

2017 • 2018
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: chemie

Masterthesis

Verminderen van de extract verliezen in de Belle Vue brouwerij

PROMOTOR :

dr. ir. Kristel SNIEGOWSKI

PROMOTOR :

dr. ir. Sem VANDECAN

Tom Jorissen

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: chemie

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



KU LEUVEN



KU LEUVEN

2017 • 2018

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: chemie

Masterthesis

Verminderen van de extract verliezen in de Belle Vue brouwerij

PROMOTOR :

dr. ir. Kristel SNIÉGOWSKI

PROMOTOR :

dr. ir. Sem VANDECAN

Tom Jorissen

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: chemie



KU LEUVEN

Woord vooraf

Bij het schrijven van een masterthesis komt meer kijken dan eerst gedacht. Onderzoek doen in de brouwerij was dag en nacht verschil met wat ik gewoon was in het labo. Ik ben blij dat ik gekozen heb voor dit onderwerp om op deze manier al eens kennis te maken met het bedrijfsleven. Zeker nu de opleiding als ingenieur er bijna opzit, vond ik het belangrijk om voor mijn masterproef niet op de universiteit te blijven. Ik heb vooral geleerd dat ik veel minder afwachtende moet zijn en meer initiatief moet durven nemen. Dit is een belangrijk kenmerk van een goede ingenieur.

Ik wil vooral mijn externe promotor Sem Vandecan bedanken om mij de kans te geven om mijn stage te doen in de brouwerij van Belle-View. Ook wil ik hem bedanken om tijd te maken voor mij in zijn vaak drukke agenda. Ik ben ook veel dank verschuldigd aan mijn interne promotor Kristel Sniegowski om ervoor te zorgen dat ik in de aanloop naar de deadline nog een aantal tandjes heb bijgestoken. Verder wil ik nog Jeroen Lievens bedanken voor de waardevolle feedback op mijn teksten en voor de instructies bij het opstellen van mijn scriptie.

Ik stuur nog een welgemeend bedankje naar Thierry Vanbeselaere, Michael Hoornaert, Johan Frooninckx, Stijn Segers, Jean-Nicolas Lunden en Véronique Grenier voor goede sfeer aan de bureau en tijdens de eetpauze.

Verder wens ik iedereen die de tijd neemt om deze scriptie te lezen alvast veel leesplezier.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	15
1.1	Situering	15
1.2	Probleemstelling	16
1.3	Doelstelling	17
1.4	Methode	18
1.4.1	Verliezen	18
1.4.2	Groen bier centrifuge.....	18
1.4.3	Dry hop.....	18
2.	Literatuurstudie	21
2.1	Het brouwen van bier	21
2.1.1	Grondstoffen.....	21
2.1.2	Maischen.....	22
2.1.3	Lauteren.....	24
2.1.4	Koken	24
2.1.5	Whirlpool	24
2.1.6	Fermentatie.....	24
2.2	Dry hop.....	26
2.2.1	Componenten	26
2.2.2	Proces.....	26
2.3	Groen bier centrifuge.....	28
2.3.1	Werking DSC.....	28
2.3.2	Verschillende modellen.	30
3.	Materiaal en methode	33
3.1	Opsporen van de verliezen	33
3.2	Dry hop.....	35
3.2.1	Hopstar™ Dry.....	35
3.2.1.1	Werking.....	35
3.2.1.2	Aanpak	37
3.2.2	Dry hop tijdens de fermentatie.....	37
4.	Resultaten en discussie.....	39

4.1	Verliezen fermentatie	39
4.1.1	Extract verliezen per fermentatietank	40
4.1.2	Extract verliezen in functie van de fermentatietijd	41
4.2	Verliezen Dry hop.....	43
4.2.1	Dry hop installatie: Hopstar™ Dry	43
4.2.2	Dry hop tijdens de fermentatie.....	45
5.	Besluit.....	49
	Bibliografie	51
	Bijlagen.....	53
	Bijlage 1: Uitgebreid brouwerij overzicht	53
	Gegevens Sigma	54
	Bijlage 1: Data fermentatie Hoegaarden	54
	Bijlage 2: Verliezen Goose Midway IPA	61

Lijst van tabellen

Tabel 1: Doelstellingen brouwerij.....	16
Tabel 2: Verschillende Dry hop bieren.....	36
Tabel 7: Resultaten t-test en betrouwbaarheidsinterval.....	39
Tabel 8: Resultaten z-toets verliezen per fermentatietank.....	40
Tabel 9: Resultaten t-toets fermentatietijd.....	42
Tabel 10: Frequentietabel voor de fermentatietijd.....	42
Tabel 3: Verliezen door lek voor de verschillende bieren.....	43
Tabel 4: Extractverliezen voor de verschillende dry hop bieren.....	44
Tabel 5: Procestijd voor biertype 1.....	45
Tabel 6: Gemiddelde verliezen Goose midway IPA.....	46
Tabel 11: Gegevens uit Sigma van de fermentatie van Hoegaarden.....	54
Tabel 12: Volledige resultaten Goose Midway IPA.....	61

Lijst van figuren

Figuur 1: overzicht brouwerij.....	15
Figuur 2: schematische voorstelling DSC [9].....	17
Figuur 3: Dry hop installatie.....	18
Figuur 4: ingrediënten van bier [14]	21
Figuur 5: structuur van amylopectine en amylose[15].....	22
Figuur 6: schematische voorstelling van wals- en hamermolen[16], [17].....	23
Figuur 7: temperatuur profiel tijdens maischen[18]	23
Figuur 8: vorming en afbraak van diacetyl [24]	26
Figuur 9: hop back [34]	27
Figuur 10: schema green beer centrifuge[9]	29
Figuur 11: Verschillende modellen van een DSC[40].....	30
Figuur 12: vorm van de schijven van een DSC [42].....	30
Figuur 13: screenshot van Sigma	33
Figuur 14: Voorbeeld gegevens in Sigma.....	33
Figuur 15: schematische voorstelling van de transfers van een batch.....	34
Figuur 16: procesmap van de Hopstar Dry	35
Figuur 17: Bodem koude lagertank 6 (links) en fermentatietank (rechts)	37
Figuur 18: mangat van de fermentatietank.....	38
Figuur 22: Spreiding van de verliezen (links) en dichtheid (rechts) voor de verschillende batches.....	39
Figuur 23: Gemiddeld extract verlies per fermentatietank. Zwarte lijn geeft het totale gemiddelde	40
Figuur 24: Deuk in fermentatietank 4.....	41
Figuur 25: Spreidingsdiagram van de fermentatietijd van de verschillende batches.....	41
Figuur 26: Verliezen Van Hoegaarden in de fermentatie i.f.v. de fermentatietijd.....	42
Figuur 19: Verlies van biertype 1 bij 12 hl/h en 5 hl/h	44
Figuur 20: Stalen lagertank 12 hl/h (links) en 5 hl/h (rechts)	45
Figuur 21: Verliezen Goose Midway IPA voor de dry hop installatie (blauw) en de fermentatie (rood). ..	46

Verklarende woordenlijst

DAW	Deaerated water, ontluucht water waaruit O ₂ werd verwijderd.
Groen bier	Na de eerste fermentatie wordt het bier groen bier genoemd. Het bier moet nog verder rijpen voor het klaar is om te drinken. De nevenproducten van de fermentatie worden verwijderd en het aroma wordt verder ontwikkeld.
Kaf	omhulsel van de graankorrel, opgebouwd uit cellulose
KPI:	kritieke prestatie-indicatoren, worden gebruikt om de belangrijkste prestaties van een bedrijf op te volgen.
°Plato	1 °Plato komt overeen met 1 g extract per 100 g wort. Wordt eenvoudig gemeten via een dichtheidsmeting
Purgenen	Onderaan de tank wordt een deel van het volume weggepompt en afgevoerd naar een afvaltank.
Wort	Product na het maischen, bestaat uit water samen met extract van de mout.

Abstract

In elke brouwerij treden er verliezen op tijdens het brouwproces, ook bij brouwerij Belle-Vue. Deze brouwerij is één van de vier brouwerijen van Inbev België, dat een marktaandeel heeft van 56,3%. Wereldwijd is Ab Inbev grootste brouwerij keten ter wereld. Het doel van deze masterproef is om deze verliezen zoveel mogelijk te beperken door aanpassingen te doen in het productieproces.

Eerst werd een statistische analyse uitgevoerd om trends op te sporen in de verliezen. Vervolgens werd onderzocht hoe deze verliezen tot stand komen. De verliezen werden opgespoord met staalnamen op bepaalde plaatsen en tijdstippen tijdens het proces. Deze stalen werden geanalyseerd op de hoeveelheid droge stof door het labo in de brouwerij zelf. De grootste verliesposten zijn de dry hop installatie en de fermentatie.

Voor de dry hop installatie werden verschillende optimalisaties getest: een lager transferdebiet en een andere dry hop methode. Een lager transferdebiet vermindert de verliezen tijdens het dry hoppen maar zorgt voor een langere procestijd. Als de hop wordt toegevoegd tijdens de fermentatie zijn de verliezen hoger en ontstaat er een andere smaakaroma. Een groot deel van de verliezen van de fermentatie treden op in de centrifuge. Voor verdere optimalisatie van de centrifuge is er aanvullend onderzoek nodig.

Abstract (English)

Losses can be found in every brewery. This is no different in Brewery Bell-Vue. This brewery is one of the four breweries of Inbev Belgium, with a market share of 56.3%. Worldwide Ab Inbev is the largest brewery chain in the world. The goal of this thesis is to reduce the losses in the brewery by taking action in the production process.

Firstly a statistical analysis was performed to look for trends in the losses. Afterwards the cause of these losses was researched. This was executed by taking samples at certain spots in the production process. The dry matter content of these samples were analyzed in the lab. The biggest losses occur during dry-hopping and fermentation.

The dry-hop setup had several solutions tested: Firstly another dry-hop method and secondly a lower transfer rate between the dry-hop tank and the cold ageing tank were tested. Adding the hop during fermentation resulted in an increase in losses and the formed aroma differed. Lowering the transfer rate resulted in a decrease in losses, however the production time lengthened. A large part of the losses in the fermentation are caused by the centrifuge. To optimize the centrifuge, further research is necessary.

1. Inleiding

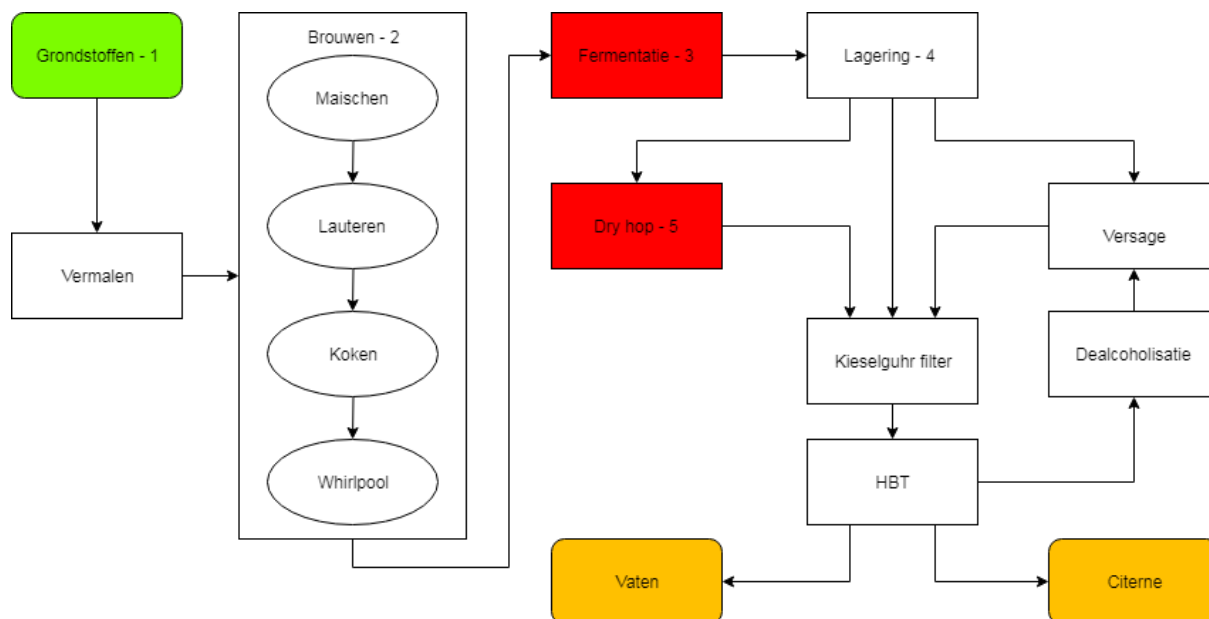
1.1 Situering

Anheuser-Busch InBev of afgekort AB Inbev is de grootste brouwerijketen ter wereld. AB Inbev is ontstaan door de overname van het Amerikaanse Anheuser-Busch in 2008 door Inbev dat op zijn beurt een fusie was van het Belgische Interbrew en het Braziliaanse Ambev in 2004. In totaal wordt er door AB Inbev 507 miljoen hl bier gebrouwen.[1] Dit is zeer veel want de jaarlijkse bierconsumptie in België bedraagt 8 miljoen hl[2]. Met deze hoge productie werd dan ook een omzet van 56 miljard USD gerealiseerd in 2017.

Inbev België heeft tegenwoordig nog 4 brouwerijen, nl. Leuven (bekend van Stella Artois), Jupille (bekend van Jupiler), Hoegaarden (bekend van het gelijknamige witbier) en Sint-Pieters-Leeuw ook wel brouwerij Belle-Vue genoemd. Met een marktaandeel van 56,3% is Inbev België duidelijk de grootste speler op de markt.

Belle-Vue werd in 1913 opgericht door Philemon Vandenstock. Na een reeks overnames van brouwerijen uit de streek en een overeenkomst met de brouwerij Artois, werd Belle-Vue onderdeel van Interbrew en dus later ook van AB Inbev. In het begin werd hier enkel geuze en kriel gebrouwen. In de huidige brouwerij worden er naast deze twee bieren ook andere bieren gebrouwen zoals Hoegaarden.

Op onderstaande afbeelding, Figuur 1, is een schematisch overzicht van de brouwerij weergegeven.



Figuur 1: overzicht brouwerij

De hoofdcomponenten van bier zijn, water, hop, gist en graan. De meest gebruikte graan soorten zijn tarwe en gerst. Deze granen worden ontkiemd, opdat er enzymen gevormd worden en het zetmeel vrijkomt. Het ontkiemde graan wordt mout genoemd. De mout wordt vermalen en vervolgens in water opgewarmd, zodat het zetmeel in het graan kan worden afgebroken door de enzymen tot korte suikers zoals maltose. Deze stap wordt maischen genoemd[3]. Na het maischen bestaat het brouwsel uit wort en de graanresten. Deze graanresten moeten afgescheiden worden van de wort, omdat deze geen functie meer hebben bij het brouwen. Deze stap wordt de wortfiltratie of loutering genoemd. Tijdens de loutering wordt het kaf van het gemalen mout gebruikt als filter materiaal[4]. De volgende stap is het koken van de wort. Het koken heeft verschillende functies. De belangrijkste hiervan zijn het steriliseren van de wort en het denatureren en precipiteren van de enzymen en proteïnen. Tijdens het koken wordt ook nog hop toegevoegd. Hop zorgt voor extra smaak in het bier en zorgt ook voor de bitterheid.[5] Veel van de aroma's in hop zijn echter vluchtig. Om deze aroma's toch in het bier te houden kan de hop op het einde van het koken worden toegevoegd. Een andere manier is via *dry hopping*. Bij het dry hoppen wordt het bier gemengd met hop of hoppellets terwijl het bier al is afgekoeld. Na het koken moeten de hop partikels terug worden afgescheiden. Dit gebeurt met een whirlpool. Het bier wordt tangentieel binnengebracht, zodat er een draaikolk ontstaat. Hierdoor worden de onoplosbare stoffen opgehoopt in het midden. [6]Na de whirlpool is de wort klaar om over te gaan naar de fermentatietanks. Er gist toegevoegd en de wort wordt belucht. Door de beluchting kan de gist propageren om de fermentatie te versnellen. Eenmaal de O₂ opgebruikt, gaat de gist over op anaerobe fermentatie en wordt de ethanolproductie bevorderd. Na de fermentatie bevat het bier veel gistcellen.[7] Met behulp van een centrifuge kunnen deze gistcellen uit het bier gehaald worden om zo een helder groen beer te bekomen.[8] Dit groen bier wordt over gebracht in een lageringstank waar het een aantal dagen in blijft. Na de lagering kan het bier nog gemengd worden met een groot aantal additieven. Dit kan op twee manieren. Het bier kan gemengd worden met extracten, zoals het extract van citrusvruchten, maar ook suikers. Vervolgens wordt het bier gefilterd en overgebracht naar een helder bier tank (HBT) alvorens het gebotteld wordt. Een uitgebreid schema van de brouwerij staat in bijlage 1.

1.2 Probleemstelling

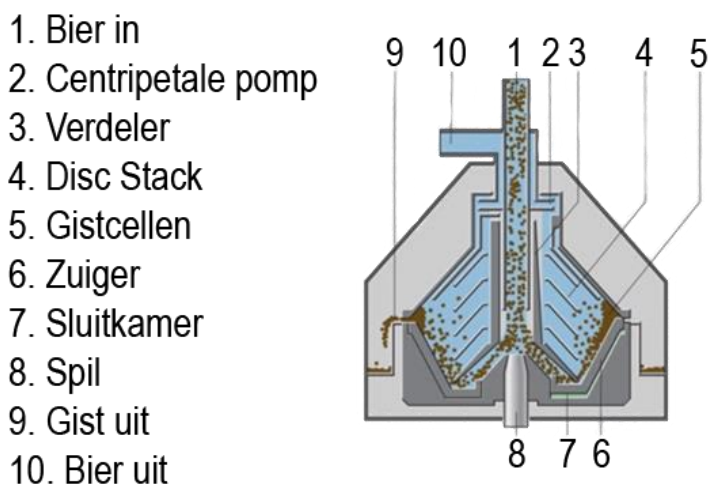
In een brouwerij is het belangrijk dat er tijdens het brouwen zo min mogelijk bier verloren gaat. In grote brouwerijen wordt dit bier verlies opgevolgd door het extractverlies. Het extract wordt berekend als het bruikbare deel van de grondstoffen. Van iedere grondstof is het percentage dat nuttig is bij het maken van bier gekend. Het totale extract wordt gerekend met deze percentages en het gewicht van de toegevoegde grondstoffen. Het extractverlies is dan het verschil tussen het totale extract en het extract in het bier dat de brouwerij verlaat. In Tabel 1 staan enkele doelstellingen van de Belle-Vue brouwerij.

