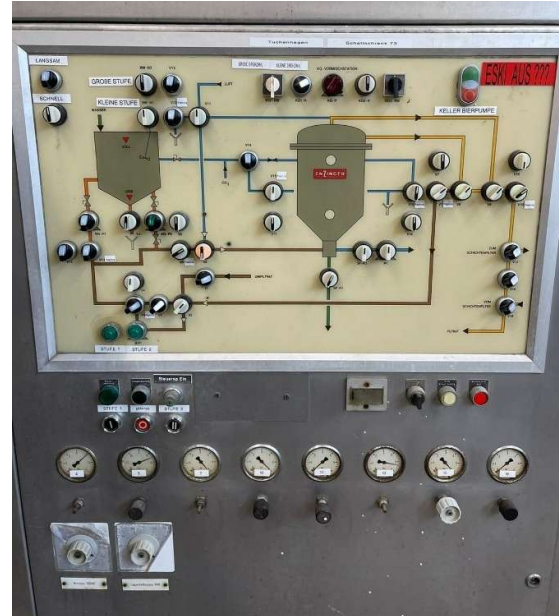


## Abschlussprojekt Technikakademie Weilburg AT23

# Umbau und Teilautomatisierung einer Filtrationsanlage

### Ausgangssituation

Im Rahmen des Technikerabschlussprojektes wurde in der Westerwald-Brauerei in Hachenburg die Filtrationsanlage zur Bieraufbereitung aus den frühen 1980er-Jahren modernisiert und teilautomatisiert. Ziel des Projektes war es, die bisher rein manuell betriebene Anlage auf eine zeitgemäße SPS-Steuerung umzustellen, die sicherheitstechnische Auslegung normgerecht neu zu bewerten und eine zentrale, übersichtliche Bedien- und Visualisierungsebene zu schaffen. Da der Filtrationsprozess kontinuierlich überwacht werden muss, bindet die bestehende Steuerungsarchitektur wertvolle Arbeitszeit und erfordert von den Mitarbeitenden dauerhaft höchste Aufmerksamkeit. Hinzu kommt, dass der Prozess aufgrund fehlender Transparenz, unzureichender Visualisierung und unstrukturierter Bedienabläufe nur nach einer sehr langen und intensiven Einarbeitungszeit sicher beherrscht werden kann. Dieser Zustand führt zu hohen Abhängigkeiten von erfahrener Personal und erschwert den robusten, zuverlässigen Betrieb der Filtration. Um die Einarbeitungszeit deutlich zu reduzieren, die Prozesssicherheit zu erhöhen und gleichzeitig die Belastung der Mitarbeitenden zu senken, soll die Automatisierungstechnik vollständig modernisiert werden.



### Aufgabenstellung

Im Rahmen des Projekts soll ein komplett neuer Schaltschrank aufgebaut werden, ausgestattet mit einer modernen SPS und einem HMI-Panel zur zeitgemäßen, intuitiven Prozessvisualisierung. Die bestehende Aktorik der Filtrationsanlage wird in die neue Steuerungsarchitektur integriert, um sowohl die Funktionsfähigkeit der vorhandenen Komponenten sicherzustellen als auch eine wirtschaftliche Lösung zu ermöglichen. Alle Hardwarekomponenten werden vor Ort installiert und in Betrieb genommen. Auf Softwareseite wird ein klar strukturierter Handbetrieb sowie ein teilautomatischer Ablauf programmiert, um je nach Bedarf manuelle Kontrolle oder geführte Prozessschritte zu

