**1. Rohstoffauswahl**

* **Getreide:** Die Wahl des Getreides hängt von der Whiskyart ab: (Hefe, Getreide (Molted(ger gemausert) und Wasser
  + **Malted Barley (gemälzte Gerste):** Für Single Malt Whisky. **Malted Barley** (gemälzte Gerste) ist Gerste, die speziell verarbeitet wurde, um ihre Stärke in vergärbare Zucker umzuwandeln. Diese Zucker sind entscheidend für die Gärung, bei der Alkohol entsteht. Malted Barley ist ein Hauptbestandteil vieler Whiskys, insbesondere von **Single Malt Whisky**, der ausschließlich aus gemälzter Gerste hergestellt wird.(KEIMEN DER DES GETREIDES ´
    - **Wasser 2-3x während des Keimens austauschen**
    - **Hinzufügen von Sauerstoff um Wasserabsorption zu erhöhen**
    - **Gleichmäßig Auslegen und regemäßg wenden zum abführen der Wärme normal mit rechen gemacht**
    - **Räuchern der Gerste beim Trocken durch Ofen (Holz oder Trorf) bis 4-5 Prozent Wassergehalt.**
  + **Andere Getreidearten:** Mais, Roggen oder Weizen für Bourbon oder Grain Whisky.
* **Wasser:** Hochwertiges, mineralarmes Wasser ist entscheidend für Geschmack und Reinheit.
* **Hefe:** Für die Fermentation, die den Zucker im Getreide in Alkohol umwandelt.

**2. Mälzen**

* **Reinigung:** Die Gerste wird von Verunreinigungen gereinigt.
* **Einweichen:** Die Gerste wird in Wasser eingeweicht, bis sie zu keimen beginnt (ca. 2-3 Tage).
* **Keimen:** Das Korn wird ausgebreitet und keimt 4-7 Tage. Dabei wird Stärke in vergärbaren Zucker umgewandelt.
* **Trocknen (Kilning):**
  + Die gekeimte Gerste wird in einem Kiln (Darre) getrocknet.
  + Verwendung von Torf (optional) verleiht dem Whisky ein rauchiges Aroma.

**3. Maischen (Mashing)**

* **Zerkleinern:** Das Malz wird in einer Mühle zu grobem Mehl (Grist) verarbeitet.
* **Wasserzugabe:** In einem Mash Tun (Maischbottich) wird heißes Wasser zugegeben.
  + Zucker wird aus dem Malz extrahiert.
  + Der Vorgang wird mehrfach wiederholt, um maximale Zuckergewinnung zu gewährleisten.
* **Würze (Wort):** Die süße Flüssigkeit, die resultiert, wird abgelassen.

**4. Fermentation (Gärung)**

* **Würze und Hefe:** Die Würze wird in große Gärbottiche (Washbacks) gepumpt und Hefe hinzugefügt.
* **Dauer:** Die Fermentation dauert 48-96 Stunden.
* **Ergebnis:** Es entsteht eine Flüssigkeit mit einem Alkoholgehalt von 6-9 % (Wash), ähnlich wie Bier.

**5. Destillation**

* **Wash Still (erste Destillation):**
  + Der Wash wird in eine Kupferbrennblase (Pot Still) gegeben.
  + Der Alkohol wird durch Erhitzen verdampft und kondensiert.
  + Ergebnis: Ein Rohbrand (Low Wines) mit ca. 20-25 % Alkohol.
* **Spirit Still (zweite Destillation):**
  + Die Low Wines werden erneut destilliert.
  + Es entstehen drei Fraktionen: Vorlauf, Herzstück, Nachlauf.
  + Nur das Herzstück wird für den Whisky verwendet.
  + Ergebnis: Reiner Spirit mit ca. 60-70 % Alkohol.

**6. Reifung**

* **Fässer:** Der Spirit wird in Eichenfässern gelagert, oft ehemalige Bourbon-, Sherry- oder Weinfässer.
* **Ort und Dauer:** Die Reifung dauert mindestens 3 Jahre (gesetzlich vorgeschrieben) und findet in Lagerhäusern statt.
* **Einflüsse:** Temperatur, Feuchtigkeit und Fassart beeinflussen Aroma und Geschmack.

