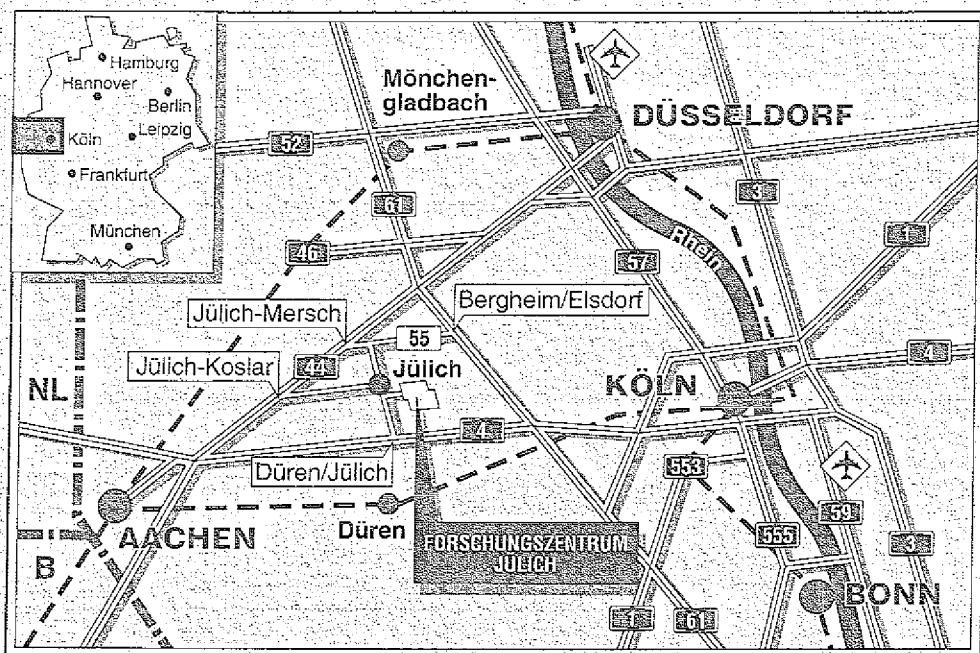


*Zentralabteilung Forschungsreaktoren
und Kerntechnische Betriebe*

**Verbrennungsanlage für
niedrig-aktiven Abfall in Inshass
LAWI**

**Incineration Plant for
Low Active Waste at Inshass**

W. Krug H.-J. Schmitz
L. Thöne I.D. Abdelrazek



Berichte des Forschungszentrums Jülich ; 2831

ISSN 0944-2952

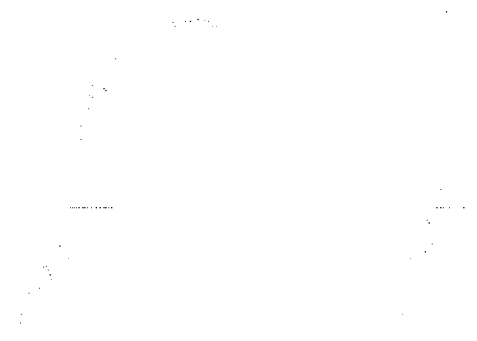
Zentralabteilung Forschungsreaktoren und Kerntechnische Betriebe Jül-2831

Zu beziehen durch: Forschungszentrum Jülich GmbH · Zentralbibliothek

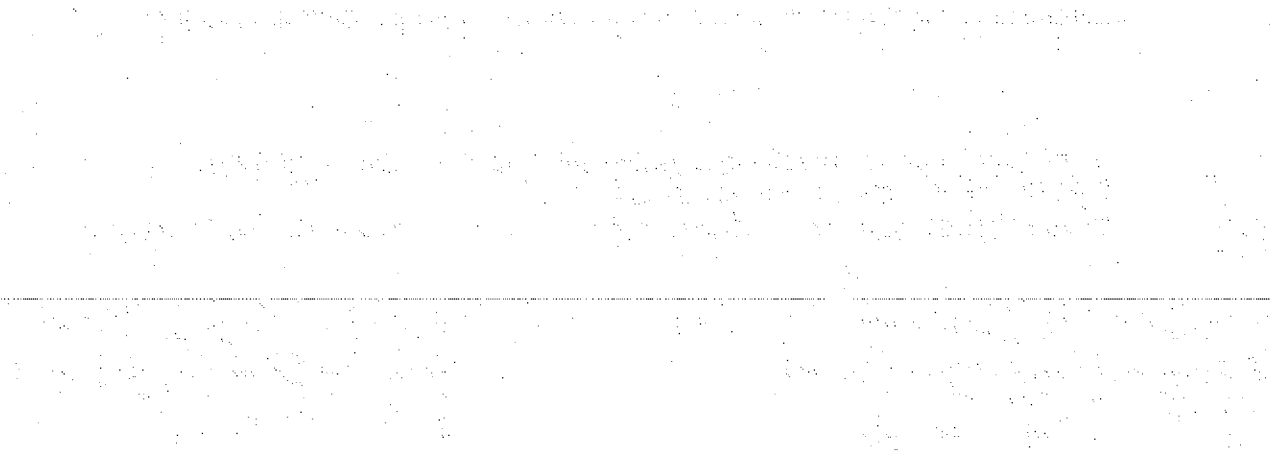
D-52425 Jülich · Bundesrepublik Deutschland

Telefon: 02461/61-6102 · Telefax: 02461/61-6103 · Telex: 833556-70 kfa d

100
100
100
100



100
100
100
100



Verbrennungsanlage für niedrig-aktiven Abfall in Inshass

LAW I

Incineration Plant for Low Active Waste at Inshass

W. Krug¹⁾ H.-J. Schmitz²⁾
L. Thöne²⁾ I.D. Abdelrazek³⁾

Juni/June 1993

¹⁾ Zentralabteilung Forschungsreaktoren und Kerntechnische Betriebe – Dekontamination,
Forschungszentrum Jülich GmbH, D-52425 Jülich

²⁾ Zentralabteilung Technologie, Forschungszentrum Jülich GmbH, D-52425 Jülich

³⁾ Department of Metallurgy, NRC, AEA, Cairo, Egypt

German-Egyptian-Cooperation in Scientific Research and Technological Development

Inhalt**Content****1. Einleitung****1. Introduction****2. Der Jülicher Thermoprozeß****2. The Jülich Thermo Process****3. Anlagentechnik****3. Plant Engineering****3.1 Hauptfunktionselemente****3.1 Main Components****3.1.1 Gasreaktor mit Glovebox****3.1.1 Gas Reactor with Glove Box****3.1.2 Brennkammer****3.1.2 Combustion Chamber****3.1.3 Mischkammer****3.1.3 Mixing Chamber****3.1.4 Zyklon-Abscheider****3.1.4 Cyclone Separator****3.1.5 Filter-Station****3.1.5 Filter Station****3.1.6 Gebläse****3.1.6 Blowers****3.1.7 Startbrenner mit Gasversorgung****3.1.7 Ignition Burner with Gas Supply****3.1.8 Druckluftversorgung****3.1.8 Compressed-Air Supply****3.1.9 Rohrleitungen und Armaturen****3.1.9 Piping, Valves and Fittings****3.2 Auslegung der Anlage****3.2 Design of the Plant****3.3 Funktion der Anlage****3.3 Function of the Plant****4. Elektrotechnik,
Messen, Steuern, Regeln****4. Electrical Engineering,
Measuring, Controlling and
Regulating Techniques****4.1 Elektrotechnik****4.1 Electrical Engineering****4.2 Meßtechnik****4.2 Measuring Techniques****4.3 Steuern, Regeln****4.3 Controlling and Regulating
Techniques****4.4 Sicherheitstechnik****4.4 Safety Techniques****4.5 Datenerfassungssystem****4.5 Data Acquisition System****5. Gebäude****5. Building****5.1 Aufbau und Funktion****5.1 Construction and Function****5.2 Auslegung und Ausrüstung****5.2 Design and Outfit****5.2.1 Fenster und Türen****5.2.1 Windows and Doors****5.2.2 Wände und Fußböden****5.2.2 Walls and Floors****5.2.3 Kran****5.2.3 Crane****5.2.4 Lüftungsanlage****5.2.4 Ventilation System****5.2.4.1 Zuluft****5.2.4.1 Supply Air****5.2.4.2 Abluft****5.2.4.2 Exhaust Air****5.2.5 Bedienungsgerüst****5.2.5 Operation Platform****5.2.6 Außenanlagen****5.2.6 External Arrangements**