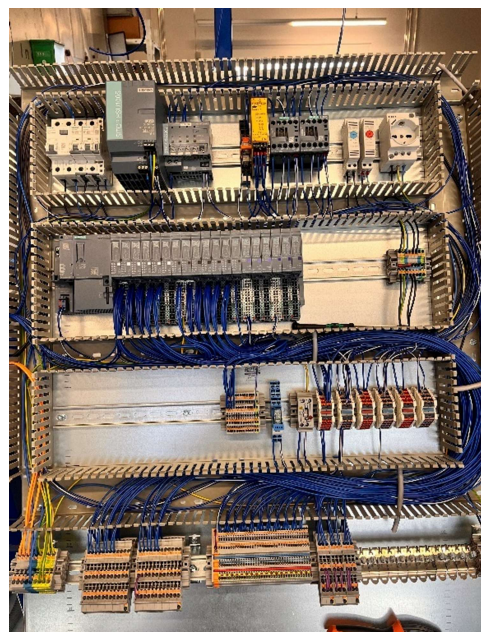
ermöglichen. Das HMI erhält eine benutzerfreundliche Oberfläche, die den Prozess transparent darstellt und die Bedienung erheblich erleichtert.

## Technische Projektzusammenfassung

Die Anlage arbeitet mit einem zweistufigen Filtrationsverfahren bestehend aus einem Kerzenfilter und einem nachgeschalteten Schichtenfilter. Im Kerzenfilter wird das Bier mit Kieselgur versetzt und unter Druck durch Edelstahlkerzen mit feinen Schlitzfenstern gefördert. Dabei bildet sich eine Filterschicht, welche die Trubstoffe bindet. Anschließend erfolgt die Feinfiltration über Filtermatten. Neben dem Hauptprozess verfügt die Anlage über zusätzliche Funktionen wie Reinigung, Sterilisation mit Dampf und CO<sub>2</sub>-Befüllung.

Im ursprünglichen Zustand erfolgte die Steuerung ausschließlich über eine analoge Schalttafel. Elektropneumatische Sitzventile, Rührwerke und die Bierpumpe mussten einzeln betätigt werden. Eine Ablaufautomatisierung oder zentrale Prozessvisualisierung war nicht vorhanden. Die Anlage verfügte bereits über analoge Sensorik in Form eines Drucksensors im Kerzenfilter, eines Trübungssensors sowie eines induktiven Durchflussmessers. Die Trübungsmessung liefert zwei unterschiedliche Messwerte, basierend auf einem optischen Verfahren, bei dem mit Hilfe der Lichtbrechung der Flüssigkeit die Trübung ermittelt wird. Die Drehzahlregelung der Bierpumpe erfolgte über einen externen PID-Regler und einen Frequenzumrichter. Dieser wurde in das neue Steuerungskonzept integriert, wobei die Regelung nun durch die SPS übernommen.

Kernstück der Modernisierung ist eine speicherprogrammierbare Steuerung vom Typ S7-1512SP-1 PN mit ET200SP-Baugruppen. Die modulare Bauweise ermöglichte die kompakte Integration sämtlicher digitaler und analoger Signale. Digitale Eingänge erfassen unter anderem die Ventilrückmeldungen, während digitale Ausgänge die elektropneumatischen Ventilköpfe sowie Koppelrelais zur Einbindung der bestehenden Lastverdrahtung ansteuern. Über analoge Eingangs- und Ausgangsmodule werden die vorhandenen Sensoren ausgewertet und Sollwerte im Bereich von 4–20 mA an den Frequenzumrichter der Bierpumpe sowie an neu installierte Proportional-Druckregelventile übergeben. Neben den bestehenden Sensoren wurden noch weitere Drucksensoren, sowie eine Messeinheit für den Sauerstoff- und CO<sub>2</sub>-Gehalt des Bieres installiert, um diese Werte an ein übergeordnetes Prozessleitsystem zu melden. Durch die Integration eines 15,6-Zoll Siemens Unified Comfort Panels wurde eine moderne Bedienoberfläche realisiert. Der Bediener kann nun sämtliche relevanten Prozessparameter zentral überwachen, Sollwerte anpassen und teilautomatische Ablaufprogramme starten.



Darüber hinaus ermöglicht das System eine strukturierte Diagnose und Störmeldeauswertung. Die Anlage wurde damit von einer reinen Einzelansteuerung auf einen teilautomatisierten Prozessbetrieb umgestellt.

