

auf den im Betrieb befindlichen Brenn- bzw. Kühlprozess, wodurch die Ofenreise ohne nennenswerten Schaden, wenn überhaupt, beendet werden kann. Auch kann ein während der Betriebsphase ausgefallener Brenner mit minimalem Zeitaufwand im Bereich von max. 10 Minuten ausgetauscht werden.

11. Der Impulsgebläsebrenner mit „LAMBDA-Automatik“ in der Trocknungstechnik

Trocknungsanlagen (Drehrohtrockner, Bandtrockner, Kammetrockner, Durchlaufrockner, ect.), besitzen meist aufwendige Lufterhitzungssysteme die in der Regel mit indirekter Lufterhitzung ausgestattet sind, um Einflüsse durch Abgasauswirkungen am Trocknungsgut vorwiegend bei ölbetriebenen Anlagen zu vermeiden. Dezentrale Lufterhitzer sind ab 600 kW Leistung sehr kostenintensive Energieerzeuger und zusätzlich bedarf es noch aufwendiger Luftzufuhrsysteme (Warmluftkanäle mit der kompletten Peripherie z.B. Drosselklappen, Warmluftventilatoren, Mischluftvorrichtungen ect.). Durch den Impulsgebläsebrenner mit LAMBDA-Automatik werden ideale Verbrennungsemissionen erreicht und diese noch zusätzlich im Trocknungsraum durch die Luftumwälzung in der Kammer in Verbindung mit den kontinuierlichen Luftaustauschzyklen der gesättigten Luft vermischt, wodurch die Trockneratmosphäre eine geringfügige Abgaskonzentration enthält die auf das zu trocknende Produkt keinerlei Auswirkung hat. Die Abgasführung findet somit indirekt über die Abluft- Nassluftführung statt.

Die schlüsselfertige Ausführung von zwei Großraum-durchlaufkammertrockner für die POLYURETHAN Industrie, brachte anhand der durchgeführten Messungen in allen relevanten Bereichen optimale Werte bei einem äußerst anspruchsvollen Trocknungsgut.



Bild 18. Durchlaufrockner 10 Doppelkammern (schlüsselfertig) für die Polyurethan Industrie zur Prozess-trocknung von Dämmplatten unterschiedlicher Formate u. chem. Zusammensetzung
KINGSPAN INSULATION WERK CASTLEBLANEY IRELAND
KINGSPAN INSULATION WERK PEMBRIDGE ENGLAND



Bild 18.1 Ausfahrseite Trocknerdoppelkammer



Bild 18.2 Ausfahrseite mit Produkt



Bild 18.2 Abluftsammlersystem zur Überdachabführung der Nassluft von 5 Kammersystemen mit Abluftventilator je Kammer und Sammelabluftventilator für Abluftsystem 5 Doppelkammern.



Bild 18.3 Brennaggregateaufbau an Einfahrseite spiegelsymmetrisch mit Ausfahrseite. 20 Gebläse-brennaggregate mit je max. 400 kW Flammenleistung.

Rekonstruktion Drehrohtrockner für die keramische Perlenproduktion in den Größen 0,5 bis 3,0 mm.

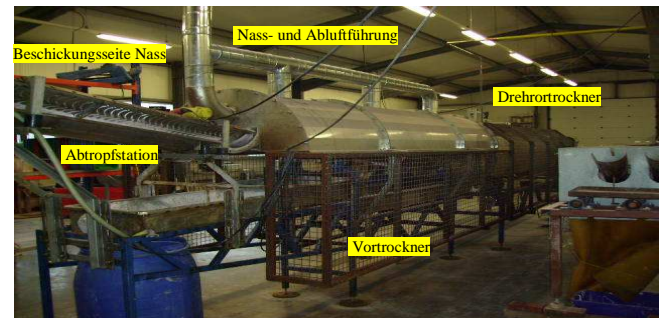


Bild 19. Drehrohtrocknerlinie für die keramische Industrie
GERDUR HOFFMANN GMBH DREBBER (GERMANY)

Rekonstruktionsziel:

- Reduzierung der Energiebetriebskosten
- Umrüstung mit BBM Impulsgebläsebrenner zur Temperaturverteilung in axialer Drehrohtiefe durch variable Brenngasstrahlmodulation.
- Umstellung von Flüssiggas (Flasche) auf Erdgas

Bild 19.1 Impulsgebläsebrenner 0-500 Imp./Min mit 50 kW Flammenleistung.



Bild 19.2 Trocknersteuerung mit integrierter PC Leitstandtechnik



Ergebnis nach erfolgter Modernisierung:

- variable Temperaturbeeinflussung in axialer Richtung
- Energieeinsatz vorher Flüssiggas Betriebsstunde: 6,70 €
- Energieeinsatz nachher Erdgas Betriebsstunde: 1,55 €
- vollautomatischer personalfreier Betrieb

Resümee: Unter Berücksichtigung aller zuvor aufgeführten und in der Praxis angewandten Impulsbrennverfahren an den verschiedenen Brennanlagen die in der keramischen Industrie anzutreffen waren, sind die unterschiedlichsten Brennprobleme aufgetaucht die zu eliminieren waren. Der Hauptaspekt einer Brennanlagenmodernisierung war aber grundsätzlich eine rechenbare Energieeinsparung in Verbindung mit der optimalen Produktqualität, was eine häufig sich ändernde Aufgabenstellung ergab und somit eine stetige Optimierung und Weiterentwicklung der bisher eingesetzten Impulsbrennsysteme erforderte, wodurch eine modular aufgebaute Systemstruktur entstand und für jedes Problem aufkommen spezifisch die notwendigen Softwarekomponenten eingesetzt werden können.

Die neuste Entwicklung der „BBM-IMPULSGEBLÄSEBRENNER MIT LAMBDA-AUTOMATIK“ basierte auf dem Grundprinzip von optimaler Produktqualität durch automatisierte Impulse im Brennraum, jedoch mit zusätzlicher energietechnischer Effizienzsteigerung bei kleinstmöglicher Umweltbelastung.

10. Die „LAMBDA- Automatik“ am impulsbetriebene Gebläsebrenner

Die energietechnische Effizienz in Verbindung mit minimaler Emissionsbelastung der Umwelt über Verbrennungsabgasrückstände, steht im direkten Zusammenhang und ist abhängig vom Verbrennungsluftverhältnis λ . Das Verbrennungsluftverhältnis setzt die tatsächlich für die Verbrennung zur Verfügung stehende Luftmasse $m_{L,tats}$ ins Verhältnis zur mindestens notwendigen stöchiometrischen Luftmasse $m_{L,st}$ die für eine vollständige Verbrennung benötigt wird.