6.	<u>Betriebsabläufe</u>
6.1	Anfahren der Anlage
6.2	Normalbetrieb
6.3	Abfahren der Anlage
6.4	Störfälle
6.4.1	Spannungsausfall
6.4.2	Ausfall des Rauchgasgebläses 1B1
6.4.3	Ausfall des Frischluftgebläses 2B1
6.4.4	Ausfall der Regelungen
6.5	Handhabung des radioaktiven Abfalls
6.6	Handhabung der Asche
6.7	Strahlenschutzregelungen
7.	<u>Arbeits- und Entwicklungsprogramm</u>
7.1	Betrieb mit städtischem Müll
7.2	Betrieb mit radioaktivem Müll
7.3	Entwicklungsprogramm
8.	<u>Beteiligte Institutionen</u>

6.	<u>Operation Procedures</u>
6.1	Start of Operation
6.2	Normal Operation
6.3	Termination of Operation
6.4	Interferences
6.4.1	Loss of Voltage
6.4.2	Failure of Exhaustblower 1B1
6.4.3	Failure of Airblower 2B1
6.4.4	Failure of Control Systems
6.5	Handling of Radioactive Waste
6.6	Handling of Ashes
6.7	Health Physics Regulations
7.	<u>Work and Development Programme</u>
7.1	Operation with Municipal Waste
7.2	Operation with Radioactive Waste
7.3	Development Programme
8.	<u>Institutions Involved</u>

Abbildungen

Abb. 1	Der Jülicher Thermoprozeß, Funktionsprinzip
Abb. 2	Fließbild LAWI
Abb. 3	Gasreaktor mit Glovebox
Abb. 4	Brennkammer
Abb. 5	Zyklonabscheider
Abb. 6	Filterstation
Abb. 7	Kontrollpult
Abb. 8 a-c	Gebäudeansichten
Abb. 9	Gebäude-Grundriß
Abb. 10	Lüftungsanlage
Abb. 11	Bedienungsgerüst

Figures

Fig. 1	The Jülich Thermoprocess, Operation Principle
Fig. 2	LAWI Flow Sheet
Fig. 3	Gas Reactor with Glove Box
Fig. 4	Combustion Chamber
Fig. 5	Cyclone Separator
Fig. 6	Filter Station
Fig. 7	Control Panel
Fig. 8 a-c	Building Side Views
Fig. 9	Building Plan
Fig. 10	Ventilation System
Fig. 11	Operation Platform

Referenzen

Die Autoren möchten Herrn Prof. F. Hammad, Vorsitzender der AEA, und Herrn Dr. S. Krawczynski, Leiter der KFA-ZAT-NPT, für ihr reges Interesse und Ihre stete Unterstützung danken, die eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg dieses Vorhabens waren.

Außerdem möchten die Autoren Herrn H. Mallek, dem Erfinder des Jülicher Thermoprozesses, für seine fachliche Beratung und tatkräftige Unterstützung bei der Auslegung und dem Bau der Verbrennungsanlage LAWI ihren besonderen Dank aussprechen.

Acknowledgements

The authors would like to thank Prof. F. Hammad, AEA Chairman, and Dr. S. Krawczynski, Head of KFA-ZAT-NPT, for their keen interest and their continuous support, which was an essential prerequisite for the success of this project.

Furthermore the authors are particularly indebted to Mr. H. Mallek, the inventor of the Jülich thermoprocess, for his expert advice and efficient support in the design and construction of LAWI.

1. Project Overview	
Project Name	Project Alpha
Project Manager	John Doe
Project Start Date	2023-01-01
Project End Date	2023-12-31
Project Status	In Progress
Project Budget	\$1,000,000
Project Risk Level	Medium
Project Complexity	High
Project Scope	Develop a new web application for customer management.
Project Deliverables	Web application, User manual, Training materials.
Project Stakeholders	Customers, Sales team, Marketing team, IT department.
Project Communication Plan	Weekly status reports, Monthly steering committee meetings.
Project Change Management	Changes must be approved by the project manager and the steering committee.
Project Risk Management	Identify risks, assess impact, develop mitigation strategies.
Project Quality Management	Implement quality assurance processes, conduct regular testing.
Project Resource Management	Assign resources based on project needs, monitor resource utilization.
Project Procurement Management	Identify vendors, negotiate contracts, manage procurement process.
Project Integration Management	Coordinate project activities, ensure alignment with organizational goals.
Project Monitoring and Control	Track project progress, manage changes, report performance.
Project Closing	Finalize project, conduct post-project review, archive project documents.

1. Einleitung

Im Rahmen der deutsch-ägyptischen Zusammenarbeit wurde eine Vereinbarung zwischen der KFA-Jülich (Forschungszentrum Jülich) und der AEA-Cairo (Atomic Energy Agency) getroffen, welche die Durchführung eines Entwicklungs- und Versuchsprogramms zur Behandlung von schwach radioaktivem Abfall durch Verbrennung in Ägypten vorsieht. Dazu wurde die Prototyp-Verbrennungsanlage LAWI (Low Active Waste Incinerator) nach dem Prinzip des Jülicher Thermoprozesses von der KFA Jülich geplant, erstellt und im ägyptischen Forschungszentrum Inshass installiert.

Parallel dazu wurde von der AEA Cairo ein eigenes Betriebsgebäude für diese Anlage geplant und errichtet mit allen erforderlichen Merkmalen, infra-strukturellen Einrichtungen und Räumlichkeiten für den Betrieb der Anlage sowie für den Umgang mit und für die Behandlung von schwach radioaktiven Abfällen.

Die Größe dieser Verbrennungsanlage wurde so gewählt, daß sie ausreicht, um das Forschungszentrum Inshass und die Umgebung (z.B. Krankenhäuser von Kairo) von festen, brennbaren schwach radioaktiven Abfällen zu entsorgen. Das geplante Versuchs- und Betriebsprogramm für diese Prototyp-Anlage sieht jedoch erst in einer zweiten Stufe die Verbrennung von radioaktivem Abfall vor. Die erste Stufe beinhaltet ein ausgiebiges Testprogramm zur Verbrennung von konventionellem Abfall zunächst mit dem Ziel, die Mannschaft zu trainieren sowie die Anlage auszutesten und gegebenenfalls zu optimieren. Weiterhin soll dabei eingehend untersucht werden, inwieweit dieses Verfahren auch zur Lösung landesspezifischer Probleme bei der Beseitigung von konventionellen brennbaren Abfällen, z. B. Haus- und Stadtmüll, einen Beitrag leisten kann. Die hierbei erzielten Ergebnisse und gewonnenen Erfahrungen können als Grundlage zur Erarbeitung einer langfristigen Abfallbeseitigungsstrategie dienen. Dabei können Verbrennungsanlagen nach diesem Funktionsprinzip in unterschiedlichen Größe, je nach Bedarf, in wesentlich vereinfachter Ausführung eingesetzt werden.

Da LAWI speziell für die Verbrennung von schwach radioaktivem Abfall ausgelegt wurde, war eine aufwendige Ausführung der Anlage zur Erfüllung der Vorschriften für den Umgang mit radioaktiven Stoffen erforderlich. Herkömmliche Anlagen benötigen diesen Aufwand nicht und sind daher wesentlich einfacher in Ausführung und Bedienung.

Nach erfolgreicher Erprobung der Anlage in Jülich wurde sie komplett (ca. 19 t) zum endgültigen Standort Inshass transportiert, und zwar von Hamburg nach Alexandria per Schiff bzw. von Jülich nach Hamburg und von Alexandria nach Inshass per LKW.