Ein wesentlicher technischer Bestandteil des Projektes stellt die sicherheitstechnische Auslegung der Not-Halt-Funktion dar. Diese wurde gemäß EN ISO 13849-1 neu konzipiert und mit der Software SISTEMA bewertet. Die Sicherheitsfunktion ist zweikanalig aufgebaut und umfasst mehrere Not-Halt-Taster, ein Sicherheitsrelais vom Typ Pilz PNOZ X2p sowie redundante Nothaltschütze mit zwangsgeführten Kontakten und Rückführkreisüberwachung. Steuer- und Lastkreis sind galvanisch voneinander getrennt. Die Bewertung ergab einen geforderten Performance Level PLr = d, wobei durch die gewählte Architektur ein Performance Level PL = e erreicht wurde. Damit übertrifft die realisierte Sicherheitsfunktion die in der Risikobeurteilung ermittelten Anforderung.



Für die neue Steuerung wurde ein Edelstahl-Schaltschrank mit Schutzart IP54 konstruiert und aufgebaut. Die Planung erfolgte unter Berücksichtigung der EN 60204-1 mit der Software EPLAN. Besondere Aufmerksamkeit galt der klaren Trennung der Spannungsebenen 400/230 V und 24 V sowie einer strukturierten, erweiterungsfähigen Verdrahtung mit ausreichender Reserve. Eine elektronische 24V-Selektivitätsabsicherung ermöglicht eine kanalweise Überwachung der Versorgung. Zusätzlich wurde eine Temperaturüberwachung implementiert. Eine Klimatisierung wurde vorbereitet, jedoch zunächst nicht installiert, um ein Eindringen von Feuchtigkeit in den

Schaltschrank zu verhindern. Die Frontausschnitte der Schaltschranktür wurden lasergeschnitten, um eine normgerechte und formschlüssige Montage der Bedienelemente zu gewährleisten.

Als Ersatz für die handbedienten Druckminderer wurden drei Proportional-Druckregelventile integriert, die den Steuerdruck einzelner pneumatischer Sitzventile in Abhängigkeit eines analogen Sollwertes regeln. Dadurch kann die Öffnungs- und Schließgeschwindigkeit gezielt beeinflusst werden, was zu einer Reduzierung mechanischer Belastungen und zu einem ruhigeren Prozessablauf führt.

## Regelungstechnik

Ein zentraler Bestandteil der Modernisierung ist die präzise Regelung der Bierpumpe, die als Herzstück der gesamten Filtration maßgeblich für einen stabilen und reproduzierbaren Prozessablauf verantwortlich ist. Die Pumpe wird über einen Frequenzumrichter



angesteuert, wodurch eine feinfühligere Anpassung der Förderleistung und ein energiesparender Betrieb ermöglicht werden. Dies kann durch mehrere Einstellungen erreicht werden:

- Steuerung der Bierpumpe über konstante Geschwindigkeiten (Ein/Aus),
- Steuerung der Bierpumpe über Schieberegler (Einstellbare Geschwindigkeit),
- Regelung der Bierpumpe mit PID-Regelkreis über den Durchfluss.

Vor allem auf der Regelung der Pumpe für den Teilautomatikbetrieb lag ein besonderes Augenmerk. Zur exakten Prozessführung wurde im TIA Portal ein PID Compact-Regler implementiert, der die Regelgrößen, in diesem Fall den Durchfluss, überwacht und diesen kontinuierlich über einen Sensor nachführt.

Grundlage für die Parametrierung des Reglers bildete zunächst die Berechnung aller erforderlichen Regelparameter nach der Methode der gestuften Dämpfung, um eine stabile Ausgangsbasis für das dynamische Verhalten des Systems zu schaffen. Im anschließenden Probetrieb erfolgte eine sukzessive Optimierung der Reglerparameter unter realen Prozessbedingungen. Die Erprobung des Reglers im Produktionsbetrieb gestaltete sich jedoch schwierig, da Fehlversuche unter Umständen zu Produktionsausfällen geführt hätten. Aus diesem Grund konnten die Tests ausschließlich mit Wasser und ohne den Einsatz von Filterhilfsstoffen durchgeführt werden. Bei einem möglichen Abriss des Durchflusses bestünde die Gefahr, dass sich der Filterhilfsstoff von den Filterkerzen löst.