Tabel 1: Doelstellingen brouwerij

		Maandelijkse resultaten: januari 2018		
KPI	eenheid	Plan	Actueel	status
Totale productiviteit	hlN/h	1,9	2,2	
Waterverbruik	hl/hlN	10,8	9,8	
Energieverbruik	Gj/hlN	299,5	295,5	
Bierverlies	%	5,4	6	

Alle doelstellingen zijn behaald behalve één, het bierverlies. Het voorop gestelde doel van 5,4% werd niet gehaald en de verliezen bedragen 6% in de maand januari. Tijdens alle processen en transfers die het bier ondergaat, treden er verliezen op. Dit onderzoek richt zich op de verliezen van de centrifuge na fermentatie en de dry hop installatie, beide in het rood op Figuur 1.

De eerste plaats waar er veel verliezen optreden is de centrifuge na de fermentatie. Het bier bevat nog zeer veel gistcellen. Om een helder bier te verkrijgen, moet deze gist uit het bier verwijderd worden. Bij Belle-Vue wordt een centrifuge gebruikt om de gistcellen te scheiden van het bier. Zoals bij andere scheidingsmethoden, wordt er altijd extract mee afgescheiden samen met de gist. De gebruikte centrifuge is een disc stack centrifuge (DSC). Deze DSC is schematisch voorgesteld in Figuur 2.



Figuur 2: schematische voorstelling DSC [9]

De schijven zorgen ervoor dat de weglengte van de gist cellen langer is. Bijgevolg kan er een betere scheiding bekomen worden. De gistcellen hopen op aan het breedste deel. Bij het verwijderen van de gistcellen wordt er ook onvermijdelijk bier mee afgescheiden.

Een tweede bewerking waar veel verliezen optreden is de dry-hop installatie. Om extra hoparoma's toe te voegen aan het bier, wordt een dry hop installatie gebruikt. Tijdens het proces worden hoppartikels meegesleurd die een laag vormen op de bodem. Bij het legen van de tank gaat er bier verloren dat in deze hoplaag blijft zitten. [5]

1.3 Doelstelling

Het doel van dit project is om de extractverliezen te verminderen zodat de totale verliezen minder dan het gestelde doel van 5,35% bedragen. Deze optimalisaties worden uitgevoerd in de brouwerij zodat de resultaten in de praktijk kunnen worden vergeleken.

1.4 Methode

1.4.1 Verliezen

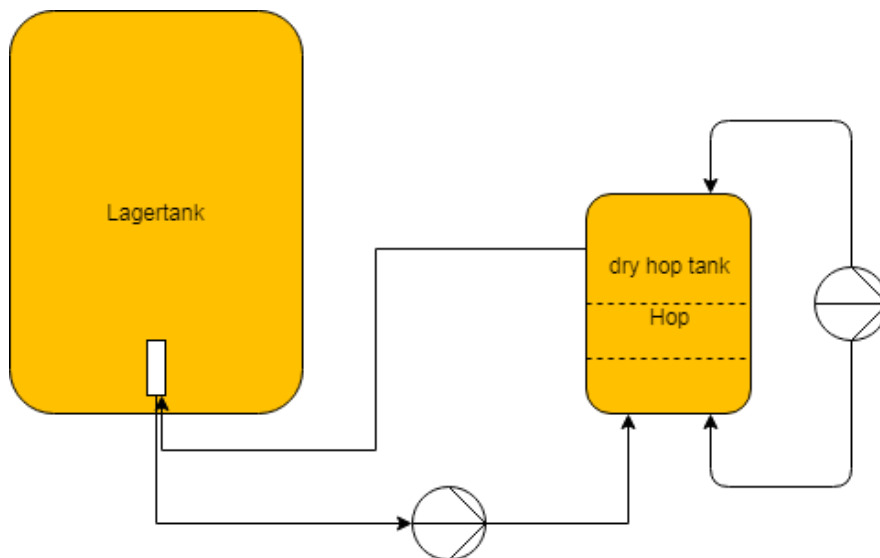
In de brouwerij is een databank beschikbaar waar alle transfers tussen de verschillende afdeling in staan. Voor alle transfers staat zowel het volume en de hoeveelheid extract op gelijst. De data gaan terug tot eind 2016. Om de oorzaak van de verliezen te achterhalen, wordt er gekeken of er duidelijke trends te vinden zijn. Een belangrijke parameter om te bekijken is de fermentatie tijd. De fermentatietijd kan een indicatie zijn voor het aantal gistcellen in het bier dat op zijn beurt de scheiding in de centrifuge beïnvloedt. Omdat enkel de transfers per afdeling ingegeven wordt, zijn bijkomende testen nodig om de oorzaken van deze verliezen te achterhalen.

1.4.2 Groen bier centrifuge

Zoals eerder vermeld, scheidt een DSC het bier van de gist. Gemiddeld bevat het bier 20 miljoen gistcellen per ml in de fermentor. Het bier bevat na de centrifuge nog 200 tot 500 duizend cellen per ml. De gist die ophoopt in de centrifuge, wordt periodiek uit de centrifuge verwijderd d.m.v. schoten. Door het wegvallen van de tegendruk gaat de kamer open en wordt de gist door de rotatie weggeschoten. Het is belangrijk dat er zo min mogelijk verontreiniging met O_2 ontstaat bij een schot. O_2 oxideert de smaakaroma's van het bier waardoor het bier minder lang zijn smaak behoudt. De intervallen tussen de schoten worden automatisch bepaald door de troebelheid van het bier te meten bij de ingang en de uitgang van de centrifuge. Bij ieder schot van de centrifuge komt er onvermijdelijk een beetje O_2 mee in het bier. Op de uitlaat van de centrifuge is een O_2 -meter geïnstalleerd. Door het aantal pieken te tellen op de O_2 -meting, kan bepaald worden hoeveel schoten er tijdens de run zijn geweest. Als vervolgens de verliezen per schot bepaald kunnen worden, wordt het totale verlies in de centrifuge bepaald.

1.4.3 Dry hop

De dry hop bevindt zich in de koude lagering. Vanuit de lagertank wordt het bier naar een aparte tank gepompt. De werking wordt schematisch voorgesteld op Figuur 3.



Figuur 3: Dry hop installatie

De dry hop tank bevat de hop tussen twee roosters. Na het vullen wordt het bier eerst van boven naar onder gepompt in de dry hop tank en vervolgens terug van beneden naar boven. Daarna wordt het bier terug naar de lager tank gepompt. Dit is 1 cyclus. Afhankelijk van het bier en de grootte van de batch zijn er tussen 5 en 15 cycli nodig om genoeg hoparoma's in het bier te krijgen. Bij het rondpompen van het bier, worden ook hoppartikels meegevoerd door de vloeistof stroom. Om de hoppartikels tegen te houden, zat er eerst een filter tussen de dry hop en de lagertank. Deze filter verstopte echter gemakkelijk waardoor de filter nu niet meer gebruikt wordt. Deze hoppartikels komen vervolgens terecht in de lager tank. Hier bezinken ze en vormen een laag op de bodem. Het vat wordt ook langs onder leeggepompt dus er wordt veel bier verloren dat in de hoplaag blijft zitten. Een mogelijke oplossing zou kunnen zijn om terug een filter te plaatsen die beter geoptimaliseerd is zodat er minder verstoppingen optreden. Door deze filter komen er veel minder hoppartikels in de lagertank waardoor er geen purge meer nodig is. Een tweede oplossing is het toevoegen van een flocculant zodat de hoppartikels een meer homogene koek vormen waardoor de verliezen verminderd kunnen worden.[10], [11] Het is ook mogelijk om het transferdebiet tussen de dry hop tank en de lager tank te verlagen opdat er minder hop zou worden meegesleurd.

2. Literatuurstudie

2.1 Het brouwen van bier

2.1.1 Grondstoffen

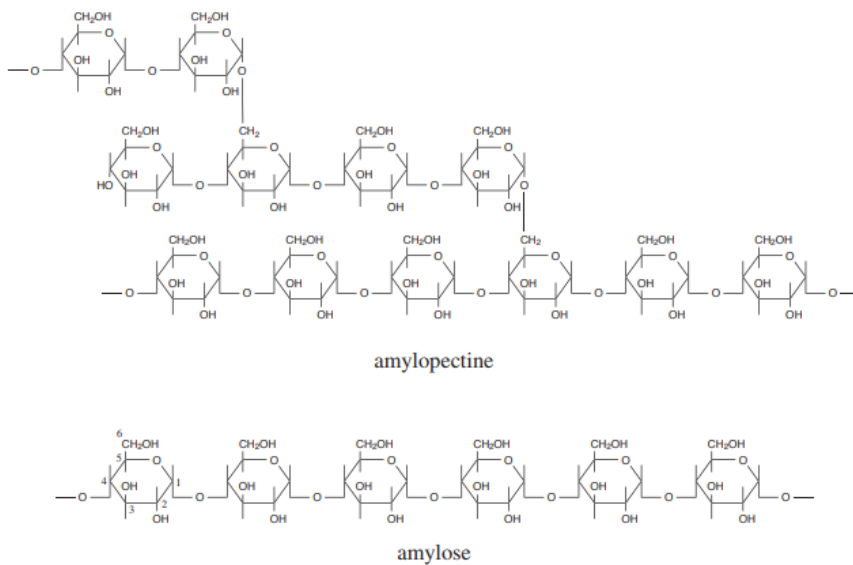
De basis grondstoffen van bier zijn water, gist, hop en mout, zoals te zien in Figuur 4. Mout is een verzamelnaam voor ontkiemde graankorrels. Gerst is de meest gebruikte graansoort voor het brouwen van bier, gevolgd door tarwe. Tarwe wordt vooral gebruikt in witbieren. Voor enkele bieren wordt ook maïs gebruikt. De graankorrels worden eerst verwerkt tot mout in de mouterij. Hier worden de processen op het veld nagebootst waardoor de graankorrels ontkiemen. De eerste stap van het mouten is het onderdompelen in water van 15 °C zodat de graankorrels vocht opnemen. Vervolgens kunnen de graankorrels ontkiemen. Dit proces duurt enkele dagen en kan niet in het bad uitgevoerd worden omdat de graankorrels ook O₂ nodig hebben. De korrels worden uitgespreid in een laag van 20 – 100 cm zodat er genoeg O₂ bij kan terwijl de korrels ook nog bevochtigd kunnen worden. Door het hoge vochtgehalte zijn de graankorrels echter vatbaar voor schimmels. De laatste stap van het mouten is eesten. Bij et eesten worden de korrels gedroogd zodat het vochtgehalte terug daalt en de ontkiemde graankorrels, mout, gestockeerd kan worden.[12] Door het drogen op hoge temperatuur worden ook kleur en smaak verbindingen gevormd door Maillard reacties. De belangrijkste bestanddelen in mout zijn het zetmeel en de enzymen. Daarnaast bevat de mout ook cellulose. Cellulose is net zoals zetmeel opgebouwd uit glucosemoleculen maar opgebouwd uit β -1-4-binding waardoor het moeilijk kan afgebroken worden door de enzymen in de graankorrels, α -amylase en β -amylase. Cellulose kan dan ook niet gebruikt worden bij het brouwen van bier. In grote brouwerijen wordt enkel verder gerekend met de bruikbare bestanddelen. Deze worden het extract genoemd. Voor de verschillende moutsoorten is bekend hoeveel nuttig te gebruiken is. De totale hoeveelheid extract dat de brouwerij binnengaat kan bijgevolg berekend worden door het gewicht van de mout te vermenigvuldigen met het percentage dat nuttig te gebruiken is. Het extract wordt dan uitgedrukt in kg. [13]



Figuur 4: ingrediënten van bier [14]

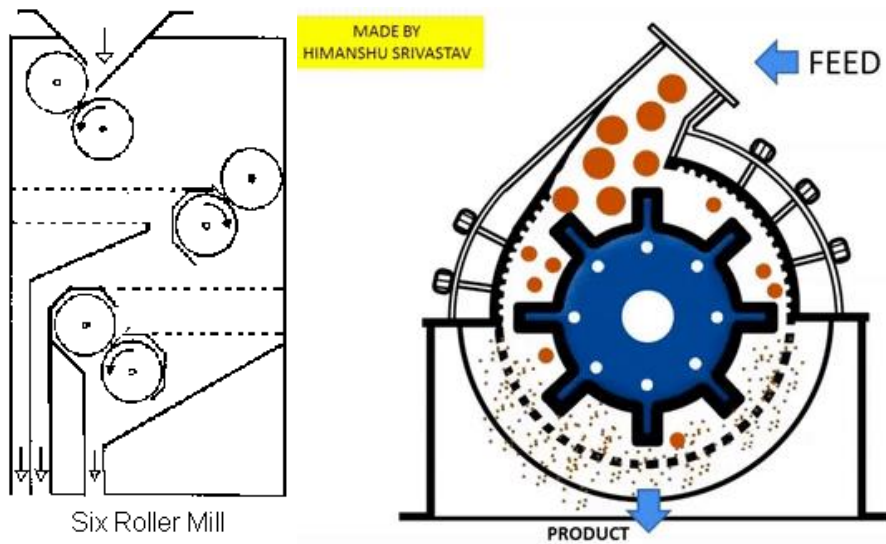
2.1.2 Maischen

Tijdens het maischen zorgen zowel α - als β -amylase voor de afbraak van het zetmeel. Zetmeel is opgebouwd uit twee polysacchariden, amylose en amylopectine, die beide een aaneenschakeling zijn van glucosemoleculen. Amylose is een niet-vertakte keten met enkel α -1,4-bindingen. Anderzijds bevat amylopectine nog bijkomende α -1,6-bindingen. Zoals te zien in Figuur 5 Dit zorgt ervoor dat amylopectine een vertakte keten bevat en de enzymatische afbraak bemoeilijkt wordt. α -1,6-bindingen worden niet afgebroken door amylase. β -Amylase is een exo-enzym en splits maltose af van de zetmeel keten. Dit is een exo-enzym omdat het steeds aan de uiteindes van de ketens afknipt. α -amylase daarentegen is een endo-enzym en knipt de lange ketens in kortere ketens via dextrines naar kleiner suikers zoals maltose en glucose.[15]



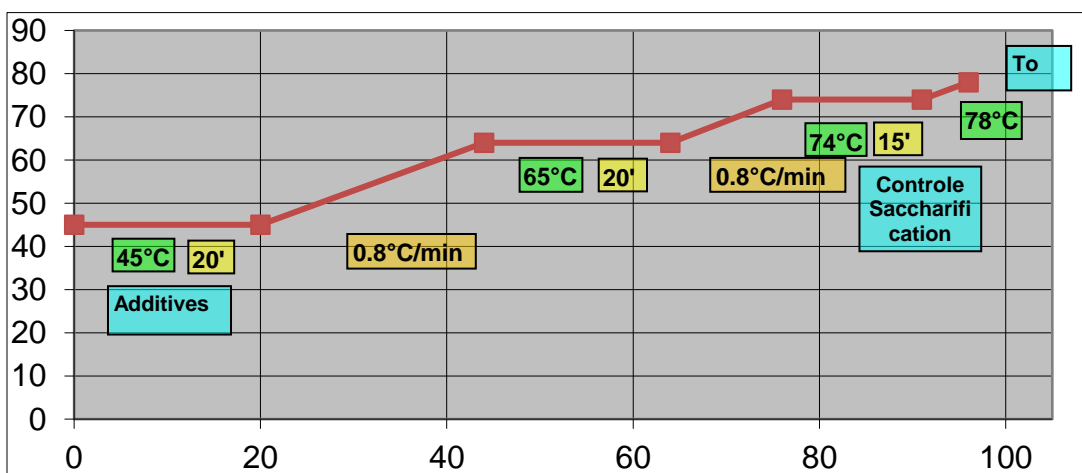
Figuur 5: structuur van amylopectine en amylose[15]

Eerst moet het zetmeel beschikbaar gesteld worden door het mout te vermalen. Malen kan met behulp van een walsmolen of met een hamermolen. Een schematische voorstelling van beide types is weergegeven in Figuur 6. In brouwerij Belle-Vue wordt gebruikt van een walsmolen. Een walsmolen kan opgebouwd zijn uit zes, vijf of vier rollen. Een molen met zes rollen wordt het meest gebruikt. Het eerste paar rollen zorgt voor een grove maling van de moutkorrels. Vervolgens filtert een vibrerende zeef de fijne bloem van de grotere componenten. De bloem gaat rechtstreeks verder terwijl de grotere componenten verder gaan naar een tweede paar rollen. De grotere componenten bestaan vooral uit kaf met grof gemalen mout. Het volgende paar rollen zorgt ervoor dat de rest van het mout wordt vermalen met zo min mogelijke schade aan het kaf. De laatste rollen worden ingesteld op een gewenste grote van het resterende kaf. De hamermolen daarentegen vermaalt alles tot schroot zodat het kaf niet meer geschikt is als filterbed in de lauterton (zie verder). In een hamermolen draaien stalen hamers aan een snelheid tussen 60 en 100m/s.