Um bei impulsbetriebenen Brennaggregaten über den gesamten Impulsleistungsbereich 0-500 Imp./Min. eine vollständige Verbrennung zu erreichen, ist es erforderlich das Verhältnis Brennstoff zur Verbrennungsluft automatisiert an die sich kontinuierlich ändernde Impulsfrequenz anzupassen bzw. nachzuführen. Durch Einbeziehung der notwendigen primären physikalischen Parameter Gaseingangsdruck PE am Impulsventil und kV Wert Impulsventil, entsteht in Abhängigkeit von der Ventilöffnungszeit t_i bzw. bei der Bandbreitenmodulation (BBM) (t_{i1} ; t_{i2} ; t_{i3}) [Bild 13 und 13.1] ein energietechnisch definierbarer Brennstoffimpuls. Der Impulssoftwareregler in der SPS Steuerung berechnet abhängig von der Temperatursituation in Verbindung mit den prozessbedingten Impulsparametern die Impulsfrequenz, Ventilöffnungszeit und Einspritzimpulsdauer t_x vom Brennstoff. Durch die softwaretechnische Verknüpfung der physikalischen und steuerungstechnischen Informationen in der Programmstruktur des Regler, resultiert ein berechnetes brennstoffabhängiges Verbrennungsluftvolumen, das vollautomatisch über die SPS Steuerung die analogen Stellorgane für die Prozessluftversorgung im Gebläsebrennaggregat (Stetigantrieb oder integrierter Frequenzrichter), ansteuert und somit über den gesamten Impulsfrequenzbereich 0-500 Imp./Min. eine vollständige Verbrennung gewährleistet wird [Bild 16.1].

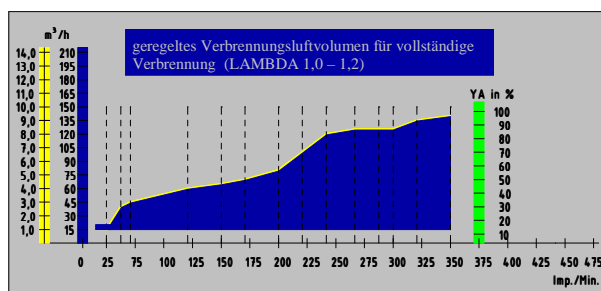


Bild 16.1 Diagramm Verbrennungsluft LAMBDA-Automatik mit automatisierter Volumen Anpassung impulsfrequenzabhängig.

10. Energietechnische Einsparung

Energieeinsparungen sind in der Regel meistens relative Angaben gegenüber der Realität. Um erfolgreich am Wettbewerb von brenntechnischen Anlagen teilnehmen zu können, spielt die energietechnische Seite eine sehr große Rolle, denn über den erforderlichen Energieeinsatz bei nahezu 100 % iger Produktqualität in Verbindung mit dem Investitionsvolumen bei der Modernisierung einer Brennanlage, steht Energieeinsparung an vor-

derer Stelle. Zu berücksichtigen ist, dass keinesfalls von an Pilotanlagen erzielte Werte bei abweichend baulichen und technischen Gegebenheiten zutreffend sind, im Gegenteil, verbindliche Zusagen bezug nehmend auf Energieeinsparung kann bei zu großzügiger Auslegung eine durchaus kurzlebige Teilnahme am Wettbewerb bewirken.

Die Energieeinsparung bei impulsbefeueten Brennanlagen von Kammeröfen, Herdwageöfen, Tunnelöfen ect. liegen im Bereich von ca. 18 bis 25 %, vorausgesetzt der Ofenkörper ist konstruktiv in Ordnung und weist normale Betriebseigenschaften (akzeptable Strahlungsverluste der Isolierung, Falschlufauftkommen, ect.), auf.

Bei der Umrüstung bestehender impulsbefeueter Brennanlagen mit **LAMBDA-AUTOMATIK**, werden weiter energietechnische Einsparungen durch die vollständige Verbrennung erzielt und die emissionstechnische Effizienz erhöht wodurch die Abgaswerte den gesetzlichen Umweltvorschriften entsprechen. Die Energieeinsparung an der modernisierten Kammerofenanlage erhöht sich durch die Softwareintegration ohne sonstige Veränderungen an der Brennanlage von 25 % auf 40 %. Der Energieverbrauch wurde bei mehreren Ofenreisen mit unterschiedlichem Besatz digital erfasst und die Einsparung blieb konstant. [Bild 17]



Bild 17. Umrüstung Kammerofen impulsbefeuet auf LAMBDA Automatik

Bild 17.1 Ofensteuerung mit PC Leitstand und Quantometer Gasverbrauch.



Bild 17.2 Elektronische Drehzahlregelung Gebläsebrenner 50kW

Bei der Ausrüstung von Brennanlagen im Bereich Kammer-, Herdwagen- und Haubenofenbau mit Impulsgebläsebrenntechnik, entfällt die komplette Medienverteilung (Rohrleitungsbau mit zentralen Ventilatoren, aufwendigen Messstell- und Drosselvorrichtungen und die erforderliche elektr. Anbindung zur Steuerung. Diese Kosteneinsparung kann im Bereich von ca. 15 % vom Anlagenpreis angesiedelt werden. Die komplette Schnellkühlung wird durch die Gebläsebrennaggregate im stufenlosen Einzel- oder Verbundbetrieb realisiert, wodurch auch sämtliche Kühlperipherie entfällt. Bei Ausfall von einem dezentralen Ventilator für die Versorgung von mehreren Brennern, kommt der Ofenbetrieb beim Brennen wie auch beim Kühlen zum kompletten Stillstand und je Situation und Brennbesatz, kann ein kostenintensiver Schaden entstehen. Der Ausfall von einem Impulsgebläsebrenner bei Anlagen mit beispielsweise 6 Brennaggregaten, hätte keine gravierende Auswirkung



Die Neuentwicklung

Die zuvor beschriebenen Impulsbrennverfahren haben sich in der keramischen Brenntechnik durch hervorragende Betriebseigenschaften Energieeinsparung und Qualitätsoptimierung bewährt und kommen noch heute in der Keramik und anderen Industriezweigen zum Einsatz.

Bedingt durch die immer höher angesiedelten Umwelt-richtlinien TALuft und BImSchG, die als Maßstab zum umweltgerechten Betreiben industrieller Brennanlagen erforderlich sind, bedarf es innovativer Weiterentwicklungen die den Verbrennungsprozess im Brennaggregat optimieren. Auch erfordert die erfolgreiche Teilnahme am Wettbewerb zusätzliche Eigenschaften die sich gegenüber der Konkurrenz deutlich hervorheben.