## Handbetrieb

Im Handbetrieb erhält der Bediener die volle manuelle Kontrolle über die Anlage. Sämtliche Ventile, Pumpen und Rührwerke können komfortabel über das HMI durch einfaches Anklicken gesteuert werden.

Der aktuelle Status jedes Aktors wird dabei übersichtlich und eindeutig farblich dargestellt, wodurch jederzeit ein schneller Überblick über den Anlagenzustand gewährleistet ist.

## Teilautomatikbetrieb

Im Teilautomatikbetrieb wird der Prozess über eine Schrittkette mit insgesamt 22 aufeinanderfolgenden Schritten gesteuert.

Da einzelne Tätigkeiten weiterhin manuell durchgeführt werden müssen, ist jeder Schritt durch den Bediener aktiv als „fertig“ zu quittieren. Dieses Konzept gewährleistet sowohl Prozesssicherheit als auch die notwendige Flexibilität im praktischen Betrieb.

## Sichere Filtration als besondere Herausforderung

Eine besondere technische Herausforderung stellte die Programmierung des sicheren Filtrationskreislaufes dar. Hierbei wurde eine Überwachungslogik implementiert, die kontinuierlich relevante Sensorparameter prüft. Sollten definierte Grenzwerte nicht eingehalten werden, wechselt die Anlage automatisch in einen Sicherheitszustand

innerhalb der Schrittkette. Der Bediener wird dadurch zum Eingreifen aufgefordert. Bei dieser Anlagenstellung kann dem Produkt nichts passieren.

Gleichzeitig musste sichergestellt werden, dass jederzeit ein Wechsel von der Teilautomatik in den Handbetrieb möglich ist. Dabei durfte es prozessbedingt zu keinem ungewollten Schließen von Ventilen kommen. Besonders kritisch war, dass die Bierpumpe in Betrieb bleibt, da ein Stillstand unmittelbar zum Abbruch der Filtration führen würde.

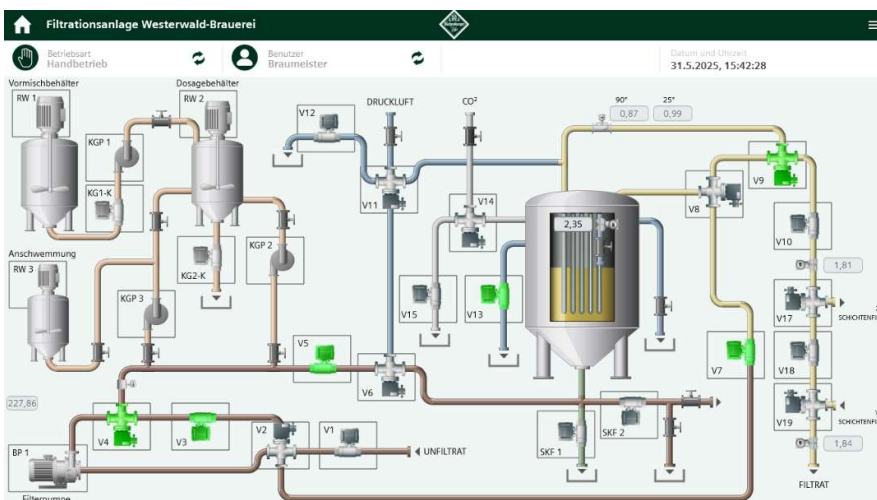
### Entwicklung eines 2-Punkt-Reglers

Für die ersten beiden Prozessschritte wurde ein eigener 2-Punkt-Regler programmiert.

Ziel war es, den CO<sup>2</sup>-Druck im Kerzenfilter während der Befüllung mit Bier konstant zu halten. Diese Druckregelung ist entscheidend, da Sauerstoffeintrag im Bier zu unerwünschten Alterungsaromen führt.