Figuur 6: schematische voorstelling van wals- en hamermolen[16], [17]

Het schroot wordt nu gemengd met water. Om de enzymen optimaal te laten werken wordt het water opgewarmd. Door het opwarmen van het water gaat het zetmeel ook gelatiniseren waardoor de werking van de enzymen nog bevordert wordt. In moderne brouwerijen wordt er een heel temperatuur profiel doorlopen omdat de verschillende enzymen elk een andere optimale werkingstemperatuur hebben. In Figuur 7 staat een voorbeeld van een temperatuur profiel uit de brouwerij Belle-Vue. Naast de temperatuur speelt ook de pH een belangrijke rol bij de werking van de enzymen. Om de pH optimaal te houden, wordt er gebruik gemaakt van melkzuur. Melkzuur is het meest geschikt omdat er op het mout bacteriën zitten die melkzuur produceren. Er wordt bijgevolg geen extra vreemde stof toegevoegd aan het brouwsel. Melkzuur kan ook eenvoudig in een brouwerij gemaakt worden. Melkzuur wordt ook geproduceerd door een gistingsreactie. Een alternatief is het gebruik van zwavelzuur om de pH te verlagen. Voor enkele bieren, wordt er ook maïs gebruikt bij het brouwen. Het zetmeel in maïs wordt pas geëlatineerd bij een temperatuur van 73-79°C. Dit is veel hoger dan in de maischketel. Als er met maïs gebrouwen wordt moet er een extra kookketel voorzien worden, *cereal cooker*. [3]



Figuur 7: temperatuur profiel tijdens maischen[18]

2.1.3 Lauteren

Na het maischen bevat het brouwsel, vanaf nu wort, nog veel onopgeloste graan partikels. Deze partikels zijn niet meer nodig voor de rest van het proces en worden gefilterd met een lauterton. Een lauterton heeft een dubbele bodem. Deze dubbele bodem bevat perforaties zodat het wort erdoor kan, maar het kaf niet. Doordat er veel kaf in het wort zit, ontstaat er een dikke filterkoek. Deze filterkoek helpt bij de filtratie van het wort. Als er echter een hamermolen gebruikt werd bij het vermalen van de mout, is het kaf niet meer geschikt als filterbed. Een mogelijke oplossing hiervoor is het gebruik van een geperforeerde folie gemaakt van polypropyleen. Om zoveel mogelijk extract uit de filterkoek te halen, wordt er gespoeld met warm brouwwater. Dit water moet in de volgende stap terug weg gekookt worden om de concentratie van extract hoog genoeg te houden. Bij voorkeur vindt de lautering plaats op een hoge temperatuur zodat de filtratie het snelst verloopt. De viscositeit van de vloeistoffen daalt namelijk bij hogere temperaturen. De temperatuur mag echter niet te hoog zijn. Als al het zetmeel is omgezet in suikers wordt de temperatuur verder opgedreven zodat alle enzymen denatureren. Door dichtheidsmetingen wordt bepaald hoeveel extract aanwezig is in het wort. Deze dichtheid wordt gemeten in graden Plato (°P). 1°P komt overeen met 1g extract per 100g wort.[19], [20], [4]

2.1.4 Koken

Na het lauteren, moet het wort gekookt worden. Door het koken wordt het water dat werd toegevoegd in de lauterton terug verdampt zodat de extract concentratie hoog blijft. Dit is echter niet de enige functie van de kookketel. Door het koken worden de micro-organismen die nog in wort zitten af gedood en wordt het wort steriel. Bij opwarming van het wort denatureren de enzymen die nodig waren bij het vrijzetten van de suikers. Hop wordt ook toegevoegd bij het koken. De bestanddelen van hop en hun functie wordt later besproken. Tijdens het koken slaan ook eiwitten neer en worden er melanoïdinen gevormd via een maillard reactie. Deze melanoïdinen zorgen ervoor dat de zuurstof die terecht komt in het bier gereduceerd wordt zodat de kwaliteit van het bier langer stabiel blijft. Zuurstof heeft onder andere een grote impact op de smaak van het bier. Ongewenste aromacomponenten worden ook verwijderd omdat deze vluchtig zijn. Voorbeelden van deze aroma componenten ontstaan bij de degradatie van vetten zoals er pentanal, hexanal en heptanal. Het belangrijkste degradatie product is trans-2-nonenal. Dit aldehyde zorgt voor ervoor dat het bier een papier en karton smaak krijgt.[5]

2.1.5 Whirlpool

De hoppartikels samen met de neergeslagen eiwitten moeten worden afgescheiden. Sinds 1960 wordt dit meestal gedaan met een whirlpool. Deze methode is meer kost efficiënt dan andere methoden voor het afscheiden van vaste stoffen uit een warme vloeistof. De whirlpool bestaat uit een verticale cilinder zonder interne onderdelen. Het wort wordt tangentieel binnen gebracht waardoor de vloeistof gaat draaien. Deze draaibeweging zorgt voor het ontstaan van een draaikolk, whirlpool. In de whirlpool kan het geklaarde wort langs de zijkant worden afgetapt en de vaste partikels hopen op in het midden.[6]

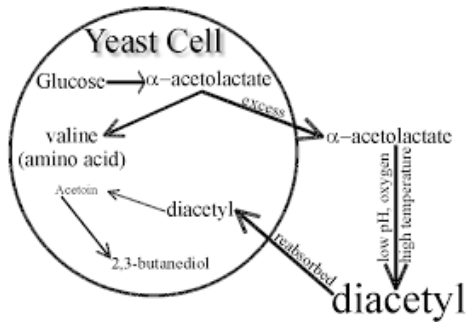
2.1.6 Fermentatie

Vanuit de whirlpool wordt het wort verpompt naar de fermentor. In de brouwerij van Belle-View zijn hier twee duidelijk verschillende paden. Het wort is gesteriliseerd bij het koken, daarom wordt er bij bijna alle bieren gesteriliseerde lucht gemengd met het wort. Er wordt ook gist toegevoegd in de fermentor. Door

de zuurstof en de suikers gaat de gist propageren in de fermentor. Eens de zuurstof opgebruikt gaat de gist over op anaerobe ademhaling met de vorming van alcohol als bijproduct. Voor de fermentatie van de lambiekbieren wordt er echter lucht uit de omgeving gemengd met het bier. Omgevingslucht wordt gebruikt omdat in de Zennevallei, de vallei rond het Brussel waar de brouwerij ligt, de lucht een gist soort bevat die enkel voorkomt in deze streek. Na het toevoegen van de gist wordt het wort *Green beer* genoemd. Tijdens de fermentatie daalt de extractconcentratie, omdat de suikers worden gemetaboliseerd door de gist. Als een bepaalde concentratie bereikt is, is het green beer volledig gefermenteerd. [21]

Na de fermentatie wordt het bier zeer snel gekoeld. De temperatuur is bier afhankelijk. Door het afkoelen gaan de gistcellen zinken en slaan de proteïnen neer. Het bier wordt enkele dagen gekoeld bewaard zodat de gist en de proteïnen bezonken zijn. Bij troebele bieren zoals Hoegaarden is het echter niet nodig om sterk te koelen. De troebelheid van het bier wordt veroorzaakt door de proteïnen die nog in het bier zitten. Vervolgens wordt er gepurgeerd. De purgeersnelheid mag niet grotere zijn dan 1% van het fermentor volume zodat er geen preferentiële kanalen gevormd worden in de gesedimenteerde gist. Na het purgeren kan er nog gecentrifugeerd worden om het bier verder te klaren. Een centrifuge is echter efficiënter als er minder tijd is tussen de crash cooling en de centrifugatie. De proteïnen en gistcellen zitten dan nog in suspensie zodat ze gemakkelijk door de centrifuge worden verwijderd. De centrifuge zorgt bijgevolg voor een grote tijdsbesparing in de fermentatie. Na een kleine spui, wordt het bier door een disc stack centrifuge gestuurd. Door de verschillende platen wordt de weg die de gist cellen afleggen verlengd waardoor een betere scheiding kan bekomen worden. Aan de hand van een turbiditeitsmeting wordt bepaald wanneer de gistcellen worden weggeschoten. Voor deze schoten wordt gebruik gemaakt van DAW en CO₂ zodat er minder O₂ in het bier komt. O₂ kan echter niet volledig vermeden worden. Op de uitlaat van de centrifuge is een O₂-meter geïnstalleerd. Bij ieder schot is er een piek waar te nemen. Deze pieken kunnen geteld worden om te bepalen hoeveel schoten de centrifuge heeft gebruikt tijdens de verwijdering van de gist.

Tijdens de fermentatie worden verschillende nevenproducten gevormd, zoals: diacetyl, hogere alcoholen, esters, aldehyden en zwavelverbindingen. Deze laatste twee worden samengenomen als green beer aroma componenten. Vooral diacetyl en de green beer aroma componenten zorgen voor een ongebalanceerde en onrijpe smaak. Diacetyl ontstaat door een oxidatieve decarboxylatie van α -acetolactaat. Dit is een precursor voor het aminozuur valine. Hierdoor wordt diacetyl voornamelijk in het begin van de fermentatie gevormd wordt wanneer er nog O₂ in het bier zit. Diacetyl wordt terug opgenomen door gistcellen waar het gereduceerd wordt tot acetoïne of butaandiol. In Figuur 8 wordt dit proces schematisch voorgesteld. De smaak van deze stoffen is veel minder intens dan het aroma van diacetyl.[22] Na centrifugatie wordt het bier overgebracht in lagertanks. In de lagertanks wordt het bier bewaard tot deze stoffen zijn verwijderd. Door de diacetylconcentratie op te volgen, wordt de lagering opgevolgd. Als de diacetylconcentratie onder de richtwaarde van 0,1mg/l is gezakt, is de lagering voltooid.[23]



Figuur 8: vorming en afbraak van diacetyl [24]

Vervolgens kan het bier rechtstreeks naar de filter gepompt worden. Het bier bevat nog partikels die gesuspendeerd zijn in het bier. Zo zitten er nog gemiddeld 200 tot 500 duizend gistcellen per ml in. De meest gebruikt filter is een kieselguhrfilter. Kieselguhr of diatomeeënaarde is een sedimentair gesteente met een hoog silica gehalte. Het is ontstaan door het fossiliseren van microalgen. Het is een zeer inert en poreus gesteente waardoor het zeer geschikt is als filter materiaal. [25], [26], [27]

2.2 Dry hop

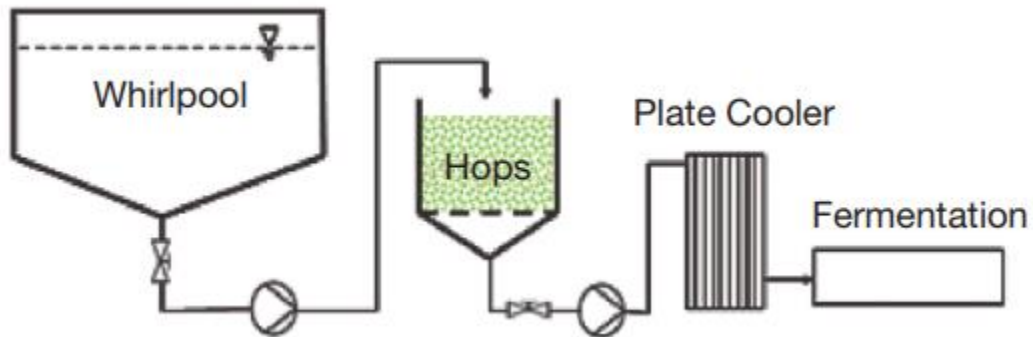
2.2.1 Componenten

Hop bevat een aantal componenten die belangrijk zijn bij het brouwen van bier. De belangrijkste component zijn de alfa- en betazuren. Door het koken van het wort, gaan ze isomeriseren om zo de bittere smaak van het bier te bekomen. Door het isomeriseren krijgen ze echter ook een bacteriostatische werking. Hop bevat ook polyfenolen. Deze polyfenolen werken als antioxidant zodat de smaak van het bier beter gestabiliseerd wordt. Bij het koken reageren deze polyfenolen met de eiwitten in het wort waardoor deze neerslaan. Eén van de polyfenolen in hop is xanthohumol en deze stof werkt anti-carcinogeen vooral bij borstkanker. De derde belangrijke component is de hopolie, hoewel hop maar uit 0,5% uit hop olie bestaat, bevat deze heel veel aroma componenten die voor veel smaak in het bier zorgen. De aroma's bestaan uit verschillende terpenen. De belangrijkste hiervan zijn: myrceen, humuleen, caryophelleen, linalool en farneseen. De hop olie bestaat voor 40-60 % uit myrceen. Myrceen en humuleen hebben een kookpunt van respectievelijk 63,9 °C en 99 °C. Deze componenten worden bijgevolg grotendeels verwijderd bij het koken. Hop wordt hierdoor vaak in verschillende stappen toegevoegd aan het bier. Bitterhop wordt toegevoegd bij het begin van het koken. Deze hop bevat veel alfazuur en weinig aromacomponenten. Op het einde van het koken kan dan aromahop worden toegevoegd zodat de terpenen minder tijd hebben om verwijderd te worden.[28], [29] Om meer uitgesproken hoparoma's te bekomen zijn er nog een aantal andere methoden beschikbaar. Een tweede nadeel van deze terpenen is dat ze gemakkelijk oxideren. Om de kwaliteit hoog te houden moet contact met O₂ gemeden worden. O₂ oxideert de aromacomponenten waardoor de smaak verloren gaat. [30], [31]

2.2.2 Proces

De methoden om hoparoma's toe te voegen aan het bier kunnen verdeeld worden in twee grote groepen, *late hopping* en *dry hopping*. Late hopping wordt uitgevoerd als het wort nog warm is. Dit kan door vlak voor het einde van het koken nog extra hop toe te voegen. Omdat het wort niet lang meer gekookt wordt, hebben de aroma componenten geen tijd om te verdampen. Een andere manier is het gebruik van een

hop back. Zoals te zien op Figuur 9, wordt het wort na de whirlpool over de hop gepompt om een goed contact tussen wort en hop te creëren. Omdat het wort nog warm is moet deze na het hoppen afgekoeld worden alvorens het wort naar de fermentor kan gaan.[32][33]



Figuur 9: hop back [34]

Dry hoppen daarentegen wordt gedaan op lagere temperatuur. Allereerst kan er hop toegevoegd worden in de fermentor. Door de vorming van CO₂ tijdens het gisten worden de vluchtige componenten echter ook weer meegesleurd. De hop wordt pas tegen het einde van de fermentatie toegevoegd worden. De fermentatie duurt niet altijd even lang. Hop wordt daarom toegevoegd 1°P voor het einde van de gisting. De gist is nog actief maar er wordt niet genoeg CO₂ meer gevormd om de aroma componenten mee te slepen. De hop wordt van boven in de fermentor toegevoegd en zinkt langzaam naar de bodem. Het bezinken kan enkele dagen duren waardoor er een groot contactoppervlak tussen de hoppellets en het bier en een lange verblijftijd is tijdens dit proces. Het voordeel van deze methode is dat de gist de zuurstof die meekomt met de hop nog kan reduceren. Hierdoor blijft de smaak van het bier langer stabiel. De aromacomponenten in de hop kunnen gebonden zijn met suikers. Door de hop tijdens de fermentatie toe te voegen, gaan deze suikers gefermenteerd worden waardoor de aromacomponenten vrijkomen. [35]

Een tweede methode is dry hoppen in een aparte tank tijdens de lagering. Een deel van het bier uit de lagertank wordt naar deze tank gepompt en dan gecirculeerd zodat er een goede uitwisseling is tussen het hop en het bier.[34] Na het circuleren wordt het bier terug naar de lagertank gepompt. Deze cyclus wordt een aantal keer herhaald totdat het bier genoeg hoparoma's bevat. Dit wordt voornamelijk gedaan door te proeven. De hop wordt als hoppellets toegevoegd aan de dry hop tank tussen twee roosters. Bij het circuleren van het bier lossen pellets gedeeltelijk op waardoor ze met het bier worden meegesleurd. Om te voorkomen dat deze hoppartikels verstoppingen veroorzaken of terecht komen in de lagertank, kan er een filter geplaatst worden die de hoppartikels tegenhoudt. Bij deze methode ondervinden de hoppellets echter hoge schuifspanningen waardoor er een plantaardiger smaak ontstaat dan bij de andere dry hop methoden. De maximale grootte van de hoppartikels die worden meegesleurd kan berekend worden via de wet van Stokes. Deze deeltjesgrootte is afhankelijk van de snelheid van het fluïdum. En wordt gegeven door de volgende formule

$$r = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{v \cdot \mu}{\rho_p \cdot \rho_f}}$$

r=maximale straal van een partikel dat wordt meegesleurd

v=snelheid van het fluïdum (bier)

μ =dynamische viscositeit van het fluïdum=1.5182 kg/m*s

ρ_p = dichtheid van de partikels=1,075 g/ml

ρ_f = dichtheid van het fluïdum=1,008 g/ml

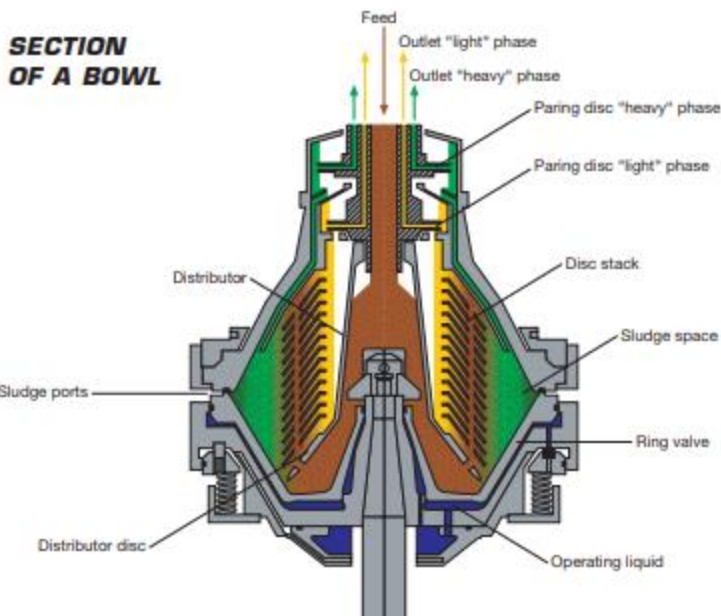
De snelheid van het fluïdum kan berekend worden via de diameter van de tank en het transferdebiet.

