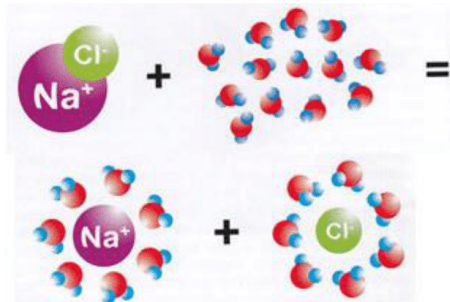
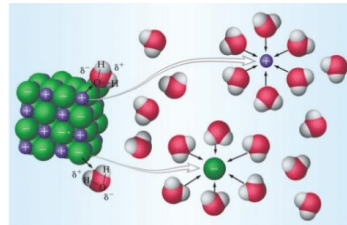


---

### Sterk oplozend middel

Watermoleculen zijn bij uitstek geschikt voor het oplossen van ionverbindingen. Op basis van de verschillende ladingen kunnen watermoleculen zich tussen de positief en negatief geladen ionen dringen en de geladen deeltjes met een waterlaagje omgeven.

Zo is bijvoorbeeld zout in droge toestand een heel vaste verbinding. In water lost het op, waardoor het positief geladen  $\text{Na}^+$ -ion met de negatieve polen van de  $\text{H}_2\text{O}$ -moleculen en het negatief geladen  $\text{Cl}^-$ -ion met de positieve polen van de  $\text{H}_2\text{O}$ -moleculen verbindingen aangaan.



Noteer hieronder wat je kan waarnemen rond het oplossen van ionverbindingen (sterke en harde kristalverbindingen) a.d.h.v. bovenstaande afbeelding.

---



---

Daarom noemen we water een universeel, natuurlijk oplosmiddel, dat sterke en complexe verbindingen kan openbreken. Dit is de chemie van het leven op aarde.

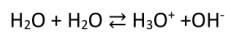
Dhr. D.Vansteenlandt

-17-

**Chemische eigenschappen**

De watermolecule is een dipoolmolecule: omdat de waterstofatomen niet symmetrisch liggen ten opzichte van het zuurstofatoom is de ene kant van de watermolecule elektrisch geladen ten opzichte van de andere kant. In overeenkomst met de octetregel heeft het zuurstofatoom in water zijn elektronen als volgt verdeeld: twee keer twee elektronen voor de binding met de twee waterstofatomen en twee keer een vrij elektronenpaar. Door de polariteit van het watermolecuul, trekken deze moleculen elkaar dus sterk aan. Dit verklaart het, ten opzichte van andere stoffen, hoge kookpunt en de hoge smeltwarmte en verdampingswarmte. De polariteit van water verklaart ook waarom zouten (ionen) en polaire stoffen (zoals suiker) zo goed in water oplossen.

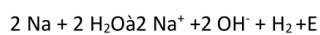
Watermoleculen kunnen opsplitsen in een (zuur)  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ion en (base)  $\text{OH}^-$ -ion. Deze reactie wordt de autoprotolyse van water genoemd:



In zuiver water bij een temperatuur van 298 K zijn de concentraties van beide ionen  $10^{-7}$  mol/l. De pH van het water is dan 7 ( $\text{pH} = -\log 10^{-7} = 7$ ). Deze pH-neutraliteit wordt veroorzaakt door het feit dat beide ionen in gelijke concentraties aanwezig zijn.

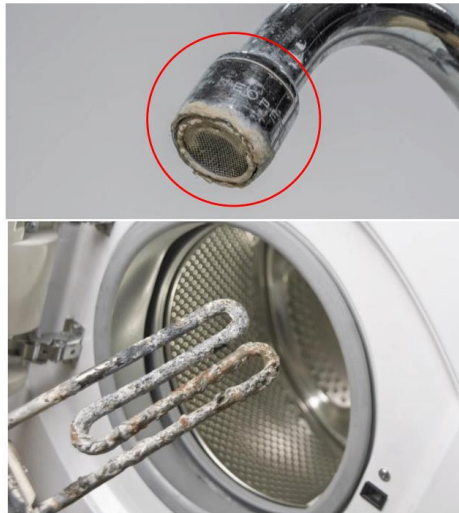
Water is een amfolyt, wat wil zeggen dat de stof zowel zuur, als basisch kan reageren. Voegen we een sterker zuur aan het water toe, dan neemt de watermolecule een proton op en vormt het een hydronium-ion ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Is er een sterkere base aanwezig, dan staat de watermolecule een proton af en vormt er zich een basisch deeltje: het hydroxide-ion ( $\text{OH}^-$ ).

Water kan onedele metalen oxideren onder vorming van waterstofgas. Bij heel onedele metalen zoals lithium en kalium verloopt die reactie snel (met vuurverschijnselen), bij minder onedele metalen zoals ijzer verloopt de oxidatiereactie veel langzamer en gelijkmatiger. Een goed voorbeeld van een explosieve reactie tussen een metaal en water is die van natrium en water, waarbij naast natriumhydroxide en waterstofgas ook nog een grote hoeveelheid energie gevormd wordt:



### 2.3 Hardheid van water

De hardheid van water is de som van het aanwezige calcium en magnesium, twee deeltjes die essentieel zijn voor de gezondheid. Hard water bevat veel calcium, dat bij verhitting neerslaat als calciumcarbonaat. Deze neerslag is beter gekend als 'kalkaanslag'.



#### Soorten hardheid

De totale hardheid is de som van de tijdelijke en blijvende hardheid.

#### Totale hardheid

De totale hardheid is de totale hoeveelheid mineralen die in het water aanwezig zijn.

#### Tijdelijke hardheid

De tijdelijke hardheid is de hardheid die verdwijnt bij het koken, omdat bepaalde mineralen reageren en neerslaan (ketelsteen).

#### Blijvende hardheid

De blijvende hardheid is de hardheid, die overblijft na het koken.

#### Gradatie van hardheid

Hardheid kan uitgedrukt worden in hardheidsgraden. Meestal worden Franse graden (°F/ °fH) hiervoor gebruikt, maar soms ook Duitse graden (°D/ °dH).

$$1^{\circ}\text{F} = 0,56^{\circ}\text{D}$$

$$1^{\circ}\text{D} = 1,79^{\circ}\text{F}$$

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar**Classificaties hardheid water**

	Franse hardheid [°F]	Duitse hardheid [°D]	Concentratie zouten [mg/l]
Zeer zacht water			0 – 20
Zacht water			20 – 40
Gemiddeld water			40 – 60
Vrij hard water			60 – 80
Hard water			80 – 120
Zeer hard water			> 120

Oefening: Vul bovenstaande tabel aan met Franse en Duitse hardheidsgraden.

**Bepalen van de totale hardheid**Teststrips

Een eerste en gemakkelijke methode gebruikt teststrips.



**Werkwijze:** Dompel deze strip kort in het water. Afhankelijk van de verkleuring zie je hoe hard het water is.

Deze test is echter een schatting en wordt dus eerder gebruikt om te zien of je geen waterverzachter moet plaatsen.

Dhr. D.Vansteenlandt

-20-

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

### Druppeltest

Een andere methode om de waterhardheid te meten is de druppeltest.



### Werkwijze:

Stap 1: Vul een maatbeker met water.

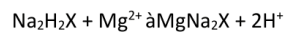
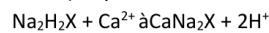
Stap 2: Voeg (druppel voor druppel) een speciale vloeistof toe (reagens). Dit doe je zolang het water van kleur verandert.

Stap 3: Wanneer het water niet langer van kleur verandert, stop je dit proces, en bekijk je hoeveel druppels je hebt toegevoegd. Afhankelijk van dat aantal zal je weten welke hardheid het water heeft.

Deze druppeltesten zijn echter niet aanwezig in het labocomplex, waardoor we deze meting dan ook niet uitvoeren.

### Complexometrische titratie

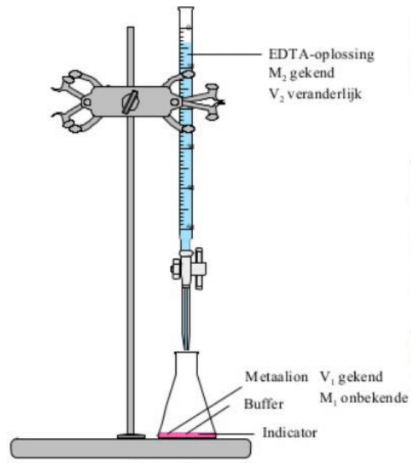
De meest gebruikte methode om de waterhardheid te bepalen is een complexometrische titratie met EDTA (ethyleendiamine tetra azijnzuur) dat met metalen, complexen vormt volgens:



Het verloop en het eindpunt van de complexometrische titratie kan zichtbaar gemaakt worden door gebruik te maken van een metaalgevoelige indicator zoals eriochroomzwart-T. Het metaal dat aan de indicator gebonden is, komt vrij en complexeert eveneens met EDTA. Daardoor slaat de kleur van de indicator om. De titratie gebeurt bij een hoge pH.

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

#### Meting totale hardheid

##### **Werkwijze:**

Stap 1: Pipetteer analytisch 50 ml (leiding)water in een erlenmeyer.

Stap 2: Voeg 1 ml NH<sub>3</sub> en een indicator eriochroomzwart-T (tablet) toe.

Stap 3: Titreer met 0,01M Na<sub>2</sub> EDTA tot de buffertabletten van Merck omslaan van rood naar groen.

Stap 4: Voer in het 3-voud uit.

##### **Waarneming:**

---

#### Meting blijvende hardheid

##### **Werkwijze:**

Stap 1: Breng precies 250 ml water aan de kook in een beker, laat dit vervolgens 15 min doorkoken.

Stap 2: Filtreer over een filter, breng in een maatkolf van 250 ml en leng terug aan met demi-water tot aan de maatstreep.

Stap 3: Titreer zoals hierboven (druk resultaat uit in Franse graden).

Stap 4: Voer in het 3-voud uit.

##### **Waarneming:**

---

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-22-



Project

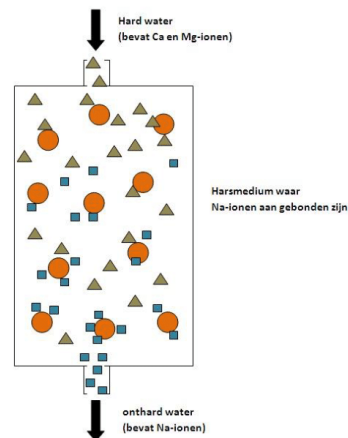
De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar**Bijsturen van de hardheid van water**Huishoudelijk gebruik

Voor huishoudelijk gebruik kan water zacht gemaakt worden met een ontkalker. Deze waterontharder wordt meestal geïnstalleerd op de plaats waar het water van de watermaatschappij uw woning binnenkomt. Dus tussen de waterteller en de eerste vertakking op de hoofdleiding.

Bier brouwen

Veel brouwerijen maken gebruik van een ionenwisselaar om water zacht te maken. In een ionenwisselaar zitten (synthetische) bolletjes die verzadigd zijn met natriumdeeltjes en een positieve lading hebben. Als het harde water hier doorstroomt, dan worden er ionen gewisseld: de natriumdeeltjes komen in het water en hun plaats wordt ingenomen door calciumdeeltjes uit het water.



Dhr. D.Vansteenlandt

-23-

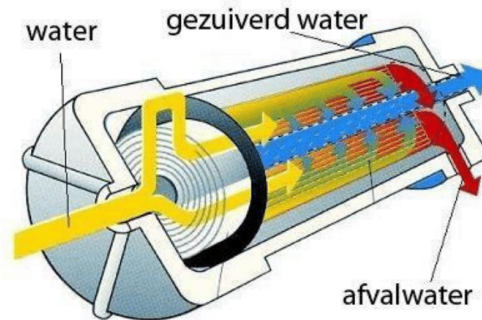
Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Zo wordt calcium uit het water gehaald en wordt het water zachter. Als de ionenwisselaar opgebruikt is, kan het proces omgedraaid worden door zoutwater erdoor te laten lopen. De calciumdeeltjes laten dan terug los en uit het zoutwater worden geladen natriumdeeltjes opgenomen.

Om echt alles uit het water te halen, kan gebruik gemaakt worden van een omgekeerde osmosefilter. Bij een omgekeerde osmose wordt het water door een halfdoorlatend membraan gestuurd. Dit membraan laat bepaalde atomen en moleculen wel door en andere niet.



Nadat het water door de omgekeerde osmose-installatie gestuurd is, is dit water van de zuiverste kwaliteit. Een soort van 'reset' voor het water dus. Het water kan daarna bijgesteld worden met tal van producten. Zo kan de hardheid en pH-waarde volledig naar wens bereikt worden.

#### 2.4 Parameters

Het brouwwater heeft enkele belangrijke parameters die moeten voldoen aan wettelijke vereisten op het gebied van concentratie.

Parameters	Aanbevolen waarden [mg/l]
Calciumion	50 – 150
Magnesiumion	10 – 30
Chloride-ion	50 – 150
Sulfaat-ion	50 – 150
IJzer	0,1 – 0,2

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Oefening : Probeer onderstaande parameters te verbinden met hun bijhorend belang in het brouwproces.

a. Calciumion
b. Magnesiumion
c. Chloride-ion
d. Sulfaation
e. IJzer

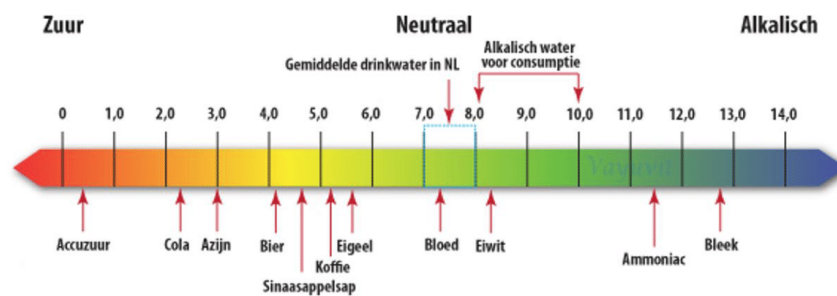
1. Verhogen bitterheid en hopflavour
2.1 Verhogen mondgevoel bier 2.2 Verlagen bitterheid en hopflavour
3.1 Stabilisatie alfa-amylase 3.2 Verhogen vrije aminozuren 3.3 Bevorderen het uitvlokken (gistingsproces)
4. Gistgroei
5. Verhogen activiteiten enzymen

### 3 Zuurtegraad

De zuurtegraad of de pH van een vloeistof is de negatieve logaritme van de concentratie H<sup>+</sup>-ionen in een vloeistof.

$$pH = -\log[H^+]$$

De schaal van de zuurtegraad loopt van 0 tot 14 waarbij 0 tot 7 zuur is en 7 tot 14 basisch is. 7 wordt gezien als een neutrale pH bv. water.



Dhr. D.Vansteenlandt

-25-

Project

De chemie van het brouwen

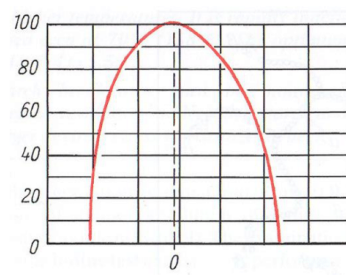
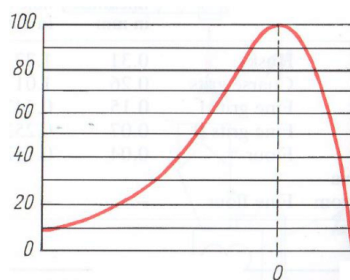
5<sup>de</sup> jaar

De zuurtegraad is van groot belang tijdens het brouwproces. Tijdens het maischen zal de zuurtegraad dalen van pH 7 naar een pH van 5,2. Het is belangrijk dat de pH tijdens het maischen gecontroleerd wordt. De zuurtegraad mag variëren tussen de 5 en 5,5 (dit is de gemiddelde optimale waarde voor de werkende enzymen). Tijdens het koken mag de pH nog een beetje dalen naar 5,1 à 5,2 (voor een goede eiwituitvloeking en extractie van de hopbitterstoffen). Men kan de pH bijregelen door enkele druppels melkzuur toe te voegen, dan daalt de pH. Om de pH te verhogen kan men enkele druppels natriumhydroxide toevoegen. Dit komt echter zelden voor. Bij het hoppen is de zuurtegraad zeer belangrijk: de pH moet rond de 5,5 zijn, want dan is de isomerisatie (omzetting van alfavuren naar isoalfavuren) van de alfavuren optimaal. Bij een hogere pH worden onaangename bitterstoffen uit de hop afgegeven aan het wort.

Een hoge pH tijdens het brouwen geeft aanleiding tot het sterker uitloggen van de bostel/draf tijdens de filtratie waardoor er meer looistoffen in het wort komen. Deze geven aanleiding tot een donkerder kleur. Daarnaast zullen ook de Maillardreacties tijdens het koken toenemen. Een hoge pH zal dus steeds voor donkerder, harder bier zorgen en is dus totaal ongeschikt voor het brouwen van pilsbieren.

Ook tijdens de gisting is pH-opvolging van belang. Bij een goed gestarte gisting zal de pH snel dalen van beginwaardes rond 5,5 naar een lager niveau van 4,2, omdat voldoende vitale gist de aanwezige aminozuren van het wort zal omzetten naar organische zuren met een lagere pH.

Daalt de pH lager dan 4, dan is dit een sterke aanwijzing op verzuring door melkzuurbacteriën. Als deze niet toegevoegd zijn, is dit een infectie en moet de hygiëne worden opgevoerd.



Waarneming: Vergelijk hieronder de bovenstaande grafieken.

---

---









Project

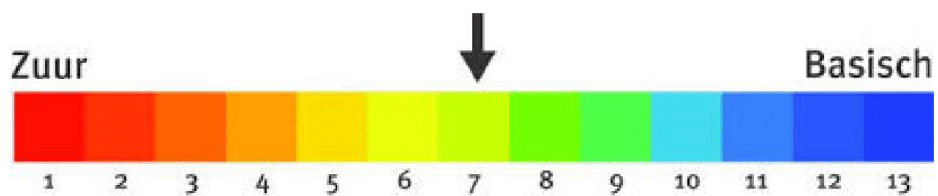
De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

**3.1 Voorbeelden pH-waarden**

Oefening: Zoek de zuurtegraad op van de volgende producten en plaats ze vervolgens op de pH-schaal.

<p>1. Azijn</p> 	<p>2. Steentje</p> 
<p>3. Ei</p> 	<p>4. Zeep</p> 
<p>5. Appel</p> 	<p>6. Soda</p> 
<p>7. Ammoniak</p> 	<p>8. Water</p> 



Dhr. D.Vansteenlandt

-27-

### 3.2 Bepalen van de zuurtegraad

#### 3.2.1 PH-strips

Het bepalen van de zuurtegraad kan eenvoudig worden uitgevoerd door gebruik te maken van pH-strips.