**7. Blending (optional)**

* **Single Malt:** Whisky aus einer Brennerei und aus 100 % gemälzter Gerste.
* **Blended Whisky:** Mischung aus verschiedenen Single Malts und Grain Whiskys.

**8. Verdünnung und Abfüllung**

* **Verdünnen:** Vor der Abfüllung wird der Whisky auf Trinkstärke (meist 40-46 % Alkohol) verdünnt.
* **Filtration:** Kaltfiltration wird manchmal verwendet, um Trübungen zu entfernen (kontrovers, da sie Aromen entfernen kann).
* **Abfüllung:** Der Whisky wird in Flaschen abgefüllt und etikettiert.

**9. Qualitätssicherung**

* **Sensorische Prüfung:** Experten bewerten Geschmack, Aroma und Konsistenz.
* **Laboranalysen:** Kontrolle auf chemische und mikrobiologische Reinheit.

**1. Rohstoffmanagement**

**Prozesszusammenhang:**

* Die Qualität der Rohstoffe beeinflusst jeden weiteren Prozessschritt.
* Versorgung mit frischem Wasser und lokalem Getreide ist essenziell.

**Benötigte Maschinen/Equipment:**

* **Silos:** Für die Lagerung von Getreide.
* **Förderbänder/Schneckenförderer:** Zum Transport des Getreides.
* **Reinigungsanlage:** Für die Entfernung von Fremdkörpern im Getreide.

**Personalbedarf:**

* Rohstoffmanager zur Kontrolle der Qualität.
* Maschinenbediener für Reinigung und Transport.

**1. Layout für eine Produktionsstätte**

**Grundlegende Anforderungen:**

1. **Materialfluss:** Rohstoffe sollen in geradliniger Richtung durch die Anlage geführt werden, um Kreuzkontamination zu vermeiden.
2. **Zonenaufteilung:**
   * Saubere Bereiche (z. B. Gärung und Abfüllung).
   * Rohstoffbereiche (z. B. Silos und Malzhaus).
   * Lagerbereiche (z. B. Fasslagerhäuser).

**Empfohlene Flächenaufteilung:**

1. **Rohstofflager:** Getreidesilos und Malzlager im Eingangsbereich.
2. **Mälzerei:** Nahe am Getreidelager, mit ausreichend Platz für Weichbehälter, Keimbetten und Trocknungseinheiten.
3. **Maisch- und Gärraum:** Zentral platziert, da diese Schritte kontinuierlich mit Wasser und Malz versorgt werden müssen.
4. **Destillationseinheit:** Nahe dem Gärraum, um den Transport des Wash (vergorene Flüssigkeit) zu minimieren.
5. **Lagerhäuser:** Möglichst getrennt und klimakontrolliert, idealerweise mit Fasslagerung auf mehreren Ebenen.
6. **Abfüllung und Versand:** Nahe dem Ausgang, um logistische Wege zu verkürzen.

**2. Handlungsanweisung für eine vollautomatisierte Produktion**

**Ziel:** Minimierung menschlicher Eingriffe, Optimierung der Effizienz und Skalierbarkeit.

**Empfohlene Maschinen und Automatisierungssysteme**

1. **Rohstoffhandling:**
   * Automatische Fördersysteme für Getreide (z. B. Schneckenförderer oder pneumatische Systeme).
   * Sensorische Überwachungssysteme für Feuchtigkeit, Temperatur und Sauberkeit.
2. **Mälzen:**
   * Vollautomatische Weichbehälter und Keimbetten mit integrierter Temperatur- und Feuchtigkeitssteuerung.
   * Robotisierte Wenderarme für gleichmäßiges Keimen.
3. **Maischen und Gärung:**
   * Automatisierte Mash Tuns mit Steuerung der Temperatur und Rührgeschwindigkeit.
   * CIP-Systeme (Clean-in-Place) zur Selbstreinigung.
   * Gärbehälter mit Fermentationssensoren und automatischer CO₂-Abfuhr.
4. **Destillation:**
   * Vollautomatisierte Pot Stills oder kontinuierliche Destillationskolonnen mit Steuerung für Vorlauf, Herzstück und Nachlauf.
   * Echtzeit-Alkoholmesser.
5. **Reifung:**
   * Automatisierte Lagerungssysteme, ggf. mit Robotern für die Fassbewegung.
   * Feuchtigkeits- und Temperaturregelung in den Lagerhäusern.
6. **Abfüllung:**
   * Automatisierte Abfülllinien mit Etikettiermaschinen, Qualitätskontrolle und Verpackungsrobotern.