De eenvoudigste dry hop methode die al meer dan 200 jaar wordt toegepast is het toevoegen van hop tijdens de opslag van het bier zodat er een lange contacttijd is om hop olie op te lossen. Onopgeloste deeltjes blijven ook in het bier zitten waardoor er nog extra gefiltreerd moet worden. Het is ook mogelijk om de hop in een zak te steken met een kleine poriegrootte. Het bekomen smaakprofiel is echter niet reproductief door grote verschillen in verblijftijden. Ook kan de hoeveelheid hop enkel experimenteel bepaald worden om de juiste smaak te bekomen.[36], [37], [38]

2.3 Groen bier centrifuge

2.3.1 Werking DSC

Na de fermentatie bevat het bier veel gistcellen. Klassiek wordt deze gist verwijderd door het bier sterk te koelen zodat alle gist sneller naar de bodem zakt. Daarna wordt de gist gepurgeerd. Nadat de gist is afgepurged, kan het bier afgetapt worden en over gebracht worden naar de lagering. Het nadeel van deze methode is dat ze lang duurt. De koelstap duurt 48u en daarna moet de gist eerst bezinken en dan langzaam worden afgepurged, 1% $V_{\text{fermentor}}/h$. Deze snelheid wordt laag gehouden zodat er geen preferentiële kanalen worden gevormd in de gist koek. Bij het gebruik van een centrifuge moeten de gistcellen niet bezinken maar mogen hier in suspensie blijven. Een DSC is hiervoor zeer geschikt. Door de schijven wordt de afstand die de gistcellen moeten afleggen verlengd en is er een lager toerental nodig dan bij een normale centrifuge.[39] Op Figuur 10 is de werking van de DSC schematisch weergegeven.

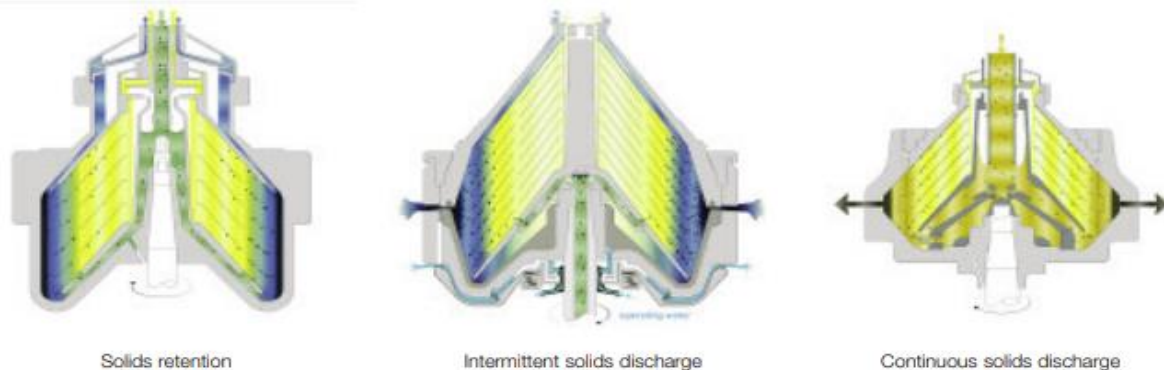


Figuur 10: schema green beer centrifuge[9]

Het bier met de gistcellen komt de centrifuge binnen langs boven en wordt onderaan de centrifuge verdeeld. Het bier verlaat de centrifuge opnieuw langs boven. Het bier moet daardoor eerst passeren langs de schijven van de DSC. Door het draaien van de centrifuge worden er hoge g-krachten opgewekt. Een elektromotor zorgt voor de draaibeweging van de centrale staaf waar de schaal van de centrifuge is op bevestigd. De opgewekte g-krachten zorgen voor een scheiding op basis van dichtheid. De gist cellen hebben een hogere dichtheid dan het bier en worden door de centrifugale kracht naar de zijkant geduwd. Hier hopen de gistcellen op en worden periodisch verwijderd d.m.v. schoten. Bij een schot wordt de tegendruk in de sluitkamer verlaagd waardoor de zuiger opengaat en de gist weg kan. In brouwerij Belle-Vue wordt gebruikt gemaakt van DAW en CO₂. De belangrijkste parameters zijn de draaisnelheid, het voedingsdebiet en de tijd tussen de schoten.

2.3.2 Verschillende modellen.

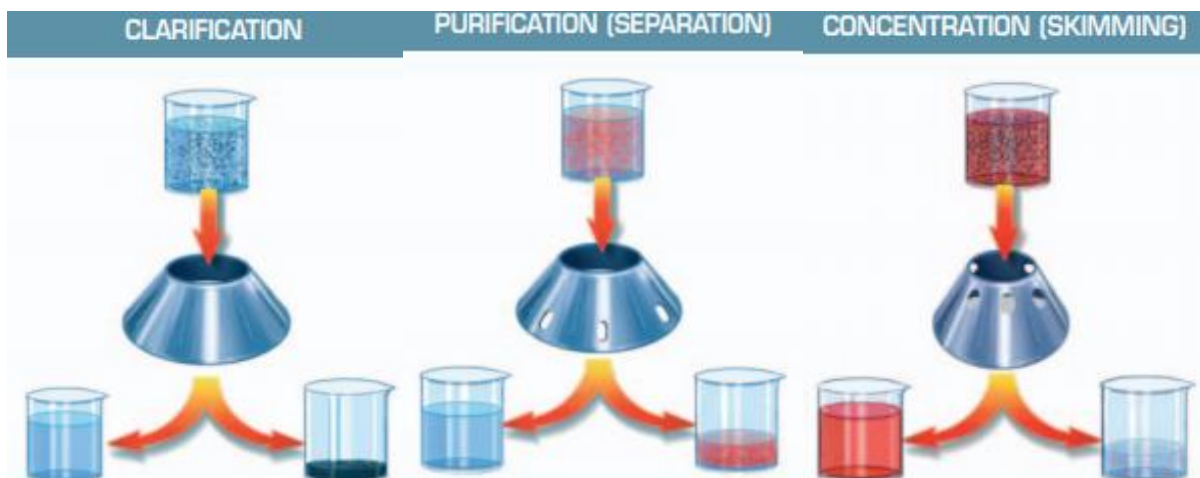
Er zijn nog andere ontwerpen voor een DSC zoals weergegeven in Figuur 11.



Figuur 11: Verschillende modellen van een DSC[40]

Een ander model zorgt voor een constante afscheiding van vaste stof deeltjes. Dit model is geschikt als er zeer hoge hoeveelheden vaste stof aanwezig is. Bij een te lage belasting zou er te veel bier mee afgescheiden worden. Het is ook mogelijk om geen periodieke afscheiding van gistcellen te voorzien. Bij een hoge gist belasting is dit model ook niet geschikt. Door het ophopen van gist, verkleint de bruikbare ruimte in de centrifuge waardoor de scheiding minder goed verloopt. De gistcellen hebben ook een lange verblijftijd in de centrifuge en gaan door de hoge schuifspanningen opwarmen en afsterven. Dit effect heeft een ongewenste invloed op de smaak van het bier. De gistcellen zijn niet bestand tegen de hoge schijfspanning in de DSC en kunnen niet opnieuw gepitcht worden.[39], [41].

Ook de schijven van een DSC kunnen verschillen naargelang het doel van de centrifuge. Voor de klaring van een vloeistof zoals in de brouwerij, worden er volle schijven gebruikt zoals te zien in Figuur 12. Bij de scheiding van twee vloeistoffen, worden er gaten voorzien in de schijven. Afhankelijk van de dichtheid van de meerderheidsfase, worden deze gaten onder- of bovenaan in de schijven voorzien.



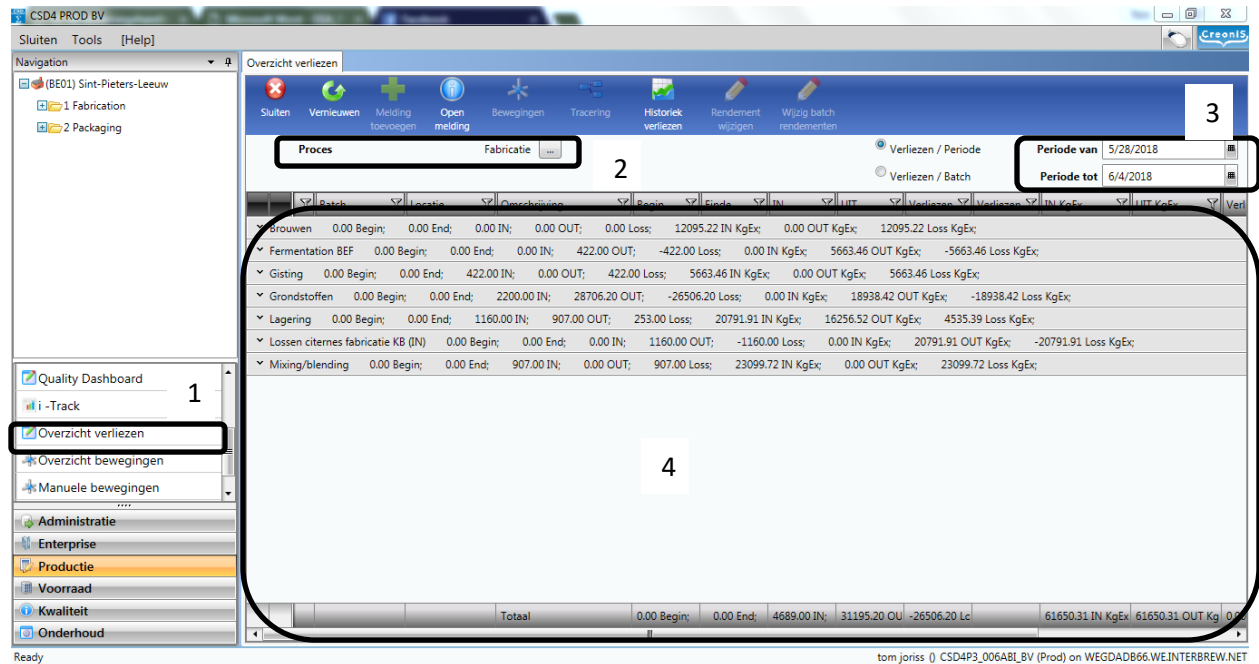
Figuur 12: vorm van de schijven van een DSC [42]

Bij variërende voedingsdebieten kan een DSC eenvoudig aangepast worden zodat de andere parameters constant gehouden kunnen worden. Door het verkleinen van de ruimte in de schaal van de centrifuge kan er eenzelfde toerental behouden worden en de zelfde scheiding bekomen bij een lager debiet.[43][44]

3. Materiaal en methode

3.1 Opsporen van de verliezen

Vooraleer verbeteringen kunnen worden aangebracht in het productieproces, moet er eerst gezocht worden naar de verliesposten. Deze verliesposten werden opgespoord d.m.v. een databank Sigma. In deze databank worden alle transfers tussen de verschillende afdelingen gelogd. In Figuur 1 Figuur 13 is een screenshot te zien van de databank.



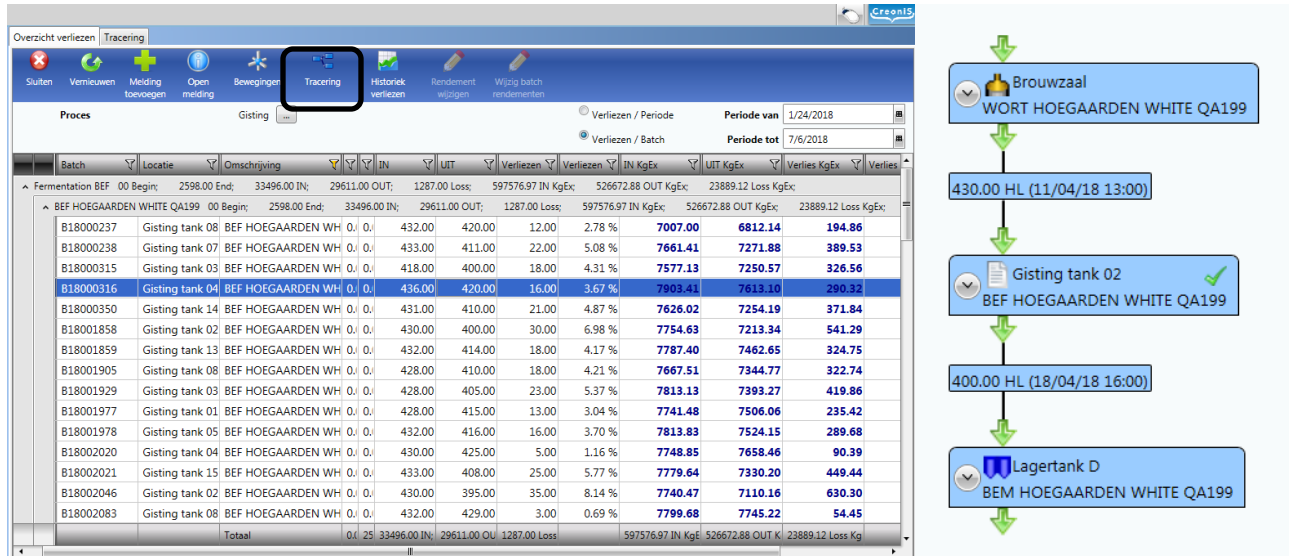
Figuur 13: screenshot van Sigma

In de zijbalk wordt de optie ‘overzicht verliezen’ gekozen, dit komt overeen met nummer één op de figuur. Vervolgens kan er bij nummer twee gekozen worden van welke afdeling de gegevens opgevraagd moeten worden en tenslotte wordt bij nummer drie de periode ingesteld. Alle gegevens die overeenkomen met deze parameters worden gegeven bij nummer vier. Deze databank wordt gebruikt sinds september 2016. De beschikbare gegevens starten bijgevolg ook vanaf deze datum. Per batch wordt een nummer toegekend. Naast dit nummer worden ook de locatie en een omschrijving meegegeven. Voor elke batch wordt gemeten hoeveel volume er binnenkomt en hoeveel er terug weg gaat. Het verschil wordt automatisch berekend zowel in hl als in procent. De hoeveelheid extract in het bier wordt ook berekend d.m.v. de dichtheid in °P. Een voorbeeld wordt gegeven in Figuur 14.

Batch	Locatie	Omschrijving	IN	UIT	Verliezen	Verliezen	IN KgEx	UIT KgEx	Verlies KgEx		
mentation BEF	00	Begin; 2598.00 End; 33496.00 IN; 29611.00 OUT;	1287.00	Loss;	597576.97	IN KgEx;	526672.88	OUT KgEx;	23889.12	Loss KgEx;	
BEF HOEGAARDEN WHITE QA199	00	Begin; 2598.00 End; 33496.00 IN; 29611.00 OUT;	1287.00	Loss;	597576.97	IN KgEx;	526672.88	OUT KgEx;	23889.12	Loss	
B18000237	Gisting tank 08	BEF HOEGAARDEN WH	0.0	0.0	432.00	420.00	12.00	2.78 %	7007.00	6812.14	194.86
B18000238	Gisting tank 07	BEF HOEGAARDEN WH	0.0	0.0	433.00	411.00	22.00	5.08 %	7661.41	7271.88	389.53
B18000315	Gisting tank 03	BEF HOEGAARDEN WH	0.0	0.0	418.00	400.00	18.00	4.31 %	7577.13	7250.57	326.56

Figuur 14: Voorbeeld gegevens in Sigma

Voor iedere batch kunnen alle transfers ook individueel opgevraagd worden. Deze transfers worden schematisch voorgesteld zoals in Figuur 15.



Figuur 15: schematische voorstelling van de transfers van een batch

Door een batch te selecteren en vervolgens op de knop 'tracing' te klikken, wordt een schematische voorstelling van de transfers van die batch opgevraagd. Deze functie werd gebruikt om bepaalde batches te volgen doorheen het proces en om de verblijftijd te berekenen tijdens de fermentatie. Maandelijks worden met de gegevens uit Sigma de KPI's berekend, voornamelijk de KPI van de extract losses. De KPI verslagen van de extract losses geven een eerste indicatie over de grootste verliesposten. In deze scriptie wordt er vooral gefocust op de verliezen in de fermentatie en bij het dry hoppen.