**Werkwijze:** Dompel deze strip kort in de oplossing. Afhankelijk van de verkleuring kun je aflezen welke zuurtegraad bij de oplossing hoort.

#### 3.2.2 PH-meter

Een nauwkeurigere methode om de zuurtegraad te bepalen is de pH-meter.



**Werkwijze:**

Stap 1: Ijk de meter voor gebruik door middel van een ijkoplossing.

Stap 2: Plaats de meter in de oplossing. Vervolgens kun je de pH-waarde aflezen.

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

### 3.2.3 PH-sensor (Arduino)

Een derde methode om de zuurtegraad te bepalen is door met behulp van Arduino een programma te schrijven en zo gebruik te maken van een pH-sensor die in verbinding staat met het programma. Hierbij worden alle waarden in Excel uitgelezen.



Meting: Voer deze meting uit, aan de hand van het opgegeven programma en de pH-sensor, om zo de verschillende zuurtegraden te bepalen tijdens het volledige brouwproces. Vul de gemeten waarden aan in de onderstaande tabel. Controleer vervolgens of deze waarden overeenstemmen met de verwachte waarden.

Belangrijke processen	Verwachte pH-waarde	Gemeten pH-waarde
Maischen	5 – 5,5	
Hoppen	+/- 5,5	
Gisten	4,2	



## 4 Schuimkraag

### 4.1 *Meting*

Ieder bier heeft zijn eigen prachtige schuimkraag en die is bij de Belgen erg geliefd. Er zijn zelfs bepaalde taptechnieken die bedoeld zijn om de juiste schuimkraag te verkrijgen. Natuurlijk ontstaat de schuimkraag niet zomaar. Dit komt door verschillende ingrediënten die gebruikt worden tijdens het brouwproces. We mogen ook blij zijn dat die schuimkraag ontstaat bij het uitschenken van het bier want hij heeft wel degelijk een functie. Hoe de schuimkraag ontstaat en wat de functie ervan is, bestuderen we hieronder.



### 4.2 *Functie*

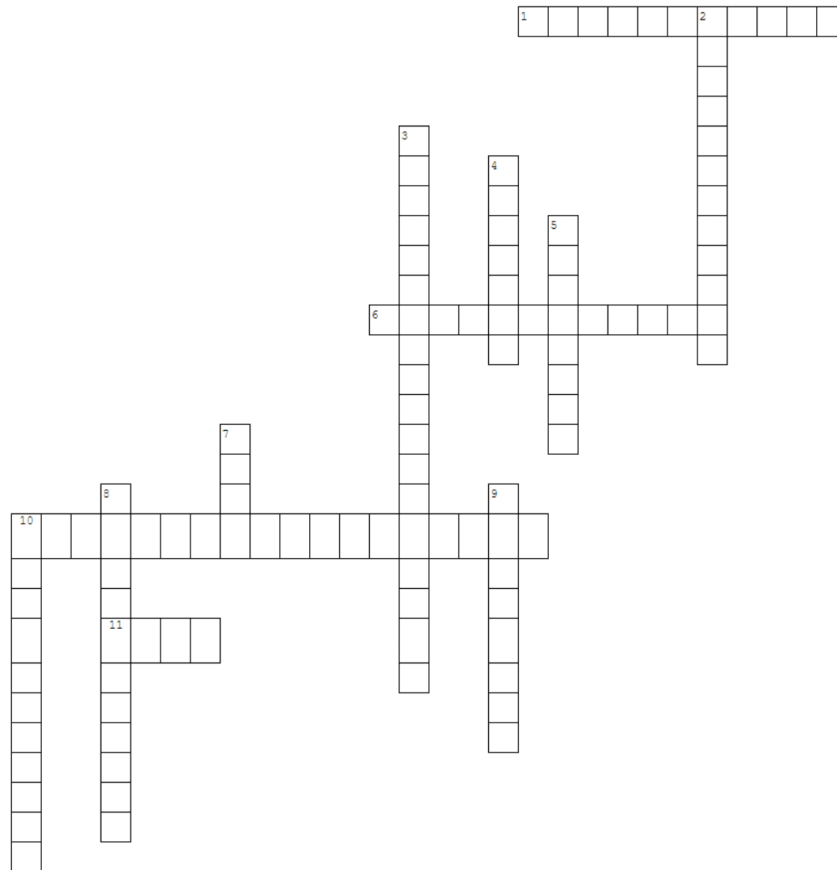
Een schuimkraag is er dus niet enkel uit esthetische overwegingen, maar hij heeft vooral een zeer nuttige functie als je bier drinkt. De schuimkraag beschermt je bier tegen de lucht, want zuurstof kan de smaak van je bier wijzigen en dit hebben we liever niet.

### 4.3 *Welke factoren beïnvloeden de schuimkraag?*

Onder het kruiswoordraadsel vind je de tekst met de uitleg over welke factoren de schuimkraag beïnvloeden en hoe dit komt. Probeer aan de hand van die tekst het volledige kruiswoordraadsel op te lossen.

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar**Horizontaal**

1. zijn aanwezig in het water en vormen complexen met isoalfazuren
6. structuurwijziging
10. product dat je kunt kopen om je schuimkraag te verbeteren
11. is van belang bij het uitschenken van je bier en moet zeker proper zijn

**Verticaal**

2. niet-oplosbare alfaazuren worden omgezet in ...
3. isoalfazuren zorgen voor een betere ...
4. eiwitten die een chemische reactie starten en in gang houden
5. zorgen voor een beschermlaag van de koolzuurbellen
7. zorgt voor de eiwitten in het bier
8. bepaalt hoe goed enzymen werken
9. wordt toegevoegd door gist
10. belletjes die bovenop het bier blijven staan

Er zijn meerdere basisonderdelen die de schuimkraag beïnvloeden. Hieronder bestuderen we de belangrijkste onderdelen die van belang zijn om een goede schuimkraag te verkrijgen. Deze bestanddelen zorgen ervoor dat we een mooie en goede schuimkraag verkrijgen. Dit wil zeggen dat er zich door deze onderdelen schuimbelletjes vormen die met gas gevuld worden zodat bij het uitschenken een mooie schuimkraag ontstaat.

Dhr. D.Vansteenlandt

-31-

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

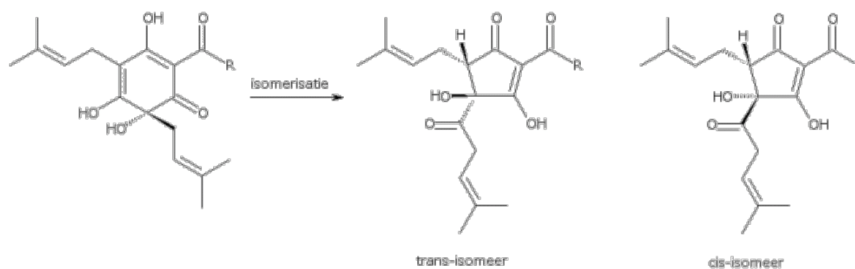
### Mout

Eiwitten in het bier zijn essentieel voor de vorming van een schuimkraag. Wanneer de koolzuurbellen naar het oppervlak stijgen, komen ze eiwitten tegen. Bij deze ontmoeting vormen de eiwitten een beschermlaag voor de koolzuurbellen. Dankzij deze laag heeft een koolzuurbel een langere levensduur. Eiwitten komen in het bier terecht via het mout. Het mout wordt in het begin van het proces opgewarmd waardoor dit wort wordt. Het wort zit vol met eiwitten en suikers.

### Hop

Tijdens het koken wordt hop toegevoegd aan het brouwwater. Vroeger werd hop vooral gebruikt als bewaarmiddel. Nu weten we ook al dat hop alfazen en oliën bevat die zorgen voor respectievelijk de bitterheid en de smaak van het bier.

Gedurende het koken van het wort en de hop worden de niet-oplosbare alfazen omgezet in isoalfazen, die bij kooktemperatuur wel oplossen in wort. Er vindt een structuurwijziging plaats, waarbij de zesring overgaat in een vijfring en dit voor eenzelfde brutoformule. Dit wordt duidelijk geïllustreerd op bovenstaande foto. Dit proces noemen we isomerisatie, wat één van de belangrijkste stappen in het brouwproces is.

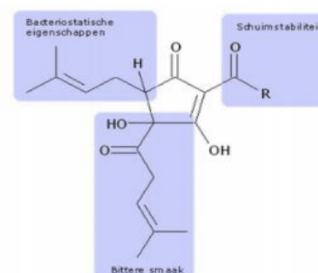


Door de structuurwijziging veranderen ook de eigenschappen, waaronder de oplosbaarheid in water en de bitterheid. Een langer kookproces leidt tot een grotere omzetting van de aanwezige alfazen in isoalfazen. De reden dat deze isoalfazen beter oplossen in water dan alfazen, en daarmee ook zorgen voor de bitterheid, is dat deze zuren een structuurwijziging ondergaan waarbij de moleculen meer polair worden. Dit komt omdat er meer zuurstofmoleculen op het einde van de structuur staan. Wanneer je een polaire stof wil oplossen, zoals isoalfazen, dan zal deze stof ook heel goed oplossen in een andere polaire stof, zoals water.

De alfazen worden dus omgezet in isoalfazen. Het is deze stof die onder andere zorgt voor een betere schuimstabiliteit.

Metaalionen uit het brouwwater vormen complexen met de zijketens van de isoalfazen.

Het is onmogelijk om een blijvende, stevige schuimkraag op het bier te verkrijgen als de concentratie van de isoalfazen minder bedraagt dan 20 milligram/liter.



Dhr. D.Vansteenlandt

-32-

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar**Water**

Water is een heel belangrijke grondstof in het brouwproces. Heel wat brouwerijen zijn dan ook trots omdat ze een eigen bron hebben waaruit ze water van grote diepte oppompen. De metaalionen, aanwezig in water, zijn van groot belang omdat zij complexen vormen met de isoalfazuren die zorgen voor het bellenvlies. Ook het zuurgehalte van water is van belang omdat dit bepaalt hoe goed de enzymen werken. Enzymen zijn eiwitten die een chemische reactie starten en in gang houden. In de laatste bundel van dit project gaan we nog dieper in op wat enzymen precies zijn.

**Gist**

Koolzuur hebben we nodig om een schuimkraag te verkrijgen. Het koolzuur wordt gemaakt door de gist die aan het bier wordt toegevoegd. Wanneer je bier uitschenkt, ontstaan er kleine belletjes en dat zijn de koolzuurbellen die onderweg naar boven eiwitten opnemen waardoor ze boven het bier een schuimkraag creëren. Dit omdat de eiwitten dan het koolzuur beschermen waardoor de belLEN allemaal bovenop het bier blijven staan. Dit wordt dan de schuimkraag genoemd. De schuimkraag van bier blijft langer staan dan de schuimkraag van frisdrank en dit komt doordat de eiwitten ervoor zorgen dat het koolzuur beschermd wordt en zo een langere levensduur heeft. Frisdrank heeft geen eiwitten in zijn mengsel waardoor de koolzuurbellen niet beschermd zijn en waardoor de schuimkraag snel verdwijnt.

**Extra**

Brouwers kunnen ook schuimstabilisatoren kopen. Dit werkt enkel wanneer je al een behoorlijk schuim hebt dat je nog wilt verbeteren. Wanneer je bier beschikt over een slecht schuim kan je dit niet goedmaken met een schuimstabilisator.

Ook het glas waarin je het bier uitschenkt, is van groot belang om de juiste schuimkraag te verkrijgen. Eerst en vooral moet je glas goed ontvet zijn. Wanneer je nog resten afwasmiddel op het glas laat zitten, wordt de vorming van je schuimkraag verstoord doordat die vetten de isoalfazuren verdringen. De vorm van het glas speelt ook een belangrijke rol. Bolvormige glazen bevorderen de vorming van schuim.

**4.4 Meting**

Ieder bier heeft zijn eigen schuimkraag. Als je de schuimkwaliteit van je eigen bier wil kennen, kan je de volgende meting uitvoeren.

Stap 1

Neem verschillende soorten bier alsook je eigen gebrouwen bier. Schenk al je biersoorten uit met voldoende schuim op. Dit doe je door het bier uit te schenken onder een hoek van 45° en in een glazen maatcilinder. Zorg ervoor dat je evenveel bier hebt in elke maatcilinder.

Stap 2

Meet om de 20 seconden de hoogte van je schuimkraag en doe dit gedurende 5 minuten.

Dhr. D.Vansteenlandt

-33-

---

Project

De chemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Zet vervolgens deze meetresultaten uit in een grafiek in Excel. Ga na welk soort verloop je krijgt. Dit is van belang om te weten welk soort regressie je moet toepassen in de volgende stap.

Stap 3

Zet op je grafiek ook de regressielijn. Een regressielijn is een lijn die het best past doorheen de wolk van meetpunten. Deze lijn wijkt zo weinig mogelijk af van alle meetresultaten. Hoe kleiner de afwijking van deze lijn t.o.v. de meetresultaten hoe meer de  $r^2$ -factor de waarde '1' benadert. Een waarde van 1 voor je regressielijn wil zeggen dat je meting perfect is. Bij het opvragen van deze regressielijn wordt ook de wiskundige vergelijking van deze lijn meegegeven.

Stap 4

In deze stap berekenen we de halfwaardetijd. Dat is de tijd die nodig is om de hoogte van het schuim te doen halveren. Het is dus een maat voor de schuimstabiliteit van de geteste biersoorten. Hoe kleiner deze waarde, hoe minder lang de schuimkraag blijft.

De halfwaardetijd berekenen doen we als volgt. Maak in je grafisch rekenmachine een nieuwe lijst met de tijd alsook een lijst met de schuimhoogte. Na regressie vinden we een wiskundig verband tussen schuimhoogte en tijd, dat we grafisch uitzetten. We zoeken dan de x-waarde (=tijd) waarvoor de y-waarde (=hoogte schuim) is gehalveerd ten opzichte van de beginhoogte. Zet je berekende waarden voor de halfwaardetijd per biersoort uit in een vergelijkende tabel.

Stap 5

Maak nu een verslag op betreffende deze meting. Formuleer een gegrond besluit. Plaats het verslag in de uploadzone.

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-34-

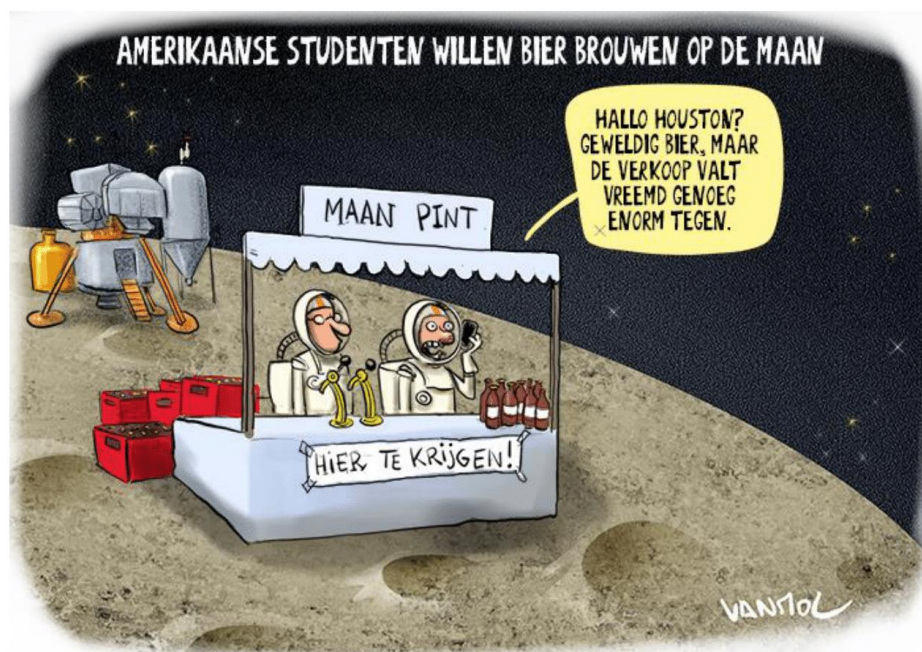
## 7.3 Biologie

Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

# De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar IW

Naam:

Klas:

Nr:

Dhr. D.Vansteenlandt

-1-

## Inhoudsopgave

1	Gerst.....	3
1.1	Gerst als plant.....	3
1.2	Zomer- en wintergerst.....	3
1.3	Opbouw van de gerstkorrel.....	4
2	Mout.....	6
3	Gist.....	8
3.1	Bouw van een gistcel.....	8
3.2	Voortplanting van de gist door celdeling.....	9
3.3	Gistingsproces.....	10
3.4	Brouwgist.....	11
3.5	Microscopisch onderzoek.....	11
4	Hop.....	14
4.1	Inleiding.....	14
4.2	Geschiedenis van hop.....	14
4.3	Chemie van hop.....	14
4.4	Soorten hop.....	16
4.5	Hop in het VTI-bier.....	17
5	Kruiden.....	17
5.1	Inleiding.....	17
5.2	Kruiden in het VTI-bier 'Steentje'.....	18
5.3	Kruiden in zelfgemaakt bier.....	21



Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

## 1 Gerst

### 1.1 Gerst als plant

Gerst is een landbouwgewas dat op de akker ontkiemt en vervolgens tot een volwassen plant uitgroeit. Aan de stengel zullen een aantal bladeren groeien en uit het laatste blad zal de aar groeien.

De aar bevat bloemen die door zelfbestuiving uiteindelijk uitgroeien tot vruchten: de gerstkorrels.



### 1.2 Zomer- en wintergerst

De gerst kunnen we verder gaan opdelen in twee categorieën: zomer- en wintergerst.

Oefening: Zoek op het internet het verschil tussen beide soorten.

Zomergerst:

---

---

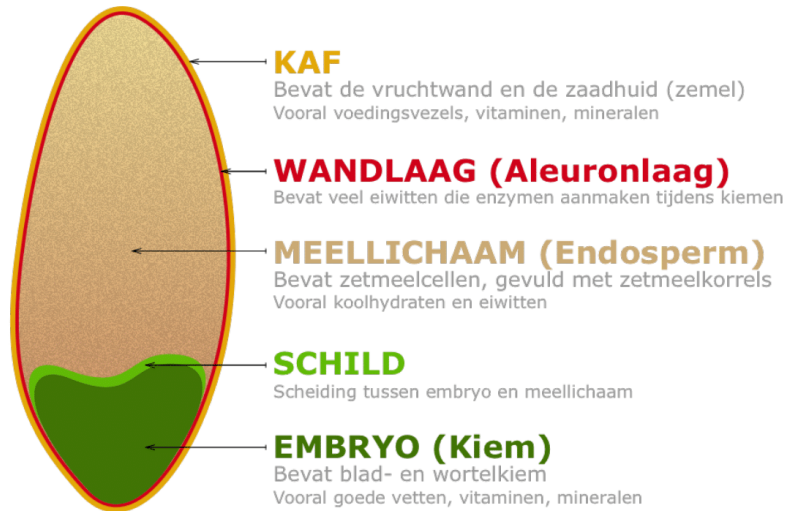
Wintergerst:

---

---

### 1.3 Opbouw van de gerstkorrel

#### Doorsnede van een gerstkorrel



#### Samenstelling van een gerstkorrel

Er bestaan verschillende soorten gerst en niet alle gerst is geschikt om te brouwen. Bovendien zullen de weersomstandigheden tijdens de groeifase ook de samenstelling van de gerstkorrel beïnvloeden.