**Software und Steuerung:**

* SCADA-System (Supervisory Control and Data Acquisition) für die zentrale Überwachung und Steuerung.
* ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning) zur Produktionsplanung, Bestandsführung und Logistik.

**Personalbedarf:**

* **Minimal:**
  + Ingenieure und Techniker für Wartung.
  + Software- und Automatisierungsspezialisten.
  + Qualitätsprüfer für Endprodukte.

**3. Handlungsanweisung für eine von Menschen bearbeitete Produktion**

**Ziel:** Traditionelle Handwerkskunst betonen, Flexibilität erhöhen und lokale Arbeitskräfte einbinden.

**Empfohlene Prozesse und Ausstattung**

1. **Rohstoffhandling:**
   * Handbediente Transportmittel wie Sackkarren und Schaufeln.
   * Kontrolle der Getreidequalität durch manuelle Probenahme.
2. **Mälzen:**
   * Manuelle Bedienung der Weichbehälter und Keimbetten.
   * Personal für das regelmäßige Wenden des Malzes.
   * Direkte Überwachung des Trocknungsprozesses.
3. **Maischen und Gärung:**
   * Bedienung der Mash Tuns und Gärbehälter durch erfahrene Mitarbeiter.
   * Einsatz von Thermometern und Hydrometern zur manuellen Kontrolle.
4. **Destillation:**
   * Bedienung der Pot Stills durch Destillateure, die die Schnitte (Vorlauf, Herzstück, Nachlauf) visuell und sensorisch beurteilen.
   * Haptische Kontrolle der Alkoholqualität während der Destillation.
5. **Reifung:**
   * Fassbefüllung und -bewegung per Hand.
   * Handarbeit bei der Kontrolle der Lagerbedingungen (z. B. Luftfeuchtigkeit messen und Fenster öffnen).
6. **Abfüllung:**
   * Manuelle Abfüllung, Verkorkung und Etikettierung.
   * Sichtprüfung der Flaschen durch Mitarbeiter.

**Software und Steuerung:**

* Minimal: Verwendung von Tabellenkalkulationssoftware oder papierbasierte Planung.

**Personalbedarf:**

* **Hoher Bedarf:**
  + Malzmeister, Maischmeister und Destillateure mit Erfahrung.
  + Fassbinder und Lagermitarbeiter.
  + Verpackungspersonal.

**4. Vergleich: Vollautomatisierung vs. Handwerk**

| **Aspekt** | **Vollautomatisiert** | **Handarbeit** |
| --- | --- | --- |
| **Produktionsvolumen** | Hoch | Gering bis mittel |
| **Flexibilität** | Gering, auf Standardabläufe ausgerichtet | Hoch, individuelle Anpassungen möglich |
| **Qualitätssicherung** | Sensor- und softwaregestützt | Sensorisch durch erfahrenes Personal |
| **Kosten** | Hohe Anfangsinvestitionen, niedrige Betriebskosten | Niedrige Anfangsinvestitionen, hohe Personalkosten |
| **Markenwert** | Modern, effizient | Traditionell, handwerklich |

**Zusammenfassende Hinweise**

Für ein Simulationsmodell sollten folgende Aspekte detailliert berücksichtigt werden:

1. **Ressourcenzuweisung:** Material- und Energiebedarf je Prozessschritt.
2. **Prozesszeiten:** Dauer jedes Schritts (z. B. Gärung: 48–96 Stunden).
3. **Flächenbedarf:** Größe der Maschinen und Personalbewegungen.
4. **Abhängigkeiten:** Wie Schritte voneinander abhängen (z. B. Mälzen beeinflusst Maischen direkt).
5. **Szenarien:** Simulieren Sie die Unterschiede zwischen automatisierten und manuellen Prozessen, um wirtschaftliche und qualitative Vorteile zu bewerten.