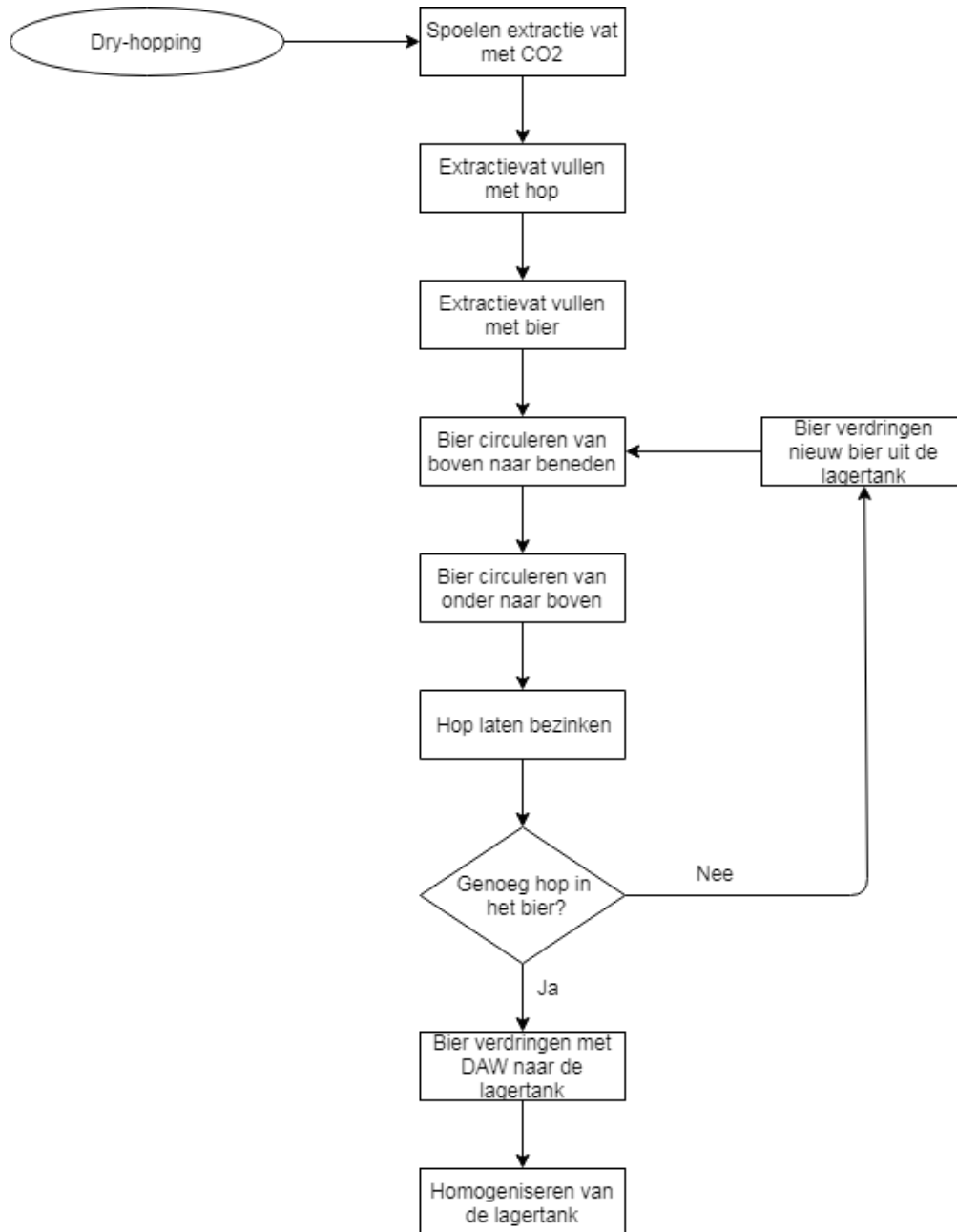
In de fermentatie werd gekeken naar het verband tussen de verliezen en enkele parameters zoals de fermentatietijd en de fermentatietank. Voor deze berekeningen werden de verliezen van het bier Hoegaarden gebruikt. Er wordt veel Hoegaarden gebrouwen voor de versage. In de versage worden de verschillende Hoegaarden radlers en Hoegaarden Rose gemaakt, zowel met alcohol en zonder alcohol. Voor dit bier waren bijgevolg de meeste datapunten beschikbaar en zijn er minder variabelen die voor interferenties kunnen zorgen. Aan de hand van een t-toets wordt bepaald of er uitschieters zijn die geschrapt moeten worden. Om twee gemiddelden te vergelijken, wordt gebruik gemaakt van een z-toets. Een z-toets berekent de kans dat deze twee gemiddelden significant van elkaar verschillen. Zowel de t-toets als de z-toets werden uitgerekend via de overeenkomstige functies in excel.

3.2 Dry hop

3.2.1 Hopstar™ Dry

3.2.1.1 Werking

Voor bijna alle dry hop bieren in brouwerij Belle-Vue, wordt een aparte installatie gebruikt. Deze dry hop installatie is een Hopstar™ Dry van GEA. De hoofdcomponent van deze installatie is de hopextractor, een tank van 30 hl met een diameter van 1500 mm. De werking van deze installatie wordt weergegeven in Figuur 16.



Figuur 16: procesmap van de Hopstar Dry

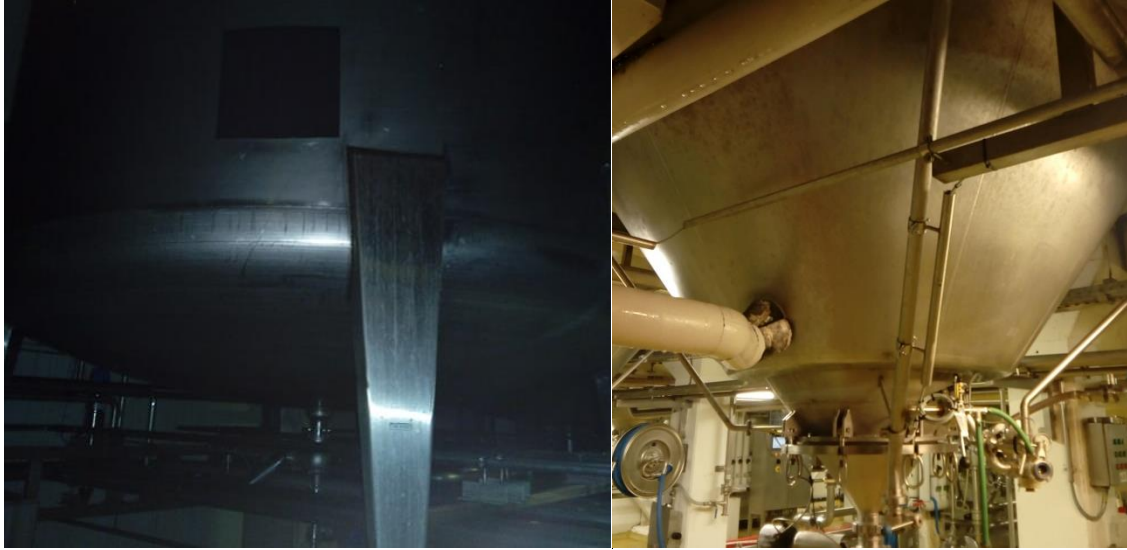
Voor de hop kan worden toegevoegd, wordt de hele installatie gespoeld met CO₂ om contaminatie met O₂ te vermijden. Zowel de leidingen als het extractie vat worden gevuld met CO₂. Vervolgens wordt de hop toegevoegd in de hopextractor. Als de hopextractor opnieuw gevuld is met CO₂, wordt 34 hl bier uit koude lagertank verpompt naar de hopextractor. Om een goede uitwisseling te bekomen tussen hop en bier, wordt het bier eerst gecirculeerd van boven naar onder en vervolgens van onder naar boven. Op deze manier is er voldoende menging en stroming om de hoparoma's te extraheren. Deze stap vindt twee keer vlak achter elkaar plaats. Tijdens de eerste cyclus volgt nu een sedimentatie stap zodat de hoppartikels terug kunnen bezinken voor de transfer naar de lagertank begint. Tijdens volgende cycli wordt tijdens deze sedimentatierust de lagertank gehomogeniseerd. Het is belangrijk dat de homogenisatie stap plaats vindt tijdens de sedimentatierust omdat het bier uit de lagertank gebruikt wordt om het bier uit de hopextractor te verdrijven. Deze cyclus wordt herhaald tot de juiste aroma compositie bekomen is. Het aantal cycli per bier wordt weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Verschillende Dry hop bieren

Batch	Batch volume (hL)	Totale hoeveelheid hop (kg)	Aantal biercycli	Transferdebiet (hL/h)
Biertype 1	250	120	5	12
Biertype 1	500	240	10	12
Biertype 2	250	160	7	20
Biertype 2	500	300	15	20
Biertype 3	250	120	8	12
Biertype 3	500	240	15	12
Biertype 4	320	160	7	12

Bij de laatste cyclus wordt er geen bier uit de lagertank maar DAW gebruikt om de hopextractor leeg te drukken. Het DAW wordt gecirculeerd om alle leidingen te spoelen en wordt dan ook naar de lagertank verpompt. Hierdoor ontstaat een kleine verdunning maar worden alle bierresten ook mee gespoeld naar de lagertank.

Tijdens de transfers van de hopextractor naar de lagertank worden er hoppartikels meegesleurd door de vloeistofstroom. Deze hoppartikels komen terecht in de lagertank en bezinken daar. Zoals zichtbaar in Figuur 17 is de bodem van de gebruikte lagertank zeer plat. Hierdoor vormen de hoppartikels geen dichte koek die makkelijk gepurgeerd kan worden. Een cilindrisch conische tank in de fermentatie zorgt ervoor dat de bezonken koek kan gepurgeerd worden met minder verliezen. Een nieuwe tank zetten is echter een kostelijke optie.



Figuur 17: Bodem koude lagertank 6 (links) en fermentatietank (rechts)

3.2.1.2 Aanpak

Mogelijke oplossingen om de verliezen te verminderen zijn het vormen van een koek die meer compact is zodat deze met minder verliezen kan gepurgeerd worden of het verminderen van de hoeveelheid hop die meegesleurd wordt.

De hoeveelheid hop die meegesleurd wordt kan eenvoudig verminderd worden door het transferdebiet te verlagen. De verliezen werden gemeten bij een debiet van 5 hl/h en vervolgens vergeleken met de verliezen bij het normaal transferdebiet van 12 hl/h. De stalen werden genomen van een grote batch biertype 1. Doordat deze stalen tijdens de normale productie genomen werden, paste dit het beste in de planning van de brouwerij.

Tijdens de transfers werden stalen genomen op de transferleiding en van de lagertank, die geanalyseerd werden op het droge stofgehalte. Dit gebeurt door het staal te homogeniseren en 50g van het staal af te wegen. Vervolgens wordt het staal gecentrifugeerd gedurende 15 min op 4000 toeren. Het bier wordt gescheiden van de hop door te decanteren. Het bier wordt opnieuw gewogen en het verschil geeft de hoeveelheid droge stof die in het staal aanwezig was.

3.2.2 Dry hop tijdens de fermentatie

Bij een ander project rond het brouwen van de Goose Midway IPA, werd er hop toegevoegd aan het einde van de fermentatie. De extractverliezen die dit project met zich mee brengt worden verder onderzocht in deze scriptie.

Het hoparoma van de Goose Midway IPA was echter niet binnen de specificaties bij het gebruik van de dry hop installatie. Om dit aroma binnen de specificaties te krijgen werd bij de daaropvolgende batches de hop toegevoegd op het einde van de fermentatie. De dichtheid van de bieren in de fermentatie worden continu gemeten om in te schatten hoe ver het bier al gefermenteerd is. Op 1°P voor het einde van de fermentatie, werden eerst de reeds bezonken gistcellen en andere vaste stoffen gepurgeerd zodat er op

het einde van de dry hop periode de hoeveelheid vaste stoffen onderaan de fermentatietank niet te groot zou zijn. Vervolgens werd de druk van het vat afgelaten. Deze stap is noodzakelijk om het mangat van de fermentatietank te openen, zie Figuur 18 .



Figuur 18: mangat van de fermentatietank

De vier schroeven waarmee het mangat wordt dichtgehouden, werden losgedraaid en het mangat opengeklapt. De gaten voor de schroeven werden dichtgestopt met papier zodat er geen hoppellets in kunnen vallen waardoor het mangat niet goed gesloten zou kunnen worden. De fermentatietank bevat ongeveer 420 hl bier met een schuimlaag die ontstaan is bij de eerdere gisting. Het bier heeft een dichtheid van 2,5 °P waardoor de activiteit van de gist al verminderd is. Nu wordt de hop toegevoegd. Voor de Goos Midway IPA wordt er per batch 200 kg mosaic en 50 kg centennial toegevoegd. Bij het toevoegen van deze hop langs het mangat wordt eerst de schuimlaag doorbroken. Hierdoor komt de gevangen CO₂ vrij. Tijdens deze testen werden er altijd enkele zakken van 10 kg hop toegevoegd zodat de CO₂ weg kon. Eenmaal de CO₂ niet meer zichtbaar vrijkwam, werd de rest van de hop toegevoegd. Alvorens het mangat terug te sluiten, werd het ontsmet met ethanol om contaminatie van het bier te vermijden.

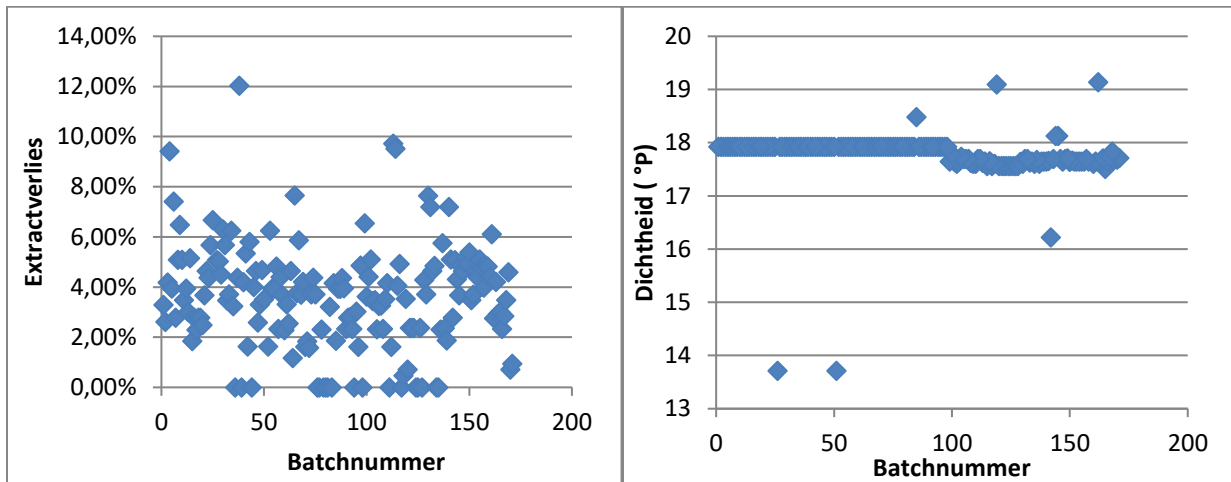
Gedurende de volgende dagen krijgt de hop tijd om te bezinken en ondertussen zijn aroma-componenten af te geven aan het bier. Na ongeveer drie dagen werd er opnieuw gepurgeerd, deze keer om een groot deel van de bezonken hoppartikels te verwijderen. Vervolgens werd het bier via een centrifuge overgebracht naar de koude lagering.

De verliezen werden via Sigma berekend. Voor de verliezen van de dry hop installatie wordt een som gemaakt van de verliezen in de fermentatie en de verliezen in de maturatie waar het dry hoppen plaats vindt. Dit is noodzakelijk om een vergelijking te kunnen maken aangezien de verliezen in de fermentatie reeds enkele procenten kunnen bedragen. Voor de verliezen van de fermentatie werd echter geen rekening gehouden met de verliezen in de maturatie om dat deze gegevens nog niet beschikbaar waren, behalve voor de eerste batch.

4. Resultaten en discussie

4.1 Verliezen fermentatie

De verliezen van Hoegaarden tijdens de fermentatie zijn weergegeven in Figuur 19. De extract verliezen zijn weergegeven per batch. Deze batches staan in de volgorde dat ze gebrouwen zijn zodat er ook een beeld gevormd kan worden over de verliezen in functie van de tijd.



Figuur 19: Spreiding van de verliezen (links) en dichtheid (rechts) voor de verschillende batches

Bij beide spreidingen vallen enkele uitschieters op. Via een t-test worden deze uitschieters geschrapt voor de verdere berekeningen. Deze uitschieters kunnen veroorzaakt worden door externe factoren waar geen rekening mee wordt gehouden in deze scriptie. Een voorbeeld van externe factor zijn plotse lekken in een leiding waardoor grote verliezen op kunnen treden. De resultaten van deze t-test staan in Tabel 3.

Tabel 3: Resultaten t-test en betrouwbaarheidsinterval

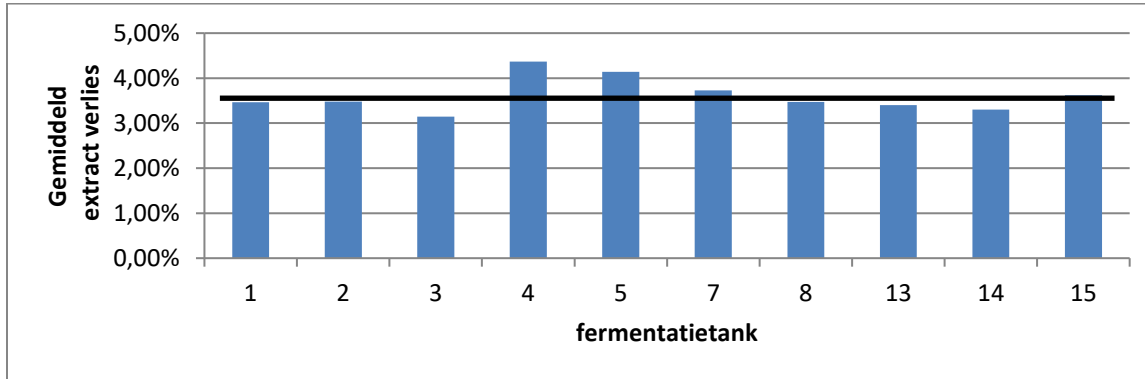
	Extractverliezen	°Plato
gemiddelde	3.58%	17.734
stand. Afw.	2.09%	0.7320
aantal	171	171
t-waarde	1.6539	1.6539
95% betrouwbaarheidsinterval		
Ondergrens	0.12%	16.524
Bovengrens	7.04%	18.945

Uit deze analyse blijkt dat alle verliezen van 0,00% geschrapt mogen worden. In de praktijk is het dan ook niet mogelijk om geen verliezen te hebben. Er zijn steeds kleine verliezen in de leidingen en bij iedere

handeling die het bier ondergaat. Zoals reeds besproken vallen ook de hoogste verliezen weg die waarschijnlijk veroorzaakt zijn die verstoringen in het proces. Bij de dichtheid in °P vallen er vooral enkele waarden weg met een zeer lage dichtheid.