Der weitere Betrieb von LAWI und die Durchführung des Versuchs- und Betriebsprogramms erfolgt eigenverantwortlich durch die ägyptische LAWI-Mannschaft.

Sie wurde schon frühzeitig gebildet, um auch bereits während der Aufbau- und Testphase Erfahrungen sammeln zu können.

1. Introduction

Within the framework of German-Egyptian cooperation, an agreement was signed between KFA Jülich (Research Centre Jülich) and AEA Cairo (Atomic Energy Agency) concerning the implementation of a development and test programme for the incineration of low-level radioactive waste in Egypt.

For this purpose, the LAWI (Low Active Waste Incinerator) prototype incineration plant was devised and constructed by KFA Jülich according to the principle of the Jülich thermoprocess and installed at the Egyptian research centre Inshass.

In parallel, AEA Cairo devised and constructed their own operations building for this plant with all the features, infrastructural installations and rooms required for operating the plant and handling and treating low-level radioactive wastes.

The dimensions of this incinerator were selected so as to be sufficient for the disposal of solid, weakly radioactive combustible wastes from the Inshass Research Centre and the environment (e.g. Cairo hospitals). However, the test and operating programme planned for this prototype plant only provides for the combustion of radioactive waste in a second stage. The first stage contains an extensive test programme for the combustion of conventional waste aimed first of all at training the crew and thoroughly testing the plant and optimizing it, if required. Moreover, this stage will serve to closely examine to what extent this process can also contribute towards solving country-specific problems in the disposal of conventional combustible wastes such as household and municipal refuse. The results obtained and experiences gained can serve as a basis for developing a long-term waste disposal strategy. Incinerators of different size and substantially simplified design can be used according to this operating principle, depending on demand.

Since LAWI was specifically designed for the combustion of low-level radioactive waste, a sophisticated plant design was required for compliance with the regulations for handling radioactive materials. Conventional plants are less sophisticated and therefore much easier to design and operate.

After successful testing in Jülich, the complete plant (approx. 19 t) was transported to the final Inshass site, i.e. by ship from Hamburg to Alexandria and by truck from Jülich to Hamburg and from Alexandria to Inshass.

The Egyptian LAWI crew will be responsible for the further operation of LAWI and the implementation of the test and operating programme.

This crew was set up at an early stage enabling them already to gather experience during the construction and test phase.

Dadurch konnte sie schon früher während verschiedener Besuche bei der KFA-Jülich mit der Funktion und dem Betrieb der Anlage sowie mit dem Umgang von radioaktivem Abfall vertraut gemacht und geschult werden.

Der Aufbau und die Installation von LAWI im Betriebsgebäude in Inshass erfolgte durch die ägyptische Mannschaft, während die Endmontage und die Inbetriebnahme gemeinsam von einer deutschen und der ägyptischen Mannschaft durchgeführt wurden.

2. Der Jülicher Thermoprozeß

Der "Jülicher Thermoprozeß" wurde speziell in der ZFK-DE (Zentralabteilung Forschungsreaktoren und Kerntechnische Betriebe - Dekontamination) der KFA-Jülich zur Veraschung schwach radioaktiver, brennbarer Abfälle entwickelt. Er stellt ein kontinuierliches, zweistufiges Verbrennungsverfahren dar mit einer pyrolytischen Vorbehandlung des Abfalls und der anschließenden vollständigen Verbrennung der entstandenen Pyrolysegase und des Pyrolysekoks, wodurch eine erhebliche Volumenreduktion (mindestens 1 : 20) erzielt wird.

Das Funktionsprinzip des Jülicher Thermoprozesses ist schematisch in Abb. 1 dargestellt.

Die erste Stufe besteht aus einem Gasreaktor (Pyrolysekammer) mit einem Kipprost. Der zu verbrennende Abfall wird über eine Beschickungseinrichtung von oben in den Gasreaktor eingebracht, wodurch eine Schüttung entsteht, die auf dem Kipprost ruht. Im stationären Betriebszustand hat sich in dieser Schüttung von oben nach unten ein positiver Temperaturgradient von Umgebungstemperatur auf ca. 800°C eingestellt, d.h. auf dem Kipprost hat sich ein Glutbett gebildet.

Entsprechend diesem Temperaturverlauf durchlaufen die Abfallstoffe drei unterschiedliche Reaktionszonen, nämlich Trocknung, Entgasung und Vergasung mit Teilverbrennung.

Im oberen Teil der Schüttung erfolgt zunächst die Trocknung und Entgasung. Mit steigender Temperatur beginnt dann unter weitgehendem Luftabschluß die Vergasung. Erst im unteren Teil dieser Vergasungszone wird Luft in unterstöchiometrischer Menge zugegeben, wodurch eine Teilverbrennung mit weiterer Vergasung unter Bildung eines Glutbettes auf dem Kipprost entsteht.

Im Bereich des Kipprostes wird weitere Vergasungsluft zugegeben, und zwar immer noch in unterstöchiometrischer Menge. Sie dient einerseits zur Kühlung des Kipprostes, wodurch sie entsprechend vorgewärmt wird, und andererseits zur Versorgung und Stabilisierung des Glutbettes. Über eine entsprechende Mengenregelung dieser Luftzufuhr wird die Glutbetttemperatur auf ca. 800°C eingestellt. Die in diesem Bereich gebildete Pyrolysegasmenge ist proportional dieser Luftmenge.

Damit ist der Umwandlungsprozeß des Abfalls in Pyrolysegas und Pyrolysekoks abgeschlossen. Da die Vergasung einen endothermen Prozeß darstellt

The crew was thus familiarized with the function and operation of the plant and trained in handling radioactive waste during several earlier visits to KFA Jülich.

LAWI was set up and installed in the operations building at Inshass by the Egyptian crew, whereas final assembly and commissioning were jointly carried out by a German and the Egyptian crew.

2. The Jülich Thermoprocess

The "Jülich thermoprocess" was specifically developed at the Central Research Reactor and Nuclear Operations Division - Decontamination (ZFK-DE) of KFA Jülich for the incineration of weakly radioactive combustible wastes. It constitutes a continuous two-stage combustion process with pyrolytic waste pretreatment and subsequent complete combustion of the gases and coke produced during pyrolysis, so that a considerable reduction in volume (at least 1 : 20) is achieved.

The operating principle of the Jülich thermoprocess is schematically shown in Fig. 1.

The first stage consists of a gas reactor (pyrolysis chamber) with a movable grid. The waste to be burned is filled from above into the gas reactor through a charging device and forms a bed on the movable grid. In the stationary operating condition, this bed has a positive temperature gradient from ambient temperature at the top to approx. 800°C at the bottom, which means that a glowing bed is formed on the movable grid.

In accordance with this temperature profile, the waste materials pass through three different reaction zones, i.e. drying, degassing and gasification with partial combustion.

Drying and degassing takes place in the upper part. Gasification then begins with rising temperature largely under the exclusion of air. Substoichiometric volumes of air are only added in the bottom section of this gasification zone causing partial combustion with continued gasification and the formation of a glowing bed on the movable grid.

Substoichiometric volumes of gasification air are also added in the movable grid region for cooling the grid, preheating the air, and for supplying and stabilizing the glowing bed. An adequate air flow rate control adjusts the glowing bed temperature to approx. 800°C. The amount of pyrolysis gas formed in this region is proportional to this air volume.

The process of converting waste into pyrolysis gas and pyrolysis coke is thus completed.

Since gasification is an endothermic process

(Boudouard- Reaktion, Wassergas-Reaktion), wird die dafür erforderliche Energie durch Teilverbrennung des Abfalls erzeugt, ebenso wie die entsprechende Wärmemenge zur Aufheizung und Trocknung der Abfallstoffe in der Schüttung.

Eine zusätzliche Wärmezufuhr von außen ist daher nicht erforderlich; der Prozeß ist selbsterhaltend.