- Optimierung der energietechnischen Effizienz
- Reduzierung der Abgaswerte durch die Optimierung der ablaufenden Verbrennungsvorgänge.
- Reduzierung der notwendigen Primärenergien
- Einsparung kostenintensiver Medienverteilersystemen mit Regel und Stellorganen.

Die oben aufgeführten Punkte sind die Basis für eine absolut neuartige und kostengünstige Impulsbefeuerungstechnik die in allen Bereichen der Industrie zum Einsatz kommen kann. Durch diverse Modifikationen (gas und luftseitig) am zweistufigen Industriegebläsebrennaggregat inklusive individuell angepasster Brennerrohre, entstand der erste Impulsgebläsebrenner mit 0- 500 Imp./Min. in den Leistungsbereichen 50, 100, 200 und 400 kW Flammenleistung.

9. Der impulsbetriebene Gebläsebrenner

Grundprinzip: Der zweistufige Gebläsebrenner besitzt eine eigenständige Verbrennungsluftversorgung [1] und kann durch zwei integrierte motorische Drosselklappen für Gas [2] und Verbrennungsluft [3] modulierend eingesetzt werden. Die Drosselklappen 1 und 2 können unabhängig voneinander elektrisch angesteuert werden.

Die Ansteuerung der Gas und Luftdrosselklappe erfolgt prozessabhängig im Arbeitsbereich von 0-100% analog über das SPS Steuerungssystem, wodurch das erforderliche Gas- Luftvolumen im optimalen Verhältnis bei jedem Leistungsbereich dem Verbrennungsprozess in der Brennkammer zugeführt und somit eine ideale Verbrennung erzielt wird.

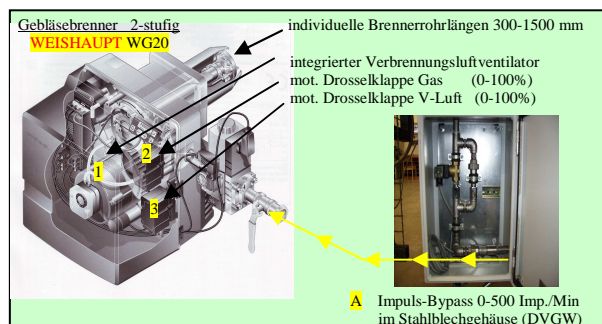


Bild 15. Brennstellenaufbau Impulsgebläsebrenner 200 kW

Durch Vorschalten der Impuls- Bypassperipherie (A), kann das zweistufige Gebläsebrennaggregat für industrielle Feuerungsanlagen mit Impulsbetrieb symmetrisch oder mit Bandbreitenmodulation [BBM] zum Einsatz kommen. Für unterschiedliche Einbausituationen stehen verschiedene Brennerrohrausführungen in SIGROMAL und SIC bis 1400°C in individuellen Längen von 300 bis 1500 mm zu Verfügung [Bild 15].

Bei herkömmlicher Impulsbetriebsweise von Brennaggregaten wird die Flammenleistung 0-100% von der Temperatursituation im Brennprozess durch Erhöhen bzw. Erniedrigen der Impulsfrequenz im Bereich von 0-500 Imp./Min. geregelt, d.h., die erforderliche Flammenleistung wird ausschließlich durch Veränderung vom Gasvolumen zum Brennprozess erreicht. Die erforderliche Verbrennungsluftmenge wurde bisher in der Regel konstant eingestellt.

Für eine oxidierende Brennweise muss die V- LuftEinstellung im Bereich von 90 bis 100% fest eingestellt werden, da der Impulsregler in der Praxis ein Schwingungsverhalten im Fensterbereich 60 bis 100% YA Reglerleistung annimmt. Durch das festeingestellte Verbrennungsluftvolumen wird im hohen Impulsfrequenzbereich gewährleistet, dass eine relativ vollständige Verbrennung stattfindet und akzeptable Abgaswerte erreicht werden (Lambda 1,0-1,4). Der hohe Luftanteil in der Verbrennung stellt auch sicher, dass bei keramischer Brennware keine Reduktionsauswirkungen auftreten.

Nachteile bei festeingestelltem Verbrennungsluftvolumen:

- Bei Erreichen der Solltemperatur wird regeltechnisch die Impulsfrequenz erniedrigt jedoch das Verbrennungsluftvolumen bleibt unverändert was zur Auswirkung hat, dass dem Brennprozess ein zu großes Luftvolumen zugeführt wird wodurch im unteren und mittleren Impulsregelbereich eine ungewollte Abkühlung durch Luftüberschusseintrag in den Brennraum stattfindet. Den daraus resultierenden Temperaturabfall versucht der Impulsregler wieder zu kompensieren, wodurch die Regelung ein schwingendes Verhalten annimmt und dadurch der temperaturtechnische Wirkungsgrad negativ beeinflusst wird.
- Während der Verbrennung in Bereichen mit hohem Luftüberschuss (unvollständige Verbrennung), entstehen ungünstige bis unzulässige Emissionswerte die über das Abgas in die Umwelt gelangen (SO₂; CO₂; CO; Nox; Formaldehyd) [Bild 16].

Fazit: Ein optimaler Verbrennungsprozess energie- und emissionstechnisch findet nur im oberen Leistungsbereich des Brenners statt.

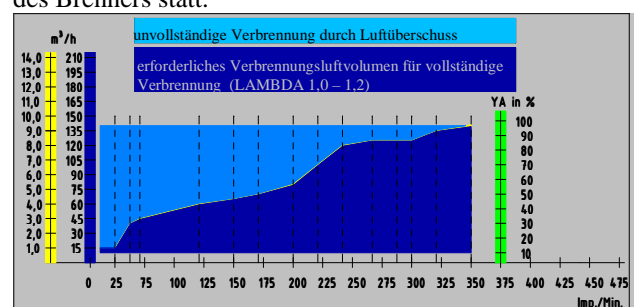


Bild 16. Diagramm Verbrennungsluft (fest) ohne LAMBDA- Automatik

7.2. Das asymmetrische Impulsregelverfahren mit Bandbreitenmodulation [BBM]

Um die Temperaturdifferenzen im Höhenquerschnitt zu kompensieren, wurde das zuvor beschriebene Impulsbrennverfahren weiter modifiziert, indem zusätzliche Öffnungszeitparameter in die Software reglerstruktur eingefügt und kreiszyklisch automatisiert wurden (**ti1; ti2; ti3**) [Bild 13 und 13.1].