4.1.1 Extract verliezen per fermentatietank

De eerste analyse die uitgevoerd werd op de resterende data was een vergelijking per fermentatietank. De gegevens werden gesorteerd per tank en vervolgens werden de gemiddelden uitgezet in een staafdiagram,



Figuur 20: Gemiddeld extract verlies per fermentatietank. Zwarte lijn geeft het totale gemiddelde

Opvallend uit dit staaf diagram is dat de verliezen in fermentatietank 4 en 5 hoger zijn dan het gemiddelde. Om te kijken of dit verschil significant is, werd er een z-toets uitgevoerd. De resultaten van deze z-toets worden gegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Resultaten z-toets verliezen per fermentatietank

	gemiddeld verlies	aantal	Z-toets (in %)
1	3.47%	18	19.77%
2	3.48%	14	21.94%
3	3.15%	18	0.26%
4	4.37%	16	100.00%
5	4.14%	17	99.93%
7	3.73%	17	76.44%
8	3.47%	18	20.43%
13	3.40%	14	10.88%
14	3.30%	18	3.15%
15	3.62%	13	53.66%
totaal	3.60%		

Uit deze z-toets blijkt dat de verliezen in fermentatietank 4 en 5 beduidend hoger zijn met een probabiteit van boven de 99,9%. Een mogelijk verklaring voor de verliezen in fermentatietank 4 kan een gevolg zijn van een implosie. Door de twee implosies van enkele jaren geleden, is fermentatietank 6 buiten

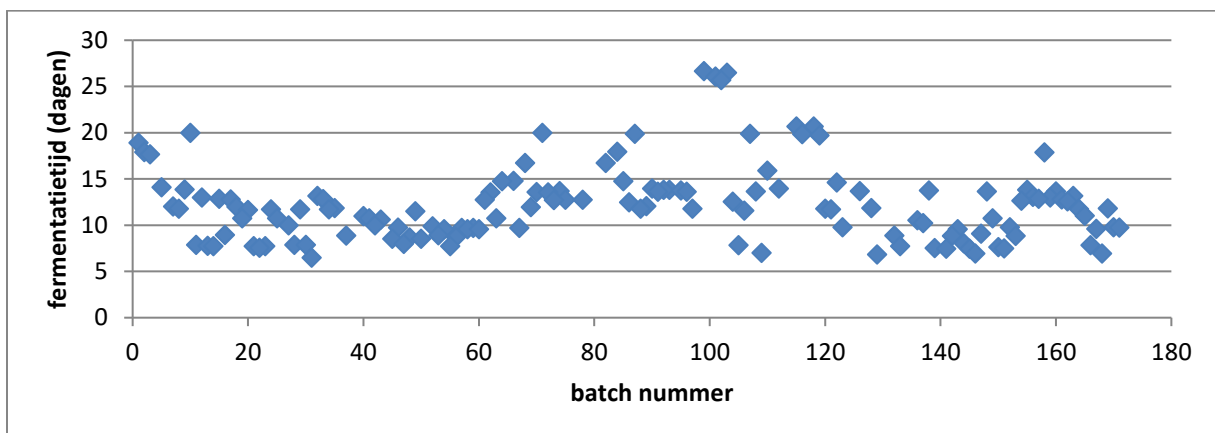
gebruik en heeft fermentatietank 4 een deuk. Een foto van deze deuk is te zien in Figuur 21. Ondanks deze deuk is de fermentatietank wel nog bruikbaar. Verder zijn er geen duidelijke oorzaken van deze verliezen.



Figuur 21: Deuk in fermentatietank 4

4.1.2 Extract verliezen in functie van de fermentatietijd

De tweede analyse die is uitgevoerd is een verband zoeken tussen de fermentatietijd en de verliezen. Eerst werd er een spreiding opgesteld van de fermentatietijd van de verschillende batches. Deze spreiding wordt weergegeven door Figuur 22.



Figuur 22: Spreidingsdiagram van de fermentatietijd van de verschillende batches

Er vallen onmiddellijk enkele punten op die afwijken. Vooral enkel batches met een heel lange fermentatietijd. Er werd opnieuw een t-toets uitgevoerd om het betrouwbaarheidsinterval te berekenen. De resultaten van deze t-toets worden gegeven in Tabel 5.

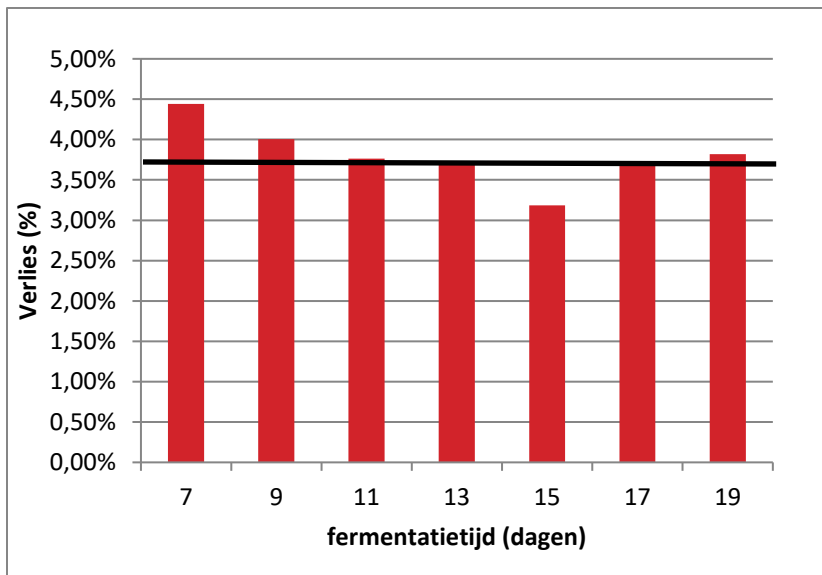
Tabel 5: Resultaten t-toets fermentatietijd

	Tijd (dagen)
Gemiddelde	12
Standaard afwijking	4.111478
Aantal	141
t-waarde	1.655811
95% betrouwbaarheidsinterval	
Ondergrens	5.402765
Bovengrens	19.01842

Tabel 6: Frequentietabel voor de fermentatietijd

Fermentatietijd (in dagen)	Frequentie (#)
5-7	4
7-9	30
9-11	25
11-13	34
13-15	28
15-17	3
17-19	5

Enkele lange fermentatietijden vallen door de t-toets weg. Deze lange fermentatietijden zijn het gevolg van feestdagen of stops in de productie. Deze batches verblijven dan gedurende de hele stop in de fermentatietank aangezien er niet gewerkt werd. Als het werk terug wordt hervat, wordt de fermentatietank leeggepompt en de transfer gelogd in Sigma. De overgebleven gegevens werden gesorteerd op hun fermentatietijd. Per twee dagen werd het gemiddelde berekend en vervolgens geplott in een staafdiagram, zie Figuur 23.



Figuur 23: Verliezen Van Hoegaarden in de fermentatie i.f.v. de fermentatietijd

Uit dit staafdiagram valt op dat een korte fermentatietijd meer verliezen met zich mee brengt. Om een korte fermentatietijd te bekomen, verloopt de fermentatie zeer snel. Een snelle fermentatie kan

veroorzaakt worden door een grote hoeveelheid aan gistcellen. Meer gistcellen zorgen voor een grotere vaste stof belasting in de centrifuge met meer verliezen als gevolg. Om dit te bevestigen kunnen er stalen genomen worden voor de het bier gecentrifugeerd wordt en vervolgens een celcount uit te voeren op dit staal. Deze verliezen nemen af tot een minimum bij een periode tussen 13 en 15 dagen. De verliezen lijken hierna terug te toe nemen. Bij een lange fermentatietijd krijgen de vaste stoffen die nog in het bier zitten meer tijd om te bezinken. Er wordt een grotere koek gevormd waardoor er langer gepurgeerd moet worden. Ook dit kan bevestigd worden door het volume van de purge te meten bij volgende batches. Het is echter zeer moeilijk om dit verband op deze manier te bewijzen aangezien er meerdere batches voor de verschillende periodes gemeten moeten worden. Deze testen zouden gespreid zijn over een lange periode.

4.2 Verliezen Dry hop

4.2.1 Dry hop installatie: Hopstar™ Dry

De eerste test die werd uitgevoerd is het kwantificeren van het lek aan de pomp van de dry hop installatie. Het verlies bedraagt 500ml voor het rondpompen van boven naar onder en van onder naar boven. Aangezien dit twee keer gebeurt per cyclus, bedragen de verliezen door dit lek 1l per cyclus. Het verlies voor de verschillende bieren wordt gegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Verliezen door lek voor de verschillende bieren

Batch	Batch volume (in l)	Aantal biercycli	Verlies door lek (in l)	Verlies (in %)
Biertype 1	25000	5	5	0,02
Biertype 1	50000	10	10	0,02
Biertype 2	25000	7	7	0,028
Biertype 3	25000	8	8	0,032
Biertype 3	50000	15	15	0,03
Biertype 4	32000	7	7	0,022

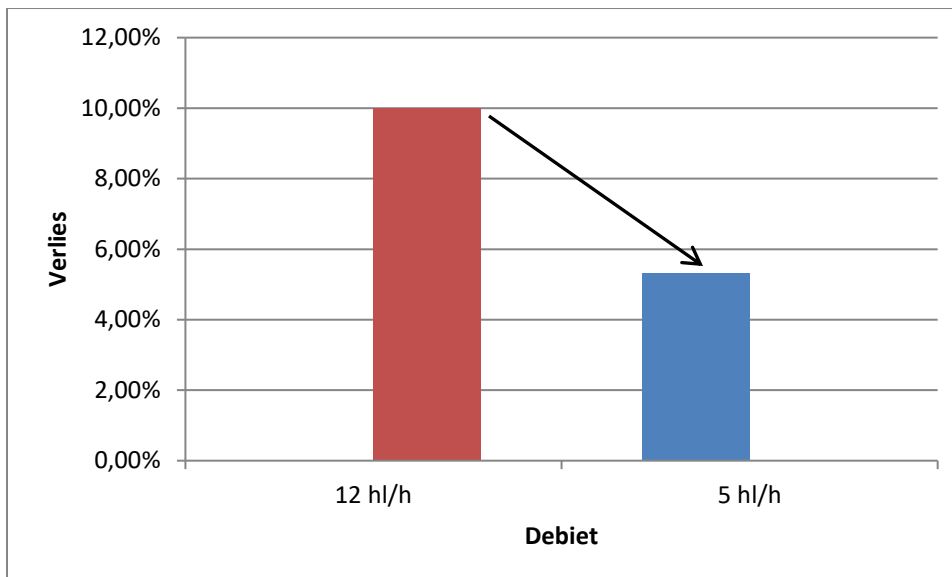
Deze verliezen zijn zeer klein en bedragen maximaal 0,032%. Door het grote volume van een batch zijn de verliezen door dit kleine lek niet significant. Deze verliezen zijn onafhankelijk van het ingestelde transferdebiet. Het transferdebiet bepaald enkel het debiet van de hopextractor naar de lagertank. Het transfereren wordt gerealiseerd door een andere pomp dan de pomp boven de hopextractor.

De snelheid wordt berekend via het debiet en de oppervlakte van de doorsnede van de hopextractor. De maximale grootte van de partikels voor een transferdebiet van 12 hl/h en 5 hl/h zijn respectievelijk 1,387mm en 0,895mm. De gemiddelde verliezen bij de normale transferdebieten (zie Tabel 2) voor de verschillende bieren werden berekend met Sigma en worden weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8: Extractverliezen voor de verschillende dry hop bieren

Batch	Batch volume (hL)	Total gewicht hop (kg)	Totale tijd (h)	Gemiddeld verlies (in kg)	Gemiddeld verlies (in %)
Biertype 1	250	120	20.0	564.845	11.95%
Biertype 1	500	240	35.4	859.96	9.10%
Biertype 2	250	160	18.5	569.6414	12.02%
Biertype 3	250	120	29.2	273.925	6.41%
Biertype 3	500	240	50.8	182.19	2.04%
Biertype 4	320	160	26.1	84.33	1.96%

Het eerste dat opvalt aan deze resultaten is dat een grote batch minder verliezen heeft dan een kleine batch. De biertype 1 en de biertype 2 hebben de hoogste verliezen. Biertype 2 wordt echter enkel in een kleine batches, daarom dat de test op 5 hl uitgevoerd wordt op de biertype 1. Biertype 1 het vaakst geproduceerd in de brouwerij waardoor ook hier de test met het verlaagd debiet is uitgevoerd. Het gemiddeld verlies bij 12 hl/h en de test bij 5 hl/h zijn weergegeven in Figuur 24.



Figuur 24: Verlies van biertype 1 bij 12 hl/h en 5 hl/h

Het extractverlies is met bijna 5% gedaald bij het lager debiet. Dit is het gevolg van twee redenen. Door het lager transferdebiet worden er minder hoppartikels meegesleurd waardoor er ook minder hop in de lagertank terecht komt. Er moet minder hop gepurgeerd worden en er wordt dus minder bier verloren. De deeltjes die meegesleurd worden zijn volgens de wet van Stokes ook tot 35 % kleiner. De kleinere deeltjes zorgen voor een compactere koek waardoor er minder bier verloren gaat. In Figuur 25 zijn de stalen van de lager tank opgesteld. De 4 linkse stalen werden genomen bij een debiet van 12hl/h en de 4 rechtse stalen bij een debiet van 5 hl/h



Figuur 25: Stalen lagertank 12 hl/h (links) en 5 hl/h (rechts)

In deze stalen was een duidelijk verschil in hoeveelheid hop zichtbaar. Bij de stalen van 12 hl/h was er een duidelijke hoplaag zichtbaar met een witte wolkachtige laag erboven. Bij de stalen van 5 hl/h was er enkele een lichte wolkachtige bezinking zichtbaar. Het verlagen van het transferdebiet zorgt echter voor een langere productietijd. De duur van het dry hoppen van de biertype 1 wordt voor de verschillende transferdebieten en batchgroottes weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9: Procestijd voor biertype 1

Batch	Batch volume (in hL)	Aantal cycli	Transferdebiet (in hL/h)	Totale tijd (in h)
Biertype 1	250	5	12	20.2
Biertype 1	250	5	5	41.8
Biertype 1	500	10	12	35.6
Biertype 1	500	10	5	74.7

Bij een verlaging van het debiet verdubbelt de procestijd. Dit is niet gunstig, zeker de procestijd van biertype 1 500 hl bij 5 hl/h. De procestijd is hier opgelopen tot 74,7 uur. Dit is meer dan drie dagen dat de installatie non-stop draait. Het grootste nadeel is dat de dry hop installatie ook de hele nacht draait. Als er 's nachts problemen ontstaan kan dit leiden tot grote vertragingen. Een fout die regelmatig optreedt is de foutmelding 'laag debiet' bij het transfereren. Het debiet naar de lagertank is lager dan het debiet naar de hopextractor waardoor er een druk opbouw ontstaat en de installatie uitvalt.

Door het lager debiet verdubbelt de verblijftijd van de hop in het bier waardoor de uitwisseling beter verloopt. Door het aantal cycli te verlagen kan de procestijd terug omlaag gehaald worden. Voor de kleine en grote batch zou het aantal cycli gereduceerd worden tot respectievelijk 2 en 4 cycli om eenzelfde procestijd te behalen. De stalen moeten nog verder getest worden op de hop aroma-componenten om na te gaan hoeveel cycli er nodig zijn om een juiste smaak te bekomen. Deze test kan uitgevoerd worden met een GC-analyse. Dit toestel was echter niet mogelijk in het labo van de brouwerij zelf.

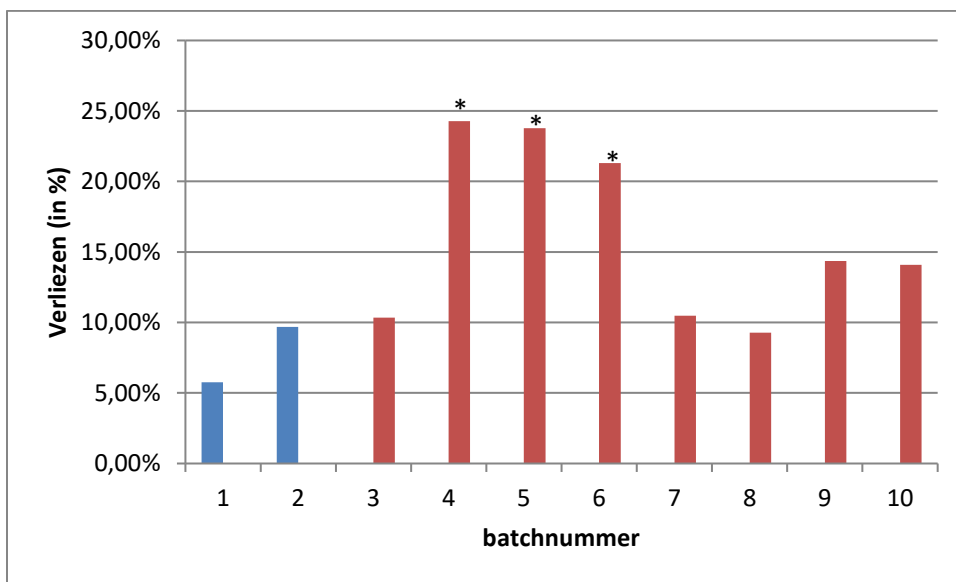
4.2.2 Dry hop tijdens de fermentatie

De gemiddelde verliezen van de Goose Midway IPA bij het dry hoppen tijdens de fermentatie worden weergegeven in Tabel 10. De volledige tabel met resultaten is te vinden in Bijlage 2: Verliezen Goose

Midway. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de batches in de dry hop installatie en de batches waar de hop werd toegevoegd aan de fermentatietank. Bij drie batches werden verliezen gemeten die beduidend hoger waren dan bij de andere batches. In Figuur 26 worden de verliezen per batch weergegeven in een kolom diagram.

Tabel 10: Gemiddelde verliezen Goose midway IPA

Dry hop locatie	Verliezen (in %)
Dry hop installatie	
gemiddeld	7.73%
Fermentatie	
gemiddeld	15.99%
gem. zonder uitschieters	11.71%



Figuur 26: Verliezen Goose Midway IPA voor de dry hop installatie (blauw) en de fermentatie (rood).

