

Lehrstuhl für Brauereianlagen und Lebensmittel-Verpackungstechnik

**Anlagenplanung in Brauereien und Getränkeabfüllbetrieben
unter Verwenden von Standardsoftware**

Stephan Vey

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Brauwesen, Lebensmitteltechnologie
und Milchwissenschaft der Technischen Universität München zur Erlangung des
akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. R. Meyer-Pittroff
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. H. Weisser
2. Univ.-Prof. Dr. E. Geiger

Die Dissertation wurde am 30.06.2000 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Brauwesen, Lebensmitteltechnologie und Milchwissenschaft am
18.07.2000 angenommen.

Dank

An dieser Stelle sage ich allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, meinen herzlichen Dank:

Herrn Univ.-Prof. Dr. H. Weisser für die Überlassung des Themas und die erwiesene Geduld.

Herrn Privatdozent Dr. habil. H. Vogelpohl für die kritische Korrektur.

Allen Freunden und Kollegen, welche die Hoffnung nie aufgegeben haben.

Meinen Eltern, die mir meine Berufsausbildung ermöglichten und damit die Grundstein für diese Arbeit legten.

Meiner Frau Ilona für die Hinnahme der Einschränkungen im Privatleben, welche eine Promotion neben dem eigentlichen Berufsleben mit sich bringt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einleitung	1
2	Stand des Wissens	4
3	Grundlagen der Anlagenplanung in Brauereien	6
3.1	Volumenänderungen im Brauprozess	6
3.2	Brauen mit hoher Stammwürze	8
3.3	Saisonale Absatzschwankungen	9
3.4	Arbeitszeit	11
3.5	Sortiment	12
4	Ermitteln von Funktionsgleichungen und allgemeine Formeln	13
4.1	Ermitteln von Funktionsgleichungen	13
4.2	Allgemeine Formeln	16
5	Auslegen der Produktions- und Abfüllanlagen	24
5.1	Sudhaus	24
5.1.1	Sudgröße und -folge	24
5.1.2	Sudbezogene Daten	28
5.1.3	Maischbottich/Maischbottichpfanne	29
5.1.4	Maischpfanne	30
5.1.5	Maisch-/Würzpfanne	31
5.1.6	Läuterbottich	31
5.1.7	Maischefilterpressen	32
5.1.8	Treberentsorgung	32
5.1.9	Vorlaufgefäß	32
5.1.10	Würzpfanne	33
5.1.11	Whirlpool/Whirlpoolpfanne	33
5.1.12	Trubtank	35
5.1.13	Glattwassertank	35
5.1.14	Biologische Sauerungsanlage	35
5.1.15	CIP-Anlage Sudhaus	36
5.2	Malzsilos und Schroterei	38
5.2.1	Gesamt-Silokapazität	38
5.2.2	Silogröße	38
5.2.3	Silogeometrie	39
5.2.4	Malzannahme	40
5.2.5	Malztransport	40
5.2.6	Malzreinigung	41
5.2.7	Trockenschrotmühlen	41

5.2.8	Konditionierte Weichschrotung	41
5.3	Würzebehandlung	42
5.3.1	Heißtrubentfernung	42
5.3.2	Würzekühlung	42
5.3.3	Kühltrubentfernung	43
5.4	Warmwasserhaushalt und Energierückgewinnung im Sudhaus	44
5.4.1	Bedeutende Wärmerückgewinnungspotentiale im Sudhaus	45
5.4.2	Mögliche Warmwassergewinnung	46
5.4.3	Nutzwärmebedarf ohne Rekuperation	47
5.4.4	Warmwasserbilanzen	48
5.4.5	Wärmemengenbilanz	51
5.4.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	52
5.5	Warmwasserreserven	52
5.5.1	PfaDuKo zur Warmwasserbereitung	53
5.5.2	PfaDuKo mit Läuterwürzeerhitzer	54
5.5.3	Mechanische Brüdenverdichtung	55
5.5.4	Thermische Brüdenverdichtung:	55
5.6	Hefemanagement	55
5.6.1	Assimilationstank	56
5.6.2	Erntehefetanks	57
5.7	Gären und Lagern	57
5.7.1	Bruttotankraum	58
5.7.2	Tankgröße und -anzahl	59
5.7.3	Tankgeometrie	59
5.8	Filtration	61
5.9	Drucktanks	62
5.10	Flaschenabfüllung	63
5.10.1	Nennausbringung und Flaschenkellerkapazität	64
5.10.2	Einzelaggregate	68
5.10.3	Flächenbedarf für Flaschenabfüllanlagen	69
5.11	Keg-Abfüllung	70
6	Betriebstechnik	72
6.1	Wärme	72
6.1.1	Sudhaus	73
6.1.2	Abfüllanlagen	75
6.1.3	Sonstige Verbraucher, Gleichzeitigkeit	75
6.1.4	Brennstoffleistung, Brennstoffversorgung	76
6.2	Kälte	77
6.2.1	Würzekühlen	78

6.2.2	Gären/Reifen	79
6.2.3	Sonstige Verbraucher und Zuschläge	82
6.3	Kohlendioxid	83
6.3.1	Kapazität der Rückgewinnungsanlage	83
6.3.2	Kohlendioxid-Flüssigspeicher	84
6.4	Wasser	84
6.4.1	Wasserversorgung	84
6.4.2	Wasserreserven	85
6.5	Druckluft	86
6.6	Elektrischer Strom	86
7	Voll- und Leerguthalle	87
8	Flächenbedarf und Kosten von Brauereineubauten	90
8.1	Flächenbedarf	90
8.2	Kosten	93
9	Rechnergestützte Anlagenplanung	95
9.1	Eingabe der Eckdaten	97
9.2	Gestaltung des Sortiments	99
9.3	Sudhaus	101
9.4	Gär- und Lagertanks	103
9.5	Flächenbedarf Voll- und Leerguthalle	104
9.6	Grundstücksfläche und Kosten	107
10	Praktische Anwendung	108
10.1	Eckdaten und Mengeneingabe	109
10.2	Sudhaus	109
10.3	Gär- und Lagertanks	110
10.4	Voll- und Leerguthalle	112
10.5	Grundstücksfläche und Kosten	113
10.5.1	Grundstücksfläche	113
10.5.2	Anlagenkosten	114
10.5.3	Baukosten	114
11	Zusammenfassung und Ausblick	115
12	Literaturverzeichnis	118
13	Anhang	121

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen

Lateinisches Alphabet

Zeichen	Einheit	Bedeutung
a	-	Jahr
A	m ²	Fläche
ALZ	h	Allgemeine Laufzeit
AfG	-	Alkoholfreie Getränke
Ass	-	Assimilation
AW	(hl)	Ausschlagwürze(menge)
BD	(kg)	Brüden(menge)
BK	-	Brüdenkondensat
BKK	-	Brüdenkondensatkühler
BW	(hl)	Brauwasser(menge)
BWK	-	Brauwasserkühler
c	kJ/(kg · K)	Spez. Wärmekapazität
CO ₂	-	Kohlendioxid
D	m	Durchmesser
d	-	Tag
DN	mm	Nennweite von Rohrleitungen
DM	-	Deutsche Mark
DT	-	Drucktank
E	(kg/kg)	Extrakt(gehalt)
EH	(hl)	Erntehefe(menge)
F	-	Fermenter
FB	(hl)	Flaschenbier(menge)
FD	(kg)	Frischdampf(menge)
Fl	-	Flasche
f _{GS}	%	Gesamtschwandfaktor
f _{St}	%	Steigraumfaktor
f _{Sp}	a/mo	Spitzenmonatsfaktor
f _{TS}	%	Teilschwandfaktor allgemein
f _Z	%	Zuschlagsfaktor, allgemein

VII

GBZ	h	Gesamtbelegungszeit
GM	(hl)	Gesamtmaische(menge)
GV	%, hl	Gesamtverdampfung
H	m	Höhe
H ₂ O	-	Wasser
HG	(hl)	Hauptguß(menge)
HGB	-	High-gravity-brewing
HT-Sp	-	Hochtemperatur-Speicher
HT-W	-	Hochtemperatur-Wasser
h	-	Stunde
hl	-	Hektoliter
Int	-	Ganzzahl
JB	(hl)	Jungbier(menge)
K	-	Kelvin
\dot{K}	K/min	Aufheizrate
K _{SH}	hl VB/a	Sudhauskapazität
KB	(hl)	Kegbier(menge)
kJ	-	Kilojoule
KM	hl	Kochmaische
KT	-	Kochtemperatur
kW	-	Kilowatt
l	-	Liter
LB	-	Läuterbottich
Lft	-	lufttrocken
LG	-	Leergut
LWE	-	Läuterwürzeerhitzer
M	-	Maische
m	-	Meter
mbar	-	Millibar
MBPf	-	Maischbottichpfanne
MD	(kg)	Mischdampf(menge)
min	-	Minute
ML	hl	Milchsäurelösung

VIII

mo	-	Monat
MPf	-	Maischpfanne
MS	kg	Malzschüttung
P	kg/kg	Stammwürzegehalt
p	bar	Druck
Pal	-	Palette
PE	-	Primärenergie
PfaDuKo	-	Pfannendunstkondensator
PfvW	(hl)	Pfanne-voll-Würze(menge)
PVPP	-	Polyvinylpyrrolidon
Q	kJ	Wärmeenergie
\dot{Q}	kW	Wärmeleistung
Q_{effA}	Fl/h, Keg/h	Effektivausbringung
Q_{estA}	Fl/h, Keg/h	Einstellausbringung
Q_{nA}	Fl/h, Keg/h	Nennausbringung
q	verschieden	Spez. Wärmehalt
RM	(hl)	Restmaismenge
r	kJ/kg	Verdampfungsenthalpie
S	-	Sud
s	-	Sekunde
SA	%	Sudhausausbeute
SB	kg/m ²	Spez. Senkbodenbelastung
SD	(kg)	Sattdampfmenge
SG	%	Säuregehalt
SH	-	Sudhaus
SpK	-	Sprühkopf
St	-	Steigraum
SZ	%	Sicherheitszuschlag
T	°C, K	Temperatur
TBV	-	Thermischer Brüdenverdichter
TDM	-	Tausend Deutsche Mark
t _d	h/d	Tägliche Arbeitszeit
t _M	d	Malzbevorratungszeit

IX

t_{mo}	wo/mo	Monatliche Produktionszeit
t_{EM}	min	Einmaischzeit
t_{SF}	h	Abstand zwischen 2 Suden
t_{wo}	d/wo	Wöchentliche Produktionszeit
U	h^{-1}	Umwälzung
Ü	-	Überdruck
V	hl, m^3	Volumen, Rauminhalt
v	m/s	Geschwindigkeit
\dot{V}	hl/h, m^3/h	Volumenstrom
VB	(hl)	Verkaufsbier(menge)
VG	-	Vollgut
VW	(hl)	Vorderwürze(menge)
WK	-	Würzekühlung
WKO	-	Würzekochen
WW	(hl)	Warmwasser(menge)
WWE	-	Warmwassererzeugung
WWÜ	-	Warmwasserüberschuß
wo	-	Woche
ww	hl/hl	Spez. Warmwassermenge
ZKT	-	Zylindrokoniischer Tank
Z	-	Hefezellzahl

Griechisches Alphabet

α	-	Winkelbezeichnung
β	-	Massenverhältnis
Δ	-	Differenz
η	%	Wirkungsgrad
r	kg/dm^3	Dichte
Σ	-	Summe
j	%	Ausnutzungsgrad

1 Einleitung

Die Zahl der Braustätten in Deutschland nimmt beständig ab. Waren im Jahr 1991, also direkt nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staatsgebilde der Nachkriegszeit, noch 1.400 Braustätten in Betrieb, so sind es 1997 nur noch 1.190 [1, 2]. Bereinigt man diese Zahlen um die in diesem Zeitraum hinzugekommenen rd. 40 Gasthausbrauereien, so ist ein Rückgang der Handelsbrauereien um etwa 10 % bzw. 120 Betriebe festzustellen.

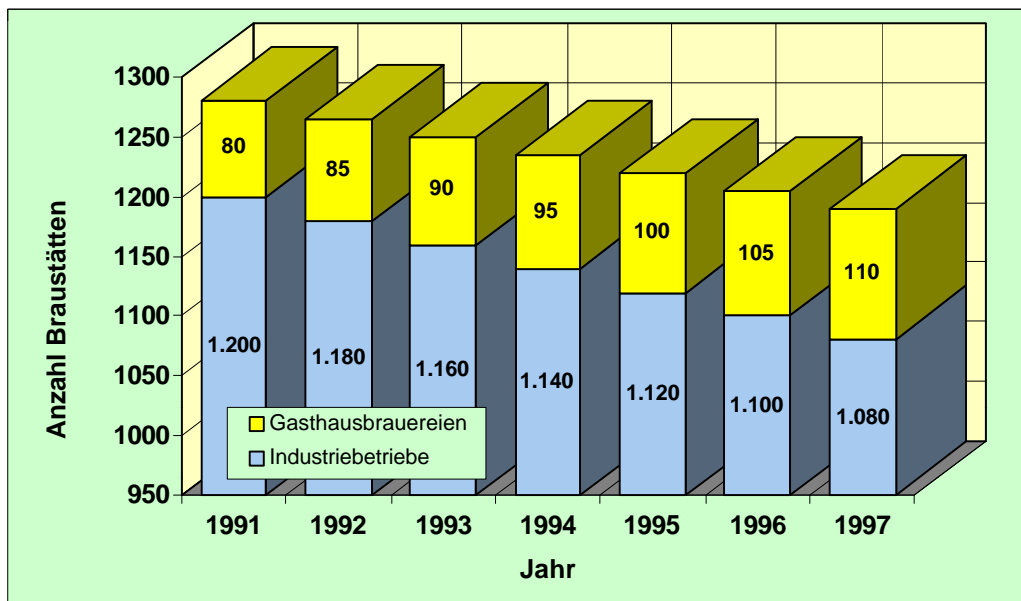


Bild 1.1. Braustätten in Deutschland 1991–1997 [1, 2]

Die Gründe für dieses anscheinend unaufhaltsame Brauereisterben werden vornehmlich im Rückgang des Bierkonsums in Deutschland von ehemals 142,0 l pro Kopf und Jahr auf aktuell 127,5 l bei in etwa gleichbleibender Gesamtbevölkerung gesehen. In einem rückläufigen Markt ist die Konzentration der Anbieter ein bekannter Vorgang.

Beschäftigt man sich mit der Frage, auf welche Brauereien sich der Wettbewerb konzentriert und worin die Gründe für das Scheitern der anderen Betriebe liegen, so erweist sich die Thematik als weitaus komplexer und ist für jedes Einzelschicksal individuell zu prüfen. Parolen wie "Die Großen fressen die Kleinen" oder "Die Schnellen fressen die Langsamen" beinhalten den Gedanken, daß in erster Linie die Mitbewerber Schuld am Scheitern eines Unternehmens sind.

In vielen Fällen sind jedoch vorwiegend interne Probleme ausschlaggebend für das Schließen eines Betriebes. Typisch ist hier die Situation, daß Investitionen auf technischer Seite anstehen, die aus dem laufenden Geschäftsbetrieb nicht mehr finanziert werden können. Oft liegen die Ursachen hierfür darin, daß diese Art von Investitionen über Jahre hinweg, aus welchen Gründen auch immer, vernachlässigt oder in ihrer Bedeutung für den Fortbestand des Unternehmens nicht erkannt wurden. Die betroffenen Brauereien gingen sozusagen allmählich in Autolyse über.

Die Kenntnis der langfristig anstehenden Investitionen im Sinne eines wirtschaftlichen Produktionsablaufes ist daher von elementarer Bedeutung für den Fortbestand und den Erfolg einer Brauerei.

Parallel zu einem mittel- bis langfristigen Absatzplan sollte daher auch eine technische Ausbauplanung vorliegen, in welcher die zu tätigen Maßnahmen nach Zeitpunkt, technisch-technologischem Grundkonzept und erforderlichem Kostenaufwand dokumentiert sind.

Eine solcher "Generalausbauplan" kann auch dazu führen, grundsätzliche Entscheidungen, wie z. B. eine Betriebsverlagerung oder Inanspruchnahme von Lohnabfüllung und anderen Dienstleistungen, rechtzeitig herbeizuführen und damit strategisch falsche und unnötige Investitionen zu verhindern.

Neben der begleitenden Planungsarbeit für vorhandene und am Markt positionierte Betriebe besteht naturgemäß bei Neugründungen von Brauereien Bedarf an Instrumenten für eine unkomplizierte und dennoch vertrauenswürdige Investitionskostenermittlung im Rahmen einer Machbarkeitsstudie. In dieser ersten Phase wird entschieden, ob das Projekt weiterverfolgt oder fallengelassen wird. Zusammen mit einer Markt- und Standortanalyse liefert die technische Vorplanung mit der darauf aufbauenden Kostenschätzung die Grundlage für eine Wirtschaftlichkeitsanalyse [3].

Der Stellenwert der technischen Planung erfordert ein hohes Maß an Flexibilität, um sich den aktuellen Marktentwicklungen und dem jeweiligen Stand der Technik anpassen zu können. Die Planungsgrundlagen müssen daher sorgfältig erarbeitet und vor allem dokumentiert werden. Da es weder möglich noch sinnvoll ist, alle Details auf Jahre im voraus festzulegen, ist es hilfreich, mit Kennzahlen und Modellen zu arbeiten, die aus der Entwicklung der Brauereitechnik und -technologie entstanden und jederzeit an diese angepaßt werden können.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, solche Kennzahlen und Methoden zusammenzutragen oder zu entwickeln und daraus ein in sich geschlossenes Berechnungssystem zu erarbeiten. Dieses System ist Grundlage für ein Computerprogramm, welches zum einen umfangreiche Kalkulationen übernimmt und andererseits die Inanspruchnahme von Tabellen, Grafiken und sonstigen Hilfsmitteln weitgehend überflüssig macht.

Das Ausführen der Rechenarbeit soll mittels allgemein zugänglicher und verbreiteter Standardsoftware erfolgen. Hierzu wurde das Tabellenkalkulationsprogramm "Excel" des amerikanischen Softwareentwicklers Microsoft in der Version 9.0 bzw. „Excel 2000“ aufgrund seiner Leistungsfähigkeit, seiner Anwenderfreundlichkeit und nicht zuletzt seines hohen Verbreitungsgrades ausgewählt.

2 Stand des Wissens

Informationen zur behandelten Problematik wurden aus verschiedenen Quellen bezogen, die sich wie folgt gruppieren lassen:

- Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Vorträge,
- wissenschaftliche Arbeiten und Vorlesungsskripten von Lehrstühlen,
- Fachbücher,
- Unterlagen von Anlagenbauern sowie die
- geübte Praxis eines branchenspezifischen Planungsbüros.

Die themarelevanten Veröffentlichungen in den verbreiteten Fachzeitschriften beschränken sich in der Regel auf die Beschreibung neu errichteter Anlagen in Form von Aufzählungen der technischen Einrichtung oder behandeln ausführlich anwenderspezifische Detaillösungen. Nur wenige Beiträge sind im Sinne einer verallgemeinernden Planungsarbeit verwertbar. Gleiches gilt für Vorträge auf einschlägigen Seminaren, sofern diese nicht ausdrücklich auf dieses Thema ausgerichtet sind.

Das Skriptum zur Vorlesung "Brauereianlagen" [4] des Lehrstuhls für Brauereianlagen und Lebensmittel-Verpackungstechnik der TU München-Weihenstephan faßt alle verfügbaren Daten aus dem Bereich des Dimensionierens technischer Einrichtungen einer Brauerei anschaulich zusammen und bildet somit eine Leitschnur für das hier zu entwickelnde Programm.

Die Dissertation von Unterstein [5] mit dem Titel "Entwicklung von Kenngrößen für eine systematische Brauereianlagenplanung" bereitet die Grundlagen für eine entsprechende Softwarelösung vor, arbeitet aber in vielen Bereichen noch mit starren Grundmustern und grafischen Lösungen.

Brauereifachbücher haben in erster Linie die Technologie des Herstellens und Abfüllens von Bier zum Inhalt. Da der Technologie neben der Wirtschaftlichkeit eine dominante Rolle in der Gestaltung der technischen Einrichtungen zukommt, sind hier die eigentlichen Grundlagen für die Planungsarbeit zu suchen. Der entscheidende Schritt der Abstraktion auf verwertbare Kennzahlen ist jedoch nur in Ausnahmefällen vollzogen. Das einzige aktuelle, deutschsprachige Fachbuch [6], welches sich u. a. die Anlagenplanung zum erklärten Thema macht, geht häufig zu sehr ins Detail und stellt die theoretischen Grundlagen vor die praktische Anwendung.

Unterlagen von auf Brauereianlagen spezialisierten Maschinenherstellern sind oft nur in Form von Werbematerial, mit entsprechend einseitiger Aussagekraft und von den jeweiligen Firmeninteressen geprägt, erhältlich.

Die Arbeit in einem branchenspezifischen Planungsbüro (Technisches Büro Weihenstephan GmbH, Freising) gab dem Verfasser die Möglichkeit, alle oben genannten Quellen auf ihre Verwertbarkeit in der Praxis hin zu überprüfen, vorhandene Informationslücken zu schließen und ein modernes, problemorientiertes und benutzerfreundliches Planungsinstrument zu erarbeiten.

3 Grundlagen der Anlagenplanung in Brauereien

Bedingt durch den Absatzmarkt und den Produktionsablauf sind beim Dimensionieren von Brauereianlagen oder -teilen zwei Phänomene zu beachten, die z. T. erhebliche Auswirkungen auf das Anlagendesign haben. Es handelt sich hierbei um Volumenänderungen im Laufe der Bierbereitung und um saisonal bedingte Absatzschwankungen.

Die Saisonabhängigkeit ist auch bei reinen Getränkeabfüllbetrieben deutlich ausgeprägt, aufgrund des fehlenden oder auf das Ausmischen und Karbonisieren von Erfrischungsgetränken beschränkten Produktionsablaufs spielen Volumenänderungen hier praktisch keine Rolle.

Als dritter grundlegender Parameter für das Bestimmen von Anlagenleistungen ist die zur Verfügung stehende Arbeitszeit zu sehen.

Weiterhin spielen das zu produzierende Sortiment sowie die Artikelstruktur eine Rolle im Planungsprozeß.

3.1 Volumenänderungen im Brauprozeß

In Brauereien treten in den einzelnen Fertigungsschritten üblicherweise Volumenänderungen meist in Form von Produktverlusten auf, die man als "Bierschwand" bezeichnet. Für das Auslegen einer Abteilung ist es wichtig, zu wissen, wie groß die Mengendifferenz, ausgedrückt in Prozent, zwischen der betreffenden Abteilung und dem verkaufsfertigen Produkt (Gesamtschwand) bzw. der vorhergehenden Abteilung (Teilschwand) ist. Bei Neuplanungen sind die entsprechenden Schwandsätze oft nicht bekannt, in diesen Fällen kann man auf Durchschnittswerte zurückgreifen.

In Tabelle 3.1 sind übliche Teilschwandsätze für die untergärige Bierproduktion (Zwei-Tank-Verfahren) für einen Gesamtschwand von 7,0 % zusammengestellt. Diese Werte können für Neubauplanungen herangezogen werden.

Tabelle 3.1. Teil- und Gesamtschwandsätze für Neubausauslegung (Beispiel)

Produktionsschritt		Teilschwand in %	Teilschwandfaktor f_{TS} bis Verkaufsbier
von	bis		
Sudhaus, $AW_{\text{heiß}}$	Hauptgärung	4,5	0,930
Hauptgärung	Lagern/Reifen	0,5	0,975
Lagern/Reifen	Filtration	0,5	0,980
Filtration	Drucktanks	0,5	0,985
Drucktanks	Abfüllung	0,5	0,990
Abfüllung	Verkaufsbier	0,5	0,995
Sudhaus	Verkaufsbier	7,0	0,930

Bei der Angabe des Gesamtschwandes muß deutlich werden, ob er sich auf heiße oder kalte Ausschlagwürze bezieht. Der Unterschied zwischen Heiß- und Kaltwürzmenge ist einerseits der größte Anteil (etwa 4 % absolut bzw. bis zu 50 % vom Gesamtschwand), andererseits stellt er keinen eigentlichen Produktverlust dar, da er hauptsächlich aus der Kontraktion der Würze beim Abkühlen von rd. 95 °C auf die Anstelltemperatur im Bereich von 6-12 °C resultiert.

Im folgenden ist mit dem Ausdruck "Gesamtschwand" der Unterschied zwischen *heißer Ausschlagwürze* und *Verkaufsbier* gemeint. Die Höhe des Bierschwandes wird in der Praxis stark von der jeweiligen Arbeitsweise (Sorgfalt des Personals, Behandeln von Restbieren, Ausschubmengen usw.) beeinflußt [7].

Der Teilschwandfaktor " f_{TS} " in der letzten Spalte der Tabelle 3.1 geht in dieser Form in die Berechnungsformeln der jeweiligen Abteilungen bzw. Aggregate ein. Es handelt sich hierbei immer um den Teilschwand von der betreffenden Abteilung bis zum verkaufsfertigen Bier. Für den Gesamtschwand wird die Bezeichnung " f_{GS} " verwendet.

3.2 Brauen mit hoher Stammwürze

Die Volumenänderungen müssen nicht zwangsläufig eine Mengenreduzierung beinhalten, es kann auch durch Beidrücken von Brauwasser in den verschiedenen Produktionsschritten ein Volumenzuwachs eintreten. Hierbei ist zu beachten, daß durch dieses Verdünnen der Stammwürzegehalt im Produkt sinkt.

Ausdrücklich gewünscht ist dies beim Brauen mit hoher Stammwürze, auch als High-Gravity-Brewing (HGB) bekannt. Bei diesem Verfahren werden die Biere im Sudhaus stärker eingebraut und erst in den nachfolgenden Schritten, meist bei der Filtration, auf die gewünschte Stammwürzekonzentration rückverdünnt.

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen zum einen darin, daß die Produktionsanlagen bis zum endgültigen Einstellen des gewünschten oder geforderten Stammwürzegehaltes kleiner und damit kosten- und platzsparend dimensioniert werden können; zum anderen ist es mit dieser Methode möglich, aus einem Stammbier ohne größeren Aufwand durch Rückverdünnen verschieden starke Bierqualitäten und dadurch mehrere Biersorten zu erzeugen.

Volumenzunahmen werden durch negative Schwanzzahlen ausgedrückt und können somit bei den üblichen Kalkulationsschritten problemlos berücksichtigt werden. Die Tabelle 3.2 könnte für ein Brauverfahren mit hoher Stammwürze, bei dem die endgültige Bierqualität direkt vor der Filtration festgelegt wird, folgendermaßen aussehen:

Tabelle 3.2. Teil- und Gesamtschwandsätze für Brauverfahren mit hoher Stammwürze (Beispiel)

Produktionsschritt		Teilschwand in %	Teilschwandfaktor f_{TS} bis Verkaufsbier
Von	bis		
Sudhaus, $AW_{\text{heiß}}$	Hauptgärung	4,5	1,085
Hauptgärung	Lagern/Reifen	0,5	1,130
Lagern/Reifen	Filtration	-15,0	1,135
Filtration	Drucktanks	0,5	0,985
Drucktanks	Abfüllung	0,5	0,990
Abfüllung	Verkaufsbier	0,5	0,995
Sudhaus	Verkaufsbier	-8,5	1,085

3.3 Saisonale Absatzschwankungen

Der Absatz von Bier und Erfrischungsgetränken in Deutschland unterliegt z.T. erheblichen saisonbedingten Schwankungen. Bild 3.1 zeigt die durchschnittliche Verteilung des monatlichen Bierausstoßes der Jahre 1993–97 [2]:

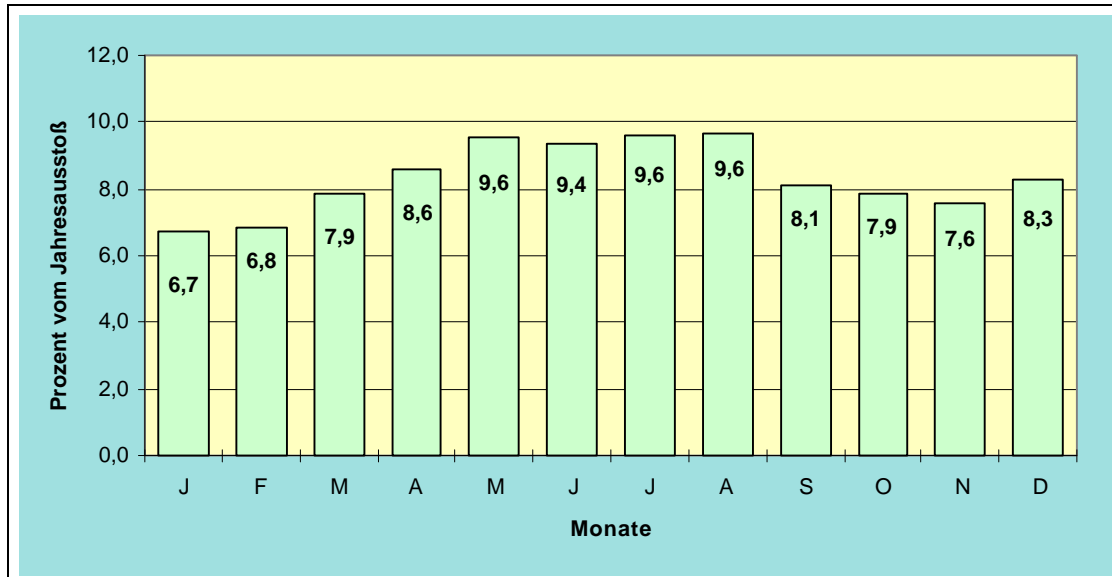


Bild 3.1. Monatl. Verteilung des Bierausstoßes in Deutschland 1993–97 in Prozent [2]

Im langjährigen Bundesdurchschnitt (1993–97) liegt das Verhältnis "Ausstoßstärkster Monat : Ausstoßschwächster Monat" bei 1,43 : 1. Gliedert man den Gesamtausstoß nach einzelnen Bundesländern auf, so kann sich dieser Unterschied noch vergrößern, z. B. 1,51 : 1 im Ferienland Bayern im Jahr 1996 [8]. Naturgemäß liegen die ausstoßstarken Monate in unseren Breiten im Sommerhalbjahr und machen sich in Urlaubs- und Ausflugsgebieten am ausgeprägtesten bemerkbar. Die o. g. Verhältnisse können daher regional oder auch nur örtlich begrenzt noch extremer sein.

In der Praxis bedeutet dies, daß beispielsweise im Jahr 1997 im Spitzenmonat Juli nicht ein Zwölftel oder 8,33 % des Gesamtjahresausstoßes (dies entspricht dem Monatsausstoß bei ganzjährig gleichmäßiger Absatzlage) zum Verkauf bereitgestellt werden mußten, sondern 10,8 % des Jahresausstoßes.

Aus technischer Sicht kann diese Diskrepanz durch 2 unterschiedliche Maßnahmen ausgeglichen werden:

- Vorproduktion der benötigten Mengen in den ausstoßschwachen Wintermonaten.

Diese Möglichkeit beinhaltet jedoch wirtschaftliche und technologische Nachteile:

- Die Vollgutlager müssen erheblich überdimensioniert werden, in Brauereien könnten wahlweise auch die Reife- und Abfüllanlagen entsprechend größer ausgelegt sein; in beiden Fällen entstehen deutlich höhere Investitionskosten für Tanks, Lagerraum, Gebinde usw., außerdem bindet man durch diese Vorräte an (Halb-) Fertigprodukten unnötig Kapital.
- Zumindest für das Produkt Bier kommen derartige Lagerzeiten sowohl im Reifetank als auch im verkaufsfertigen Zustand aus Qualitätsgründen nicht in Frage.
- Bei Fehlkalkulationen am Jahresbeginn stehen u. U. die im Sommer benötigten Mengen nicht oder im Überfluß zur Verfügung.

Obige Lösung ist daher bestenfalls bei sehr geringen saisonalen Schwankungen und für länger haltbare Produkte überlegenswert.

- Produzieren (mit verfahrenstechnisch bedingtem, zeitlichem Vorlauf bei der Bierherstellung von 3–4 Wochen) und Abfüllen der benötigten Mengen zum Zeitpunkt des Bedarfs.

Als Nachteile sind hier zu nennen:

- Erhohete Investitionskosten in den Bereichen Produktion und Abfüllung durch Überdimensionieren der Anlagen.
- Mangelndes Ausnutzen der Anlagen und des Personals in den übrigen Monaten.
- Evtl. Arbeiten im Uberstundenbereich.

Die beiden Faktoren "Investitionskosten" und "Überstunden" sind direkt voneinander abhängig, d. h. zum Vermeiden von Überstunden sind die Anlagen so zu konzipieren, daß auch in Spitzenzeiten die tarifliche Wochenarbeitszeit nicht überschritten wird. Dagegen bedingen z. B. bei Abfüllanlagen geringere Anlagenausbringungen und damit geringere Anschaffungskosten Überstunden in den Sommermonaten. Es hat sich als günstig erwiesen, den durchschnittlichen Ausstoß der drei absatzstärksten, aufeinanderfolgenden Monate in Prozent vom Jahresausstoß als den Spitzenmonatsanteil zu bezeichnen [9, 10, 11] und danach sämtliche Produktionsabteilungen auszulegen.

Diese Lösung stellt einen Kompromiß zwischen überhöhten Investitionskosten, mangelnder Auslastung in ausstoßschwächeren Monaten und verstärkt anfallenden Überstunden im Sommer dar. Die etwas überdimensionierten Anlagen bilden gleichzeitig eine Reserve beim Überschreiten der Normkapazität.

Im langjährigen Mittel pendelt sich der Spitzenmonatsanteil in Deutschland bei 9,5 % ein. Dieser Wert kann verwendet werden, wenn keine genauen Unterlagen zum Berechnen vorliegen. Sind die entsprechenden Monatsstatistiken verfügbar, so empfiehlt sich auf jeden Fall das exakte Bestimmen des Spitzenmonatsanteils, da in Ausnahmefällen doch erhebliche Abweichungen auftreten können. In die nachfolgenden Berechnungen geht der Spitzenmonatsanteil als sog. Spitzenmonatsfaktor " f_{Sp} " mit der Dimension "Jahre pro Monat" ("a/mo") ein. Im konkreten Beispiel heißt das für Deutschland "0,095 a/mo".

3.4 Arbeitszeit

Die zur Verfügung stehende Arbeitszeit, und hier im besonderen die Wochenarbeitszeit [11], stellt eine weitere wichtige Randbedingung für das Dimensionieren von Brauereianlagen dar.

Ausgehend von der tariflich festgesetzten, maximalen Wochenarbeitszeit des einzelnen Mitarbeiters stellen sich die zur Verfügung stehenden Arbeits- und Produktionstage wie in Tabelle 3.3 gezeigt dar. Die Produktionszeiten (t_{wo}) ergeben sich aus den Arbeitszeiten durch Abzug eines halben Arbeitstages pro Woche für Reinigungs- und Wartungsarbeiten. Die Angabe der Wochen pro Monat (t_{mo}) ist ein Durchschnittswert in den Sommermonaten und berücksichtigt die in diese Zeit fallenden Feiertage in Deutschland. Die mit aufgeführte 48-Stunden-Woche ist im Ausland durchaus noch anzutreffen.

Tabelle 3.3. Arbeits- und Produktionszeiten in Abhängigkeit der tariflichen Wochenarbeitszeit

Tarifl. Wochenarbeitszeit	Arbeitstage/wo	Produktionstage/wo t_{wo}
35 h	4,5	4
40 h	5	4,5
48 h	6	5,5

3.5 Sortiment

Das zu verarbeitende Sortiment beeinflusst nahezu alle Bereiche der technischen Brauereiplanung. Während in der Produktion (Malzannahme bis Filtration) hauptsächlich Anzahl und prozentualer Anteil verschiedener Biersorten berücksichtigt werden müssen, ist bereits im Drucktankbereich und noch gravierender bei den Abfüllanlagen und Logistikfunktionen den einzelnen Gebinden, also dem gesamten Artikelumfang, Rechnung zu tragen. Oftmals sind im Vertriebsbereich Handelswarensortimente zu berücksichtigen.

Grundsätzlich erfordert eine hohe Sorten- und Artikelvielfalt einen gesteigerten technischen Aufwand (z. B. unterschiedliche Tankgrößen, evtl. getrennte Abfüllanlagen usw.) und dadurch höhere Investitionen in Anlagen und Gebäude. Dieser Effekt kommt besonders bei kleineren Brauereien mit großer Sortimentsbreite zum Tragen.

4 Ermitteln von Funktionsgleichungen und allgemeine Formeln

Das Verwenden von Funktionsgleichungen ist Voraussetzung für den einfachen und nachvollziehbaren Aufbau einer Tabellenkalkulation. Beim Einbinden von praktischen Erfahrungen in automatisierte Berechnungen stellt man sehr schnell fest, daß in vielen Fällen mit Tabellenwerken und Graphiken gearbeitet wird, deren mathematischer Zusammenhang nicht bekannt ist. Oft ist es jedoch möglich, eine Näherungsformel oder eine bisher nicht offensichtliche Gesetzmäßigkeit mit vergleichsweise einfachen mathematischen Hilfsmitteln zu entwickeln.

4.1 Ermitteln von Funktionsgleichungen

Die angestrebte weitestgehende Automation des Planungsprozesses erfordert in vielen Fällen das Ermitteln des mathematischen Zusammenhangs in Form von Funktionsgleichungen aus empirisch gewonnenen Wertetabellen und Funktionsgraphen. Die Vorgehensweise wird an dieser Stelle anhand eines Beispiels erläutert. In Bild 4.1 ist die den entsprechenden Brauerei-Layouts entnommene Entwicklung des Flächenbedarfs für den Komplex Sudhaus/Malzsilos/Schroterei mit zunehmender Brauereigröße zwischen 25.000 hl VB/a und 4.000.000 hl VB/a aufgetragen. Es wird deutlich, daß der Flächenbedarf mit zunehmender Anlagenkapazität nicht linear anwächst, sondern einen stark degressiven Verlauf aufweist.

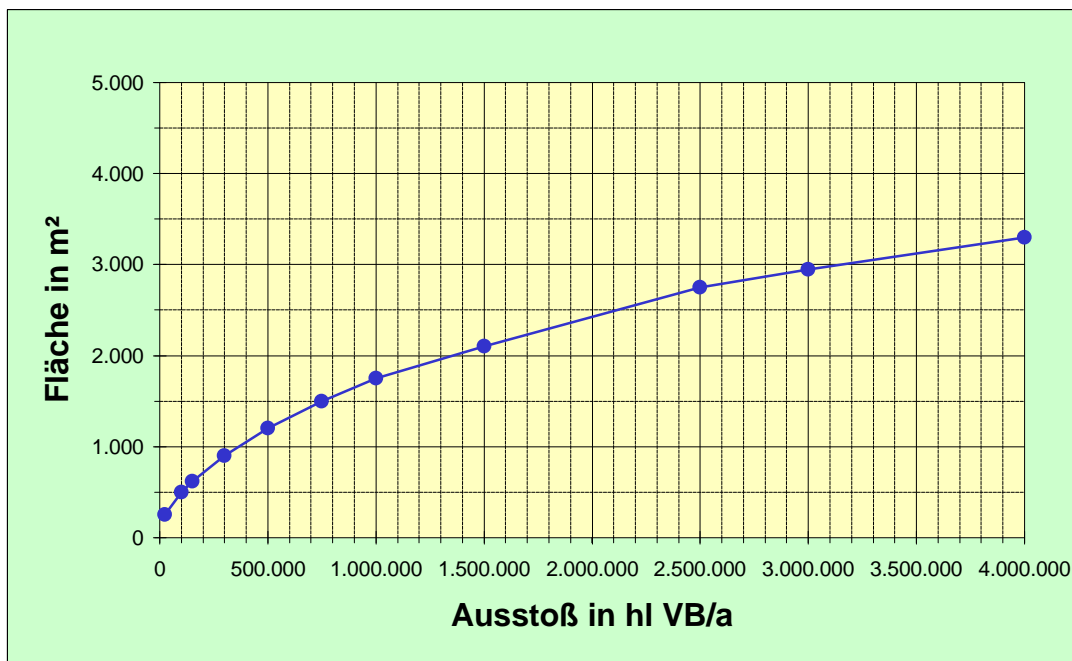


Bild 4.1. Flächenbedarf für den Bereich Sudhaus incl. Malzsilos und Schroterei in Abhängigkeit des Jahresausstoßes

Es wird daher ein mathematischer Zusammenhang in Form einer Exponential- oder einer Potenzfunktion vermutet [12]. Der Graph einer Exponentialfunktion stellt bei einfach logarithmischer Auftragung eine Gerade dar, Potenzfunktionen zeigen diesen Effekt in doppelt logarithmischen Koordinatensystemen.

Eine Analyse der Flächenentwicklung zeigt, daß diese beim Übertragen auf doppelt logarithmisches Papier nahezu eine Gerade bildet:

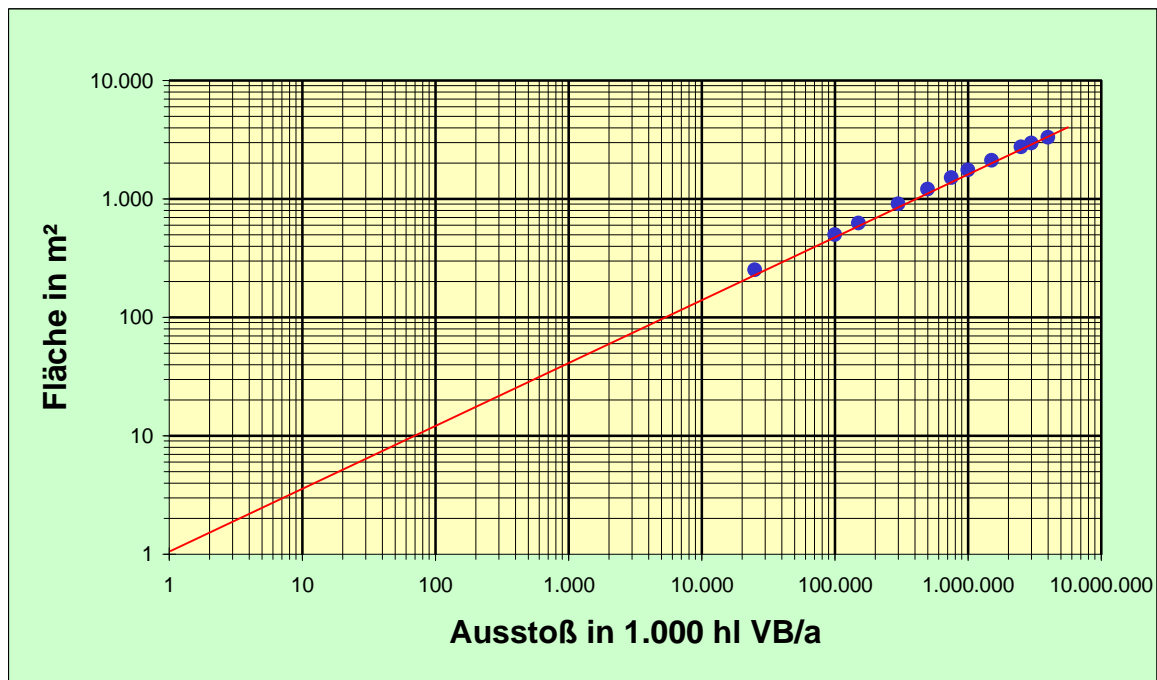


Bild 4.2. Flächenbedarf für den Bereich Sudhaus incl. Malzsilos und Schrotrei in Abhängigkeit des Jahresausstoßes in doppelt logarithmischer Darstellung

Durch Bestimmen der Geradengleichung unter Beachtung der logarithmischen Darstellung kann in diesem Fall der mathematische Zusammenhang zwischen Jahresausstoß VB_a in hl VB/a und Flächenbedarf A_{SH} in m^2 für den Bereich Sudhaus mit der folgenden Gleichung ausgedrückt werden.

$$A_{SH} [m^2] = 1,38 \cdot VB_a^{0,51} \approx 1,38 \cdot \sqrt{VB_a} \quad (4.1)$$

Ein Vergleich der mit dieser Näherungsformel berechneten mit den mittels Layouts gefundenen Werten ergibt einen mittleren relativen Fehler von 2,2 % und einen größten relativen Fehler von 4,6 %. Diese Genauigkeit ist für eine Grobplanung ausreichend, so daß die gefundene Formel für das automatische Berechnen des Flächenbedarfs in einer Tabellenkalkulation verwendet werden kann.

Bild 4.3 stellt den Verlauf der empirisch ermittelten und der berechneten Werte zusammen in einer Graphik dar und unterstreicht die Praxistauglichkeit der entwickelten Formel.