**1. Rohstofflagerung und Vorbereitung**

**Material:**

* **Getreide:** Typischer Tagesbedarf: 10 Tonnen für eine mittlere Anlage.
* **Wasser:** Frisches, mineralarmes Wasser (ca. 10 Liter pro kg Getreide).
* **Hefe:** Ca. 2 kg pro Tonne Maische.

**Gerätschaft:**

* **Silos (10 Tonnen Kapazität):** Für die Getreidelagerung.
* **Fördersysteme:** Schneckenförderer oder pneumatische Förderanlagen.
* **Reinigungsanlage:** Kapazität von 10 Tonnen/Stunde.

**Prozesszeit:**

* Reinigung und Transport ins Malzhaus: 1 Stunde pro Charge (ca. 1,5 Tonnen/Charge).

**Durchsatz:**

* Verarbeitungskapazität auf kontinuierlichen Betrieb optimiert (10 Stunden Betrieb = 10 Tonnen).

**Engpasspotenzial:**

* Reinigungskapazität ist kritischer Punkt; mögliche Skalierung durch parallele Reinigungsanlagen.

**2. Mälzen**

**Material:**

* **Gerste:** Ca. 1,5 Tonnen pro Charge.
* **Wasser:** Ca. 2.000 Liter pro Charge.

**Gerätschaft:**

* **Weichbehälter:** 2 Behälter mit je 5 Tonnen Kapazität.
* **Keimbetten:** Fläche von ca. 50 m² pro Charge.
* **Trocknungsanlage (Kiln):** Kapazität von 1,5 Tonnen/Charge.

**Prozesszeit:**

* **Einweichen:** 2 Tage (mehrfaches Wässern).
* **Keimen:** 4-6 Tage.
* **Trocknen:** 1 Tag.

**Durchsatz:**

* Bei 2 parallelen Weichbehältern: 1 Charge (1,5 Tonnen) pro Tag.

**Engpasspotenzial:**

* Der Malzprozess benötigt mehrere Tage, weshalb Keimbetten und Kiln schnell zum Engpass werden können.

**Ausgleich:**

* Arbeiten in Batches mit täglicher Überlappung der Schritte.

**3. Maischen**

**Material:**

* **Malz:** 1,5 Tonnen pro Charge.
* **Wasser:** Ca. 6.000 Liter/Charge.

**Gerätschaft:**

* **Maischbottich (Mash Tun):** Kapazität: 7.000 Liter.
* **Fördersystem:** Für Malztransport.

**Prozesszeit:**

* 6 Stunden pro Charge (3 Zyklen à 2 Stunden).

**Durchsatz:**

* 4 Chargen/Tag = 6 Tonnen Malz/Tag.

**Engpasspotenzial:**

* Begrenzte Kapazität des Maischbottichs; kontinuierlicher Betrieb reduziert Stillstand.

**Ausgleich:**

* Nutzung mehrerer Mash Tuns oder größere Kapazitäten.

**4. Gärung**

**Material:**

* **Würze:** Ca. 6.000 Liter pro Charge.
* **Hefe:** 2 kg pro Charge.

**Gerätschaft:**

* **Gärbehälter (Washbacks):** 6 Tanks mit je 7.000 Liter Kapazität.
* **Temperaturkontrolleinheit.**

**Prozesszeit:**

* 48-96 Stunden (2-4 Tage).

**Durchsatz:**

* Paralleler Betrieb erlaubt Verarbeitung von 4 Chargen gleichzeitig (24.000 Liter in Gärung).

**Engpasspotenzial:**

* Gärung dauert mehrere Tage, wodurch die Anzahl der Washbacks die Produktionskapazität limitiert.