Een vergelijking van de gemiddelden laat duidelijk zien dat de verliezen bij dry hoppen in de fermentatie dubbel zo groot zijn dan de verliezen in de dry hop installatie. Er zijn drie duidelijke uitschieters waar te nemen bij de verliezen van de fermentatie. De oorzaak van deze grote verliezen is dat door de hop toe te voegen aan de fermentatietank, steeg de activiteit van de gist. Deze stijging in activiteit zorgde ervoor dat er veel CO₂ gevormd werd. Omdat de tegendruk van de fermentatietank is gehaald, bruiste het bier over met veel verlies als gevolg. Het mangat kon niet gesloten worden omdat de druk van het bier te hoog was om het mangat toe te duwen. Zonder deze drie uitschieters liggen de verliezen echter nog steeds hoger in de fermentatie.

Ondanks de grotere verliezen bij het dry hoppen tijdens de fermentatie, was het bekomen smaakaroma beter voor de Goose Midway IPA. Voor dit blijft de hop toegevoegd worden tijdens de fermentatie. Om de grote bier verliezen te vermijden door het overbruisen van het bier, wordt er momenteel gewerkt aan

een installatie om de hop automatisch aan de fermentatietank toe te voegen. De hop moet niet meer naar boven gedragen worden maar dit gebeurt pneumatisch. De druk op de fermentatie tank moet niet meer afgelaten worden om deze te openen en er komt geen CO₂ meer vrij. Als gevolg hiervan zou het bier niet meer kunnen opkomen en uit de fermentatietank lopen.

De hogere verliezen hebben twee mogelijke oorzaken. Er wordt voor en na het dry hoppen gepurgeerd in de fermentatie in plaats van enkel vlak voor centrifuge. Vooral de tweede purge met de hop brengt meer verliezen met zich mee omdat de hoppartikels een minder compacte koek vormen. De gevormde koek is ook groter dan de koek die gevormd wordt bij de dry hop installatie. Aangezien deze koek uit bier en hoppartikels bestaat, zorgt deze grotere koek voor een stijging in de verliezen. Bij de dry hop installatie wordt de koek enkel gevormd door de hop die wordt meegesleurd bij het transfereren. In de fermentatietank is het grootste deel van de hop bezonken.

Er zijn ook grotere verliezen bij het centrifugeren van het bier na de fermentatie. Door de hoppartikels is de vaste stof belasting groter in de centrifuge. Door de hogere belasting zijn er meer schoten nodig om een geschikte turbiditeit aan de uitgang van de centrifuge te bekomen. Als het verlies per schot constant blijft zorgt dit voor de grotere verliezen

5. Besluit

De bierverliezen in de brouwerij van Belle-Vue zijn te hoog om de gestelde KPI te behalen. Het doel van dit onderzoek is dan ook het verminderen van deze verliezen. Deze bierverliezen worden berekend op het nuttig bruikbaar gedeelte van de grondstoffen. Van alle grondstoffen is het nuttig percentage gekend. Dit is de hoeveelheid extract die de brouwerij binnenkomt. Om een verlies te berekenen moet ook gekend zijn hoeveel extract de brouwerij verlaat. Dit wordt berekend op al het bier dat de brouwerij verlaat. Bij Brouwerij Belle-Vue kan dit zowel in vaten als in citernes. Alles dat hier tussen verloren gaat wordt als verlies geteld.

De twee grote verliesposten waar dit onderzoek zich op focust is de dry hop installatie en de verliezen in de fermentatie. Vooraleer er testen werden uitgevoerd in de brouwerij, werden de verliezen eerst bestudeerd via de databank Sigma. In deze databank worden de transfers tussen de verschillende afdelingen gelogd. De data die ingevoerd worden zijn een batchnummer, de locatie en het volume in en uit de afdeling alsook de verliezen. Naast het volume wordt ook de hoeveelheid extract uitgerekend via de dichtheid van het bier. Deze dichtheid wordt uitgedrukt in °Plato. Één graden Plato komt overeen met 1 g extract per 100 g wort.

De eerste verliespost was de fermentatie. In de fermentatie werd er gefocust op de groen bier centrifuge. Deze centrifuge filtert de gist uit het bier na de fermentatie. De centrifuge zorgt ervoor dat het bier na het afkoelen geen sedimentatie periode nodig heeft. De gistcellen mogen in suspensie blijven. In de centrifuge hopen de gistcellen op en worden periodiek afgescheiden. Het afscheiden gebeurt met schoten. De tegendruk valt weg waardoor de centrifuge opent en de gistcellen weggeslingerd worden. Samen met de gist wordt ook bier mee afgevoerd. Om deze verliezen in kaart te brengen werd gekeken of er een verband bestaat tussen de fermentatietijd en de verliezen. Bij een korte fermentatietijd waren de verliezen hoger. Dit kan veroorzaakt worden doordat er meer gistcellen in het bier zitten en er dus een hogere vaste stof belasting is in de centrifuge. Bij een lange fermentatietijd zijn de verliezen ook hoger. Door de lange periode zijn er meer vaste stoffen bezonken met een grotere purge als gevolg.

In de dry hop installatie worden hoppellets gemengd met bier om er een extra smaakaroma aan toe te voegen. Dit wordt gedaan door het bier over de hoppellets te pompen om een goede uitwisseling te bekomen. Door de stroming worden er echter hoppartikels meegesleurd van de dry hop installatie naar de lagertank waar ze bezinken en een koek vormen op de bodem. Deze koek moet eerst gepurgeerd worden vooraleer het bier naar de volgende afdeling kan getransfereerd worden. Deze koek bevat echter nog veel bier waardoor er grote verliezen op treden. Er werden drie oplossingen voorgesteld. Een eerste oplossing is het toevoegen van een flocculant zodat de gevormde koek compacter is. Deze optie was niet ideaal omdat het flocculant allergenen bevat. Een tweede oplossing is een andere dry hop methode toepassen. Er werden testen uitgevoerd waarbij tijdens de fermentatie hop werd toegevoegd aan het bier. De verliezen hierbij zijn echter hoger dan de verliezen in de dry hop installatie. De derde oplossing is het verlagen van het transferdebiet tussen de dry hop installatie en de lagertank. Op deze manier worden er minder hoppartikels meegesleurd naar de lagertank. Ook zijn de hoppartikels kleiner waardoor de gevormde koek compacter zou kunnen zijn. Bijgevolg waren de verliezen maar liefst gehalveerd. Het verlagen van het transferdebiet heeft echter ook een groot nadeel: De procestijd verdubbelt. Verder

onderzoek moet gedaan worden om na te gaan of het mogelijk is om het aantal cycli te verlagen zonder verlies van smaak.

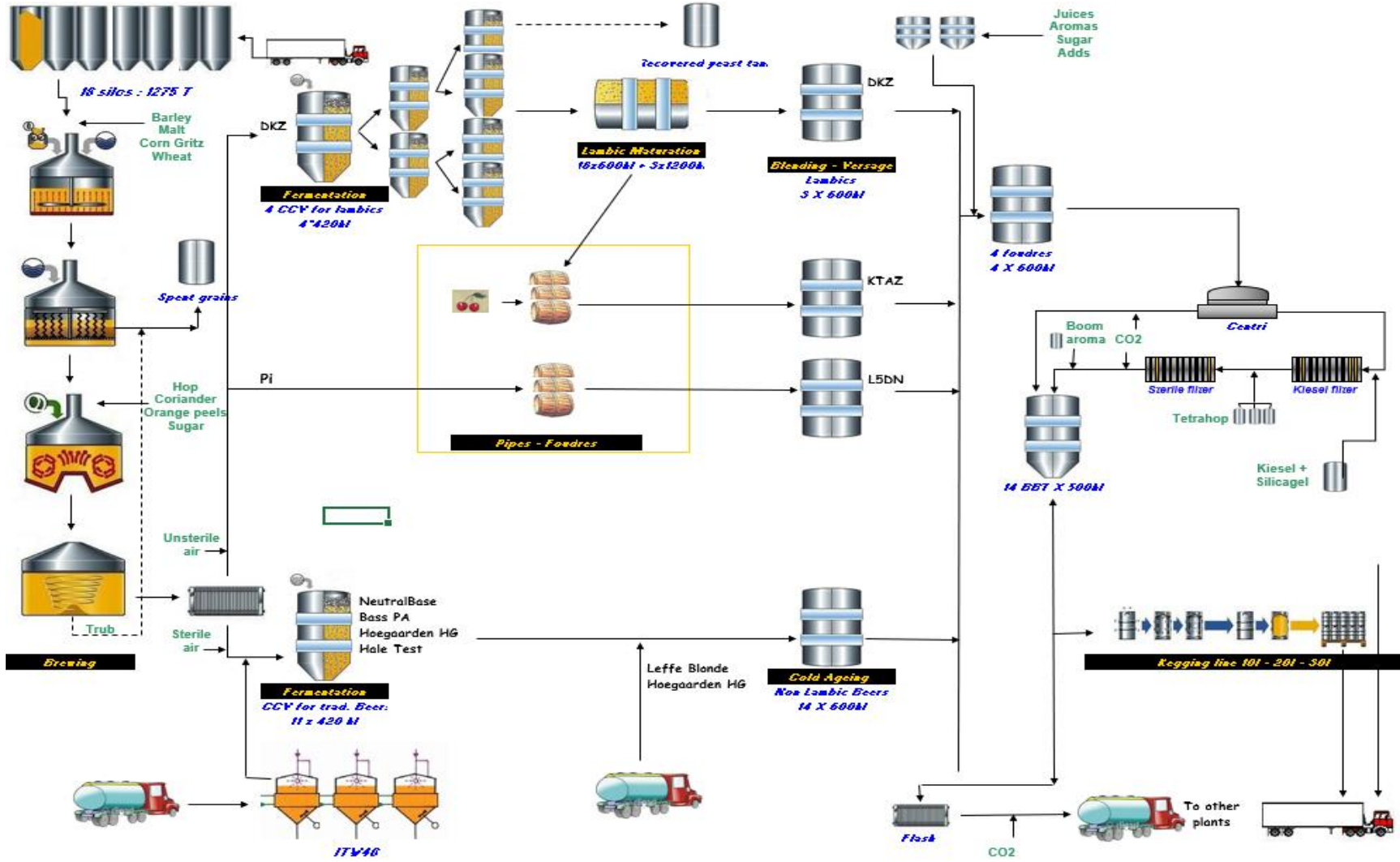
Bibliografie

- [1] B. Inbev, “Persbericht Anheuser - Busch InBev publiceert resultaten voor het volledige jaar en het vierde kwartaal van 2017 Persbericht,” no. november 2007, pp. 1–31, 2018.
- [2] M. Van de Walle, *Beer statistics*. 2014.
- [3] K. Wolfgang, “3.2 Mashing,” in *Technology Brewing & Malting*, 2014, pp. 220–268.
- [4] K. Wolfgang, “3.3 Lautering,” in *Technology Brewing & Malting*, 2014, pp. 268–294.
- [5] K. Wolfgang, “3.4.3 performing wort boiling,” in *Technology Brewing & Malting*, 2014, pp. 337–342.
- [6] K. Wolfgang, “3.8.3 Whirlpool,” in *Technology Brewing & Malting*, 2014, pp. 356–361.
- [7] K. Wolfgang, “4.3 Conventional fermentation and maturation,” in *Technology Brewing & Malting*, 2014, pp. 423–443.
- [8] K. Wolfgang, “3.8.4 Separators,” in *Technology Brewing & Malting*, 2014, pp. 361–366.
- [9] Thebruery, “expansion update 2: clarified, but never filtered craft beer,” 2014. [Online]. Available: <http://www.thebruery.com/expansion-update-2-clarified-but-never-filtered-craft-beer/>. [Accessed: 16-Apr-2018].
- [10] S. L. Walker, M. C. D. Camarena, G. Freeman, and J. I. Brew, “Alternatives to Isinglass for Beer Clarification,” vol. 113, no. 4, pp. 347–354, 2007.
- [11] R. S. T. Linforth, K. Westwood, A. Somani, N. Doherty, and D. J. Cook, “Hop proanthocyanidins for the fining of beer,” no. July, pp. 490–495, 2015.
- [12] Boortmalt, “Production from malting facilities to laboratory,” 2016. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20161009000917/http://www.boortmalt.com/malt/production/>.
- [13] K. Wolfgang, “2.3 -2.5: malt kilning,” in *Technology Brewing & Malting*, 2014, pp. 134–181.
- [14] LaserShark Brewing, “four main ingredients of beer,” 2014.
- [15] dr.ir. Astrid van de Graaf, “Zetmeel en zetmeelderivaten,” 2003.
- [16] J. S. Productions, *Six roller mill*. .
- [17] H. Srivastav, *How does a Hammer Mill Works*. 2018.
- [18] B. Belle-Vue, “intern document.”
- [19] K. Thomas, “hydrometer.” .
- [20] G. Philliskirk, “Plato gravity scale.” [Online]. Available: <https://beerandbrewing.com/dictionary/NpUFIRRVLP/plato-gravity-scale/>.
- [21] D. Maule, “A century of fermenter design,” *Inst. Brew.*, vol. 92, pp. 137–145, 1986.
- [22] Drayman’s, “The role of diacetyl in beer,” 2016. [Online]. Available: <http://draymans.com/the-role-of-diacetyl-in-beer/>.
- [23] A. J. King and J. R. Dickinson, “Biotransformation of hop aroma terpenoids by ale and lager yeasts,” vol. 3, pp. 53–62, 2003.
- [24] L. M. Marais, “The effect of yeast propagation temperature on diacetyl reduction An in-process study at Spendrups brewery,” 2010.
- [25] B. P. Buttrick and B. Dimensions, “Filtration – the facts,” vol. 3, no. 12, pp. 12–19, 2007.
- [26] L. E. Antonides, “Diatomite,” 1997.
- [27] L. Fillaudeau, P. Blanpain-avet, and G. Daufin, “Water , wastewater and waste management in brewing industries,” vol. 14, pp. 463–471, 2006.
- [28] K. Wolfgang, “1.2.4 Composition and properties of the components,” in *Technology Brewing & Malting*, 2014.
- [29] B. Smith, “Late Hop Additions and Hop Oils in Beer Brewing,” 2013. [Online]. Available:

- <http://beersmith.com/blog/2013/01/21/late-hop-additions-and-hop-oils-in-beer-brewing/>. [Accessed: 03-Apr-2018].
- [30] Z. Sun, C. Zhou, F. Liu, W. Zhang, J. Chen, Y. Pan, L. Ma, Q. Liu, Y. Du, J. Yang, and Q. I. N. Wang, "Inhibition of breast cancer cell survival by Xanthohumol via modulation of the Notch signaling pathway in vivo and in vitro," pp. 908–916, 2018.
- [31] C. Gerhauser, A. Alt, E. Heiss, A. Gamal-elden, K. Klimo, J. Knauft, I. Neumann, H. Scherf, N. Frank, H. Bartsch, and H. Becker, "Cancer Chemopreventive Activity of Xanthohumol , a Natural Product Derived from Hop 1," vol. 1, no. September, pp. 959–969, 2002.
- [32] T. Kostelecky, "125th Anniversary Review : The Role of Hops in Brewing," 2011.
- [33] T. Caron, "Hopback vs. Knockout Hops," 2016. [Online]. Available: <https://beerandbrewing.com/hopback-vs.-knockout-hops/>. [Accessed: 09-Apr-2018].
- [34] S. Cocuzza and W. Mitter, "Revival of a process," pp. 28–30, 2013.
- [35] J. Liu, X. Zhu, N. Ullah, and Y. Tao, "Aroma Glycosides in Grapes and Wine," vol. 82, no. 2, 2017.
- [36] B. J. Haley and T. L. Peppard, "DIFFERENCES IN UTILISATION OF THE ESSENTIAL OIL OF HOPS DURING THE PRODUCTION OF DRY-HOPPED AND LATE-HOPPED BEERS hop oil constituents observed in wort , many of which were using a hop-extract obtained by treating Styrian Golding hops with liquid carbon dioxide , 5-30 " rather than actual Composition and brewing properties of fractionated hop," vol. 89, pp. 87–91, 1983.
- [37] C. Dimont, "Hops and History." 2000.
- [38] A. R. Spevacek, K. H. Benson, C. W. Bamforth, and C. M. Slupsky, "Beer metabolomics : molecular details of the brewing process and the differential effects of late and dry hopping on yeast purine," no. October 2015, pp. 21–28, 2016.
- [39] P. H. Chlup, D. Bernard, G. G. Stewart, and J. I. Brew, "Disc Stack Centrifuge Operating Parameters and Their Impact on Yeast Physiology," vol. 114, no. 1, pp. 45–61, 2008.
- [40] A. Laval, "Alfa Laval – disc stack separator technology."
- [41] M. Thomas, "Optimisation of dewatering centrifuges," no. 106, pp. 106–112, 2009.
- [42] PIERALISI, "CENTRIFUGAL SEPARATORS for industrial use," 2006.
- [43] J. P. Maybury, K. Mannweiler, N. J. Titchener-Hooker, M. Hoare, and P. Dunnill, "The performance of a scaled down industrial disc stack centrifuge with a reduced feed material requirement," *Bioprocess Eng.*, vol. 18, no. 3, pp. 191–199, 1998.
- [44] M. Boychyn, S. S. S. Yim, M. Bulmer, J. More, D. G. Bracewell, and M. Hoare, "Performance prediction of industrial centrifuges using scale-down models," *Bioprocess Biosyst. Eng.*, vol. 26, no. 6, pp. 385–391, 2004.