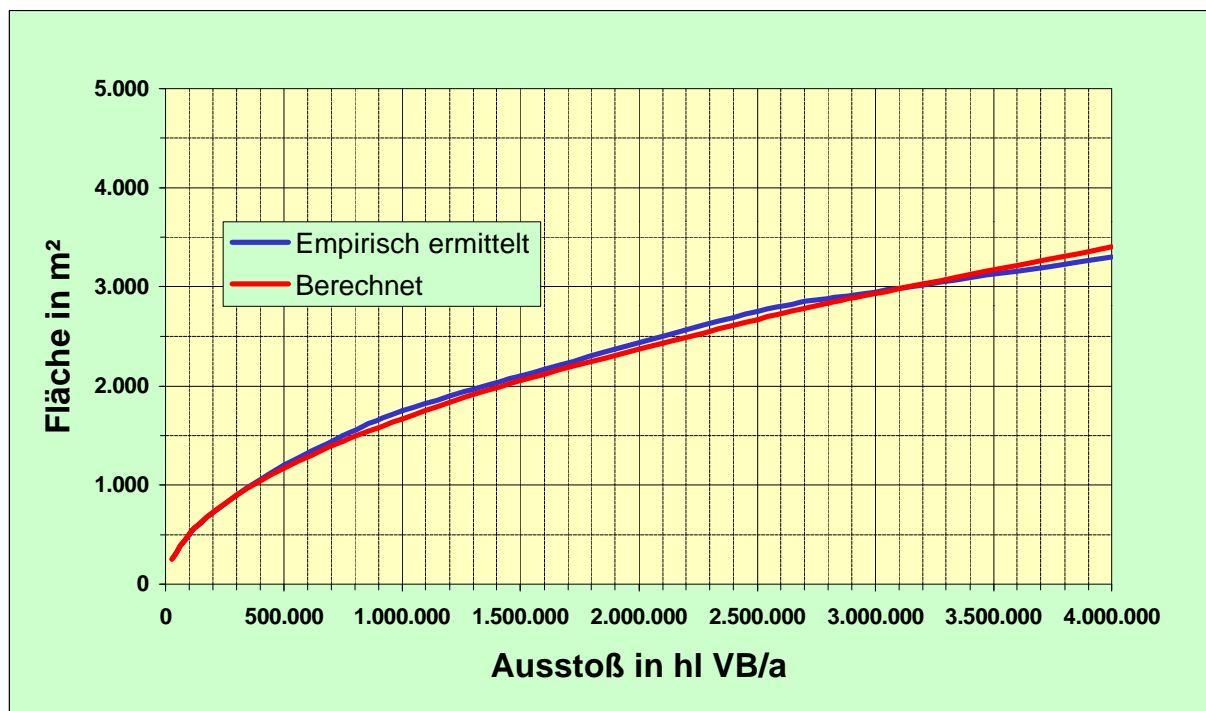


Bild 4.3. Flächenbedarf für den Bereich Sudhaus incl. Malzsilos und Schroterei, Gegenüberstellung empirisch ermittelter und berechneter Werte

Neben dem einfach bzw. doppelt logarithmischen Auftragen eines Funktionsgraphen können auch andere Umformungen, z. B. das Umkehren der x-Werte in ihre reziproke Form oder die Kombination mehrerer solcher Maßnahmen, für das Ermitteln einer Funktionsgleichung aus einer Wertetabelle erforderlich sein. Diese Manipulationen lassen sich in einem Tabellenkalkulationsprogramm, wie dem hier verwendeten Excel 2000, zeitsparend und mittels der integrierten Graphik-Funktion anschaulich durchführen.

4.2 Allgemeine Formeln

Im folgenden werden Formeln aufgeführt, die in verschiedenen Rechengängen benötigt und dort nicht jedesmal neu vorgestellt werden. Für selbst ermittelte Gleichungen, wie in Abschnitt 4.1 beschrieben, sind als Maß für die Genauigkeit jeweils die mittleren und maximalen Abweichungen von den Ursprungsdaten als absolute und relative Fehler angegeben.

Dichte $r_{\text{H}_2\text{O}}$ von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur T [13]:

Die Regressionsgleichung (4.2) trägt der Anomalie des Wassers, d. h. dem Dichte-Maximum bei + 4 °C, Rechnung.

$$\begin{aligned} r_{\text{H}_2\text{O}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right] = & 999,9041958 + 2,892385 \cdot 10^{-2} \cdot T - \\ & - 6,10606 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 1,64724 \cdot 10^{-5} \cdot T^3 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Bild 4.4 zeigt den Verlauf des Funktionsgraphen in dem für die nachfolgenden Berechnungen relevanten Temperaturbereich von 0-100 °C.

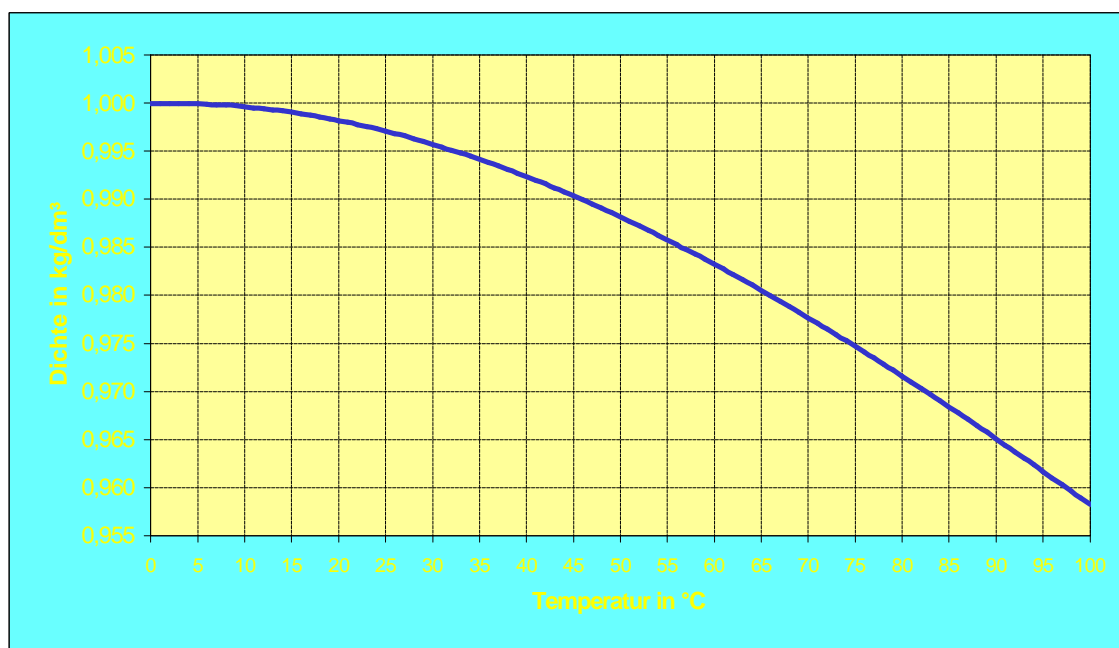


Bild 4.4. Dichte von Wasser im Temperaturbereich 0-100 °C

Spezifische Wärmekapazität $c_{\text{H}_2\text{O}}$ von Wasser in Abh. von der Temperatur T [13]:

$$c_{\text{H}_2\text{O}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] = 4,21792672791 - 3,31680847 \cdot 10^{-3} \cdot T + \\ + 1,114485 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 1,8582518 \cdot 10^{-6} \cdot T^3 \quad (4.3)$$

Die spezifische Wärmekapazität von Wasser bewegt sich, wie aus Bild 4.5 ersichtlich, zwischen 0 und 100 °C im Bereich von 4,18 bis 4,22 kJ/(kg · K).

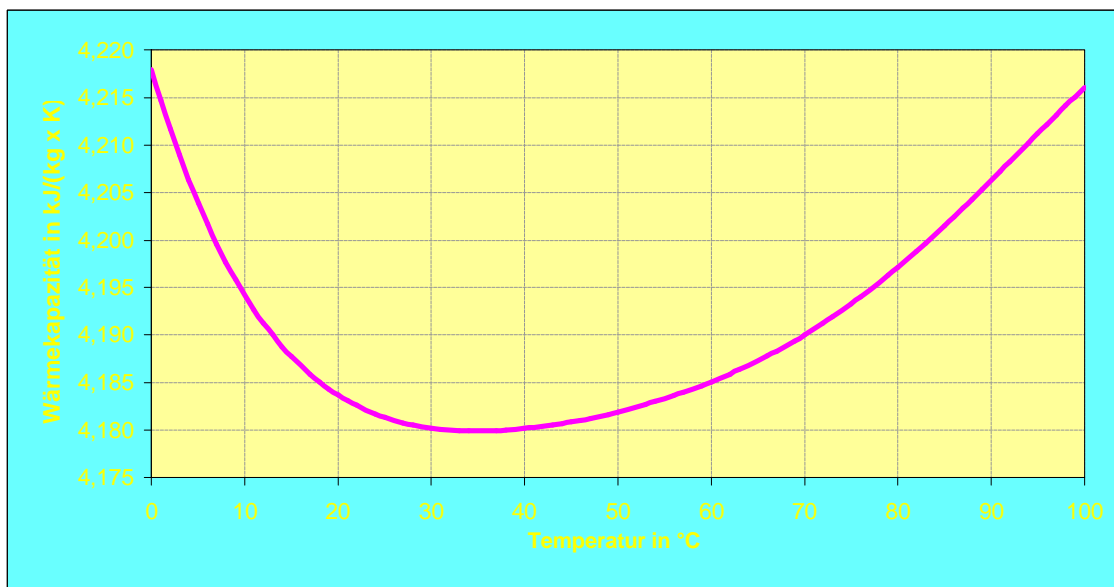


Bild 4.5. Spez. Wärmekapazität von Wasser im Temperaturbereich 0-100 °C

Dichte $\rho_{\text{M}, 75\text{ °C}}$ von Maische bei 75 °C in Abhängigkeit der Vorderwürzekonzentration P_{VW} in Anlehnung an [5]:

$$r_{\text{M}, 75\text{ °C}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right] = 1,0 + P_{\text{VW}} \cdot 0,00332 \quad (4.4)$$

Als Mittelwert kann mit einer Dichte von 1,0667 kg/dm³ gerechnet werden; die Abweichung vom berechneten Wert beträgt in diesem Falle weniger als 1 %.

Spez. Wärmekapazität $c_{\text{M},75\text{ °C}}$ von Maische bei 75 °C in Abhängigkeit der Vorderwürzekonzentration P_{VW} , entwickelt aus Tabelle gemäß [6]:

$$c_{\text{M}, 75\text{ °C}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] = 4,142 + P_{\text{VW}} \cdot -0,02727 \quad (4.5)$$

Bei Annahme einer mittleren spez. Wärmekapazität von 3,60 kJ/(kg · K) muß ein Fehler von rund 2 % in Kauf genommen werden

Dichte $r_{w,20}$ von Würze bei 20 °C in Abhängigkeit vom Stammwürzegehalt P [14]:

Die Dichte von Bierwürze bei 20 °C dient lediglich als Hilfsgröße zum Ermitteln der Dichte bei beliebiger Temperatur in Gleichung (4.7).

$$r_{w,20\text{ °C}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right] = 0,9963833 + 0,00419 \cdot P \quad (4.6)$$

Dichte r_w von Würze in Abhängigkeit der Dichte bei 20 °C und der Temperatur T [15]:

In Verbindung mit Gleichung (4.6) läßt sich die Dichte von Würze als Funktion des Stammwürzegehaltes P und der Temperatur T berechnen.

$$\begin{aligned} r_w \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right] = & 1,024023 \cdot r_{w,20} - 0,022468 + \\ & + \left(-200,104 \cdot r_{w,20} + 206,68 \right) \cdot 10^{-5} \cdot T + \\ & + \left(67,44 \cdot r_{w,20} - 76,73 \right) \cdot 10^{-6} \cdot T^2 + \\ & + \left(-756,44 \cdot r_{w,20} + 811,66 \right) \cdot 10^{-9} \cdot T^3 \end{aligned} \quad (4.7)$$

Für Stammwürzegehalte zwischen 6,0 % und 18,0 % ist in Bild 4.6. eine Kurvenschar dargestellt.

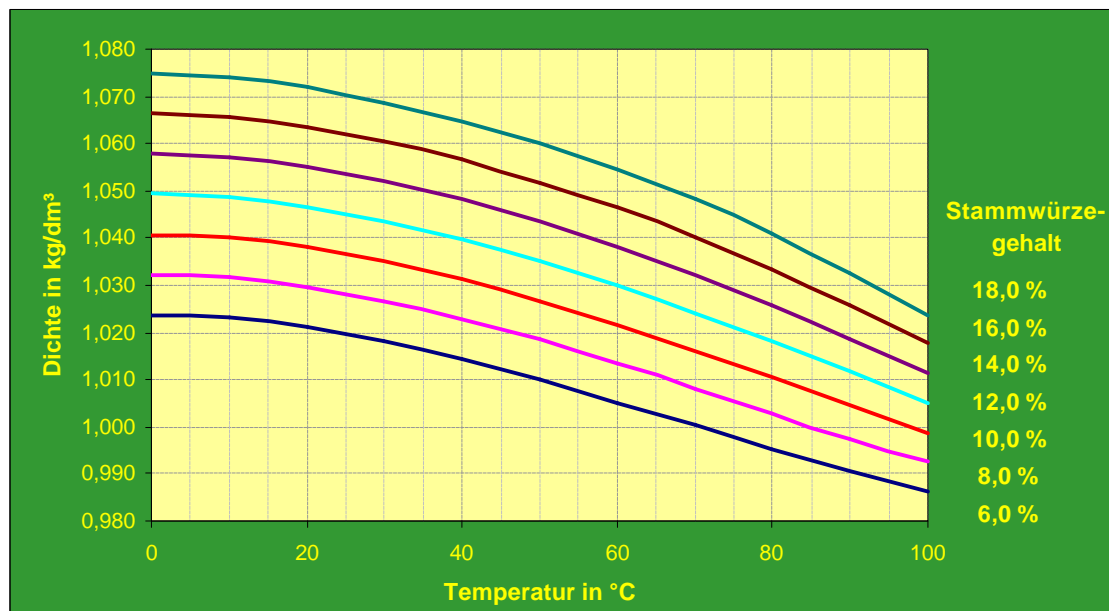


Bild 4.6. Dichte von Würzen mit Stammwürzegehalten von 6,0 bis 18,0 Masse-Prozenten zwischen 0 und 100 °C

Spez. Wärmekapazität $c_{W,6\%}$ von Würze bei Stammwürzegehalt $P = 6\%$ in Abhängigkeit der Temperatur T [14]:

Die Regressionsgleichungen (4.8) und (4.9) ermitteln die spez. Wärmekapazität von Würzen mit 6,0 bzw. 18,0 % bei Temperaturen zwischen 0 und 100 °C. Aus diesen Werten lassen sich mittels Gleichung (4.10) die Wärmekapazitäten von Würzen mit Stammwürzegehalten zwischen diesen Eckwerten interpolieren. Die graphische Darstellung erfolgt in Bild 4.7.

$$c_{W, 6\%} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] = 4,03854785 - 3,209552 \cdot 10^{-4} \cdot T + 1,3662905 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 4,461985 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 \quad (4.8)$$

Spez. Wärmekapazität $c_{W,18\%}$ von Würze bei $P = 18\%$ in Abh. der Temperatur T [14]:

$$c_{W, 18\%} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] = 3,709438944 + 1,639887 \cdot 10^{-3} \cdot T - 4,31582 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + 6,385254 \cdot 10^{-9} \cdot T^3 \quad (4.9)$$

Spez. Wärmekapazität c_W von Würze bei Stammwürzegehalt P zwischen 6,0 und 18,0 % in Abhängigkeit der Temperatur T in Anlehnung an [14]:

$$c_W \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] = c_{W, 6\%} - \left(\frac{c_{W, 6\%} - c_{W, 18\%}}{12} \right) \cdot (P - 6\%) \quad (4.10)$$

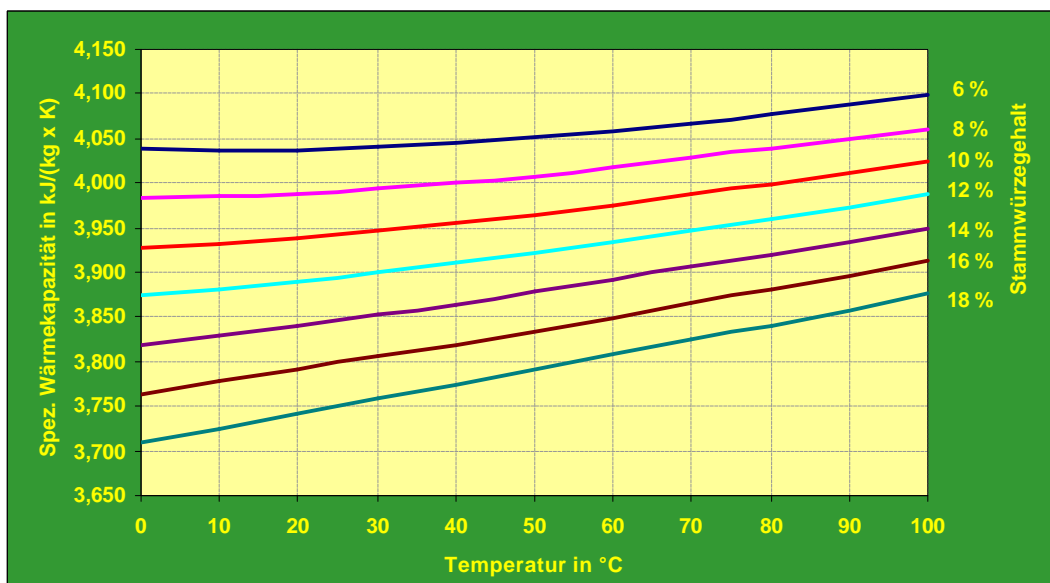


Bild 4.7. Spez. Wärmekapazität von Würzen mit Stammwürzegehalten von 6,0 bis 18,0 Masse-Prozent zwischen 0 und 100 °C

Temperatur T_{SD} von gesättigtem Wasserdampf in Abhängigkeit vom Druck p_{SD} :

$$T_{SD} [^{\circ}\text{C}] = 100 \cdot p_{SD}^x \quad (4.11)$$

Die Näherungsgleichung (4.11) für den auf Grundlage der Dampftafel [16] entwickelten Graphen wurde in 3 Teilstücke zerlegt, die sich im Exponenten gemäß Tab. 3.1 unterscheiden.

Tabelle 4.1. Exponenten für Gleichung (4.11)

p_{SD}	$1 \text{ bar}_{\text{abs}} \leq p < 6 \text{ bar}_{\text{abs}}$	$6 \text{ bar}_{\text{abs}} \leq p < 12 \text{ bar}_{\text{abs}}$	$p \geq 12 \text{ bar}_{\text{abs}}$
x	0,260	0,256	0,251

Zum exakten Berechnen der Werte aus der Sattdampftafel sind spezielle Programme verfügbar. Für die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten energiewirtschaftlichen Betrachtungen ist die ermittelte Näherungsformel ausreichend genau, wie die Gegenüberstellung der Funktionsgraphen in Bild 4.8 zeigt.

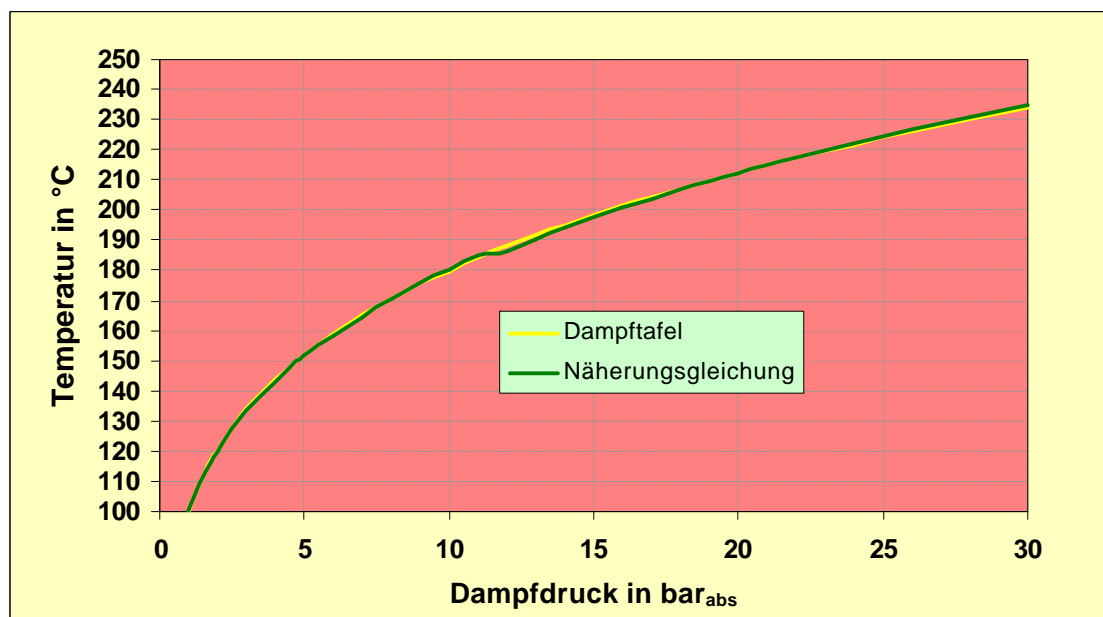


Bild 4.8. Temperatur von gesättigtem Wasserdampf in Abh. der Temperatur; Gegenüberstellung Sattdampftafel \leftrightarrow Näherungsformel

Die Formel kann problemlos in einem Tabellenkalkulationsprogramm verwendet werden. Die hierbei auftretenden mittleren und maximalen Abweichungen von der Dampftafel sind in Tabelle 4.2 aufgeführt.

Tabelle 4.2. Fehlerangaben für Gleichung (4.11)

Absoluter Fehler		Relativer Fehler	
Im Mittel	maximal	im Mittel	maximal
0,29 K	1,38 K	0,18 %	0,73 %

Druck p_{SD} von gesättigtem Wasserdampf in Abhängigkeit der Temperatur T_{SD} :

Die Umkehrung von Gleichung (4.11), d. h. die Abhängigkeit des absoluten Dampfdrucks von der Temperatur sieht folgendermaßen aus:

$$p_{SD} [\text{bar}_{\text{abs}}] = 10^{\frac{(\log T) - 2}{x}} \quad (4.12)$$

Die Unterteilung erfolgt hier in 3 Temperaturbereiche.

Tabelle 4.3. Koeffizienten für Gleichung (4.12)

T	$100\text{ °C} \leq T < 160\text{ °C}$	$160\text{ °C} \leq T < 190\text{ °C}$	$T \geq 190\text{ °C}$
x	0,260	0,256	0,251

Auf eine graphische Darstellung wird an dieser Stelle verzichtet, Angaben zur Genauigkeit der Gleichung (4.12) sind Tabelle 4.4 zu entnehmen.

Tabelle 4.4. Fehlerangaben für Gleichung (4.12)

Absoluter Fehler		Relativer Fehler	
Im Mittel	Maximal	im Mittel	Maximal
0,05 bar	0,36 bar	0,66 %	2,97 %

Verdampfungsenthalpie r_{SD} von Wasser in Abhängigkeit vom Druck p_{SD} :

Der Zusammenhang zwischen der Verdampfungsenthalpie r_{SD} und dem Druck p_{SD} läßt sich hinreichend genau durch Gleichung (4.13) ausdrücken, wobei sich hier durch das Aufteilen in 4 Abschnitte die Genauigkeit der ermittelten Werte erhöht.

$$r_{SD} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = a \cdot e^{(p_{SD} \cdot x)} \quad (4.13)$$

Tabelle 4.5. Koeffizienten für Gleichung (4.13)

p_{SD}	$1\text{ bar} \leq p < 4\text{ bar}$	$4\text{ bar} \leq p < 10\text{ bar}$	$10\text{ bar} \leq p < 22\text{ bar}$	$22\text{ bar} \leq p \leq 30\text{ bar}$
a	2.290	2.240	2.150	2.130
x	- 0,0180	- 0,0113	- 0,0065	- 0,0058

Die Abweichungen von der Dampftafel sind in Tabelle 4.6 wiedergegeben.

Tabelle 4.6. Fehlerangaben für Gleichung (4.13)

Absoluter Fehler		Relativer Fehler	
Im Mittel	Maximal	im Mittel	maximal
3,7 kJ/kg	9,5 kJ/kg	0,18 %	0,45 %

Die gute Übereinstimmung der berechneten Werte mit den Vorgaben werden auch durch das Diagramm in Bild 4.9 bestätigt.

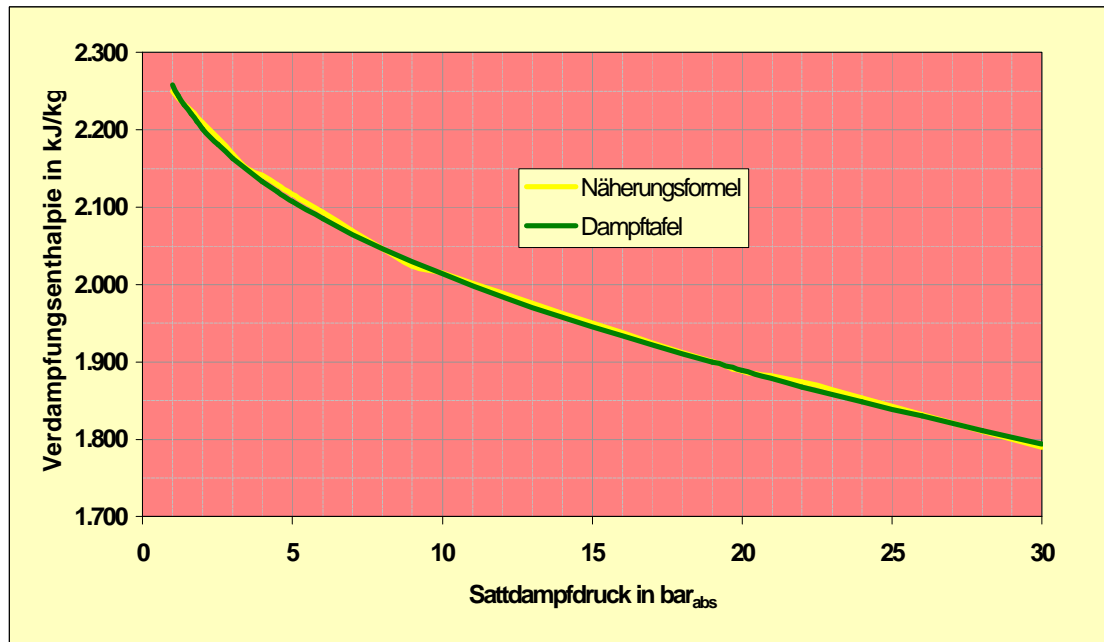


Bild 4.9. Verdampfungsenthalpie von Wasserdampf in Abh. des Sättigungsdrucks; Gegenüberstellung Sattdampf tafel \Leftrightarrow Näherungsformel

Fläche A eines Kreises in Abhängigkeit von Durchmesser D (in m):

$$A \text{ [m}^2\text{]} = \frac{p \cdot D^2}{4} \quad (4.14)$$

Volumen V eines Zylinders in Abhängigkeit der Fläche A (in m²) und Höhe H (in m):

$$V \text{ [m}^3\text{]} = A \cdot H \quad (4.15)$$

Durchmesser D eines Zylinders in Abhängigkeit von Volumen V (in m³) und Höhen-/Durchmesserverhältnis $f_{H/D}$:

$$D \text{ [m]} = \sqrt[3]{\frac{V \cdot 4}{p \cdot f_{H/D}}} \quad (4.16)$$

Innendurchmesser DN einer Rohrleitung in Abhängigkeit von Volumenstrom \dot{V} (in hl/h) und Fließgeschwindigkeit v (in m/s):

$$DN \text{ [mm]} = \sqrt{\frac{\dot{V} \cdot 4}{v \cdot p \cdot 10 \frac{\text{hl}}{\text{m}^3} \cdot 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}} \cdot 1.000 \frac{\text{mm}}{\text{m}} \quad (4.17)$$

Rohrleitungsinhalt V_R in Abhängigkeit vom Innendurchmesser DN (in mm):

$$V_R \left[\frac{\text{hl}}{\text{m}} \right] = \frac{DN^2 \cdot p}{4} \cdot 10^{-4} \quad (4.18)$$

Volumenstrom in Rohrleitungen \dot{V}_R in Abhängigkeit vom Innendurchmesser DN (in mm) und der Fließgeschwindigkeit v_R in (m/s):

$$\dot{V}_R \left[\frac{\text{hl}}{\text{h}} \right] = \frac{DN^2 \cdot p}{4} \cdot 10^{-6} \cdot v_R \cdot 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot 10 \frac{\text{hl}}{\text{m}^3} \quad (4.19)$$

5 Auslegen der Produktions- und Abfüllanlagen

Aufbauend auf den grundlegenden Planungsparametern werden nun die einzelnen Abteilungen einer Brauerei in Anlehnung an den Produktionsablauf eingehender behandelt und die erforderlichen Berechnungsformeln in allgemeiner und spezieller Form vorgestellt.

5.1 Sudhaus

Mit der Sudhauskonzeption wird die Chargengröße festgelegt. Diese beeinflusst letztendlich die Dimensionen der nachfolgenden Abteilungen, wie beispielsweise Bruttoinhalte der Gär- und Reifetanks, und sollte daher bei Neubauplanungen als erste Richtgröße definiert werden.

5.1.1 Sudgröße und -folge

Die Kapazität des Sudhauses ist durch die Parameter

- Sudgröße AW (in hl/S) und
- Sudfolge (in S/d, bzw. S/wo)

festgelegt. Zunächst wird das Produkt dieser beiden Größen, die wöchentlich zu produzierende Würzmenge $AW_{wo, heiß}$, ermittelt:

$$AW_{wo, heiß} \left[\frac{hl}{wo} \right] = \frac{VB_a \cdot f_{Sp}}{t_{mo} \cdot f_{GS}} \quad (5.1)$$

Die berechnete Wochenproduktion kann mit relativ wenigen, aber großen Suden bzw. mit verhältnismäßig vielen und entsprechend kleineren Suden dargestellt werden. Die Entscheidung über Sudgröße und -folge hängt u. a. von den Parametern

- Jahresausstoß,
- Sortenvielfalt,
- Energiehaushalt und
- Personaleinsatz/gewünschter Automationsgrad

ab und beeinflusst wiederum die technische Ausstattung des Sudhauses.

Die Sudgröße AW wird neben der erforderlichen Wochenproduktionsmenge vor allem durch die Sudfolge t_{SF} bestimmt. Als Sudfolge ist die Zeit zwischen dem Ausschlagen zweier aufeinanderfolgender Sude definiert. Diese wiederum ist zum einen von den technologisch vorgegebenen Belegungszeiten der einzelnen Gefäße (Maischverfahren, Würzekochzeit, usw.)

und zum anderen von der Sudhauseinrichtung (Art, Anzahl und Ausrüstung der übergeordneten Geräte) abhängig.

Derzeit werden beim Einsatz von Maischefilterpressen bis zu 12 Sude/24 h garantiert (d. h. eine Sudfolge von 2 h), bei Läuterbottichsudwerken können diese Zeiten unter Einhalten bestimmter Randbedingungen, wie niedrige spezifische Senkbodenbelastung, optimale Malzqualitäten und modernste Steuerungstechnik, ebenfalls erreicht werden.

Da es keine eindeutige Abhängigkeit der oben genannten Parameter vom Jahresausstoß einer Brauerei gibt, ist eine Entscheidung über die Sudhausdimensionierung nicht einfach mittels einer Berechnungsformel zu finden.

Neben den bisher genannten Aspekten müssen bei der Sudhausplanung die langfristige Absatzplanung und die daraus resultierenden Produktionsmengen, also die Erweiterungsfähigkeit der Anlage, mit einbezogen werden. Diese Forderung trifft natürlich auch für sämtliche anderen Bereiche der Brauereiplanung zu.

Während man jedoch die Kapazität der nachfolgenden Abteilungen in vergleichsweise kleinen Schritten, z. B. durch Nachrüsten entsprechender Tanks oder durch Mehrschichtbetrieb, erhöhen kann, sollte man sich eine Kapazitätsausweitung im Sudhaus dadurch offenhalten, daß man nicht bereits in der 1. Ausbaustufe die technischen Möglichkeiten der Anlage voll ausschöpft. Hier gibt es grundsätzlich 2 Möglichkeiten:

- die Anlage wird so konzipiert, daß von Anfang an die maximale Sudzahl/24 h gefahren, die Wochenarbeitszeit jedoch nicht voll genutzt wird;
- das Sudhaus soll über die ganze Woche hinweg in Betrieb sein, es werden aber anlagentechnische und bauliche Vorkehrungen getroffen, um im Bedarfsfall durch Ergänzen der Anlage um weitere Gefäße die Sudfolge zu verkürzen und damit die Wochenproduktion zu steigern.

In der Praxis spielen beide Überlegungen eine Rolle, wobei die erste Strategie meist für kleinere Betriebe angewandt wird. Um unverhältnismäßig große Überkapazitäten zur Zeit der Inbetriebnahme zu vermeiden, sind langfristig geplante Kapazitätserweiterungen durch Ergänzungen in der technischen Ausstattung bzw. durch die Installation einer zusätzlichen Sudlinie zu realisieren.

Zusammenfassend sollen an dieser Stelle nochmals die wichtigsten Einflußfaktoren auf die Sudhauskonzeption aufgeführt werden:

- Jahresausstoß zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme,
- geplante Ausbaustufen,
- Sortiment,
- angewandte Technologie,
- zur Verfügung stehende Produktionszeit,
- gewünschter Automationsgrad und
- Energiehaushalt des Gesamt-Betriebs.

Bedenkt man, daß diese Parameter z. T. wieder untereinander Abhängigkeiten aufweisen, wird verständlich, daß das Festlegen der optimalen Sudgröße, besonders bei einer Grobplanung, nicht rein mathematisch sondern teilweise auch empirisch erfolgt. Da die hier zu treffende Entscheidung die Gesamtstruktur der Brauerei maßgeblich beeinflußt, werden im folgenden einige Anhaltspunkte für die Planung vermittelt.

Tabelle 5.1 zeigt gängige Sudhauskonstellationen (Läuterbottichsudwerke) für maximale Tagessudzahlen von 3–12 S/d. Sofern der Läuterbottich nicht, wie bei 2-Geräte-Sudwerken üblich, für die Maischarbeit benötigt wird, kann stattdessen auch eine Maischefilterpresse zum Einsatz kommen.

Tabelle 5.1. Sudhauskonstellationen für verschiedene Tagessudzahlen [17]

Benötigte Sudgefäße	Maximale Tagessudzahl									
	3		4		6		9		12	
Maischbottich		1		1	1	1	1	1		2-3
Maischpfanne				1	1	1	1	1		1
Maisch-/Bottichpfanne			1						2	
Maisch-/Würzpfanne	1		1							
Läuterbottich			1	1	1	1	1	1	1	1
Maisch-/Läuterbottich	1	1								
Vorlaufgefäß						1	1	1	1	1
Würzpfanne					1			1		
Whirlpool	1		1		1			1		
Whirlpoolpfanne		1		1		1	1		1	2

Die Einteilung in Tabelle 5.1 soll nur als Anhaltspunkt dienen. Eine optimale Sudhauskonstellation wird im Rahmen der Detailplanung durch Erstellen von Belegungsdiagrammen oder mit Hilfe von Simulationsprogrammen [18], in denen die Gesamtbelegungszeiten aller Gefäße berücksichtigt werden, ermittelt. Bild 5.1 zeigt die

resultierenden Sudhauskapazitäten als Funktion der Sudgröße und der Tagessudzahl für verschiedene Sudhauseinrichtungen.

Die Kapazitäten K_{SH} wurden nach untenstehender Formel berechnet:

$$K_{SH} \left[\frac{\text{hl VB}}{\text{a}} \right] = \frac{AW_{S, \text{ heiß}} \cdot t_{\text{mo}} \cdot t_{\text{wo}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot f_{\text{GS}}}{f_{\text{Sp}} \cdot t_{\text{SF}}}, \quad (5.2)$$

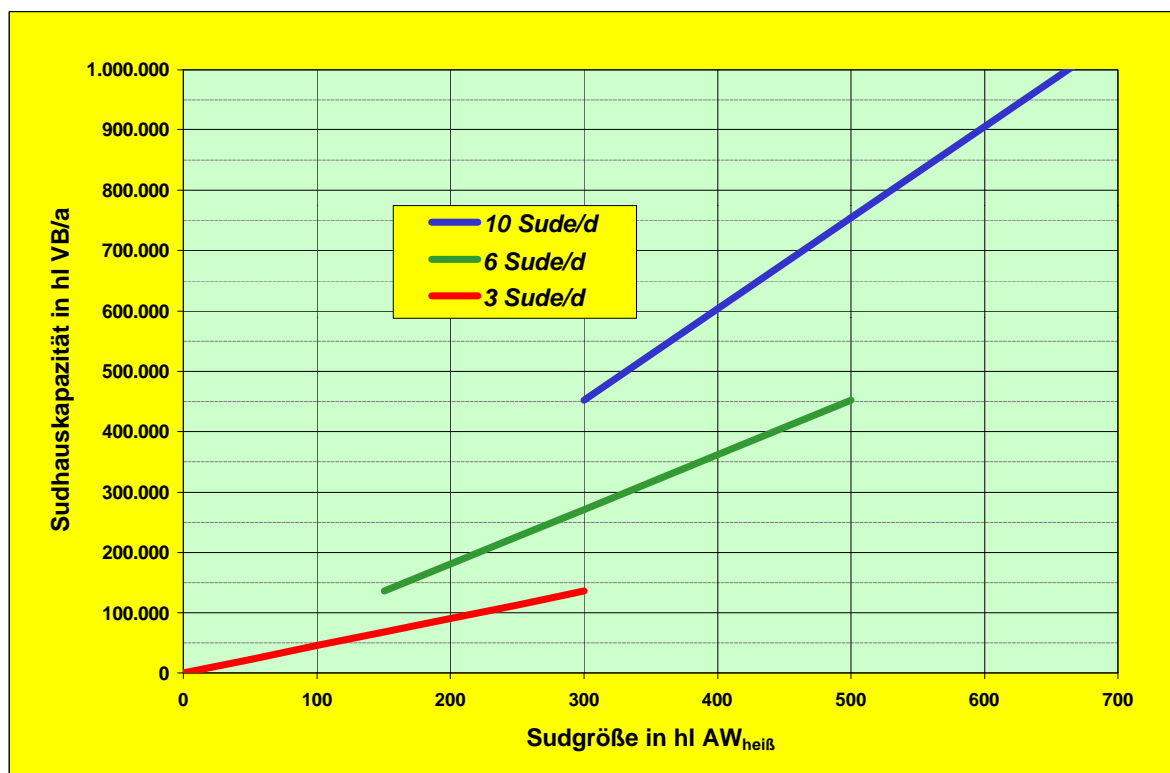


Bild 5.1. Sudhauskapazitäten in Abhängigkeit der Sudgröße und -folge

dabei sind:

$$t_{\text{mo}} = 4,1 \text{ wo/mo}$$

$$t_{\text{wo}} = 4,0 \text{ d/wo}$$

$$f_{\text{GS}} = 0,93 \text{ hl VB/hl } AW_{\text{heiß}} \text{ (Gesamtschwand 7,0 \%)}$$

$$f_{\text{Sp}} = 0,1 \text{ a/mo (Spitzenmonatsanteil 10 \%)}$$

$$t_{\text{SF}} = \begin{array}{ll} 8,0 \text{ h} & \text{bei 3 Sude/d} \\ 4,0 \text{ h} & \text{bei 6 Sude/d} \\ 2,4 \text{ h} & \text{bei 10 Sude/d.} \end{array}$$

5.1.2 Sudbezogene Daten

Für das Dimensionieren der einzelnen Sudhausgefäße müssen die jeweils darin zu verarbeitenden Volumina bekannt sein. Zu deren Bestimmung sind neben der Sudgröße (in hl $AW_{\text{heiß}}$) folgende technologischen Vorgaben zu machen:

- die gewünschte Stammwürzekonzentration der Ausschlagwürze P_{AW} als Masseverhältnis in %,
- die gewünschte Vorderwürzekonzentration P_{VW} als Masseverhältnis in %,
- die zu erwartende, mittlere Sudhausausbeute SA_{lt} , lufttrocken, als Masseverhältnis in % sowie
- die Gesamtverdampfung GV beim Würzekochen als Volumenverhältnis in %, bezogen auf die Pfanne-voll-Würzemesse $PfVW$ [19].

Aus diesen Vorgaben lassen sich die übrigen, charakteristischen Größen eines Sudes ermitteln:

Die Malz-Schüttung (MS) in kg Malz [20]:

$$MS \text{ [kg]} = \frac{AW_{\text{heiß}} \cdot 0,96 \cdot P_{AW} \cdot r_{AW} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}}{SA} \quad (5.3)$$

Die Dichte ρ_{AW} der Ausschlagwürze in Abhängigkeit der Stammwürzekonzentration kann gemäß Formel (4.6) und (4.7) ermittelt werden. Für eine überschlägige Berechnung ist der Wert 1,04 kg/l bei Bieren im Stammwürzebereich von 10–12 % hinreichend genau.

Die Sudhausausbeute SA hängt maßgeblich von der Malzqualität ab und liegt im Bereich zwischen 75 % und 80 %. Setzt man kleine Werte für die Sudhausausbeute ein, ergeben sich größere Sudgefäße.

Der Hauptguß HG in hl [20]:

$$HG \text{ [hl]} = \frac{SA \cdot (100 \% - P_{VW}) \cdot MS}{P_{VW} \cdot 100 \% \cdot 100 \frac{\text{kg}}{\text{hl}}} \quad (5.4)$$

Die Vorderwürzekonzentration hat Einfluß auf die spätere Bierqualität und wird als technologisch relevante Größe vorgegeben. Sie liegt bei Bieren mit 11–12 % Stammwürzegehalt im Bereich von 16–17 %.

Die Gesamtmaische GM in hl [20]:

In der Gesamtmaische verdrängt 1 kg Malzschrot 0,7–0,8 l bzw. 0,007–0,008 hl Wasser (Verdrängungsfaktor f_{Verdr}), das Maischevolumen in hl berechnet sich nach Formel (5.5):

$$GM [\text{hl}] = HG + f_{\text{Verdr}} \cdot MS \quad (5.5)$$

Die Pfanne-voll-Würzmenge (PfvW) in hl [19]:

Die Pfanne-voll-Würzmenge ist die Summe aus $AW_{\text{heiß}}$ und beim Würzekochen eingedampftem Volumen GV, nach [19] kann sie bei vorgegebener Gesamtverdampfung GV berechnet werden:

$$\text{PfvW} [\text{hl}] = \frac{AW_{\text{heiß}} \cdot (100 \% + \text{GV})}{100 \%} \quad (5.6)$$

Aus den hier vorgestellten Zusammenhängen lassen sich spezifische Kenngrößen ableiten, die bei fehlenden, technologischen Vorgaben ersatzweise zum Ermitteln der wichtigsten Daten eines Sudes herangezogen werden können. Diese Kenngrößen beziehen sich auf die Malzschüttung, die wiederum mittels der spezifischen Schüttung aus der vorgegebenen Ausschlagwürzmenge bestimmt werden kann. In Tabelle 5.2 sind die Kennzahlen, die für Biere im Stammwürzebereich von 10–12 % gelten, zusammengefaßt:

Tabelle 5.2. Sudbezogene Kenngrößen für überschlägige Berechnungen

Bezeichnung	Einheit	Größe
Spezifische Schüttung	kg Malz/hl $AW_{\text{heiß}}$	16–17
Hauptguß (HG)	hl/t Malz	38–40
Gesamtmaische (GM)	hl/t Malz	45–47
Pfanne-voll-Würze (PfvW)	hl/t Malz	68–70

5.1.3 Maischbottich/Maischbottichpfanne

Der Maischbottich muß die Gesamtmaische aufnehmen können, für Rührbewegungen ist ein ausreichender Steigraum (f_{St}) von 20–40 % vorzusehen [17]; bei Maischbottichpfannen können bis zu 50 % erforderlich sein. Der Total- oder Bruttoinhalt V_{brutto} , der hier als das Volumen des Gefäßes bis zur Oberkante der Zarge, also des zylindrischen Gefäßteils, definiert wird, beträgt somit:

$$V_{\text{brutto}} [\text{hl}] = \text{GM} \cdot \left(\frac{100 \% + f_{\text{St}}}{100 \%} \right) \quad (5.7)$$

Der Durchmesser des Gefäßes kann in gewissen Grenzen frei gewählt werden, als Anhaltspunkt kann ein Höhen-/Durchmesser-Verhältnis $f_{\text{H/D}}$ von 1:1 angestrebt werden. Aus Formel (5.7) läßt sich in Verbindung mit Formel (4.16) die Geometrie des Gefäßes berechnen. Liegen Beschränkungen bezüglich der Gefäßhöhe oder des Durchmessers vor, sind die Formeln (4.14) und (4.15) heranzuziehen.

Unterstein ermittelte einen Zusammenhang zwischen Maischbottich-/pfannen (MBPf)- und Läuterbottich (LB)- Durchmesser [5]:

$$D_{\text{MBPf}} [\text{m}] = 0,68 \cdot D_{\text{LB}} \quad (5.8)$$

5.1.4 Maischpfanne

Die oben beschriebene Maischbottichpfanne eignet sich für Maischprogramme, die nach dem Infusionsverfahren arbeiten. Eine ausschließlich zum Kochen von Teilmaischen verwendete Maischpfanne muß lediglich die Kochmaische (KM) aufnehmen und sollte einen Steigraum von 80-100 % des Nettovolumens aufweisen [17].

Die nach beendeter Kochung zur Restmaische RM zugebrühte Kochmaische erhöht die Temperatur der Gesamtmaische GM auf einen vorher definierten Wert T_{GM} . Das Volumen der Kochmaische läßt sich daher durch Umstellen der Temperatur-Mischungsgleichung (5.9) und Verknüpfen mit der Gleichung (5.10) mit ausreichender Genauigkeit mittels Gleichung (5.11) bestimmen:

$$(KM \cdot T_{\text{KM}}) + (RM \cdot T_{\text{RM}}) = GM \cdot T_{\text{GM}} \quad (5.9)$$

$$GM [\text{hl}] = KM + RM \quad (5.10)$$

$$KM [\text{hl}] = GM \cdot \frac{T_{\text{GM}} - T_{\text{RM}}}{T_{\text{KM}} - T_{\text{RM}}} \quad (5.11)$$

Sind die verschiedenen Temperaturniveaus nicht bekannt, kann man das Kochmaischevolumen mit 50 % der Gesamtmaische annehmen. Beim Ermitteln des Durchmessers und der Gefäßhöhe wird analog zu den Überlegungen und Berechnungen im Abschnitt 5.1.3 vorgegangen.

Unterstein gibt den anhand von ausgeführten Anlagen ermittelten Zusammenhang zwischen Maischpfannen (MPf)- und Läuterbottich (LB)- Durchmesser [5] wie folgt an:

$$D_{\text{MPf}} [\text{m}] = 0,52 \cdot D_{\text{LB}} \quad (5.12)$$

Wird die Kochmaische über Bodenheizflächen beheizt, ist das Gefäß so zu dimensionieren, daß auch bei der kleinsten Kochmaischemenge die Heizflächen von der Maische vollständig bedeckt sind.