**Ausgleich:**

* Nutzung zusätzlicher Washbacks oder kürzere Fermentationszyklen (bei erhöhtem Hefeeinsatz).

**5. Destillation**

**Material:**

* **Wash:** 6.000 Liter pro Charge.

**Gerätschaft:**

* **Pot Stills (Wash Still und Spirit Still):**
  + Wash Still: Kapazität von 6.000 Litern.
  + Spirit Still: Kapazität von 4.000 Litern.
* **Kondensatoren.**

**Prozesszeit:**

* **Erste Destillation:** 6 Stunden.
* **Zweite Destillation:** 4 Stunden.

**Durchsatz:**

* Max. 2 Chargen/Tag = 12.000 Liter Wash → 1.200 Liter Rohspiritus.

**Engpasspotenzial:**

* Destillation ist zeitintensiv und volumenbegrenzt.

**Ausgleich:**

* Mehrere Pot Stills in Parallelbetrieb.

**6. Reifung**

**Material:**

* **Spiritus:** Ca. 1.200 Liter pro Charge.
* **Fässer:** 10 Fässer à 200 Liter.

**Gerätschaft:**

* **Fasslager:** Klimakontrollierte Lagerhäuser mit Regalsystemen.

**Prozesszeit:**

* Mindestens 3 Jahre (gesetzlich vorgeschrieben).

**Durchsatz:**

* 1.200 Liter/Tag → ca. 4.000 Fässer/Jahr.

**Engpasspotenzial:**

* Fasslagerkapazität und lange Reifungszeit sind potenzielle Limitierungen.

**Ausgleich:**

* Erweiterung der Lagerhäuser.

**7. Abfüllung und Verpackung**

**Material:**

* **Fertig gereifter Whisky:** Ca. 1.000 Liter/Tag.
* **Flaschen:** 2.000 Flaschen à 0,5 Liter.

**Gerätschaft:**

* **Abfüllanlage:** Kapazität von 2.000 Flaschen/Schicht.
* **Etikettiermaschine.**
* **Verpackungsstation.**

**Prozesszeit:**

* Abfüllung und Verpackung: 4-6 Stunden.

**Durchsatz:**

* 2.000 Flaschen/Tag.

**Engpasspotenzial:**

* Abfüllgeschwindigkeit bei höherem Volumen.

**Ausgleich:**

* Erweiterung der Abfülllinie.

**Zusammenhängender Produktionsfluss**

1. **Kapazitätsausgleich:**
   * Synchronisierung von Mälzen und Gärung, da diese die längsten Prozesszeiten haben.
   * Einsatz von Puffertanks für die Würze zwischen Maischen und Gärung.
2. **Parallelarbeit:**
   * Mehrere Washbacks und Pot Stills, um parallele Verarbeitung zu gewährleisten.
3. **Materialpuffer:**
   * Pufferspeicher für Malz und Würze.

**Wichtige Engpässe im Layout**

1. **Gärung:** Längste Prozesszeit und volumengebundener Flaschenhals.
2. **Reifung:** Langfristige Lagerung und große Flächenanforderung.
3. **Destillation:** Zeit- und kapazitätsintensiv.

**Empfehlung zur Modellierung in Plant Simulation**

1. **Prozesszeiten einpflegen:** Exakte Prozesszeiten (z. B. 6 Stunden Destillation) für jeden Schritt eintragen.
2. **Kapazitäten:** Begrenzung der Kapazitäten pro Tank, Still und Lagerraum.
3. **Materialflüsse:** Verwenden Sie Materialflussobjekte für Getreide, Wasser, Würze, Spiritus und fertigen Whisky.
4. **Puffersysteme:** Pufferspeicher zwischen Maischen, Gärung und Destillation einfügen.
5. **Ressourcenoptimierung:** Simulieren Sie verschiedene Szenarien für Engpassmanagement (z. B. zusätzliche Washbacks).
6. **Zonen:** Unterschiedliche Produktionsbereiche (z. B. Lager, Destillation) als Segmente einrichten.