Bijlagen

Bijlage 1: Uitgebreid brouwerij overzicht



Gegevens Sigma

Bijlage 1: Data fermentatie Hoegaarden

Tabel 11: Gegevens uit Sigma van de fermentatie van Hoegaarden

batch	Gistingstank	in (hl)	uit (hl)	verliezen (hl)	verliezen (hl) %	in (kg EX)	uit (kg EX)	verliezen (kg EX)	verliezen (kg EX) %	gisttijd (dagen)
1	14	425	411	14	3.29%	7617.73	7366.79	250.94	3.29%	19
2	08	422	411	11	2.61%	7563.95	7366.79	197.16	2.61%	18
3	04	431	413	18	4.18%	7725.27	7402.64	322.63	4.18%	18
4	01	414	375	39	9.42%	7420.56	6721.52	699.04	9.42%	9
5	03	432	415	17	3.94%	7743.2	7438.49	304.71	3.94%	14
6	08	432	400	32	7.41%	7743.2	7169.63	573.57	7.41%	13
7	14	432	420	12	2.78%	7743.2	7528.11	215.09	2.78%	12
8	05	432	410	22	5.09%	7743.2	7348.87	394.33	5.09%	12
9	01	432	404	28	6.48%	7743.2	7241.32	501.87	6.48%	14
10	07	432	410	22	5.09%	7743.2	7348.87	394.33	5.09%	20
11	15	430	415	15	3.49%	7707.35	7438.49	268.86	3.49%	8
12	03	406	390	16	3.94%	7277.17	6990.38	286.79	3.94%	13
13	08	432	419	13	3.01%	7743.2	7510.18	233.01	3.01%	8
14	14	426	404	22	5.16%	7635.65	7241.32	394.33	5.16%	8
15	05	433	425	8	1.85%	7761.12	7617.73	143.39	1.85%	13
16	13	432	420	12	2.78%	7743.2	7528.11	215.09	2.78%	9
17	02	435	425	10	2.30%	7796.97	7617.73	179.24	2.30%	13
18	04	432	420	12	2.78%	7743.2	7528.11	215.09	2.78%	12
19	15	432	420	12	2.78%	7743.2	7528.11	215.09	2.78%	11
20	01	441	430	11	2.49%	7904.51	7707.35	197.16	2.49%	12
21	08	436	420	16	3.67%	7814.89	7528.11	286.79	3.67%	8
22	14	430	410	20	4.65%	7707.35	7348.87	358.48	4.65%	8
23	03	434	415	19	4.38%	7779.04	7438.49	340.56	4.38%	8

batch	Gistingstank	in (hl)	uit (hl)	verliezen (hl)	verliezen (hl) %	in (kg EX)	uit (kg EX)	verliezen (kg EX)	verliezen (kg EX) %	gisttijd (dagen)
24	07	440	415	25	5.68%	7886.59	7438.49	448.1	5.68%	12
25	05	434	405	29	6.68%	7779.04	7259.25	519.8	6.68%	11
27	02	433	411	22	5.08%	7761.12	7366.79	394.33	5.08%	10
28	04	437	415	22	5.03%	7832.82	7438.49	394.33	5.03%	8
29	13	443	423	20	4.51%	7940.36	7581.88	358.48	4.51%	12
30	15	428	401	27	6.31%	7671.5	7187.55	483.95	6.31%	8
31	14	440	415	25	5.68%	7886.59	7438.49	448.1	5.68%	7
32	07	432	417	15	3.47%	7743.2	7474.33	268.86	3.47%	13
33	05	430	414	16	3.72%	7707.35	7420.56	286.79	3.72%	13
34	03	432	405	27	6.25%	7743.2	7259.25	483.95	6.25%	12
35	04	432	418	14	3.24%	7743.2	7492.26	250.94	3.24%	12
36	14	433	433	0	0.00%	7761.12	7761.12	0	0.00%	26
37	15	434	415	19	4.38%	7779.04	7438.49	340.56	4.38%	9
38	02	432	380	52	12.04%	7743.2	6811.14	932.05	12.04%	8
39	01	432	432	0	0.00%	7743.2	7743.2	0	0.00%	12
40	13	429	411	18	4.20%	7689.42	7366.79	322.63	4.20%	11
41	07	430	407	23	5.35%	7707.35	7295.09	412.25	5.35%	11
42	05	427	420	7	1.64%	7653.58	7528.11	125.47	1.64%	10
43	08	430	405	25	5.81%	7707.35	7259.25	448.1	5.81%	11
44	02	428	428	0	0.00%	7671.5	7671.5	0	0.00%	10
45	15	424	407	17	4.01%	7599.8	7295.09	304.71	4.01%	9
46	04	430	410	20	4.65%	7707.35	7348.87	358.48	4.65%	10
47	14	424	413	11	2.59%	7599.8	7402.64	197.16	2.59%	8
48	01	424	410	14	3.30%	7599.8	7348.87	250.94	3.30%	9
49	07	426	406	20	4.69%	7635.65	7277.17	358.48	4.69%	12
50	05	427	412	15	3.51%	7653.58	7384.71	268.86	3.51%	9
52	13	430	423	7	1.63%	7707.35	7581.88	125.47	1.63%	10

batch	Gistingstank	in (hl)	uit (hl)	verliezen (hl)	verliezen (hl) %	in (kg EX)	uit (kg EX)	verliezen (kg EX)	verliezen (kg EX) %	gisttijd (dagen)
53	08	432	405	27	6.25%	7743.2	7259.25	483.95	6.25%	9
54	02	432	415	17	3.94%	7743.2	7438.49	304.71	3.94%	10
55	03	432	415	17	3.94%	7743.2	7438.49	304.71	3.94%	8
56	15	436	415	21	4.82%	7814.89	7438.49	376.41	4.82%	9
57	01	430	420	10	2.33%	7707.35	7528.11	179.24	2.33%	10
58	04	432	413	19	4.40%	7743.2	7402.64	340.56	4.40%	10
59	05	436	420	16	3.67%	7814.89	7528.11	286.79	3.67%	10
60	07	393	384	9	2.29%	7044.16	6882.84	161.32	2.29%	10
61	14	422	408	14	3.32%	7563.95	7313.02	250.94	3.32%	13
62	03	432	421	11	2.55%	7743.2	7546.03	197.16	2.55%	14
63	08	430	410	20	4.65%	7707.35	7348.87	358.48	4.65%	11
64	02	425	420	5	1.18%	7617.73	7528.11	89.62	1.18%	15
65	01	431	398	33	7.66%	7725.27	7133.78	591.49	7.66%	14
66	05	426	410	16	3.76%	7635.65	7348.87	286.79	3.76%	15
67	07	426	401	25	5.87%	7635.65	7187.55	448.1	5.87%	10
68	04	432	416	16	3.70%	7743.2	7456.41	286.79	3.70%	17
69	08	428	410	18	4.21%	7671.5	7348.87	322.63	4.21%	12
70	14	432	425	7	1.62%	7743.2	7617.73	125.47	1.62%	14
71	03	434	426	8	1.84%	7779.04	7635.65	143.39	1.84%	20
72	13	442	435	7	1.58%	7922.44	7796.97	125.47	1.58%	14
73	15	431	415	16	3.71%	7725.27	7438.49	286.79	3.71%	13
74	02	434	415	19	4.38%	7779.04	7438.49	340.56	4.38%	14
75	01	431	415	16	3.71%	7725.27	7438.49	286.79	3.71%	13
76	07	426	426	0	0.00%	7635.65	7635.65	0	0.00%	14
77	08	424	424	0	0.00%	7599.8	7599.8	0	0.00%	14
78	04	433	423	10	2.31%	7761.12	7581.88	179.24	2.31%	13
79	05	432	432	0	0.00%	7743.2	7743.2	0	0.00%	7

batch	Gistingstank	in (hl)	uit (hl)	verliezen (hl)	verliezen (hl) %	in (kg EX)	uit (kg EX)	verliezen (kg EX)	verliezen (kg EX) %	gisttijd (dagen)
80	14	430	430	0	0.00%	7707.35	7707.35	0	0.00%	15
81	03	430	430	0	0.00%	7707.35	7707.35	0	0.00%	9
82	13	436	422	14	3.21%	7814.89	7563.95	250.94	3.21%	17
83	15	428	428	0	0.00%	7671.5	7671.5	0	0.00%	8
84	02	433	415	18	4.16%	7761.12	7438.49	322.63	4.16%	18
85	08	430	422	8	1.86%	7947.97	7800.1	147.87	1.86%	15
86	07	432	415	17	3.94%	7743.2	7438.49	304.71	3.94%	13
87	01	433	416	17	3.93%	7761.12	7456.41	304.71	3.93%	20
88	05	435	416	19	4.37%	7796.97	7456.41	340.56	4.37%	12
89	04	429	412	17	3.96%	7689.42	7384.71	304.71	3.96%	12
90	14	430	420	10	2.33%	7707.35	7528.11	179.24	2.33%	14
91	03	432	420	12	2.78%	7743.2	7528.11	215.09	2.78%	14
92	15	427	415	12	2.81%	7653.58	7438.49	215.09	2.81%	14
93	13	430	420	10	2.33%	7707.35	7528.11	179.24	2.33%	14
94	07	429	429	0	0.00%	7689.42	7689.42	0	0.00%	20
95	01	430	417	13	3.02%	7707.35	7474.33	233.01	3.02%	14
96	02	432	425	7	1.62%	7743.2	7617.73	125.47	1.62%	14
97	04	432	411	21	4.86%	7743.2	7366.79	376.41	4.86%	12
98	14	427	427	0	0.00%	7653.58	7653.58	0	0.00%	14
99	05	428	400	28	6.54%	7554.4	7059.93	494.47	6.55%	27
100	02	861	833	28	3.25%	15314.42	14758.32	556.1	3.63%	26
101	03	430	411	19	4.42%	7589.7	7254.07	335.63	4.42%	26
102	08	432	410	22	5.09%	7606.28	7218.66	387.62	5.10%	26
103	04	435	420	15	3.45%	7677.95	7412.92	265.03	3.45%	27
104	01	432	417	15	3.47%	7662.44	7396.11	266.33	3.48%	13
105	13	432	422	10	2.31%	7643.72	7466.51	177.21	2.32%	8
106	14	430	416	14	3.26%	7608.33	7360.35	247.98	3.26%	12

batch	Gistingstank	in (hl)	uit (hl)	verliezen (hl)	verliezen (hl) %	in (kg EX)	uit (kg EX)	verliezen (kg EX)	verliezen (kg EX) %	gisttijd (dagen)
107	15	429	415	14	3.26%	7590.64	7342.65	247.98	3.27%	20
108	01	430	420	10	2.33%	7577.95	7401.44	176.5	2.33%	14
109	07	427	412	15	3.51%	7518.25	7253.87	264.37	3.52%	7
110	13	433	415	18	4.16%	7623.89	7306.69	317.2	4.16%	16
111	03	432	432	0	0.00%	7643.72	7643.44	0.28	0.00%	12
112	02	432	425	7	1.62%	7643.72	7519.58	124.13	1.62%	14
113	04	432	390	42	9.72%	7612.71	6872.34	740.38	9.73%	29
114	05	431	390	41	9.51%	7607.35	6883.43	723.92	9.52%	26
115	14	419	402	17	4.06%	7358.67	7059.85	298.82	4.06%	21
116	15	426	405	21	4.93%	7521.75	7150.69	371.05	4.93%	20
117	08	432	432	0	0.00%	7586.99	7586.71	0.28	0.00%	33
118	01	432	430	2	0.46%	7606.28	7570.79	35.49	0.47%	21
119	03	425	410	15	3.53%	8115.77	7829.04	286.74	3.53%	20
120	01	420	417	3	0.71%	7376.24	7323.28	52.96	0.72%	12
121	07	420	410	10	2.38%	7376.24	7200.35	175.89	2.38%	12
122	14	420	410	10	2.38%	7376.24	7200.35	175.89	2.38%	15
123	02	420	410	10	2.38%	7376.24	7200.35	175.89	2.38%	10
124	03	420	420	0	0.00%	7376.24	7375.97	0.27	0.00%	14
125	08	420	420	0	0.00%	7376.24	7375.97	0.27	0.00%	13
126	05	420	410	10	2.38%	7376.24	7200.35	175.89	2.38%	14
127	01	420	420	0	0.00%	7376.24	7375.97	0.27	0.00%	14
128	07	420	402	18	4.29%	7376.24	7059.85	316.38	4.29%	12
129	03	432	416	16	3.70%	7621.26	7338.72	282.54	3.71%	7
130	14	432	399	33	7.64%	7606.28	7024.99	581.29	7.64%	7
131	08	431	400	31	7.19%	7626.02	7077.26	548.77	7.20%	11
132	05	430	410	20	4.65%	7608.33	7254.19	354.14	4.65%	9
133	07	433	412	21	4.85%	7634.57	7264.03	370.53	4.85%	8

batch	Gistingstank	in (hl)	uit (hl)	verliezen (hl)	verliezen (hl) %	in (kg EX)	uit (kg EX)	verliezen (kg EX)	verliezen (kg EX) %	gisttijd (dagen)
134	07	432	432	0	0.00%	7625	7624.72	0.28	0.00%	12
135	08	433	433	0	0.00%	7623.89	7623.61	0.28	0.00%	8
136	03	434	424	10	2.30%	7673.22	7496.14	177.08	2.31%	11
137	14	435	410	25	5.75%	7659.1	7218.66	440.44	5.75%	10
138	15	425	415	10	2.35%	7501.45	7324.67	176.77	2.36%	14
139	02	428	420	8	1.87%	7554.4	7412.92	141.48	1.87%	8
140	13	431	400	31	7.19%	7607.35	7059.93	547.42	7.20%	6
141	01	432	410	22	5.09%	7628.74	7239.98	388.77	5.10%	7
142	08	432	420	12	2.78%	7007	6812.14	194.86	2.78%	9
143	07	433	411	22	5.08%	7661.41	7271.88	389.53	5.08%	10
144	03	418	400	18	4.31%	7577.13	7250.57	326.56	4.31%	8
145	04	436	420	16	3.67%	7903.41	7613.1	290.32	3.67%	7
146	14	431	410	21	4.87%	7626.02	7254.19	371.84	4.88%	7
147	13	430	410	20	4.65%	7589.7	7236.42	353.28	4.65%	9
148	05	428	406	22	5.14%	7572.94	7183.42	389.53	5.14%	14
149	03	427	406	21	4.92%	7562.65	7190.45	372.2	4.92%	11
150	04	428	405	23	5.37%	7551.78	7145.7	406.08	5.38%	8
151	08	430	415	15	3.49%	7596.67	7331.4	265.27	3.49%	8
152	13	433	417	16	3.70%	7642.65	7359.97	282.68	3.70%	10
153	02	410	391	19	4.63%	7236.69	6901.08	335.61	4.64%	9
154	03	432	413	19	4.40%	7625	7289.37	335.63	4.40%	13
155	01	432	410	22	5.09%	7625	7236.42	388.58	5.10%	14
156	05	418	398	20	4.78%	7377.89	7024.63	353.27	4.79%	13
157	04	427	410	17	3.98%	7555.25	7254.19	301.06	3.98%	13
158	08	432	411	21	4.86%	7625	7254.07	370.93	4.86%	18
159	02	415	395	20	4.82%	4495.82	4279.14	216.68	4.82%	13
160	13	430	411	19	4.42%	7571.07	7236.27	334.8	4.42%	14

batch	Gistingstank	in (hl)	uit (hl)	verliezen (hl)	verliezen (hl) %	in (kg EX)	uit (kg EX)	verliezen (kg EX)	verliezen (kg EX) %	gisttijd (dagen)
161	07	426	400	26	6.10%	7519.1	7059.93	459.17	6.11%	13
162	14	436	424	12	2.75%	8344.72	8114.74	229.98	2.76%	13
163	15	428	410	18	4.21%	7554.4	7236.42	317.97	4.21%	13
164	03	412	400	12	2.91%	7296.98	7084.19	212.79	2.92%	12
165	05	433	420	13	3.00%	7581.99	7354.08	227.9	3.01%	11
166	08	430	420	10	2.33%	7589.7	7412.92	176.78	2.33%	8
167	01	422	410	12	2.84%	7482.49	7269.45	213.04	2.85%	10
168	02	430	415	15	3.49%	7669.72	7401.9	267.82	3.49%	7
169	04	436	416	20	4.59%	7715.61	7361.41	354.2	4.59%	12
170	07	418	415	3	0.72%	7393.45	7340.12	53.33	0.72%	10
171	13	424	420	4	0.94%	7512.2	7441.06	71.14	0.95%	10

Bijlage 2: Verliezen Goose Midway IPA

Tabel 12: Volledige resultaten Goose Midway IPA

Dry hop in	Volume (in hl)					Extract (in kg)				
	brouwzaal	fermentatie	maturatie	Verlies	%	brouwzaal	fermentatie	maturatie	verlies	%
Dry hop installatie										
Batch 1	451	434	425	26	5.76%	4925.96	4740.26	4641.95	284.01	5.77%
Batch 2	454	424	410	44	9.69%	5382.22	5026.52	4860.5	521.72	9.69%
Gemiddelde					7.73%					7.73%
Fermentatie										
Batch 1	435	400	390	45	10.34%	5156.71	4741.76	4623.17	533.54	10.35%
Batch 2	449	340		109	24.28%	4939.67	3740.49		1199.18	24.28%
Batch 3	446	340		106	23.77%	5541.45	4224.37		1317.08	23.77%
Batch 4	432	340		92	21.30%	5159.52	4060.69		1098.83	21.30%
Batch 5	420	376		44	10.48%	5346.53	4786.35		560.18	10.48%
Batch 6	420	381		39	9.29%	5349.45	4852.65		496.8	9.29%
Batch 7	432	370		62	14.35%	5347.68	4580.14		767.54	14.35%
Batch 8	454	390		64	14.10%	5008.88	4302.77		706.11	14.10%
Gemiddelde					15.99%					15.99%
Gemiddelde Zonder uitschieters					11.71%					11.71%

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Verminderen van de extract verliezen in de Belle Vue brouwerij

Richting: **master in de industriële wetenschappen: chemie**
Jaar: **2018**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Jorissen, Tom

Datum: **11/06/2018**