Die Parameterplätze (tn1; tn2; tn3) sind frei parametrierbar, wodurch bei Eingabe von unterschiedlichen Zeitkonstanten die kreiszyklische Bearbeitung drei unterschiedliche Brenngasstrahl expansionen abhängig von der temperaturabhängigen Berechnung der Ventilpausezeit (**tp**) erzeugt.

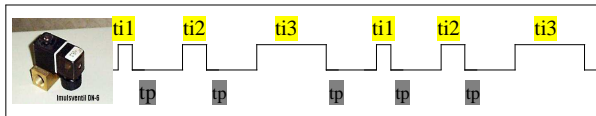


Bild 13. mpulsdiagramm (asymmetrisch) im unteren Leistungsbereich

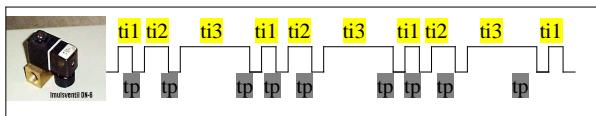


Bild 13.1 Impulsdiagramm (asymmetrisch) im oberen Leistungsbereich

Der softwarebasierende Impulsregelbaustein besitzt eine modular aufgebaute Struktur (Temperaturerfassung; PID Ebene; Leistungsebene (Imp./Min.); BBM-Modulationsebene). Dieser strukturelle Aufbau in Verbindung mit den Einzelimpulsventilen an jeder Brennstelle ermöglicht bei Brenngruppenaufbauten mit mehreren Brennstellen, jedes einzelne Brennaggregat über einen eigenständigen Impulssoftware regler anzusteuern, wodurch jeder Brenner den Erfordernissen gemäß individuell eingestellt werden kann [Bild 14].

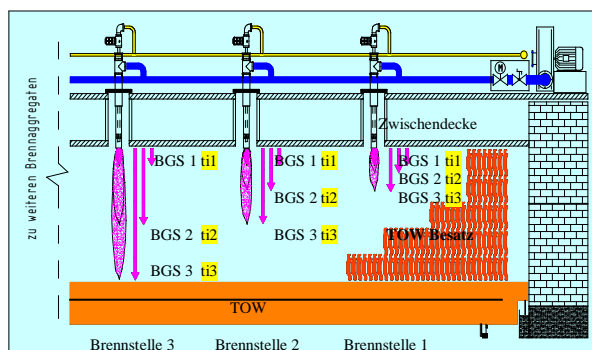


Bild 14. unterschiedliche Brenneinstellungen in einer Brennzona (BGS = Brenngasstrahlänge 1 – 3)

Durch die Softwaremodifikation [**BBM- BANDBREITENMODULATION**] ist ein nahezu 100 %iger Temperatureausgleich (homogene Brennatmosphäre) im gesamten Brennraum erzielbar.

8.1. Die „intelligente“ Bandbreitenmodulation über Wagenverfolgung [IBBM]

Bei Ofenanlagen, die mit häufig wechselndem Besatz, Mischbesatz oder unterschiedlichem Besatzgewicht be-

schickt werden, bedarf es je nach zu brennender Produktchargen und Produktformaten unterschiedlicher Parametersätzen, die automatisch und produktspezifisch an die Brennzonenregler transferiert werden, um bei allen Produktgruppen ein ideales Brennergebnis zu erzielen. In der Regel besitzen die meisten Tunnelöfen eine integrierte TO- Wagenverfolgung, wodurch alle Positionen der Ofenwagen und somit auch die jeweiligen Besatzzinformationen im Brennkana l der SPS Steuerung bekannt sind. Diese TO- Wageninformationen werden in der SPS Steuerung ausgewertet und automatisch die erforderlichen Regelparameter (BBM- Modulationszeiten) an jedes einzelne Brennaggregat transferiert. Durch die vollautomatische Anpaßung der Brennerparameter, stellt sich die komplette Befeuungsanlage in jedem Bereich der Brennzonen (Vorfeuer und Hauptfeuer) anhand der gespeicherten Besatzzlegenden in Verbindung mit den Wagenpositionen automatisch um.

8.2. Die „intelligente“ Bandbreitenmodulation über Temperaturdifferenzen im Ofenquerschnitt [IBBM]

Die temperaturabhängige Bandbreitenmodulation arbeitet unabhängig von erforderlichen Parametersätzen die manuell oder automatisch zur Beeinflussung der Brenngasstrahlängen an den Software regler transferiert werden.

Die Veränderung / Anpassung der Impuls längenparameter (**ti1; ti2; ti3**) [Bild 13 und 13.1] vom Impulsventil, erfolgt je Brennzona mittels drei im Höhenquerschnitt erfasster Temperaturen (oben; mitte; unten). Der in der Mitte angeordnete Messfühler liefert dem Regelbaustein den Ist-Wert, um die Temperaturregelung mit Leistungsausgabe (Impulsfrequenz) zu realisieren. Die Temperaturinformationen vom oberen und unteren Brennraumquerschnitt, werden in der SPS Steuerung mit der mittleren Querschnittstemperatur (Referenz) auf Abweichungen verglichen. Bei Abweichungen von der mittleren Referenztemperatur, wird durch einen intelligenten Funktionsbaustein der mit der Modulationsebene kommuniziert, abhängig von den berechneten Temperaturabweichungen die Impuls längenparameter (**ti1; ti2; ti3**) automatisiert beeinflusst, wodurch eine gezielte Energieverlagerung im Brennraum durch die Brenngasstrahländerungen (BGS1; BGS2; BGS3) [Bild 14], stattfindet.

Freiraum für Werbeanzeigen vom Herausgeber

Bei Brenneranforderung wird das Gassicherheitsventil 7 geöffnet und der Zündlastbetrieb über den Bypassabschnitt C aufgebaut. Nach erfolgter Zündung und Ionisationsaufbau (Flammenüberwachung), wird durch die Feuerungselektronik (DVGW) vom Brennaggregat der Zündlastbetrieb an die dezentrale Steuerungseinheit (S7) signalisiert und der Medienfluss Impulslastbetrieb über den Bypassabschnitt A freigegeben. Die von der Steuerung berechnete Impulsfrequenz 0 – 500 Imp./Min. regelt die Brennstoffzufuhr über das Impulsventil 4. Die mess- und regeltechnische Ansteuerung erfolgt mittels spezifischer Softwarebausteine auf Basis von (SIMATIC SS, S7 UND VIPA S7 STEUERUNGSTECH.).