5.1.5 Maisch-/Würzpfanne

In der Maisch-/Würzpfanne, die hauptsächlich in 2-Geräte-Sudwerken mit einer maximalen Tagesproduktion von 3 S/d zum Einsatz kommt, werden sowohl Teilmaischen (bei Dekoktionsverfahren) als auch die Läuterwürze gekocht, bzw. die Gesamtmaische aufgeheizt (bei Infusionsverfahren). Sie ist daher wie eine Würzpfanne nach dem Pfanne-voll-Würze-Volumen als größte Belegungscharge auszulegen (s. u.).

5.1.6 Läuterbottich

Die bestimmende Größe eines Läuterbottichs ist die Läuterfläche A_{LB} . Die erforderliche Läuterfläche ist abhängig von der Art des Schrotens und der zur Verfügung stehenden Läuterzeit. Als Auslegungsgröße dient die spezifische Senkbodenbelastung (SB), ausgedrückt in "kg Schüttung/m² Läuterfläche".

Kürzere Läuterbottichbelegungszeiten erfordern kleinere spezifische Senkbodenbelastungen und damit größere Läuterflächen. Für die gängigen Schrotqualitäten sind in Tabelle 5.3 die spezifischen Senkbodenbelastungen in Abhängigkeit der gewünschten Tagessudzahl zusammengestellt [15, 21]:

Tabelle 5.3. Spez. Senkbodenbelastungen für verschiedene Schrotqualitäten und Sudfolgen

Art der Schrotung	Sude/d		
	8	10	12
Trockenschrotung	170 kg/m ²	155 kg/m ²	130 kg/m ²
Trockenschrotung, konditioniert	185 kg/m ²	170 kg/m ²	140 kg/m ²
Naßschrotung, kontinuierlich	240 kg/m ²	200 kg/m ²	190 kg/m ²

Die obigen Werte lassen sich um bis zu 10 % erhöhen, wenn der Läuterbottich mit einem leichten Überdruck (bis 30 mbar, Inertgas) beaufschlagt wird.

Gleichung (5.13) ermittelt die erforderliche Läuterfläche (A_{LB}) in allgemeiner Form:

$$A_{LB} \text{ [m}^2\text{]} = \frac{MS}{SB} \quad (5.13)$$

Analog Gleichung (5.13) berechnet sich der Läuterbottichdurchmesser (D_{LB}) zu:

$$D_{LB} \text{ [m]} = \sqrt{\frac{A_{LB} \cdot 4}{p}} \quad (5.14)$$

5.1.7 Maischefilterpressen

Als platzsparende Alternative zum Läuterbottich stellen sich die sogenannten Maischefilterpressen dar. Sie werden für Schüttungen von 2–12 t Malz angeboten und erfordern eine andere Schrotzusammensetzung als Läuterbottiche.

5.1.8 Treberentsorgung

Um die Gesamt-Belegungszeiten des Läuterbottichs bzw. der Maischefilterpresse so klein wie möglich zu halten, ist ein rasches Austrebern erforderlich. Der Treberkasten (bzw. die Treberrinne) sollte daher bei extrem kurzen Sudfolgen die gesamte Trebermenge eines Sudes aufnehmen, so daß auch im Falle einer Störung im Bereich des Trebertransports keine unmittelbare Verzögerung im Sudrhythmus resultiert.

Pro Tonne eingesetztem Malz fallen bei Läuterbottichen etwa 1,2 t Naßtreber mit einem Wassergehalt von rd. 80 % an, die Dichte beträgt etwa 0,7 t/m³ [4, 5].

Das Fassungsvermögen des Trebersilos hängt von der Entsorgungssituation des jeweiligen Betriebes ab und sollte etwa die Trebermenge eines Sudtages fassen.

5.1.9 Vorlaufgefäß

Das Vorlaufgefäß nimmt die gesamte Pfanne-voll-Würzmenge auf und benötigt einen Steigraum von etwa 15 % des Nettoinhalts [17]. Die Abmessungen des Vorlaufgefäßes unterliegen keinerlei technischen oder technologischen Zwängen und können somit weitgehend den räumlichen Gegebenheiten angepaßt werden.

5.1.10 Würzpfanne

Die Würzpfanne muß ebenfalls die Pfanne-voll-Würzmenge des größten Sudes aufnehmen und benötigt einen Steigraum von 25–50 % [17].

Auch hier sind keine allgemeingültigen Abhängigkeiten in der Formgebung des Gefäßes zu beachten. Je nach Beheizungssystem und Hersteller schwanken daher die Höhen/Durchmesserverhältnisse in der Praxis in weiten Bereichen. Als groben Anhaltspunkt für den Flächenbedarf im Sudhaus kann man annehmen, daß der Durchmesser der Würzpfanne zwischen 50 und 75 % des Läuterbottichdurchmessers liegt.

5.1.11 Whirlpool/Whirlpoolpfanne

Um eine effektive Heißtrubabscheidung im Whirlpool zu erreichen, sind verschiedene Parameter zu beachten. Ausschlaggebend ist die Beziehung zwischen dem Verhältnis des in den Whirlpool einströmenden Volumenstroms zum Nettoinhalt des Whirlpools (\dot{V}/V_b) und dem Flüssigkeitshöhen-/Durchmesserverhältnis H/D , wie es Denk in Bild 5.2 grafisch darstellt [22]:

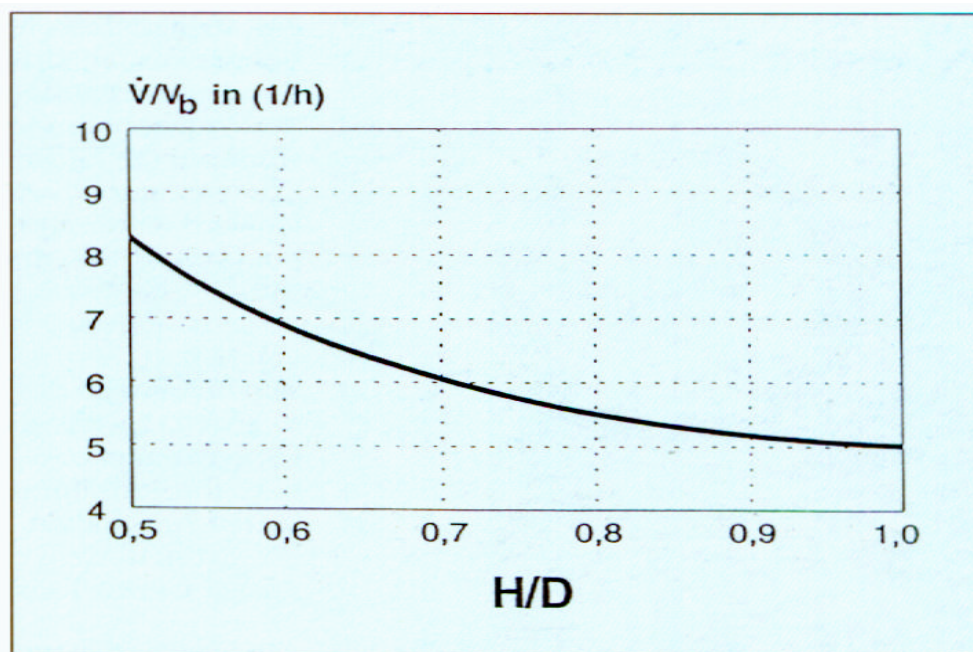


Bild 5.2. Auslegungskriterium für Whirlpools nach Denk

Der Nettoinhalt V_b ist identisch mit der Pfanne-voll-Würzmenge PfvW. Für den empirisch ermittelten Zusammenhang läßt sich mit Hilfe der in Kapitel 3.1 vorgestellten Methoden eine mathematische Funktion in Form der Gleichungen (5.15a) bzw. (5.15b) entwickeln:

$$\frac{\dot{V}}{\text{PfvW}} [\text{h}^{-1}] = 3 \cdot e^{\frac{1}{2 \cdot (H/D)}} \quad \text{bzw.} \quad (5.15a)$$

$$\frac{\dot{V}}{\text{PfvW}} [\text{h}^{-1}] = 3 \cdot e^{\frac{D}{2 \cdot H}} \quad (5.15b)$$

Die Übereinstimmung der berechneten Werte mit den von Denk ermittelten zeigt Bild 5.3.

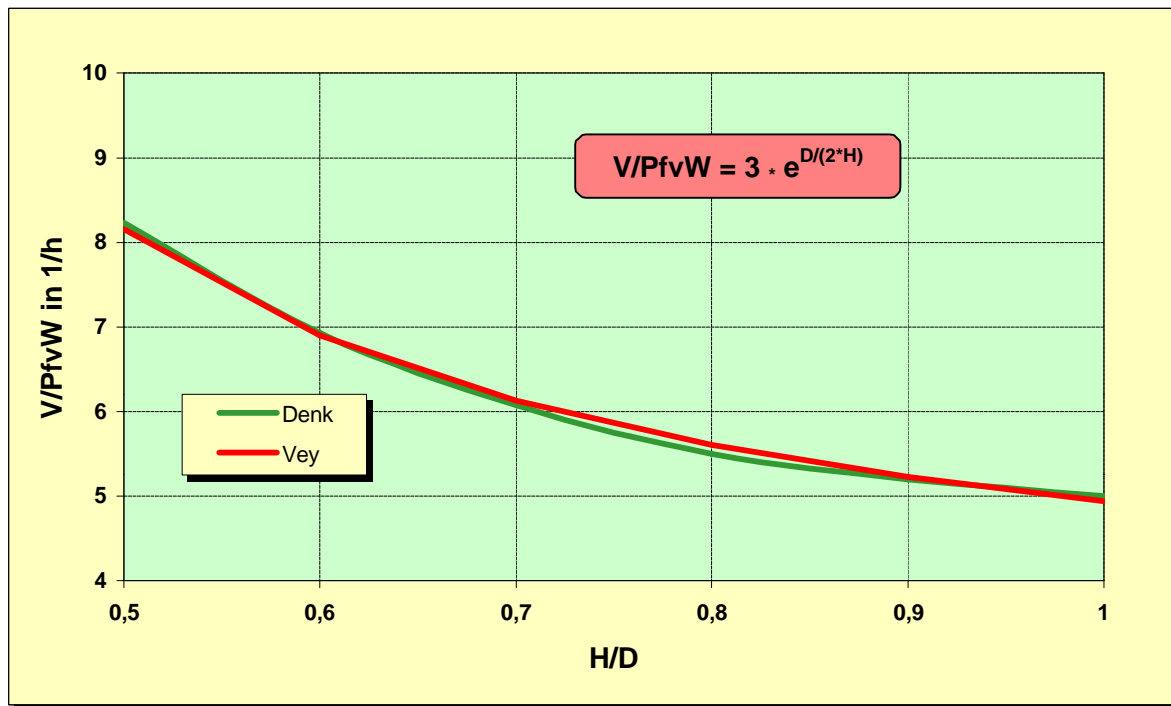


Bild 5.3. Gegenüberstellung der empirisch ermittelten und berechneten Graphen zur Whirlpoolauslegung

Weiterhin ist zu beachten, daß die Fließgeschwindigkeit der einströmenden Würze 3,5 m/s nicht überschreitet [22]. Bei gegebenem H/D und der ermittelten Pfanne-voll-Würzmenge PfvW ergeben sich der Gefäßdurchmesser gemäß Gleichung (4.16), der erforderliche Volumenstrom \dot{V} aus Formel (5.15c):

$$\dot{V} = \text{PfvW} \cdot 3 \cdot e^{\frac{1}{2 \cdot (H/D)}} \quad (5.15c)$$

und der erforderliche Leitungsquerschnitt DN gemäß Gleichung (4.17).

Die obigen Berechnungen gelten gleichermaßen für das Auslegen einer Whirlpoolpfanne. Beim Ermitteln der Totalinhalte sind je nach Einsatz als reiner Whirlpool oder als Whirlpoolpfanne Steigräume von 30–50 % vorzusehen.

5.1.12 Trubtank

Zum Zwischenlagern des Heißtrubs aus dem Whirlpool ist ein Trubtank einzuplanen, der die Trubmenge aus 2 Suden aufnimmt. Die Trubmenge in hl beträgt normalerweise rd. 5 % der Ausschlagwürzmenge $AW_{\text{heiß}}$, ein Steigraum von 20–25 % ist auch hier zu berücksichtigen [17].

5.1.13 Glattwassertank

Der Glattwassertank wird derart ausgelegt, daß er ungefähr 12 % der Ausschlagwürzmenge eines Sudes als Glattwasser aufnehmen kann und darüber hinaus einen Steigraum von etwa 25 % aufweist [17].

Trub- und Glattwassertank können je nach Sudrhythmus und Verfahrenstechnik (Wiederverwendung bzw. Entsorgung von Trub/Glattwasser) als kombiniertes Gefäß ausgeführt werden.

5.1.14 Biologische Säuerungsanlage

Die Auslegung einer Milchsäure-Fermentationsanlage zur biologischen Säuerung von Maische und/oder Würze hängt von einer Vielzahl von Parametern ab, u. a. sind hier zu nennen:

- Zeitpunkt der Milchsäurezugabe (Maische, Würze, beides),
- gewünschte pH-Absenkung,
- Produktpalette,
- Sudgröße/-folge,
- erreichbarer Säuregrad im Fermenter,
- Verfahrenstechnik (Batchverfahren, semi-/kontinuierliche Verfahren),
- Reinigungszyklen u. v. m.

Ausgangspunkt für weitere Berechnungen ist folgender Zusammenhang:

Pro 1 kg Malzschüttung MS werden für eine pH-Wert-Absenkung Δ_{pH} von 1 Einheit jeweils 0,6 l Milchsäurelösung mit einem Säuregehalt von 0,8 % bei der Maischesäuerung bzw. 0,3 l bei der Würzesäuerung benötigt [23]. Bei abweichenden Konzentrationen der Milchsäurelösung ist die Gabe entsprechend zu erhöhen oder zu verringern.

Die erforderliche Menge an Milchsäurelösung ML pro Sud in hl errechnet sich dann in Abhängigkeit der gewünschten pH-Wert-Absenkungen und dem Säuregehalt SG in der Sauergutlösung wie folgt:

$$ML \text{ [hl]} = MS \cdot \frac{\left(\Delta_{\text{pH, Maische}} \cdot 0,6 \frac{1}{\text{kg}} + \Delta_{\text{pH, Würze}} \cdot 0,3 \frac{1}{\text{kg}} \right)}{100 \frac{1}{\text{hl}}} \cdot \frac{0,8 \%}{SG} \quad (5.16)$$

Zum Ermitteln der Anlagengröße wird von einem kontinuierlichen Verfahren mit ungekühlter Vorderwürze ausgegangen, da hierbei die größten Behälterdimensionen resultieren und man für die Grobauslegung in bezug auf den Platzbedarf "auf der sicheren Seite" ist. Beim kontinuierlichen Verfahren wird der Milchsäurefermenter nach jeder Entnahme mit der gleichen Menge an heißer Vorderwürze wieder aufgefüllt. Dabei darf sich die mittlere Temperatur des Sauerguts T_{SG} nur um einen maximalen Betrag ΔT_{SG} erhöhen, um die Milchsäurekultur nicht zu schädigen.

Das erforderliche Bruttovolumen des Fermenters wird dann unter Berücksichtigung eines Steigraums f_{St} von 20–30 % mittels Gleichung (5.17) berechnet:

$$V_F \text{ [hl]} = ML \cdot \frac{T_{vW} - T_{ML}}{\Delta T_{ML}} \cdot \frac{100 \% + f_{St}}{100 \%} \quad (5.17)$$

5.1.15 CIP-Anlage Sudhaus

Die Ausstattung einer Sudhaus-CIP-Anlage beinhaltet maximal folgende Behälter:

- Heißlaugetank für Reinigung Sudgefäße,
- Heißlaugetank für Reinigung Würzeweg,
- Säuretank,
- Stapelwassertank,
- Frischwassertank Heißwasser und
- Frischwassertank Kaltwasser.

Werden die Rohrleitungen des Würzewegs von einer nachgeschalteten Abteilung aus gereinigt, kann ein Heißlaugetank entfallen.

Für die Auslegung der Gefäßgrößen und Pumpenleistungen ist zu unterscheiden in

- Gefäßreinigung und
- Rohrleitungsreinigung.

Die Gefäße werden durch fest installierte Spritzköpfe gereinigt. Diese müssen mit einem bestimmten Druck und Volumenstrom beaufschlagt werden, um den erforderlichen Reinigungseffekt zu erzielen. Die CIP-Vorlaufpumpe ist auf den maximal benötigten Volumenstrom $\dot{V}_{\text{SpK, max.}}$ auszulegen. Da die Sudgefäße i. d. R. nacheinander gereinigt werden, richtet sich die Pumpenleistung nach den Anforderungen von $\dot{V}_{\text{SpK, max.}}$; bei mehreren Sprühköpfen pro Gefäß sind deren Volumenströme zu addieren. Die Behältergröße V_{CIP} hängt dann weiterhin von der gewünschten stündlichen Umwälzung U der Reinigungsmedien ab, welche üblicherweise zwischen 6 h^{-1} und 10 h^{-1} liegt. Die erforderliche Behältergröße errechnet sich dann zu [17]:

$$V_{\text{CIP}} [\text{hl}] = \frac{\dot{V}_{\text{SpK, max.}}}{U} \quad (5.18)$$

Bei der Rohrreinigung sind der Rohrleitungsinhalt V_{R} , der Rohrleitungsdurchmesser DN und die erforderliche Fließgeschwindigkeit v_{R} während des Reinigungsvorgangs entscheidend für die CIP-Auslegung. Aus v_{R} und DN läßt sich nach Formel (4.19) die Mindestleistung der CIP-Vorlaufpumpe bestimmen. Die Fließgeschwindigkeit sollte für Reinigungsmedien mindestens 2 m/s betragen [4].

Der Rohrleitungsinhalt V_{R} in hl ergibt sich aus dem Rohrleitungsdurchmesser DN und der abzuschätzenden Rohrleitungslänge L_{R} in Anlehnung an Gleichung 4.18 zu:

$$V_{\text{R}} = \frac{DN^2 \cdot \boldsymbol{p}}{4} \cdot 10^{-4} \cdot L_{\text{R}} \cdot f_{\text{SZ}} \quad (5.19)$$

Der Faktor f_{SZ} stellt einen Sicherheitszuschlag dar, der sich zwischen 1,5 und 2,0 bewegen kann.

Für eine kombinierte Sudhaus-CIP-Anlage, mit welcher die Behälterreinigung parallel zur Reinigung der Würzeleitung erfolgen soll, sind die für die jeweiligen Aufgaben ermittelten Behältergrößen zu addieren und die Vorlaufpumpen auf die berechnete oder vorgegebene Leistung auszulegen. Sollen die Reinigungsschritte nacheinander ausgeführt werden, richten

sich die Behältergröße und die Vorlaufpumpenleistung nach der jeweils höheren Anforderung; die Vorlaufpumpe sollte frequenzgeregelt sein.

5.2 Malzsilos und Schroterei

Die Größe der Malzsiloplanlage und die Ausstattung der Schroterei hängen eng mit der Sudhauskonzeption zusammen und werden daher erst an dieser Stelle behandelt, nachdem in Abschnitt 5.1 die charakteristischen Sudhausdaten ermittelt wurden.

5.2.1 Gesamt-Silokapazität

Ausschlaggebend für die erforderliche Netto-Silokapazität K_{Silo} in t ist neben der Tagesproduktion im Sudhaus in hl/d die gewünschte Bevorratungszeit t_M des Malzes in Produktionstagen. Die Sudhaus-Tagesproduktion ergibt sich aus der Sudfolge t_{SF} und der Schüttung MS in kg, die mit Gleichung (5.3) bestimmt wird.

Da die Silos zum Zweck einer Chargentrennung nicht immer voll ausgelastet sind, ist ein Belegungsfaktor f_B , einzubeziehen. Der Belegungsfaktor ist von der Anzahl der verwendeten Malzsorten und dem Lieferrhythmus abhängig und ist mit höchstens 80 % anzusetzen.

Die erforderliche Brutto-Silokapazität ist dann:

$$K_{\text{Silo}} [\text{t}] = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot \text{MS}}{t_{\text{SF}}} \cdot t_M \cdot \frac{100 \%}{f_B} \quad (5.20)$$

5.2.2 Silogröße

Die oben ermittelte Gesamtkapazität der Malzsiloplanlage ist auf mehrere Einzelsilos aufzuteilen. Die erforderliche Anzahl ist von der Sortenvielfalt abhängig. Die Größe der einzelnen Silos ist auf die gängigen Lieferchargen abzustimmen, die in Deutschland üblicherweise 25 t/Lieferung bei LKWs und 60 t bei Eisenbahnwaggons betragen; für Kleinbetriebe sind auch 12,5-t-Chargen verfügbar.

Einzelsilogrößen bis zu 200 t sind in Großbrauereien durchaus anzutreffen, darunter sind alle Größen, die ein Vielfaches von 25 bzw. 12,5 t bilden, denkbar.

5.2.3 Silogeometrie

Malzsilos können in Rundbauweise oder rechteckig ausgeführt werden. Wichtig ist ein konischer Siloauslauf, wobei der Betrag des Konusneigungswinkels γ zur Horizontalen größer als der Böschungswinkel δ des Malzes sein muß, um ein selbständiges Auslaufen des Silos zu ermöglichen.

Der Böschungswinkel von Gerste und Gerstenmalz beträgt 35–45 ° [6], so daß der Konusneigungswinkel mindestens 45 ° sein sollte.

Da der begrenzende Faktor für Silobauten in der Praxis die Höhe darstellt, werden nun die Rechenschritte für das Ermitteln der Gesamthöhe von runden und eckigen Silos aufgezeigt.

Für runde Silos gilt :

Aus dem Neigungswinkel γ läßt sich der Konusinnenwinkel α als gängige Kenngröße berechnen [24]:

$$\alpha = 2 \cdot (180^\circ - 90^\circ - \gamma) = 180^\circ - (2 \cdot \gamma) \quad (5.21)$$

Der Konusinnenwinkel α und der vorzugebende Durchmesser D bestimmen die Konushöhe H_K [24]:

$$H_{\text{Konus}} [\text{m}] = \frac{D}{2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}} \quad (5.22)$$

Die Höhe des zylindrischen Siloteils H errechnet sich aus dem Durchmesser D und dem erforderlichen Malzvolumen V_M , welches durch Division der gewünschten Kapazität einer einzelnen Silozelle K_{Zelle} , in kg durch die Schüttdichte des Malzes ρ_M in kg/m^3 erhalten wird.

Beim Befüllen der Silozelle bildet das Malz einen Schüttkegel, dessen Böschungswinkel β gemäß den obigen Konstruktionskriterien in etwa dem Neigungswinkel ϕ und dessen Inhalt dem Konusinhalt V_K entspricht. Im voll ausgefüllten Zargenteil befindet sich also nur das um den doppelten Konusinhalt verringerte Gesamtmalzvolumen V_M .

Die Gleichung für die Höhe H_{Zarge} des ausgefüllten Zargenteils eines runden Silos lautet somit in Anlehnung an Gleichung (4.14):

$$H_{\text{Zarge}} [\text{m}] = \frac{\left[\frac{K_{\text{Zelle}}}{\rho_M} - (2 \cdot V_K) \right] \cdot 4}{\rho \cdot D^2} \quad (5.23)$$

Die Gesamt-Mindesthöhe H_{Zelle} beträgt dann:

$$H_{\text{Zelle}} [\text{m}] = H_{\text{Zarge}} + 2 \cdot H_{\text{Konus}} \quad (5.24)$$

Die Schüttdichte für Gerstenmalz beträgt 570 kg/m^3 [5].

Für Silos mit quadratischem Grundriss der Seitenlänge a gilt grundsätzlich das oben Gesagte mit folgenden Änderungen [24]:

- In Gleichung (5.22) ist D durch a zu ersetzen.
- Gleichung (5.23) lautet:

$$H_{\text{Zarge}} = \frac{\frac{K_{\text{Zelle}}}{r_M} - (2 \cdot V_{\text{Konus}})}{a^2} \quad (5.23a)$$

Für Weizenmalz gelten folgende Stoffwerte:

- Böschungswinkel δ : 30° [6]
- Schüttdichte ρ_s : 670 kg/m^3 [6]

5.2.4 Malzannahme

Die Annahme und das Einlagern des Malzes erfolgen vorzugsweise über sog. Punktannahmestellen. Diese bestehen aus ebenerdig abschließenden Rohrkörpern, die direkt an einen Förderer mit hoher Leistung angeschlossen sind. Punktannahmen erlauben eine nahezu staubfreie Fahrzeugentleerung bei Durchsätzen bis zu 60 t/h [25].

5.2.5 Malztransport

Die Malztransportanlagen sind in ihrem Durchsatz den vor- und nachgeschalteten Aggregaten anzupassen. Aus Gründen der Produktschonung sollten folgende Fördergeschwindigkeiten nicht überschritten werden [24]:

- Trogkettenförderer: $0,45 \text{ m/s}$
- Rohrkettenförderer: $0,5 \text{ m/s}$
- Elevatoren: $2,0 \text{ m/s}$
- Pneumatische Förderer: $1,5 \text{ m/s}$

5.2.6 Malzreinigung

Vor dem Schroten wird das zur Verarbeitung kommende Malz üblicherweise über ein Plansieb von größeren und kleineren Fremdkörpern und mittels eines Steinauslesers von Steinen befreit. Plansieb und Steinausleser müssen in ihrem Durchsatz an die Mühlenleistung angepaßt und evtl. mehrfach ausgeführt werden.

5.2.7 Trockenschrotmühlen

Der Durchsatz der Schroterei K_{Schrot} in t/h ist beim Einsatz von Trockenschrotmühlen so auszulegen, daß die Schüttung MS eines Sudes innerhalb der Sudfolge t_{SF} geschrotet werden kann:

$$K_{\text{Schrot}} \left[\frac{\text{t}}{\text{h}} \right] = \frac{\text{MS}}{t_{\text{SF}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{t}}} \quad (5.25)$$

Der Schrotrumpf sollte das Schrotvolumen V_{Schrot} eines kompletten Sudes aufnehmen und muß daher ein Fassungsvermögen nach Gleichung (5.26) aufweisen:

$$V_{\text{Schrot}} \left[\text{m}^3 \right] = \frac{\text{MS}}{r_{\text{Schrot}}} \quad (5.26)$$

Die Schüttdichte ρ_{Schrot} von Malz aus Gerstenschrot beträgt bei Trockenschrotung mit Konditionierung etwa 370 kg/m^3 [6].

5.2.8 Konditionierte Weichschrotung

Bei der konditionierten Weichschrotung entspricht die Schrotungsdauer der Einmischzeit t_{EM} in Minuten, so daß der Durchsatz K_{Schrot} in t/h hier

$$K_{\text{Schrot}} \left[\frac{\text{t}}{\text{h}} \right] = \frac{\text{MS} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}}{t_{\text{EM}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{t}}} \quad (5.27)$$

betragen muß [4].

5.3 Würzebehandlung

Die beim Würzekochen auf die gewünschte Stammwürzekonzentration eingedampfte Ausschlagwürze wird vor dem Anstellen vom Heißtrub befreit, auf Anstelltemperatur gekühlt und evtl. noch einer Kühltrubentfernung unterzogen.

5.3.1 Heißtrubentfernung

Der beim Kochen in einer Menge von 200-400 g Naßtrub/hl $AW_{\text{heiß}}$ ausfallende Heißtrub besteht hauptsächlich aus Eiweißen, Hopfenbitterstoffen, Fettsäuren, Polyphenolen und Kohlenhydraten und ist im Hinblick auf die Bierqualität und -haltbarkeit aus der Würze zu entfernen [20]. Hierzu können 3 verschiedene Verfahren zur Anwendung kommen:

- Whirlpool,
- Heißwürzefiltration und
- Heißwürzeseparation.

Auslegungskriterien zum Whirlpool wurden bereits in Abschnitt 5.1.11 ausführlich behandelt. Heißwürzefilter und Heißwürzeseparator sind direkt in den Würzeweg vor den Würzekühler geschaltet und müssen leistungsmäßig nach diesem ausgelegt werden.

5.3.2 Würzekühlung

Das Kühlen der Würze erfolgt in ein- oder zweistufigen Plattenwärmetauschern, in denen die vom Heißtrub befreite Würze mit gekühltem Brauwasser im Gegenstrom auf Anstelltemperatur abgekühlt wird. Das gewonnene heiße Brauwasser wird für nachfolgende Sude zwischengestapelt.

Die Kühlzeit t_{WK} soll aus technologischen Gründen maximal 60 min/Sud, besser 50 min betragen; der erforderliche Durchsatz V_{WK} berechnet sich daher gemäß Gleichung (5.28):

$$V_{\text{WK}} \left[\frac{\text{hl}}{\text{h}} \right] = \frac{AW_{\text{heiß}} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}}{t_{\text{WK}}} \quad (5.28)$$

5.3.3 Kühltrubentfernung

Das Entfernen des Kühltrubs, der hauptsächlich aus Eiweißen, Polyphenolen und Kohlenhydraten besteht, ist aus technologischer Sicht bei optimaler Heißtrubausscheidung nicht unbedingt erforderlich, es wird aber nur in wenigen Fällen darauf verzichtet. Ähnlich wie bei der Heißtrubabtrennung gibt es auch hier Tankverfahren und direkt in den Würzeweg integrierte Lösungen; die gängigsten sind:

- Flotation,
- Kaltwürzefiltration und
- Kaltwürzeseperation.

Die erforderliche Anzahl FT der Flotationstanks hängt nach Gleichung (5.29) und (5.30) ab von:

- der Anzahl S_T der Sude pro Tank,
- der Flotationszeit t_{Flot} pro Sud in h,
- der Befüllzeit $t_{\text{Füll}}$ für einen Sud in h,
- der Entleerzeit t_{Leer} pro Sud in h/S,
- der Reinigungszeit t_{CIP} pro Tank in h und
- der Sudfolge t_{SF} in h.

Allgemeiner Zusammenhang in Abhängigkeit der Gesamtbelegungszeit GBZ:

$$FT = \frac{GBZ}{t_{\text{SF}} \cdot S_T} \quad (5.29)$$

Die Gesamtbelegungszeit setzt sich wie folgt zusammen:

$$GBZ [h] = t_{\text{Flot}} + t_{\text{Füll}} + (S_T \cdot t_{\text{Leer}}) + t_{\text{CIP}} + \frac{(S_T - 1) \cdot 24 \frac{h}{d}}{t_{\text{SF}}} \quad (5.30)$$

Die Größe eines Flotationstanks V_{Flot} in hl wird von Sudgröße AW_{kalt} in hl, der Anzahl S_T der Sude pro Tank und dem Steigraum f_{Stg} , der 40 % betragen sollte, bestimmt:

$$V_{\text{Flot}} [hl] = AW_{\text{kalt}} \cdot S_T \cdot \frac{100 \% + f_{\text{Stg}}}{100 \%} \quad (5.31)$$

Die Durchsätze der Kaltwürzefilter bzw. der Kaltwürzeseparatoren in hl/h sind an die Leistung der Würzekühlung anzupassen.

5.4 Warmwasserhaushalt und Energierückgewinnung im Sudhaus

Dem Einsparen von Primärenergie in Form von Wärmeenergieerückgewinnung kommt im Sudhaus als dem größten Wärmeverbraucher einer Brauerei [26] größte Bedeutung zu. Grundsätzlich werden in Brauereien an Rückgewinnungsverfahren praktiziert:

- das Erhitzen von kaltem Brau- oder Brauchwasser zur Verwendung im Betrieb,
- das Erhitzen von Wasser in geschlossenen Wärmespeichersystemen und
- das Verdichten von Kochbrüden und Wiederverwenden als Heizmittel.

Um unter diesen in der Praxis bewährten Verfahren das für eine Brauerei wirtschaftlichste System auszuwählen, ist der jeweils verbleibende Primärenergiebedarf zu ermitteln.

Eine Schlüsselrolle spielt bei dieser Betrachtung der spezifische Warmwasserbedarf w_w einer Brauerei. Da sich die nachfolgenden Überlegungen auf die energieintensivsten Vorgänge im Sudhaus konzentrieren, wird als Bezugsgröße für sämtliche hier verwendeten Kennzahlen die heiße Ausschlagwürzemenge $AW_{\text{heiß}}$ in hl definiert.

Verglichen werden die Systeme:

- Warmwassergewinnung über Pfannendunstkondensator PfaDuKo,
- Wärmespeichersystem zum Läuterwürzeerhitzen LWE über PfaDuKo und Warmwassergewinnung aus Überschußwärme,
- mechanische Brüdenverdichtung und
- thermische Brüdenverdichtung.

Der spezifische Warmwasserbedarf einer Brauerei setzt sich zusammen aus dem Verbrauch im Sudhaus, wo es direkt zur Würzeproduktion in Form von Einmischwasser, Überschwänzwasser u. ä. verwendet wird, und der Verwendung als Reinigungs- und Sterilisiermedium im Gesamtbetrieb.

Der Bedarf im Sudhaus ergibt sich aus der Technologie, die bestimmende Größe ist das Maischverfahren. Der Einsatz von Warmwasser zu anderen Zwecken hängt von den praktizierten Reinigungs- und Sterilisierverfahren ab. Hier kann das Warmwasser fast

vollständig durch Einsatz chemischer Hilfsstoffe ersetzt werden. Je nach Verfahrensweise schwankt daher der spez. Warmwasserbedarf in Brauereien in weiten Grenzen. Die Analyse verschiedener Brauereien, die in der Branche als äußerst fortschrittlich gelten, hat gezeigt, daß vielfach der genaue Warmwasserbedarf nicht bekannt ist, da er nicht konsequent erfaßt wird. Als realistische Größe kann für einen Brauereineubau ein Gesamt-Warmwasserbedarf von 1,2 – 1,4 hl/hl VB bzw. 1,1–1,3 hl/hl $AW_{\text{heiß}}$ angenommen werden [27].

Es werden nun die Rechenschritte zum Erstellen einer Primärenergiebilanz der oben angeführten Wärmerückgewinnungssysteme unter Einbezug des Warmwasserbedarfs und der Warmwassertemperatur für die wärmetechnisch bedeutenden Verfahrensschritte im Sudhaus vorgestellt. Neben dem Warmwasserbedarf kommt bei diesen Betrachtungen der Gesamtverdampfung GV in Prozent der Pfanne-voll-Würzmenge beim Würzekochen eine ausschlaggebende Bedeutung zu.

5.4.1 Bedeutende Wärmerückgewinnungspotentiale im Sudhaus

Im Pfannendunstkondensator (PfaDuKo) wird die beim Würzekochen verdampfte Wassermenge mittels Wärmeentzug durch kaltes Wasser im Gegenstrom kondensiert. Die dabei rückgewinnbare Wärmemenge q_{PfaDuKo} in kJ/hl $AW_{\text{heiß}}$ beträgt:

$$q_{\text{PfaDuKo}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \frac{GV \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O, KT}} \cdot r_{\text{H}_2\text{O, KT}} \cdot \eta_{\text{PfaDuKo}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}}{AW_{\text{heiß}}} \quad (5.32)$$

- GV: Gesamtverdampfung in hl
 $\rho_{\text{H}_2\text{O, KT}}$: Dichte von Wasser bei Kochtemperatur in kg/l
 $r_{\text{H}_2\text{O, KT}}$: Verdampfungsenthalpie von gesättigtem Wasserdampf in kJ/kg
 η_{PfaDuKo} : Wirkungsgrad der Wärmeübertragung im PfaDuKo.

Im Brüdenkondensatkühler BKK werden die verflüssigten Brüden im Gegenstrom mit kaltem Wasser weiter abgekühlt, wobei q_{BKK} in kJ/hl $AW_{\text{heiß}}$ nutzbar wird:

$$q_{\text{BKK}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \frac{GV \cdot \bar{\rho}_{\text{BK}} \cdot \bar{c}_{\text{BK}} \cdot \Delta T_{\text{BK}} \cdot h_{\text{BKK}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}}{AW_{\text{heiß}}} \quad (5.33)$$

- ΔT_{BK} : Temperaturunterschied zwischen eintretendem und austretendem Brüdenkondensat $T_{\text{BK, aus}} - T_{\text{BK, ein}}$ in K
 $\bar{\rho}_{\text{BK}}$: Mittlere Dichte von Wasser zwischen $T_{\text{BK, aus}}$ und $T_{\text{BK, ein}}$ in kg/l

\bar{c}_{BK} : Mittlere spezifische Wärmekapazität von Wasser zwischen $T_{\text{BK, aus}}$ und $T_{\text{BK, ein}}$ in $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

η_{BKK} : Wirkungsgrad der Wärmeübertragung im BKK.

Bei der Würzekühlung WK werden im einstufigen Verfahren folgende spezifische Wärmemengen q_{WK} in $\text{kJ}/\text{hl AW}_{\text{heiß}}$ übertragen:

$$q_{\text{WK}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \bar{r}_{\text{AW}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}} \cdot \bar{c}_{\text{AW}} \cdot \Delta T_{\text{AW}} \cdot h_{\text{WK}} \quad (5.34)$$

ΔT_{WK} : Temperaturunterschied zwischen eintretender und austretender Ausschlagwürze: $T_{\text{AW, aus}} - T_{\text{AW, ein}}$ in K

\bar{r}_{AW} : Mittlere Dichte von Würze zwischen $T_{\text{AW, aus}}$ und $T_{\text{AW, ein}}$ in kg/l

\bar{c}_{AW} : Mittlere spezifische Wärmekapazität von Würze zwischen $T_{\text{AW, aus}}$ und $T_{\text{AW, ein}}$ in $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

η_{WK} : Wirkungsgrad der Wärmeübertragung im Würzekühler.

Weniger ergiebige Wärmequellen wie z. B. ein Maischepfannen-PfaDuKo werden hier nicht berücksichtigt, so daß sich die nutzbare spezifische Abwärme im Sudhaus q_{SH} in $\text{kJ}/\text{hl AW}_{\text{heiß}}$ zusammensetzt aus:

$$q_{\text{SH}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = q_{\text{PfaDuKo}} + q_{\text{BKK}} + q_{\text{WK}} \quad (5.35)$$

5.4.2 Mögliche Warmwassergewinnung

Es wird nun untersucht, wieviel hl Warmwasser ww pro hl $\text{AW}_{\text{heiß}}$ mit einer vorzugebenden Temperatur aus den oben ermittelten Wärmemengen gewonnen werden kann:

$$\text{ww} \left[\frac{\text{hl}}{\text{hl}} \right] = \frac{q}{\bar{r}_{\text{WW}} \cdot \bar{c}_{\text{WW}} \cdot \Delta T_{\text{WW}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}} \quad (5.36)$$

ΔT_{WW} : Temperaturunterschied zwischen Rohwasser bzw. gekühltem Brauwasser und Warmwasser $T_{\text{H}_2\text{O, warm}} - T_{\text{H}_2\text{O, kalt}}$ in K

\bar{r}_{WW} : Mittlere Dichte von Wasser zwischen $T_{\text{H}_2\text{O, kalt}}$ und $T_{\text{H}_2\text{O, warm}}$ in kg/l

\bar{c}_{WW} : Mittlere spezifische Wärmekapazität von Wasser zwischen $T_{\text{H}_2\text{O, kalt}}$ und $T_{\text{H}_2\text{O, warm}}$ in $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

Dabei ist zu beachten, daß beim Würzekühler i. d. R. anstatt der Rohwassertemperatur die Temperatur des gekühlten Brauwassers einzusetzen ist.

5.4.3 Nutzwärmebedarf ohne Rekuperation

Für die angestrebte Primärenergiebilanz wird als weiterer Schritt der spez. Nutzwärmebedarf der betroffenen Verfahrensschritte unter der Vorgabe ermittelt, daß keine Rückgewinnungssysteme installiert sind.

Spez. Nutzwärmebedarf q_{LWE} für Läuterwürzeerhitzen in $\text{kJ/hl AW}_{\text{heiß}}$:

$$q_{LWE} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \frac{\text{PfvW} \cdot \bar{r}_{\text{PfvW}} \cdot \bar{c}_{\text{PfvW}} \cdot \Delta T_{\text{PfvW}} \cdot h_{LWE} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}}{AW_{\text{heiß}}} \quad (5.37)$$

PfvW: Pfanne-voll-Würzemenge = Läuterwürzemenge in hl

ΔT_{PfvW} : Temperaturunterschied der Würze vor und nach dem Aufheizen
 $T_{\text{PfvW, vorher}} - T_{\text{PfvW, nachher}}$ in K

\bar{r}_{PfvW} : Mittlere Dichte von Würze zwischen $T_{\text{PfvW, vorher}}$ und $T_{\text{PfvW, nachher}}$ in kg/l

\bar{c}_{PfvW} : Mittlere spezifische Wärmekapazität von Würze zwischen $T_{\text{PfvW, vorher}}$ und $T_{\text{PfvW, nachher}}$ in $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

η_{LWE} : Wirkungsgrad der Wärmeübertragung im Läuterwürzeerhitzer.

Spez. Nutzwärmebedarf q_{WKO} für Würzekochen in $\text{kJ/hl AW}_{\text{heiß}}$:

$$q_{WKO} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \frac{\text{GV} \cdot r_{\text{H}_2\text{O, KT}} \cdot r_{\text{H}_2\text{O, KT}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}}{h_{WKO} \cdot AW_{\text{heiß}}} \quad (5.38)$$

GV: Gesamtverdampfung in hl

$\rho_{\text{H}_2\text{O, KT}}$: Dichte von Wasser bei Kochtemperatur in kg/l

$r_{\text{H}_2\text{O, KT}}$: Verdampfungsenthalpie von gesättigtem Wasserdampf in kJ/kg

η_{WKO} : Wirkungsgrad der Wärmeübertragung im Würzekochsystem.

Spez. Nutzwärmebedarf q_{WWE} für Warmwassererhitzen in kJ/hl $AW_{\text{heiß}}$:

$$q_{\text{WWE}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \frac{WW_{\text{Bedarf}} \cdot \bar{r}_{\text{WW}} \cdot \bar{c}_{\text{WW}} \cdot \Delta T_{\text{WW}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}} \cdot f_{\text{GS}}}{h_{\text{WWE}}} \quad (5.39)$$

WW_{Bedarf} :	Spez. Warmwasserbedarf in hl/hl VB
ΔT_{WW} :	Temperaturunterschied zwischen Rohwasser und Warmwasser in K
\bar{r}_{WW} :	Mittlere Dichte von Wasser zwischen $T_{\text{H}_2\text{O, kalt}}$ und $T_{\text{H}_2\text{O, warm}}$ in kg/l
\bar{c}_{WW} :	Mittlere spezifische Wärmekapazität von Wasser zwischen $T_{\text{H}_2\text{O, kalt}}$ und $T_{\text{H}_2\text{O, warm}}$ in kJ/(kg · K)
f_{GS} :	Gesamtschwandfaktor in hlVB/hl $AW_{\text{heiß}}$.

5.4.4 Warmwasserbilanzen

Für jede Systemvariante wird eine Warmwasserbilanz erstellt, indem die rekuperativ erzeugbare Warmwassermenge dem Warmwasserbedarf gegenübergestellt wird. Dabei bleibt die Warmwassermenge aus der Würzekühlung, die durch Einsetzen von Gleichung (5.34) in (5.36) ermittelt wird, in allen Fällen gleich.

PfaDuko zur Warmwasserbereitung:

Hier wird die maximal mögliche Warmwassermenge gemäß den Gleichungen (5.34) und (5.35) gewonnen.

PfaDuko zur Läuterwürzeerhitzung:

Beim PfaDuko ist die Wärmemenge zum Läuterwürzeerhitzen q_{LWE} aus Gleichung (5.37) von dem Ergebnis der Gleichung (5.32) zur Ermittlung der insgesamt rückführbaren Wärme abzuziehen. Die verbleibende Wärmeenergie, etwa 1/3 der Verdampfungsenthalpie, kann zum Bereiten von Warmwasser verwendet werden.

Die Warmwassermengen aus Brüdenkondensatkühler und Würzekühler ändern sich nicht.

Mechanische Brüdenverdichtung:

Bei der mechanischen Brüdenverdichtung verbleiben nur die Warmwassermengen aus Brüdenkondensat- und Würzekühler, da die Verdampfungsenthalpie der Brüden dem Kochprozeß wieder zugeführt wird.

Thermische Brüdenverdichtung:

Bei der thermischen Brüdenverdichtung wird das Dampfdruckniveau der Brüden in einer Dampfstrahldüse mittels Frischdampf höheren Druckes auf einen gewünschten Mischdampfdruck angehoben. Das Massenverhältnis β von angesaugten Brüden zu Frischdampf ist abhängig vom Frischdampfdruck und dem gewünschten Mischdampfdruck, der aus der geforderten Heizmitteltemperatur im Würzekocher hervorgeht [28]. Diese Beziehung ist in Bild 5.4 grafisch dargestellt [29].

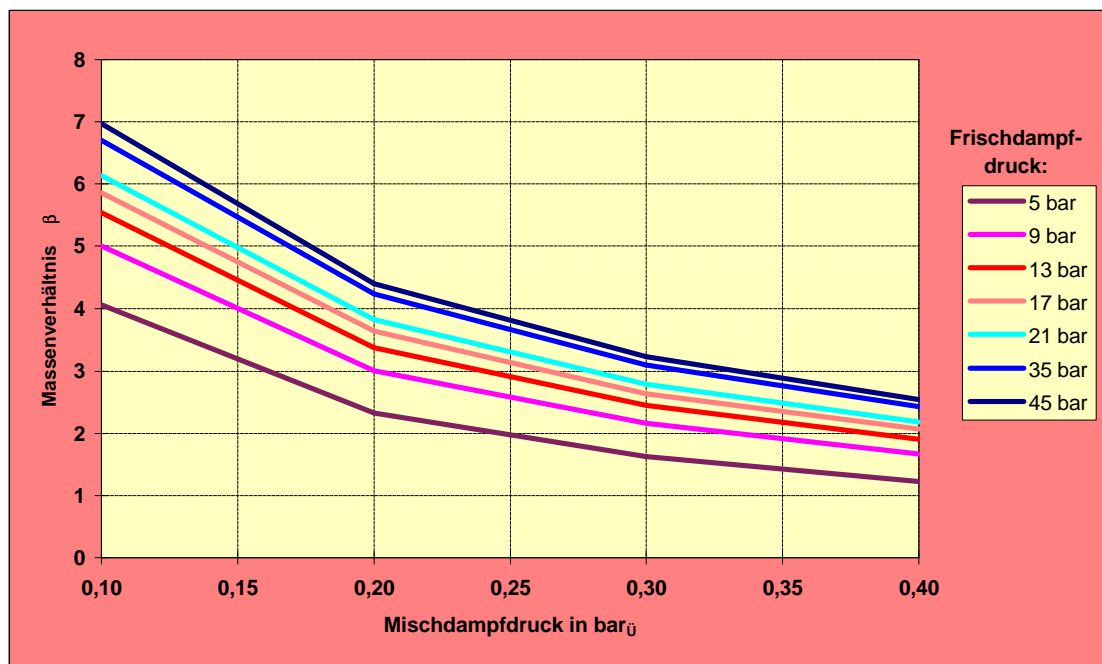


Bild 5.4. Massenverhältnis β in Abhängigkeit des Mischdampfdrucks und des Frischdampfdrucks nach Fohr [29]

Die Analyse der Grafik ergibt näherungsweise eine Zahlenwertgleichung der Form

$$b = (0,36 \cdot p_{\text{FD}}^{0,335}) \cdot \Delta p_{\text{MD}}^{(0,002 \cdot p_{\text{FD}}) - 0,84} \quad (5.40)$$

p_{FD} : Frischdampfdruck in bar_{abs}

Δp_{MD} : Mischdampfdruck in bar_ü.