Als gemiddelde samenstelling kunnen we deze componenten ontleden:

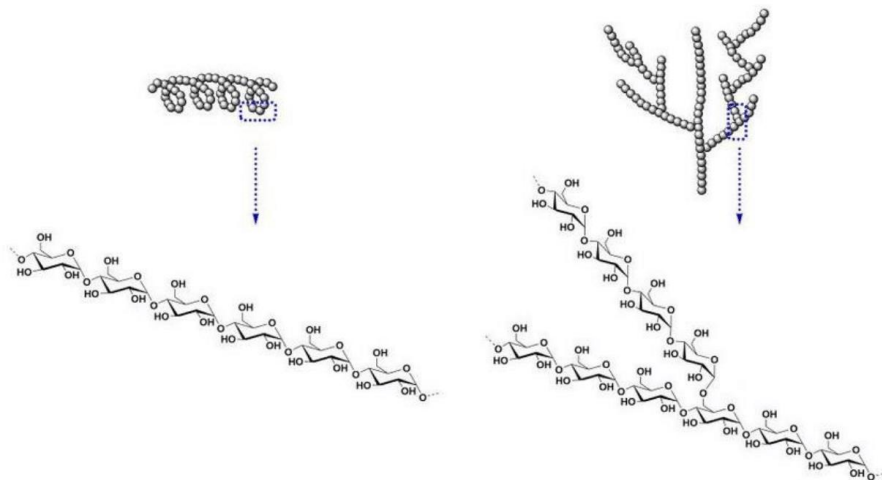
Component	Percentage
Zetmeel	
Water	
Eiwitten	
Vezels	
Vetten	
Overige	

**Oefening:** Zoek op het internet de gemiddelde percentages van de verschillende componenten van een gerstkorrel.

### Zetmeel

Het zetmeel in de gerstkorrel wordt gebruikt als energie om te ontkiemen en ligt binnenin de gerstkorrel opgeslagen als kleinere korreltjes.

Deze zetmeelcellen liggen aaneengelijmd in een matrix van eiwitten en vezels. Zo is zetmeel een aaneenschakeling van suikers, een zogenaamde suikerketen. Een onvertakte suikerketen wordt een amylose genoemd, een vertakte suikerketen is een amylopectine.



Bij het brouwen worden deze ketens afgebroken tot grote en kleine delen. De mate en de verhouding waarin deze delen ontstaan, bepalen onder meer de smaak en het karakter van het bier. Zo zullen de grote delen, de dextrines, zorgen voor een volmondig bier. De kleine ketens (glucose, maltose, maltotriose) zullen door de gist omgezet worden in alcohol.

### Eiwitten

Uit figuur 2 valt af te leiden dat eiwitten terug te vinden zijn in de wandlaag (aurelonlaag) en in het meellichaam (endosperm).

Wandlaag (aurelonlaag):

- deze eiwitten worden aangemaakt tijdens het kiemen;
- deze eiwitten hebben als functie de suikers te knippen, het zijn dus enzymen.

Meellichaam (endosperm):

- deze eiwitten hebben de functie om als reservestof voor de gerstkorrel te dienen;
- ze houden zetmeelcellen aan elkaar en fungeren als een soort lijm.

---

Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

---

Tijdens het mout- en brouwproces worden de eiwitten gedeeltelijk afgebroken tot:

- kleine brokstukken, genaamd polypeptiden, die zorgen voor volmondigheid van het bier en voor een blijvende schuimkraag;
- aminozuren die door de gist kunnen gebruikt worden om massaal te groeien.

Indien het eiwitgehalte **te hoog** is, welk gevolg zal dit hebben voor het bier?

---

### **Gebruik gerst voor bereiding bier**

Gerst wordt gebruikt voor de bereiding van bier omwille van de volgende eigenschappen:

- gerst kan door het moutproces verschillende smaakprofielen aanmaken;
- na het mouten van de gerst bevatten de korrels heel wat enzymen;
- het kaf van de gerst is uitstekend geschikt voor het filteren van het wort;
- de verhouding tussen zetmeel en eiwitten is optimaal.

## 2 Mout

Bijna alle bieren worden gebrouwen met gerst. Er bestaan ook bieren die geen gerst gebruiken, maar tarwe, rogge, haver spelt, maïs...

Deze granen bevatten vooral zetmeel, eiwitten, mineralen en voedingscomponenten die het plantje nodig heeft om te kunnen ontkiemen. Door de gerst in water te weken, begint het te ontkiemen. Indien we dit laten doorgaan, wordt er een wortel, steeltje en blad gevormd.

Daarna kan het plantje alleen verder groeien door het water, de mineralen en koolzuurgas die in de lucht aanwezig zijn.

Voor het brouwen van bier hebben we mout nodig. Bij het mouten wordt, zoals hierboven beschreven, de gerst geweekt in water, waardoor het kiemen begint. Bij het ontkiemen worden er enzymen aangemaakt om het aanwezige zetmeel te verknippen voor de verdere groei. Zodra de gerst is ontkiemd, worden de graankorrels bij hoge temperatuur gedroogd om het kiemproces te stoppen. Het resultaat heet mout. Hoe hoger de temperatuur bij het drogen is, des te donkerder de mout. De kleur van de mout bepaalt ook de kleur van het bier. Bovendien heeft de mout een belangrijke invloed op de uiteindelijke smaak van het bier.

Oefening 1: Wie het voorgaande goed heeft gelezen, kan de volgende invuloefening maken:

De mouter gebruikt graankorrels rechtstreeks van het veld. Het moutproces start dus met het weken van de graankorrels in ..... en blootstelling aan lucht. Hierbij worden de graankorrels bevochtigd en regelmatig gekeerd zodat alles voldoende zuurstof krijgt.

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-6-

Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Na een paar dagen begint het ontkiemen: de graankorrels krijgen een wortel, steeltje en bladvorming. In dit stadium wordt het graan ..... genoemd.

De mout mag nu niet meer verder uitgroeien tot volwaardige ..... voor de productie van bier, dus moet de mouter dit proces stopzetten. Het stopzetten van de verdere groei gebeurt door te ..... met hete lucht en zo het water uit de korrel te verdampen. Zonder ..... kan het groeiproces niet verder.

Het drogen van de mout, wordt ..... genoemd. De lucht wordt hierbij verwarmd tot temperaturen tussen 80 en 225°C. De hoogste temperatuur bepaalt de uiteindelijke kleur en ..... van het bier.

Na het eesten worden de graankorrels ontdaan van wortel, steeltje en blad. Dit noemt men het ..... van de mout.

Tenslotte wordt de mout verder afgekoeld en verpakt, de mout is klaar voor gebruik in de brouwerij.

Oefening 2: Zoek op internet de volgende soorten mout en omschrijf deze kort in de onderstaande tabel.

Chocolademout	
Karamelmout	
Kristalmout	
Pilsmout	
Zuurmout	

De aangevoerde mout moet gemalen worden zodat de kleinere deeltjes meer contactoppervlak hebben met het brouwwater. Dit proces noemt men schroten van de mout.

Bij het schroten is het belangrijk dat de kafjes van de granen niet te veel beschadigd worden. Het komt er dus meer op aan om de granen te verpulveren dan in stukjes te malen.

Naast het grotere contactoppervlak met het brouwwater, hebben de kafjes een tweede functie in het brouwproces. Welke? \_\_\_\_\_



Dhr. D.Vansteenlandt

-7-

Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

### 3 Gist

Gisten komen in de natuur voor in de lucht, maar ook bijvoorbeeld op vergistend fruit. Plaats een glas, waarin bier geschonken en uitgedronken werd, buiten en wacht eventjes af. Wat kun je waarnemen en hoe kun je dit verklaren?

---



---



---

Niettegenstaande een gistcel een ééncellig organisme is, kan gist beschouwd worden als de belangrijkste grondstof voor het brouwen van bier. De gistcellen maken immers van het wort bier en bepaalt hiermee in grote mate de smaak en het karakter van het bier.

Veel brouwerijen dragen dan ook de grootste zorg voor hun gistcultuur, die de typische eigenheid, aroma en smaak aan hun bieren geeft.

#### 3.1 Bouw van een gistcel

Een gistcel is opgebouwd uit verschillende componenten. De buitenste laag is een stevige celwand die de gistcel beschermt. Onder deze laag zit er een celmembraan dat doorlatend is en alle componenten daarbinnen kan vrijgeven. Deze binnenste componenten zitten in een waterige oplossing en hebben verschillende functies. Voor het brouwen is vooral de celkern van groot belang omdat deze alle genetische componenten bevat. Bij celdeling zullen deze genetische componenten overgenomen worden.

Tijdens het brouwproces proberen deeltjes uit de wort en de hop zich vast te hechten aan de celwand. Hierdoor worden de cellen bevuild waardoor het beter is om de gist te 'wassen' bij hergebruik.



Dhr. D.Vansteenlandt

-8-



### 3.2 Voortplanting van de gist door celdeling

Als de gistcellen zich in een voedselrijke en zuurstofrijke omgeving bevinden, dan zullen ze zich voortplanten door knopvorming.

Tijdens deze knopvorming zal een deel van de celkern, die de genetische eigenschappen bevat, overgaan in een dochtercel. De celwand verzwakt en er ontstaat een scheidingswand tussen moeder- en dochtercel waardoor ze elkaar kunnen loslaten.

De moeder- en dochtercel houden een litteken over van de deling. Vervolgens kunnen ze zichzelf voortplanten. Deze groei gaat heel snel, want 1 cel brengt er 2 voort. Deze zorgen voor 4 dochtercellen en zo gaat het maar exponentieel verder.

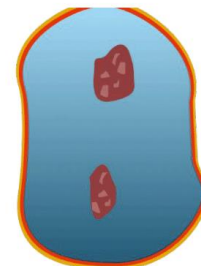
De vermenigvuldiging van deze gistcellen verloopt het best in een zuurstofrijke omgeving en bij een temperatuur van 20-30°C. In optimale omstandigheden zal de gist zich elke 1,5 u à 2 u verdubbeld hebben. De optimale omstandigheden verschillen per soort gist. In de technische fiches van de fabrikant kan je meer details terugvinden hierover.



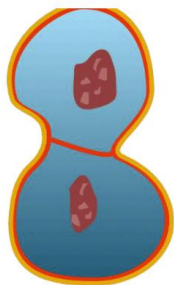
**Stap 1  
Het begin**  
De moedercel



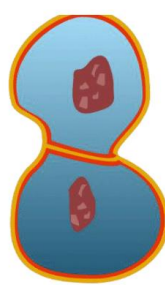
**Stap 2  
Celkern splitst**  
Het begin van de dochtercel



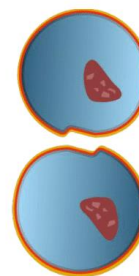
**Stap 3  
Knopvorming**  
Verzwakking celwand



**Stap 4  
Scheidingswand**  
Scheiding moeder- en dochtercel



**Stap 5  
Celwand ontstaat**  
Stevige wand tussen de cellen



**Stap 6  
Twee cellen**  
De cellen laten elkaar los



### 3.3 Gistingsproces

#### Vergisting

Na het koken wordt het wort gekoeld en overgeheveld naar een gistingsvat. Aan het wort moet dan gist toegevoegd worden om gisting op gang te brengen.

Tijdens deze gisting zal de gist zich vermenigvuldigen en de suikers omzetten in alcohol en CO<sub>2</sub>. Daarnaast zullen er gewenste en ongewenste smaak- en aromastoffen ontstaan.

Gelukkig kunnen deze ongewenste neveneffecten tenietgedaan worden. Afhankelijk van het soort gist dat gekozen wordt, zal er ook een ander soort bier ontstaan.

De vergisting bestaat uit enkele fases:

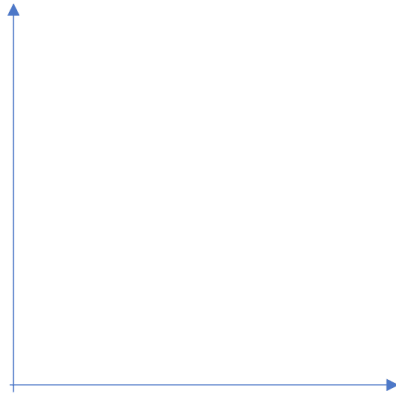
- lagfase;
- logfase;
- stationaire fase;
- afstervingsfase.

Oefening: Zoek de informatie op rond de fases van de vergisting. Vul vervolgens onderstaande tabel aan met een samenvattende omschrijving voor elke fase. Maak dan ook nog een schets van het gistingsproces met aanduiding van deze fases. De Y-as van deze schets stelt het aantal cellen voor en de X-as de tijd in uur.

Fases	Omschrijving
Lagfase	
Logfase	
Stationaire fase	
Afstervingsfase	

Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

### 3.4 Brouwgist

Brouwgisten zijn gisten van het type *Saccharomyces* (suikerschimmel) en zijn geschikt voor het brouwen van bier. Andere gisttypes zijn niet optimaal om te brouwen.

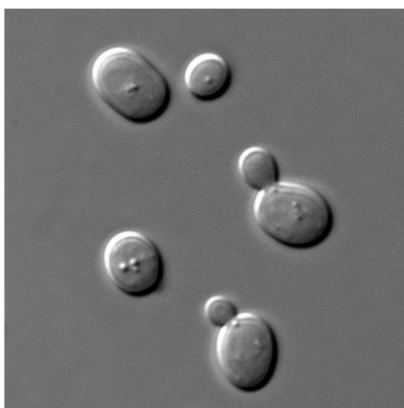
Gisten van het geslacht *Saccharomyces* zijn in staat om glucose te ontleden en deze om te zetten in alcohol en koolzuurgas. Het metabolisme van *Saccharomyces Cerevisiae* (bakkersgist, brouwersgist, wijngist of biergist) werkt zowel aerob als anaerob.

Wat is de chemische reactie precies voor de omzetting van suiker in alcohol:

### 3.5 Microscopisch onderzoek

#### Doel

De gemiddelde gistcel meet tussen de 3 en 4 micrometer, waardoor we die niet kunnen zien met het blote oog. Via een microscopisch onderzoek is dit echter toch mogelijk. Het doel van dit onderzoek is dan ook een dergelijke foto te kunnen nemen, zoals hier afgebeeld:



Dhr. D.Vansteenlandt

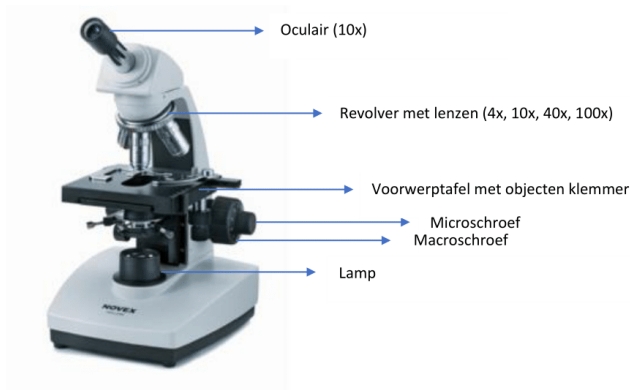
-11-

Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar**Materiaal**

In de Newton beschikt men over een Novex-microscoop. Deze microscoop heeft een bereik van 4x tot 100x uitvergroting. Het oculair heeft ook al een vergroting van 10x, dus eigenlijk zien we het preparaat telkens met een vergroting van 40x tot 1000x.

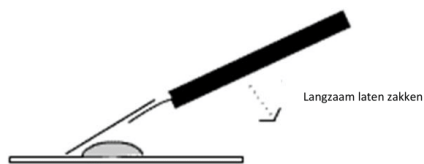
**Werkwijze**

Nu is het de bedoeling dat jullie zelf in groepjes deze proef gaan uitvoeren aan de hand van volgende instructies.

**Vorbereiding**

Stap 1: Strijk een druppel van het Steentje in het midden op een preparaat.

Stap 2: Leg een dun glaasje over de druppel zoals afgebeeld hieronder.



Stap 3: Plaats het preparaat recht onder de microscoop en klem het vast met de objecten klemmer.

Dhr. D.Vansteenlandt

-12-

---

Project De biologie van het brouwen 5<sup>de</sup> jaar

---

**Onderzoek**

Stap 1: Plaats de kleinste vergroting boven het preparaat. Aanvankelijk is er niet veel te zien.

Stap 2: Draai aan de macroschroef rechts van de microscoop tot je een scherp beeld krijgt onder de lens.

Stap 3: Verander de vergroting naar de tweede vergroting (10x). Het beeld wordt opnieuw wazig.

Stap 4: Draai aan de microschoef tot je een scherp zicht hebt op het uitvergrote preparaat.

Stap 5: Draai de revolver een kwartslag. Doe dit nog twee keer om zo een 1000x groter beeld van ons bier door het oculair waar te nemen. Vanaf dat moment is het ook mogelijk om een gistcel heel goed in beeld te krijgen.

Voer de volgende vergrotingen uit volgens bovenstaand stappenplan:

- 40x
- 100x
- 400x
- 1000x

**Waarneming**

Noteer vervolgens wat je waarneemt:

40x vergroot:

---

---

100x vergroot:

---

---

400x vergroot:

---

---

1000x vergroot:

---

---

Met je GSM kun je een foto maken en die opslaan in de uploadzone.

---

Dhr. D.Vansteenlandt

-13-

## 4 Hop

### 4.1 Inleiding

Hop is een belangrijk ingrediënt in bier. Elke brouwer heeft zijn eigen voorkeur wat betreft de hoeveelheid hop en de soort hop die hij gebruikt.

Toch heeft men bijna 5000 jaar bier gebrouwen zonder hop voordat brouwers ontdekten dat deze bittere bloemen een aangenaam effect geven aan het bier. Aanvankelijk werd hop vermoedelijk aan het bier toegevoegd om onder andere de smaak te verbeteren.