Periodische Bewegungen des Kipprostes schüren das Glutbett und befreien es von Asche und Pyrolysekoks, die in die darunter liegende Aschekammer fallen. Durch weitere Luftzugabe in die Aschekammer wird hier der restliche Pyrolysekoks vollständig verbrannt.

In der zweiten Stufe, einer separaten Verbrennungskammer, werden die Pyrolysegase mit Luft in deutlich überstöchiometrischer Menge ($\lambda \approx 1,4$) verwirbelt und bei Temperaturen um 1000°C vollständig verbrannt. Die entstandenen Rauchgase werden anschließend auf ca. 200°C , der Betriebstemperatur der Abgasreinigung, abgekühlt (z.B. durch direkte Luftzumischung über eine Mischkammer). Für den radioaktiven Betrieb werden zur Abscheidung der im Rauchgas mitgeführten Feststoffe (Asche, Staub, Aerosole) üblicherweise drei Reinigungsstufen eingesetzt, nämlich eine Grobabscheidung, eine Feinabscheidung und eine Feinstabscheidung. Dabei erfolgt die Grobabscheidung z.B. in einem Zyklonabscheider, die Feinabscheidung in einem Tuchfilter (Taschenfilter) und die Feinstabscheidung in einem Schwebstofffilter (Absolutfilter) der Klasse S. Die so erzielte Reinheit der Abgase, die über den Kamin abgeführt werden, entspricht dann den Strahlenschutzanforderungen. Die entstehende Asche wird in speziellen Aschebehältern verlustfrei aufgefangen.

In Verbrennungsanlagen nach dem Prinzip des "Jülicher Thermoprozesses" können Abfälle unterschiedlichster Art und Zusammensetzung (organisch, anorganisch) und mit unterschiedlichsten Energiegehalten (Brennwerten) verbrannt werden, auch mit einem deutlichen Anteil an nichtbrennbaren Stoffen (z.B. Staub, Metall, Glas usw.).

Durch das Zweistufenverfahren werden die Verbrennungseigenschaften einer heterogenen Abfallzusammensetzung vor der eigentlichen Verbrennung (2. Stufe) durch die mehr oder weniger verzögert ablaufende Pyrolyse (1. Stufe) thermisch homogenisiert. Dadurch können Abfallstoffe ab einem mittleren Heizwert von 4200 kJ/kg ohne Stützbrennstoff verbrannt werden.

Aus den Abfällen entstehen vollständig ausgebrannte Rauchgase, welche die deutschen Vorschriften der "Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft" (TA Luft) erfüllen, sowie eine ungeschmolzene, ausgebrannte Asche, die inert und chemisch stabil ist und sich daher problemlos für die Endlagerung konditionieren läßt (z.B. durch Verpressen, Zementieren).

Durch diese Eigenschaften ist der "Jülicher Thermoprozeß" besonders gut geeignet zur Verbrennung radioaktiver Abfälle. Er eignet sich jedoch auch gleichermaßen gut für die Verbrennung normaler Abfälle (Hausmüll, städtischer Müll, Industriemüll usw.). Dann kann jedoch die sehr aufwendige Abgasreinigung entsprechend vereinfacht werden.

(Boudouard reaction, watergas reaction), the energy required for this process is produced by partial waste combustion in the same way as the heat for heating and drying the waste materials in the bed.

Additional external heat supply is therefore not required; the process is self-sustaining. The glowing bed is stirred by periodic movements of the grid and freed from ashes and pyrolysis coke which drop into the ash chamber underneath the grid. The residual pyrolysis coke is completely burned in this chamber by further air supply.

In the second stage, a separate combustion chamber, the pyrolysis gases are vortexed with clearly hyperstoichiometric volumes of air ($\lambda \approx 1.4$) and completely burned at temperatures around 1000°C . The flue gases produced are subsequently cooled to approx. 200°C , the operating temperature of waste gas cleaning (e.g. by direct air supply through a mixing chamber). Three cleaning stages are generally used for radioactive operation to separate the solids (ash, dust, aerosols) entrained in the flue gas, i.e. coarse separation e.g. in a cyclone separator, fine separation in a cloth filter (bag filter) and ultrafine separation in a class S filter for airborne particles (absolute filter).

The purity thus achieved for the waste gases emitted through the stack satisfies health physics requirements. The ashes produced are collected without loss in special ash containers.

Incinerators according to the principle of the "Jülich thermoprocess" are capable of burning wastes of different type and composition (organic, inorganic) and with different energy contents (calorific values), including also a considerable fraction of non-combustible substances (e.g. dust, metal, glass etc.).

The two-stage process serves to thermally homogenize the combustion properties of a heterogeneous waste composition prior to actual combustion (2nd stage) owing to more or less delayed pyrolysis (1st stage).

Waste materials from an average calorific value of 4200 kJ/kg onwards can thus be burned without any support fuel.

Wastes are converted into completely burnt-out flue gases satisfying German clean air regulations (TA Luft) and into unmelted burnt-out ash which is inert and chemically stable and can therefore be conditioned for final disposal without any problem (e.g. by press compaction, cementing).

These properties render the "Jülich thermoprocess" particularly suitable for radioactive waste incineration, but it is equally well suited for the incineration of normal wastes (household refuse, municipal waste, industrial waste etc.). In the latter case, however, the otherwise highly sophisticated waste gas cleaning process can be simplified.

Entsprechendes gilt auch für die Beschickung der Anlage, für die Beseitigung der Asche und für die Anlagensinstrumentierung. Dadurch wird eine konventionelle Anlage erheblich einfacher und billiger sowohl im Aufbau als auch in der Bedienung und im Betrieb.

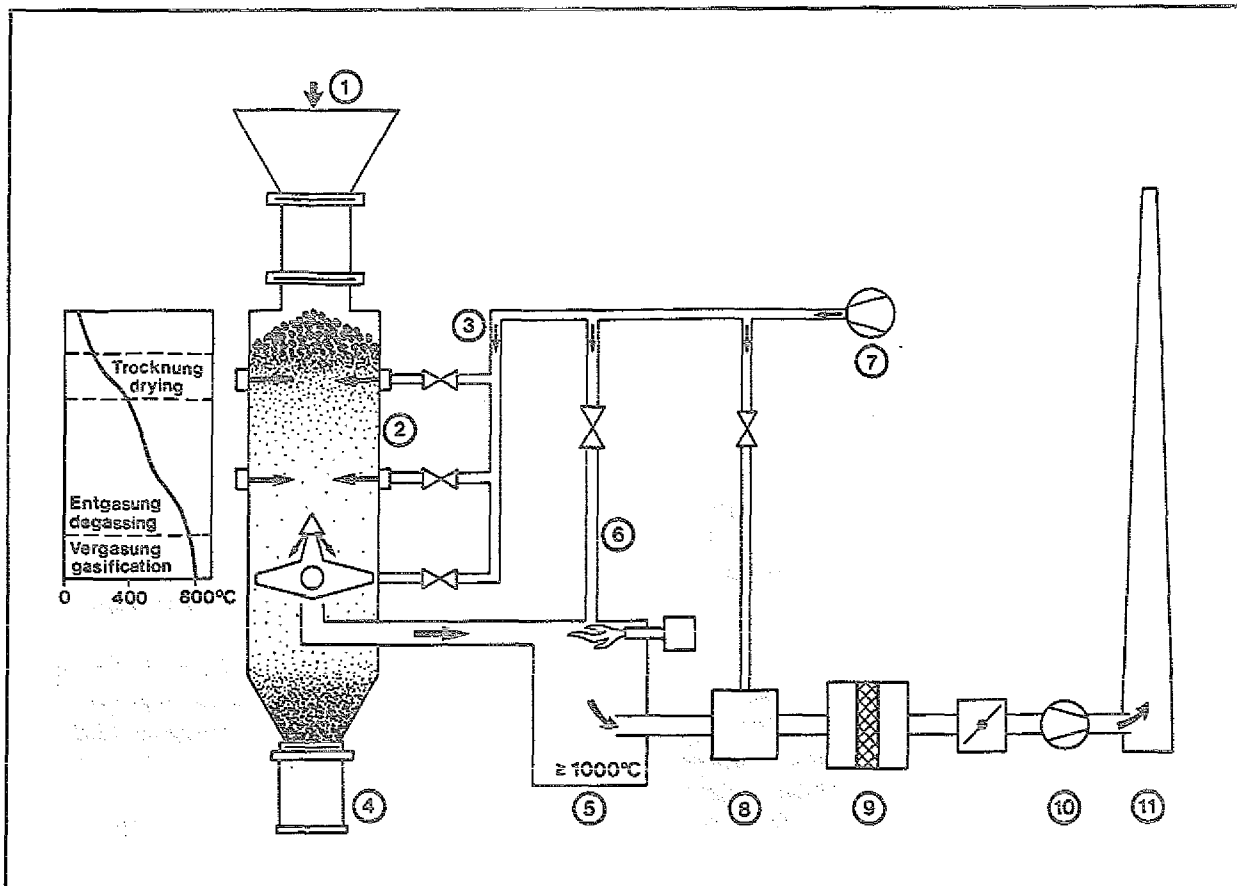
Zieht man darüberhinaus die Nutzung der entstehenden Wärme in Betracht, so könnte dafür die Wärme über Wärmetauscher ausgekoppelt werden, die dann als Prozeßwärme (z.B. Heizen, Verdampfen) oder zur Wärme-Kraft-Koppelung (z.B. Stirlingmotor) genutzt werden kann. Denkbar wäre u.U. auch der Einsatz eines Gasmotors oder einer Gasturbine an Stelle der Brennkammer.