Ein Vergleich mit den der Grafik zugrunde liegenden Werten [29] ergibt folgende Genauigkeiten für berechnete β :

Tabelle 5.4. Fehlerangaben für Gleichung (5.40)

Absoluter Fehler		Relativer Fehler	
Im Mittel	maximal	im Mittel	maximal
0,12	0,28	4,0 %	7,5 %

Der mittlere absolute Fehler liegt noch im Bereich der Ablesegenauigkeit, somit kann die Gleichung (5.40) zur automatisierten Berechnung in einem Tabellenkalkulationsprogramm herangezogen werden.

Die erforderliche Mischdampfmenge MD in kg für das Kochen eines Sudes beträgt

$$\text{MD [kg]} = \frac{\text{GV} \cdot r_{\text{H}_2\text{O,KT}} \cdot r_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}}{r_{\text{MD}} \cdot h_{\text{WKo}}} \quad (5.41)$$

GV:	Gesamtverdampfung in hl
$r_{\text{H}_2\text{O,KT}}$:	Dichte von Wasser bei Kochtemperatur in kg/l
$r_{\text{H}_2\text{O}}$:	Verdampfungsenthalpie von gesättigtem Wasserdampf bei Atmosphärendruck in kJ/kg
r_{MD} :	Verdampfungsenthalpie von gesättigtem Wasserdampf bei Mischdampfdruck in kJ/kg
η_{WKo} :	Wirkungsgrad der Wärmeübertragung im Würzekochsystem.

Die benötigte Frischdampfmenge in kg/Sud beläuft sich auf

$$\text{FD [kg]} = \frac{\text{MD}}{1 +} \quad (5.42)$$

Der für das Kochen verwertbare Anteil an Brüden BD_{WKo} beträgt

$$\text{BD}_{\text{WKo}} [\text{kg}] = \text{MD} - \text{FD} . \quad (5.43)$$

Die überschüssigen Brüden $\text{BD}_{\text{PfaDuKo}}$ in kg/Sud können in einem PfaDuKo zur Warmwasserbereitung verwendet werden und belaufen sich auf

$$\text{BD}_{\text{PfaDuKo}} [\text{kg}] = \text{GV} \cdot r_{\text{H}_2\text{O,KT}} - \text{BD}_{\text{WKo}} . \quad (5.44)$$

Im Brüdenkondensatkühler erhöht sich gegenüber der herkömmlichen Kochung die zur Verfügung stehende Wärmemenge um den Wärmeinhalt des Frischdampfkondensats, insgesamt kann somit folgende spez. Wärmemenge q_{TBV} in kJ/hl $\text{AW}_{\text{heiß}}$ zur Warmwasserbereitung genutzt werden:

$$q_{\text{TBV}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \frac{(\text{BD}_{\text{PfaDuKo}} \cdot r_{\text{BD}}) + (\text{MD} + \text{BD}_{\text{PfaDuKo}}) \cdot \bar{c}_{\text{BK}} \cdot \Delta T_{\text{BK}}}{\text{AW}_{\text{heiß}} \cdot h_{\text{BKK}}} \quad (5.45)$$

ΔT_{BK} : Temperaturunterschied zwischen eintretendem und austretendem Brüdenkondensat $T_{\text{BK, aus}} - T_{\text{BK, ein}}$ in K

- \bar{c}_{BK} : Mittlere spezifische Wärmekapazität von Wasser zwischen $T_{BK, aus}$ und $T_{BK, ein}$ in $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- η_{BKK} : Wirkungsgrad der Wärmeübertragung im BKK.

Die entsprechende spez. Warmwassermenge w_{WBV} (ohne Würzekühler) ist in Anlehnung an Gleichung (5.36) zu ermitteln.

Aus obigen Berechnungen läßt sich eine Warmwasserbilanz für die beschriebenen Systeme erstellen. Für eine letztendliche Entscheidung zugunsten eines der betrachteten Systeme bedarf es jedoch einer Wärmemengenbilanz, aus welcher der jeweilige Primärenergiebedarf hervorgeht. Dieser ist mit den aktuellen oder zu erwartenden Energiepreisen zu bewerten und im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsberechnung den zugehörigen Investitionskosten gegenüberzustellen.

5.4.5 Wärmemengenbilanz

Bei der Wärmemengenbilanz ist zu berücksichtigen, daß ein Warmwasserüberschuß als Primärenergiebedarf zu bewerten ist, da in diesem Falle rückgewinnbare Wärme ungenutzt bleibt. Der resultierende spezifische Primärenergieeinsatz q_{PE} als Grundlage für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung beläuft sich auf

$$q_{PE} = (q_{LWE} + q_{WKO} + q_{WWE}) + q_{WWÜ} - q_{Rekup} \quad (5.46)$$

Die spezifischen Wärmemengen q_{LWE} , q_{WKO} und q_{WWE} stellen den Primärenergiebedarf am Verbraucher ohne Rekuperation dar und wurden bereits besprochen. Die ungenutzte Wärme $q_{WWÜ}$ in Form eines Warmwasserüberschusses ergibt sich aus der Warmwasserbilanz.

Die rückgewonnenen Wärmemengen q_{Rekup} sind nun noch abschließend zu erläutern.

PfaDuko zur Warmwasserbereitung:

Die Wärmerückgewinnung entspricht den Ergebnissen aus Abschnitt 5.4.1.

PfaDuko zur Läuterwürzeerhitzung:

Auch hier werden die Rückgewinnungspotentiale gemäß 5.4.1 ausgeschöpft.

Mechanische Brüdenverdichtung:

Bei der mechanischen Brüdenverdichtung werden beim Würzekochen durch das Wiederverwenden der Brüden etwa 90 % der erforderlichen Primärenergie gemäß Gleichung

(5.38) eingespart, die Wärmerückgewinnung aus dem Brüdenkondensatkühler und der Würzekühlung bemessen sich analog zu den Berechnungen in 5.4.1.

Thermische Brüdenverdichtung:

Der Primärenergiebedarf beim Würzekochen beschränkt sich auf den Frischdampfanteil FD gemäß Gleichung (5.42). Im PfaDuKo wird der nicht nutzbare Anteil der Brüden BD_{PfaDuKo} aus Gleichung (5.44) enthitzt und im Brüdenkondensatkühler steigt die nutzbare Wärmemenge um den Frischdampfanteil FD. Die Würzekühlung bleibt unverändert.

5.4.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung müssen neben Wärmeenergiekosten auch die Stromkosten (el. Arbeit und Leistung) für den mechanischen Brüdenverdichter sowie die Wasserkosten für den Frischdampf bei der thermischen Brüdenverdichtung mit einbezogen werden. Mit Hilfe einer Tabellenkalkulation können dann verschiedene Szenarien hinsichtlich des Warmwasserbedarfs durchgespielt werden.

Im Zuge einer Detailplanung, auf die hier nicht weiter eingegangen wird, sind noch die Investitionskosten für die zur Auswahl stehenden Systeme zu ermitteln. Zusammen mit den Daten aus der Energiekostenbilanz ist dann eine objektive Wirtschaftlichkeitsberechnung nach den einschlägigen finanzmathematischen Methoden durchführbar.

5.5 Warmwasserreserven

Sämtliche oben vorgestellten Wärmerückgewinnungssysteme erfordern die Installation von Speichern zum Überbrücken des Zeitraums zwischen Anfall und Bedarf des erzeugten Warmwassers. Art, Anzahl und Größe der Warmwasserspeicher sind je nach System verschieden und werden an dieser Stelle überschlägig festgelegt. Es wird davon ausgegangen, daß nur eine Warmwasserqualität erzeugt wird und zwar warmes Brauwasser mit 85 °C. Die früher übliche Unterscheidung in Brau- und Betriebswasser entfällt im Warmwasserbereich.

Allen Systemen gemeinsam ist der Warmwasseranfall beim Würzekochen gemäß Gleichung (5.34) und (5.36). Das beim Kühlen eines Sudes entstehende warme Brauwasser wird zum größten Teil für die Produktion nachfolgender Sude verwendet, die Wassermengen der letzten Sude einer Produktionswoche müssen bis zum Beginn der folgenden Woche gespeichert werden. Das erforderliche Netto-Speichervolumen WW_{WK} in hl beträgt:

$$WW_{WK} [hl] = AW_{\text{heiß}} \cdot ww_{WK} \cdot \text{Int} \left(\frac{T_S}{t_{SF}} \right) \quad (5.47)$$

$AW_{\text{heiß}}$:	Heiße Ausschlagwürzemenge in hl/Sud
ww_{WK} :	Spez. Warmwasseranfall Würzekühler in hl/hl $AW_{\text{heiß}}$
T_S :	Dauer eines Sudes von Einmischen bis Mitte Würzekühlen in h
t_{SF} :	Sudfolge in h
$\text{Int} ()$:	Nächsthöhere ganze Zahl.

Der Ausdruck " $\text{Int} (T_S/t_{SF})$ " ermittelt die Anzahl der Sude am Ende einer Produktionswoche, deren Warmwasser aus dem Würzekühler nicht mehr für direkt nachfolgende Sude verwendet werden kann.

5.5.1 PfaDuKo zur Warmwasserbereitung

Das im PfaDuKo und im Brüdenkondensatkühler gewonnene Warmwasser eines Sudes, WW_{PfaDuKo} und WW_{BKK} , ist zusätzlich zum Warmwasser aus der Würzekühlung aufzufangen.

$$WW_{\text{PfaDuKo}} [hl] = AW_{\text{heiß}} \cdot ww_{\text{PfaDuKo}} \cdot S \quad (5.48a)$$

$$WW_{\text{BKK}} [hl] = AW_{\text{heiß}} \cdot ww_{\text{BKK}} \cdot S \quad (5.48b)$$

$AW_{\text{heiß}}$:	Heiße Ausschlagwürzemenge in hl/Sud
ww_{PfaDuKo} :	Spez. Warmwasseranfall PfaDuKo in hl/hl $AW_{\text{heiß}}$
ww_{BKK} :	Spez. Warmwasseranfall Brüdenkondensatkühler in hl/hl $AW_{\text{heiß}}$
S :	Anzahl der Sude vom Wochenende, deren Warmwasser bis zum Anfang der folgenden Produktionswoche gespeichert werden soll

Der Warmwasserspeicher sollte daher folgendes Bruttovolumen aufweisen:

$$V_{\text{WW-Sp}} [hl] = (WW_{WK} + WW_{\text{PfaDuKo}} + WW_{\text{BKK}}) \cdot \frac{100 \% + f_{\text{Stg}}}{100\%} \quad (5.49)$$

Als Sicherheitszuschlag ist ein Steigraum von etwa 25 % einzurechnen.

5.5.2 PfaDuKo mit Läuterwürzeerhitzer

Das Erhitzen der Läuterwürze eines Sudes mit rückgewonnener Wärmeenergie kann auf unterschiedliche Weise erfolgen:

- Aus der Warmwasserreserve wird Wasser von beispielsweise 85 °C entnommen und im PfaDuKo weiter erhitzt auf 98 bis 99 °C. Dieses hochtemperierte Wasser wird im Läuterwürzeerhitzer wieder auf 85 ° abgekühlt und gelangt zurück in die Warmwasserreserve.
- In einem geschlossenen Verdrängungsspeichersystem wird der Speicher während des Würzekochens über den PfaDuKo "aufgeladen", d. h. auf ein Temperaturniveau nahe 100 °C gebracht, und beim Aufheizen der Läuterwürze eines nachfolgenden Sudes wieder abgekühlt.

In beiden Fällen ist die erforderliche spezifische Wärmeenergie nach Gleichung (5.37) zu ermitteln. Das erforderliche Speichervolumen V_{HT-Sp} in hl beträgt:

$$V_{HT-Sp} = \frac{AW_{\text{heiß}} \cdot q_{LWE}}{\bar{r}_{HT-W} \cdot \bar{c}_{HT-W} \cdot \Delta T_{HT-W}} \cdot \frac{100 \% + f_Z}{100 \%} \quad (5.50)$$

$AW_{\text{heiß}}$: Heiße Ausschlagwürzemenge in hl

q_{LWE} : Spez. Wärmebedarf Läuterwürzeerhitzen in kJ/hl $AW_{\text{heiß}}$
gem. Gleichung 5.37)

ΔT_{HT-W} : Temperaturdifferenz im Hochtemperaturspeicher $T_{\text{oben}} - T_{\text{unten}}$ in K

\bar{r}_{HT-W} : Mittlere Dichte von Wasser zwischen T_{oben} und T_{unten} in kg/l

\bar{c}_{HT-W} : Mittlere spez. Wärmekapazität von Wasser zwischen T_{oben} und T_{unten}
in kJ/(kg · K)

f_Z : Zuschlag für Mischzone im Verdrängungsspeicher bzw. Steigraum

Die zum Aufheizen der Läuterwürze erforderliche spez. Wärmemenge q_{LWE} entspricht etwa zwei Dritteln der im PfaDuKo rückgewinnbaren Energie q_{PfaDuKo} (s. o.), die restliche Wärme $q_{\text{PfaDuKo-LWE}}$ kann zum Erzeugen von Warmwasser verwendet werden. Die anfallende Warmwassermenge ist mit Hilfe der Gleichung (5.36) zu ermitteln.

Der Warmwasserspeicher muß folgende Volumina aufnehmen können:

$$V_{\text{WW-Sp}} [\text{hl}] = (\text{WW}_{\text{WK}} + \text{WW}_{\text{PfaDuKo-LWE}} + \text{WW}_{\text{BKK}}) \cdot \frac{100 \% + f_{\text{Stg}}}{100 \%} \quad (5.51)$$

5.5.3 Mechanische Brüdenverdichtung

Neben der Würzekühlung fällt hier nur noch Warmwasser im Brüdenkondensatkühler an. Das erforderliche Speichervolumen beträgt:

$$V_{\text{WW-Sp}} [\text{hl}] = (\text{WW}_{\text{WK}} + \text{WW}_{\text{BKK}}) \cdot \frac{100 \% + f_{\text{Stg}}}{100 \%} \quad (5.52)$$

5.5.4 Thermische Brüdenverdichtung:

Die bei der thermischen Brüdenverdichtung resultierenden Warmwassermengen aus PfaDuKo und Brüdenkondensatkühler $\text{WW}_{\text{PfaDuKo, TBV}}$ und $\text{WW}_{\text{BKK, TBV}}$, ergeben sich aus Gleichung 5.45 und (5.36), der Inhalt des Warmwasserspeichers errechnet zu:

$$V_{\text{WW-Sp}} [\text{hl}] = (\text{WW}_{\text{WK}} + \text{WW}_{\text{PfaDuKo, TBV}} + \text{WW}_{\text{BKK, TBV}}) \cdot \frac{100 \% + f_{\text{Stg}}}{100 \%} \quad (5.53)$$

5.6 Hefemanagement

Stand der Technologie im Bereich der Hefebehandlung ist das regelmäßige Bereitstellen ausreichender Mengen von Anstellhefe mit Reinzuchtcharakter in einem physiologisch optimalen Zustand [30]. Im folgenden werden die Auslegungskriterien für eine Hefeanlage zum halbkontinuierlichen Gewinnen von Anstellhefe in einem Assimilationstank im Zusammenhang mit einem wählbaren Anteil an Erntehefe dargestellt.

Im Assimilationstank wird die ursprünglich aus einer Reinzucht gewonnene Hefesuspension durch periodisches Abziehen von Anstellhefesuspension und Auffüllen der entsprechenden Volumina mit kalter Ausschlagwürze in einem Stadium ständiger Vermehrung, der sog. log-Phase, gehalten. In dieser Phase zeichnet sich die Hefe durch höchste Vitalität und die Suspension durch ausgeprägte Resistenz gegenüber Fremdorganismenbefall aus [31]. In der Praxis hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Assimilationshefe für kurze Zeit in eine Phase der alkoholischen Gärung übergehen zu lassen, bevor sie in den Produktionsprozeß eingebracht wird. Durch diese Maßnahme werden Degenerationserscheinungen der Hefezellen, die in reinen "Assimilationskulturen" beobachtet wurden, vermieden.

5.6.1 Assimilationstank

Das erforderliche Bruttovolumen für die Hefeassimilation $V_{\text{Ass, brutto}}$ hängt ab von

- der Würzmenge $AW_{\text{Anstell/Zyklus}}$, die pro Entnahmezyklus mit Assimilationshefe angestellt werden soll, in hl,
- der gewünschten Gesamt-Hefezellzahl Z_{Anstell} in der Anstellwürze in Z/ml,
- dem Anteil an Assimilationshefezellen an der Gesamt-Hefezellzahl $\%_{\text{Ass/Anstell}}$ in %,
- der angestrebten Zellzahl im Assimilationstank Z_{Ass} zum Zeitpunkt der Entnahme in Z/ml,
- der Zellzahl in der Erntehefesuspension Z_{Ernte} zum Zeitpunkt der Hefegabe in Z/ml,
- dem pro Zyklus aus dem Assimilationstank zu entnehmenden Anteil am Gesamtinhalt $\%_{\text{Ass,Entnahme}}$ in % von $V_{\text{Ass, netto}}$ und
- dem einzuhaltenden Steigraum im Assimilationstank f_{St} in % vom Nettoinhalt.

Die Menge an Assimilationshefe $V_{\text{Ass, netto}}$ je Entnahmezyklus in hl beträgt:

$$V_{\text{Ass, netto}} [\text{hl}] = \frac{AW_{\text{Anstell/Zyklus}} \cdot Z_{\text{Anstell}}}{\left\langle 1 + \left[\left(1 - \frac{Z_{\text{Anstell}}}{Z_{\text{Ernte}}} \right) \cdot \frac{100\% - \%_{\text{Ass/Anstell}}}{\%_{\text{Ass/Anstell}}} \right] \right\rangle} \cdot Z_{\text{Ass}} \quad (5.54)$$

Diese Berechnung setzt voraus, daß der Assimilationstank mit Würze aus den mit Assimilationshefe angestellten Suden wiederaufgefüllt wird. Die Anstellwürzmenge ändert sich also nur um den Betrag der evtl. zugegebenen Erntehefe. Das Bruttovolumen eines Assimilationstanks $V_{\text{Ass, brutto}}$ errechnet sich zu:

$$V_{\text{Ass, brutto}} [\text{hl}] = V_{\text{Ass, netto}} \cdot \frac{100\% \cdot (100\% + f_{\text{St}})}{\%_{\text{Ass, Entnahme}} \cdot 100\%} \quad (5.55)$$

Bei einer kurzen Zykluszeit sinkt der Anteil der entnehmbaren Suspensionsmenge aus dem Assimilationsreaktor, da ansonsten die gewünschte Zellzahl im Reaktor bis zur nächsten Entnahme nicht erreicht wird. Es hat sich als ausreichend herausgestellt, einmal pro Woche einen Gärtank mit einer halben oder einer Tagesproduktion an Würze mit Assimilationshefe und die übrigen Sude mit Erntehefe anzustellen. In diesem Fall ist der Anteil der Assimilationshefe in Gleichung (5.54) mit 100 % anzusetzen, wodurch sich folgende vereinfachte Berechnung ergibt:

$$V_{\text{Ass, netto}} [\text{hl}] = \frac{AW_{\text{Anstell/Zyklus}} \cdot Z_{\text{Anstell}}}{Z_{\text{Ass}}} \quad (5.54a)$$

Zyklusdauer, Entnahmemenge und geforderte Zellkonzentration im Assimilationstank bedingen sich gegenseitig und sind in Abhängigkeit des verwendeten Hefestamms in der Praxis aufeinander abzustimmen. Selbst für eine Grobabschätzung sind beim Auslegen der Hefeanlage für alle o. g. Parameter technologische Vorgaben zu machen. Als Anhaltspunkte für Neuplanungen können folgende Werte eingesetzt werden:

- Z_{Ass} : 100 Mio Z/ml,
- Z_{Anstell} : 10 Mio Z/ml,
- Z_{Ernte} : 1.000 Mio Z/ml.

5.6.2 Erntehefetanks

Die Erntehefetanks sollten die gesamte Erntehefe $V_{\text{EH, wo}}$ einer Produktionswoche aufnehmen. Diese beträgt

$$V_{\text{EH, wo}} [\text{hl}] = AW_{\text{wo}} \cdot \frac{\%_{\text{EH/JB}}}{100 \%} \quad (5.56)$$

Dazu ist der Anteil der Erntehefe am Jungbiervolumen $\%_{\text{EH/JB}}$ in % vorzugeben; überschlägig kann hier mit 3 % gerechnet werden.

Den Bruttotankraum erhält man unter Einbezug eines Steigraums von 50–100 % wie bereits öfters gezeigt. Ein Aufteilen des errechneten Tankraums auf mindestens 2 Tanks ist aus Gründen der mikrobiologischen Sicherheit zu empfehlen.

5.7 Gären und Lagern

Herkömmliche Gärverfahren zum Umwandeln der im Sudhaus gewonnenen Würzen in Biere erfolgen in Tankanlagen, wobei üblicherweise zwischen den Phasen

- Hauptgärung und
- Lagerung

unterschieden wird. Diese Aufteilung wird oft auch räumlich vollzogen, indem nach beendeter Hauptgärung das entstandene Jungbier aus Gärtanks in Lagertanks umgepumpt wird. Man spricht in diesem Falle vom 2-Tank-Verfahren. Es ist jedoch auch möglich, und in der Praxis

durchaus vorzufinden, diese Verfahrensschritte in einem einzigen Tank durchzuführen (1-Tank-Verfahren) oder eine eigenständige Reifephase (3-Tank-Verfahren) einzuschieben.

Aufgrund der Tatsache, daß alle Tankverfahren im Vergleich zur Suddauer langwierig sind und damit einen entsprechenden Platz- und Investitionsbedarf erfordern, sind in den letzten Jahren verschiedentlich Untersuchungen zu kontinuierlichen Gär- und Reifensystemen auf der Grundlage immobilisierter Hefen im Labor- und Industriemaßstab durchgeführt worden [32, 33, 34]. Da sich diese Verfahren in letzter Konsequenz noch in keinem Brauereibetrieb durchsetzen konnten, werden sie im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter behandelt.

5.7.1 Bruttotankraum

Das erforderliche Bruttotankvolumen $V_{T, \text{brutto}}$ eines Verfahrensabschnitts ergibt sich aus den Parametern

- Gesamtbelegungszeit während des betrachteten Produktionsabschnitts t_{Beleg} in h einschließlich Manipulationszeiten für Befüllen, Entleeren und Reinigen,
- wöchentlich zu verarbeitender Würze- oder Jungbiermenge sowie
- dem zu berücksichtigenden Steigraum f_{St} in %, bezogen auf das Nutzvolumen V_{netto} .

Geht man davon aus, daß die Belegzeiten an die Wochenarbeitszeiten angepaßt sind, so beläuft sich der benötigte Bruttotankraum allgemein auf:

$$V_{T, \text{brutto}} [\text{hl}] = \frac{VB_a \cdot f_{\text{Sp}} \cdot t_{\text{Beleg}} \cdot (100 \% + f_{\text{St}})}{t_{\text{mo}} \cdot 7 \frac{\text{d}}{\text{wo}} \cdot f_{\text{TS}} \cdot 100 \%} \quad (5.57)$$

Dieser Rechengang ist für jeden Produktionsabschnitt, der mit einem Tankwechsel verbunden ist, getrennt durchzuführen. Für unter- und obergärige Biere, die nach dem deutschen Reinheitsgebot gebraut werden, kann man von Richtwerten gemäß Tabelle 5.5 ausgehen [35, 36, 37]:

Tabelle 5.5. Kennzahlen zum Bruttotankraum bei zylindrokonischen Gär- und Lagertanks (ZKT)

Verfahrensschritt	Untergärige Biere	Obergärige Biere
Hauptgärung		
- Gesamtbelegzeit	7 d	3,5 d
- Steigraum	20–25 %	30–40 %
Reifen/Lagern		
- Gesamtbelegzeit	14–21 d	7–14 d
- Steigraum	5–10 %	5–10 %

Bei obergärigen Bieren wird von reiner Tankgärung ausgegangen.

5.7.2 Tankgröße und -anzahl

Die Größen von Gär- und Lagertanks sind auf die Sudgröße abzustimmen. Gärtanks sollten die Würzmenge einer halben bis höchstens einer ganzen Tagesproduktion eines Sudwerks aufnehmen [36, 37], Lagertanks können die doppelte Menge, also den Inhalt von 2 Gärtanks, fassen; in jedem Fall sollte das Fassungsvermögen ein ganzes Vielfaches eines Sudes betragen.

Die untere Grenze für die Gärtankgröße stellt somit die Sudgröße dar; besonders bei hoher Sortenvielfalt mit mehreren Randsorten sind solche 1-Sud-Tanks zu berücksichtigen.

5.7.3 Tankgeometrie

Nachdem sich zylindrokonische Gär- und Lagertanks (ZKT), also Tanks mit einem zylindrischen Zargenteil und einem konischen Auslauf, weltweit im Brauereianlagenbau durchgesetzt haben, wird hier auch nur diese Tankform behandelt.

Das Fassungsvermögen $V_{\text{ZKT,brutto}}$ eines solchen ZKT setzt sich zusammen aus

- dem Konusinhalt V_{Konus} und
- dem Inhalt des zylindrischen Teils V_{Zarge} .

Der Oberboden wird nicht zum Bruttoinhalt des Tanks gezählt.

Bestimmende Parameter sind der Tankinnendurchmesser D_i und die Höhe der einzelnen Fraktionen h_x , jeweils in m. Der Zargeninhalt berechnet sich gemäß Gleichung (4.14) und (4.15), der Konusinhalt beträgt [24]:

$$V_{\text{Konus}} [\text{hl}] = \frac{\rho \cdot D_i^2 \cdot h_{\text{Konus}}}{4 \cdot 3} \cdot 10 \frac{\text{hl}}{\text{m}^3} \quad (5.58)$$

Die Konushöhe ergibt sich aus dem Konusinnenwinkel und dem Tankdurchmesser wie in Gleichung 5.22 gezeigt.

Die Höhe $h_{\text{Kl\"opper}}$ eines Kl\"opperb\"odens nach DIN 28 011 betr\"agt n\"aherungsweise [5]:

$$h_{\text{Kl\"opper}} [\text{m}] = 0,1935 \cdot D \quad (5.59)$$

F\"ur G\"artanks werden aus technologischen Gr\"unden ein Verh\"altnis H/D von W\"urzeh\"ohe $H_{\text{W\"urze, gesamt}}$ zu Tankdurchmesser D_i von ungef\"ahr 2,5-2,8 sowie ein Konusinnenwinkel α zwischen 60 und 70 ° gefordert.

Bei gegebenem Nettoinhalt V_{netto} in hl/Tank, $f_{H/D}$ und α l\"a\ss t sich die Fl\"ussigkeitsh\"ohe $H_{\text{W\"urze, gesamt}}$ berechnen:

$$H_{\text{W\"urze, gesamt}} [\text{m}] = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{netto}}}{10 \frac{\text{hl}}{\text{m}^3} \cdot \left(\frac{\rho}{4 \cdot \left(\frac{H}{D}\right)^2} - \frac{\rho}{12 \cdot \left(\frac{H}{D}\right)^3 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}} \right)}} \quad (5.60)$$

Alle weiteren Daten zur Tankgeometrie ergeben sich dann aufgrund der bereits aufgezeigten Zusammenh\"ange:

Aus $H_{\text{W\"urze, gesamt}}$ und dem vorgegebenen $f_{H/D}$ folgt per Definition der Innendurchmesser D_i . Mit D_i und α l\"a\ss t sich h_{Konus} ermitteln (Gl. 5.22), die Differenz aus $H_{\text{W\"urze, gesamt}}$ und h_{Konus} ist $h_{\text{Zarge, W}}$. \u00dcber den Steigraum und den Durchmesser wird die H\"ohe $h_{\text{Zarge, St}}$ berechnet, $h_{\text{Kl\"opper}}$ ist mit Gleichung 5.55 ebenfalls durch den Durchmesser bestimmt. Die Gesamth\"ohe h_{ZKT} eines Tanks betr\"agt

$$h_{\text{ZKT}} [\text{m}] = h_{\text{Konus}} + h_{\text{Zarge, W}} + h_{\text{Zarge, St}} + h_{\text{Kl\"opper}} \quad (5.61)$$

5.8 Filtration

Ziel der Filtration ist das Entfernen von vorhandenen und potentiellen Trübungsbildnern aus den zur Abfüllung anstehenden Bieren. Neben der eigentlichen Filtration, unter der man landläufig das Rückhalten der Hefe aus dem gereiften Bier versteht, findet in der überwiegenden Anzahl der Fälle daher auch eine Stabilisierung hinsichtlich mikrobiologischer und kolloidaler Trübungen statt. Auf die Vielzahl der möglichen Systeme kann hier nicht eingegangen werden, beispielhaft wird eine moderne Anlagenkonstellation vorgestellt, bestehend aus den Komponenten:

- Kieselgurfilter, doppelt,
- Stabilisierungsfiler, PVPP,
- Schichten-Feinfilter sowie
- Puffertanks vor und hinter der Filtrationslinie.

Der erforderliche Anlagendurchsatz \dot{V}_{Filter} in hl/h beträgt

$$\dot{V}_{\text{Filter}} = \frac{V B_a \cdot f_{\text{SP}}}{t_{\text{mo}} \cdot F_{\text{wo}} \cdot t_{\text{Filter}} \cdot f_{\text{TS}}} \quad (5.62)$$

F : Anzahl Filtrationen in wo^{-1}

t_{Filter} : Filterstandzeit in h

Auf diese Größen sind die einzelnen Komponenten der Filteranlage auszulegen, bei Durchsätzen von deutlich über 500 hl/h bzw. einer großen Sortenvielfalt ist ein Aufteilen auf zwei oder mehrere, eigenständige Filterlinien zu überlegen.

Kennzeichnend für einen Filter ist die Filterfläche A_{Filter} , in m^2 , die mit Hilfe von Erfahrungswerten für spezifische Filterleistungen \dot{v}_{Filter} in $\text{hl}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ überschlägig bestimmt werden kann:

$$A_{\text{Filter}} = \frac{\dot{V}_{\text{Filter}}}{\dot{v}_{\text{Filter}}} \quad (5.63)$$

Die spezifische Filterleistung ist abhängig von Filtertyp und -bauart, aus der Literatur sind bekannt:

Tabelle 5.6. Spezifische Filterleistungen [5, 38]

Filtertyp	Bauart	Spez. Filterleistung
Kieselgurfilter, einfach	Rahmenfilter	3,5 hl/(m ² · h)
Kieselgurfilter, einfach	Kesselfilter	4–6 hl/(m ² · h)
Kieselgurfilter, doppelt, 1. Stufe	Kesselfilter	4–5 hl/(m ² · h)
Kieselgurfilter, doppelt, 2. Stufe	Kesselfilter	6 hl/(m ² · h)
PVPP-Filter	Kesselfilter	10–12 hl/(m ² · h)
Schichten-Feinfilter	Rahmenfilter	1–2 hl/(m ² · h)

Für Puffertanks, bzw. Vor-/Nachlauf tanks, kann ein Bruttovolumen von 25–50 % des Anlagendurchsatzes angesetzt werden.

5.9 Drucktanks

Drucktanks dienen als Puffer zwischen Filtration und Abfüllanlagen und sind in ihrer Kapazität an beide Abteilungen anzupassen. Das Gesamt-Drucktankvolumen sollte einen Vorrat für 1,5–2 Abfülltage, mindestens jedoch eine komplette Filtrationscharge aufnehmen können. Anzahl und Größe der einzelnen Drucktanks hängen insbesondere von der Vielfalt der zur Abfüllung kommenden Biersorten ab, wobei die kleinsten Tanks zumindest die Biermenge einer Filtrationsstunde fassen sollten.

5.10 Flaschenabfüllung

Das Abfüllen der produzierten Biere in Flaschen, Dosen oder Fässer stellt in Brauereien üblicherweise den letzten verfahrenstechnischen Schritt dar. In reinen Abfüllbetrieben bilden die Abfüllanlagen naturgemäß die zentralen Bereiche der Produktion. In beiden Fällen wird das abzufüllende Produkt verkaufsfertig gemacht, d. h. es erhält eine Verpackung, die es einerseits vor äußeren Einwirkungen schützen, andererseits den Endverbraucher zum Kauf anregen soll.

Im Regelfall ist eine Produktveränderung nach dem Abfüllen nicht mehr erwünscht, sieht man einmal von Getränken ab, die in der Verkaufsverpackung einen Reifungs- oder Veredelungsprozeß durchmachen sollen, wie beispielsweise Weizenbiere mit Flaschengärung. Einer negativen Produktveränderung innerhalb der empfohlenen Mindesthaltbarkeitszeit ist daher durch das Anwenden moderner Abfülltechnik weitgehend zu vorzubeugen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Schutz des Verbrauchers vor Gefahren, die im Umgang mit dem Produkt bzw. dessen Verpackung auftreten können.

Aus all diesen Gründen ist den Abfüllanlagen ein hoher Stellenwert im Gesamtgeschehen einer Brauerei beizumessen. Dies drückt sich deutlich in den resultierenden Kosten für

- Investitionen (Anlagentechnik und Bau),
- Personal,
- Hilfs- und Betriebsstoffen sowie
- Pack- und Packhilfsmitteln

aus.

Zumindest die drei erstgenannten Faktoren können in der Planungsphase durch Festlegen der optimalen Anlagengröße beeinflußt werden.

In Deutschland beträgt der Anteil von Mehrwegflaschen am Gesamt-Bierausstoß (Stand 1996) etwa 60 %; läßt man das Faßbier außer Betracht, so erhöht sich dieser Wert auf über 70 % [2]. Obwohl ein deutlicher Trend zum Konsum von Dosenbier festzustellen ist, kann man die Mehrweg-Glasflasche als das Standardgebilde beim Endverbraucher bezeichnen. Die überwiegende Anzahl der in deutschen Brauereien installierten Abfüllanlagen ist daher auf dieses Verpackungssystem ausgelegt.

Im Folgenden werden Berechnungsgrundlagen für diesen Flaschenabfüllanlagen vorgestellt. Auf Besonderheiten, die bei anderen Systemen zu beachten sind, beispielsweise bei Einweggebinden oder Kunststoffflaschen, wird an geeigneter Stelle hingewiesen.

5.10.1 Nennausbringung und Flaschenkellerkapazität

Kennzeichnende Größe für Abfüllanlagen ist die sogenannte Anlagen-Nennleistung Q_{nA} , ausgedrückt als Quotient aus abgefüllten Gebinden pro Zeiteinheit, für Flaschenabfüllanlagen üblicherweise "Flaschen/Stunde" bzw. "Fl/h". Sind mehrere Anlagen installiert, so ergibt die Summe der Einzelnennleistungen die Flaschenkellerkapazität. Die optimale Flaschenkellerkapazität hängt in erster Linie ab von

- dem Flaschenbierausstoß im Planungszeitraum,
- dem Spitzenmonatsanteil des Flaschenbieres,
- der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit,
- dem Inhalt der abzufüllenden Gebinde und
- dem Ausnutzungsgrad der Anlagen [9].

Die Ausstoßzahlen sind dem der Gesamtplanung zugrunde liegenden Ausstoßplan zu entnehmen. Bezüglich des Spitzenmonatsanteils gilt im wesentlichen das in Abschnitt 4.3 Gesagte, es ist jedoch zu prüfen, ob die Ausstoßverteilung des Flaschenbieres der des Gesamtausstoßes entspricht. Gerade in Urlaubsgebieten oder bei Spezialitätenbrauereien können für bestimmte Bier- und Gebindesorten Abweichungen auftreten, die für das Auslegen der Anlage mit bestimmend sind.

Die zur Verfügung stehende Arbeitszeit setzt sich zusammen aus der tariflichen Wochenarbeitszeit sowie der Anzahl der geplanten Abfüllschichten pro Tag. Ein mehrschichtiger Betrieb verringert die erforderliche Nennausbringung, schlägt sich aber in einem entsprechend größeren Personalbedarf nieder. Unter Umständen ist ein Mehrschichtbetrieb aus arbeitspolitischen Gründen, wegen der Lage des Betriebes (Lärmschutz) oder sonstigen Restriktionen grundsätzlich nicht oder nur eingeschränkt möglich. Auch die Jahresabfüllmenge ist bei der Wahl des optimalen Arbeitszeitmodells zu berücksichtigen.

Bei der Flaschengröße ist entweder der mittlere Inhalt aller abzufüllenden Gebinde zu ermitteln, oder die Berechnungen sind, bei entsprechenden Jahresabfüllmengen, für einzelne Gebinde getrennt durchzuführen.

Die mittlere Flaschengröße \bar{V}_{Fl} in l/Fl errechnet sich folgendermaßen:

$$\bar{V}_{Fl} \left[\frac{l}{Fl} \right] = \frac{\sum_{x=1}^{x=n} FB_x}{\sum_{x=1}^{x=n} \left(\frac{FB_x}{V_{Fl, x}} \right)} \quad (5.64)$$

FB_x : Jahresabfüllmenge Flaschenbier nach Gebinden in hl

$V_{Fl, x}$: Gebindeinhalt in l/Fl

Der Ausnutzungsgrad ϕ_A einer Abfüllanlage ist in der DIN 8782 festgelegt [39]. Diese Norm enthält Definitionen für Zeitbegriffe wie effektive und allgemeine Laufzeit, Stör- und Nebenzeiten sowie weitere Kenngrößen für Einzelaggregate und Gesamtanlagen wie Effektivausbringung, Durchschnittsausbringung, Liefergrad, Wirkungsgrad und den besagten Ausnutzungsgrad. Da in der Praxis diese Begriffe und Definitionen oft falsch angewendet werden, wird an dieser Stelle näher darauf eingegangen. Tabelle 5.7 verdeutlicht die zugrunde liegenden Zeitbegriffe:

Tabelle 5.7. Zeitbegriffe nach DIN 8782

Arbeitszeit Zeitspanne, für die die Arbeitskräfte an der Abfüllanlage bezahlt werden			
Nebenzeiten	Betriebszeit		
	Anlagenfremde Störzeit	Allgemeine Laufzeit	
Summe aller Zeiten, bedingt durch:	Summe aller Zeiten, bedingt durch:	Anlagenbedingte Störzeit	Effektive Laufzeit
<ul style="list-style-type: none"> • Anlauf • Auslauf • Ausrüsten, Umstellen • Pflege und Warten der Anlage • Betriebspausen 	<ul style="list-style-type: none"> • Stromausfall • Leergutmangel • beschädigte Flaschen oder Verschlüsse • Personalfehler • Druckluftabfall 	Summe aller Zeiten, bedingt durch: Eigenstörungen der Maschinen, die zum Stillstand des Füllers führen	Füller läuft ohne Stillstand mit seiner Einstellausbringung

Zentrale Kenngröße ist auch hier die Nennausbringung Q_{nA} , für die der Hersteller die betreffende Anlage oder das Anlagenteil konzipiert hat und die gewissermaßen eine Eigenschaft der Anlage darstellt.

Die Effektivausbringung ist eine abgeleitete Größe, die wie folgt definiert ist:

$$Q_{\text{effA}} \left[\frac{\text{Fl}}{\text{h}} \right] = \frac{\text{Fl}}{t_{\text{ALZ}}} \quad (5.65)$$

Fl: Abgefüllte Flaschen

t_{ALZ} : Allgemeine Laufzeit in h

Sie berücksichtigt die anlagenbedingten Störungen im Bezugszeitraum und gibt Auskunft über den aktuellen Anlagenzustand. Setzt man die Effektivausbringung in Beziehung zur Einstellausbringung des zentralen Anlagenteils, i. d. R. ist dies die Einstellausbringung des Füllers $Q_{\text{estFü}}$, so erhält man eine von der Anlagenkapazität losgelöste Kenngröße, den Anlagenwirkungsgrad η_A :

$$h_A [\%] = \frac{Q_{\text{effA}}}{Q_{\text{estFü}}} \quad (5.66)$$

Der Flaschenfüller wird als Zentralorgan der Abfüllanlage betrachtet, da einerseits Stillstandszeiten an diesem Aggregat nicht wieder aufgeholt werden können, andererseits ein unterbrechungsfreier Abfüllprozeß Voraussetzung für einen Qualitätserhalt des Füllguts ist [4].

Ähnlich wie der Wirkungsgrad gibt auch der Liefergrad λ_A Auskunft über den momentanen Zustand der Anlage; er bezieht sich auf die vom Hersteller genannte Anlagen-Nennausbringung und ist wie folgt festgelegt:

$$I_A [\%] = \frac{Q_{\text{effA}}}{Q_{nA}} \quad (5.67)$$

Wirkungsgrad und Liefergrad dienen in erster Linie zum Aufdecken von Schwachstellen innerhalb der Anlage, insbesondere bei Neuanlagen, und sind unverzichtbare Kenngrößen für Abnahmeversuche an Abfüllanlagen. Für das Dimensionieren von Abfüllanlagen sind diese Größen jedoch ungeeignet, da sie nur die Füllerlaufzeiten und die anlagenbedingten Störzeiten berücksichtigen [40]. Letztendlich ausschlaggebend für die Lieferbereitschaft der Brauerei oder des Abfüllbetriebs sind jedoch die während der gesamten zur Verfügung stehenden Arbeitszeit des Flaschenkellerpersonals abgefüllten Mengen.

In diese Arbeitszeit fallen auch An- und Abfahrzeiten, Umrüstzeiten bei Sorten- oder Gebindewechsel und anlagenfremde Störungen wie Leergutmangel oder Stromausfall.

All diese Komponenten sind zusammengefaßt in dem Begriff des Ausnutzungsgrades φ_A , die zugehörige Formel lautet:

$$j_A [\%] = \frac{\left(\frac{Fl}{t_{AZ}} \right)}{Q_{nA}} \quad (5.68)$$

t_{AZ} : Arbeitszeit in h

Der Ausdruck " Fl/t_{AZ} " wird auch als Durchschnittsausbringung bezeichnet.

Mehrschichtig betriebene Anlagen erreichen durch Verringern der wöchentlichen An- und Abfahrzeiten höhere Ausnutzungsgrade als im Einschichtbetrieb, eine großes Sortiment erfordert häufiges Umstellen und senkt dadurch den Ausnutzungsgrad.

Neben den meßbaren Größen wie Stör- und Rüstzeiten wird der Ausnutzungsgrad auch durch nicht quantifizierbare Faktoren, etwa den Motivationsgrad des Abfüllpersonals, den Zustand des Leerguts oder die Flaschenausstattung beeinflusst. Die Schwankungsbreite für φ_A ist daher groß, als Richtwerte für die Planungsarbeit können die in Tabelle 5.8 aufgeführten Zahlen herangezogen werden.

Tabelle 5.8. Richtwerte für Ausnutzungsgrade bei Flaschenabfüllanlagen [4, 40]

Betriebsweise	Ausnutzungsgrad φ_A
Sortimentanlage, Einschichtbetrieb	55–60 %
Sortimentanlage, Mehrschichtbetrieb	60–65 %
Nur eine Flaschensorte, Einschichtbetrieb	65–70 %
Nur eine Flaschensorte, Mehrschichtbetrieb	70–75 %
Nur eine Flaschensorte, nur ein Gebinde, Mehrschichtbetrieb	≥ 75 %

Die erforderliche Anlagen-Nennausbringung ermittelt sich unter Einbezug der oben erläuterten Größen zu

$$Q_{nA} \left[\frac{Fl}{h} \right] = \frac{FB_a \cdot 100 \cdot \frac{1}{hl} \cdot f_{Sp} \cdot 100 \%}{t_{mo} \cdot t_{wo} \cdot t_d \cdot \overline{V}_{Fl} \cdot j_A} \quad (5.69)$$

FB_a: Jahresabfüllmenge Flaschenbier in hl.

Da sich die Jahres-Abfüllmenge an Flaschenbier in dem der Planung zugrunde liegenden Zeitrahmen üblicherweise ändert, empfiehlt es sich, mehrere Varianten, ggf. auch für einzelne Gebinde getrennt, durchzuspielen und so einen nachvollziehbaren Kompromiß für die Anlagen-Nennleistung herbeizuführen.