Tegenwoordig is hop geliefd vanwege het grote aantal positieve kenmerken dat deze plant aan bier toevoegt. Deze sterke klimplant is tweehuizig, wat wil zeggen dat er zowel mannelijke als vrouwelijke planten bestaan. Hop behoort tot de familie van de hennepplanten en heeft dichte dennenappelvormige bloemen. Hop wordt gewoonlijk geplant in maart-april en in de eerste week van september geoogst.



Elke bloem of hopbel bestaat uit bladachtige bloemblaadjes. Deze blaadjes produceren lupuline, een stof die als fijn geel poeder op elk bloemblaadje verschijnt. Deze blaadjes zijn eigenlijk de lupulineklieren die ook de harsen en oliën bevatten die de gewenste eigenschappen aan bier geven. Sommige planten worden geteeld vanwege hun bitterheid, anderen vanwege hun aroma en smaak. Net als bij andere gewassen worden er van de hop veel verschillende variëteiten gekweekt. Er bestaat ook een siervariant.

### 4.2 Geschiedenis van hop

Om kennis te maken met de geschiedenis van hop doen we een kahootquiz. Ga naar de site [kahoot.it](https://kahoot.it) en vraag de code aan dhr. Vansteenlandt.

### 4.3 Chemie van hop

Straks lezen we de chemie van hop. Helaas ontbreken er enkele woorden, de ontbrekende woorden staan boven de tekst. Lukt het jullie om alle woorden op de juiste plaats in te vullen?

Celwand - zuurstofmoleculen - hopbloem - concentratie – houdbaarheid - eigenschappen – bitterheid - eigenschappen - structuurwijziging - isomerisatiereactie – metaalionen

Het chemische proces van de hop, dat plaatsvindt tijdens het brouwproces, is voornamelijk het verbitteren van het bier. Dat verbitteren gebeurt door een \_\_\_\_\_. Deze reactie

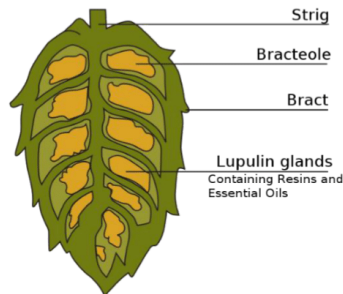
Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

zorgt ook voor de stabiliteit van de schuimkraag en voor een langere houdbaarheid van het bier. Hop toevoegen (vooral bitterhop) is daardoor een heel belangrijk onderdeel van het brouwproces.

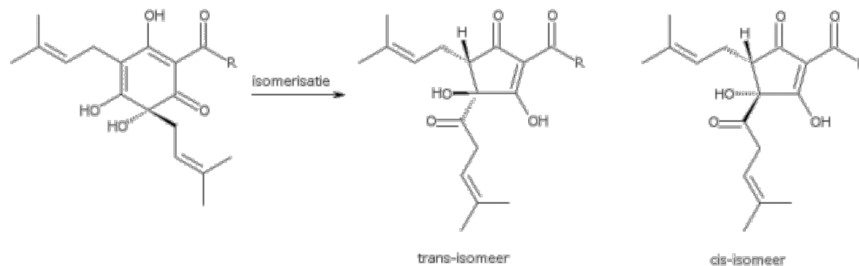
In een \_\_\_\_\_ is lupuline duidelijk zichtbaar aanwezig. Deze geelachtige, aangenaam geurende stof is verantwoordelijk voor de chemische reactie in het bier.



De lupulineklieën bevatten belangrijke harsen en etherische oliën. Deze harsen bestaan enerzijds uit alfazuren en anderzijds uit betazuren. Deze twee stoffen zijn belangrijk voor het chemische proces tijdens het koken. De betazuren zorgen voor de \_\_\_\_\_ van het bier. Wat de functie van de alfazuren is, wordt hieronder besproken. De oliën zijn dan op hun beurt belangrijk voor de smaak van het bier, omdat deze oliën smaakaroma's bevatten.

Gedurende het koken van het wort en de hop worden de niet-bittere alfazuren omgezet in isoalfazuren. Er vindt een \_\_\_\_\_ plaats, waarbij de zesring overgaat in een vijfring. Dit wordt duidelijk geïllustreerd op de onderstaande afbeelding. Dit proces noemen we isomerisatie (zie ook tweede bundel), wat één van de belangrijkste stappen in het kookproces is. Door de structuurwijziging veranderen ook de \_\_\_\_\_, waaronder de oplosbaarheid in water en de bitterheid. Een langer kookproces leidt tot een grotere omzetting van de aanwezige alfazuren in oplosbare isoalfazuren.

De reden dat deze isoalfazuren beter oplossen in water dan alfazuren, en daarmee ook zorgen voor de \_\_\_\_\_, is dat deze zuren een structuurwijziging meemaken waarbij de moleculen meer polair worden. Dit komt omdat er meer \_\_\_\_\_ eindstandig staan in de structuur. Wanneer je een polaire stof wil oplossen, zoals isoalfazuren, dan zal deze stof ook heel goed oplossen in een andere polaire stof, zoals water.



#### Chemische eigenschappen

Isoalfazuren hebben een opvallend bittere smaak. De hoeveelheid isoalfazuren in bier varieert van ongeveer 20 milligram per liter tot meer dan 70 milligram per liter (van pils tot heel bitter).

Dhr. D.Vansteenlandt

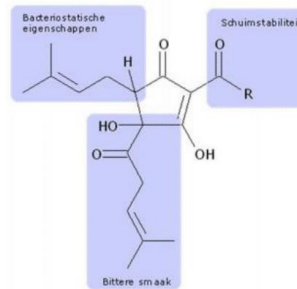
-15-



Isoalfazuren zorgen ook voor een betere stabiliteit van de schuimkraag. \_\_\_\_\_, die nodig zijn voor de opbouw van het schuim, vormen complexen met de zijketens van de isoalfazuren. Het is onmogelijk om een blijvende, stevige schuimkraag op het bier te vormen, als de \_\_\_\_\_ van isoalfazuren minder dan 20 milligram per liter bedraagt.

Nog een belangrijke eigenschap die isoalfazuren hebben, is dat ze alkylzijketens bevatten, die de \_\_\_\_\_ van de meeste bacteriën kan aantasten. Dit zorgt voor een betere houdbaarheid van het bier.

De afbeelding hiernaast geeft de beschreven functies van de isoalfazuren weer. Zo merk je dat deze stof een heel belangrijk ingrediënt is tijdens het brouwproces en in het uiteindelijke bier en heel veel positieve \_\_\_\_\_ bezit.



#### 4.4 Soorten hop

The comic consists of nine panels arranged in a 3x3 grid. Each panel shows two characters in a hop field. The dialogue is as follows:

- Panel 1:** Character 1: "Dag Jef, ik wil graag bier brouwen en daarvoor heb ik hop nodig. Ik stond in de winkel en zag dat er 2 soorten hop bestonden. Wat is het verschil tussen bitterhop en aromahop?" Character 2: "Als eigenaar van een hopvekerij ken ik natuurlijk het verschil. Luister goed."
- Panel 2:** Character 1: "Bitterhop zorgt voor de bitterheid van het bier en de stabiliteit van de kraag. Dit wordt bepaald door het alfazuurpercentage. Deze percentage zal altijd tussen de 3% en de 12% zijn. Hoe hoger het percentage hoe bitterder je bier." Character 2: "Kan ik zelf het percentage alfazuren opdrijven naar 100% tijdens het brouwen van mijn bier?"
- Panel 3:** Character 1: "Afhazuren bevinden zich in de hopel. helaas overleven niet alle afhazuren het volledige proces. Ongeveer 30% van de afhazuren blijft nog over tot het gistingsproces." Character 2: "Hopelijk heb ik je met deze informatie duidelijk gemaakt wat bitterhop is. Deze hop wordt niet zo veel geteeld in België." Character 1: "Ja super! Dank u wel! Kan u ook nog uitleggen wat aromahop is?"
- Panel 4:** Character 1: "Aromahop wordt pas aan het einde van het kookproces toegevoegd samen met de kruiden. Dit om te voorkomen dat er teveel aromatische oliën zouden verdampen." Character 2: "Ja natuurlijk. Aromahop wordt gebruikt voor de toevoeging van aroma en hoparomatische oliën. Aromahop heeft maar een gematigd gehalte aan afhazuren in tegenstelling tot bitterhop."
- Panel 5:** Character 1: "De meeste aromahop heeft een lage bitterheid, vandaar dat het bier nog wordt aangevuld met een aromahop. Poperinge is een stad die op wereldwijd gekend staat voor de kweek van aromahop in de hopgestreek." Character 2: "Hopelijk heb ik je met deze uitleg genoeg informatie kunnen bieden." Character 1: "Ja super! Bedankt voor de interessante uitleg!"



#### 4.5 Hop in het VTI-bier

Voor de bitterhop in het Steentje werd er gekozen voor Magnum. Hallertauer Magnum Hop of kortweg Magnumhop is een bitterhop met kruidige citrusaroma's, die afkomstig is uit Duitsland. Daar werd deze hop voor het eerst gekweekt in 1980 in het Hopfenforschungszentrum (hoponderzoekcentrum) Hüll te Wolnzach, Beieren. De bitterhop is een kruising tussen de Amerikaanse variant Galena en een Duitse mannelijke plant. Magnumhop heeft een percentage alfazuur van 8 tot 13% en een percentage bètazuur van 5 tot 7%.



Zoals eerder al aangegeven doen we in bier een aromahop zodat het bier een smaak krijgt. Voor ons bier werd er gekozen voor Saaz als aromahop. Deze hop heeft een fijne hoppige, lichtgeparfumeerde smaak en een onderscheidend en klassiek aroma. Hij is afkomstig uit Tsjechië en is genoemd naar de stad Saaz (het huidige Zatec). Deze hop wordt veel gebruikt in Tsjechische bieren, maar ook in bekendere bieren zoals Duvel. Saazhop heeft een percentage alfazuur van 2 tot 5% en een percentage bètazuur van 3 tot 4,5%.



Ga nu zelf op zoek naar de bitter- en aromahop die jullie graag zouden gebruiken in jullie eigen bier. Onderzoek deze soorten grondig zoals de soorten hierboven. Zet al de gevonden informatie en de reden waarom je deze hop verkiest in een word-document en plaats het in de juiste uploadzone.

## 5 Kruiden

### 5.1 Inleiding

Kruiden en specerijen worden al eeuwenlang gebruikt omwille van uiteenlopende redenen in verschillende landen en streken, waar ze hun eigen specialiteiten hebben. Zo worden ze o.a. gebruikt om de smaak van gerechten en drankjes te verbeteren.

Je kunt een onderscheid maken tussen kruiden en specerijen alhoewel beiden plantaardig zijn. Het verschil heeft te maken met de herkomst en structuur van de plant.



- Kruiden zijn vooral kleine, groene planten die voornamelijk groeien in landen met een gematigd klimaat. Bij deze planten worden vooral de stengels en bladgroen gebruikt als smaakmakers zoals tijm, oregano en pepermunt. Kruiden produceren meer geur als ze vers zijn.
- Specerijen zijn afkomstig uit landen met een warm of tropisch klimaat. Ze kunnen uit wortels, zaden, peulen, bloemknoppen of meeldraden bestaan. In tegenstelling tot kruiden zijn ze veelal niet groen van kleur en kunnen ze er totaal verschillend uitzien. Ook hebben ze vaak een wat pittigere smaak. In tegenstelling tot kruiden hebben specerijen een sterkere geur in gedroogde toestand. Peper, kaneel en vanille zijn voorbeelden van specerijen.
- De eerste beschrijvingen van kruiden en specerijen zijn te vinden in geschriften uit het oude Egypte. Toen kregen de arbeiders uien en knoflook te eten om hun krachten op peil te houden. Kruiden en specerijen werden ook gebruikt bij het reinigen en mummificeren van de lichamen van de farao's. Ook werden in deze periode kruiden en specerijen gebruikt als medicijn en omwille van hun geur.

In de loop der jaren steeg de vraag naar kruiden en specerijen waardoor er een handel ontstond. Deze lekkernijen zoals vanille, nootmuskaat, pepers ... waren toen niet goedkoop, omdat de reis naar die verre landen heel duur was. Vooral de specerijen in Europa aankwamen, waren er al heel veel tussenhandelaars gepasseerd die allen hun prijs aanrekenden. Daardoor kon alleen de elite in Europa deze heerlijke smaakmakers permitteren. De kleinschalige handel groeide uit tot een internationale handel.

Tegenwoordig zijn kruiden en specerijen veel goedkoper dan vroeger. Door de verbeterde transporttechnieken, de vermindering van het aantal tussenhandelaars en het grotere aanbod kon de aankoop prijs naar beneden worden gehaald. Op vlak van levering daarentegen is er in de loop van de tijd niet zoveel veranderd. Nog steeds worden specerijen verpakt in grote, juten balen en deze worden door grote vrachtschepen getransporteerd.

De vraag naar nieuwe specerijen blijft stijgen.

## 5.2 Kruiden in het VTI-bier 'Steentje'

In ons bier zitten drie kruiden: tijm, basilicum en koriander. In de tekst hieronder vind je hoe deze kruiden eruitzien en waarom deze kruiden in het bier gedaan worden. Bij deze tekst moeten jullie een woord kunnen vinden. Dit kunnen jullie doen door onderstaande woorden aan te duiden in de tekst. Let op: niet alle woorden staan in de tekst! Als je de aangeduide woorden in chronologische volgorde (volgens de tekst) zet, kan je ieder woord linken aan een letter via morsecode. Zet de letters naast elkaar en zo vind je het woord.

Verborgene woord: \_\_\_\_\_

Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

zuur = -.	geest = -.
Middellandse = -...	gedroogd = ---
water = -.-.	bak = .-.
gerst = -..	bloem = --.-
winterhard = .	mei = .-.
warmte = ..-.	zaad = ...
zonlicht = --.	eten = -
brouwen = ....	rijpe = ..-
prettig = ..	donker = ...-
koelen = .---	wijn = .--
alcohol = -.-	chemie = -.-.
wort = .-..	hop = -.-.
Amerika = --	gemalen = --..

A ● ■■■	U ● ● ■■
B ■■■ ● ● ●	V ● ● ■■■
C ■■■ ■■■ ●	W ● ■■■
D ■■■ ● ●	X ■■■ ● ● ■■
E ●	Y ■■■ ■■■ ■■
F ● ● ● ●	Z ■■■ ■■■ ● ●
G ■■■ ■■■ ●	
H ● ● ● ●	
I ● ●	
J ● ■■■ ■■■ ■■	
K ■■■ ● ● ■■	1 ● ■■■ ■■■ ■■
L ● ■■■ ● ●	2 ● ● ■■■ ■■
M ■■■ ■■	3 ● ● ■■■ ■■
N ■■■ ●	4 ● ● ■■■ ■■
O ■■■ ■■■ ■■	5 ● ● ● ● ●
P ● ■■■ ■■■ ●	6 ■■■ ● ● ● ●
Q ■■■ ■■■ ● ■■	7 ■■■ ■■■ ● ● ●
R ■■■ ● ● ●	8 ■■■ ■■■ ■■■ ● ●
S ● ● ●	9 ■■■ ■■■ ■■■ ● ●
T ■■■	0 ■■■ ■■■ ■■■ ■■

### Tijm

Tijm (Latijnse naam: thymus) is een kruid afkomstig uit de lipbloemenfamilie. De plant komt voornamelijk voor in het Middellandse Zeegebied en in Azië. Bij tijm gebruiken we de blaadjes voor een wrange kruidige smaak met een prettig aroma. Tijm bevat een etherische olie die de smaak geeft. Deze etherische olie bestaat voornamelijk uit thymol en carvacrol. Hiernaast bevat tijm ook bitterstoffen zoals looistoffen, flavonoiden, mineralen en lithium.



Tijm is een winterharde plant, die ongeveer 30 à 40 cm hoog wordt. Doorheen het jaar is de plant altijd groen. Tussen mei en oktober draagt deze plant lila buisbloempjes die belangrijk zijn voor de bijen.

Project

De biologie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Door de aromatische geur wordt tijm regelmatig gebruikt in de zeepindustrie. De plant kan ook in de geneeskunde gebruikt worden of als sierplant. In de keuken wordt tijm enkel gebruikt wanneer men iets lang zal laten sudderen op het vuur (bijvoorbeeld stoofpotten).

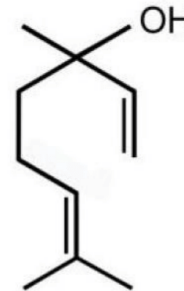
#### Koriander

Koriander (Latijnse naam: *coriandrum sativum*) komt van oorsprong uit het Midden-Oosten en de landen rond de Middellandse Zee. Koriander was al bekend bij de oude Egyptenaren. Ook de oude Grieken en Romeinen hebben het gebruikt. Waarschijnlijk is het in onze streken geïntroduceerd door de Romeinen. Voor bier (veel in witbieren en tripels) wordt het korianderzaad gebruikt.



Korianderzaden zijn ongeveer zo groot als peperkorrels en hebben een fris, citrus-/muntachtig aroma. Korianderzaad bestaat voor 1% uit olie, die voor het grootste deel bestaat uit de stoffen linalool en linalylacetaat.

Koriander staat graag in de zon en houdt van losse grond, dit bevordert de groei. Koriander kan buiten in mei gezaaid worden. Druk de zaadjes ongeveer 1 cm de grond in en dek ze af. Zorg ervoor dat je de grond de eerste twee weken tot de kieming goed vochtig houdt. De planten worden ongeveer 80 cm hoog. In augustus - september kan je de zaadjes oogsten als ze bruin tot grijsachtig van kleur zijn. Dit doe je door koriander bij de grond af te knippen en deze op de kop in een papieren zak op te hangen. Wanneer de takken gedroogd zijn, zullen de zaden in de papieren zak vallen. De zaden worden het best droog bewaard.



Koriander heeft een lichtwranse citrusmaak en wordt vaak gebruikt in witbier en tripel. Van koriander kun je 2 tot 15 gram per 10 liter bier gebruiken. In witbieren, dubbels en tripels mag de koriander zeker niet overheersen. Dan is 3 tot 4 gram per 10 liter voor deze bieren meer dan genoeg. Je kan koriander het beste malen en kort voor het einde van het koken toevoegen.

In de rijpe vruchten zit relatief weinig etherische olie (minder dan 1%). Deze olie bestaat voornamelijk uit linalool (50 tot 60%) en ongeveer 20% terpenen.

### Basilicum

Basilicum (Latijnse naam: *ocimum basilicum*), wordt ook wel koningskruid genoemd (afkomstig van de oude Grieken), is ook een soort kruid afkomstig uit de lipbloemenfamilie. Oorspronkelijk komt dit soort kruid voor in Centraal-Afrika en Zuidoost-Azië. Basilicum wordt soms gebruikt in de geneeskunde en regelmatig in de keuken. De bladeren van basilicum worden dan gebruikt. Basilicum heeft een sterke geur en overheersend aroma. De bladeren van deze plant worden soms ook in wijn gebruikt.