Die technische Verwirklichung dieser Möglichkeiten erfordert jedoch weitere Entwicklungsarbeiten auf der Grundlage der gewonnenen Erfahrungen des laufenden Programms.

This applies analogously to plant charging, ash removal and plant instrumentation. A conventional plant thus becomes much simpler and less expensive regarding construction as well as control and operation.

Moreover, if the heat produced is to be utilized, it could be extracted by heat exchangers and used as process heat (e.g. heating, vaporization) or for cogeneration (e.g. Stirling engine). It would also be conceivable to use a gas motor or gas turbine instead of the combustion chamber.

However, further development work based on experience gained from the programme under way will be required for the technical implementation of these possibilities.



- 1 Materialzugabe
- 2 Gasreaktor
- 3 Vergasungsluft
- 4 Ascheablaß
- 5 Brennkammer
- 6 Verbrennungsluft
- 7 Frischluftversorgung
- 8 Abgaskühlung oder Wärmenutzung
- 9 Abgasreinigung
- 10 Abgasförderung
- 11 Kamin

Abb. 1 Der Jülicher Thermoprozeß, Funktionsprinzip

- 1 Material feed
- 2 Gas Reactor
- 3 Gasification Air
- 4 Ash Discharge
- 5 Combustion Chamber
- 6 Combustion Air
- 7 Air Supply
- 8 Off-gas Cooling or Heat Utilization
- 9 Off-gas Cleaning
- 10 Off-gas Release
- 11 Stack

Fig. 1 The Jülicher Thermoprocess, Operating Principle

3. Anlagentechnik

Nachfolgend werden der mechanische Aufbau, die Auslegung und die Funktion der Verbrennungsanlage LAWI detailliert beschrieben. Die verschiedenen Komponenten sind räumlich so angeordnet und durch Rohrleitungen zu einer Funktionseinheit verbunden, daß einerseits die Funktion der Anlage wie vorgesehen gewährleistet und andererseits die Ausführung der erforderlichen Arbeiten an und mit der Anlage (Bedienung, Beladung, Entsorgung usw.) optimal möglich ist. Dazu ist die Anlage in ein Bedienungsgestühl integriert, das die Zugänglichkeit zur Anlage in den unterschiedlichen Arbeitsebenen für die verschiedenen Komponenten schafft. Das Bedienungsgestühl ist ein fester Bestandteil des Gebäudes und wird daher im Kap. 5.2.5 näher beschrieben.

3.1 Hauptfunktionselemente

Wie aus dem Fließbild, Abb. 2, hervorgeht, besteht LAWI aus den folgenden Hauptkomponenten, die nachfolgend im einzelnen näher beschrieben werden :

- Gasreaktor mit Glovebox (Gas Reactor),
- Brennkammer (Combustion Chamber),
- Mischkammer (Mixing Chamber),
- Zyklonabscheider (Cyclone Separator),
- Filtergruppe (Filter Station), bestehend aus
 - Taschenfilter und
 - Absolutfilter,
- Gebläse (1B1, 2B1),
- Startbrenner mit Gasversorgung,
- Druckluftversorgung des Taschenfilters,
- Rohrleitungen mit Armaturen und Meßfühlern.

3.1.1 Gasreaktor mit Glovebox

Der Gasreaktor wird in Abb.3 im Aufbau und in der Ansicht gezeigt. Er stellt einen mit Schamott ausgemauerten Schachtofen mit rechteckigem Querschnitt folgender Abmessungen dar :

- Innen : 400 mm x 350 mm,
- außen : 710 mm x 660 mm.

Im unteren Teil enthält er einen Kipprost (1) zur Aufnahme des Glutbettes und der Abfallschüttung. Der Kipprost wird von einem Elektromotor über einen Kurbeltrieb angetrieben und um ca. $\pm 30^\circ$ hin- und hergekippt.

Unterhalb des Kipprostes ist ein seitlich abgehendes Rohr (8) mit Anschlußflansch angebracht, über das die Gase aus dem Gasreaktor abgeleitet werden. Nach unten schließt sich ein konischer Teil zur Aufnahme der Asche an, der durch einen Handschieber (6) abgeschlossen wird.

3. Plant Engineering

The mechanical arrangement, design and function of the LAWI incinerator will be described in detail below. The different components are arranged and connected by piping to form a functional unit ensuring the intended function of the plant and optimized work at and with the plant (operation, loading, waste disposal etc.). The plant is integrated into a platform providing access to the different components arranged at different operating levels. This platform is a component part of the building and will therefore be described in more detail in Chapter 5.2.5.

3.1 Main Components

As can be seen from the flow sheet in Fig. 2, LAWI consists of the following main components described in more detail below:

- gas reactor with glove box,
- combustion chamber,
- mixing chamber,
- cyclone separator,
- filter station, composed of
 - bag filter and
 - absolute filter,
- blowers (1B1, 2B1),
- ignition burner with gas supply,
- compressed-air supply of the bag filter,
- piping with valves and fittings incl. sensors.

3.1.1 Gas Reactor with Glove Box

The building plan and side view of the gas reactor are shown in Fig. 3. It is a shaft furnace of rectangular cross-section with firebrick lining and the following dimensions:

- inside : 400 mm x 350 mm,
- outside : 710 mm x 660 mm.

In its bottom section it contains a movable grid (1) to accommodate the glowing bed and the waste bed. The movable grid is operated by an electric motor via a crank drive and tilted to and fro by approx. $\pm 30^\circ$.