5.10.2 Einzelaggregate

Damit die Nennausbringung einer Abfüllanlage derjenigen des Füllaggregats entspricht, müssen die dem Füller vor- und nachgeschalteten Anlagenteile für größere Nennausbringungen ausgelegt werden. Bild 5.5. zeigt die von Berg [41] vorgeschlagene Abstufung der einzelnen Anlagenteile, ausgedrückt im Verhältnis zur Füllerausbringung, für Mehrweg-Flaschenanlagen:

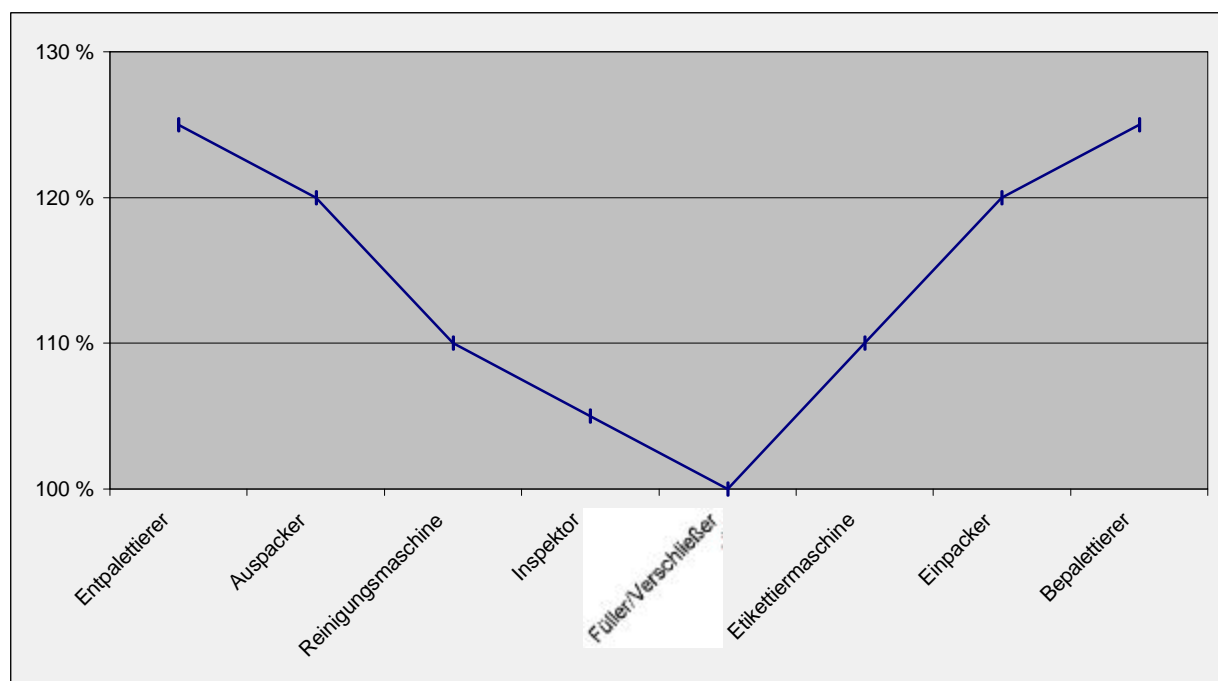


Bild 5.5. Ausbringungsabstufung von Einzelaggregaten (Bergsche Kurve) [41]

Durch diese Abstufung können kurzzeitige Störungen einzelner Maschinen aufgefangen werden, ohne dass die Füllmaschine zum Stillstand kommt. Rädler [42] hat anhand von Anlagensimulationen gezeigt, daß ein einheitliches Überdimensionieren aller Aggregate außer dem Füller um 10 % im Zusammenspiel mit einer übergeordneten Anlagensteuerung ausreichend ist. Voraussetzung hierfür sind ausreichend dimensionierte Transportstrecken zwischen den Aggregaten, welche Pufferzeiten von jeweils 1 bis 2 Minuten gewährleisten sollten.

Bei Mehrweganlagen, auf denen Glas- und Kunststoffflaschen im Wechsel abgefüllt werden, ist zu beachten, dass Kunststoffflaschen eine geringere Standfestigkeit als Glasflaschen aufweisen und daher leichter zum Umfallen neigen. Hierdurch werden häufiger Störungen verursacht, so dass eine weitere Überdimensionierung, besonders im Leergutbereich, erforderlich ist. Der linke Ast der Kurve in Bild 5.5. ist entsprechend steiler und endet bei einer Nennausbringung des Entpalettierers, die etwa 135 % der Füllerausbringung entspricht [43].

Automatische Sortieranlagen innerhalb einer Abfüllanlage haben ebenfalls einen deutlichen Einfluß auf die Auslegung der dem Füller vorgeschalteten Stationen. Beim Einsatz von integrierten Flaschensortierstrecken hat sich grundsätzlich ein Aggregatzuschlag von 5 % zuzüglich des Anteils der auszusortierenden Fremdflaschen als erforderlich erwiesen. Weitere Zuschläge sind beim Betrieb von Kastensortierungen in Abhängigkeit des Fremdkastenanteils und der durchschnittlichen Anzahl von Fehlflaschen pro Kasten zu machen [44].

Da im Zuge einer Vorplanung diese Daten meist nicht vorliegen, ist es ausreichend, eine Reserve für Sortieranlagen beim Ermitteln der erforderlichen Fläche einer Flaschenhalle einzurechnen.

5.10.3 Flächenbedarf für Flaschenabfüllanlagen

Neben der Anlagennennausbringung ist beim Projektieren einer Abfüllanlage meist der im Vergleich zu den Produktionsanlagen hohe erforderliche Flächenbedarf von Interesse. Ohne sich im Vorfeld auf eine bestimmte Aufstellungsvariante festlegen zu müssen, kann man anhand einer von Probst entwickelten Überschlagsformel den Flächenbedarf A in Abhängigkeit von der Anlagennennausbringung Q_{nA} in Fl/h und dem Inhalt der größten zu verarbeitenden Flaschentype $V_{Fl, max}$ in l/Fl ermitteln [45].

Diese Formel beinhaltet eine schalltechnisch günstige Aufstellung für das Abfüllen von Glasbehältern und gilt für den Naßteil einschließlich der Ein- und Auspackmaschinen:

$$A \text{ [m}^2\text{]} = k \cdot Q_{nA} \cdot V_{Fl, max} \quad (5.70)$$

k : Faktor für die Aufstellungsdichte der Anlage, liegt im Bereich zwischen 0,04 und $0,07 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{h}}{1}$; ohne weitere Vorgaben kann mit $0,05 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{h}}{1}$ gerechnet werden.

Mit Korrekturwerten gemäß Tabelle 5.9. kann man den Flächenbedarf für den gesamten Abfüllkomplex einschließlich der zugehörigen Nebenräume, wie z. B. Lagerräumen für Packhilfsmittel und Sozialräume, in erster Näherung ermitteln.

Tab. 5.9. Korrekturwerte zum Flächenbedarf gemäß Formel (5.70) [4, 40]

Sonderausstattungen, Zusatzeinrichtungen	Korrekturwerte zu Formel (5.70)	
	in m ²	in %
Palettieranlage		+ 30 %
Mech. Block Inspektor ↔ Füller oder Füller ↔ Etikettiermaschine		-5 %
Mech. Block Inspektor ↔ Füller ↔ Etikettierer		-10 %
Tunnelpasteur mit zugehörigem Flaschentransport	+ 200 m ²	
Integrierte Sortierung ohne Sortierpacker		+ 6–11 %
Integrierte Sortierung mit Sortierpacker		+ 15–20 %
Eigenständige Sortieranlage	+ 650–1.000 m ²	
Nebenräume		+ 12–15 %

Sind zum Planungszeitpunkt noch keine genauen Angaben zur Flaschenabfüllung verfügbar, kann mit einer anhand von Brauereilayouts empirisch ermittelten Formel in Abschnitt 8.1 der Flächenbedarf durch alleinige Vorgabe des Jahresausstoßes in vereinfachter Form ermittelt werden.

5.11 Keg-Abfüllung

Während auf dem Flaschen- und Dosenbiermarkt eine stetige Zunahme der Gebindevielfalt zu verzeichnen ist, hat sich im Bereich der Faßabfüllung das zylindrische Faß, das sogenannte Keg weltweit in weitgehend vereinheitlichter Form durchgesetzt. Dadurch konnten die Keg-Abfüllanlagen standardisiert und vollautomatisiert werden. Hinsichtlich der Konstruktion haben sich zwei Anlagentypen entwickelt, die Linienanlagen und die Rundläuferanlagen.

Bei Linienanlagen laufen die einzelnen Verfahrensschritte wie Außenreinigung, Vorreinigen, Hauptreinigen und Befüllen nacheinander auf verschiedenen Stationen einer Funktionseinheit, z. B. der Hauptreinigungs- und Füllstraße, ab. Dabei werden die Kegs in einem bestimmten

Zeitrhythmus über Hubbalken- oder Kettentransporteur von einer zur nächsten Behandlungsstation gefördert.

In Rundläuferanlagen werden die Kegs, ähnlich wie beim Flaschenfüllen, auf festen Positionen innerhalb eines rotierenden Medienverteilers den einzelnen Behandlungsschritten unterzogen.

Die Anlagenkapazität wird auch hier durch die Nennausbringung des oder der Abfüllmaschinen innerhalb einer Anlage bestimmt. Bei den Linienanlagen liegt diese aufgrund technologischer Randbedingungen bei etwa 65 Keg/h je Hauptreinigungs- und Füllstraße; diese Anlagen zeichnen sich durch einen modularen Aufbau mit Erweiterungsschritten von jeweils 65 Keg/h aus.

Bei Rundläuferanlagen ist die Anlagenennenausbringung neben den technologischen Vorgaben durch den Aggregatsdurchmesser bzw. den darauf unterzubringenden Behandlungsstationen festgelegt, eine baukastenförmige Erweiterung ist bei diesen Anlagen nicht möglich. Sie kommen daher bevorzugt in größeren Betrieben ab einer erforderlichen Nennausbringung von etwa 500 Keg/h zum Einsatz und haben hier den Vorteil des niedrigeren Platzbedarfs.

Die benötigte Anlagenennenausbringung Q_{nA} in Keg/h ergibt sich in Anlehnung an Formel (5.69) zu:

$$Q_{nA} \left[\frac{\text{Keg}}{\text{h}} \right] = \frac{KB_a \cdot 100 \frac{\text{l}}{\text{hl}} \cdot f_{Sp}}{t_{mo} \cdot t_{wo} \cdot t_d \cdot \bar{V}_{Keg} \cdot j_A} \quad (5.71)$$

KB_a : Jahresabfüllmenge Kegbier in hl

\bar{V}_{Keg} : Durchschnittlicher Keginhalt in l/Keg

Der durchschnittliche Keginhalt \bar{V}_{Keg} errechnet sich analog zu Gleichung (5.64), die angesprochene Vereinheitlichung der Gebinde und der hohe Automationsgrad von Keganlagen ermöglichen einen Ausnutzungsgrad φ_A von üblicherweise 80 bis 85 %.

6 Betriebstechnik

Für das Betreiben der oben beschriebenen Produktions- und Abfüllanlagen sind Einrichtungen für das Erzeugen von

- Prozeßwärme aus Primärenergie,
- Druckluft und
- Kälte

unabdingbar. In den meisten Fällen sind auch Vorrichtungen für das

- Aufbereiten von Wasser mit zugehörigen Wasserreserven,
- Behandeln des Abwassers sowie
- Lagern und Rückgewinnen von Kohlendioxid

vorzusehen.

Grundlage für sämtliche Betriebsabteilungen ist das Bereitstellen von

- elektrischer Leistung und
- elektrischer Energie.

Diese hier aufgeführten Nebeneinrichtungen werden auch unter dem Begriff Betriebstechnik zusammengefaßt. Das Auslegen dieser Anlagen ist oft erst nach der Definition verschiedener technologischer Grunddaten sinnvoll. Für den Fall, daß diese Daten nicht verfügbar sind, werden zusätzlich zu den ausführlichen Ermittlungen überschlägige Kennzahlen für eine Grobdimensionierung vorgestellt.

6.1 Wärme

Der überwiegende Anteil der in Brauereien benötigten Wärmeenergie ist in Form von Prozeßwärme, also zum Aufheizen von Produktionschargen und Hilfsmedien in Wärmetauscherkreisläufen, bereitzustellen. Nur in Ausnahmefällen, meist sind dies Sterilisationsvorgänge, wird der Wärmeträger direkt mit der produktberührten Seite der Brauereianlagen in Kontakt gebracht.

Als Wärmeträger werden sowohl Satttdampf als auch Hochdruck-Heißwasser eingesetzt. Das Festlegen auf das geeignete Medium und eine Entscheidung über den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen müssen im Rahmen einer Detailplanung erfolgen. An dieser Stelle wird daher nur die erforderliche Wärmeleistung bei Einsatz von bewährten Techniken zur Wärmerückgewinnung behandelt. Dazu werden zunächst die Nutzwärmeleistungen an den einzelnen Verbrauchern bestimmt, im Anschluß daran wird auf die erforderliche Brennstoffleistung in der Wärmeversorgungsanlage hochgerechnet.

Als Spitzenverbraucher sind im Sudhaus die Verfahrensschritte

- Aufheizen der Gesamtmaische,
- Aufheizen der Läuterwürze sowie das
- Würzekochen

anzusehen. Weitere Wärmeverbraucher werden anhand von spezifischen Kennzahlen bewertet.

6.1.1 Sudhaus

Das *Aufheizen der Gesamtmaische* hat im Rahmen des Maischprogramms in einem definierten Zeitrahmen zu erfolgen.

Die erforderliche Nutzwärmeleistung \dot{Q}_{MPf} in kW am Verbraucher berechnet sich zu

$$\dot{Q}_{MPf} \text{ [kW]} = \frac{GM \cdot r_M \cdot c_M \cdot \dot{K} \cdot 100 \frac{1}{hl}}{60 \frac{s}{min} \cdot h_{MPf}} \quad (6.1)$$

GM: Gesamtmaische in hl

$r_{M, 75^\circ}$: Dichte der Maische in kg/l in Abhängigkeit der gewünschten Vorderwürzekonzentration, s. Formel (4.3)

$c_{M, 75^\circ C}$: Spez. Wärmekapazität der Maische in kJ/(kg * K) in Abhängigkeit der gewünschten Vorderwürzekonzentration, s. Formel (4.4)

\dot{K} : Aufheizrate in K/min

η_{MPf} : Wärmetauscher-Wirkungsgrad beim Maischeaufheizen

Die DIN 8777 gibt als Richtwert für die Aufheizrate 0,5–1,0 K/min bei der Gesamtmaische und 1,5–2,0 K/min für Teilmaischen an [19].

Das *Läuterwürzeerhitzen* bedingt in der Regel den größten Bedarf an Heizleistung \dot{Q}_{LWE} , da hier die gesamte Pfanne-voll-Würzmenge PfvW in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum t_{LWE} um eine vergleichsweise hohe Temperaturdifferenz Δ_{LWE} erhitzt werden muß:

$$\dot{Q}_{LWE} [\text{kW}] = \frac{\text{PfvW} \cdot \bar{r}_{LWE} \cdot \bar{c}_{LWE} \cdot \Delta_{LWE} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}}{t_{LWE} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} \cdot h_{LWE}} \quad (6.2)$$

PfvW: Pfanne-voll-Würzmenge = Läuterwürzmenge in hl

ΔT_{LWE} : Temperaturdifferenz zwischen der Läuterwürze vor dem Erhitzen $T_{LWE 1}$ und nach dem Erhitzen $T_{LWE 2}$ in K

\bar{r}_{LWE} : Mittlere Dichte der Läuterwürze in kg/l zwischen $T_{LWE 1}$ und $T_{LWE 2}$ in Abhängigkeit des Stammwürzegehalts der Ausschlagwürze, s. Formeln (4.6), (4.7)

\bar{c}_{LWE} : Mittlere spez. Wärmekapazität der Läuterwürze in kJ/(kg * K) zwischen $T_{LWE 1}$ und $T_{LWE 2}$ in Abhängigkeit des Stammwürzegehalts der Ausschlagwürze, s. Formeln (4.8)–(4.10)

t_{LWE} : Dauer des Läuterwürzeerhitzens in min

η_{LWE} : Wärmetauscher-Wirkungsgrad beim Läuterwürzeerhitzen

Beim *Würzekochen* sind die Gesamtverdampfung GV sowie die zur Verfügung stehende Zeit t_{WK} die ausschlaggebenden Faktoren für die erforderliche Heizleistung \dot{Q}_{WK} :

$$\dot{Q}_{WK} [\text{kW}] = \frac{\text{GV} \cdot r_{\text{H}_2\text{O}, \text{WK}} \cdot r_{\text{H}_2\text{O}, \text{WK}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}}}{t_{\text{WK}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} \cdot h_{\text{WK}}} \quad (6.3)$$

$r_{\text{H}_2\text{O}, \text{WK}}$: Dichte von Wasser in kg/l bei Kochtemperatur, s. Formel 3.1

$r_{\text{H}_2\text{O}, \text{WK}}$: Spez. Verdampfungsenthalpie von Wasser in kJ/kg bei Kochtemperatur, s. Formel (4.13)

t_{WK} : Würzekochzeit in min

η_{WK} : Wärmetauscher-Wirkungsgrad beim Würzekochen

6.1.2 Abfüllanlagen

Für ein Abschätzen des Wärmeleistungsbedarfs in den Abfüllanlagen können folgende, von den Anlagennennleistungen abgeleitete Kennwerte herangezogen werden [5]:

Tabelle 6.1. Spez. Heizleistungen im Abfüllbereich

Verfahrensschritt	Spez. Heizleistung
Flaschenabfüllung, Aufheizen der Flaschenreinigungsmaschine	20–25 kW/(1.000 Fl/h)
Flaschenabfüllung, Kurzzeiterhitzer	3 kW/(1.000 Fl/h)
Flaschenabfüllung, Tunnelpasteur im lfd. Betrieb	25 kW/(1.000 Fl/h)
Dosenabfüllung, Tunnelpasteur	15 kW/(1.000 D/h)
Kegabfüllung, komplett einschl. Kurzzeiterhitzung	1,2 kW/(Keg/h)

Die oben aufgeführten Daten verstehen sich als Nutzwärmeleistungen unter Einbezug der jeweiligen Wärmetauscher-Wirkungsgrade.

6.1.3 Sonstige Verbraucher, Gleichzeitigkeit

Nach Addition der bisher ermittelten Werte sind für weitere Verbraucher überschlagsmäßig folgende Zuschläge zu berücksichtigen [5]:

Tabelle 6.2. Zuschläge zur Gesamt-Nutzwärmeleistung

Verbraucher	Zuschlag
Sterilisationsvorgänge	+ 5 %
Betriebsheizungen	+ 10 %
Raumklimatisierung	+ 15 %
Kondensatverluste	+ 10 %
Sicherheitszuschlag	+ 25–50 %

Beim Festlegen der Anlagenwärmeleistung ist zu berücksichtigen, daß im Normalfall nicht alle Wärmeverbraucher gleichzeitig in Betrieb sind. Je kleiner eine Produktionsstätte ist, desto besser können die einzelnen Verbrauchsspitzen aufeinander abgestimmt und somit ein unnötiges Überdimensionieren der Kesselanlage vermieden werden.

Im Extremfall können die Hauptwärmeverbraucher Sudhaus und Abfüllanlagen zeitlich vollkommen voneinander getrennt werden. Für mittelgroße Betriebe kann ein Gleichzeitigkeitsfaktor von etwa 75 % angenommen werden, in Großbetrieben ist jedoch von 100 % auszugehen.

Die Frage der Absicherung der Wärmeversorgung bei Ausfall einer Versorgungseinheit kann nicht objektiv geklärt werden. Gerade in kleineren Betrieben ist eine (teil-)redundante Anlage mit verhältnismäßig hohen Investitionskosten verbunden. Bei größeren Systemen, die ohnehin aus mehreren Kesseln bestehen, fällt eine Überdimensionierung in Form eines Reservekessels dagegen anteilmäßig nicht so sehr ins Gewicht.

6.1.4 Brennstoffleistung, Brennstoffversorgung

Neben der Nutzwärmeleistung \dot{Q}_{Nutz} der Kesselanlage ist die Brennstoffleistung $\dot{Q}_{\text{Brennstoff}}$, d. h. die Versorgung der Anlage mit Primärenergieträgern, eine Kenngröße, die bereits im Vorfeld einer Neubauplanung näherungsweise bekannt sein sollte.

Das gesamte innerbetriebliche Versorgungssystem ist mit Wärmeverlusten behaftet, die sich in etwa folgendermaßen beziffern:

Tabelle 6.3. Verluste im Wärmeversorgungssystem [46]

Ursache	Wärmeverlust
Rauchgasverluste	8–10 %
Abstrahlverluste	1–3 %
Teillastbetrieb, Eigenbedarf, Abschlämmen	6–10 %

Die Summe aller Verluste drückt sich im Wirkungsgrad der Gesamtanlage η_{Gesamt} aus, der wie folgt festgelegt ist:

$$h_{\text{Gesamt}} = 100 \% - \Sigma \text{Verluste} \quad (6.4)$$

Gut ausgelastete Anlagen weisen einen Jahresanlagenwirkungsgrad von 80–84 % aus, bei geringerer Auslastung sinken die Werte unter 80 %.

Die Brennstoffleistung beträgt dann:

$$\dot{Q}_{\text{Brennstoff}} \text{ [kW]} = \frac{\dot{Q}_{\text{Nutz}}}{h_{\text{Gesamt}}} \quad (6.5)$$

Da in herkömmlichen Kesselanlagen nur der untere Heizwert H_U , d. h. die bei vollständiger Verbrennung freiwerdende Wärme ohne Kondensation des in den Rauchgasen vorhandenen Wasserdampfs, der eingesetzten fossilen Brennstoffe genutzt werden kann, ist dies beim Berechnen des Brennstoffverbrauchs, also den Anschlußwerten, zu berücksichtigen.

6.2 Kälte

Die Kälteanlage als einer der größten Stromverbraucher der Brauerei ist im Hinblick auf die zu installierende Kälteleistung besonders sorgfältig zu dimensionieren. Als Anhaltspunkt für eine Grobabschätzung kann die spez. installierte Kälteleistung in Höhe von 1,5–4 kW/1.000 hl VB [27, 47] dienen. In der Praxis anzutreffende Anlagen können diese Werte weit übersteigen, da die Kälteversorgung oft überdimensioniert ist.

Zudem ist es in gewachsenen Betrieben meist schwierig, den geeigneten Bezugswert zu finden, da der aktuelle Jahresausstoß in den seltensten Fällen die Kapazität einer Brauerei widerspiegelt und diese in den einzelnen Abteilungen unterschiedlich groß sein kann.

Für ein genaueres Auslegen einer Neuanlage sind daher die Kälteverbraucher getrennt zu betrachten. Aus der Summe der Einzelverbräuche wird dann der höchste tägliche Kältebedarf in kWh ermittelt. Diese Wärmemenge ist von der Kälteanlage bei einer täglichen Kompressorenlaufzeit von etwa 16 h abzuführen, woraus sich die Kälteleistung in kW ergibt. Die Beschränkung der Laufzeit auf 16 h/d stellt einen Kompromiß zwischen möglichst niedriger elektrischer Anschlußleistung und Abdecken der Kältebedarfsspitzen in der Brauerei dar und beinhaltet eine gewisse Reserve für Betriebserweiterungen [48].

Der größte Bedarf an Kälteenergie und -leistung fällt beim Würzekühlen und während des Gär- und Reifeprozesses beim Abkühlen der Tankinhalte an und ist stark technologieabhängig. Es sind daher einige Vorgaben zu machen, ohne die eine detaillierte Betrachtung nicht sinnvoll ist.

6.2.1 Würzekühlen

Ausgehend von einem einstufigen Würzekühler errechnet sich der Kältebedarf $Q_{\text{BW, Kühlen}}$ für das Kühlen des Brauwassers folgendermaßen:

$$Q_{\text{BW, Kühlen}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{Sud}} \right] = \frac{V_{\text{BW, Kühlen}} \cdot \bar{r}_{\text{BW, Kühlen}} \cdot \bar{c}_{\text{BW, Kühlen}} \cdot \Delta T_{\text{BW, Kühlen}}}{h_{\text{BWK}}} \quad (6.6)$$

- $V_{\text{BW, Kühlen}}$: Volumen des zu kühlenden Brauwassers in hl/Sud
- $\Delta T_{\text{BW, Kühlen}}$: Temperaturdifferenz $T_1 - T_2$ in K, wobei $T_1 =$ vor Brauwasserkühler und $T_2 =$ nach Brauwasserkühler
- $\bar{r}_{\text{BW, Kühlen}}$: Mittlere Dichte von Wasser zwischen T_1 und T_2 in kg/l
- $\bar{c}_{\text{BW, Kühlen}}$: Mittlere spezifische Wärmekapazität von Wasser zwischen T_1 und T_2 in kJ/(kg · K)
- η_{BWK} : Wirkungsgrad Brauwasserkühler

Das Volumen des zu kühlenden Brauwassers $V_{\text{BW, Kühlen}}$ ist gleichzusetzen mit der beim Würzekühlen zu erwärmenden Brauwassermenge $V_{\text{BW, Erw.}}$ und ergibt sich aus Gleichung (6.7):

$$V_{\text{BW, Erw.}} \left[\frac{\text{hl}}{\text{Sud}} \right] = \frac{AW_{\text{heiß}} \cdot \Delta T_{\text{AW}} \cdot \bar{r}_{\text{AW}} \cdot \bar{c}_{\text{AW}}}{\Delta T_{\text{BW, Erw.}} \cdot \bar{r}_{\text{BW, Erw.}} \cdot \bar{c}_{\text{BW, Erw.}} \cdot h_{\text{WK}}} \quad (6.7)$$

- $AW_{\text{heiß}}$: Heiße Ausschlagwürzmenge in hl/Sud
- ΔT_{AW} : Temperaturdifferenz $T_{3'} - T_{4'}$ der Ausschlagwürze in K, wobei $T_{3'} =$ Würzekühlereintritt und $T_{4'} =$ Würzekühleraustritt
- \bar{r}_{AW} : Mittlere Dichte der Würze zwischen $T_{3'}$ und $T_{4'}$ in kg/l
- \bar{c}_{AW} : Mittlere spez. Wärmekapazität zwischen $T_{3'}$ und $T_{4'}$ in kJ/(kg · K)
- $\Delta T_{\text{BW, Erw.}}$: Temperaturdifferenz $T_4 - T_3$ des Brauwassers in K, wobei $T_3 =$ Würzekühlereintritt und $T_4 =$ Würzekühleraustritt
- $\bar{r}_{\text{BW, Erw.}}$: Mittlere Dichte von Wasser zwischen T_3 und T_4 in kg/l
- $\bar{c}_{\text{BW, Erw.}}$: Mittlere spezifische Wärmekapazität von Wasser zwischen T_3 und T_4 in kJ/(kg · K)

η_{WK} : Wirkungsgrad des Würzekühlers

Der Brauwasserkühler soll, entgegen der oben gestellten Forderung für die zentrale Kälteanlage, nicht auf eine Laufzeit von 16 h/d, sondern aufgrund des in regelmäßigen Abständen und in definierter Größe anfallenden Kältebedarfs auf ganztägigen Betrieb ausgelegt werden. Damit wird der elektrische Leistungsbedarf gesenkt und das Fassungsvermögen des Tanks für das gekühlte Brauwasser kann verhältnismäßig klein gehalten werden. Das Brauwasser für einen Sud muß daher in der Zeit zwischen 2 aufeinanderfolgenden Suden t_{SF} bereitgestellt werden, zur Reserve wird diese um eine Stunde verkürzt.

Die erforderliche Kälteleistung \dot{Q}_{BWK} für die Brauwasserkühlung beträgt dann:

$$\dot{Q}_{\text{BWK}} \text{ [kW]} = \frac{Q_{\text{BW, Kühlen}}}{(t_{\text{SF}} - 1 \text{ h}) \cdot 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \quad (6.8)$$

6.2.2 Gären/Reifen

Für die nachfolgenden Betrachtungen wird von einem 2-Tank-Verfahren in isolierten ZKTs ausgegangen, wie es in vielen Brauereien in Deutschland zu finden ist. Die Aufgabe der Kälteanlage besteht in diesem Produktionsabschnitt zum einen im Abführen von Gärungswärme $Q_{\text{Gär}}$, die beim Extraktabbau durch die Hefe frei wird, und zum anderen im Abkühlen des Jungbieres $Q_{\text{Abk., JB}}$ auf festzulegende Temperaturniveaus.

Da sich diese Anforderungen überlagern und im Laufe des Gär- und Reifeprozesses verändern, wird dieser in 4 Phasen aufgeteilt, die sich wie folgt charakterisieren lassen:

- Angärphase:
Beginnender Extraktabbau $\Delta E_{\text{Angär}}$ in Masse-% von E_1 auf E_2 und Temperaturänderung von Anstelltemperatur T_1 auf T_2 in K; Dauer $t_{\text{Angär}}$ in h.
- Hauptgärphase:
Extraktabbau $\Delta E_{\text{Hauptgär}}$ in Masse-% von E_2 auf E_3 und Temperaturänderung $\Delta T_{\text{Hauptgär}}$ von T_2 auf T_3 in K; Dauer $t_{\text{Hauptgär}}$ in h.
- Endgärphase:
Extraktabbau $\Delta E_{\text{Endgär}}$ in Masse-% von E_3 auf den gewünschten Gärkeller-Restextrakt E_4 und Temperaturänderung $\Delta T_{\text{Endgär}}$ von T_3 auf Schlauchtemperatur T_4 in K; Dauer $t_{\text{Endgär}}$ in h.

- Reifephase:

Extraktabbau ΔE_{Reife} in Masse-% von E_4 auf den gewünschten Ausstoß-Restextrakt E_5 und Temperaturänderung ΔT_{Reife} von Lagertemperatur T_4 auf Filtrationstemperatur T_5 in K; Dauer t_{Reife} in d.

Die Zeiten $t_{\text{Angär}}$, $t_{\text{Hauptgär}}$ und $t_{\text{Endgär}}$ ergeben in ihrer Summe die Verweilzeit im Gärtank $t_{\text{Gär}}$ in h, t_{Reife} bezeichnet die Lagerzeit in Tagen.

Temperaturänderungen sind bei Erwärmungen mit negativen Vorzeichen zu berücksichtigen. Das bedeutet, daß die hierfür benötigten Wärmemengen nicht abgeführt werden müssen und somit die erforderliche Kälteleistung vermindern.

Da die einzelnen Gärtanks im Laufe von $t_{\text{Gär}}$ und t_{Reife} die oben beschriebenen Phasen unterschiedlichen Kältebedarfs nacheinander durchlaufen und die Zeitpunkte des Anstellsens zeitlich versetzt sind, ist der Tag mit der höchsten Kältelast $Q_{d, \text{max}}$ zu ermitteln. Dies ist im Detail nur grafisch durch ein Überlagerungsdiagramm oder rechnergestützt mit einem Simulationsprogramm zu bewerkstelligen. Für die Berechnung in einem Tabellenkalkulationsprogramm wird folgende Vereinfachung vorgenommen:

Es befindet sich in den Tagen der größten anzunehmenden Kühllast jeweils der Anteil an der Wochenproduktion AW_{wo} in einer bestimmten Gärphase, der dem Anteil der Dauer dieser Phase an der Gesamtgärzeit $t_{\text{Gär}}$ entspricht. Die abzuführende Wärmemenge $Q_{\text{Gär, d}}$ an diesen Tagen errechnet sich zu:

$$Q_{\text{Gär, d}}^* [\text{kJ}] = AW_{\text{wo}} \cdot \left(\frac{(t_{\text{Angär}} \cdot q_{\text{Angär}}) + (t_{\text{Hauptgär}} \cdot q_{\text{Hauptgär}}) + (t_{\text{Endgär}} \cdot q_{\text{Endgär}})}{t_{\text{Gär}}} \right) \quad (6.9)$$

Die Faktoren q_x bezeichnen die spezifische Wärmemenge in kJ/hl, die in den jeweiligen Gärphasen abzuführen sind. Sie setzen sich aus den Anteilen $q_{\Delta T, x}$ und $q_{\Delta E, x}$ zusammen, die weiter unten erläutert werden.

Die in der Reifephase befindliche Menge an Jungbier hängt von der Gesamtreifedauer t_{Reife} in d ab:

$$AW_{\text{Reife}} [\text{hl}] = \frac{AW_{\text{wo}} \cdot t_{\text{Reife}}}{7 \frac{\text{d}}{\text{wo}}} \quad (6.10)$$

Täglich abzuführen ist die Wärmemenge $Q_{\text{Reife}, d}$ in Abhängigkeit der spez. Gesamtwarmenenergie während des Reifens q_{Reife} in kJ/hl und der Reifedauer in d:

$$Q_{\text{Reife}, d} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{d}} \right] = \frac{AW_{\text{Reife}} \cdot q_{\text{Reife}}}{t_{\text{Reife}}} \quad (6.11)$$

Faßt man die Gleichungen (6.10) und (6.11) zusammen, so ergibt sich:

$$Q_{\text{Reife}, d} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{d}} \right] = \frac{AW_{\text{wo}} \cdot q_{\text{Reife}}}{7 \frac{d}{\text{wo}}} \quad (6.12)$$

Die maximale tägliche Kühllast $Q_{d, \text{max}}$ in kJ/d ergibt sich aus der Summe

$$Q_{d, \text{max}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{d}} \right] = Q_{d, \text{Gär}} + Q_{d, \text{Reife}} \quad (6.13)$$

Die erforderliche Kühlleistung $\dot{Q}_{\text{Gären/Reifen}}$ in kW ist der Quotient aus der maximalen täglichen Kühllast $Q_{d, \text{max}}$ in kJ/d und der Kompressorlaufzeit $t_{\text{Kompressor}}$ in h/d, umgerechnet in s/d:

$$\dot{Q}_{\text{Gären/Reifen}} \left[\text{kW} \right] = \frac{Q_{d, \text{max}}}{t_{\text{Kompressor}} \cdot 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \quad (6.14)$$

Es sind noch die spezifischen abzuführenden Wärmemengen q in kJ/hl AW für die drei Garphasen und die Reifephase zu bestimmen. Der Rechengang ist für die drei Garstadien grundsätzlich gleich und wird daher beispielhaft anhand der Hauptgarphase vollzogen:

Die einer Temperaturänderung $\Delta T_{\text{Hauptgär}}$ entsprechende Wärmemenge $q_{\Delta T, \text{Hauptgär}}$ in kJ/hl beträgt:

$$q_{\Delta T, \text{Hauptgär}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \bar{r}_{\text{AW, Hauptgär}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}} \cdot \bar{c}_{\text{AW, Hauptgär}} \cdot \Delta T_{\text{Hauptgär}} \quad (6.15)$$

$\Delta T_{\text{Hauptgär}}$: Temperaturdifferenz $T_2 - T_3$ in K

$\bar{r}_{\text{AW, Hauptgär}}$: Mittlere Dichte der gärenden Würze zwischen T_2 und T_3 in kg/l

$\bar{c}_{\text{AW, Hauptgär}}$: Mittlere spezifische Wärmekapazität der Würze zwischen T_2 und T_3 in kJ/(kg · K)

Beim Extraktabbau durch die Hefe während der Gärung werden pro kg vergorenem Extrakt etwa 586 kJ Warmenenergie freigesetzt [49], die abzuführende Wärmemenge $q_{\Delta E, \text{Hauptgär}}$ in kJ/hl beläuft sich damit auf

$$q_{\Delta E, \text{Hauptgär}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \Delta E_{\text{Hauptgär}} \cdot \bar{r}_{\text{AW, Hauptgär}} \cdot 100 \frac{1}{\text{hl}} \cdot 586 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (6.16)$$

$\Delta E_{\text{Hauptgär}}$: Extraktabbau $E_2 - E_3$ in kg/kg

$\bar{r}_{\text{AW, Hauptgär}}$: Mittlere Dichte der gärenden Würze zwischen T_2 und T_3 in kg/l

Die insgesamt abzuführende Wärmemenge $q_{\text{Hauptgär}}$ in kJ/hl ist

$$q_{\text{Hauptgär}} = q_{\Delta E, \text{Hauptgär}} + q_{\Delta T, \text{Hauptgär}} \quad (6.17)$$

Für die Reifephase ist zusätzlich zur gewünschten Temperaturabsenkung die Abfuhr der von der Umgebung aufgenommenen Wärmeenergie zu berücksichtigen. Diese kann eine Temperaturerhöhung $\Delta T_{\text{Umgebung}}$ des Tankinhalts von bis zu 1 K/d verursachen. Gleichung (6.14) wird daher für die Reifephase erweitert:

$$q_{\Delta T, \text{ Reife}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{hl}} \right] = \bar{r}_{\text{AW, Reife}} \cdot 100 \frac{\text{hl}}{\text{hl}} \cdot \bar{c}_{\text{AW, Reife}} \cdot \left(\Delta T_{\text{Reife}} + \Delta T_{\text{Umgebung}} \cdot t_{\text{Reife}} \right) \quad (6.18)$$

$\Delta T_{\text{Umgebung}}$: Temperaturerhöhung durch Wärmeeinstrahlung in K/d

6.2.3 Sonstige Verbraucher und Zuschläge

Die Leistungen für externe Jungbier- und Bierkühler sowie Wasserkühler für entgastes Wasser beim Brauen mit hoher Stammwürze sind analog zum Brauwasserkühler gemäß Gleichung (6.6) zu berechnen, wobei hier die entsprechenden Stoffwerte, Temperaturen und Kühlzeiten einzusetzen sind.

Weitere Kälteverbraucher sind Kurzzeiterhitzungsanlagen (bei kalter Abfüllung), Raumkühlungen und Klimaanlage. Unterstein gibt hierfür spezifische Verbrauchswerte q_x in kJ/hl VB an [4]:

- KZE: 2.100 kJ/hl VB
- Raumkühlung: 8.500 kJ/hl VB
- Klimaanlage: 420 kJ/hl VB

Diese Verbrauchswerte können wie folgt in Leistungsangaben \dot{Q}_x umgewandelt werden:

$$\dot{Q}_x \text{ [kW]} = \frac{\text{VB}_a \cdot q_x \cdot f_{\text{Sp}}}{t_{\text{mo}} \cdot t_{\text{wo}} \cdot t_{\text{Kompressor}} \cdot 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \quad (6.19)$$

Die ermittelten Teilleistungen der Kälteanlage stellen jeweils den Netto-Bedarf am Verbraucher dar. Für die Gesamtleistung \dot{Q}_{Brutto} der Kältekompressoren ist ein Zuschlag f_{Verluste} in Prozent der Netto-Anlagenleistung für Verluste in Leitungen, Behältern und Wärmetauschern einzukalkulieren, evtl. ist eine Reserve f_{Reserve} in Prozent der Gesamtleistung für Erweiterungen einzuplanen:

$$\dot{Q}_{\text{Brutto}} [\text{kW}] = (\dot{Q}_{\text{BWK}} + \dot{Q}_{\text{Gären/Lager}} + \sum \dot{Q}_x) \cdot \frac{100 \% + f_{\text{Verluste}} + f_{\text{Reserve}}}{100 \%} \quad (6.20)$$

6.3 Kohlendioxid

Der spezifische Bedarf an Kohlendioxid für das Herstellen und Abfüllen von Bier liegt bei konsequentem Einhalten einer möglichst sauerstoffarmen Arbeitsweise im Mittel bei 1,7 kg/hl VB [5, 27]. Eine Anlage zum Rückgewinnen, Verflüssigen und Wiederverwenden der freiwerdenden Gärungskohlensäure ist nach dem maximalen CO_2 -Anfall in kg/h auszulegen [50].

6.3.1 Kapazität der Rückgewinnungsanlage

Die maximale, stündlich rückgewinnbare Menge an Gärungskohlensäure $\dot{M}_{\text{CO}_2, \text{max}}$ ist, ähnlich wie der maximale Bedarf an Kälteleistung beim Gären, exakt nur mittels grafischer Lösung oder eines Simulationsprogramms zu bestimmen. Eine einfachere und in der Praxis bewährte, überschlägige Berechnung liefert ebenfalls zuverlässige Ergebnisse für die Kapazität $\dot{M}_{\text{Rück}}$ einer Rückgewinnungsanlage in kg/h [50]:

$$\dot{M}_{\text{Rück}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] = \frac{AW_{\text{kalt,S}} \cdot m_{\text{CO}_2} \cdot 1,25}{t_{\text{SF}}} \quad (6.21)$$

m_{CO_2} : spez. Kohlensäureanfall in kg/hl AW_{kalt}

t_{SF} : Sudfolge in h

Der spezifische Kohlensäureanfall m_{CO_2} beträgt in Abhängigkeit des Stammwürzegehaltes P in % überschlägig [50]:

$$m_{\text{CO}_2} \left[\frac{\text{kg}}{\text{hl}} \right] = 2,5 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{hl AW}} + (P - 12 \%) \cdot 0,35 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{hl AW}} \quad (6.20)$$

6.3.2 Kohlendioxid-Flüssigspeicher

Der Inhalt des Kohlendioxid-Flüssigspeichers $V_{\text{CO}_2, \text{fl.}}$ läßt sich durch folgende Faustformel ermitteln [50]:

$$V_{\text{CO}_2, \text{fl.}} [\text{kg}] = 100 \text{ h} \cdot \dot{M}_{\text{Rück}} \quad (6.21)$$

Diese Formel berücksichtigt den Umstand, daß der maximale Kohlendioxidanfall üblicherweise in die Zeit des minimalen CO_2 -Bedarfs, nämlich das Wochenende, fällt und daß der Speicher zu Beginn des Wochenendes noch zu 20-30 % gefüllt ist.

Mit der Dichte des flüssigen Kohlendioxids $\rho_{\text{CO}_2, \text{fl.}}$ von rd. $0,95 \text{ kg/dm}^3$ läßt sich das erforderliche Tankvolumen festlegen.

6.4 Wasser

Der spezifische Gesamtwasserbedarf w_{Gesamt} in modernen Brauereien liegt zwischen 3,5 und 4,5 hl je hl Verkaufsbier, Minimalwerte liegen bei 3,0 hl/hl VB [27]. Wasser wird zum einen als Rohstoff für das Herstellen von Bier- und Erfrischungsgetränken benötigt, zum anderen dient es als Reinigungsmedium in sämtlichen Produktionsabschnitten. Der spez. Brauwasserbedarf w_{BrauW} kann mit 1,2–1,5 hl/hl VB angenommen werden.

Die unterschiedlichen Verwendungszwecke stellen unterschiedliche Ansprüche an die Wasserqualität und machen daher in den meisten Fällen ein Unterscheiden in Brauwasser als Rohstoff und Betriebswasser als Hilfsstoff erforderlich. Beide Wasserqualitäten müssen jederzeit in ausreichender Menge verfügbar sein und erfordern entsprechende Versorgungsanschlüsse und Speichertanks, auch Wasserreserven genannt.

6.4.1 Wasserversorgung

Die besonderen Ansprüche an die chemische Zusammensetzung eines Brauwassers in Abhängigkeit der zu produzierenden Biersorten macht es in den überwiegenden Fällen erforderlich, das verfügbare Wasser in geeigneter Form aufzubereiten. Aus wirtschaftlichen Gründen wird meist nur das als Rohstoff dienende Wasser aufbereitet, das Betriebswasser wird vorzugsweise im Rohzustand belassen. Auf die verschiedenen Möglichkeiten und Verfahren der Wasseraufbereitung kann hier nicht eingegangen werden.

Die Gesamt-Wasserversorgung \dot{V}_{GesamtW} in m^3/h in Abhängigkeit des spezifischen Wasserbedarfs w in $\text{hl}/\text{hl VB}$ ist mittels Gleichung (6.22) zu ermitteln:

$$\dot{V}_{\text{GesamtW}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = \frac{\text{VB}_a \cdot w \cdot f_{\text{Sp}}}{t_{\text{mo}} \cdot t_{\text{wo}} \cdot t_d \cdot 10 \frac{\text{hl}}{\text{m}^3}} \quad (6.22)$$

Die täglich zur Verfügung stehende Zeit t_d sollte für die Planung auf 16-20 h/d begrenzt werden, um Reserven für kurzfristige Bedarfsspitzen und Ausstoßsteigerungen zu schaffen. Bei getrennten Bezugsquellen für Brau- und Betriebswasser ist obiger Rechengang jeweils separat durchzuführen.

6.4.2 Wasserreserven

Als Puffer zwischen der Wasserversorgung bzw. der Aufbereitungsanlage und den Verbrauchern sind Wasserreserven in ausreichender Anzahl und Größe zu installieren. Hierbei sind die Wasserqualitäten hinsichtlich Zusammensetzung und Temperatur im Bedarfsfall weiter zu untergliedern in:

- Rohwasser_{kalt},
- Brauwasser_{kalt},
- Brauwasser_{gekühlt},
- Brauwasser_{warm},
- Betriebswasser_{kalt} und
- Betriebswasser_{warm}.

Die Warmwasserreserven wurden bereits in Abschnitt 5.5 ausführlich behandelt.

Der Rohwassertank sollte etwa einen halben Tagesbedarf V_{RohW} in hl , bezogen auf den Gesamt-Wasserverbrauch, aufnehmen können:

$$V_{\text{RohW}} [\text{hl}] = \frac{\text{VB}_a \cdot w_{\text{Gesamt}} \cdot f_{\text{Sp}}}{t_{\text{mo}} \cdot t_{\text{wo}}} \cdot 0,5 \quad (6.23)$$

Das erforderliche Tankvolumen $V_{\text{BrauW, kalt}}$ für ungekühltes Brauwasser_{kalt} wird analog Gleichung (6.23) unter Einbezug des spez. Brauwasserbedarfs w_{BrauW} ermittelt.

Muß das Rohwasser auch für den Einsatz als Betriebswasser aufbereitet werden, so ist eine Betriebswasserreserve mit dem Fassungsvermögen $V_{\text{BetrW, kalt}}$ in hl in Höhe von

$$V_{\text{BetrW, kalt}} [\text{hl}] = V_{\text{RohW}} - V_{\text{BrauW, kalt}} \quad (6.24)$$

zu installieren.

An gekühltem Brauwasser sollte ein Vorrat für 2 Sude zur Verfügung stehen. Die erforderliche Menge für einen Sud wurde bereits in Abschnitt 6.2.1 mittels Gleichung (6.7) festgestellt.

6.5 Druckluft

Druckluft wird in nahezu allen technischen Bereichen einer Brauerei zu unterschiedlichen Zwecken benötigt. Man teilt den Gesamt-Druckluftbedarf entsprechend dem Verwendungszweck ein in:

- Steuerluft zum Antreiben von pneumatisch betätigten Armaturen,
- Arbeitsluft zum Fördern von Treber oder Malz,
- Sterilluft, die mit dem Produkt in Berührung kommen kann und
- Preßluft für die Flaschenabfüllanlage.