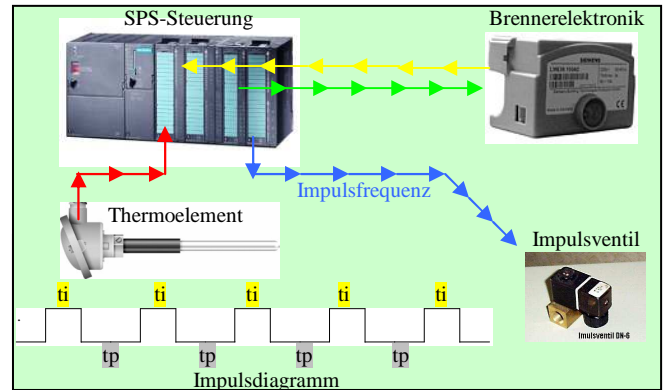


Bild 11. Signalfluss SPS – Brenner und Impulsperipherie

7.1. Das symmetrische Impulsregelverfahren

Beim symmetrisch arbeitenden Impulsbrennverfahren wird die Ventilreaktionszeit t_i (Impulszeit) als fester Idealwert, der zuvor bedingt durch die Brennraumbemaßungen ermittelt wird, dem Impulsregelbaustein als Zeitkonstante für den Ventilöffnungszyklus je Impuls in der Parameter Ebene vorgegeben. Der Ventilzyklus Auf (t_i) bewirkt eine vom Brennstoffmediumdruck abhängige Brenngasstrahl-expansion. Abhängig von der durch den Öffnungszyklus entstehenden Flammenlänge, wird die daraus resultierende Wärmeenergie an einen immer gleichbleibenden Brennraumbereich je Impuls transportiert.

Die Brennerleistung wird über den Impulsregelbaustein durch Auswertung der Soll / Ist Temperatur berechnet. Die Impulsfrequenz regelt das Leistungsverhalten von 0-100 % (0-500 Imp./Min.) durch die automatisierte Beeinflussung der Ventilreaktionszeit t_p (variable Pausezeit). Durch Abweichungen der Temperaturdifferenz ΔT wird die variable Pausezeit t_p abhängig von der PID Parameter Ebene verkürzt bzw. verlängert, wodurch über die variabel automatisierte Impulsfrequenz der erforderliche Brennstoffeintrag über die Feuerstelle erfolgt [Bild 12 und 12.1]

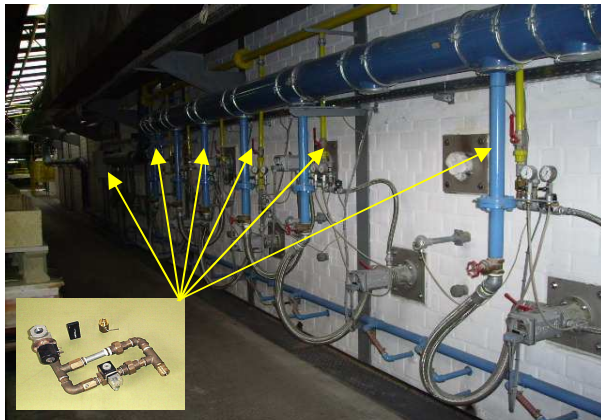


Bild 10. Tunnelofen 70 m seitenbefeuert, 9 Brennzonen je 2 HG Zündbrenner a. 200 kW Flammenleistung mit BBM- Impulsbrennverfahren (Bandbreitenmodulation). Brenntemp. 1300°. SAINT-GOBAIN-NORPRO STEINFREZ GERMANY

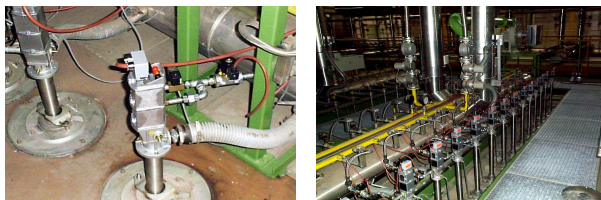


Bild 10.1 Tunnelofen 5A deckebefeuert, Ausschnitt Deckebrennzonen je 15 HG- Zündbrenner a. 45 kW Flammenleistung mit BBM- Impulsbrennverfahren Brenntemperatur 1000°. DACHZIEGELWERKE JACOBI BILSHAUSEN GERMANY

7. Die unterschiedlichen Impulsregelverfahren

Die Software basierende Impulsregeltechnik benötigt keine konventionellen Komponenten wie z.B. Temperaturregler, Messumformer, Koppelglieder ect., da die komplette Messwerterfassung, sämtliche Statusdaten und die Aggregatansteuerung direkt über die Ein- und Ausgangsperipherie (Analog und Digital) von der SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) erfolgt. Mittels der modular aufgebauten Steuerungssoftware werden sämtliche Eingangsdaten mess- und regeltechnisch ausgewertet und temperaturtechnisch berechnet. Die Ansteuerung der Brennaggregate (Ionisationsüberwachung, Freigabe und Impulsfrequenz), erfolgt direkt über die Ausgangsseite [Bild 11].

Durch unkomplizierte Erweiterungsmöglichkeiten der SPS Hard- und Softwarestruktur, kann jede Brennanlage vom Teilbereich bis hin zur Komplettrekonstruktion kostengünstig umgerüstet werden.

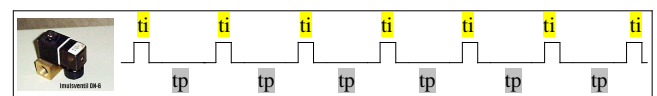


Bild 12. Impulsdiagramm (symmetrisch) im unteren Leistungsbereich

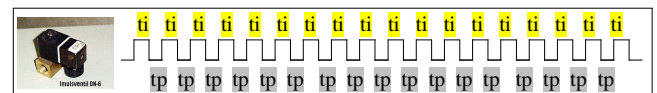


Bild 12.1 Impulsdiagramm (symmetrisch) im oberen Leistungsbereich

Je größer der Brennraum einer Ofenanlage ausfällt, um so größere Temperaturdifferenzen weist die Brennraum-atmosphäre im Höhenquerschnitt auf, so dass kein gleichmäßiger Brand stattfindet. Mit nur einer festen Ventilreaktionszeit t_i , konnte diese Problematik nicht zufriedenstellend gelöst werden. Da die praktische Erfahrung gezeigt hat, dass eine große Anzahl von Tunnelöfen mit Temperaturdifferenzen von bis zu 80 °C gefahren werden und somit der Betreiber eine qualitative Minderung seines Produktes in Kauf nehmen musste, wurde die **BANDBREITENMODULATION [BBM]** entwickelt.