Die stabile Druckführung trägt somit maßgeblich zur Sicherung der Produktqualität bei.

### HMI



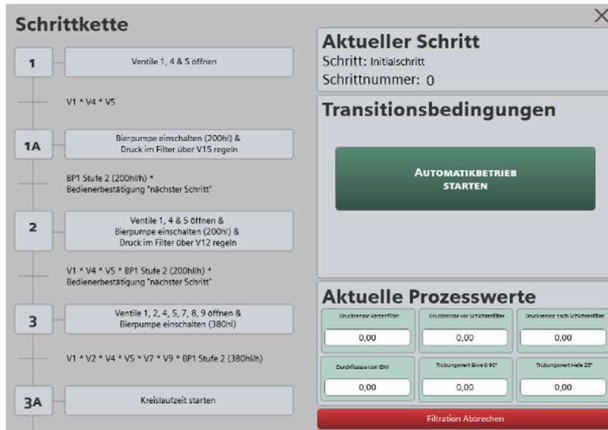
Die Visualisierung der Filtrationsanlage wurde auf einem Siemens SIMATIC HMI MTP1500 Unified realisiert und im TIA Portal V19 mit WinCC Unified projektiert. Mit der Wahl eines Unified Panels wurde eine aktuelle HMI-

Plattform eingesetzt, deren Engineering- und Runtime-Konzept auf einer webbasierten Architektur basiert und erweiterte Skript- und Diagnosefunktionen integriert.

Die Visualisierungsstruktur basiert auf einem verschachtelten Bildfensterkonzept. Anstelle veralteter, separater Vorlagenbilder wurde eine moderne Template-Architektur mit einem zentralen Hauptbildfenster realisiert, in welches funktionale Teilbereiche wie Kopfzeile, Navigationsleiste und funktionalen Inhaltsbereich als eigenständige eingebettete Bildfenster eingebunden sind. Dieser modulare Ansatz gewährleistet ein konsistentes Erscheinungsbild über alle Prozessbilder hinweg und vereinfacht nachträgliche Anpassungen erheblich. Ergänzend kommen kontextabhängige Pop-up Fenster zum Einsatz, die funktional in drei Kategorien aufgeteilt sind: Informations-Pop-ups zur Anzeige von Prozesshinweisen, Bestätigungsdialoge zur Absicherung kritischer Prozessschritte sowie parametrierbare Eingabe-Pop-ups zur Sollwertvorgabe und Betriebsartenwahl. Alle Pop-up-Bilder folgen einem konsistenten Design. Die Prozessabbildung ist vollständig



dynamisiert. Bedienelemente und Symbole sind an Variablen angebunden und nutzen dynamische Eigenschaften (Sichtbarkeit, Farbe, Symbolik, Textlisten, Grafiklisten). Numerische Statuswerte aus der Steuerung werden über Textlisten in Klartexte



transformiert; Grafiklisten realisieren zustandsabhängige Symbolwechsel. Wichtige Betriebszustände werden eindeutig über Farbe, Symbol und Text codiert. Über die Sichtbarkeitssteuerung werden bestimmte Objekte nur dann eingeblendet, wenn die zugehörigen Bedingungen erfüllt sind. Im Automatikbetrieb werden ausgewählte Variablen zyklisch mittels JavaScript ausgewertet. Auf Basis dieser Auswertung

erfolgen automatische Bildanpassungen bei Zustandsänderungen sowie eine Schrittüberwachung, welche das jeweils passende Prozessbild für den aktuell durchlaufenden Verfahrensschritt in das Content-Bildfenster lädt. Dadurch wird der Bediener kontinuierlich durch den aktiven Prozessabschnitt geführt, ohne manuelle Navigation.

Die HMI-SPS-Kommunikation erfolgt symbolisch adressiert über vier logisch gruppierte Datenbausteine, was eine klare Datenstruktur, saubere Schnittstellen sowie die Skalierbarkeit unterstützt.