Der spez. Bedarf an den einzelnen Druckluftqualitäten schwankt in weiten Bereichen, abhängig von der technischen Ausstattung und der Arbeitsweise eines Betriebes. Verallgemeinernde Daten liegen in diesem Bereich nicht vor; lediglich für den spez. Gesamtluftbedarf kann ein Bereich von 4 bis $10 \frac{\text{m}_n^3}{\text{hl VB}}$ angegeben werden, für die erforderliche spez. Kompressorenleistung sind Werte zwischen $2,0$ und $4,0 \frac{\text{m}_n^3}{(1.000 \text{ hl VB/a})}$ bekannt [5, 27].

6.6 Elektrischer Strom

Bei der Stromversorgung ist in der Planungsphase vor allem der erforderliche Anschlußwert für die elektrische Transformatorenleistung in kVA wichtig, um damit möglichst frühzeitig an das betreffende Energieversorgungsunternehmen herantreten zu können. Der spez. Anschlußwert $p_{\text{el.,Gesamt}}$ beträgt in neu zu errichtenden Betrieben zwischen $2,0$ und $3,0 \frac{\text{kVA}}{(1.000 \text{ hl VB/a})}$ [27].

7 Voll- und Leerguthalle

Die Voll- und Leerguthalle dient als Pufferlager für versandfertiges Vollgut bzw. zur Abfüllung bereitstehendes Leergut. Die kennzeichnende Größe für ein solches Lager ist die erforderliche Anzahl aufzunehmender Paletten. Aus der erforderlichen Palettenzahl können dann je nach Lagersystem die Grundfläche und Höhe des Lagergebäudes abgeleitet werden. An erster Stelle steht also das Ermitteln der gleichzeitig einzulagernden Paletten in Abhängigkeit der gewünschten Bevorratungszeit. Die Bevorratungszeit kann für jeden verkaufsfertigen Artikel unterschiedlich sein und hängt in erster Linie von der Ausbringung der installierten Abfüllanlagen und den täglichen Verkaufsmengen ab.

Für eine genaue Berechnung ist daher das artikelweise Betrachten des Gesamtsortiments erforderlich, für eine Überschlagskalkulation sollten bestimmte Artikelgruppen zusammengefasst werden. Grundsätzlich ist der Rechenweg jedoch gleich und beginnt mit dem Bestimmen der täglichen Verkaufsmenge VB_d in den Spitzenmonaten:

$$VB_d \left[\frac{hl}{d} \right] = \frac{VB_a \cdot f_{Sp}}{f_{mo} \cdot f_{wo}} \quad (7.1)$$

Als nächster Schritt ist die spez. Palettenbeladung VB_{Pal} in hl/Pal zu berechnen, für Flaschenware beispielsweise folgendermaßen:

$$VB_{Pal} \left[\frac{hl}{Pal} \right] = \frac{V_{Fl} \cdot K_{Fl} \cdot L_K \cdot P_L}{100 \frac{l}{hl}} \quad (7.2)$$

V_{Fl} :	Flascheninhalt in l/Fl
K_{Fl} :	Kasteninhalt in Fl/Kasten
L_K :	Lagenbild in Kasten/Lage
P_L :	Stapelhöhe in Lagen/Palette

Aus (7.1) und (7.2) ergibt sich die Tagesmenge an Paletten Pal_d mit verkaufsfertigem Produkt:

$$Pal_d \left[\frac{Pal}{d} \right] = \frac{VB_d}{VB_{Pal}} \quad (7.3)$$

Das nun folgende Festlegen der gewünschten Bevorratungstage ist wiederum artikel- oder gruppenweise durchzuführen und hängt mit der Abfüllplanung zusammen. Dabei entspricht die erforderliche Bevorratungszeit dem Zeitraum in Tagen, der zwischen zwei Abfüllperioden eines Artikels liegt. Bei Artikeln mit großen Anteilen am Gesamtsortiment beträgt sie oft nur einen Tag oder sogar darunter, Randsorten erfordern u. U. Bevorratungszeiten von mehreren Wochen.

Für eine Vorplanung ist es normalerweise ausreichend, die Bevorratungszeiten für Vollgut nach einem festen Schema in Abhängigkeit des anteiligen Jahresausstoßes vb festzulegen, etwa gemäß Tabelle 7.1:

Tab. 7.1. Beispiel für Vollgut-Bevorratungszeiten nach Ausstoßanteilen [27]

Anteil am Gesamtausstoß „vb“ in %	Vollgut-Bevorratungszeit „t _{VG} “
$vb \geq 75 \%$	0,5–1,0 d
$50 \% \leq vb < 75 \%$	1,0–1,5 d
$25 \% \leq vb < 50 \%$	1,5–2,0 d
$10 \% \leq vb < 25 \%$	2,0–5,0 d
$5 \% \leq vb < 10 \%$	5,0–10,0 d
$vb < 5 \%$	$\geq 10,0$ d

Die Bevorratungszeit für Leergut t_{LG} kann durchgängig mit 2 Verkaufstagen angesetzt werden [27], die Gesamtzahl an aufzunehmenden Paletten Pal_{Lager} beträgt:

$$Pal_{Lager} [\text{Paletten}] = \sum_{x=n}^{x=1} [Pal_d \cdot (t_{VG} + t_{LG})]_X, \quad (7.4)$$

wobei „n“ für die Anzahl der betrachteten Artikel/-gruppen steht.

Die erforderliche Lagerfläche wird nun von dem geplanten Lagersystem bestimmt. Den größten Flächenbedarf benötigen Blocklager ohne feste Einbauten, in denen die Paletten mit Gabelstaplern auf dem Hallenboden mehrfach übereinander gestapelt werden.

Für ein solches Blocklager wird der Rechengang nun zu Ende geführt, womit man zumindest in bezug auf die Flächenberechnung "auf der sicheren Seite" ist. Automatisierte Läger kommen mit erheblich weniger Grundfläche aus, sind aber in Brauereibetrieben aufgrund der vergleichsweise hohen Investitionskosten nicht üblich.

Die Paletten-Stapelhöhe St_{Pal} in Paletten/Stapel sowie die Grundfläche der eingesetzten Paletten A_{Pal} bestimmen den Netto-Flächenbedarf der Voll- und Leerguthalle; werden verschiedene Palettentypen (Anzahl = n) parallel verwendet, so ist auch hier wieder getrennt zu rechnen:

$$A_{Lager, netto} [m^2] = \sum_{x=n}^{x=1} \left(\left[\text{Int} \left(\frac{Pal_{Lager}}{St_{Pal}} \right) + 1 \right] \cdot A_{Pal} \right)_x \quad (7.5)$$

Der Netto-Flächenbedarf gibt lediglich den Platzbedarf für das Aufstellen der Palettenstapel an. Für Gabelstapler-Fahrwege ist ein Belegungsfaktor f_{Lager} einzubeziehen, der angibt, welcher Prozentsatz der zur Verfügung stehenden Hallenfläche für reine Palettenbelegung genutzt wird. Erfahrungswerte zeigen, dass f_{Lager} i. d. R. nicht größer als 45 % ist.

Neben den Stapel- und Fahrflächen sind weitere Manipulationsflächen, hauptsächlich für die Leergutsortierung und das Kommissionieren, in die Voll- und Leerguthalle zu integrieren. Ein entsprechender Zuschlag wird mit dem Faktor f_{Man} in Höhe von etwa 10 % berücksichtigt. Die Gesamt-Hallenfläche $A_{Lager, brutto}$ beläuft sich letztendlich auf

$$A_{Lager, brutto} [m^2] = \frac{A_{Lager, netto} \cdot 100 \%}{f_{Lager}} \cdot \frac{100 \% + f_{Man}}{100 \%} \quad (7.6)$$

Das Ermitteln des Flächenbedarf für den gesamten Logistik-Bereich einschließlich Ladezonen, Magazinflächen, Außenlager für Leergut im Winter usw. wird im nachfolgenden Kapitel vorgestellt.

8 Flächenbedarf und Kosten von Brauereineubauten

Ergänzend zu den Auslegungsdaten für einzelnen Brauereiabteilungen werden noch der Flächenbedarf und die Kosten für neu zu errichtende Brauereien behandelt.

8.1 Flächenbedarf

Wichtige Aspekte beim Planen von Industrieanlagen sind neben der Anlagentechnik der Flächenbedarf für die verschiedenen Abteilungen sowie die erforderliche Grundstücksgröße. Für unterschiedliche Brauereigrößen zwischen 25.000 hl VB/a und 4.000.000 hl VB/a wurden die erforderlichen Kapazitäten in der Anlagentechnik und die Logistikflächen mit den in den Kapiteln 5 und 6, und 7 beschriebenen Berechnungsmethoden ermittelt. Darauf aufbauend wurden Layouts angefertigt und die jeweils erforderlichen Einzel- und Gesamtflächen tabellarisch und grafisch dargestellt [51].

Wie in Kapitel 3 ausgeführt, lassen sich die jeweiligen Kurven in Gleichungen der allgemeinen Form

$$A_x \left[\text{m}^2 \right] = a \cdot \text{VB}^b \quad (8.1)$$

überführen.

Die Werte für die Koeffizienten a und b sowie die Genauigkeit der berechneten Daten sind in Tabelle 8.1 zusammengefaßt.

Tabelle 8.1. Funktionsparameter und Fehlerwerte für die Flächenermittlung verschiedener Brauereiabteilungen

Fläche	a	b	Mittlerer rel. Fehler	Max. rel. Fehler
Sudhaus, Malz	1,38	0,51	2,2 %	4,6 %
Hefe, CIP, Filter, Lager	1,50	0,51	5,0 %	8,9 %
Abfüllung, Nebenräume	0,54	0,69	7,3 %	13,2 %
Stapelhalle, Ladestraße, Magazin	3,50	0,57	3,4 %	8,0 %
Zentrale Betriebstechnik	0,77	0,52	4,1 %	7,8 %
Verwaltung, Parkplätze	1,05	0,63	5,7 %	11,3 %
Verkehrsflächen	0,51	0,71	5,2 %	12,4 %
Grünflächen	3,30	0,54	2,4 %	5,3 %
Abstandsflächen	48,00	0,39	1,2 %	2,8 %
Erweiterungsflächen	13,10	0,50	1,3 %	5,7 %
Befestigte Abstellflächen	0,30	0,70	4,4 %	10,1 %
Abwasseraufbereitung	1,00	0,50	2,9 %	6,7 %
Gesamtgrundstück	35	0,555	2,3 %	4,9 %

Als einzige Ausnahme ist der Flächenbedarf für Tankanlagen (Gären, Lager, Drucktanks) zu nennen, da hier eine lineare Zunahme zu verzeichnen ist, die sich jedoch in zwei Abschnitte unterschiedlicher Steigung (VB kleiner bzw. größer 150.000 hl/a) unterteilen läßt:

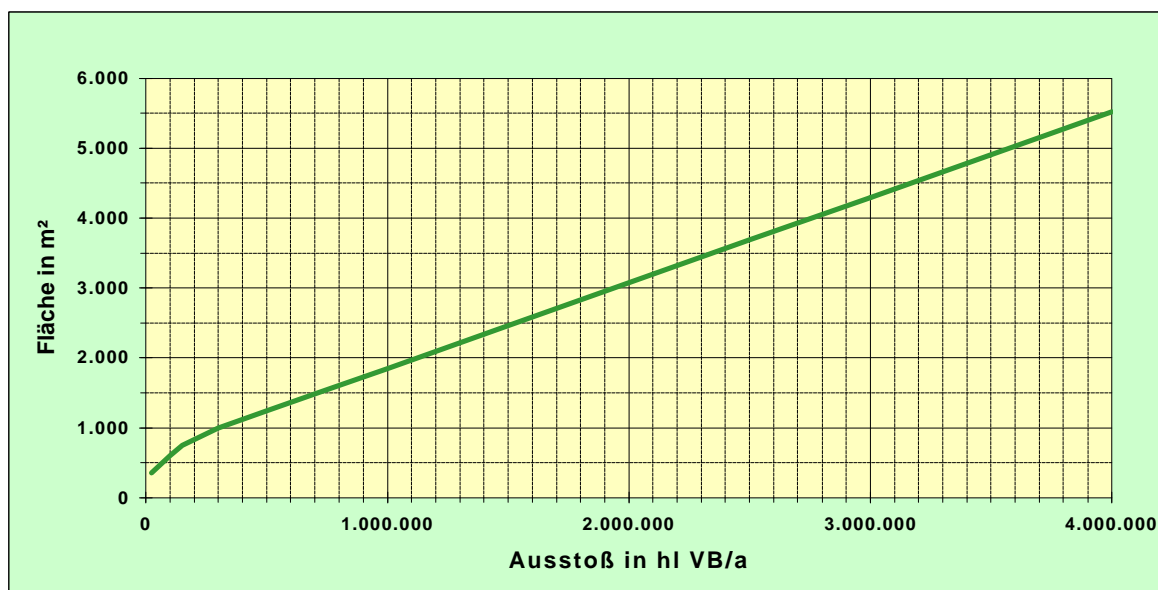


Bild 8.1. Flächenbedarf für Gär-, Lager- und Drucktanks [51]

Die Ursache hierfür liegt darin, daß mit steigender Gesamtkapazität einer Brauerei nicht nur die Volumina der einzelnen Tanks ansteigen, sondern in erster Linie deren Anzahl. Die Funktionsgleichung hat die Form

$$A_{ZKT, DT} [m^2] = a \cdot VB + b \quad (8.2)$$

mit den Parametern aus Tabelle 8.2.

Tabelle 8.2. Parameter für Gleichung (8.2)

VB	25.000 hl/a \leq VB < 150.000 hl/a	150.000 hl/a \leq VB \leq 4.000.000 hl/a
a	0,0032	0,00122
b	270	635

Die Genauigkeit der Berechnungen geht aus Tabelle 8.3. hervor.

Tabelle 8.3. Fehlerangaben für Gleichung (8.2)

Absoluter Fehler		Relativer Fehler	
Im Mittel	maximal	im Mittel	maximal
2 m ²	10 m ²	0,2 %	1,7 %

Die Fehler aller per Näherungsgleichung ermittelten Werte liegen innerhalb der Genauigkeit der erstellten Layouts, somit können die gefundenen Formeln für ein überschlägiges Berechnen des Flächenbedarfs in einem Planungsprogramm eingesetzt werden.

Die Entwicklung des Gesamtflächenbedarfs ist beispielhaft in Bild 8.2. dargestellt.

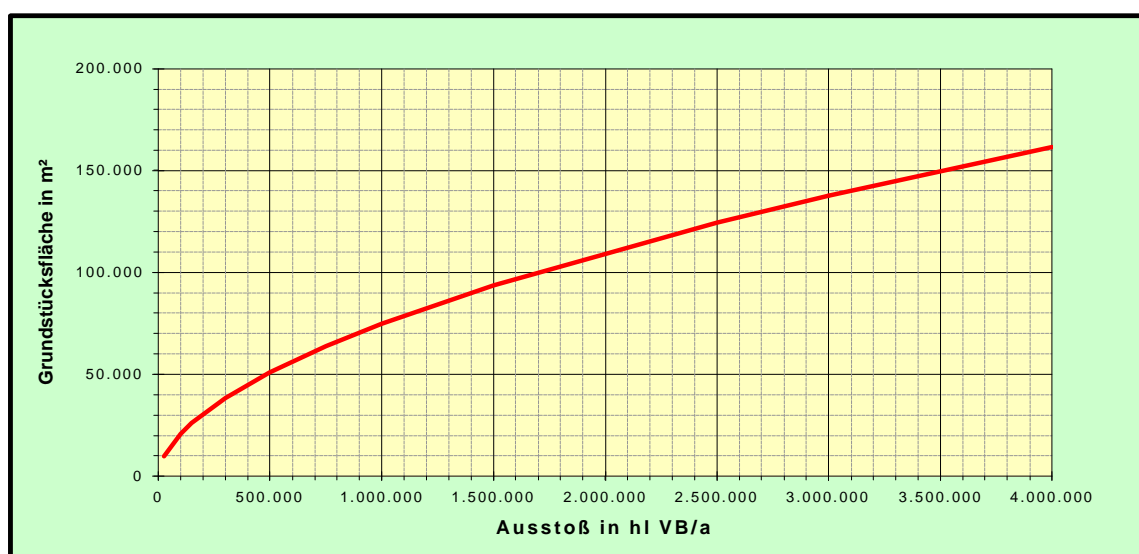


Bild 8.2. Erforderliche Grundstücksgröße für Brauereineubauten [51]

8.2 Kosten

Neben den erforderlichen Flächen wurden im Zuge der o. g. Untersuchung [51] auch die Kosten für einzelne Bereiche und einen kompletten Betrieb überschlägig ermittelt; dabei wurde eine Unterteilung in Anlagen- und Baukosten vorgenommen (s. Bild 8.3).

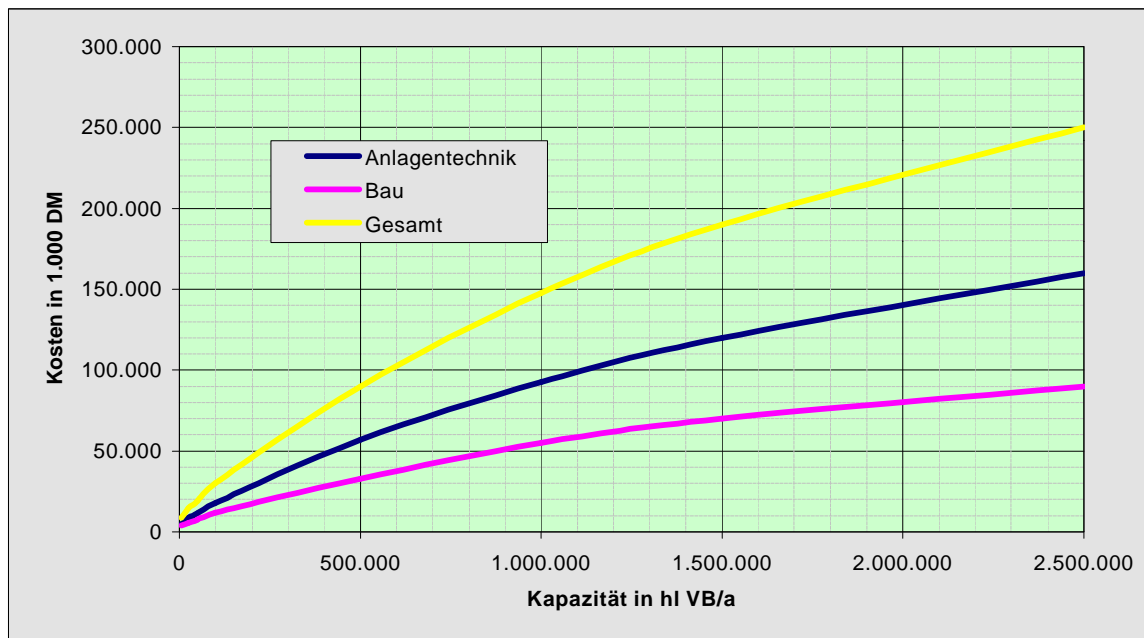


Bild 8.3. Investitionskosten für Brauereineubauten [52]

Die Werte gelten für Brauereieinrichtungen nach Stand der Technik zur konventionellen Produktion von Bieren nach dem deutschen Reinheitsgebot. Sonderfälle, wie Brauen mit hoher Stammwürze oder kontinuierliche Reifungsverfahren, sind hier nicht berücksichtigt, können aber im Einzelfall durch Anpassen der Bezugswerte ebenfalls in die Berechnungen einbezogen werden. Der Flaschenbieranteil wurde mit 70 %, der Faßbieranteil mit 30 % angenommen, als Spitzenmonatsanteil wurde durchgängig 10 % gewählt. Die Baukosten gelten für deutsche Verhältnisse.

Die Kurven in Bild 8.3 zeigen erwartungsgemäß einen nicht-linearen Verlauf, vielmehr nehmen die Investitionskosten in geringerem Maße zu als die Gesamtkapazität der betrachteten Brauereien.

Noch deutlicher kommt diese Kostendegression zum Ausdruck beim Gegenüberstellen der spezifischen Investitionskosten, die sich zwischen etwa 700 DM/hl für Kleinbetriebe und 100 DM/hl für Großbrauereien bewegen.

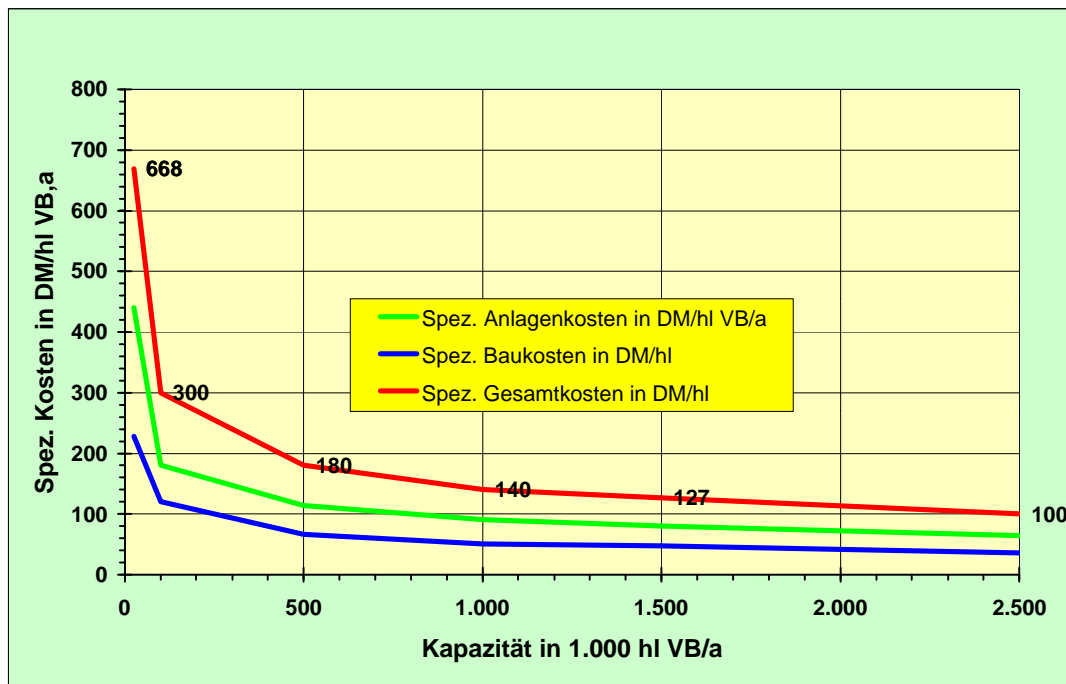


Bild 8.4. Spezifische Investitionskosten für Brauereineubauten [51]

Im Gegensatz zum Flächenbedarf läßt sich die Abhängigkeit der Investitionskosten nicht in einen eindeutigen mathematischen Zusammenhang bringen, kann also nicht in einer einfachen zugehörigen Formel ausgedrückt werden. Für das Verarbeiten in einem Tabellenkalkulationsprogramm müssen die zu ermittelnden Daten für Brauereigrößen, die nicht den Ursprungsdaten entsprechen, durch Interpolation berechnet werden.

9 Rechnergestützte Anlagenplanung

Nachdem die mathematischen Grundlagen der Brauerei-Anlagenplanung in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich dargestellt wurden, soll zum Abschluß und als Ziel dieser Arbeit eine Möglichkeit vorgestellt werden, diese Zusammenhänge in einem Computerprogramm zu hinterlegen und zu verarbeiten. Dabei waren folgende Randbedingungen zu beachten:

- Das Berechnungsprogramm soll mit einer Standard-Software bearbeitbar sein.
- Es sollen sowohl ein überschlüssiges Berechnen unter Eingabe weniger Eckdaten als auch das Entwickeln eines detaillierten Modells für eine gegebene Artikelstruktur möglich sein.
- Das Gesamtprogramm ist modular aufzubauen, so daß auch Teilbereiche einer Brauerei für sich betrachtet und aus dem Programm herausgelöst werden können, ohne ihre Funktionalität zu verlieren.

Als geeignete Software für das Lösen dieser Aufgabenstellungen bot sich ein Tabellenkalkulationsprogramm u. a. aus folgenden Gründen an:

- Tabellenkalkulationsprogramme gehören zur Standardausstattung moderner Softwarepakete für betriebliche Organisation und Verwaltung, den sogenannten Office-Paketen.
- Der Aufbau eines Tabellenkalkulationsprogramms in einzelne, miteinander verknüpfbare Arbeitsblätter läßt ein klares Unterscheiden in reine Rechenblätter einerseits und Ausgabe- bzw. Präsentationsblätter andererseits zu. Dadurch können auch große Datenmengen hinterlegt werden, komplizierte Berechnungen laufen im Hintergrund ab und bleiben im Zweifelsfall doch nachvollziehbar.
- Inhaltlich abgrenzbare Teilbereiche, wie z. B. das Auslegen der Sudgefäße oder das Bestimmen von Anzahl und Größe zylindrokonischer Tanks, werden in getrennten Arbeitsblättern hinterlegt und sind bei entsprechender Gestaltung als Einzelmodule lauffähig.

- Auch ohne spezielle Programmierkenntnisse kann eine anwenderfreundliche Oberfläche aufgebaut werden, die neben der visuellen Ansprache auch Elemente zur Eingabeüberwachung und -steuerung und damit eine Benutzerführung zulassen. Ein Aktualisieren oder Erweitern des Systems ist jederzeit möglich.

Aufgrund des hohen Verbreitungsgrades und seiner Leistungsfähigkeit wurde aus dem Kreis der in Frage kommenden Software das Programm "Excel" der Fa. Microsoft in der aktuellen Version ausgewählt.

Der Übersicht halber sind alle Arbeitsblätter farbig gestaltet, wobei den jeweiligen Farben bestimmte Bedeutungen zukommen:

- Grün unterlegte Zellen: allgemeine Informationen, i. d. .R. Überschriften.
- Gelb unterlegte Zellen: Beschreibung der mit Zahlen gefüllten Zellinhalte, i. d. R. Zeilen- und Spaltenköpfe; können auch aus anderen Tabellenblättern übernommene Daten enthalten.
- Blau unterlegte Zellen: Berechnungen innerhalb eines Arbeitsblattes.
- Weiße Zellen: Erfordern eine Eingabe, nur diese Zellen können ohne Aufheben der Blattschutzfunktion geändert werden.

Große Aufmerksamkeit wurde auf das Entwickeln der Eingabemasken gelegt. Einerseits sollte es möglich sein, mit Hilfe nur weniger Eckdaten, beispielsweise des angestrebten Jahresausstoßes, ein brauchbares Modell für einen Brauereineubau zu erlangen. Diese Aufgabe stellt sich üblicherweise in einer frühen Planungsphase, in welcher der Umfang und die Machbarkeit eines Projekts grob umrissen werden sollen.

Um dieses Grobmodell im Zuge des Planungsfortschritts weiter verfeinern zu können, wurde andererseits die Möglichkeit zur differenzierten Eingabe bis zur Ebene einzelner Artikel geschaffen.

Die Eingabe- und Kalkulationsmodule des Programms werden nun im einzelnen vorgestellt und kommentiert. Dabei wird auf die im Anhang befindlichen Ausdrücke der jeweiligen Arbeitsblätter hingewiesen. Auf die zwei dort behandelten, fiktiven Brauereibetriebe mit jeweils gleicher Eigenbierproduktion, jedoch unterschiedlicher Gesamtstruktur, wird im Abschnitt 10, „Praktische Anwendung“, näher eingegangen.

9.1 Eingabe der Eckdaten

Bei den Eckdaten (S. 121, 144) handelt es sich hauptsächlich um die den Berechnungen zugrunde liegenden Produktions- bzw. Vertriebsmengen. Hierbei werden vier Kategorien unterschieden:

- Eigenproduzierte Biere, getrennt in unter- und obergärige Produktion (I).
- Aufteilen der Eigenproduktion nach Art der Abfüllung (II); neben den üblichen Abfüllwegen Flasche/Dose und Keg besteht die Möglichkeit, Tankbiermengen vorzugeben. Hiermit sind Biere gemeint, die per Tankwagen entweder in anderen Betrieben zur Abfüllung kommen oder direkt zum Verbraucher, meist im Rahmen von Veranstaltungen, ausgeliefert werden. Beim Abfüllen außerhalb des eigenen Betriebs kann es sich um Lohnabfüllung eigener Sorten oder im Lohnbrau produzierte Fremdbiere handeln, die vom Auftraggeber selbst abgefüllt werden.

Die Summe aus Flaschen-/Dosen,- Keg- und Tankbier muß der Bierproduktion (I) entsprechen.

- Selbst abzufüllende, alkoholfreie Getränke (AfG, III), in Flaschen-/Dosenabfüllung und Kegabfüllung unterschieden.
- Lohnabfüllung verschiedener Sorten Bier oder AfG (IV) für Fremdbetriebe.
- Als Handelswaren (V) geführte Biere und alkoholfreie Getränke.

Da sich die Höhe der Mengen I-V unterschiedlich auf die Hauptbereiche einer Brauerei, der Produktion, der Abfüllung und der Vertriebslogistik, auswirken, ist diese Unterscheidung gerade im Hinblick auf die Transparenz und ein evtl. erforderliches Ändern der Plandaten erforderlich.

Das Aufteilen auf Sorten erfolgt jeweils in getrennten Arbeitsblättern und kann für jeden Produktbereich individuell weiterverfolgt werden. Am Ende steht das Unterscheiden in einzelne Artikel, von denen insgesamt 320 eingegeben werden können. In jeder Bearbeitungsebene besteht die Möglichkeit, das Zuordnen entweder automatisch über hinterlegte Verteilerschlüssel oder individuell vorzunehmen, ein Benennen der Sorten ist ebenfalls möglich.

Je nach Informationsstand kann somit ein weiter Bereich der üblichen Sortimente nachgebildet werden. Die Entscheidung über automatische oder manuelle Zuordnungen kann jederzeit in beide Richtungen rückgängig gemacht werden; im Ausgangszustand sind alle Funktionen auf "automatisch" geschaltet, so daß nach Ausfüllen des Arbeitsblattes "Eckdaten" bereits ein sinnvolles Ergebnis erzielt werden kann. Im Extremfall reichen der Gesamtausstoß eigenproduzierter Biere mit der Aufteilung in Flaschen- und Keganteil für eine komplette Brauereiauslegung aus.

Neben der Mengenvorwahl sind die Eingaben der Schwandsätze und des Spitzenmonatsanteils an zentraler Stelle vorgesehen. Die Teilschwandsätze werden für unter- und obergärige Biersorten separat abgefragt. Ist eine solch detaillierte Eingabe nicht möglich oder nicht erwünscht, so kann durch Anwahl der Befehlsfläche „Automatisch“ ein voreingestellter Gesamtschwand mit entsprechender Aufteilung auf die Teilbereiche der Brauerei gewählt werden. Diese Vorgaben sind an anderer Stelle desselben Tabellenblatts hinterlegt und werden bei Bedarf über ein Makro in die Eingabefelder eingefügt. Ein Ändern dieser Werte ist daher ohne größeren Aufwand möglich. Als Standardwert ist ein Gesamtschwand von 7,0 % vorgegeben, der sich auf 4 % Volumenkontraktion durch Abkühlen der Würze auf Anstelltemperatur und jeweils 0,5 % in den einzelnen Verfahrensschritten aufteilt.

Ist ein manuelles Eingeben der Schwandsätze gewünscht, werden durch Anklicken der Schaltfläche „Manuell“ die Vorgaben gelöscht und die Eingabefelder sind nicht mehr geschützt, d. h. die Zellinhalte können beliebig verändert werden.

Beim Spitzenmonatsanteil besteht die freie Vorwahlmöglichkeit für folgende Kategorien:

- Bier untergärig, Eigenproduktion,
- Bier obergärig, Eigenproduktion,
- AfG, Eigenabfüllung,
- Lohnabfüllung und
- Handelswaren.

Somit kann auf Besonderheiten in der Ausstoßverteilung, beispielsweise in Urlaubsgebieten, eingegangen werden. Für den automatischen Eintrag sind durchgängig 10 % als Spitzenmonatsanteil hinterlegt.

Die Eckdaten werden, unabhängig von automatischer oder manueller Vorgabe, in den weiteren Tabellenblättern übernommen und dort entweder weiter differenziert (Sorten- und Gebindewahl) oder direkt in Berechnungen einbezogen.

9.2 Gestaltung des Sortiments

Wie in Abschnitt 9.1 bereits angesprochen, können die Eckdaten aus Produktion, Abfüllung und Vertrieb weiter in Sorten und Gebinde, also bis auf Artikelebene, aufgeteilt werden. Anhand der eigenproduzierten und –abgefüllten Biere wird nun dieses schrittweise Aufgliedern mit den jeweiligen Möglichkeiten der Eingabe beschrieben.

Durch Anklicken der Schaltfläche „Sorten wählen“ gelangt man zum Tabellenblatt „Biersorten“ (s. S. Seiten 128, 151). Die von den Eckdaten übernommenen Mengen für unter- und obergärige Biere können hier in bis zu 5 Sorten untergliedert werden. Im Ausgangszustand ist jeder Biergattung nur eine Biersorte zugeteilt. Mittels Pfeiltasten kann die Anzahl der Biersorten zwischen 1 und 5 variiert werden, wobei die Gesamtmengen gleichmäßig auf die Sorten aufgeteilt werden. Ein freies Zuteilen von Jahresmengen auf Biersorten kann durch Betätigen der Schaltflächen „hl UG 1 wählen“ bzw. „hl OG 1 wählen“ erfolgen. Die Zahl 1 bezieht sich dabei auf den Ausstoß bei Produktionsbeginn, auch Stufe 1 genannt.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass der Aufbau des Kalkulationsprogramms so gestaltet ist, daß zusätzlich zur eigentlichen Auslegung bereits eine Erweiterungsstufe eingeplant werden kann. Da in den meisten Fällen bei Brauereineubauten von steigenden Ausstoßzahlen ausgegangen wird, können diese Planzahlen bereits in den verschiedenen Bereichen der Anlagentechnik berücksichtigt werden.

Zusätzlich zur Mengewahl ist auch das Zuordnen von Sortenbezeichnungen vorgesehen, hierzu ist die Befehlsfläche „Namen eingeben“ zu aktivieren. Ein Rückstellen auf automatische Eingabe wird über die Schaltflächen „hl UG/OG 1“ bzw. „Keine Namen“ erreicht.

Im Kopfbereich des Tabellenblatts befinden sich 2 weitere Schaltflächen, mit deren Hilfe man entweder zurück zum Eckdaten-Blatt gelangt, um dort etwaige Korrekturen auszuführen, oder den nächsten Grad der Sortimentsbildung, die Wahl der Gebinde, ansteuert. Diese Navigationshilfen sind auf jedem Arbeitsblatt entsprechend der Stellung im Gesamtprogramm vorgesehen und werden in der Beschreibung nicht weiter erwähnt.

In die Eingabemaske „Abfüllung nach Gebinden“ (s. S. 129, 152) werden die Vorgaben aus den Blättern „Eckdaten“ und „Biersorten“ automatisch übernommen und es erfolgt nun eine sortenweise Zuteilung in Flaschenbier (incl. Dosen), Kegbier und Tankbier.

Sind die jeweiligen Mengen nicht bekannt, wird für jede Biersorte das in den Eckdaten unter II für die Eigenproduktion vorgegebene Verhältnis der Abfüllkategorien übernommen. Eine in der Praxis übliche Unterscheidung für die Biergattungen (unter- und obergärig) ist mit der Schaltfläche „Nur UG/OG zuordnen“ verfügbar. Dabei müssen lediglich die Werte für untergäriges Flaschen- und Kegbier eingegeben werden, alle anderen Mengen sind durch die Eckdaten vorgegeben und werden vom Programm berechnet.

Das individuelle Aufteilen der Biersorten auf Gebindearten wird durch Anklicken der Befehlsfläche „Sorten zuordnen“ ermöglicht. Diese Option ist jedoch nur anzuraten, wenn das Sortiment bereits im Vorfeld festgelegt wurde. Die freie Auswahl der Einzelmengen ist nämlich 2-fach eingeschränkt:

1. Die Teilsummen jeder Biersorte, die aus den Flaschen-, Keg-, und Tankbierrmengen gebildet werden, müssen zusammen wieder die Gesamtbierrmenge der jeweiligen Biergattung ergeben.
2. Die übergeordnete Aufteilung in Flaschen-, Keg- und Tankbier aus den Eckdaten (II, Abfüllung Eigenbier) soll unverändert bleiben.

Ein „Ausprobieren“ wird zwar durch Kontrollfunktionen wie Teilsummenbildung und Warnhinweise bei Verletzung der Vorgaben erleichtert, führt aber erfahrungsgemäß bei mehr als 2 Biersorten bereits zu Problemen.

Die unterste Ebene der Sortimentsbildung stellt das Tabellenblatt „Abfüllung nach Artikeln“ (s. S. 130/131, 153/154) dar, in welchem eine Auswahl aus verschiedenen Flaschen-, Dosen- und Keggrößen erfolgt. Im voreingestellten Automatikmodus wird Flaschenbier generell zu 75 % auf 0,5-l-Flaschen und zu 25 % auf 0,33-l-Flaschen aufgeteilt, Dosenbier ist keines vorgesehen und Faßbier wird einheitlich auf Keginhalte von 50 Litern (60 %), 30 Litern (30 %) und 20 Litern (10 %) verteilt.

Ein manuelles Zuordnen ist hier zwar auch möglich und im Falle der Dosenabfüllung auch erforderlich, kann jedoch ohne ein vorliegendes, detailliertes Artikelprogramm nicht empfohlen werden.

Die Daten aus der Artikelebene werden vom Programm in Form von mittleren Gebindegrößen verdichtet und zum Auslegen der Abfüllanlagen weiterverwendet. Zudem gehen sie in die überschlägige Kalkulation der Voll- und Leergutflächen ein.

Für die Bereiche „Abfüllung AfG“, „Lohnabfüllung“ und „Handelswaren“ sind ähnlich gestaltete Arbeitsblätter verfügbar, so daß bei Bedarf die oben genannten 320 Artikel verarbeitet werden können. Mit Hilfe der automatischen Zuordnungsfunktionen kann diese Sortimentstiefe direkt am Rechner über die voreingestellten Verteilerschlüssel sicher dargestellt werden; bei entsprechenden Vorgaben ist das individuelle Gestalten in einer für die gesamte Vorplanung hinreichenden Genauigkeit möglich.

9.3 Sudhaus

Das Arbeitsblatt "Sudhaus" erlaubt das Ermitteln von Anzahl und Größe aller erforderlicher Sudgefäße und ermöglicht eine vorausschauende Anlagengestaltung im Hinblick auf zu erwartende Produktionszuwächse. Die Daten

- Sudgröße,
- Anzahl der geplanten Sudlinien und
- vorgesehene Wochen-Produktionszeit

bestimmen die erforderliche Tagessudzahl, die entsprechend den eingesetzten Werten unter Einbezug der Jahresproduktion (s. Eckdaten) berechnet wird. Die Abhängigkeit dieser Werte wurde bereits in Bild 5.1 graphisch dargestellt, wobei dort von einer Produktionszeit von 4,5 Tagen pro Woche ausgegangen wird. Mit der Möglichkeit der Vorwahl auch dieses Parameters kann eine gewisse Kapazitätsreserve eingebaut werden.

Besonders deutlich wird an dieser Stelle der Einfluß der erwarteten und zukünftig zu produzierenden Mengen, also der 2. Ausbaustufe, auf die Gestaltung des Sudhauses. Wie bereits erwähnt, kann durch Variation der Größen Produktionszeit und Sudfolge eine Kapazitätserweiterung durch Verlängerung der Wochenarbeitszeit oder mittels Erhöhung der Tagessudzahl eingeplant werden. Wird ein starker oder sprunghafter Ausstoßzuwachs, etwa durch Zusammenlegen verschiedener Braustätten, erwartet, kann auch über die Anzahl der Sudwerke der Planausstoß dargestellt werden.

Aufgrund der Komplexität dieser Zusammenhänge wurde hier bewußt auf eine automatische Auswahl verzichtet. Oft sind auch eine oder mehrere Kriterien vorgegeben, so daß eine automatische Auslegung wenig sinnvoll erscheint. So kann beispielsweise die Sudgröße durch bereits vorhandene Tanks festgelegt sein oder die Wochenarbeitszeit ist aufgrund der Personalplanung nicht frei wählbar.

Sind die Grunddaten des Sudhauses bestimmt, wird über die resultierende Tagessudzahl eine entsprechende Gefäßkonstellation in Anlehnung an Tabelle 5.1 (s. S. 26) vorgeschlagen. Dieser Vorschlag erfolgt automatisch und kann nur über die Sudfolge verändert werden.

Für das Dimensionieren der einzelnen Sudgefäße ist noch die Eingabe der Kenngrößen

- spez. Senkbodenbelastung,
- Sudhausausbeute,
- Stammwürzegehalt,
- Vorderwürzekonzentration und
- Gesamtverdampfung

erforderlich. Mit diesen Daten werden die den Flächenbedarf des Sudhaus bestimmenden Gefäßdurchmesser gemäß Abschnitt 5.1 berechnet und ausgegeben.

Die spez. Senkbodenbelastung kann je nach Art der Schrotung und der gewünschten Sudfolge zwischen etwa 170 und 240 kg/m² liegen. In Tabelle 5.3 sind Standardwerte für hohe Tagessudzahlen aufgezeigt.

Die Sudhausausbeute, bezogen auf lufttrockenes Malz, ist ein Qualitätsmerkmal des eingesetzten Malzes und übt Einfluß auf die Größe der Maisch- und Läutergefäße aus. Niedrige Ausbeuten erfordern größere Gefäßvolumina und einen höheren Malzeinsatz gegenüber hohen Ausbeuten. Mittlere Ausbeuten liegen bei 76 %, als gut sind Werte über 78 % zu bezeichnen.

Die Stammwürze liegt bei den meisten deutschen Bieren zwischen 11,0 und 12,0 Masse-%, Spezialsorten oder das Brauen mit hoher Stammwürze können davon z. T. erhebliche Abweichungen erfordern.

Die Vorderwürzekonzentration ist vom Biertyp und der Stammwürze abhängig, bei „Normalbieren“ liegt er zwischen 16 und 17 Masse-%.

Die Gesamtverdampfung sollte aus wirtschaftlichen Gründen nicht wesentlich über 7,5 % liegen, technologisch gesehen ist die Untergrenze derzeit bei etwa 4,5 % anzusiedeln.

9.4 Gär- und Lagertanks

Im Arbeitsblatt "ZKT" (s. S. 123/124, 146/147) werden die benötigten Daten aus den Blättern „Eckdaten“ (Schwandsätze, Spitzenmonatsanteil), "Biersorten" (Mengenvorgaben) und "Sudhaus" (Sudgröße) übernommen und als Entscheidungshilfe für die Auswahl der erforderlichen Gär- und Lagertanks angezeigt.

Einzugeben sind die Belegzeiten und Steigräume für die Verfahrensschritte Gären und Lagern. Für jede Biersorte wird daraus der erforderliche Gesamt-Bruttotankraum im Bereich Hauptgärung ausgewiesen und mit der Auswahl verschiedener Tankgrößen bilanziert.

Je nach Jahresausstoß berechnet das Programm für jede Biersorte die erforderlichen Wochensude und zeigt diese an. Anhand der Wochensude muss der Programmbediener nun entscheiden, wieviele Gärtanks welcher Größe den einzelnen Biersorten zugeordnet werden. Hinsichtlich der Tankgröße ist nur zu entscheiden, wieviele Sude die Tanks fassen sollen, das Programm berechnet dann im Hintergrund unter Verwendung der entsprechenden Schwandsätze und Steigräume die Bruttotankgröße, multipliziert sie mit der Anzahl der gewählten Tanks und zieht diesen Bruttotankraum (BTR) vom Gesamt-BTR ab. Dieser ergibt sich neben den bereits erwähnten Größen maßgeblich aus der Tankbelegzeit und dem Spitzenmonatsanteil. Die Bilanz zeigt dem Bediener an, wie weit die bereits getroffene Tankauswahl mit dem ermittelten Bedarf an BTR übereinstimmt. Neben den vorgegebenen Tankgrößen von 1–6 Suden/Tank ist eine weitere Tankgröße frei wählbar.

Ähnlich wie beim Festlegen der Sudgröße und –folge wird für die Auswahl der Gärtanks keine automatisierte Auslegungsroutine zur Verfügung gestellt, da die Kriterien für Größe und Anzahl der Tanks stark von der zu verarbeitenden Sortenstruktur abhängt. Mehrere Sorten mit geringen Jahresausstoßmengen erfordern Gärtanks, die nur 1 oder 2 Sude fassen, wobei diese i. d. R. für mehrere Biersorten im Wechsel genutzt werden.

Zudem führt eine automatische Klassifizierung der eingesetzten Tankgrößen in Abhängigkeit vom Jahresausstoß der einzelnen Biersorten bei Sortimentsbrauereien zu einer Vielzahl unterschiedlich großer Tanks. Aus Gründen der Flexibilität in der Produktionsplanung und –automation, der Wirtschaftlichkeit und des Anlagendesigns ist dies jedoch nicht gewünscht; sofern möglich, sollten höchstens 2 verschiedene Tankgrößen zum Einsatz kommen.

Für die mengenmäßig starken Hauptsorten werden Mehr-Sud-Tanks gewählt, wobei aus technologischen Gründen (gleichmäßige Gärung, homogener Tankinhalt) als Obergrenze etwa eine halbe Tagessudzahl angesehen wird.

Aus o. g. Gründen wird daher im Bereich der Gärtanks bewußt eine Entscheidung vom Programmbediener gefordert.

Das Ermitteln der Lagertanks erfolgt automatisch: für jeden zuvor ausgewählten Gärtank wird eine Anzahl Lagertanks berechnet, welche dem Verhältnis der Belegzeiten beider Verfahrensschritte entspricht. Bei einer 1-wöchigen Hauptgärung und einer 2-wöchigen Lagerzeit werden also pro Gärtank je 2 Lagertanks gleicher Größe eingeplant.

Dadurch ist sichergestellt, daß auch für Randsorten genügend Lagertanks geeigneter Größe zur Verfügung stehen, damit diese nicht unnötigerweise große Lagertanks belegen.