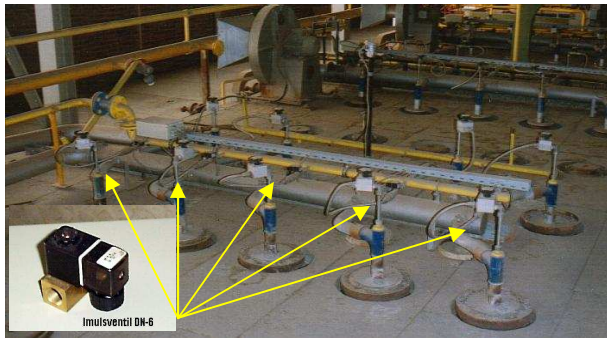


Bild 6. Impulsbefeuerte Deckenbrenngruppe mit Einzelventilen je Brenner DACHZIEGELWERKE HEISTERHOLZ MINDEN

4.1. Vorteile beim Einsatz von Einzelimpulsventilen

- Direkte Ansteuerung des Brennstoffventils von der SPS - Digitalbaugruppe durch die geringe Stromaufnahme von max. (0,37 A)
- Bei Ausfall eines Brennstoffventils werden die übrigen in der Brennzone befindlichen Brennstellen nicht beeinträchtigt.
- Unabhängige Einstellungen der Brennstoffdurchsatzmengen von jeder Brennstelle.
- Uneingeschränkte Flexibilität der Ansteuermöglichkeiten von einzelnen Brennern in einer Brennzone (Schürlochbelastung).
* Parallelbetrieb * Folgeansteuerung kreiszyklisch * Asymmetrischer Betrieb * Betrieb mit unterschiedlichen Impulslängen

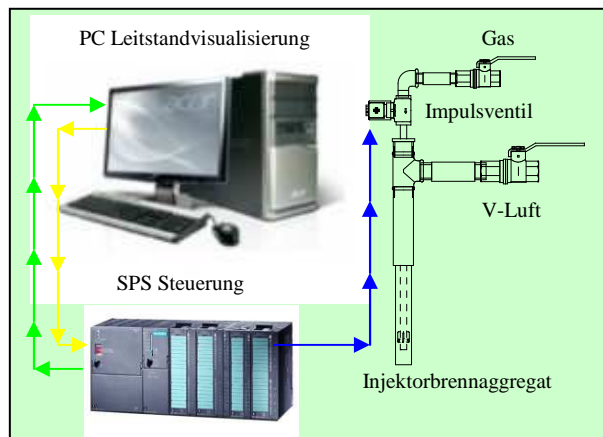


Bild 7. Fliesbild Ansteuerung Injektorbrenner mit Einzelimpulsventil

5. Der Hochgeschwindigkeitszündbrenner mit Impulsbetrieb zum Einsatz unterhalb 650°

Die bisher aufgeführten Impulsbrennverfahren kamen ausschließlich im Injektorbrennerbereich ohne Zündvorrichtung zum Einsatz, wodurch der Impulsbefeuerung unterhalb der Zündtemperatur von 650° eine Grenze gesetzt war. Dieser Umstand erforderte eine zusätzliche Ausbaustufe, die das Betreiben von Hochgeschwindigkeitsbrennern mit Zünd- und Flammenüberwachungsvorrichtung ermöglichte, um im Vorfeuer und Aufheizbereich unterhalb der Zündtemperatur mit Turbulenzen zu arbeiten und somit eine homogene Brennatmosfera in allen Ofenbereichen zu erzielen.

Der Hochgeschwindigkeitsbrenner konnte nicht so wie der Injektorbrenner wo das Brennstoffgemisch bei Eintritt in den Brennraum gezündet wird eingesetzt werden, da der zeitliche Verlauf von Zündung, Ionisationsaufbau und Ansteuerung vom Sicherheitsventil (DVGW Richtlinien) im Impulsbetrieb nicht möglich war. Unter Einhaltung der erforderlichen DVGW Richtlinien wurde sehr schnell klar, dass der Brenner zuerst im kleinstmöglichen Leistungsbereich ca. 10% gestartet werden muss, wodurch der Ionisationsaufbau (Flammenstabilität) erreicht wird. Dieser Leistungszustand vom Brennaggregat (Zündlastbetrieb) erfordert eine minimale Flammenleistung die keine temperaturtechnische Auswirkung auf den Brennprozess hat und dennoch ein stabiles Brennverhalten zum Zuschalten vom Impulsbetrieb aufweist, wodurch der regeltechnische Prozess stattfindet (Bild 8).

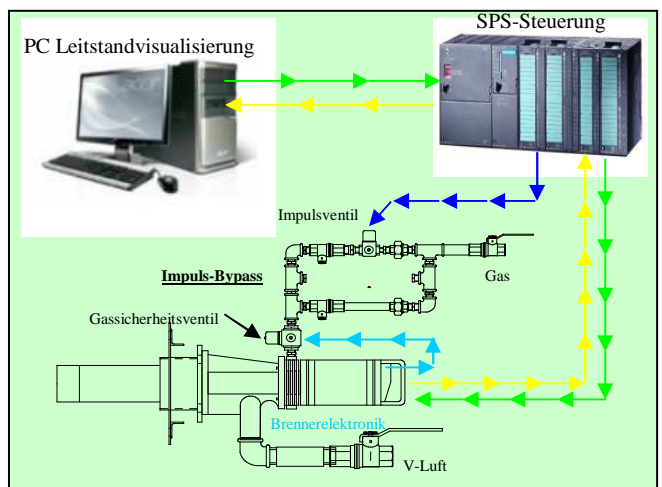


Bild 8. Fliesbild Ansteuerung Zündbrenner mit Ionisationsüberwachung und Gas-Bypass für Zündlast und Impulsbetrieb 0-500 Imp./Min.

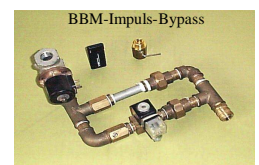
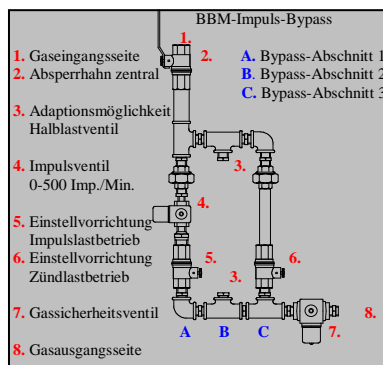


Bild 9.1
Der Impuls-Bypass ermöglicht durch elektrisches Zuschalten von Magnetventil 4 und 7 unterschiedliche physikalische Brennstoffwege über die Bypass-Abschnitte A, B und C. Das Brennstoffvolumen zum Brenner wird über die Einstellvorrichtungen 5 und 6, in jedem Bypass-Abschnitt für Zündlast- und Impulsbetrieb individuell eingestellt.