Das Meldesystem wurde mit priorisierten Meldeklassen projektiert. Die Auslösung erfolgt bitbasiert aus einem SPS-Array. Die Darstellung und Farbgebung orientiert sich an der DIN EN 60204-1 (rot = Störung, gelb = Warnung, blau = Statusinformation). Meldungen sind quittierungspflichtig, werden historisiert und blinken bei Eintritt. Die Quittierung erfolgt über einen Hardware-Taster am Schaltschrank, wodurch eine physische Bedienung zur Bestätigung erzwungen wird.

Zur Zugriffssicherung ist eine mehrstufige Benutzer- und Rechteverwaltung implementiert. Rechte steuern Sichtbarkeit und Bedienbarkeit bis auf Objekt- und Funktionsebene. Sollwertänderungen sind auf definierte Rollen beschränkt. Ein automatischer Logout bei Inaktivität verhindert unbeaufsichtigte Sitzungen mit erweiterten Rechten.

Zusätzlich wurde die integrierte Systemdiagnose von WinCC Unified implementiert. Diagnoseinformationen zu Baugruppen, Kommunikation und Geräten werden direkt aus der CPU übernommen und interaktiv im Runtime-System dargestellt.

## Projektmanagement

Im Vorfeld des Projektes haben wir aus den Anforderungen des PAG smarte Ziele abgeleitet, welche die Grundlage für die weitere Planung bildeten. Den zeitlichen Verlauf haben wir in



einem Gant-Diagramm dargestellt, um ihn für alle Beteiligten zu visualisieren und mögliche Engpässe zu identifizieren. Außerdem haben wir uns vor dem Projektbeginn verschiedener Projektmanagementtools bedient, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. So konnten z.B., durch die Risikoanalyse, mögliche Einflussfaktoren erkannt und rechtzeitig entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.

Natürlich mussten auch die entstehenden Kosten, für das Projekt, vorher geplant und definiert werden. Dabei haben wir mit 900 Personenstunden zu je 60,00€ kalkuliert, was einem fiktiven Personalmittelaufwand von 54.000,00€ entspricht. Dazu kamen die tatsächlich anfallenden Sachmittelkosten in Höhe von rund 15.000,00€

Da es sich um eine aktive Produktionsanlage handelt war es besonders wichtig mögliche Projektrisiken im Voraus zu eliminieren. Unnötige Stillstandzeiten hätten zu hohen Produktionsausfällen und daraus resultierenden Kosten für den PAG geführt.

Im Verlauf des Projekts haben wir verschiedene Controlling-Tools verwendet, um den Projektfortschritt zu überwachen. So wurden z.B. durch regelmäßige Berichterstattung alle Projektbeteiligten über die aktuellen Arbeiten und deren Verlauf informiert.

## **Fazit**

Im Rahmen dieses Projekts konnten wir unsere fachlichen, technischen und organisatorischen Kompetenzen gezielt erweitern und praxisnah vertiefen. Die Modernisierung der Filtrationsanlage bot uns die Möglichkeit, unser Wissen in den Bereichen Automatisierungstechnik, Schaltschrankbau sowie Software- und Anwendungsentwicklung unter realen Bedingungen anzuwenden und weiter auszubauen. Durch den Einsatz moderner Technologien haben wir wertvolle Einblicke in aktuelle Industriestandards gewonnen und unsere Fähigkeiten im Umgang mit komplexen Steuerungs- und Visualisierungssystemen gestärkt.

Besonders die praktische Umsetzung vor Ort – von der Inbetriebnahme über die strukturierte Fehlersuche bis hin zur abschließenden Qualitätsprüfung – hat unser Verständnis für industrielle Prozesse deutlich verbessert. Gleichzeitig konnten wir unsere Fähigkeit zur eigenständigen und verantwortungsvollen Bearbeitung technischer Aufgaben weiterentwickeln. Insgesamt hat das Projekt maßgeblich dazu beigetragen, unsere technische Handlungskompetenz nachhaltig zu stärken und uns gezielt auf zukünftige berufliche Herausforderungen vorzubereiten.