Für die 2. Ausbaustufe sind die zusätzlich zum Bestand aus Stufe 1 erforderlichen Gärtanks festzulegen, die Lagertanks werden auch hier vom Programm ergänzt.

Die Zusammenfassung führt alle benötigten ZKT mit dem jeweiligen Innendurchmesser und der Gesamthöhe auf; über den Konusinnenwinkel und das Verhältnis von Gesamt-Flüssigkeitshöhe zu Durchmesser ist die Möglichkeit gegeben, Einflußnahme auf die Tankgeometrie auszuüben. Bei Bedarf können daher auch flachkonische Tanks eingeplant werden.

9.5 Flächenbedarf Voll- und Leerguthalle

Das Ermitteln der erforderlichen Bruttofläche der Voll- und Leerguthalle stellt sich gerade bei Sortimentsbrauereien oft als arbeitsaufwendig dar, da für jeden Artikel der Flächenbedarf gemäß Abschnitt 7 durchgeführt werden sollte. Mit Hilfe der zuvor festgelegten Artikelstruktur kann diese Berechnung u. U. vollkommen dem Programm überlassen werden, sofern man die im Arbeitsblatt „Vorrat VGLG“ (s. S. 126, 149) hinterlegten Bevorratungszeiten und Zusammensetzung der Sammelgebinde übernimmt.

Über die Struktur der Sammelgebinde ist der spezifische Nettoflächenbedarf, also die erforderliche Stellfläche in m^2/hl , definiert; hier sind in Deutschland übliche Standardwerte hinterlegt, die aber über die Schaltfläche „Manuell zuordnen“ auch individuell angepaßt werden können. Erfahrungsgemäß variiert die Stapelhöhe, d. h. die Anzahl der Paletten pro Palettenstapel zwischen 3 und 4 Paletten/Stapel, abhängig von den eingesetzten Gabelstaplern,

der Qualität der Paletten und dem eingesetzten Personal. Die Möglichkeit einer manuellen Anpassung ist daher auch in diesem Bereich sinnvoll, da die Stapelhöhe grundlegenden Einfluß auf den Gesamtflächenbedarf ausübt.

Die bestimmende Größe für eine Voll- und Leerguthalle ist jedoch neben den Mengenvorgaben die gewünschte Bevorratungszeit. Diese gibt an, für wieviel Verkaufstage ein Artikel im Lager vorgehalten werden muß. In diese Entscheidung fließen Faktoren ein, die zum Zeitpunkt der Vorplanung meist noch nicht bekannt sind, in erster Linie sind dies die Abfüllplanung und die Vertriebsorganisation. Ein Reduzieren der Einzelentscheidungen von der Artikel- auf die Sortenebene durch Definition einer mittleren Bevorratungszeit nach Sorten führt mit zunehmender Diversifizierung des Sortiments zu immer größeren Ungenauigkeiten. Die für Randsorten typischen Einzelpalettenplätze bzw. Anbruchstapel werden nicht berücksichtigt und die ermittelte Stellfläche fällt zu klein aus. Das Einteilen nach Gebinden führt zum gleichen Ergebnis.

Es wurde daher versucht, eine Systematik zu entwickeln, die dieses Problem umgeht. Dabei hat es sich als durchaus praxistauglich erwiesen, eine Klassifizierung in Abhängigkeit des Jahressausstoßes der einzelnen Artikel einzuführen. Tabelle 9.1 zeigt die im Programm vorgesehene Standard-Klasseneinteilung für die Vollgutbevorratung eigenproduzierter Biere.

Tabelle 9.1. Bevorratungszeiten Eigenproduktion nach Jahressausstoß

Von hl/a	0	5.001	10.001	25.001	50.001	100.001	> 250.000
Bis hl/a	5.000	10.000	25.000	50.000	100.000	250.000	
Tage Vollgut	10,0 d	7,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	0,5 d
Tage Leergut	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d

Der Leergutvorrat dient nur dem laufenden Beschicken der Abfüllanlagen und beinhaltet keinen Puffer für ausstoßschwächere Perioden, namentlich die Wintermonate. Für diesen Zweck sind im Gesamtflächennachweis (s. u.) Freiflächen berücksichtigt.

Diese Vorgaben gelten für Brauereien ab etwa 100.000 hl VB/a Eigenproduktion, geringere Gesamtausstoßmengen erfordern ein Anpassen der Mengenstaffeln und der zugehörigen Bevorratungstage. Auch für Großbrauereien ist eine Modifikation denkbar. Die Möglichkeit der Handeingabe, sowohl der Größenklassen als auch der Voll- und Leergutbevorratung, ist daher auch hier vorgesehen. Gleiches gilt für die Bereiche „Abfüllung AfG“ und „Handelswaren“.

Die resultierenden Nettostellflächen der einzelnen Artikel werden im Arbeitsblatt „Flächenbedarf Stapelhalle, Blocklager“ (s. S. 125, 148) übernommen und sortenbezogen nach Gebindeklassen (Vollgut Flasche/Dose, Vollgut Keg und Leergut gesamt) verdichtet. Dabei wird der in diesem Blatt vorzugebende Flächennutzungsfaktor für Getränke-Blocklager in die Berechnung mit einbezogen, so daß nur die letztlich ausschlaggebenden Bruttolagerflächen ausgewiesen werden. Der Flächennutzungsfaktor berücksichtigt Fahr- und Manipulationsflächen für Gabelstapler und liegt in Getränkebetrieben zwischen 40 % bei breit gefächerten Sortimenten und 45 % bei verhältnismäßig einfacher Sortimentsstruktur. Einen großen Einfluß auf die Flächennutzung hat auch das Fassungsvermögen der Gabelstapler.

Zusätzlich zur berechneten Bruttolagerfläche für das Voll- und Leergut können pauschal weitere Flächen, beispielsweise Kommissionier- oder Sortierflächen, manuell eingegeben werden.

Es ist zu betonen, dass diese Flächenberechnung ausschließlich für Blocklager gültig ist und somit den größtmöglichen Bedarf ausweist. Der Einsatz automatisierter Läger verringert den Flächenansatz, wird aber aufgrund der erhöhten Investitionskosten in Getränkebetrieben nur in Ausnahmefällen realisiert.

9.6 Grundstücksfläche und Kosten

Die zentralen Voraussetzungen für die Realisation eines Bauvorhabens an einem bestimmten Standort sind die erforderliche Grundstücksgröße und die zu erwartenden Investitionskosten. Im Arbeitsblatt „Grundstücksfläche und Kosten“ (s. S. 127, 150) werden diese Angaben, nach Funktionsbereichen aufgeschlüsselt, dargestellt. Die Investitionskosten sind in Bau- und Anlagenkosten untergliedert. Den einzelnen Funktionsbereichen sind individuelle Bezugswerte (Jahresmengen in hl) zugeordnet. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass z. B. Lohnabfüllungen bei der Dimensionierung der Abfüllanlagen zu berücksichtigen sind, für die Auslegung der Produktionsanlagen (Sudhaus bis Filtration) aber keine Rolle spielen. Auf diese Weise schlagen Unterschiede in den Produktions-, Abfüll-, und Vertriebsstrukturen auch hinsichtlich der Grundstücksflächen und Investitionskosten zu Buche. Die Bezugswerte sind in Tabelle 9.2 aufgeführt.

Tabelle 9.2. Bezugswerte für Grundstücksflächen- und Kostenermittlung

Bereich	Bezugsgröße	Bemerkung
Malz, Sudhaus, Wasser	Eigenproduktion Würze	Eckdaten I, berechnet auf KW
Tanks	Eigenproduktion Würze	Eckdaten I, berechnet auf KW
Hefe, Filtration, CIP	Eigenproduktion Würze	Eckdaten I, berechnet auf KW
Abfüllung	Gesamtabfüllmenge	Eckdaten II + III + IV
Zentrale Betriebstechnik	Mittelwert 1	(Eigenprod. + Gesamtabf.) / 2
Logistik	Sortiment ohne Lohnabf.	Eckdaten II + III + V
Verwaltung, Parkplätze, Verkehrsflächen	Mittelwert 2	(Mittelwert 1 + Logistik) / 3
Grün-, Abstell-, Erweiter-, Abstandsflächen	Mittelwert 2	(Mittelwert 1 + Logistik) / 3
Nebenkosten	Mittelwert 2	(Mittelwert 1 + Logistik) / 3

Die ermittelten Kosten beziehen sich ausschließlich auf Gebäude und Anlagentechnik nach deutschem Standard, nicht enthalten sind darin:

- Grundstücks- und Erschließungskosten,
- Fahrzeuge (LKW, Gabelstapler) und
- variable Kosten (Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffe, Personal usw.).

10 Praktische Anwendung

Im Anschluß an die allgemeine Programmbeschreibung wird nun anhand zweier fiktiver Brauereien aufgezeigt, wie mit den Werkzeugen des Programms auf unterschiedliche Betriebsstrukturen eingegangen wird und zu welchen Konsequenzen dies in der Gesamtplanung führt.

Um diese Unterschiede deutlich herauszuarbeiten, wird jeweils von einer Eigenbierproduktion von 200.000 hl VB/a ausgegangen. Bei dem als „Sortimentbrauerei A“ bezeichneten Betrieb, im folgenden kurz „Brauerei A“ genannt, kommen zur Bierproduktion mit großer Sortenvielfalt noch abzufüllende AfG-Mengen, Lohnabfüllung sowie Handelswaren gemäß Tabelle 10.1 hinzu.

Tabelle 10.1. Charakterisierung Brauerei A

Kategorie	Menge	Anzahl Sorten	Anzahl Artikel
Eigenproduktion Bier	200.000 hl/a	6	16
Eigenproduktion AfG	30.000 hl/a	4	8
Lohnabfüllung	50.000 hl/a	2	4
Handelswaren	10.000 hl/a	7	9
GESAMT	290.000 hl/a	19	37

Dem gegenüber steht die „1-Sorten-Brauerei B“, kurz „Brauerei B“, mit nur einer Biersorte und 5 Gebindearten ohne Zusatzgeschäfte.

An Gebinden sind nur Mehrweg-Glasflaschen und Kegs vorgesehen. Für beide Brauereien ist eine Ausbaustufe auf 300.000 hl Eigenbier eingeplant, bei Brauerei A erhöhen sich AfG-Abfüllung und Lohnabfüllung darin um jeweils 10.000 hl/a, die Handelswaren steigen um 2.000 hl/a.

10.1 Eckdaten und Mengeneingabe

Die Eingabe der zu verarbeitenden Getränkemengen (Eckdaten, Sorten, Gebinde, Artikel) erfolgte bei Brauerei A durchgängig manuell; hierfür war das Erstellen eines detaillierten Absatzplanes vor der eigentlichen Dateneingabe erforderlich. Einzelheiten zum Sortiment der Brauerei A können dem Anhang entnommen werden.

Für Brauerei B wurde nur bei den Eckdaten eine Aufteilung in Flasche/Dose (75 %) und Keg (25 %) vorgenommen, die Sorten-, Gebinde-, und Artikelstrukturen wurden der Automatikfunktion überlassen.

Der Gesamtschwand beträgt für Brauerei A 9,0 %, die Teilschwandsätze wurden im Tank- und Filtrationsbereich aufgrund der Sortenvielfalt gegenüber den Standardwerten von 0,5 % auf 1,0 % erhöht. Für Brauerei B ist ein Brauverfahren mit erhöhter Stammwürze vorgesehen, der Teilschwand im Bereich Filtration beträgt durch das Zumischen von Wasser –15 %, der Gesamtschwand beläuft sich auf –8,5 %.

Der Spitzenmonatsanteil soll für alle Artikel beider Betriebe 10,0 % betragen.

10.2 Sudhaus

Für Brauerei A wird eine Sudgröße von 250 hl AW_{heiss} vorgesehen. In der 1. Ausbaustufe soll das Sudhaus an 3 Tagen pro Woche in Betrieb sein, Stufe 2 kann ohne Zusatzinvestition durch Ausweiten der Produktionszeit auf 4,5 d/wo erreicht werden. Aus diesen Basisdaten ergibt sich eine Tagessudzahl von 8 Suden.

Auch in Brauerei B soll die 2. Ausbaustufe ohne Zusatzinvestitionen machbar sein. Bei einer Sudgröße von ebenfalls 250 hl/Sud ist unter Einbezug des HGB-Verfahrens lediglich eine Tagessudzahl von 6 Suden erforderlich. Tabelle 10.2 zeigt die vom Programm vorgeschlagenen Sudhauskonstellationen.

Tabelle 10.2. Sudhauskonstellationen in Ausbaustufe 1

	Brauerei A		Brauerei B	
	Anzahl	Durchmesser	Anzahl	Durchmesser
Maischbottich	1	2,6 m	1	2,8
Maischpfanne	1	2,0 m	1	2,1
Läuterbottich	1	5,4 m	1	5,8
Vorlaufgefäß	1	2,8 m	1	3,8
Würzpfanne	1	3,0 m	-	-
Whirlpool	1	3,5 m	-	-
Whirlpoolpfanne	-	-	1	3,5

Aufgrund der geringeren Tagessudzahl entfallen bei Brauerei B die Würzpfanne und der Whirlpool zugunsten einer Whirlpoolpfanne, die Durchmesser von Maischbottich und Läuterbottich werden aufgrund der höheren spezifischen Schüttung ($18,4 \text{ kg/hl AW}_{\text{heiss}}$ gegenüber $16,5 \text{ kg/hl AW}_{\text{heiss}}$ bei Brauerei A) geringfügig größer.

10.3 Gär- und Lagertanks

Im Arbeitsblatt „ZKT“ sind die Belegzeiten und die Steigräume nach Biergattungen getrennt einzugeben. Für die untergärige Hauptgärung werden 7 d und 25 % angesetzt, das Lagern erfordert 14 d und ebenfalls 25 % (15 % Kräusengabe und 10 % Steigraum).

Bei obergärigen Bieren würden für die Hauptgärung 4 d Belegzeit ausreichen. Da die Produktionszeit im Sudhaus in der Anfangsphase nur 3 d/wo beträgt, können freiwerdende obergärige Gärtanks kein 2. Mal innerhalb derselben Sudwoche befüllt werden. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird auch für die obergärige Hauptgärung eine Belegzeit von 7 d eingetragen. Die Lagerung dauert im obergärigen Bereich 10 d, der Steigraum wird auch hier mit 25 % angesetzt.

Brauerei A wird in Anbetracht der verhältnismäßig vielen Biersorten in erster Linie mit 2-Sudtanks ausgestattet. Hiervon sind in der 1. Ausbaustufe 10 Tanks für die Hauptgärung und 18 Tanks für die Lagerung erforderlich. Zusätzlich werden zwei 1-Sudtanks für die Randsorte Weizenbock eingeplant, so daß insgesamt 30 Tanks zu installieren sind. In der 2. Ausbaustufe kommen zehn 2-Sud-Tanks hinzu.

Brauerei B kann mit größeren Tankeinheiten bestückt werden. Hier kommt man in der 1. Stufe mit achtzehn 3-Sud-Tanks für Gären und Lagern aus, in der 2. Ausbaustufe werden drei 3-Sud-Tanks und drei 6-Sud-Tanks ergänzt.

Tabelle 10.3 gibt einen Überblick über den ZKT-Bedarf in der 1. Ausbaustufe. Die Tankdurchmesser werden nach Vorgabe des Verhältnisses von Gesamtflüssigkeitshöhe zu Durchmesser (hier: 2,8) und dem Konusinnenwinkel (65°) vom Programm angezeigt.

Der Flächenbedarf je Tank ist ein Quadrat mit der Seitenlänge des Tankdurchmessers zuzüglich 1,0 Meter Tankabstand.

Tabelle 10.3. ZKT-Bedarf Ausbaustufe 1

	Durchmesser	Flächenbedarf	Anzahl Brauerei A	Anzahl Brauerei B
1-Sud-Tanks	2,4 m	11,6 m ²	2	-
2-Sud-Tanks	3,0 m	16,0 m ²	28	-
3-Sud-Tanks	3,4 m	19,4 m ²	-	18
Anzahl Tanks			30	18
Gesamtfläche			ca. 470 m²	ca. 350 m²

Die Gegenüberstellung verdeutlicht den wesentlich geringeren Bedarf an Tanks und damit einhergehend einen reduzierten Verrohrungsaufwand sowie den um etwa 25 % niedrigeren Flächenbedarf bei Brauerei B. Diese Effekte müßten sich auch in der Investitionskosten-schätzung positiv für Brauerei B auswirken.

10.4 Voll- und Leerguthalle

Die Staffelung der Bevorratungszeiten entspricht für beide Betriebe den im Programm hinterlegten Standardwerten, es wurden also keinen manuellen Eingaben getätigt. Die Ansätze für Kommissionierung, Leergutsortierung und einen Kühlraum innerhalb der Stapelhalle können der Tabelle 10.4, in welcher die berechneten Bruttohallenflächen zusammengestellt sind, entnommen werden.

Tabelle 10.4. Bruttohallenflächen Stapelhalle, Ausbaustufe 1

Bezeichnung	Bruttoflächen incl. Leergut	
	Brauerei A	Brauerei B
Eigenbier	1.100 m ²	600 m ²
Eigen-AfG	150 m ²	-
Handelswaren	170 m ²	-
Kommissionierung	250 m ²	100 m ²
Leergutsortierung	150 m ²	75 m ²
Kühlraum	50 m ²	50 m ²
Gesamtfläche	1.870 m²	825 m²

Neben dem durch die alkoholfreien Getränke und die Handelswaren verursachten, zusätzlichen Flächenbedarf fällt bei Brauerei A besonders die fast doppelt so große Fläche im Bereich eigenproduzierter Biere gegenüber Brauerei B ins Auge.

Hier treten die Auswirkungen der Sortimentsvielfalt deutlich zu Tage: die verhältnismäßige kleinen Artikelchargen erfordern im Sinne einer wirtschaftlichen Abfüllweise längere Bevorratungszeiten im Vollgutbereich und damit größere Hallenflächen.

10.5 Grundstücksfläche und Kosten

Die mittels der Gleichungen aus Abschnitt 8 unter Zuhilfenahme der in Tabelle 9.2 vorgestellten Bezugsgrößen berechneten Grundstücksflächen und Investitionskosten sind in Tabelle 10.5 für beide Brauereien, jeweils die 1. Ausbaustufe betreffend, gegenübergestellt.

Tabelle 10.5. Grundstücksflächen und Investitionskosten, Ausbaustufe 1

Bereich	Brauerei A			Brauerei B		
	Fläche m ²	Anlagen- kosten TDM	Bau- kosten TDM	Fläche m ²	Anlagen- kosten TDM	Bau- kosten TDM
Malz, Sudhaus, Wasser	720	5.600	1.200	660	5.000	1.100
Tanks	900	5.600	3.000	860	4.900	2.800
Hefe, Filtration, CIP	780	2.400	1.100	720	2.200	1.000
Abfüllung	3.100	11.300	4.100	2.500	8.900	3.200
Zentrale Betriebstechnik	500	4.000	500	450	3.400	400
Logistik	4.100		4.500	3.700		3.900
Verwaltung, Parkplätze, Verkehrsflächen	6.000		1.500	5.150		1.200
Grün,- Abstell,- Erweiter,- Abstandsflächen	17.000		500	15.200		400
Nebenkosten	-	2.900	3.600		2.600	3.200
Einzelsummen	33.200	31.800	20.000	29.240	27.000	17.200
Grundstücksfläche	33.200 m²			29.240 m²		
Anlagenkosten	31.800 TDM			27.000 TDM		
Baukosten	20.000 TDM			17.200 TDM		
Gesamtkosten	51.800 TDM			44.200 TDM		

10.5.1 Grundstücksfläche

Brauerei A weist einen um insgesamt 13,5 % größeren Grundstücksflächenbedarf aus. Dieser Mehrbedarf ist in sämtlichen Teilbereichen, wenn auch in unterschiedlich hoher Ausprägung, nachzuvollziehen.

In den Produktionsbereichen schlägt neben der Sortenvielfalt auch die größere zu verarbeitende Gesamtmenge in Brauerei A (Brauerei braut mit erhöhter Stammwürze) zu Buche. Die Abfüllanlagen sind neben den eigenproduzierten Bieren in Brauerei A auch für alkoholfreie Getränke und Lohnabfüllungen auszulegen und erfordern daher eine größere Fläche. Auch auf die allgemeinen Positionen wie „Zentrale Betriebstechnik“, „Verkehrsflächen“ usw. wirken sich die oben beschriebenen Faktoren zugunsten eines größeren Gesamtflächenbedarfs aus.

Der anhand von spezifischen Kennzahlen bzw. daraus entwickelter Berechnungsformeln ermittelte Flächenbedarf berücksichtigt also nicht nur den Gesamtausstoß einer Brauerei, sondern geht auch mittels unterschiedlicher Bezugswerte auf die Besonderheiten einzelner Betriebsabteilungen ein.

10.5.2 Anlagenkosten

Die Anlagenkosten liegen für Brauerei B um rd. 16 % niedriger als bei Brauerei A. Hier spiegeln sich das HGB-Verfahren in der Produktion und die nicht zu berücksichtigenden Mengen an AfG, Lohnabfüllungen und Handelswaren deutlich wider.

Auch hier ist demnach eine gezielte Einflußnahme über die Produktionsverfahren bzw. Vertriebsstruktur möglich.

10.5.3 Baukosten

Die Baukosten orientieren sich in erster Linie an den zu bebauenden Flächen und liegen bei Brauerei B erwartungsgemäß niedriger als bei Brauerei A. Der resultierende Prozentsatz von ebenfalls etwa 16 % bestätigt die Erfahrung, daß das Verhältnis von Anlagen- zu Baukosten unabhängig von der Brauereigröße bei konstant rd. 1,5:1 (60 % Anlagenkosten, 40 % Baukosten) liegt.

11 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der vorliegenden Arbeit war das Entwickeln der Grundlagen für eine rechnergestützte Anlagenplanung in Brauereien und Abfüllbetrieben. Dabei sollten zum einen anlagenbezogene, technische Daten und zum anderen Flächen- und Kostenansätze resultieren.

Die technischen Angaben dienen dem Charakterisieren der zu installierenden Produktions-, Abfüll- und Versorgungsanlagen und stellen die Grundlage für die Flächen- und Kostenkalkulation dar. Darüber hinaus bilden sie die Basis für erste Gespräche mit Anlagenlieferanten und für Ausschreibungen.

Die zu erwartenden Kosten sind i. d. R. bereits zu Beginn eines Projekts von größter Bedeutung für die Machbarkeit bzw. die Art der Finanzierung. Der Flächenbedarf ist von elementarer Wichtigkeit für die Standortwahl.

Die Forderung einer rechnergestützten Planung wurde durch die Vorgabe der Lauffähigkeit des zu entwickelnden Programms auf Standardsoftware weiter konkretisiert. Auch unterschiedliche Vorkenntnisse des Bedieners über die Struktur des zu planenden Projekts sollten in der Programmgestaltung Berücksichtigung finden.

Bezüglich der verwendeten Software fiel die Wahl auf das Tabellenkalkulationsprogramm „Excel“ der Fa. Microsoft, da dieses den Anforderungen an

- Bedienerfreundlichkeit,
- Flexibilität und
- Verbreitungsgrad

in den Augen des Verfassers am weitesten entsprach.

Der Aufbau eines Tabellenkalkulationsprogramms ermöglicht das einfache Trennen von Ein-/Ausgabe- und Berechnungsmodulen, Basisdaten können im Bedarfsfall vergleichsweise schnell angepaßt werden.

Erklärtes Ziel beim Erarbeiten der Auslegungskriterien war das Rückführen auch komplizierter Zusammenhänge auf mathematische Formeln. Hierzu wurde auf bereits bekannte und bewährte Berechnungsmethoden zurückgegriffen, z. T. mußten jedoch auch Abhängigkeiten empirisch ermittelt und in Funktionsgleichungen überführt werden. Insbesondere sind hier der Flächen- und Kostenbedarf in Abhängigkeit der Anlagenkapazität zu erwähnen.

Nachdem die mathematischen Modelle zusammengetragen bzw. entwickelt waren, wurde ein Basisprogramm für das Auslegen ausgewählter Betriebsbereiche erstellt. Großer Wert wurde dabei auf das Gestalten der Eingabemodule gelegt: Je nach Vorkenntnis des Planers kann die Eingabe auf wenige Eckdaten, wie z. B. den Gesamtjahresausstoß an Eigenbier und Handelswaren, beschränkt bleiben oder auch ein detailliertes Sortiment mit bis zu 320 verschiedenen Artikeln beinhalten.

Dabei ist die Eingabe in verschiedene Ebenen von Kategorien (Eigenbier, Lohnabfüllung usw.) über Sorten und Gebindearten bis zum Verkaufsartikel gegliedert. In jeder Ebene besteht die Möglichkeit der manuellen Eingabe bekannter Daten; sind diese nicht verfügbar, kann mit Hilfe automatischer Zuordnungen ein Sortiment beliebiger Tiefe ohne größeren Zeitaufwand nachgebildet werden.

Die Datenverarbeitung und Ergebnisausgabe wurden für die Bereiche

- Sudhaus,
- Gär- und Lagertanks,
- Voll- und Leerguthalle sowie
- Flächen- und Kostenbedarf

in Programmform erstellt und auf ihre Praxistauglichkeit hin überprüft.

Von besonderem Interesse war hierbei, in wie weit mit Hilfe der hinterlegten Rechenroutinen auf strukturelle Unterschiede in ansonsten vergleichbaren Betrieben eingegangen werden kann. Es wurden daher 2 fiktive Brauereien mit gleichem Jahresausstoß an Eigenbier, jedoch unterschiedlichen Produktionsverfahren und Zusatzgeschäften wie AfG, Lohnabfüllungen und Handelswaren, definiert und durchgerechnet.

Die erwarteten Unterschiede in den technischen Anlagendaten sowie den Flächen- und Kostenansätzen wurden deutlich sichtbar. Hierfür zeichnet vor allem die auf den ersten Blick aufwendig erscheinende Dateneingabefunktion verantwortlich; dadurch ist es möglich, abteilungsgebundene Bezugswerte zu bilden und diese den Kalkulationen zugrunde zu legen.

Die Ergebnisse ermutigen zu einer Ausdehnung des Programms auf sämtliche Betriebsbereiche, wobei auch sehr detaillierte Berechnungen, wie z. B. Wärmerückgewinnungssysteme und Versorgungsanlagen, einbezogen werden können.

Neben den automatisierten und damit gesicherten Rechenvorgängen liegt ein besonderer Vorzug des vorgestellten Systems in dem verhältnismäßig einfachen Ändern und Verfeinern der Plandaten. Das Programm begleitet dadurch den gesamten Planungsprozeß von der Machbarkeitsanalyse bis zum Optimieren einzelner Betriebsteile oder Anlagen.

Aufgrund der weitgehend automatisierbaren Dateneingabe ist das Programm auch von weniger erfahrenen Bedienern zu verwenden und führt dabei zu vernünftigen Ergebnissen. In einigen Bereichen wird jedoch bewußt auf ein automatisches Berechnen verzichtet und eine Entscheidung durch den Planer verlangt. Im bereits vorliegenden Programmteil ist dies beim Auslegen des Sudhauses (Sudgröße und -folge) sowie der verwendeten Tankgrößen verwirklicht. Gewisse Grundkenntnisse der Brauerei- und Abfülltechnik sind daher auch bei der hier vorgestellten rechnergestützten Anlagenplanung zu empfehlen.

Dies vorausgesetzt stellt das entwickelte Programm ein schnelles, flexibles und damit kostensparendes Instrument von der Grobplanung bis zur Ausschreibungsphase dar. Das Einbinden der aus den Berechnungen gewonnenen Daten in andere Programme wie Textverarbeitung (Dokumentationen, Ausschreibungstexte) oder CAD (Layouts, Fließbilder) ist denkbar.

12 Literaturverzeichnis

- [1] Deutscher Brauer-Bund e.V. (Hrsg): 21. Statistischer Bericht. Meckenheim: Druck Center, 1995
- [2] Deutscher Brauer-Bund e.V. (Hrsg): 22. Statistischer Bericht. Meckenheim: Druck Center, 1998
- [3] Herbert, W.: Planung und Bau von Chemie-Anlagen. Skript Bioprozesstechnik II. München: TU München, Lehrstuhl für Prozesstechnik der Lebensmittel, 1991
- [4] Vogelpohl, H.; Gottlieb D.; Schneider, J.: Skript Brauereianlagen. Freising-Weihenstephan: TU München, Lehrstuhl für Brauereianlagen und Lebensmittel-Verpackungstechnik, 8. Auflage 1999/2000
- [5] Unterstein, K.: Entwicklung von Kenngrößen für eine systematisierte Brauereianlagenplanung. Freising-Weihenstephan: TU München, Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie und Technologie der Brauerei II, Dissertation, 1990
- [6] Petersen, H.: Brauereianlagen. 2. Aufl. Nürnberg: Carl 1993
- [7] Eßlinger, M.: Planungsgrundsätze und Betriebserfahrungen beim Brauereineubau. In: European Brewery Convention: Proceedings of the 26th Congress. Oxford: Oxford University Press, 1997. S.747–756
- [8] Bayerischer Brauerbund e.V. (Hrsg.): Mitteilungen an die Mitgliedsbetriebe. München: 1997
- [9] Grabrucker, R; Weisser, H: Kapazitätsberechnung von Abfüllanlagen. Brauindustrie 83 (1998), Nr. 8, S. 475–482
- [10] Grabrucker, R.: Grundlagen zur Kapazitätsberechnung eines Brauereibetriebes. Brauwelt 128 (1988), Nr. 46, S. 1783–1787
- [11] Unterstein, K.: Kapazitätsfeststellung eines Brauereibetriebes. Brauwelt 128 (1988), Nr. 23, S. 986–993
- [12] Felgenträger, W.: Mündliche Anregung. Freising, 1995
- [13] Kuchling, H.: Taschenbuch der Physik. 9. Auflage Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1987. - Lizenzausgabe für den Verlag Harri Deutsch, Thun
- [14] Schu, G. F.: Bilanzierung des Brauwasserbedarfs aus energetischer Sicht. Brauwelt 123 (1993), Nr. 40, S. 2026–2036
- [15] Issing, E.: Die Temperaturabhängigkeit von Viskosität und Dichte bei Bieren, Ausschlag- und Vorderwürzen. Brauwissenschaft 26 (1973), Nr. 2, S. 93–101
- [16] Kuhn, W.: Physik - Band I. Braunschweig: Westermann 1976
- [17] Voigt, J.: Das Sudhaus - Kriterien zur Auslegung. Freising: Technisches Büros Weihenstephan GmbH, Handbuch zum 1. Brauereitechnischen Seminar, 1993
- [18] Mignon, D.: Retrofitting and Energy Integration of Brewery Operations. Université Catholique de Louvain: Faculte des Sciences Appliquees Unites des Procedes, Dissertation, 1993

-
- [19] DIN 8777: Sudhausanlagen in Brauereien. Berlin: Beuth, 1996
- [20] Schuster, K.; Weinfurtner, M.; Narziss, L.: Die Technologie der Würzebereitung. 6. Aufl. Stuttgart: Enke 1985
- [21] Hrch. Huppmann KG: Senkbodenbelastungen im Läuterbottich bei verschiedenen Sudfolgen. Firmenschrift, 1998
- [22] Denk, V.: Der Whirlpool. Brauwelt 137 (1997), Nr. 33/34, S. 1311–1321
- [23] Oliver-Daumen, B.: Die Biologische Säuerung beim Brauprozeß. Brauwelt 128 (1988), Nr. 18, S. 762–767
- [24] Bartsch, H.-J.: Taschenbuch mathematischer Formeln. 10. Auflage Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1987. - Lizenzausgabe für den Verlag Harri Deutsch, Thun
- [25] Künzel, W.: Technologische, qualitative und ökologische Aspekte in der modernen Schrotung, Teil I. Brauwelt 138 (1998), Nr 6, S. 195–198
- [26] Schu, G.: Wärme- und Warmwasserhaushalt im Sudhaus. Brauwelt 134 (1994), Nr. 28, S. 1350–1359
- [27] Technisches Büro Weihenstephan GmbH: Ergebnisse aus praktischer Tätigkeit in Brauereien. Freising, 1998
- [28] Meyer-Pittroff, R.; Fohr, M.: Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Würzekochung. Brauwelt 138 (1998), Nr. 12. S. 460–464
- [29] Fohr, M.: Weiterentwicklung der thermischen Brüdenverdichtung bei der Würzekochung in der Brauerei. TU München, Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie, Dissertation, 1998
- [30] Geiger, E.: Kontinuierliche Hefevermehrung. Brauwelt 133 (1993), Nr. 39, S. 646–649
- [31] Back, W.; Bohak, I.; Ackermann, T.: Optimierte Hefewirtschaft. Brauwelt 133 (1993), Nr. 39, S. 1960–1963
- [32] Back, W.; Krottenthaler, M.; Braun, T.: Untersuchungen zur kontinuierlichen Bierreifung. Brauwelt 138 (1998), Nr. 3/4, S. 70–73
- [33] Groneick, E.; Groppe, H.; Dillenhöfer, W.; Rönn, D.: Kontinuierliche Bierreifung im Praxistest. Brauwelt 137 (1997), Nr. 19/20, S. 778–786
- [34] Wackerbauer, K.; Fitzner, M.; Lopsien, M.: Untersuchungen mit dem neuen MPI-Bioreaktor-System. Brauwelt 136 (1996), Nr. 46/47, S. 2250–2256
- [35] Schmidt, H.: Optimierung der Gärung und Reifung. Brauwelt 135 (1995), Nr. 18, S. 868–871
- [36] Eßlinger, M.: Gär- und Lagertanks. Brauwelt 134 (1994), Nr. 24/25, S. 1147–1152
- [37] Unterstein, K.: Zylindrokönische Gärtanks. Brauwelt 132 (1992), Nr. 27, S. 1280–1286
- [38] N.N.: Automatisierte Filteranlage mit einer Leistung von 500 hl/h. Brauwelt 135 (1995), Nr. 37, S. 1855–1859

-
- [39] DIN 8782: Getränke-Abfülltechnik – Begriffe für Abfüllanlagen und einzelne Aggregate. Berlin: Beuth, 1984
- [40] Flad, W.; Vey, S.: Planung von Flaschenabfüllanlagen. Brauwelt 134 (1994), Nr. 13/14, S. 552–558
- [41] Berg, F.: Technische Flaschenkellerbetriebskontrolle. Brauwelt 108 (1968), Nr. 45/46, 833–838
- [42] Rädler, T.: Modellierung und Simulation von Abfülllinien. Freising-Weihenstephan: TU München, Lehrstuhl für Brauereianlagen und Lebensmittel-Verpackungstechnik, Dissertation, 1999
- [43] Hahn, W.: Die richtige Transporttechnik für Glas- und PET-Kombianlagen. Brauwelt 139 (1999), Nr. 28/29, S. 1325–1329
- [44] Lotz, M.: Einsatz von Sortieranlagen. Freising-Weihenstephan: TU München, Lehrstuhl für Brauereianlagen und Lebensmittel-Verpackungstechnik, Unterlagen zum 2. Flaschenkellerseminar, 1995
- [45] Probst, W.: Planung lärmarmen Transportsysteme für Flaschen und Gläser. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Forschungsbericht Nr. 313, 1982
- [46] Elco Klöckner AG: Planungsmappe für Feuerungsanlagen. Firmenschrift, 1997
- [47] Hackensellner, T.: Moderne Kälteanlagen in Mälzereien und Brauereien. Brauwelt 137 (1997), Nr. 49/50, S. 2234–2240
- [48] Schu, G.: Betriebskostenreduzierung und Wärmerückgewinnung bei NH₃-Kälteanlagen. Brauwelt 134 (1994), Nr. 19, S. 881–820
- [49] Manger, H.-J.: Die Kühlung von Gärbehältern. Brauwelt 136 (1996), Nr. 45, S. 2160–2170
- [50] Haffmans, H.: CO₂-Rückgewinnungsanlagen. Freising: Technisches Büro Weihenstephan GmbH, Handbuch zum 3. Brauereitechnischen Seminar, 1995
- [51] Flad, W.; Vey, S.: Flächenbedarf und Kosten von Brauereineubauten. Brauwelt 134 (1994), Nr. 50, S. 2680–2686

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

ECKDATEN ALLGEMEIN

Brauerei A - Sortimentbrauerei

Zu Sudhaus >

Zu Stapelballe >

Zu ZKT >

Zu Kosten >

		Meldungen	Stufe 1			Stufe 2	
I	Bierproduktion		200.000 hl VB/a	100 %		300.000 hl VB/a	100 %
I.1	Untergärig		120.000 hl VB/a	60,0 %	Seiten wählen	150.000 hl VB/a	50,0 %
I.2	Obergärig		80.000 hl VB/a	40,0 %		150.000 hl VB/a	50,0 %
II	Abfüllung Eigenbier		OK	100 %		OK	100 %
II.1	Flaschenbier/Dosenbier		160.000 hl VB/a	80 %	Gebinde wählen	200.000 hl VB/a	67 %
II.2	Kegbier		40.000 hl VB/a	20 %		100.000 hl VB/a	33 %
II.3	Tankbier		0 hl/a	0 %		0 hl/a	0 %
III	Abfüllung AFG		30.000 hl/a	100 %		40.000 hl/a	100 %
III.1	Flasche/Dose		25.000 hl/a	93,3 %	Seiten wählen	32.000 hl/a	80,0 %
III.2	Keg/Großdose		5.000 hl/a	16,7 %		8.000 hl/a	20,0 %
IV	Lohnabfüllung		50.000 hl/a	100 %		60.000 hl/a	100 %
IV.1	Flasche		50.000 hl/a	100,0 %	Seiten wählen	60.000 hl/a	100,0 %
IV.2	Keg		0 hl/a	0,0 %		0 hl/a	0,0 %
V	Handelswaren		10.000 hl/a	100 %		12.000 hl/a	100 %
V.1	Bier		4.000 hl/a	40,0 %	Seiten wählen	5.000 hl/a	41,7 %
V.2	AFG		6.000 hl/a	60,0 %		7.000 hl/a	58,3 %
VI	Schwandverteilung						
VI.1	Untergärige Produktion						
	Gesamtschwand		9,0 %			9,0 %	
	AW _{max} bis AW _{min}		4,0 %		Automatisch	4,0 %	
	AW _{max} bis Anstellen		0,5 %			0,5 %	
	Anstellen bis Ende Hauptgärung		1,0 %			1,0 %	
	Ende Hauptgärung bis Ende Reifen		1,0 %			1,0 %	
	Ende Reifen bis Ende Filtrieren		1,0 %		Manuell	1,0 %	
	Ende Filtrieren bis Beginn Abfüllen		1,0 %			1,0 %	
	Beginn Abfüllen bis Vollgutlager		0,5 %			0,5 %	
	Vollgutlager bis Versand		0,0 %			0,0 %	
VI.2	Obergärige Produktion						
	Gesamtschwand		9,0 %			9,0 %	
	AW _{max} bis AW _{min}		4,0 %		Automatisch	4,0 %	
	AW _{max} bis Anstellen		0,5 %			0,5 %	
	Anstellen bis Ende Hauptgärung		1,0 %			1,0 %	
	Ende Hauptgärung bis Ende Reifen		1,0 %			1,0 %	
	Ende Reifen bis Ende Filtrieren		1,0 %		Manuell	1,0 %	
	Ende Filtrieren bis Beginn Abfüllen		1,0 %			1,0 %	
	Beginn Abfüllen bis Vollgutlager		0,5 %			0,5 %	
	Vollgutlager bis Versand		0,0 %			0,0 %	
VII	Spitzenmonatsanteil, gesamt		10,0 %			10,0 %	
	Bier untergärig, Eigenproduktion		10,0 %		Automatisch	10,0 %	
	Bier obergärig, Eigenproduktion		10,0 %			10,0 %	
	Mittelwert Eigenproduktion		10,0 %			10,0 %	
	AFG, Eigenabfüllung		10,0 %			10,0 %	
	Lohnabfüllung		10,0 %		Manuell	10,0 %	
	Mittelwert Abfüllung		10,0 %			10,0 %	
	Bier, Handelsware		10,0 %			10,0 %	
	AFG, Handelsware		10,0 %			10,0 %	

Grob-Auslegung Sudhaus					
< Zurück zu Eckdaten		Sudhaus		Zu ZKT >	
Brauerei A - Sortimentbrauerei					
Eckdaten Sudhaus		Stufe 1		Stufe 2	
Ausschlagwürze, heiß		250 hl AW/Sud		250 hl AW/Sud	
Anzahl Sudlinien		1		1	
Produktionszeit im Sudhaus		3,0 d/wo		4,5 d/wo	
Spez. Senkbodenbelastung		175 kg/m ²		175 kg/m ²	
Sudhausausbeute, lufttrocken		77,0 %		77,0 %	
Stammwürze		12,0 GG-%		12,0 GG-%	
Vorderwürzekonzentration		16,5 GG-%		16,5 GG-%	
Gesamtverdampfung		7,0 %		7,0 %	
Erf. Tages-Sudzahl		8 Sude/d		8 Sude/d	
Jahresausstoß		200.000 hl VB/a		300.000 hl VB/a	
Spitzenmonatsanteil		10,0 %		10,0 %	
Gesamtschwand		9,0 %		9,0 %	
Erf. Wochenproduktion (Heißwürze):		5.360 hl AW/wo		8.041 hl AW/wo	
Erf. Wochen-Sudzahl		21 Sude/wo		32 Sude/wo	
Stammwürze		12,6 GV-%		12,6 GV-%	
Mittlere Schüttung		3.915 kg/Sud		3.915 kg/Sud	
Mittlerer spez. Malzeinsatz		15,7 kg/hl AWheiß		15,7 kg/hl AWheiß	
Hauptguß		153 hl		153 hl	
Gesamtmaische		180 hl		180 hl	
Maischekonzentration		3,90 hl/100 kg		3,90 hl/100 kg	
Nachgüsse:		115 hl		115 hl	
Pfanne-voll-Würze		268 hl		268 hl	
Gesamtverdampfung		18 hl		18 hl	
Erforderliche Gefäße und Behälter					
	Anzahl	Durchmesser		Anzahl	Durchmesser
Maischbottich	1	2.600 mm		1	2.600 mm
Maischpfanne	1	2.000 mm		1	2.000 mm
Maischbott./-Pfanne					
Maisch-/Würze-Pfanne					
Läuterbottich	1	5.400 mm		1	5.400 mm
Maisch-/Läuterbott.					
Vorlaufgefäß	1	2.800 mm		1	2.800 mm
Würzepfanne	1	3.000 mm		1	3.000 mm
Whirlpool	1	3.500 mm		1	3.500 mm
Whirlpool-Pfanne					
Glattwassertank	1	1.100 mm		1	1.100 mm
Trubtank	1	1.100 mm		1	1.100 mm
Komb. Trub-/GW-Tank					
Trebersilo	1	3.000 mm		1	3.000 mm
Biol. Säuerungsanlage	2	2.100 mm		2	2.100 mm

Zusammenfassung ZKT und Tankdimensionierung												
Stufe 1												
	Gären		Lagern		Summe	HD F _{1,2}	Konus Innenw.	Durchmesser innen, ohne Kot	Untergängig		Obergängig	
	untergängig	obergängig	untergängig	obergängig					Bruttoinhalt	Gesamthöhe	Bruttoinhalt	Gesamthöhe
1-Sub-Tanke		1		1	2	2,8	85°	2.400 mm			330 H	9.019 mm
2-Sub-Tanke	8	4	12	6	28	2,8	85°	3.000 mm	600 H	10.642 mm	690 H	11.360 mm
3-Sub-Tanke						2,8	85°					
4-Sub-Tanke						2,8	85°					
5-Sub-Tanke						2,8	85°					
6-Sub-Tanke						2,8	85°					
7-Sub-Tanke						2,8	85°					
8-Sub-Tanke						2,8	85°					
9-Sub-Tanke						2,8	85°					
Stufe 2, zusätzliche Tanks												
	Gären		Lagern		Summe	HD F _{1,2}	Konus Innenw.	Durchmesser innen, ohne Kot	Untergängig		Obergängig	
	untergängig	obergängig	untergängig	obergängig					Bruttoinhalt	Gesamthöhe	Bruttoinhalt	Gesamthöhe
1-Sub-Tanke						2,8	85°					
2-Sub-Tanke	2	4	4		10	2,8	85°	3.000 mm	600 H	10.642 mm	690 H	11.360 mm
3-Sub-Tanke						2,8	85°					
4-Sub-Tanke						2,8	85°					
5-Sub-Tanke						2,8	85°					
6-Sub-Tanke						2,8	85°					
7-Sub-Tanke						2,8	85°					
8-Sub-Tanke						2,8	85°					
9-Sub-Tanke						2,8	85°					
Stufe 2, gesamt												
	Gären		Lagern		Summe	HD F _{1,2}	Konus Innenw.	Durchmesser innen, ohne Kot	Untergängig		Obergängig	
	untergängig	obergängig	untergängig	obergängig					Bruttoinhalt	Gesamthöhe	Bruttoinhalt	Gesamthöhe
1-Sub-Tanke		1		1	2	2,8	85°	2.400 mm			330 H	9.019 mm
2-Sub-Tanke	8	8	16	6	38	2,8	85°	3.000 mm	600 H	10.642 mm	690 H	11.360 mm
3-Sub-Tanke						2,8	85°					
4-Sub-Tanke						2,8	85°					
5-Sub-Tanke						2,8	85°					
6-Sub-Tanke						2,8	85°					
7-Sub-Tanke						2,8	85°					
8-Sub-Tanke						2,8	85°					
9-Sub-Tanke						2,8	85°					