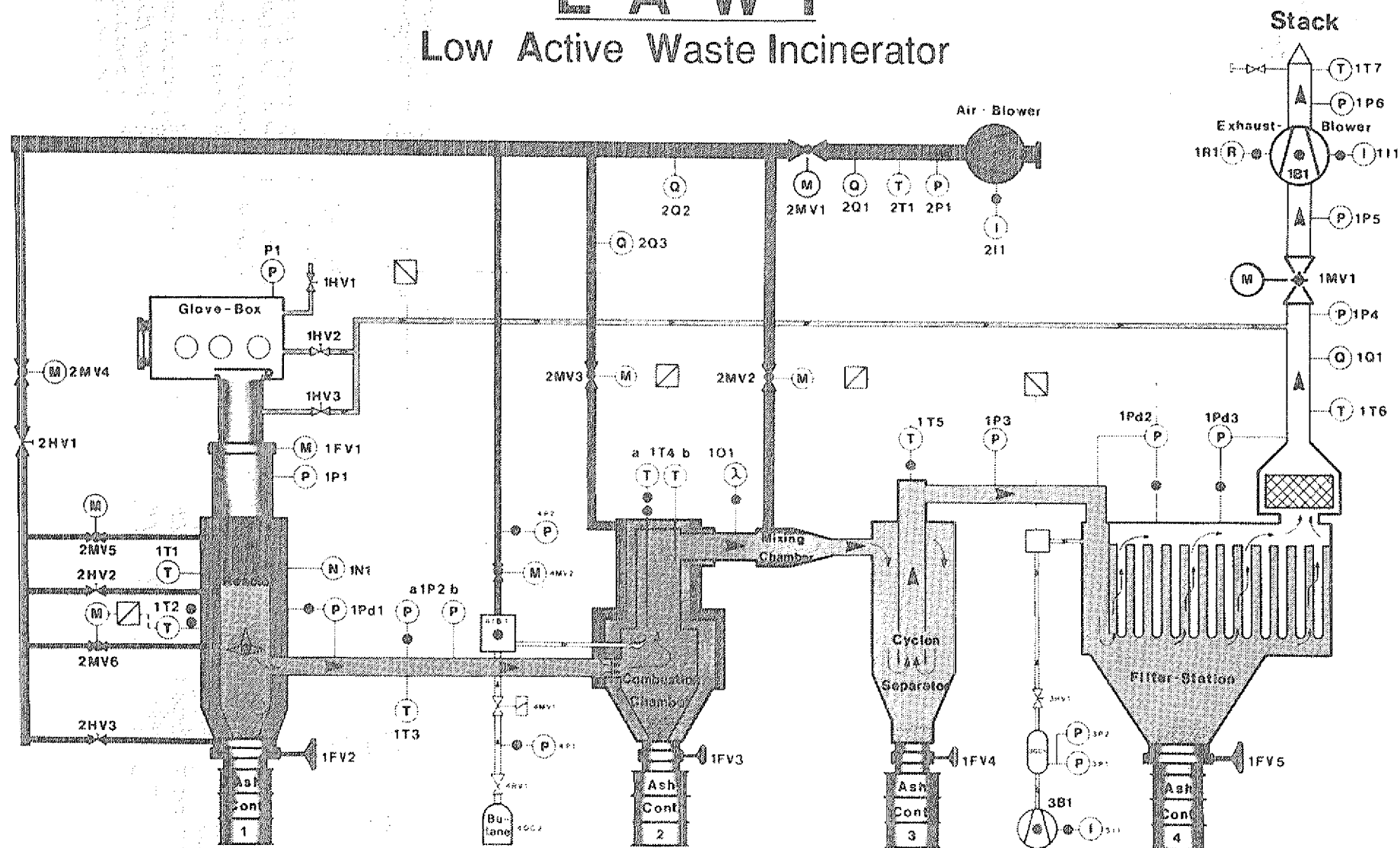
Below the movable grid, a laterally outgoing tube (8) with a connecting flange is provided through which the gases escape from the gas reactor. A conical section further below, closed by a hand gate valve (6), serves to accommodate the ashes.

LAWI

Low Active Waste Incinerator

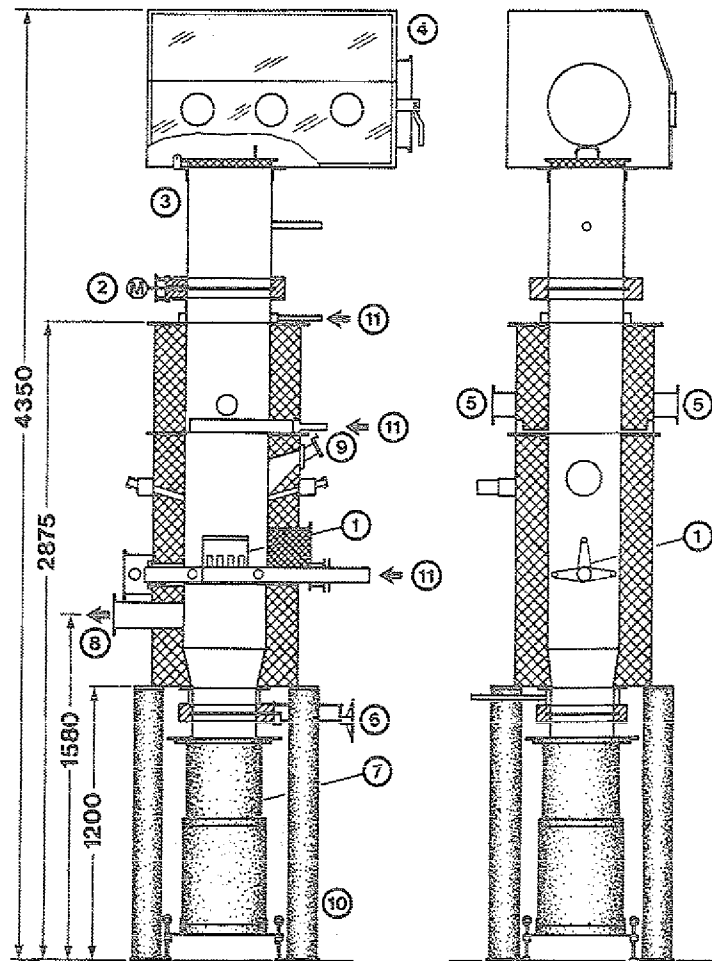
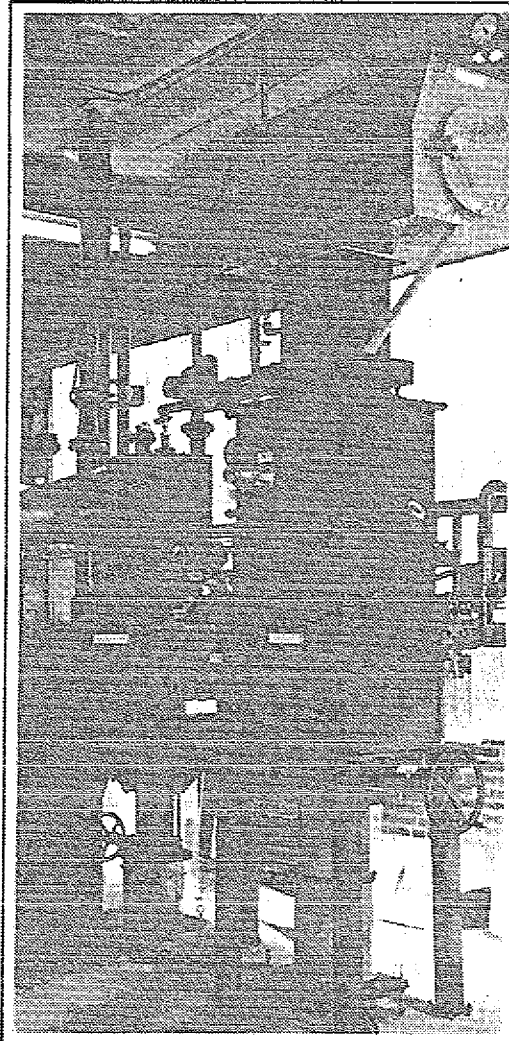
Abb. 2 Riefschens LAWI

Fig. 2 LAWI Flow Sheet



Darunter steht ein Aschefaß (7), das in eine entsprechende Aufnahme am Schieber luftdicht angedrückt wird, so daß beim Abfüllen der Asche keine Kontamination der Umgebung entstehen kann. Nach oben wird der Schachtofen durch einen motorbetätigten Flachbetschieber (2) abgeschlossen, der den vollen Querschnitt öffnet. Darüber schließt sich ein Beladeschacht (3) und eine Glovebox (4) an, die den Gasreaktor auch während der Beladung mit Abfall hermetisch gegen die Umwelt abschließt. Der Beladeschacht ist nach oben durch eine handbetätigte Klappe in der Glovebox und nach unten durch den Motorschieber abgeschlossen und bildet dadurch eine Beladeschleuse.