Basilicum is een vaste plant, maar niet winterhard om buiten te overnachten. Nochtans wordt deze plant in de praktijk meestal opnieuw gezaaid. De plant wordt ongeveer 45 cm hoog en 30 cm breed. De stengels zijn harig, fijn geribbeld, vierkantig, vertakt en lichtgroen tot rood aan de basis. De bladeren zijn groot, gekarteld, ovaal, puntig en heldergroen, met een warme en toch frisse, sterke geur. De plant bloeit in de nazomer met kleine, geurige, witachtige bloesems, in rondlopende schijnkransen van zes stuks.

In basilicum zit er een etherische olie die zorgt voor de smaak. De werkzame stoffen van deze olie zijn methylchavicol, cineol en linalool, loofstoffen en flavonoïden. Deze olie wordt regelmatig gebruikt voor de smaak (likeuren) en de geur (zeep, parfum...). Ook schijnt het de geest te verfrissen wanneer je deze olie inhaleert.

### **5.3 Kruiden in zelfgemaakt bier**

Nu jullie al weten waarom kruiden in een bier zitten, mogen jullie zelf op zoek gaan naar een soort kruid dat je graag in je eigen bier zou gebruiken. Bestudeer deze soort grondig net zoals de kruiden van ons bier die hierboven vermeld zijn. Ga zelf na wanneer je die kruiden het best in het bier moet doen, wanneer je ze kunt gebruiken, in welk bier deze kruiden het best tot hun recht komen, hoeveel je er best gebruikt, welke smaken deze kruiden aanbrengen... Vermeld ook het effect van deze kruiden op ons lichaam. Zet alles in een word-document en plaats het nadien in de uploadzone.

Om jullie op weg te helpen geven we je al enkele frequent gebruikte kruiden mee:

- steranijs;
- zoethout;
- kaneel;
- chilipeper;
- kardemom;
- jeneverbes.



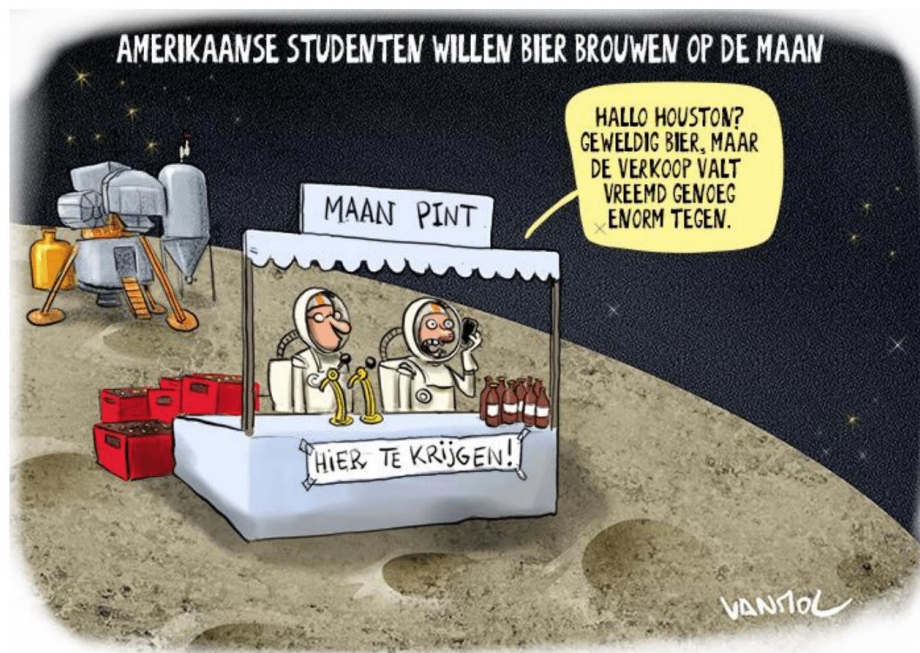
## 7.4 Biochemie

Project

De biochemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

### De biochemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar IW

Naam:

Klas:

Nr:

Dhr. D.Vansteenlandt

-1-

---

Project De biochemie van het brouwen 5<sup>de</sup> jaar

---

## Inhoudsopgave

1	Sachariden .....	3
1.1	Monosachariden .....	4
1.2	Disachariden .....	5
2	Enzymen .....	8
2.1	Soorten enzymen .....	8



Project

De biochemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

## 1 Sachariden

Een rode draad, die door het brouwproces loopt, is de omzetting van het zetmeel in de ontkiemde gerstkorrel, via suikers (sachariden), naar alcohol (ethanol) en koolstofdioxide. Voor vergisting tot alcohol is suiker nodig.



Oefening: Lees hieronder de informatie rond de sachariden en vul vervolgens onderstaande tabel aan met begrippen/ omschrijvingen.

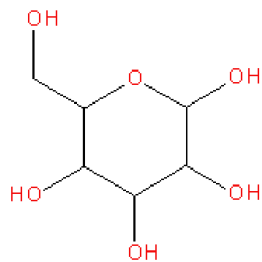
Naam sacharide	Omschrijving
	Suikers
Maltose	
Galactose	
	Belangrijkste trisacharide brouwproces
Sacharose	
	Eenvoudigste verbindingen
	Belangrijke energiebron in levende organismen
Amylose	

Dhr. D.Vansteenlandt

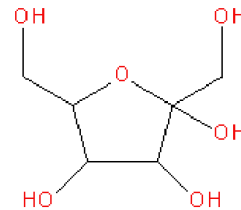
-3-

### 1.1 Monosachariden

De monosachariden zijn de eenvoudigste verbindingen onder de sachariden. Twee van deze zogenaamde monosachariden zijn glucose (ook wel dextrose, druivensuiker of, officieel volgens IUPAC, 2,3,4,5,6-pentahydroxyhexanal) en fructose (vruchtensuiker of volgens IUPAC, 1,3,4,5,6-pentahydroxy-2-hexanon). Bemerkt hierbij dat de systematische naam enorm omslachtig wordt, waardoor men eerder overschakelt op triviale namen.

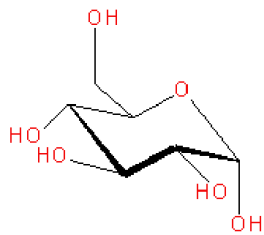


Glucose

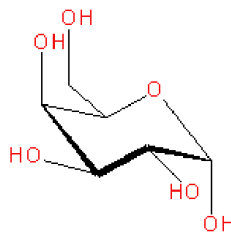


Fructose

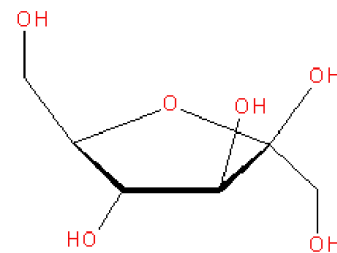
Beide suikers komen in deze vorm voor in fruit en andere plantdelen. Glucose is een belangrijke energiebron in levende organismen. Hieronder nogmaals de glucose- en fructosemoleculen, maar dan in een ruimtelijke weergave.



Glucose



Galactose



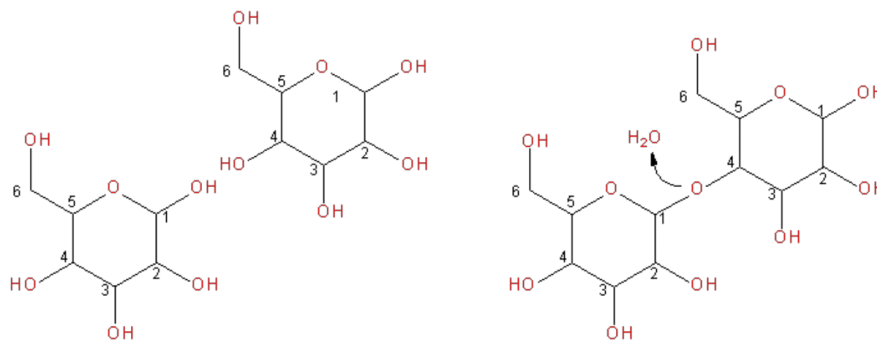
Fructose

Hierbij is ook galactose afgebeeld, die dezelfde structuurformule heeft als glucose, maar ruimtelijk gezien is het verschil, dat de OH-groep op het 4e koolstofatoom is gespiegeld. Galactose komt niet veel voor in de natuur. Het is daarentegen wel een belangrijke bouwsteen van allerlei grotere suikers.

## 1.2 Disachariden

Glucose en fructose kunnen ketens met zichzelf of met elkaar vormen. Indien twee moleculen van glucose en/of fructose met elkaar verbonden zijn, dan noemt men deze stoffen disachariden. De belangrijkste zijn maltose en sacharose.

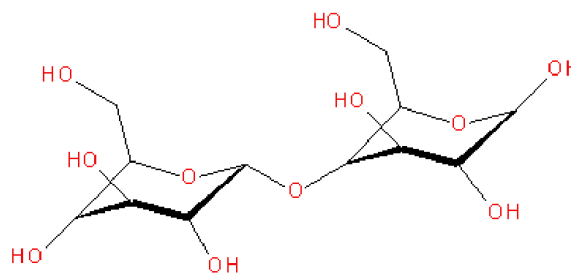
Door middel van een condensatiereactie, waarbij water wordt afgesplitst, kunnen sachariden zich met elkaar binden tot ketens van 2 of meer sachariden. Een voorbeeld hiervan is maltose.



Hierbij is te zien dat de hydroxygroepen op positie 1 en 4 van de glucosemoleculen, een  $\alpha(1-4)$ -binding aangaan. De letter  $\alpha$ , in de naam van de binding tussen de twee glucose-eenheden, geeft aan dat de twee eenheden in een recht vlak liggen. De cijfers 1 en 4 betekenen dat de bindingen zich bevinden tussen de koolstofatomen 1 en 4.

### Maltose

Maltose is ook gekend onder de naam moutsuiker. Zoals reeds aangegeven bestaat deze stof uit twee glucosemoleculen verbonden door een  $\alpha(1-4)$ -binding.



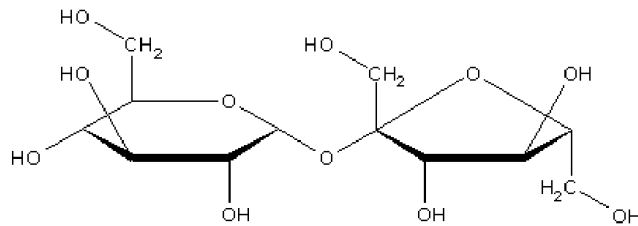
Project

De biochemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

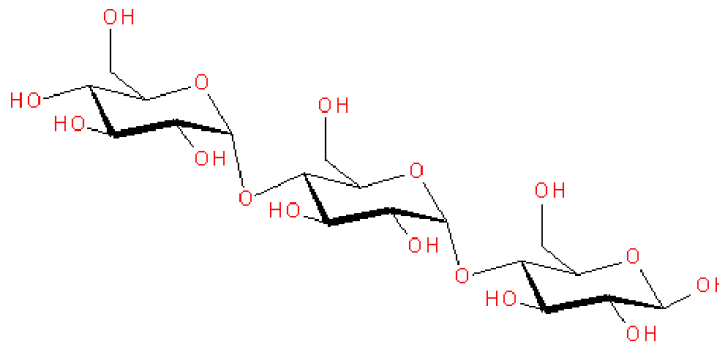
### Sacharose

Sacharose wordt ook wel tafel- of keukensuiker genoemd en wordt gewonnen uit suikerbieten, suikerriet of suikerpalm. Deze bestaat uit een glucose- en een fructosemolecule, die met elkaar verbonden zijn door een  $\alpha(1-2)$ -binding.



### Trisachariden

De belangrijkste trisacharide die we in het brouwproces kennen, is maltotriose. Deze molecule bestaat uit 3 glucosemoleculen.



### Polysachariden

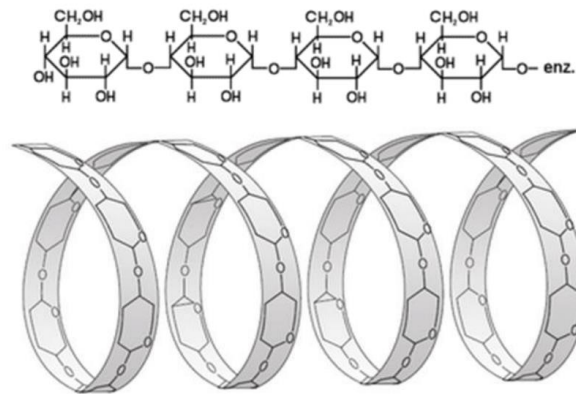
Op bovenstaande manier kunnen er nog langere ketens van sachariden worden gevormd. Bijvoorbeeld zetmeel bestaat uit een mengsel van twee polysachariden, amylopectine (gew. 80-90%) en amylose (gew. 10-20%). Beide zijn opgebouwd uit glucosemoleculen; enkele honderden tot duizenden in een regelmatige onvertakte keten bij amylose, enkele duizenden in een onregelmatig vertakkende boomvorm bij amylopectine. Hoewel in absolute massa amylose maar ongeveer een vierde van het zetmeel is, is het aantal moleculen amylose wel zo'n 150 keer groter dan het aantal moleculen amylopectine. Amylose is namelijk een veel kleinere molecule dan amylopectine. Heel wat eigenschappen van zetmeel worden dan ook bepaald door amylose.

Dhr. D.Vansteenlandt

-6-

**Amylose**

Amylose vormt de lineaire gedeelten van het zetmeelmolecuul en bestaat uit  $\alpha(1-4)$ -gekoppelde glucose-eenheden. Dit model toont 36 glucose-eenheden in een helix, een dubbele spiraalvormige structuur, in feite een buis.

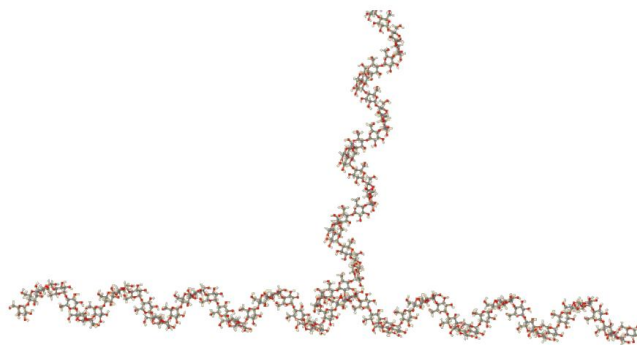


In de spiraalvorm kunnen de jodide-ionen terecht komen, wat een paarse verkleuring geeft. Deze jodiumtest wordt gebruikt om de aanwezigheid van zetmeel aan te tonen.

**Amylopectine**

Amylopectine is een polysaccharide die in diverse structuren voorkomt en die is samengesteld uit lineair  $\alpha(1-4)$ -gebonden glucose-eenheden (opgerold in een spiraalvorm) met  $\alpha(1-6)$ -gebonden vertakkingen. Elke amylopectinemolecule kan 100.000 tot 200.000 glucose-eenheden bevatten. Hierbij is elke tak 20 tot 30 glucose-eenheden lang.

Onderstaand eenvoudig model toont 84 glucose-eenheden. De  $\alpha(1-4)$ -gekoppelde glucose-eenheden zitten in een spiraalvorm en de  $\alpha(1-6)$ -koppeling zorgt voor een vertakking.





Project De biochemie van het brouwen 5<sup>de</sup> jaar

Enzymen	Temperatuur [°C]	Optimale temperatuur [°C]	Zuurtegraad	Werking
$\beta$ -amylase				<b>Versuikeren</b>
$\alpha$ -amylase				<b>Vervloeien</b>

**Oefening:** Probeer de bovenstaande tabel aan te vullen door wat opzoekingswerk op internet over deze belangrijkste stappen bij het afbreken van zetmeel.

Er moet hier opgemerkt worden dat in een gebied van 60 – 65°C beide amylasen actief zijn. Samen kunnen ze dus in dit temperatuurgebied een zetmeeloplossing voor een groot deel omzetten tot een suikeroplossing. Deze suikeroplossing wordt dan nadien door de gist verwerkt tot alcohol en CO<sub>2</sub>.

#### Eitwitafbrekende enzymen

Het zetmeel in de gerstkorrel wordt gebruikt als energie om te ontkiemen en ligt binnenin de gerstkorrel opgeslagen in de vorm van kleinere korreltjes. Deze zetmeelcellen liggen aaneengelijmd in een matrix van eiwitten en vezels. Zetmeel is een aaneenschakeling van suikers, een zogenaamde suikerketen. Een onvertakte suikerketen wordt een amylose genoemd, zoals hierboven reeds vermeld, een vertakte suikerketen is een amylopectine.

De eitwitafbrekende enzymen tasten de eiwitten aan in het meellichaam van de gerstkorrel. Hierdoor is het zetmeel binnenin de gerstkorrel gemakkelijker bereikbaar.

Bij het brouwen worden deze ketens afgebroken tot grote en kleine delen. De mate en de verhouding waarin deze delen ontstaan, bepalen onder meer de smaak en het karakter van het bier. Zo zullen de grote delen, de dextrines, zorgen voor een volmondiger bier. De kleine ketens (glucose, maltose, maltotriose) zullen door de gist omgezet worden in alcohol.

De eitwitafbrekende enzymen zorgen voor twee belangrijke stappen tijdens het maischproces, namelijk productie van aminozuren en eiwitruist.

**Eiwitruist:** afbraak van troebelvormende eiwitten tot aminozuren.

Enzymen	Temperatuur [°C]	Optimale temperatuur [°C]	Zuurtegraad	Werking
Peptidasen				Productie aminozuren
Proteasen				<b>Eiwitruist</b>



Project

De biochemie van het brouwen

5<sup>de</sup> jaar

Oefening: Probeer de bovenstaande tabel aan te vullen door wat op te zoeken op het internet over deze belangrijke stappen tijdens het maischproces.

Er worden hier dus vooral aminozuren gevormd, die de voedingsstoffen zijn voor de gist. Aangezien niet alle eiwitten afgebroken worden kan het bier een schuimkraag krijgen. Schuim wordt immers gevormd door de aanwezigheid van eiwitten in het bier. Te veel eiwitten kan het bier wel troebel maken. Het is dus een kwestie van een evenwicht te vinden, wat niet altijd even makkelijk is.

#### **Vezelafbrekende enzymen**

De vezelafbrekende enzymen breken ook de matrix van zetmeelcellen kapot en doorboren de vezelwand van de zetmeelcellen. Hierdoor komen de zetmeelkorrels vrij en kunnen de amylasen hun werk doen. Deze vezelafbrekende enzymen zijn belangrijk bij de afspraak van gomstoffen en bij het proces van vrijmaken van ferulazuur.