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen									
< Zu Eckdaten		Flächenbedarf Stapelhalle, Blocklager						Zu Bevorratungszeiten	
Palettengröße		0,96 m ²							
Flächennutzung		45 %							
		Stufe 1				Stufe 2			
		Ausstoß	Flasche/ Dose	Keg	Leergut	Ausstoß	Flasche/ Dose	Keg	Leergut
II	Abfüllung Eigenbier								
	Hel	80.000 hl/a	105 m ²	70 m ²	130 m ²	100.000 hl/a	130 m ²	79 m ²	160 m ²
	Pils	20.000 hl/a	111 m ²	11 m ²	43 m ²	25.000 hl/a	83 m ²	41 m ²	47 m ²
	Dunkel	20.000 hl/a	63 m ²	26 m ²	41 m ²	25.000 hl/a	102 m ²	34 m ²	49 m ²
	Weizen hell	60.000 hl/a	181 m ²	45 m ²	107 m ²	120.000 hl/a	241 m ²	105 m ²	190 m ²
	Weizen dunkel	15.000 hl/a	53 m ²	15 m ²	26 m ²	22.500 hl/a	79 m ²	23 m ²	38 m ²
	Weizenbock	5.000 hl/a	45 m ²		11 m ²	7.500 hl/a	45 m ²	19 m ²	15 m ²
	SUMME EIGENBIER	200.000 hl/a	578 m²	166 m²	356 m²	300.000 hl/a	681 m²	301 m²	499 m²
III	Abfüllung AFG								
	Zitrone klar	15.000 hl/a	19 m ²	9 m ²	26 m ²	17.000 hl/a	11 m ²	9 m ²	19 m ²
	Orange	3.000 hl/a	9 m ²		6 m ²	4.000 hl/a	11 m ²		9 m ²
	Marsrujs	2.000 hl/a	26 m ²		6 m ²	2.000 hl/a	26 m ²		6 m ²
	Spezi	10.000 hl/a	15 m ²	15 m ²	19 m ²	14.000 hl/a	15 m ²	17 m ²	23 m ²
	Multivitamin					3.000 hl/a			
							15 m ²		9 m ²
	SUMME AFG	30.000 hl/a	68 m²	23 m²	58 m²	40.000 hl/a	77 m²	26 m²	66 m²
V	Handelswaren								
	HaWa Weizen	2.000 hl/a	15 m ²		11 m ²	2.500 hl/a	15 m ²	13 m ²	28 m ²
	HaWa Pils 1	1.000 hl/a	11 m ²		19 m ²	1.000 hl/a	11 m ²		11 m ²
	HaWa Altbier	1.000 hl/a	13 m ²	6 m ²		1.500 hl/a	13 m ²	6 m ²	19 m ²
	Cola	2.000 hl/a	6 m ²		6 m ²	2.000 hl/a	6 m ²		6 m ²
	Tafelwasser	3.000 hl/a	15 m ²		15 m ²	4.000 hl/a	19 m ²		19 m ²
	A-Saft	500 hl/a	13 m ²		13 m ²	500 hl/a	13 m ²		13 m ²
	D-Saft	500 hl/a	13 m ²		13 m ²	500 hl/a	13 m ²		13 m ²
	SUMME AFG	10.000 hl/a	85 m²	6 m²	77 m²	12.000 hl/a	90 m²	19 m²	109 m²
	Summe	240.000 hl/a	732 m²	196 m²	491 m²	352.000 hl/a	847 m²	346 m²	674 m²
	Zuschläge								
	Kommissionierung			250 m ²				350 m ²	
	Leergutsortierung			150 m ²				200 m ²	
	Kühlraum			50 m ²				50 m ²	
	SUMME ZUSCHLÄGE			450 m²				600 m²	
	Bruttohallenfläche			1.870 m²				2.470 m²	

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

[< Zu Eckdaten](#)

Bevorratungszeiten Voll- und Leergut

[Zu Stapelhalle](#)

Brauerei A - Sortimentbrauerei

II	Abfüllung Eigenbier	Automatisch zuordnen				Manuell zuordnen		
	Von	0 hl/a	5.001 hl/a	10.001 hl/a	25.001 hl/a	50.001 hl/a	100.001 hl/a	250.001 hl/a
	Bis	5.000 hl/a	10.000 hl/a	25.000 hl/a	50.000 hl/a	100.000 hl/a	250.000 hl/a	
	Tage Vollgut	10,0 d	7,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	0,5 d
	Tage Leergut	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d
III	Abfüllung AfG	Automatisch zuordnen				Manuell zuordnen		
	Von	0 hl/a	501 hl/a	1.001 hl/a	2.001 hl/a	5.001 hl/a	10.001 hl/a	25.001 hl/a
	Bis	500 hl/a	1.000 hl/a	2.000 hl/a	5.000 hl/a	10.000 hl/a	25.000 hl/a	
	Tage Vollgut	20,0 d	10,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d
	Tage Leergut	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d
V	Handelswaren	Automatisch zuordnen				Manuell zuordnen		
	Von	0 hl/a	501 hl/a	2.501 hl/a	5.001 hl/a	10.001 hl/a	20.001 hl/a	30.001 hl/a
	Bis	500 hl/a	2.500 hl/a	5.000 hl/a	10.000 hl/a	20.000 hl/a	30.000 hl/a	
	Tage Vollgut	20,0 d	10,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d
	Tage Leergut	20,0 d	10,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d
Sammelgebinde		Automatisch zuordnen				Manuell zuordnen		
		Inhalt/ Artikel	Artikel/ Einheit	Einheiten/ Lage	Lagen/ Palette	Paletten/ Stapel		
Flasche		0,33 l/FI	24 FI/K	8 K/Lag	5 Lag/Pal	3 Pal/St		
		0,50 l/FI	20 FI/K	8 K/Lag	5 Lag/Pal	3 Pal/St		
		0,70 l/FI	12 FI/K	10 K/Lag	4 Lag/Pal	3 Pal/St		
		1,00 l/FI	12 FI/K	10 K/Lag	4 Lag/Pal	3 Pal/St		
Dose		0,33 l/D	24 D/Einh	8 Einh/Lag	20 Lag/Pal	3 Pal/St		
		0,50 l/D	24 D/Einh	8 Einh/Lag	16 Lag/Pal	3 Pal/St		
Keg		50 l/Keg		6 Keg/Lag	1 Lag/Pal	6 Pal/St		
		30 l/Keg		6 Keg/Lag	2 Lag/Pal	6 Pal/St		
		20 l/Keg		6 Keg/Lag	2 Lag/Pal	6 Pal/St		
		15 l/Keg		6 Keg/Lag	2 Lag/Pal	6 Pal/St		
Großdose		5 l/Dose		12 GD/Lag	8 Lag/Pal	2 Pal/St		

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

◀ Zu Eckdaten

Grundstücksfläche und Kosten Brauerei A - Sortimentbrauerei

Bereich	Stufe 1			
	Bezugswert	Flächenbedarf	Anlagenkosten	Baukosten
Malz, Sudhaus, Wasser	210.600 hl AW/(kat)/a	720 m ²	5.600 TDM	1.200 TDM
Tanks (ZKT, DT, Flot.)	210.600 hl AW/(kat)/a	900 m ²	5.600 TDM	
Konusraum				1.300 TDM
Tankumhausung				1.700 TDM
Hefe, Filtration, CIP	210.600 hl AW/(kat)/a	780 m ²	2.400 TDM	1.100 TDM
Abfüllung	280.000 hl/a	3.100 m ²		4.100 TDM
Flaschenabfüllung	235.000 hl/a		10.000 TDM	
Kegabfüllung	45.000 hl/a		1.300 TDM	
Zentrale Betriebstechnik	240.000 hl/a	500 m ²	4.000 TDM	500 TDM
Logistik (Stapelhalle, Verladung, Magazin)	240.000 hl/a	4.100 m ²		4.500 TDM
Verwaltung, Parkplätze, Verkehrsflächen	244.000 hl/a	6.100 m ²		1.500 TDM
Grün-, Abstell-, Erweit-, Abstandsflächen	244.000 hl/a	17.000 m ²		500 TDM
Nebenkosten Planung, Genehmigung, Umweltschutz	244.000 hl/a		2.900 TDM	3.600 TDM
Summe		33.200 m²	31.800 TDM	20.000 TDM
Gesamtkosten			51.800 TDM	

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen									
Biersorten									
Brauerei A - Sortimentbrauerei									
< Zurück zu Eckdaten							Weiter zu Gebinden >		
				Stufe 1			Stufe 2		
I Bierproduktion				200.000 hl VB/a			300.000 hl VB/a		
I.1 Untergäriges Bier				120.000 hl VB/a			150.000 hl VB/a		
Anzahl Sorten				3			3		
Namen eingeben	Hell	Keine Namen	hl UG 1 wählen	80.000 hl VB/a	hl UG 1 automatisch	hl UG 2 wählen	100.000 hl VB/a	hl UG 2 automatisch	
	Pils			20.000 hl VB/a			25.000 hl VB/a		
	Dunkel			20.000 hl VB/a			25.000 hl VB/a		
I.2 Obergäriges Bier				80.000 hl VB/a			150.000 hl VB/a		
Anzahl Sorten				3			3		
Namen eingeben	Weizen hell	Keine Namen	hl OG 1 wählen	60.000 hl VB/a	hl OG 1 automatisch	hl OG 2 wählen	120.000 hl VB/a	hl OG 2 automatisch	
	Weizen dunkel			15.000 hl VB/a			22.500 hl VB/a		
	Weizenbock			5.000 hl VB/a			7.500 hl VB/a		

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Abfüllung nach Artikeln

Brauerei A - Sortimentbrauerei

<<< Zurück zu Eckdaten

<< Zurück zu Gebinden

Automatisch zuordnen

Manuell zuordnen

		Stufe 1				
		200.000 hl VB/a				
II	Abfüllung Bier	Eckdaten	II.1 Flaschenbier/Dosenbier		II.2 Kegbier/Großdose	
	Untergärig Stufe 1					
	Gesamt	120.000 hl VB/a	93.000 hl VB	I/Art	27.000 hl VB	I/Art
	Hell	80.000 hl VB/a	60.000 hl VB/a	OK	20.000 hl VB/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,50 l/FI	Flasche		0,33 l/FI	15.000 hl VB/a	50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:		60.000 hl VB/a	0,50 l/FI	5.000 hl VB/a	30 l/Keg
	Mittlere Keggröße: 45,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Pils	20.000 hl VB/a	18.000 hl VB/a	OK	2.000 hl VB/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,36 l/FI	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:		15.000 hl VB/a	0,50 l/FI	2.000 hl VB/a	30 l/Keg
	Mittlere Keggröße: 30,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein		3.000 hl VB/a	0,50 l/D		5 l/Dose
	Dunkel	20.000 hl VB/a	15.000 hl VB/a	OK	5.000 hl VB/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,33 l/FI	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:		15.000 hl VB/a	0,50 l/FI	5.000 hl VB/a	30 l/Keg
	Mittlere Keggröße: 30,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
				OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
				OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Obergärig Stufe 1					
	Gesamt	80.000 hl VB/a	67.000 hl VB	I/Art		I/Art
	Weizen hell	60.000 hl VB/a	50.000 hl VB/a	OK	10.000 hl VB/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,47 l/FI	Flasche		0,33 l/FI	8.000 hl VB/a	50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:		10.000 hl VB/a	0,50 l/FI	2.000 hl VB/a	30 l/Keg
	Mittlere Keggröße: 46,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein		40.000 hl VB/a	0,50 l/D		5 l/Dose
	Weizen dunkel	15.000 hl VB/a	12.000 hl VB/a	OK	3.000 hl VB/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,50 l/FI	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:		15.000 hl VB/a	0,50 l/FI	3.000 hl VB/a	30 l/Keg
	Mittlere Keggröße: 30,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein		5.000 hl VB/a	0,50 l/D		5 l/Dose
	Weizenbock	5.000 hl VB/a	5.000 hl VB/a	OK		OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,50 l/FI	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:		5.000 hl VB/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
				OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
				OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Abfüllung nach Artikeln

Brauerei A - Sortimentbrauerei

<<< Zurück zu Eckdaten

<< Zurück zu Gebinden

Automatisch zuordnen

Manuell zuordnen

		Stufe 2				
		300.000 hl VB/a				
Untergärig Stufe 2		Eckdaten	II.1 Flaschenbier		II.2 Kegbier	
Gesamt		150.000 hl VB/a	107.000 hl VB	I/Art	43.000 hl VB	I/Art
Hell		100.000 hl VB/a	75.000 hl VB/a	OK	25.000 hl VB/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,50 l/FI	Flasche		0,33 l/FI	18.000 hl VB/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			75.000 hl VB/a	0,50 l/FI	7.000 hl VB/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:	44,4 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
Pils		25.000 hl VB/a	15.000 hl VB/a	OK	10.000 hl VB/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,33 l/FI	Flasche		0,33 l/FI	2.000 hl VB/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			15.000 hl VB/a	0,50 l/FI	8.000 hl VB/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:	34,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
Dunkel		25.000 hl VB/a	17.000 hl VB/a	OK	8.000 hl VB/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,35 l/FI	Flasche		0,33 l/FI	2.000 hl VB/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			15.000 hl VB/a	0,50 l/FI	6.000 hl VB/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:	35,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein		2.000 hl VB/a	0,50 l/D		5 l/Dose
				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
Obergärig Stufe 2						
Gesamt		150.000 hl VB/a	93.000 hl VB	I/Art	57.000 hl VB	I/Art
Weizen hell		120.000 hl VB/a	70.000 hl VB/a	OK	50.000 hl VB/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,45 l/FI	Flasche		0,33 l/FI	40.000 hl VB/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			20.000 hl VB/a	0,50 l/FI	10.000 hl VB/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:	46,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
Weizen dunkel		22.500 hl VB/a	18.000 hl VB/a	OK	4.500 hl VB/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,50 l/FI	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			18.000 hl VB/a	0,50 l/FI	4.500 hl VB/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:	30,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
Weizenbock		7.500 hl VB/a	5.000 hl VB/a	OK	2.500 hl VB/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,50 l/FI	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			5.000 hl VB/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
Mittlere Keggröße:	20,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D	2.500 hl VB/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein			0,50 l/D		5 l/Dose

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

[< Zurück zu Eckdaten](#)

AfG-Sorten

[Weiter zu Gebinden >](#)

Brauerei A - Sortimentbrauerei

		Stufe 1		Stufe 2		
III	AfG-Abfüllung	30.000 hl VB/a		40.000 hl VB/a		
Anzahl Sorten		4		5		
Namen wählen	Zitrone klar	Sorten AfG 1 wählen	15.000 hl VB/a	Sorten AfG 1 automatisch	Sorten AfG 2 wählen	17.000 hl VB/a
	Orange		3.000 hl VB/a			4.000 hl VB/a
	Maracuja		2.000 hl VB/a	Sorten AfG 2 automatisch	2.000 hl VB/a	
	Spezi		10.000 hl VB/a		14.000 hl VB/a	
	Multivitamin			3.000 hl VB/a		

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

[<<< Zurück zu Eckdaten](#)
[<< Zurück zu Gebinden](#)

AfG-Abfüllung nach Artikeln
Brauerei A - Sortimentbrauerei

[Manuell zuordnen](#)
[Automatisch zuordnen](#)

		Stufe 1				
		30.000 hl/a				
III	Abfüllung AfG	Eckdaten	III.1 Flasche		II.2 Keg	
	Gesamt	30.000 hl/a	20.000 hl/a	I/Art	10.000 hl/a	I/Art
	Zitrone klar	15.000 hl/a	10.000 hl/a	OK	5.000 hl/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,50 l/FI			0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Keggröße: 30,0 l/Keg		10.000 h/a	0,50 l/FI	5.000 hl/a	30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
	Orange	3.000 h/a	3.000 h/a	OK	0 h/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,50 l/FI			0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Keggröße:		3.000 h/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
	Maracuja	2.000 h/a	2.000 h/a	OK	0 h/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,60 l/FI			0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Keggröße:		1.000 h/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
			1.000 h/a	0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
	Spezi	10.000 h/a	5.000 h/a	OK	5.000 hl/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,50 l/FI			0,33 l/FI	4.000 hl/a	50 l/Keg
	Mittlere Keggröße: 46,0 l/Keg		5.000 h/a	0,50 l/FI	1.000 hl/a	30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
	Multivitamin	0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
	Mittlere Flaschengröße:			0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Keggröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
	0	0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
	Mittlere Flaschengröße:			0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Keggröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
	0	0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
	Mittlere Flaschengröße:			0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Keggröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
	0	0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
	Mittlere Flaschengröße:			0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Keggröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
	0	0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
	Mittlere Flaschengröße:			0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Keggröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

<<< Zurück zu Eckdaten

<< Zurück zu Gebinden

AFG-Abfüllung nach Artikeln

Manuell zuordnen

Automatisch zuordnen

Brauerei A - Sortimentbrauerei

		Stufe 2				
		40.000 h/a				
		Eckdaten	III.1 Flasche		II.2 Keg	
Gesamt		40.000 h/a	28.000 h/a	I/Art	12.000 h/a	I/Art
Zitrone klar		17.000 h/a	11.000 h/a	OK	6.000 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,50 l/FI			0,33 l/FI	6.000 h/a	50 l/Keg
Mittlere Keggröße:	50,0 l/Keg		11.000 h/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
Orange		4.000 h/a	4.000 h/a	OK	0 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,50 l/FI			0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Keggröße:			4.000 h/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
Maracuja		2.000 h/a	2.000 h/a	OK	0 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,60 l/FI			0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Keggröße:			1.000 h/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
			1.000 h/a	0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
Spezi		14.000 h/a	8.000 h/a	OK	6.000 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,50 l/FI			0,33 l/FI	5.000 h/a	50 l/Keg
Mittlere Keggröße:	46,7 l/Keg		8.000 h/a	0,50 l/FI	1.000 h/a	30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
Multivitamin		3.000 h/a	3.000 h/a	Falsch	0 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:				0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Keggröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
0		0 h/a	0 h/a	Falsch	0 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,70 l/FI			0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Keggröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
			3.000 h/a	0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
0		0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:				0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Keggröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
0		0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:				0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Keggröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
0		0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:				0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Keggröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg
0		0 h/a	0 h/a	OK	0 h/a	OK
Mittlere Flaschengröße:				0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Keggröße:				0,50 l/FI		30 l/Keg
				0,70 l/FI		20 l/Keg
				1,00 l/FI		15 l/Keg

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

[< Zurück zu Eckdaten](#)

Lohnabfüllung-Sorten Brauerei A - Sortimentbrauerei

[Weiter zu Gebinden >](#)

		Stufe 1		Stufe 2		
IV	Lohnabfüllung	50.000 hl/a		60.000 hl/a		
	Anzahl Sorten	◀ ▶ 2		◀ ▶ 2		
Namen wählen	LA Sorte 1	Sorten LA 1 wählen	25.000 hl/a	Sorten LA 1 automatisch	Sorten LA 2 wählen	30.000 hl/a
	LA Sorte 2		25.000 hl/a			30.000 hl/a
	LA Sorte 3	Keine Namen				
	LA Sorte 4					
	LA Sorte 5					
	LA Sorte 6					
	LA Sorte 7					
	LA Sorte 8					
	LA Sorte 9					
	LA Sorte 10					

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Lohnabfüllung nach Gebinden

Brauerei A - Sortimentbrauerei

<< Zurück zu Eckdaten

< Zurück zu LA Sorten

Sorten
zuordnen

Automatisch
zuordnen

Weiter zu LA Artikel >

		Stufe 1							
IV Lohnabfüllung		50.000 hl VB/a							
		Eckdaten	IV.1 Flasche/Dose		IV.2 Keg/Großdose		Kontrolle		
	Gesamt	50.000 hl/a	50.000 hl/a	100 %	0 hl/a	0 %	50.000 hl/a	100 %	
	LA Sorte 1	25.000 hl/a	25.000 hl/a	100 %	0 hl/a	0 %	25.000 hl/a	100 %	
	LA Sorte 2	25.000 hl/a	25.000 hl/a	100 %	0 hl/a	0 %	25.000 hl/a	100 %	
	LA Sorte 3	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 4	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 5	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 6	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 7	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 8	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 9	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 10	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
		Stufe 2							
IV Lohnabfüllung		60.000 hl VB/a							
		Eckdaten	IV.1 Flasche/Dose		IV.2 Keg/Großdose		Kontrolle		
	Gesamt	60.000 hl/a	60.000 hl/a	100 %	0 hl/a	0 %	60.000 hl/a	100 %	
	LA Sorte 1	30.000 hl/a	30.000 hl/a	100 %	0 hl/a	0 %	30.000 hl/a	100 %	
	LA Sorte 2	30.000 hl/a	30.000 hl/a	100 %	0 hl/a	0 %	30.000 hl/a	100 %	
	LA Sorte 3	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 4	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 5	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 6	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 7	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 8	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 9	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	
	LA Sorte 10	0 hl/a	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	0 hl/a	0 %	

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Lohnabfüllung nach Artikeln

Brauerei A - Sortimentbrauerei

<<< Zurück zu Eckdaten

<< Zurück zu Gebinden

Manuell
zuordnen

Automatisch
zuordnen

IV Lohnabfüllung		Stufe 1				
		50.000 hl/a				
		Eckdaten	IV.1 Flasche/Dose		IV.2 Keg/Großdose	
Gesamt		50.000 hl/a	50.000 hl	I/Art	0 hl	I/Art
LA Sorte 1		25.000 hl/a	25.000 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,37 l/FI	Flasche	18.750 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			6.250 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 2		25.000 hl/a	25.000 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,37 l/FI	Flasche	18.750 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			6.250 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 3		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 4		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 5		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 6 #BEZUG!		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 7		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 8		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 9		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 10		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Lohnabfüllung nach Artikeln

Brauerei A - Sortimentbrauerei

<<< Zurück zu Eckdaten

<< Zurück zu Gebinden

Manuell
zuordnen

Automatisch
zuordnen

		Stufe 2				
		60.000 hl/a				
		Eckdaten	IV.1 Flasche/Dose		IV.2 Keg/Großdose	
Gesamt		60.000 hl/a	60.000 hl	l/Art	0 hl	l/Art
LA Sorte 1		30.000 hl/a	30.000 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,37 l/FI	Flasche	22.500 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			7.500 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 2		30.000 hl/a	30.000 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,37 l/FI	Flasche	22.500 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			7.500 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 3		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 4		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 5		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 6		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 7		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 8		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 9		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose
LA Sorte 10		0 hl/a	0 hl/a	OK	0 hl/a	OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche	0 hl/a	0,33 l/FI	0 hl/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			0 hl/a	0,50 l/FI	0 hl/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:		Dose	0 hl/a	0,33 l/D	0 hl/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein		0 hl/a	0,50 l/D	0 hl/a	5 l/Dose

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen									
			Handelswaren nach Sorten						
			Brauerei A - Sortimentbrauerei						
			Stufe 1				Stufe 2		
V	Handelswaren		10.000 hl/a				12.000 hl/a		
V.1	Handelswaren Bier		4.000 hl VB/a				5.000 hl VB/a		
	Anzahl Sorten		3				3		
	Namen wählen	HaWa Weizen	HAWA Bier 1 wählen	2.000 hl VB/a	HAWA Bier 1 automatisch	HAWA Bier 2 wählen	2.500 hl VB/a	HAWA Bier 2 automatisch	
		HaWa Pils 1		1.000 hl VB/a			1.000 hl VB/a		
		HaWa Altbier		1.000 hl VB/a			1.500 hl VB/a		
	Keine Namen								
V.2	Handelswaren AfG		6.000 hl/a				7.000 hl/a		
	Anzahl Sorten		4				4		
	Namen wählen	Cola	HAWA AfG 1 wählen	2.000 hl/a	HAWA AfG 1 automatisch	HAWA AfG 2 wählen	2.000 h/a	HAWA AfG 2 automatisch	
		Tafelwasser		3.000 hl/a			4.000 h/a		
		A-Saft		500 hl/a			500 h/a		
		O-Saft		500 hl/a			500 h/a		
	Keine Namen								

< Zurück zu Eckdaten

Weiter zu Gebinden >

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Handelswaren nach Artikeln

Brauerei A - Sortimentbrauerei

<<< Zurück zu Eckdaten

< Zurück zu HAWA-Gebinden

Manuell zuordnen

Automatisch zuordnen

		Stufe 1			
V Handelswaren		10.000 hl VB/a			
Handelswaren Bier Stufe 1		Eckdaten	V.1 Flasche/Dose		V.2 Keg/Großdose
Gesamt		4.000 hl VB/a	3.500 hl VB	I/Art	500 hl VB
HaWa Weizen		2.000 hl VB/a	2.000 hl VB/a	OK	OK
		Flasche	1.000 hl VB/a	0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose	1.000 hl VB/a	0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
HaWa Pils 1		1.000 hl VB/a	1.000 hl VB/a	OK	OK
		Flasche	1.000 hl VB/a	0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose		0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
HaWa Altbier		1.000 hl VB/a	500 hl VB/a	OK	500 hl VB/a
		Flasche	500 hl VB/a	0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose		0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
				OK	OK
		Flasche		0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose		0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
				OK	OK
		Flasche		0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose		0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
Handelswaren AfG Stufe 1					
Gesamt		6.000 hl/a	6.000 hl	I/Art	I/Art
Cola		2.000 hl/a	2.000 hl/a	OK	OK
		Flasche		0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose	2.000 hl/a	0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
Tafelwasser		3.000 hl/a	3.000 hl/a	OK	OK
		Flasche	3.000 hl/a	0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose		0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
A-Saft		500 hl/a	500 hl/a	OK	OK
		Flasche	500 hl/a	0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose		0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
O-Saft		500 hl/a	500 hl/a	OK	OK
		Flasche	500 hl/a	0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose		0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose
				OK	OK
		Flasche		0,33 l/FI	50 l/Keg
		Dose		0,50 l/FI	30 l/Keg
				0,33 l/D	20 l/Keg
				0,50 l/D	5 l/Dose

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Handelswaren nach Artikeln

Brauerei A - Sortimentbrauerei

<<< Zurück zu Eckdaten

< Zurück zu HAWA-Gebinden

Manuell zuordnen

Automatisch zuordnen

		Stufe 2			
		12.000 hl/a			
Handelswaren Bier Stufe 2	Eckdaten	V.1 Flasche/Dose		V.2 Keg/Großdose	
Gesamt	5.000 hl VB/a	4.000 hl VB/a	I/Art	1.000 hl VB	I/Art
HaWa Weizen	2.500 hl VB/a	2.000 hl VB/a	OK	500 hl VB/a	OK
	Flasche	1.000 hl VB/a	0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose	1.000 hl VB/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
		1.000 hl VB/a	0,50 l/D	500 hl VB/a	5 l/Dose
HaWa Pils 1	1.000 hl VB/a	1.000 hl VB/a	OK		OK
	Flasche	1.000 hl VB/a	0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose		0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose
HaWa Altbier	1.500 hl VB/a	1.000 hl VB/a	OK	500 hl VB/a	OK
	Flasche	1.000 hl VB/a	0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose		0,50 l/FI	500 hl VB/a	30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose
			OK		OK
	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose		0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose
			OK		OK
	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose		0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose
Handelswaren AfG Stufe 2					
Gesamt	7.000 hl/a	7.000 hl	I/Art		I/Art
Cola	2.000 hl/a	2.000 hl/a	OK		OK
	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose	2.000 hl/a	0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose
Tafelwasser	4.000 hl/a	4.000 hl/a	OK		OK
	Flasche	4.000 hl/a	0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose		0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose
A-Saft	500 hl/a	500 hl/a	OK		OK
	Flasche	500 hl/a	0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose		0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose
O-Saft	500 hl/a	500 hl/a	OK		OK
	Flasche	500 hl/a	0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose		0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose
			OK		OK
	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Dose		0,50 l/FI		30 l/Keg
			0,33 l/D		20 l/Keg
			0,50 l/D		5 l/Dose

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

ECKDATEN ALLGEMEIN

Brauerei B - 1-Sorten-Brauerei

Zu Sudhaus >

Zu Stapelballe >

Zu ZKT >

Zu Kosten >

		Meldungen	Stufe 1			Stufe 2	
I	Bierproduktion		200.000 hl VB/a	100 %		300.000 hl VB/a	100 %
I.1	Untergärig		200.000 hl VB/a	100,0 %	Sorten wählen	300.000 hl VB/a	100,0 %
I.2	Obergärig			0,0 %			0,0 %
II	Abfüllung Eigenbier		OK	100 %		OK	100 %
II.1	Flaschenbier/Dosenbier		150.000 hl VB/a	75 %	Gebinde wählen	225.000 hl VB/a	75 %
II.2	Kegbier		50.000 hl VB/a	25 %		75.000 hl VB/a	25 %
II.3	Tankbier		0 hl/a	0 %		0 hl/a	0 %
III	Abfüllung AFG			0 %			0 %
III.1	Flasche/Dose			0,0 %	Sorten wählen		0,0 %
III.2	Keg/Großdose			0,0 %			0,0 %
IV	Lohnabfüllung			0 %			0 %
IV.1	Flasche			0,0 %	Sorten wählen		0,0 %
IV.2	Keg			0,0 %			0,0 %
V	Handelswaren			0 %			0 %
V.1	Bier			0,0 %	Sorten wählen		0,0 %
V.2	AFG			0,0 %			0,0 %
VI	Schwandverteilung						
VI.1	Untergärige Produktion						
	Gesamtschwand		-8,5 %			-8,5 %	
	AW _{max} bis AW _{min}		4,0 %			4,0 %	
	AW _{max} bis Anstellen		0,5 %			0,5 %	
	Anstellen bis Ende Hauptgärung		0,5 %		Automatisch	0,5 %	
	Ende Hauptgärung bis Ende Reifen		0,5 %			0,5 %	
	Ende Reifen bis Ende Filtrieren		-15,0 %		Manuell	-15,0 %	
	Ende Filtrieren bis Beginn Abfüllen		0,5 %			0,5 %	
	Beginn Abfüllen bis Vollgutlager		0,5 %			0,5 %	
	Vollgutlager bis Versand		0,0 %			0,0 %	
VI.2	Obergärige Produktion						
	Gesamtschwand		-8,5 %			-8,5 %	
	AW _{max} bis AW _{min}		4,0 %			4,0 %	
	AW _{max} bis Anstellen		0,5 %			0,5 %	
	Anstellen bis Ende Hauptgärung		0,5 %		Automatisch	0,5 %	
	Ende Hauptgärung bis Ende Reifen		0,5 %			0,5 %	
	Ende Reifen bis Ende Filtrieren		-15,0 %		Manuell	-15,0 %	
	Ende Filtrieren bis Beginn Abfüllen		0,5 %			0,5 %	
	Beginn Abfüllen bis Vollgutlager		0,5 %			0,5 %	
	Vollgutlager bis Versand		0,0 %			0,0 %	
VII	Spitzenmonatsanteil, gesamt		10,0 %			10,0 %	
	Bier untergärig, Eigenproduktion		10,0 %			10,0 %	
	Bier obergärig, Eigenproduktion		10,0 %			10,0 %	
	Mittelwert Eigenproduktion		10,0 %		Automatisch	10,0 %	
	AFG, Eigenabfüllung		10,0 %			10,0 %	
	Lohnabfüllung		10,0 %		Manuell	10,0 %	
	Mittelwert Abfüllung		10,0 %			10,0 %	
	Bier, Handelsware		10,0 %			10,0 %	
	AFG, Handelsware		10,0 %			10,0 %	

Grob-Auslegung Sudhaus					
< Zurück zu Eckdaten		Sudhaus		Zu ZKT >	
Brauerei B - 1-Sorten-Brauerei					
Eckdaten Sudhaus		Stufe 1		Stufe 2	
Ausschlagwürze, heiß		250 hl AW/Sud		250 hl AW/Sud	
Anzahl Sudlinien		1		1	
Produktionszeit im Sudhaus		3,0 d/wo		4,5 d/wo	
Spez. Senkbodenbelastung		175 kg/m ²		175 kg/m ²	
Sudhausausbeute, lufttrocken		77,0 %		77,0 %	
Stammwürze		14,0 GG-%		14,0 GG-%	
Vorderwürzekonzentration		18,5 GG-%		18,5 GG-%	
Gesamtverdampfung		7,0 %		7,0 %	
Erf. Tages-Sudzahl					
		6 Sude/d		6 Sude/d	
Jahresausstoß					
		200.000 hl VB/a		300.000 hl VB/a	
Spitzenmonatsanteil					
		10,0 %		10,0 %	
Gesamtschwand					
		-8,5 %		-8,5 %	
Erf. Wochenproduktion (Heißwürze):					
		4.496 hl AW/wo		6.744 hl AW/wo	
Erf. Wochen-Sudzahl					
		18 Sude/wo		27 Sude/wo	
Stammwürze					
		14,8 GV-%		14,8 GV-%	
Mittlere Schüttung					
		4.604 kg/Sud		4.604 kg/Sud	
Mittlerer spez. Malzeinsatz					
		18,4 kg/hl AWheiß		18,4 kg/hl AWheiß	
Hauptguß					
		156 hl		156 hl	
Gesamtmaische					
		188 hl		188 hl	
Maischekonzentration					
		3,39 hl/100 kg		3,39 hl/100 kg	
Nachgüsse:					
		111 hl		111 hl	
Pfanne-voll-Würze					
		268 hl		268 hl	
Gesamtverdampfung					
		18 hl		18 hl	
Erforderliche Gefäße und Behälter					
	Anzahl	Durchmesser		Anzahl	Durchmesser
Maischbottich	1	2.600 mm		1	2.600 mm
Maischpfanne	1	2.100 mm		1	2.100 mm
Maischbott./-Pfanne					
Maisch-/Würze-Pfanne					
Läuterbottich	1	5.800 mm		1	5.800 mm
Maisch-/Läuterbott.					
Vorlaufgefäß	1	2.800 mm		1	2.800 mm
Würzepfanne					
Whirlpool					
Whirlpool-Pfanne	1	3.500 mm		1	3.500 mm
Glattwassertank	1	1.100 mm		1	1.100 mm
Trubtank	1	1.100 mm		1	1.100 mm
Komb. Trub-/GW-Tank					
Trebersilo	1	2.900 mm		1	2.900 mm
Biol. Säuerungsanlage	2	2.100 mm		2	2.100 mm

Zusammenfassung ZKT und Tankdimensionierung									
Stufe 1									
Lagern		Summe	H/D Fl _{ges}	Konus Innenw.	Durchmesser innen, ohne Isol.	Untergärig		Obergärig	
untergärig	obergärig					Bruttoinhalt	Gesamthöhe	Bruttoinhalt	Gesamthöhe
			2,8	65 °					
			2,8	65 °					
12		18	2,8	65 °	3.400 mm	900 hl	12.354 mm		
			2,8	65 °					
			2,8	65 °					
			2,8	65 °					
			2,8	65 °					
Stufe 2, zusätzliche Tanks									
Lagern		Summe	H/D Fl _{ges}	Konus Innenw.	Durchmesser innen, ohne Isol.	Untergärig		Obergärig	
untergärig	obergärig					Bruttoinhalt	Gesamthöhe	Bruttoinhalt	Gesamthöhe
			2,8	65 °					
			2,8	65 °					
2		3	2,8	65 °	3.400 mm	900 hl	12.354 mm		
			2,8	65 °					
			2,8	65 °					
2		3	2,8	65 °	4.900 mm	1.800 hl	15.483 mm		
			2,8	65 °					
Stufe 2, gesamt									
Lagern		Summe	H/D Fl _{ges}	Konus Innenw.	Durchmesser innen, ohne Isol.	Untergärig		Obergärig	
untergärig	obergärig					Bruttoinhalt	Gesamthöhe	Bruttoinhalt	Gesamthöhe
			2,8	65 °					
			2,8	65 °					
14		21	2,8	65 °	3.400 mm	900 hl	12.354 mm		
			2,8	65 °					
			2,8	65 °					
2		3	2,8	65 °	4.900 mm	1.800 hl	15.483 mm		
			2,8	65 °					

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen									
< Zu Eckdaten		Flächenbedarf Stapelhalle, Blocklager						Zu Bevorratungszeiten	
		Brauerei B - 1-Sorten-Brauerei							
Palettengröße		0,96 m ²							
Flächennutzung		45 %							
		Stufe 1				Stufe 2			
		Ausstoß	Flasche/ Dose	Keg	Leergut	Ausstoß	Flasche/ Dose	Keg	Leergut
II	Abfüllung Eigenbier								
	Untergängig 1	200.000 hl/a	222 m ²	126 m ²	250 m ²	300.000 hl/a	284 m ²	173 m ²	373 m ²
	Untergängig 2								
	Untergängig 3								
	Untergängig 4								
	Untergängig 5								
	Obergängig 1								
	Obergängig 1								
	Obergängig 1								
	Obergängig 1								
	SUMME EIGENBIER	200.000 hl/a	222 m²	126 m²	250 m²	300.000 hl/a	284 m²	173 m²	373 m²
III	Abfüllung AFG								
	Sorte 1								
	Sorte 2								
	Sorte 3								
	Sorte 4								
	Sorte 5								
	Sorte 6								
	Sorte 7								
	Sorte 8								
	Sorte 9								
	Sorte 10								
	SUMME AFG								
V	Handelswaren								
	HAWA Bier 1								
	HAWA Bier 2								
	HAWA Bier 3								
	HAWA Bier 4								
	HAWA Bier 5								
	HAWA AFG 1								
	HAWA AFG 2								
	HAWA AFG 3								
	HAWA AFG 4								
	HAWA AFG 5								
	SUMME AFG								
	Summe	200.000 hl/a	222 m²	126 m²	250 m²	300.000 hl/a	284 m²	173 m²	373 m²
	Zuschläge								
	Kommissionierung			100 m ²				150 m ²	
	Leergutsortierung			75 m ²				100 m ²	
	Kühlraum			50 m ²				50 m ²	
	SUMME ZUSCHLÄGE			225 m²				300 m²	
	Bruttohallenfläche			830 m²				1.130 m²	

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

[< Zu Eckdaten](#)

Bevorratungszeiten Voll- und Leergut

[Zu Stapelhalle](#)

Brauerei B - 1-Sorten-Brauerei

II	Abfüllung Eigenbier	Automatisch zuordnen				Manuell zuordnen			
	Von	0 hl/a	5.001 hl/a	10.001 hl/a	25.001 hl/a	50.001 hl/a	100.001 hl/a	250.001 hl/a	
	Bis	5.000 hl/a	10.000 hl/a	25.000 hl/a	50.000 hl/a	100.000 hl/a	250.000 hl/a		
	Tage Vollgut	10,0 d	7,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	0,5 d	
	Tage Leergut	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d	
III	Abfüllung AfG	Automatisch zuordnen				Manuell zuordnen			
	Von	0 hl/a	501 hl/a	1.001 hl/a	2.001 hl/a	5.001 hl/a	10.001 hl/a	25.001 hl/a	
	Bis	500 hl/a	1.000 hl/a	2.000 hl/a	5.000 hl/a	10.000 hl/a	25.000 hl/a		
	Tage Vollgut	20,0 d	10,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d	
	Tage Leergut	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d	
V	Handelswaren	Automatisch zuordnen				Manuell zuordnen			
	Von	0 hl/a	501 hl/a	2.501 hl/a	5.001 hl/a	10.001 hl/a	20.001 hl/a	30.001 hl/a	
	Bis	500 hl/a	2.500 hl/a	5.000 hl/a	10.000 hl/a	20.000 hl/a	30.000 hl/a		
	Tage Vollgut	20,0 d	10,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d	
	Tage Leergut	20,0 d	10,0 d	5,0 d	3,0 d	2,0 d	1,0 d	1,0 d	
Sammelgebinde		Automatisch zuordnen				Manuell zuordnen			
		Inhalt/ Artikel	Artikel/ Einheit	Einheiten/ Lage	Lagen/ Palette	Paletten/ Stapel			
Flasche		0,33 l/FI	24 FI/K	8 K/Lag	5 Lag/Pal	3 Pal/St			
		0,50 l/FI	20 FI/K	8 K/Lag	5 Lag/Pal	3 Pal/St			
		0,70 l/FI	12 FI/K	10 K/Lag	4 Lag/Pal	3 Pal/St			
		1,00 l/FI	12 FI/K	10 K/Lag	4 Lag/Pal	3 Pal/St			
Dose		0,33 l/D	24 D/Einh	8 Einh/Lag	20 Lag/Pal	3 Pal/St			
		0,50 l/D	24 D/Einh	8 Einh/Lag	16 Lag/Pal	3 Pal/St			
Keg		50 l/Keg			6 Keg/Lag	1 Lag/Pal			
		30 l/Keg			6 Keg/Lag	2 Lag/Pal			
		20 l/Keg			6 Keg/Lag	2 Lag/Pal			
		15 l/Keg			6 Keg/Lag	2 Lag/Pal			
Großdose		5 l/Dose			12 GD/Lag	8 Lag/Pal			

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

[← Zu Eckdaten](#)

Grundstücksfläche und Kosten Brauerei B - 1-Sorten-Brauerei

Bereich	Stufe 1			
	Bezugswert	Flächenbedarf	Anlagenkosten	Baukosten
Malz, Sudhaus, Wasser	177.800 H AW/(kat)/a	860 m ²	5.000 TDM	1.100 TDM
Tanks (ZKT, DT, Flot.)	177.800 H AW/(kat)/a	860 m ²	4.900 TDM	
Konusraum				1.200 TDM
Tankumhausung				1.600 TDM
Hefe, Filtration, CIP	177.800 H AW/(kat)/a	720 m ²	2.200 TDM	1.000 TDM
Abfüllung	200.000 hl/a	2.500 m ²		3.200 TDM
Flaschenabfüllung	150.000 hl/a		7.800 TDM	
Kegabfüllung	50.000 hl/a		1.100 TDM	
Zentrale Betriebstechnik	200.000 hl/a	450 m ²	3.400 TDM	400 TDM
Logistik (Stapelhalle, Verladung, Magazin)	200.000 hl/a	3.700 m ²		3.900 TDM
Verwaltung, Park-plätze, Verkehrsflächen	193.000 hl/a	5.200 m ²		1.200 TDM
Grün-, Abstell-, Erweit-, Abstandsflächen	193.000 hl/a	15.200 m ²		400 TDM
Nebenkosten Planung, Genehmigung, Umweltschutz	193.000 hl/a		2.600 TDM	3.200 TDM
Summe		29.290 m²	27.000 TDM	17.200 TDM
Gesamtkosten			44.200 TDM	

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen										
Biersorten										
Brauerei B - 1-Sorten-Brauerei										
< Zurück zu Eckdaten							Weiter zu Gebinden >			
				Stufe 1			Stufe 2			
I Bierproduktion				200.000 hl VB/a			300.000 hl VB/a			
I.1 Untergäriges Bier				200.000 hl VB/a			300.000 hl VB/a			
Anzahl Sorten				1			1			
Namen eingeben	Untergärig 1	Keine Namen	hl UG 1 wählen	200.000 hl VB/a		hl UG 1 automatisch	hl UG 2 wählen	300.000 hl VB/a		hl UG 2 automatisch
	Untergärig 2									
	Untergärig 3									
	Untergärig 4									
	Untergärig 5									
I.2 Obergäriges Bier				0 hl VB/a			0 hl VB/a			
Anzahl Sorten				1			1			
Namen eingeben	Obergärig 1	Keine Namen	hl OG 1 wählen	0 hl VB/a		hl OG 1 automatisch	hl OG 2 wählen	0 hl VB/a		hl OG 2 automatisch
	Obergärig 1									
	Obergärig 1									
	Obergärig 1									
	Obergärig 1									

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Abfüllung nach Artikeln

Brauerei B - 1-Sorten-Brauerei

<<< Zurück zu Eckdaten

<< Zurück zu Gebinden

Automatisch zuordnen

Manuell zuordnen

		Stufe 1				
		200.000 hl VB/a				
II	Abfüllung Bier	Eckdaten	II.1 Flaschenbier/Dosenbier		II.2 Kegbier/Großdose	
	Untergärig Stufe 1					
	Gesamt	200.000 hl VB/a	150.000 hl VB	I/Art	50.000 hl VB	I/Art
	Untergärig 1	200.000 hl VB/a	150.000 hl VB/a	OK	50.000 hl VB/a	OK
	Mittlere Flaschengröße: 0,37 l/FI	Flasche	112.500 hl VB/a	0,33 l/FI	30.000 hl VB/a	50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:		37.500 hl VB/a	0,50 l/FI	15.000 hl VB/a	30 l/Keg
	Mittlere Keggröße: 41,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D	5.000 hl VB/a	20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Untergärig 2			OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Untergärig 3			OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Untergärig 4			OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Untergärig 5			OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Obergärig Stufe 1					
	Gesamt			I/Art		I/Art
	Obergärig 1			OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Obergärig 1			OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Obergärig 1			OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose
	Obergärig 1			OK		OK
	Mittlere Flaschengröße:	Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
	Mittlere Dosengröße:			0,50 l/FI		30 l/Keg
	Mittlere Keggröße:	Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
	Großdose: Nein			0,50 l/D		5 l/Dose

Auslegungsdaten für einen Brauereineubau in 2 Stufen

Abfüllung nach Artikeln

Brauerei B - 1-Sorten-Brauerei

<<< Zurück zu Eckdaten

<< Zurück zu Gebinden

Automatisch zuordnen

Manuell zuordnen

		Stufe 2				
		300.000 hl VB/a				
Untergärig Stufe 2		Eckdaten	II.1 Flaschenbier		II.2 Kegbier	
Gesamt		300.000 hl VB/a	225.000 hl VB	I/Art	75.000 hl VB	I/Art
Untergärig 1		300.000 hl VB/a	225.000 hl VB/a	OK	75.000 hl VB/a	OK
Mittlere Flaschengröße:	0,37 l/FI	Flasche	168.750 hl VB/a	0,33 l/FI	45.000 hl VB/a	50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:			56.250 hl VB/a	0,50 l/FI	22.500 hl VB/a	30 l/Keg
Mittlere Keggröße:	41,0 l/Keg	Dose		0,33 l/D	7.500 hl VB/a	20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	
Untergärig 2				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:					0,50 l/FI	
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	
Untergärig 3				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:					0,50 l/FI	
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	
Untergärig 4				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:					0,50 l/FI	
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	
Untergärig 5				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:					0,50 l/FI	
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	
Obergärig Stufe 2						
Gesamt				I/Art		I/Art
Obergärig 1				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:					0,50 l/FI	
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	
Obergärig 1				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:					0,50 l/FI	
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	
Obergärig 1				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:					0,50 l/FI	
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	
Obergärig 1				OK		OK
Mittlere Flaschengröße:		Flasche		0,33 l/FI		50 l/Keg
Mittlere Dosengröße:					0,50 l/FI	
Mittlere Keggröße:		Dose		0,33 l/D		20 l/Keg
Großdose:	Nein				0,50 l/D	