An ash drum (7) positioned underneath is pressed into a recess in the gate valve for hermetic sealing so that the environment cannot be contaminated by ashes being filled into the drum. The shaft furnace is closed at the top by a motor-operated flat gate valve (2) which opens the full cross-section. A loading shaft (3) and glove box (4) arranged above the furnace hermetically seal the gas reactor from the environment even during waste loading. The loading shaft is closed at the top by a hand-operated damper in the glove box and at the bottom by the motor gate valve so as to form a loading lock.



- 1 Kipprost
- 2 Motorschieber 1FV1
- 3 Beladeschacht
- 4 Glovebox
- 5 Mikrowelle 1N1
Sender und Empfänger
- 6 Handschieber 1FV2
- 7 Aschefaß
- 8 Gasauslaß
- 9 Zünd- und Sichtöffnung
- 10 Füße
- 11 Lufteintritt

Abb. 3 Gasreaktor mit Glovebox

- 1 Movable Grid
- 2 Motor Gate Valve 1FV1
- 3 Loading Shaft
- 4 Glove Box
- 5 Microwave 1N1
Ermittler and Receiver
- 6 Hand Gate Valve 1FV2
- 7 Ash Drum
- 8 Gas Outlet
- 9 Ignition and View Hole
- 10 Feet
- 11 Air Inlet

Abb. 3 Gas Reactor with Glove Box

An verschiedenen Stellen kann Frischluft (11) in den Gasreaktor eingeleitet werden, und zwar unterhalb des Motorschiebers, im mittleren Teil des Gasreaktors, im Bereich des Kipprostes (gleichzeitig Kühlluft für den Kipprost) und in den unteren Ascheraum. Zur Einstellung der Frischluftmenge sind Regulierventile in die Frischluftleitungen eingebaut.

Glovebox und Beladeschacht besitzen Leitungsanschlüsse, die über eine gemeinsame Verbindungsleitung mit der Saugseite des Rauchgasgebläses 1B1 verbunden sind. Beide Sauganschlüsse sind mit je einem Handabsperrentil versehen.

Die Glovebox ist mit drei Handschuhöffnungen und einer seitlichen, luftdichten Luke versehen, durch die der Abfall in die Glovebox bei geschlossenem Beladeschacht eingebracht wird. Mit den Handschuhen, welche die Glovebox nach außen abdichten, kann der Abfall innerhalb der Glovebox gehandhabt werden, d. h. er kann nach dem Öffnen der Beladeklappe von oben in den Beladeschacht eingefüllt werden.

Durchführungen für Temperaturfühler (Ni/CrNi-Thermoelemente) sind im Bereich des Kipprostes und am oberen Ende des Schachtes eingebaut. Manometeranschlüsse sind am oberen Schachtende, am Gasreaktoraustritt und zur Druckdifferenzmessung über den Kipprost vorhanden.

Im oberen Teil des Schachtes sind gegenüberliegende Flanschanschlüsse zum Einbau einer Niveaumessung (Mikrowellensender und -empfänger) angebracht.

Oberhalb der Kipprostes ist eine schräg nach oben gehende Öffnung (9) vorhanden, die von außen durch einen Schieber und ein abklappbares Schauglas verschlossen ist. Durch diese Öffnung erfolgt das Anzünden des Gasreaktors mittels einer Lunte.

Der Gasreaktor ist aus Normalstahl gefertigt. Er steht auf vier Füßen aus Stahlrohr (10). Seine gesamte Bauhöhe beträgt 4.40 m.

3.1.2 Brennkammer

Die Brennkammer wird im Aufbau und in der Ansicht in Abb.4 gezeigt. Sie besteht im wesentlichen aus einem abgestuften zylindrischen Brennraum, der mit mineralischen Isoliermatten ausgekleidet ist. Im unteren Teil des Brennraumes mündet seitlich das Gaszuführungsrohr (1), das die Verbindung zum Gasreaktor darstellt. Auf gleicher Höhe, seitlich versetzt, wird die Verbrennungsluft tangential eingeblasen, so daß eine gute Verwirbelung mit dem Brenngas und in der Brennkammer erfolgt. Ebenfalls in gleicher Höhe ist ein Gasbrenner (2, Startbrenner) eingebaut, dessen Funktion näher in Kap. 3.1.7 beschrieben wird.

Der Mantel der Brennkammer ist doppelwandig ausgeführt. Durch den vorhandenen Spalt wird die Verbrennungsluft (3) von oben her zugeführt, bevor sie in den Brennraum eingeblasen wird. Dadurch wird die Luft vorgewärmt; gleichzeitig wird der Außenmantel der Brennkammer gekühlt.

Fresh air (11) can be introduced into the gas reactor at various locations underneath the motor gate valve, in the central gas reactor section, in the movable grid region (also cooling air for the grid) and in the ash chamber at the bottom. Regulating valves are built into the air pipes for flow rate control.

The glove box and loading shaft are connected to the intake of exhaust blower 1B1 via a common connection pipe. Each of the two intake connections is provided with a manual shut-off valve.

The glove box is provided with three glove openings and a lateral airtight door through which the waste is introduced into the glove box with closed loading shaft. The gloves which seal the glove box to the outside serve to handle the waste inside the glove box, which means that waste can be filled from above into the loading shaft after opening the loading damper.

Penetrations for temperature sensors (Ni/CrNi thermocouples) are provided at the upper end of the shaft and in the movable grid region. Pressure gauge connections are provided at the shaft top, at the gas reactor outlet and for differential pressure measurements across the movable grid.

Flange connections facing each other in the upper shaft section are provided for the installation of a level measuring system (microwave emitter and receiver).

Above the movable grid there is an inclined upward opening (9), externally closed by a gate valve and a hinged view glass, through which the gas reactor is ignited using a slow match.

The gas reactor is made of normal steel. It is placed on four tubular steel feet (10). Its overall height is 4.40 m.

3.1.2 Combustion Chamber

The building plan and side view of the combustion chamber are shown in Fig. 4. It mainly consists of a stepped cylindrical combustion space lined with mineral insulating mats. A lateral gas supply tube (1) in the bottom section connects the combustion chamber with the gas reactor. At the same level, laterally offset, combustion air is blown in tangentially so that good vortexing is ensured with the combustion gas and in the combustion chamber. Also at the same level, a gas burner (2, ignition burner) is built in whose function will be described in more detail in Chapter 3.1.7.

The combustion chamber has a double-walled shell provided with a gap through which combustion air (3) is supplied from above before being blown into the combustion space. The air is thus preheated and, at the same time, the outer shell of the combustion chamber is cooled.

Das am oberen Ende der Brennkammer seitlich abgehende Rauchgasrohr ist bis zum Anschlußflansch mit einer mineralischen Isolation ausgekleidet.

Im oberen Deckel sind ein Schauglas zur optischen Kontrolle des Verbrennungsvorgangs und zwei Durchführungen für Temperaturfühler eingebaut.

Den unteren Teil der Brennkammer bildet ein konischer Schuß zur Aufnahme bzw. Ableitung abgeschiedener Asche. Er ist durch einen Handschieber (1FV3) verschlossen, durch den die Asche in ein darunterstehendes Aschefäß abgefüllt werden kann.

Um eine Überhitzung des Schiebers durch Wärmestrahlung aus dem Brennraum zu vermeiden, ist der zylindrische Ablassstutzen oberhalb des Schiebers mit einer mineralischen Isolation ausgekleidet. Außerdem sind darüber kegelförmige Blech-Schilde zur Abschirmung der Wärmestrahlung eingebaut.

Die Brennkammer ist aus Normalstahl gefertigt. Sie steht auf vier Füßen aus Stahlrohr und hat eine Gesamthöhe von 3.00 m.