Bild 9. Aufbaustruktur Impuls-Bypass

6. Der Impuls-Bypass (Aufbau und Funktion)

Unter Berücksichtigung aller erkannter Problemaufkommen für den Impulsbetrieb von selbstzündenden Brennaggregaten, wurde 1994 der Impuls-Bypass [Bild 9] ist in 3 Bypassabschnitte A, B, C aufgeteilt, wodurch je Zuschaltung der integrierten Magnetventile 4 und 7 unterschiedliche physikalische Brennstoffwege entstehen. Der erforderliche Brennstoffdurchsatz der einzelnen Brennstoffstrecken, wird individuell mittels der Feindosiervorrichtungen 5 und 6 vorgenommen.

Einen weiteren Nachteil beinhaltet die Brennstoffversorgung der Brennaggregate in Zoneneinteilung [Bild 2]. Durch die versorgungsbedingte Anordnung vom Impulszonenventil, werden bis zu 10 Brenner in einer Brenngruppe mit Gas versorgt.

Bedingt durch unterschiedliche Leitungslängen zu den einzelnen Brennaggregaten, resultieren je Versorgungsweg zu den einzelnen Brennerlanzen unterschiedliche Druckverluste, wodurch ungünstige Strömungsverhalten bei der Brennstoffversorgung auftreten.

Diese unerwünschten Druck und Strömungsverhalten müssen durch unterschiedliche Brennereinstellungen kompensiert werden, was zu keinem zufrieden stellenden Ergebnis führt [Bild 3].

3. Die Renaissance der Impulsbrenntechnik mit neuer Ventiltechnik für Industriefeuern auf SPS basierenden Systemen

1992 wurde die erste Impulsbefuerung auf SPS Basis SIMATIC S5 bei den **DACHZIEGELWERKEN HEISTERHOLZ MINDEN** eingesetzt. Die Deckebefuerung war in Brennzone je 10 Injektorbrenner eingeteilt und mit einem Impulszonenventil 0-300 Imp./Min. ausgestattet. [Bild 4]



Bild 4. Deckebefuerung mit Impulszonenventil 0-300 Imp./Min. **DACHZIEGELWERKE HEISTERHOLZ MINDEN GERMANY**

Die komplette Messwerterfassung wird mittels einer SIMATIC S5 SPS Steuerung realisiert. Die Steuerungssoftware wertet die momentane Temperatursituation aus und berechnet die erforderliche Impulsfrequenz.

Für die hochfrequente Ansteuerung der Impulsventile mit (6 A) Stromaufnahme, werden Thyristormodule eingesetzt. Durch die Umstellung der Brennanlage auf Impulsbetrieb, wurden Energieeinsparungen von 25 % sowie Qualitätsoptimierung am Brenngut erreicht.

Trotz der zu diesem Zeitpunkt erzielten Erfolge, war das Problem der Druckverluste verursacht durch das Zonenventil und die unterschiedlichen Brennstoffwege zu den Brennaggregaten in einer Brennzone noch immer vorhanden, was zur der Überlegung führte, ein elektromagnetisches Kleinventil mit hohen Schalzhäufigkeiten und einem geringen Kostenfaktor zu entwickeln.

Kv-Expansionsstrecke 3 Kv-Expansionsstrecke 2 Kv-Expansionsstrecke 1

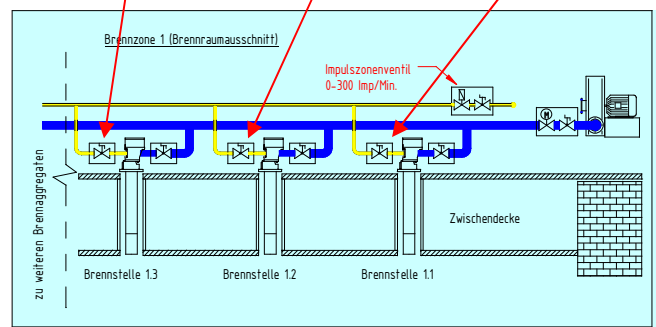


Bild 3. unterschiedliche Brennstoffwege der gepulsten Gasversorgung

4. Das Brennstoffventil

Das Impulsventil ist das elektromagnetische Herz der Impulsbefuerung und wird extremen mechanischen Belastungen ausgesetzt.

Um die zuvor beschriebenen Nachteile der Zonenventile zu eliminieren, wurde 1993 in Zusammenarbeit mit der Firma **DANFOSS** die Entwicklung von einem Kleinventil für hochfrequenten Betriebseinsatz begonnen.

Die technischen Eigenschaften wurden wie folgt ermittelt:

- kleinstmögliche bautechnische Dimensionen
- verschleißfreie Materialkomponenten
- hochfrequenter Betriebseinsatz 0-1000 Imp./Min.
- minimale Stromaufnahme < 0,4 Amp.
- Betriebsspannung 24 V DC

Das Spezialventil ging nach kurzer Entwicklungszeit in Produktion und erfüllte alle erforderlichen Voraussetzungen.

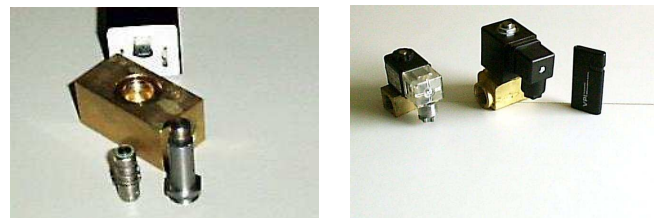


Bild 5 u.5.1. Spezialimpulsventil DN 6 bis DN 10 für die Brennstoffversorgung von Einzelbrennstellen mit 0-1000 Imp./Min.

Die erste Pilotbefuerung mit den neuen Spezialventilen wurde bei den **DACHZIEGELWERKEN HEISTERHOLZ MINDEN** am Tunnelofen 1 eingesetzt und getestet.

Die Umrüstung einer Brennzone mit 10 Brennaggregaten auf Einzelimpulsbetrieb je Brennstelle [Bild 6], ergibt im Vergleich zum Impulszonenventil [Bild 4] eine Investitionseinsparung von ca. 50 %. Bedingt durch die geringe Stromaufnahme der Impulsventile von max. (0,37 A), kann die elektrische Ansteuerung direkt über die SPS Ausgangsseite erfolgen, wodurch weitere Einsparungen bedingt durch den Wegfall von Koppelkomponenten und Verdrahtungsaufwand zum tragen kommen.