**Gomstoffen:** in wateroplosbare reeks koolhydraten die worden gemaakt in planten. Vooral rogge en haver bevatten veel gomstoffen, die voor problemen kunnen zorgen bij het filteren.

**Ferulazuur:** carbonzuur (estervorm), die verantwoordelijk is voor de typische smaak en geur van kruidnagel in bijvoorbeeld Weizenbier.

Enzymen	Temperatuur [°C]	Optimale temperatuur [°C]	Zuurtegraad	Werking
β-glucanase				Afbraak <b>gomstoffen</b>
Diverse esterasen				Vrijmaken van <b>ferulazuur</b>

Oefening: Probeer de bovenstaande tabel aan te vullen door wat opzoekingswerk op internet over deze belangrijke stappen tijdens het maischproces.

Vergelijk de verschillende (de zetmeel-, eiwit-, en vezelafbrekende) enzymen op vlak van temperatuur en zuurtegraad. Wat stel je vast?

---



---

Hoe zou je dit kunnen verklaren?

---



---

Dhr. D.Vansteenlandt

-10-

## 8 Gebruiksaanwijzing

### 8.1 Inleiding

Het is vanzelfsprekend dat voor de brouwinstallatie een gebruiksaanwijzing dient ontworpen te worden. Tegenwoordig vind je bij ieder toestel op de markt wel een gebruiksaanwijzing of handleiding. In het geval van de brouwinstallatie spreken we van een gebruiksaanwijzing. Een handleiding geeft namelijk de instructie hoe je iets in elkaar moet zetten. Een gebruiksaanwijzing geeft de instructie hoe de lezer iets moet gebruiken.



*Figuur 8.1-1:  
Gebodsticker  
'Raadpleeg de  
gebruiksaanwijzing'*

### 8.2 Inhoud

#### 8.2.1 Inleiding

We moeten nakijken of de gebruiksaanwijzing via een norm moet opgesteld worden of niet en wat er al dan niet dient in te staan.

#### 8.2.2 Normeren

Het doel van normeren is een maatstaf stellen dit voor een bepaald onderwerp. Normen zijn dus geen wetten, maar afspraken. Normen kunnen wél verplicht worden in bepaalde wetteksten. Het normeren van een gebruiksaanwijzing heeft dus als doel dat iedere gebruiksaanwijzing dezelfde inhoud, structuur, formulering en lay-out heeft. Eerst en vooral bestaan er verschillende soorten normen. We bestuderen de normen die we nodig hebben tijdens de keuze normering.

- ISO-normen (International Organization for Standardization).
  - De belangrijkste en meest gekende normen. De International Organization for Standardization is de grootste ontwikkelaar van internationale standaarden ter wereld.
- IEC-normen (International Electrotechnical Commission).
  - De International Electrotechnical Commission ontwikkelt internationale normen voor elektrische componenten en apparatuur. ISO- en IEC-normen zijn dus geldig op wereldschaal.
- NEN-normen (Nederlandse Norm).
  - De NEN begeleidt de ontwikkeling van normen in Nederland. NEN-EN normen zijn Europese normen overgenomen in Nederland.



*Figuur 8.2-1: logo's  
organisaties*

### 8.2.3 Beschikbare normeringen

Doordat er een aangedreven bewegend onderdeel in de brouwinstallatie zit, valt de brouwinstallatie onder de machinerichtlijn. Daardoor moet er een gebruiksaanwijzing geschreven worden die aan de machinerichtlijn voldoet.

1. In plaats van de machinerichtlijn te volgen kan er ook een norm gevolgd worden. In geval van machines is dit de ISO 20607, maar in deze norm wordt er ook verwezen naar de IEEE 82079.
2. In plaats van de IEEE 82079 te volgen kan de NEN 5509 ook gevolgd worden. Dit is een Nederlandstalige norm en eenvoudiger toe te passen wanneer de gebruiksaanwijzing in het Nederlands geschreven wordt.

Deze normen bevatten richtlijnen betreffende de inhoud, structuur, formulering en lay-out van gebruiksaanwijzingen voor producten bestemd voor zowel professionele gebruikers als niet-professionele gebruikers. De eisen gelden voor gebruiksaanwijzingen van huishoudelijke apparatuur tot industriële systemen en zijn dus ook geldig voor de brouwinstallatie.

Naam	Aantal pagina's	Uitleg	Prijs in euro
NEN 5509	47	gebruiksaanwijzingen die geschreven worden in het Nederlands	54
NEN EN IEC 82079	140	internationaal, dus extra info voor vertaling	340
ISO 20607	24		111

De meest logische keuze voor de gebruiksaanwijzing is een ISO- of IEC-norm. Op 11 september 2019 verscheen een nieuwe ISO-norm betreffende de samenstelling van een gebruiksaanwijzing: ISO 20607. Aangezien deze norm nog niet vertaald is in het Nederlands wordt in België vaak gebruik gemaakt van NEN 5509. Wanneer ISO 20607 vertaald zal zijn in het Nederlands, zal deze norm internationaal de referentie worden.

### 8.2.4 Keuze normering

Omdat we de kostprijs van de brouwinstallatie zo laag mogelijk willen houden en de installatie niet op grote schaal zal geproduceerd worden, hebben we ervoor gekozen om de gebruiksaanwijzing niet via een norm op te stellen. Omdat we hiervoor kiezen, zal de brouwer een document moeten ondertekenen waarin hij akkoord gaat dat wij afstand doen van de installatie en niet instaan voor mogelijke gevolgen door verkeerd gebruik. Dat we geen norm volgen, wil natuurlijk allesbehalve zeggen dat we geen gebruiksaanwijzing zullen schrijven, het is essentieel dat de brouwer de brouwinstallatie beheerst en een gebruiksaanwijzing is daar de ideale hulp voor. Op het internet zijn de hoofdstukken die een gebruiksaanwijzing volgens een bepaalde norm moeten bevatten, terug te vinden. Om toch zo uniform mogelijk te zijn, volgen we deze ook.

### 8.3 Structuur

Omdat iedereen van de groep aan de gebruiksaanwijzing zou kunnen werken, hebben we deze ontworpen in Word. Voor de volgorde van de hoofdstukken baseren we ons op gebruiksaanwijzingen van huishoudtoestellen, want deze zijn opgesteld volgens bovenstaande normen. Wij volgen geen normering, maar door dezelfde structuur te nemen is onze gebruiksaanwijzing toch gelijklopend met andere gebruiksaanwijzingen.

INHOUDSTAFEL		INHOUDSTAFEL	
ALGEMEEN	4	BEDIENING	16
INLEIDING	4	INSTALLATIE INSCHAKELEN	16
ALGEMENE SYMBOLEN	4	INSTALLATIE UITSCHAKELEN	16
HEXA-SUPPORT	4	BEDIENINGSKNOPPEN	17
VEILIGHEIDSGEGEVENS	5	GRAFISCHE INTERFACE	18
VERANTWOORD GEBRUIK	5	EERSTE GEBRUIK	18
VEILIGHEID VAN KINDEREN	5	VERBINDEN MET INSTALLATIE	18
VEILIGHEID VAN DERDEN	6	GRAFISCHE INSTRUCTIES	18
WAARSCHUWINGSSYMBOLLEN	7	PROGRAMMA OPSTARTEN	19
BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE	8	ONDERHOUD	20
OVERZICHT	8	REINIGINGSPROGRAMMA'S	20
ONDERDELEN	10	JAARLUKS ONDERHOUD	20
TOEBEHOREN	11	EERSTE INGEBRUIKNEMING	21
INSTALLATIE	12	PLAATSIJNG	21
SIGNAALTOREN	12	BEDIENING	21
AUDITIEVE MELDING	12	PROBLEEMOPLOSSING	22
DOMPELWEERSTAND	13	LOGBOEK	24
MANTELWEERSTAND	13	LEIDINGNET	25
ROERDER	14	TECHNISCHE GEGEVENS	26
NOODSTOP	14	ALGEMEEN	26
PERSLUCHTBEVEILIGING	15	ELEKTRISCH	26
DROOGLOOP	15	PNEUMATISCH	27

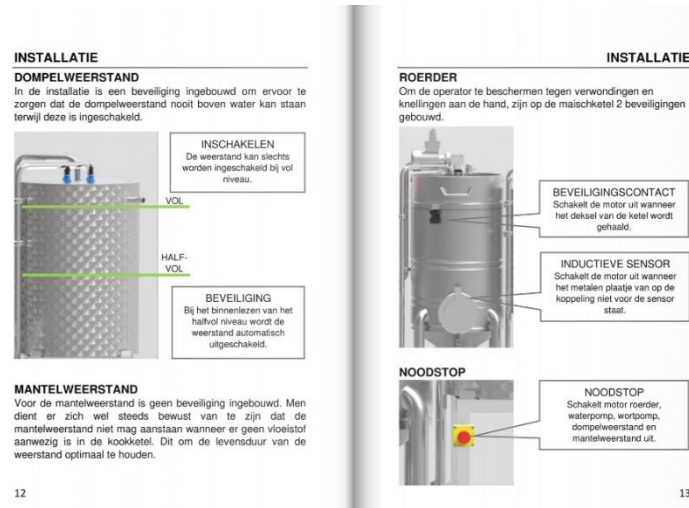
Figuur 8.3-1: Inhoudstafel gebruiksaanwijzing

### 8.4 Formulering

Ons doel is om de gebruiksaanwijzing zo te schrijven dat de brouwer deze snel kan begrijpen. We moeten ook zorgen dat alle veiligheidsvoorschriften duidelijk zijn en dat er op geen enkele manier interpretatie mogelijk is.

### 8.5 Lay-out

Het is vanzelfsprekend dat de gebruiksaanwijzing valt of staat met de lay-out ervan. We hebben geprobeerd de gebruiksaanwijzing zo modern en hedendaags mogelijk op te stellen, maar toch ook niet te uitgebreid te maken. De meeste afbeeldingen in de gebruiksaanwijzing haalden we uit de 3D-tekening omdat die netter en duidelijker is dan een foto.



Figuur 8.5-1: 2 pagina's uit gebruiksaanwijzing

### 8.6 Waarschuwingssymbolen

Om de brouwer nog extra alert te maken voor mogelijke gevaren, hebben we waarschuwingssymbolen op de installatie gehangen. We hebben voor 4 symbolen gekozen en deze volgens ISO 7010. Dit is een technische norm van de Internationale Organisatie voor Standaardisatie voor grafische gevarensymbolen op gevaren- en veiligheidssignalisatie, inclusief die welke nooduitgangen aangeven. De ISO 7010-norm heeft 5 categorieën van veiligheids- en gezondheidssignalering:

- E voor reddings- en evacuatie tekens;
- F voor brandbeveiligingstekens;

- M voor gebodstekens;
- P voor verbodstekens;
- W voor waarschuwingstekens.

De volgende 4 symbolen zijn op de installatie aangebracht:



GEVAARLIJKE ELEKTRISCHE  
SPANNING  
Zorg ervoor dat u niet in contact komt  
met elektriciteit.

Op de elektrische kast: we waarschuwen de brouwer voor de 3-fasespanning.



AUTOMATISCHE START  
Pas op in de buurt van bewegende  
mechanische onderdelen die  
automatisch en dus onverwacht kunnen  
starten.

Het is mogelijk dat bijvoorbeeld de roerder automatisch begint te draaien, daarom waarschuwen we voor automatisch bewegende onderdelen.



HEET OPPERVLAKTE  
Zorg ervoor dat u niet in contact komt  
met een heet oppervlak.

De mantelweerstand heeft geen isolatie aan de buitenkant, waardoor de brouwer deze gewoon kan aanraken. We hebben voor een sticker gezorgd die verkleurt bij hoge temperaturen, daardoor springt dit nog extra in het oog want brandwonden zijn gegarandeerd bij aanraking.



VERWONDINGEN AAN DE HAND  
Pas op voor verwondingen aan de  
handen in de buurt van apparatuur met  
mechanische onderdelen.

Deze sticker is bedoeld om boven het mangat te bevestigen, omdat het gevaarlijk is wanneer de brouwer met zijn hand in het mangat geklemd geraakt door de roerder.

## 8.7 Gebruiksaanwijzing

Hieronder kunt u de definitieve gebruiksaanwijzing terugvinden. Gelieve op te merken dat de gebruiksaanwijzing ontworpen is om afgedrukt te worden in A5.

# GEBRUIKSAANWIJZING

## BROUWINSTALLATIE HEXA



## INHOUDSTAFEL

---

<b>ALGEMEEN</b> .....	4
INLEIDING.....	4
ALGEMENE SYMBOLEN .....	4
HEXA-SUPPORT.....	4
<b>VEILIGHEIDSINFORMATIE</b> .....	5
VERANTWOORD GEBRUIK .....	5
VEILIGHEID VAN KINDEREN .....	5
VEILIGHEID VAN DERDEN .....	6
WAARSCHUWINGSSYMBOLEN .....	7
<b>BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE</b> .....	8
OVERZICHT .....	8
ONDERDELEN.....	10
TOEBEHOREN.....	11
<b>INSTALLATIE</b> .....	12
SIGNAALTOREN.....	12
AUDITIEVE MELDING.....	12
DOMPELWEERSTAND .....	13
MANTELWEERSTAND.....	13
ROERDER.....	14
NOODSTOP .....	14
PERSLUCHTBEVEILIGING.....	15
DROOGLOOP .....	15



---

**INHOUDSTAFEL**

<b>BEDIENING</b> .....	16
INSTALLATIE INSCHAKELEN .....	16
INSTALLATIE UITSCHAKELEN .....	16
BEDIENINGSKNOPPEN .....	17
<b>GRAFISCHE INTERFACE</b> .....	18
EERSTE GEBRUIK .....	18
VERBINDEN MET INSTALLATIE .....	18
GRAFISCHE INSTRUCTIES .....	18
PROGRAMMA OPSTARTEN .....	19
<b>ONDERHOUD</b> .....	20
REINIGINGSPROGRAMMA'S .....	20
JAARLIJKS ONDERHOUD .....	20
<b>EERSTE INGEBRUIKNEMING</b> .....	21
PLAATSING.....	21
BEDIENING .....	21
<b>PROBLEEMOPLOSSING</b> .....	22
<b>LOGBOEK</b> .....	24
<b>LEIDINGNET</b> .....	25
<b>TECHNISCHE GEGEVENS</b> .....	26
ALGEMEEN.....	26
ELEKTRISCH .....	26
PNEUMATISCH.....	27

## ALGEMEEN

---

### INLEIDING

Bedankt om te kiezen voor bierbrouwinstallatie Hexa. Deze brouwinstallatie is ontworpen om vele jaren uitstekend te presteren, met kwalitatieve onderdelen en innovatieve technologieën. Neem even uw tijd om de gebruiksaanwijzing door te lezen zodat u de installatie meteen onder de knie heeft.

### ALGEMENE SYMBOLEN



Waarschuwing



Online interface



Handeling vereist

### HEXA-SUPPORT

Bij problemen kunt u altijd terecht bij onderstaande personen. Als u contact opneemt, zorg dan dat uw de eventuele foutmelding en het stapnummer bij de hand hebt.

<b>Diego De Schryvere</b>	0497 73 34 08 diegodeschrijvere@hotmail.com
<b>Thomas Ocket</b>	0478 91 19 24 thomas.ocket@gmail.com
<b>Senne Debeuf</b>	0479 38 53 35 senne.debeuf@gmail.com

## VEILIGHEIDSINFORMATIE

▲ Lees aandachtig de meegeleverde instructies alvorens de installatie in gebruik te nemen. De fabrikant is niet verantwoordelijk voor letsel en schade veroorzaakt door een niet correct gebruik van de installatie. Bewaar de instructies van de installatie voor toekomstig gebruik.

### VERANTWOORD GEBRUIK

- De installatie kan worden gebruikt door personen ouder dan 16 jaar, met een normaal reactievermogen.
- De operator van de installatie dient steeds de brouwinstallatie voldoende te beheersen, alsook de gebruiksaanwijzing te hebben doorgenomen.
- Personen die op grond van hun fysieke of psychische gesteldheid, hun onervarenheid of gebrek aan kennis van de brouwinstallatie de brouwinstallatie niet op een veilige manier kunnen bedienen, mogen de installatie alleen onder toezicht gebruiken. Dit is alleen mogelijk als desbetreffend persoon weet hoe de installatie veilig te kunnen bedienen en eventuele risico's van een foutieve bediening kan inzien en eventueel ingrijpen.
- Het gebruiksdoel en samenstelling van de installatie mag niet worden veranderd.
- Zorg er steeds voor dat de installatie zo horizontaal mogelijk staat.
- Zorg ervoor dat u de verwarmingselementen niet aanraakt.

### VEILIGHEID VAN KINDEREN

- Laat kinderen niet met de installatie spelen.
- Houd kinderen jonger dan 8 jaar uit de buurt van de installatie.

## **VEILIGHEIDSINFORMATIE**

---

### **VEILIGHEID VAN DERDEN**

- Behoud steeds een voldoende grote perimeter rond de brouwinstallatie voor niet-betrokken personen.
- Informeer niet-betrokken personen rond de risico's die kunnen ontstaan door gebrek aan kennis van de installatie.
- Informeer betrokkenen over de gevaren van de verwarmingselementen die kunnen ontstaan bij het niet respecteren van eerder vernoemde perimeter.

## VEILIGHEIDSINFORMATIE

### WAARSCHUWINGSSYMBOLEN



#### GEVAARLIJKE ELEKTRISCHE SPANNING

Zorg ervoor dat u niet in contact komt met elektriciteit.



#### AUTOMATISCHE START

Pas op in de buurt van bewegende mechanische onderdelen die automatisch en dus onverwacht kunnen starten.



#### HEET OPPERVLAK

Zorg ervoor dat u niet in contact komt met een heet oppervlak.



#### VERWONDINGEN AAN DE HAND

Pas op voor verwondingen aan de handen in de buurt van apparatuur met mechanische onderdelen.

## BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE

### OVERZICHT



## BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE

### ONDERDELEN

STUK-NR.	AANTAL	BENAMING	STUK-NR.	AANTAL	BENAMING
1	1	ONDERSTEL	22	1	L2
2	1	ALARM	23	1	L8
3	1	LUCHTVERZORGINGSEENHEID	24	1	K1-K2-WOP
4	1	MAISCHKETEL	25	1	L9
5	1	BUFFERVAT	26	1	L5
6	1	ELEKTRISCHE KAST	27	1	MANTELWEERSTAND
7	6	WIEL	28	1	L16
8	1	SIGNAALTOREN	29	1	L18-L13
9	1	ONDERSTEL	30	1	L17
10	1	PLATENKOELER	31	1	L11-L1
11	2	VLINDERKLEP KETEL	32	1	L3
12	1	WATERPOMP	33	1	L19
13	1	STEUNPLAAT POMP	34	1	L6-L12-L15
14	1	KOOKKETEL	35	1	L10
15	1	LENZE	36	1	WOP NAAR PNEU KLEPPEN
16	1	WARMTEWISSELAAR	37	1	KABELGOOT
17	1	DANFOSS	38	1	NOODSTOP
18	1	OMVORMINGSKAST	39	1	LRZ750
19	1	NORD 63L-4	40	1	WORTPOMP
20	1	PNEUMATISCH VENTIELEILAND	41	1	ROERDER
21	1	L4b-L4a-L4	42	2	STEUNPLAAT LEIDING



## BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE



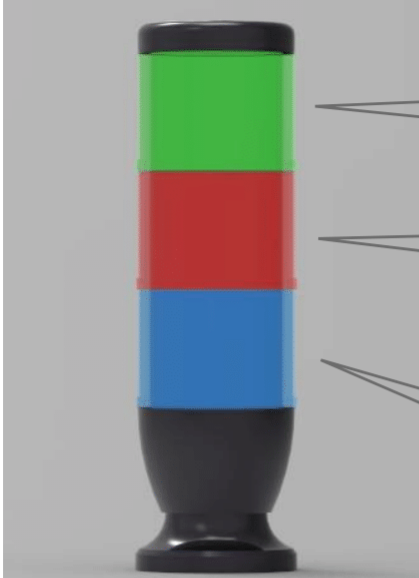
## BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE

### TOEBEHOREN

- Halvemaansleutels (3)
- Sleutels elektrische kast
- Blauwe afvoerleiding
- Gele afvoerleiding overloop
- Gele toevoerleiding
- Verloopkoppeling (ketelafvoerleiding)
- Verloopkoppeling (leidingsnelkoppeling)

## INSTALLATIE

### SIGNAALTOREN



#### VEILIG

Toestand met normale condities.

#### GEVAAR

Toestand met noodsituatie of fout.

#### ACTIE VEREIST

Toestand waarin tussenkomst van de operator verplicht is.

### AUDITIEVE MELDING



#### EEN TOON -

#### ONDERBROKEN

Toestand waarin tussenkomst van de operator verplicht is.

#### TWEE TONEN -

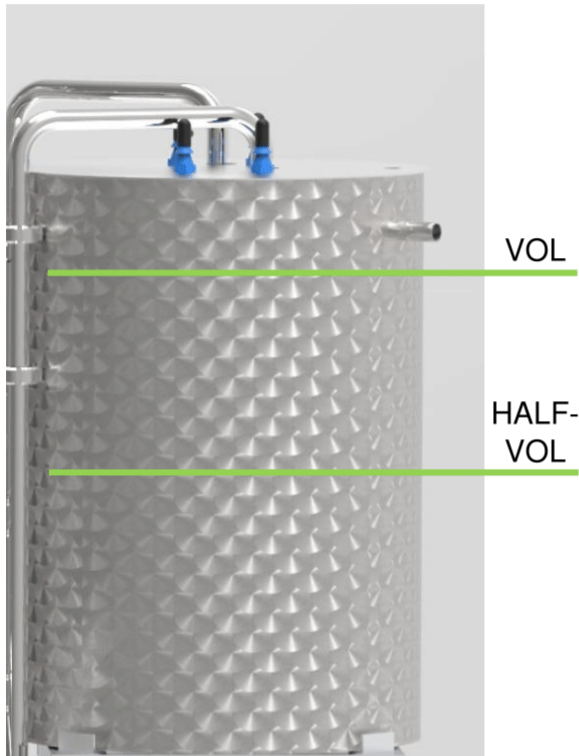
#### CONSTANT

Toestand met noodsituatie of fout.

## INSTALLATIE

### DOMPELWEERSTAND

In de installatie is een elektrische beveiliging ingebouwd om ervoor te zorgen dat de dompelweerstand nooit boven water kan staan terwijl deze is ingeschakeld.



#### INSCHAKELEN

De weerstand kan slechts worden ingeschakeld bij vol niveau.

#### BEVEILIGING

Bij het binnenlezen van het halfvol niveau wordt de weerstand automatisch uitgeschakeld.

### MANTELWEERSTAND

Voor de mantelweerstand is geen beveiliging ingebouwd. Men dient er zich wel steeds bewust van te zijn dat de mantelweerstand niet mag ingeschakeld zijn wanneer er geen vloeistof aanwezig is in de kookketel. Dit om de levensduur van de weerstand optimaal te houden.

## INSTALLATIE

### ROERDER

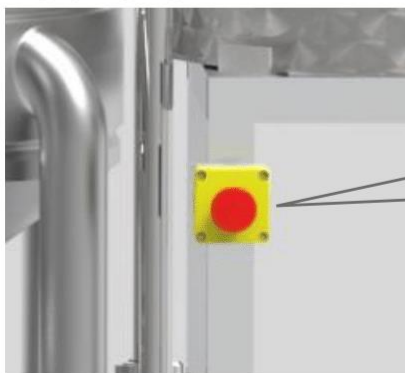
Om de operator te beschermen tegen verwondingen en knellingen aan de hand, zijn op de maischketel twee elektrische beveiligingen geïnstalleerd.



**BEVEILIGINGSCONTACT**  
Schakelt de motor uit  
wanneer het deksel van de  
ketel wordt gehaald.

**INDUCTIEVE SENSOR**  
Schakelt de motor uit  
wanneer het metalen plaatje  
op de koppeling niet voor de  
sensor staat.

### NOODSTOP



**NOODSTOP**  
Schakelt motor roerder,  
waterpomp, wortpomp,  
dompelweerstand en  
mantelweerstand uit.

## INSTALLATIE

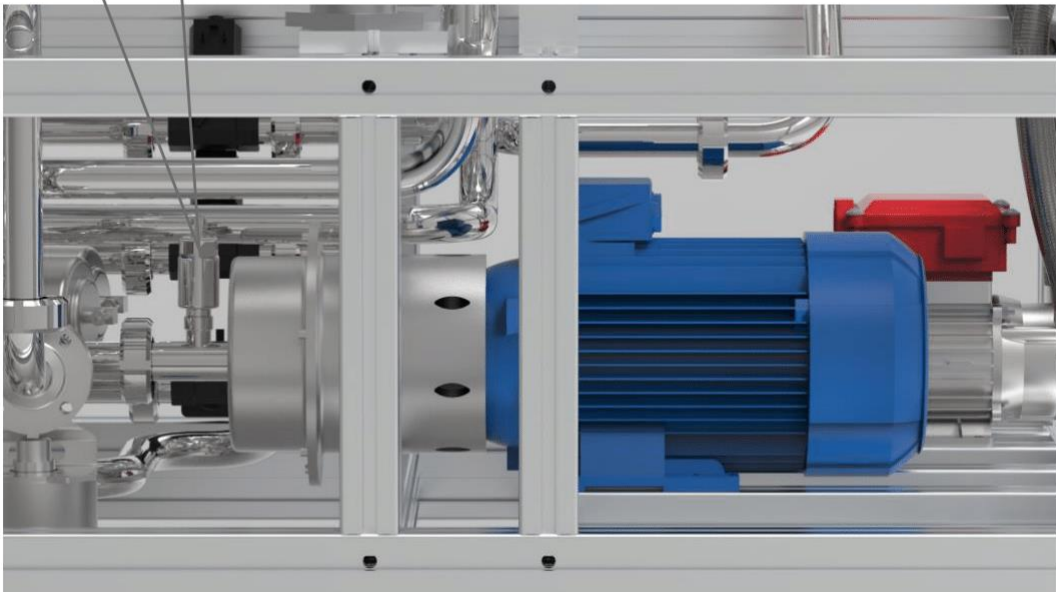
### PERSLUCHTBEVEILIGING

Om te voorkomen dat de installatie zonder perslucht in werking wordt gezet, wordt voor het starten van een programma de pneumatische klep K1 geschakeld. Als er geen signaal wordt uitgelezen van de bijhorende inductieve sensor, stopt het programma.

### DROOGLOOP

Omdat de wortpomp niet mag drooglopen, is er een sensor voor de wortpomp ingebouwd. Het lampje op de sensor brandt wanneer er vloeistof rond staat. Wanneer het lampje niet brandt en er dus geen vloeistof in de wortpomp staat, valt deze uit.

**DROOGLOOPSENSOR**  
Voorkomt dat de wortpomp  
droogloopt.





## BEDIENING

### INSTALLATIE INSCHAKELEN

1. Sluit de perslucht aan.
2. Steek de 5-pen stekker in.
3. Controleer in de elektrische kast of de differentieel ingeschakeld is.
4. Controleer in de elektrische kast of alle automaten ingeschakeld zijn.



### INSTALLATIE UITSCHAKELEN

1. Zet de differentieel in de elektrische kast uit, de automaten mogen ingeschakeld blijven.
2. Trek de 5-pen stekker uit.





**BEDIENING****BEDIENINGSKNOPPEN****START**

Voor het starten van een programma.

**RESET**

Om het programma verder te zetten na tussenkomst.



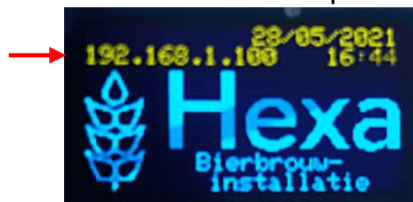
## GRAFISCHE INTERFACE

### EERSTE GEBRUIK

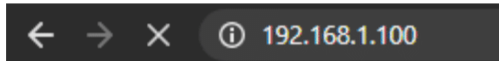
Om met de installatie te kunnen communiceren, moet de ethernetkabel die uit de elektriciteitskast vertrekt in een ethernetpoort (bv. een router) ingeplugd worden.

### VERBINDEN MET INSTALLATIE

1. Brouwinstallatie inschakelen (p.16).
2. IP-adres aflezen op scherm in elektriciteitskast.



3. Laptop verbinden met zelfde netwerk als brouwinstallatie.
4. IP-adres ingeven in browser op deze laptop.

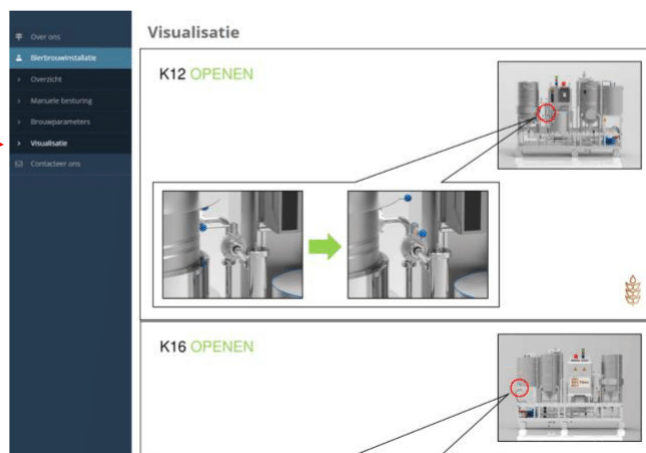


### GRAFISCHE INSTRUCTIES

Wanneer de blauwe lamp knippert, en het bijhorende alarm afgaat, is tussenkomst van de operator verplicht.

In de grafische interface wordt de gevraagde handeling met bijhorend stapnummer weergegeven. Deze verdwijnt automatisch wanneer het programma wordt verdergezet (RESET-knop).

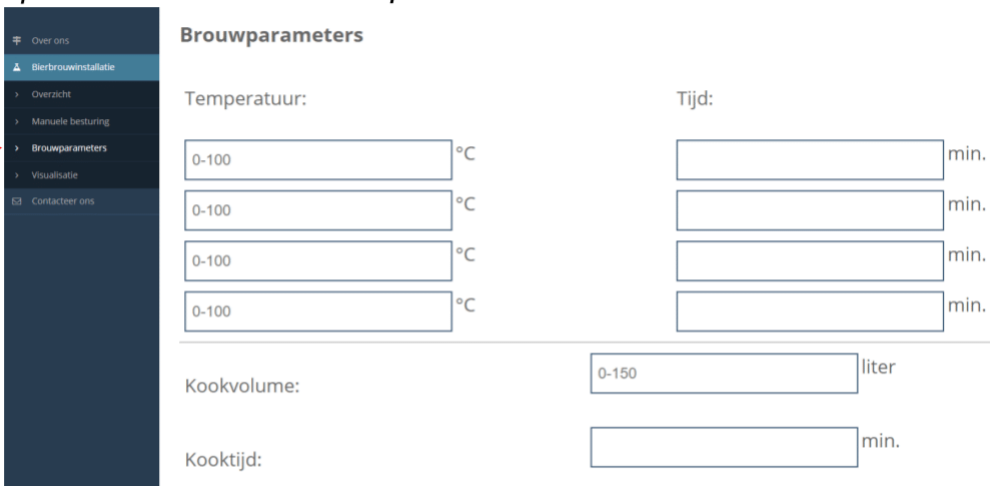
De gevraagde handeling wordt verduidelijkt met een gerenderd aanzicht van de van stand te wijzigen klep (indien nodig), en in welke richting de klep gedraaid moet worden.



## GRAFISCHE INTERFACE

### PROGRAMMA OPSTARTEN

1. Laptop verbinden met brouwinstallatie (p.18).
2. *Open de visuele interface.\**
3. *Open het submenu 'Brouwparameters'.\**



The screenshot shows a web-based graphical interface for a brewing installation. On the left is a dark sidebar menu with the following items: 'Over ons', 'Bierbrouwinstallatie', 'Overzicht', 'Manuele besturing', 'Brouwparameters' (highlighted with a blue bar and a red arrow pointing to it), 'Visualisatie', and 'Contacteer ons'. The main content area is titled 'Brouwparameters' and contains the following controls:

- Temperatuur:** Four input fields, each with a range of '0-100' and a unit of '°C'.
- Tijd:** Four input fields, each with a unit of 'min.'.
- Kookvolume:** One input field with a range of '0-150' and a unit of 'liter'.
- Kooktijd:** One input field with a unit of 'min.'.

4. *Pas de brouwparameters aan.\**
5. *Druk op versturen (vóór het starten van het programma).\**
6. Druk op de START-knop.

\* Parameters worden in het geheugen opgeslagen. Deze stappen zijn dus enkel nodig als er een ander recept gewenst is. Wijzigingen doorvoeren is enkel mogelijk als er geen brouwprogramma actief is.

## ONDERHOUD

### REINIGINGSPROGRAMMA'S

Voor brouwinstallatie Hexa zijn twee reinigingsprogramma's samengesteld. Dit zijn 'reinigingsprogramma 1' en 'reinigingsprogramma 2'.

✘ Voor de reinigingsprogramma's is de aansluiting van de blauwe afvoerleiding vereist.

In tegenstelling tot 'reinigingsprogramma 1' wordt er in 'reinigingsprogramma 2' gebruik gemaakt van het warme water dat reeds aanwezig is in het buffervat. Dit warme water blijft over na het koelen van het wort tijdens het brouwprogramma. Ook is er in het tweede reinigingsprogramma nog een deel handmatige reiniging voorzien, wat het eerste reinigingsprogramma niet bevat.

Het eerste reinigingsprogramma is met andere woorden ontworpen om te doorlopen voor een brouwcyclus. Het is aangeraden om dit telkens te doorlopen in het kader van de voedselveiligheid.

Het tweede reinigingsprogramma dient doorlopen te worden na de brouwcyclus.

### JAARLIJKS ONDERHOUD

Om de brouwinstallatie in goede staat te houden, is het belangrijk om jaarlijks een groot onderhoud te voorzien. Het jaarlijks onderhoud is ook van toepassing na 10 brouwbeurten. Het onderhoud omvat volgende handelingen:

- waterafscheider ledigen;
- installatie stofvrij maken met vochtige doek;
- onderdelen afblazen met perslucht pistool;
- binnenkant buffervat, kookketel en maischketel reinigen met vochtige doek.

## EERSTE INGEBRUIKNEMING

### PLAATSING

Zorg dat de brouwinstallatie zo horizontaal mogelijk staat, indien dit niet het geval is, lezen de sensoren foute waardes binnen en ontstaan problemen.

✘ Het is aangeraden voor de eerste ingebruikneming alle koppelingen aan te draaien.

Wanneer de installatie op de gewenste plaats staat, worden de wielen geklemd. Dit is belangrijk omdat een gevulde installatie niet mag verplaatst worden omwille van de krachtinwerking op de wielen.

Zorg ervoor dat de gele afvoerleiding van het buffervat steeds naar een afvoerput loopt.

### BEDIENING

Zoals de veiligheidsinformatie voorschrijft, dient de operator voor ingebruikname van brouwinstallatie Hexa de gebruiksaanwijzing te hebben gelezen.

Bij alle programma's, namelijk 'reinigingsprogramma 1', 'brouwprogramma' en 'reinigingsprogramma 2' dienen alle kleppen zich in gesloten toestand te bevinden om het programma te starten. Handmatige kleppen moeten op de installatie zelf gecontroleerd worden, de stand van de elektrische en pneumatische kleppen kan gecontroleerd worden in de grafische interface.

Wanneer de installatie in werking is, dient de elektrische kast gesloten te zijn.

## PROBLEEMOPLOSSING

✘ Controleer telkens of de installatie aangesloten is op het net bij een niet-werkend onderdeel. Als de differentieelschakelaar of een automaat terug uitslaat na het inschakelen, contacteer dan Hexa-support.

Probleem	Mogelijke oorzaak en oplossing
<b>Mantelweerstand warmt niet op.</b>	Automaat mantelweerstand is uitgeschakeld. → Schakel automaat mantelweerstand in.
	Noodstop is ingedrukt. → Schakel de noodstop uit.
<b>Dompelweerstand warmt niet op.</b>	Automaat dompelweerstand is uitgeschakeld. → Schakel automaat dompelweerstand in.
	Er staat niet genoeg water in het buffervat. → Vul het buffervat bij.
	Sensor buffervat leest de foute waarde binnen. → Contacteer Hexa-support.
	Noodstop is ingedrukt. → Schakel de noodstop uit.
<b>Roerder draait niet.</b>	Automaat motor roerder is uitgeschakeld. → Schakel automaat motor roerder in.
	Beveiligingscontact van deksel maischketel niet gesloten. → Sluit het beveiligingscontact.
	Mangat maischketel niet gesloten. → Sluit mangat, zorg ervoor dat deksel voor sensor staat.
	Noodstop is ingedrukt. → Schakel de noodstop uit.
	Frequentiesturing geeft foutmelding. → Contacteer Hexa-support.
	Stekker motor roerder niet aangesloten. → Sluit stekker motor roerder aan.