Aus Forschung und Technik

Impulsgebläsebrenner – Technik mit automatisierter Verbrennungsluftanpassung zur Optimierung industrieller Feuerungstechnik (energie- und emissionstechnisch)

IMPULS- GEBLÄSEBRENNAGGREGATE mit integrierter LAMBDA Automatik

RALPH KIEM



Ralph Kiem (49) Elektrotechniker entwickelte 1992 das **BBM** Impulsbrennsystem (automatisierte Brenngasstrahlmodulation) auf SPS basierender Technik. Nach erfolgreichen Einsätzen an keramischen Brennanlagen, entstand durch weitere Optimierungsmaßnahmen der weltweit erste Gebläse - Impulsbrenner mit 0 - 500 Imp./Min. und integrierter LAMBDA - Automatik mit Energieeinsparungen im Bereich von 40 % .

KURZFASSUNG

Impulsbrenntechnik zur Optimierung der Brennqualität mit Energieeinsparung auf SPS Technik in der keramischen Industrie, hat in den vergangenen Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Um den mittlerweile immer höher angesiedelten gesetzlichen Umweltbestimmungen (TA Luft / BImSchG) in der Industrie gerecht zu werden, sind weiterführende Entwicklungsschritte von erproben und im Einsatz befindlichen Systemen erforderlich.

Der Impulsgebläsebrenner mit automatischer Verbrennungsluftanpassung ist die entwicklungstechnische Antwort auf flexibel automatisierte Turbulenzen in der Brennatmosfera unter Einhaltung der gesetzlichen Emissionsrichtlinien und mit zusätzlichen Energieeinsparungen von ca. 20 % gegenüber der bisher eingesetzten Impulsbrennsystemen.

1. Die Entstehung der Impulsbrenntechnik für Industriefuerungen in der keramischen Industrie

Der Einsatz von Impulsbrenntechnik fand erstmalig im Jahre 1958 in der keramischen Feuerungstechnik statt. Diese Befuerungstechnik wurde anhand der damals vorwiegend verfügbaren Brennstoffe Leicht o. Schweröl eingesetzt.

Der funktionale Aufbau [Bild 1] umfasst eine Brennstoffringleitung mit zentraler Brennstoffpumpe für die direkte Versorgung der Brennggregate.

Die Verbrennungsluft wurde über die Brennerlanzen in den Brennprozess zugeführt. Die Brennstoffdosierung erfolgte durch elektromagnetische Ansteuerung von vorgeschalteten Magnetventilen über zyklische Impulse im Bereich von 0 -250 Imp./Min., wodurch der Brennstoff in der Brennerlanze mit der Verbrennungsluft vermischt wird und bei Austritt an der Brennerlanze im Brennraum bei einer Zündtemperatur < 650° gezündet wurde. Durch Veränderung der Impulsfrequenzhöhe wird die Brennstoffzufuhr über das Brenngregat in temperaturtechnisch beeinflusst bzw. geregelt.

Mit zunehmender Verfügbarkeit von Erdgas, hat sich die Aufbaustruktur [Bild 2] von Impulsbefuerungen verändert. Die impulsregelte Brennstoffversorgung wurde mittels einem zentralen Impulsventil je Brennzona mit 6 bis 8 Brenngregaten über eine Brennstoffverteilerleitung gespeist. Die Temperaturregelung wird wie auch bei der ölbetriebenen Ausführung über die Veränderung der Impulsfrequenz realisiert.

Die Brennstoffzuführung auf Impulsbasis erzeugt in der Brennraumatmosfera abhängig von der Frequenz und der Impulslänge kleinste Explosionsauswirkungen wodurch das Brenngut starken Turbulenzen ausgesetzt wird.

Die Turbulenzauftreten im Brennraum bewirken eine ideale temperaturtechnische Durchspülung vom Brennbereich und eine absolut homogene Brennatmosfera.

Durch den Einsatz von o.a. Impulsbrenntechnik, werden energietechnische Einsparungen im Bereich von ca.20 % erreicht und zusätzlich die Brenngutqualität verbessert.

2. Nachteile von konventionellen Impulsbrennsystemen

Bei den zuvor beschriebenen Impulsbrennsystemen handelt es sich um sehr aufwendige und sehr kostenintensive Brennanlagen, wodurch der Einsatz dieser Impulsbrenntechnik fast ausschließlich nur in Produktionen für hochwertige Keramikprodukte etablierbar war.

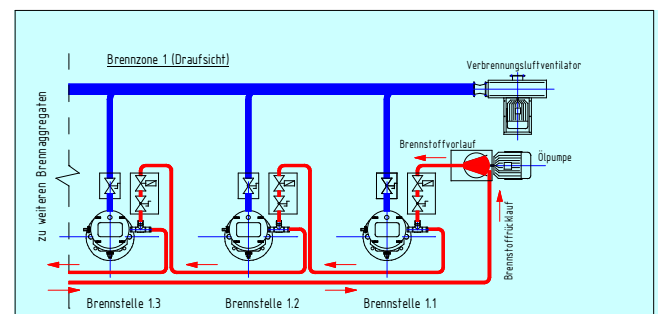


Bild 1. Deckenbrenner (Ölbetrieb) mit Einzelimpulsventil je Brennstelle

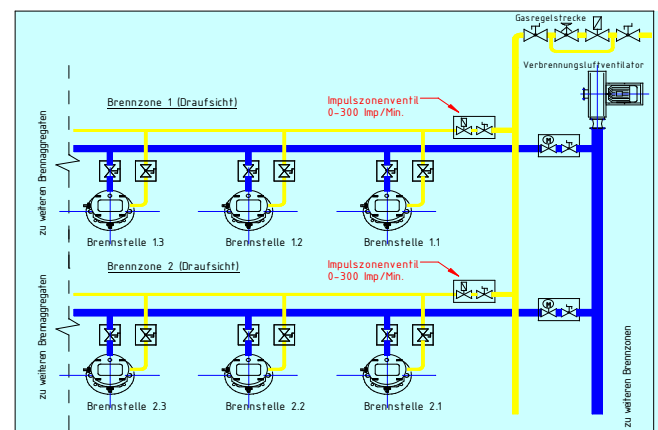


Bild 2. Deckenbrenner (Gasbetrieb) mit Zonenimpulsventil x Brennstellen