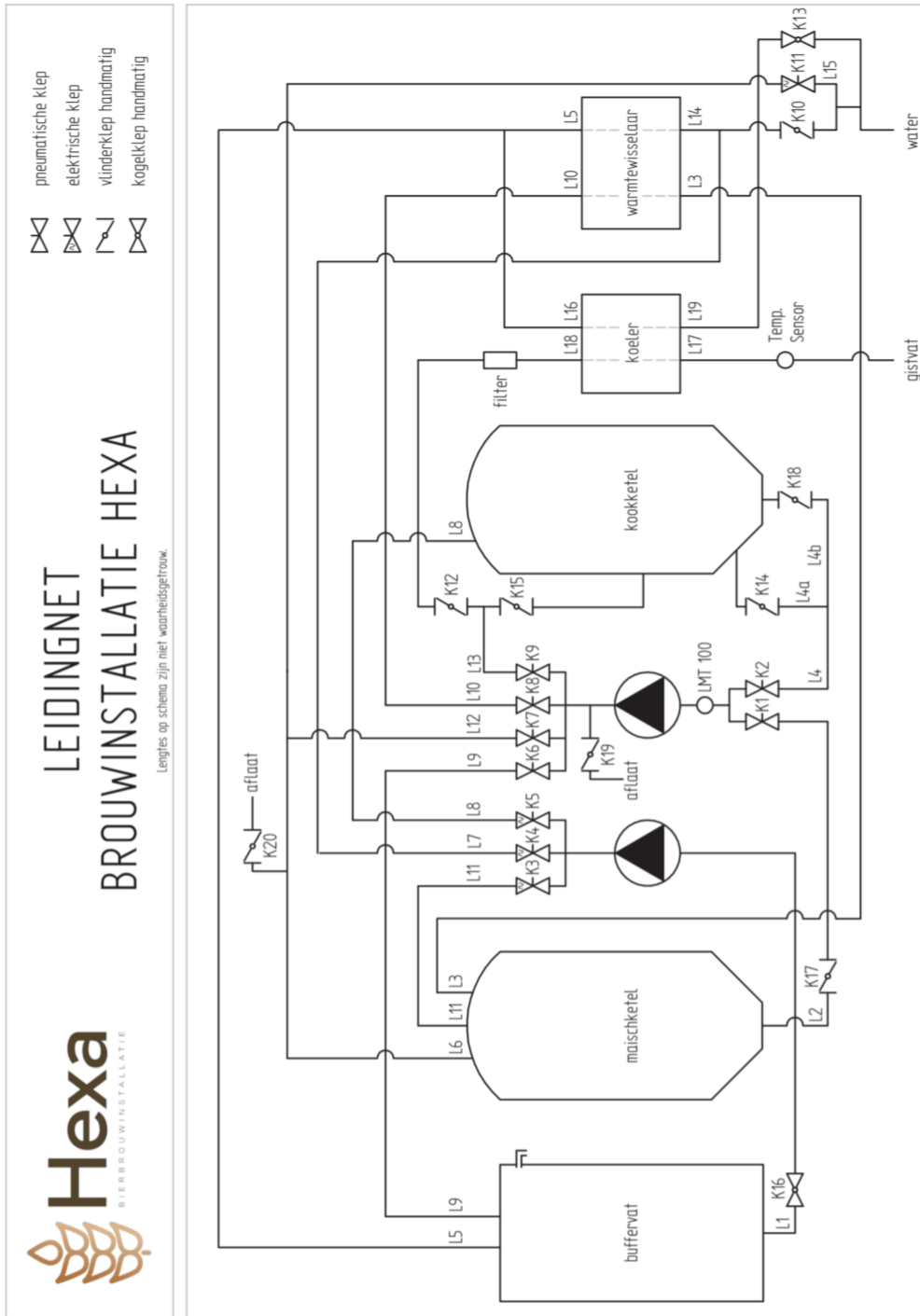
## PROBLEEMOPLOSSING

Probleem	Mogelijke oorzaak en oplossing
<b>Wortpomp draait niet.</b>	Automaat frequentieregelaar Danfoss is uitgeschakeld. → Schakel automaat frequentieregelaar Danfoss in.
	Droogloopbeveiliging is actief. → Zorg ervoor dat er water bij de pomp kan.
	Noodstop is ingedrukt. → Schakel de noodstop uit.
	Frequentiesturing geeft foutmelding. → Contacteer Hexa-support.
<b>Waterpomp draait niet.</b>	Thermische beveiliging motor uitgeschakeld. → Schakel thermische beveiliging in.
	Noodstop is ingedrukt. → Schakel de noodstop uit.





# LEIDINGNET



**LEIDINGNET**  
**BROUWINSTALLATIE HEXA**



Leigtes op schema zijn niet waardsgetrouw.

- pneumatische klep
- elektrische klep
- vlinderklep handmatig
- kogelklep handmatig

## TECHNISCHE GEGEVENS

### ALGEMEEN

Type installatie	Professionele brouwinstallatie HEXA
Brouwvolume	149 l
Eindvolume	127 l
Verdampingsfactor	0,94
Hoogte	215 cm
Breedte	275 cm
Diepte	85 cm
Spanning	3N400 50Hz
Aansluitsnoer	ca. 2 m
Max. temp. waterpomp	95 °C
Max. temp. wortpomp	140 °C
Max. temp. elektrische kleppen	100 °C

### ELEKTRISCH

Wortpomp	Packopomp ICP1/74-32/222
Waterpomp	Novax 20B
Motor roerder	NORD SK63L/4 met reductie
PLC	Crouzet 88970051 Millenium 3 CD20 24 V/DC
Sensor maischketel	Schmersal AZ15 Safety Interlock Switch
Differentieel	General Electric DMA63N 30mA
Droogloop	LMT100
Analoge niveausensor	LR2750
Motorbeveiliging	Telemecanique / 1,6-2,5A
Vermogens-contactoren	Schneider LC1D18BD

**TECHNISCHE GEGEVENS**

Automaten	Schrack C16/3N - 4P Schrack C10/3N - 4P Merlin Gerin C10/3N - 2P
Voedingen	Weidmüller PRO-M Weidmüller 9928890024
Frequentieregelaars	Danfoss 134N0045 Lenze SMD
Inductieve sensoren pneumatische kleppen	Turek 1723B

**PNEUMATISCH**

Verzorgingseenheid	Festo ms4 lfr 1/4" 5µm 12 bar
Ventieleiland	Festo CPV14



© 2021

VTI-Torhout

## 9 Besluit

Ondertussen zit ons zesde jaar erop en kunnen we terugkijken op het voorbije jaar. Ondanks de moeilijke omstandigheden zijn we er toch in geslaagd om de brouwinstallatie te automatiseren. We zijn het jaar gestart met een brouwdag om het brouwproces onder de knie te krijgen en de installatie te verkennen. Toen dat gebeurd was, werd het tijd voor het echte werk. De takenverdeling was snel gemaakt doordat we alle zes onze eigen talenten hebben. We begonnen er dan ook snel aan.

De eerste opdracht die uitgevoerd moest worden, was het maken van het reinigingsprogramma, want als je niet kunt reinigen, kun je ook niet brouwen. Ook werden er kleine aanpassingen uitgevoerd aan de installatie zelf. Terwijl de installatie nog op punt werd gezet, werd ook de website op orde gebracht en een kratje ontworpen.

Toen het reinigen lukte, was het tijd voor het brouwproces. Om dat te kunnen realiseren moesten er verschillende metingen gebeuren. Een van de belangrijkste metingen was het bepalen van de PID-waardes. Dit vroeg heel wat tijd, maar in die tijd werd het elektrisch schema geactualiseerd, de 3D-tekening werd vervolledigd en het STEM-project kreeg vorm. Na een paar kleine tegenslagen slaagden we erin om alle juiste waarden te verkrijgen vanuit de verschillende metingen en werd het brouwproces verschillende keren uitgetest.

Uiteindelijk was het grote moment aangebroken om echt te brouwen. Iedere brouwdag nam een volledige dag in beslag. Af en toe liep er nog eens iets fout, maar uiteindelijk kwam het toch tot een goed einde. Het einde van het schooljaar brak snel aan. Teksten werden geschreven, interface en visualisatie werden op punt gesteld, STEM-project werd afgewerkt...

Nu kijken we met veel trots terug op het afgelopen jaar. We leerden samenwerken en beseften dat communicatie zeer belangrijk is. Elkaar helpen waar nodig ook wanneer dit niet in je eigen takenpakket zat. Aan de leerlingen van de volgende jaren geven wij graag als tip mee dat je tijdens het jaar regelmatig een tegenslag kunt hebben, maar als je blijft doorzetten, komt alles goed. Communicatie en samenwerking zijn vanaf het begin van het jaar van cruciaal belang. Tot slot geven we graag nog mee dat je best niet uitstelt om actie te ondernemen of teksten te schrijven.

We hebben een jaar ons volledig 'gesmeten' om dit project te doen slagen. We hebben er samen veel energie en tijd ingestoken, dit op alle mogelijke momenten. Het was een leerrijk jaar waarin we leerden samenwerken en creatieve oplossingen zochten bij tegenslagen. Samen met de leerkrachten zijn we trots dat we deze installatie na vier jaar toch kunnen afgeven aan onze brouwer. Hij kan nu nog vele malen zijn streekbiertje brouwen met onze installatie.

## 10 Figuren

Figuur 1.1-1: Logo.....	8
Figuur 2.1-1: Mindmap.....	9
Figuur 2.2-1: Schroten.....	9
Figuur 2.2-2: In gistvat overpompen.....	10
Figuur 2.2-3: Naspoelen.....	10
Figuur 2.4-1: Huidige versie leidingnet.....	24
Figuur 2.4-2: Eerste versie leidingnet.....	24
Figuur 2.4-3: Bundel standaardprogramma's.....	25
Figuur 2.4-4: Eerste versie reinigingsprogramma (deel).....	26
Figuur 2.4-5: Leidingnet brouwinstallatie.....	26
Figuur 2.4-6: Tweede versie reinigingsprogramma.....	27
Figuur 2.4-7: Derde versie reinigingsprogramma.....	27
Figuur 2.4-8: Inhoudstafel 'standaardprogramma's'.....	27
Figuur 2.4-9: Visualisatie maischcircuits.....	28
Figuur 2.4-10: Visualisatie koelcircuits.....	28
Figuur 2.4-11: Deel van handmatige reiniging.....	29
Figuur 3.1-1: Deksel buffervat.....	30
Figuur 3.1-2: Technische tekeningen deksel buffervat.....	31
Figuur 3.2-1: Kraan buffervat (zijkant).....	32
Figuur 3.2-2: Kraan buffervat (onderkant).....	32
Figuur 3.3-1: Mouttrechter.....	33
Figuur 3.4-1: Snijden van gegalvaniseerde stalen platen.....	34
Figuur 3.4-2: Plooien van gegalvaniseerde stalen platen.....	34
Figuur 3.4-3: Deksel kabelgoot.....	34
Figuur 3.4-4: Technische tekeningen deksel kabelgoot.....	35
Figuur 3.5-1: Houder halvemaaansleutels.....	36
Figuur 3.6-1: Gespoten mdf.....	37
Figuur 3.6-2: Gewone mdf.....	37
Figuur 3.6-3: Zwarte mdf.....	38
Figuur 3.6-4: Kratje verkoop.....	38
Figuur 3.6-5: Test kratje.....	39
Figuur 3.7-1: Gerenderde 3D.....	39
Figuur 3.7-2: Definitieve versie onderstel.....	40
Figuur 3.7-3: Maischketel.....	40
Figuur 3.7-4: Frequentieregelaars.....	41
Figuur 3.7-5: Deel van het leidingnet.....	41
Figuur 3.7-6: Elektrische kast.....	42
Figuur 3.7-7: Mantelweerstand.....	42
Figuur 3.7-8: Wortpomp.....	42
Figuur 3.7-9: Waterpomp.....	43
Figuur 3.7-10: Motor roerder.....	43



---

Figuur 3.7-11: Roerder .....	43
Figuur 3.7-12: Leiding sluit niet goed aan .....	44
Figuur 3.7-13: 2D-tekening met stukkenlijst .....	44
Figuur 3.7-14: Gerenderde 3D van appartementsgebouw .....	45
Figuur 3.7-15: Render farm .....	45
Figuur 3.7-16: Heldere omgeving .....	46
Figuur 3.7-17: Donkere omgeving .....	46
Figuur 3.7-18: Aanzichten in rendering .....	46
Figuur 3.7-19: Gerenderde aanzicht op lage kwaliteit .....	47
Figuur 3.7-20: Gerenderd aanzicht op hoge kwaliteit .....	47
Figuur 3.7-21: Driehoekjes in rendering .....	47
Figuur 3.7-22: Gerenderde 3D-tekening voorkant .....	48
Figuur 3.7-23: Niet-gerenderde 3D-tekening voorkant .....	48
Figuur 3.7-24: Niet-gerenderde 3D-tekening achterkant .....	49
Figuur 3.7-25: Gerenderde 3D-tekening achterkant .....	49
Figuur 3.8-1: Isolatie in de bouw .....	50
Figuur 3.8-2: Isolatie in de machinebouw .....	50
Figuur 3.8-3: Isolatie rond het buffervat, de maischketel en de (toevoer)leiding van het buffervat ...	50
Figuur 3.8-4: Geen isolatie rond de kookketel (*mantelweerstand) .....	50
Figuur 3.8-5: Minerale isolatie .....	51
Figuur 3.8-6: Kunststof isolatie .....	52
Figuur 3.8-7: Kleine afstand tussen het buffervat en de kookketel .....	54
Figuur 3.8-8: Ecologische isolatie .....	56
Figuur 3.8-9: Isolatedekens .....	58
Figuur 3.8-10: Isolatiematten .....	58
Figuur 3.8-11: Isolatieplaten .....	58
Figuur 3.8-12: SPUitisolatie .....	58
Figuur 3.8-13: Inblaaisolatie .....	59
Figuur 3.8-14: Thermische isolatie .....	59
Figuur 3.8-15: Geluidsisolatie .....	59
Figuur 3.8-16: Akoestische isolatie .....	59
Figuur 4.2-1: Festo MS4-LFR 5µm .....	61
Figuur 4.2-2: Olie- en waterafscheider .....	61
Figuur 4.2-3: LuchtfILTER .....	62
Figuur 4.2-4: Drukregelaar .....	62
Figuur 4.2-5: Symbool voor verzorgingseenheid .....	62
Figuur 4.3-1: Ventieleiland .....	63
Figuur 4.3-2: Elektroventiel in ruststand .....	63
Figuur 4.3-3: Aantrekken pin .....	63
Figuur 4.3-4: Aangestuurd ventiel .....	63
Figuur 4.3-5: 5/2-monostabiel elektroventiel .....	64
Figuur 4.4-1: Pneumatische klep .....	64

---

Figuur 4.4-2: 3D-tekening pneumatische vlinderklep .....	65
Figuur 4.4-3: Cilinder zonder zuiger .....	65
Figuur 5.1-1: Deelschema "voeding brouwinstallatie" .....	66
Figuur 5.2-1: Nieuwe spanningsbron .....	67
Figuur 5.2-2: Auditieve melder op brouwinstallatie .....	68
Figuur 5.2-3: Binnenkant auditieve melder.....	68
Figuur 5.2-4: Deelschema "out2" .....	69
Figuur 5.2-5: Niveausensoren buffervat.....	70
Figuur 5.2-6: Controlerende relais niveausensor buffervat .....	71
Figuur 5.2-7: Aansluitingen 'TELE E3LM10' .....	71
Figuur 5.2-8: TDR niveausensor.....	72
Figuur 5.2-9: Niveau druksensor .....	73
Figuur 5.2-10: Signaaltoeren op brouwinstallatie.....	73
Figuur 5.3-1: SIF-kabel.....	74
Figuur 5.3-2: VFD-kabel.....	74
Figuur 5.3-3: LIYY kabel .....	75
Figuur 5.3-4: CTMB-kabel .....	75
Figuur 5.3-5: Flexibele VOB-draad.....	75
Figuur 5.3-6: Tabel om doorsnede van draden te bepalen.....	76
Figuur 5.4-1: Kabelschoenen voor 2 draden .....	77
Figuur 5.5-1: Schakelkast begin dit jaar .....	78
Figuur 5.5-2: Schakelkast na onze ingreep.....	78
Figuur 5.6-1: Draadnummers aangebracht in elektrische kast .....	79
Figuur 5.7-1: Tabel met betekenis IP-waarde .....	80
Figuur 5.7-2: Gevaar van onder spanning staande delen .....	81
Figuur 5.7-3: Differentieelschakelaar .....	82
Figuur 5.7-4: Component om DIN-rail te aarden .....	83
Figuur 5.7-5: Doorsnede van een automaat .....	84
Figuur 5.7-6: Karakteristiek automaten .....	84
Figuur 5.7-7: Toegepaste karakteristiek praktisch voorbeeld 1.....	85
Figuur 5.7-8: Toegepaste karakteristiek praktisch voorbeeld 2.....	86
Figuur 5.7-9: Toegepaste karakteristiek praktisch voorbeeld 3.....	87
Figuur 5.8-1: Visualisatie probleem.....	87
Figuur 6.1-1: Grafiek PID .....	105
Figuur 6.1-2: Grafiek 50°C I=150 .....	106
Figuur 6.1-3: Grafiek 55°C I=100 .....	106
Figuur 6.1-4: Grafiek 72°C .....	107
Figuur 6.1-5: Grafiek meting constante snelheid .....	107
Figuur 6.1-6: Tabel voor berekenen PID.....	108
Figuur 6.1-7: Grafiek drie plateau .....	108
Figuur 6.2-1: Timerblokje .....	109
Figuur 6.2-2: Vervanging timerblokje.....	109

---

Figuur 6.2-3: Temperatuur berekening .....	110
Figuur 6.2-4: Vervanging temperatuur berekening .....	110
Figuur 6.2-5: OR blokje .....	110
Figuur 6.3-1: Voorbeeld HTML .....	111
Figuur 6.3-2: Voorbeeld elementen .....	111
Figuur 6.3-3: Voorbeeld CSS .....	112
Figuur 6.3-4: Locatie CSS-bestand .....	112
Figuur 6.3-5: Pagina voor aanklikken .....	113
Figuur 6.3-6: Pagina na aanklikken.....	113
Figuur 6.3-7: Voorbeeld SVG .....	114
Figuur 6.3-8: gip6iw.be .....	115
Figuur 6.3-9: Footer gip6iw.be .....	115
Figuur 6.3-10: Visualisatie .....	116
Figuur 6.3-11: Visualisatie interface.....	116
Figuur 8.1-1: Gebodssticker 'Raadpleeg de gebruiksaanwijzing' .....	184
Figuur 8.2-1: logo's organisaties.....	184
Figuur 8.3-1: Inhoudstafel gebruiksaanwijzing .....	186
Figuur 8.5-1: 2 pagina's uit gebruiksaanwijzing .....	186