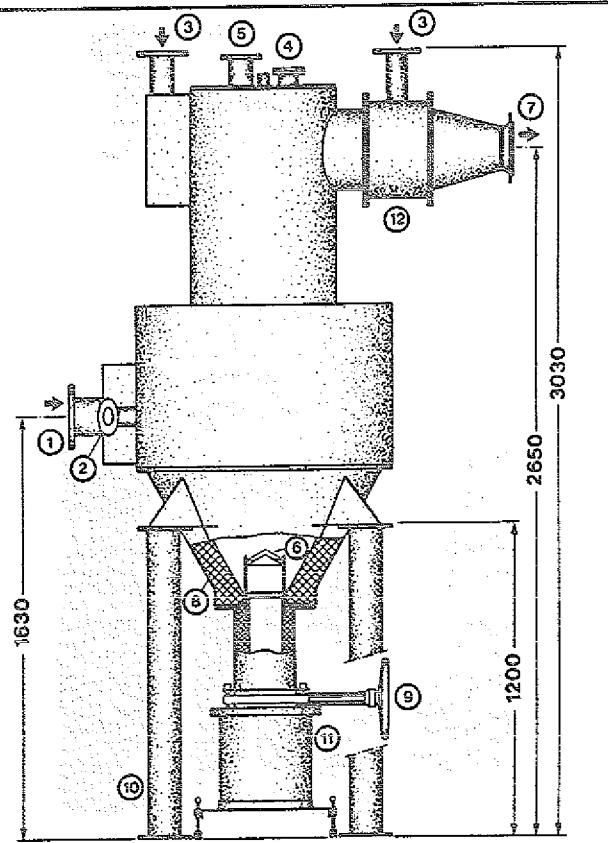
The lateral exhaust pipe at the top of the combustion chamber is lined with a mineral insulation material up to the connecting flange.

The top cover is provided with a view glass for optical control of the combustion process and two penetrations for temperature sensors.

The bottom part of the combustion chamber forms a conical section to accommodate or discharge separated ashes. It is closed by a hand gate valve (1FV3) through which the ashes can be filled into an ash drum positioned underneath.

In order to prevent the gate valve from being overheated by thermal radiation from the combustion space, the cylindrical outlet piece above the gate valve is lined with a mineral insulation material. Moreover, conical sheet metal shields are provided for thermal radiation shielding.

The combustion chamber is made of normal steel. It is placed on four tubular steel feet and has an overall height of 3.00 m.



- 1 Gaseintritt
- 2 Startbrenner
- 3 Lufteintritt
- 4 Schauglas
- 5 Thermoelement
- 6 Strahlungsschilde
- 7 Rauchgasaustritt
- 8 Thermische Innenauskleidung
- 9 Handschieber 1FV3
- 10 Füße
- 11 Aschefäß
- 12 Mischkammer

Abb. 4 Brennkammer

- 1 Gas Inlet
- 2 Ignition Burner
- 3 Air Inlet
- 4 View Glass
- 5 Thermocouple
- 6 Heat Shielding
- 7 Flue Gas Outlet
- 8 Thermal Liner
- 9 Hand Gate Valve 1FV3
- 10 Feet
- 11 Ash Drum
- 12 Mixing Chamber

Abb. 4 Combustion Chamber

3.1.3 Mischkammer

Die Mischkammer ist ebenfalls in Abb.4 dargestellt. Sie stellt im wesentlichen ein erweitertes Rohrstück dar, das direkt an die Brennkammer angeflanscht und über ein konisches Übergangsstück mit der sich anschließenden Rohrleitung verbunden ist. In der Mischkammer wird den heißen Rauchgasen zur Abkühlung auf die Arbeitstemperatur der Filter (200°C) Frischluft zugemischt, die senkrecht zur Strömungsrichtung der Rauchgase tangential eingeblasen wird. Dadurch wird eine gute Durchmischung der beiden Gasströme erreicht.

Die Mischkammer wurde aus hitzebeständigem Cr-Ni-Stahl (1.4828) gefertigt.

3.1.4 Zyklonabscheider

Der Zyklonabscheider ist im Aufbau und in der Ansicht in Abb.5 dargestellt.

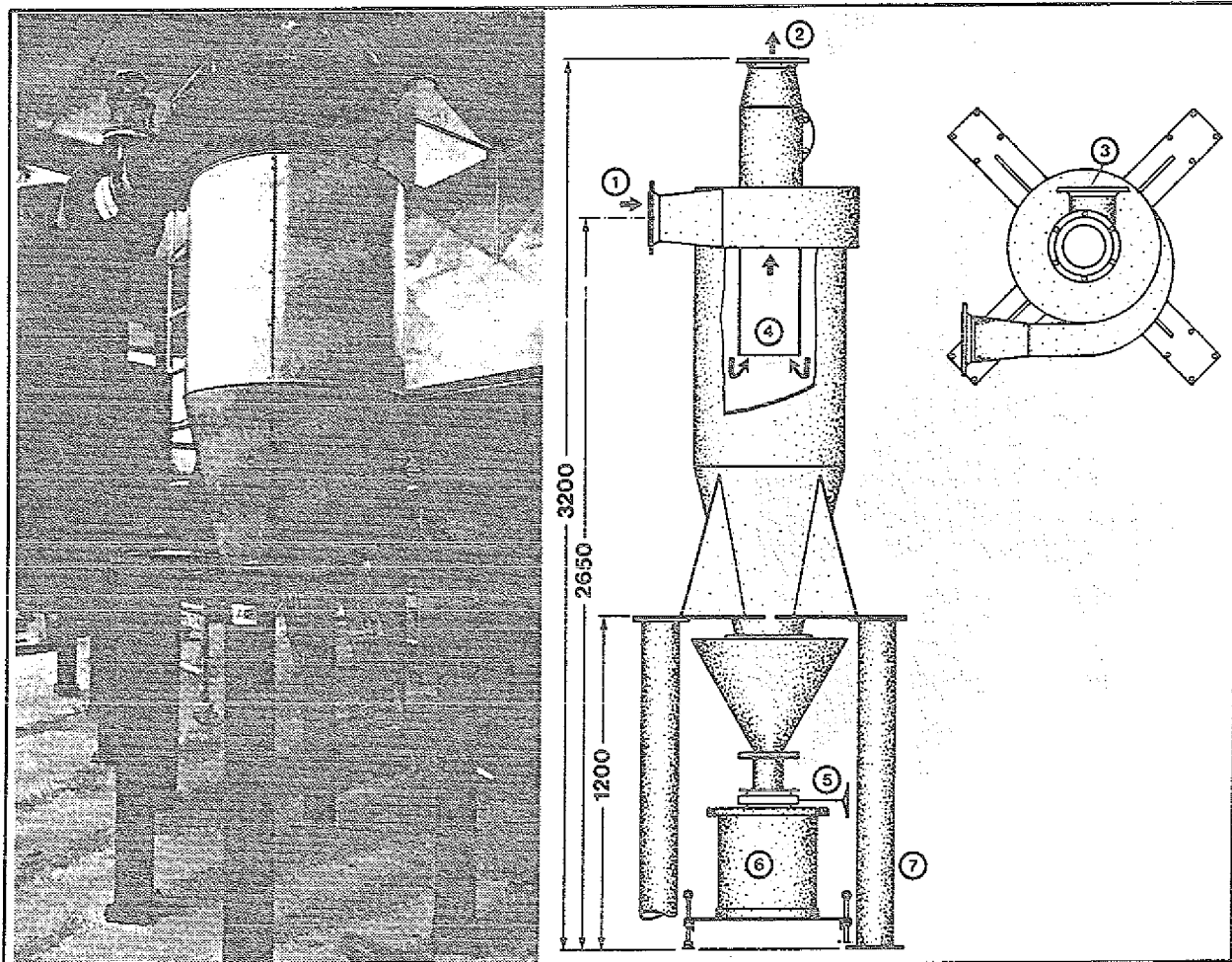
3.1.3 Mixing Chamber

The mixing chamber is also shown in Fig. 4. It mainly consists of an extended tubular section flanged directly onto the combustion chamber and connected to the piping via a conical adapter fitting. In the mixing chamber, fresh air is tangentially blown into the hot flue gases normal to the direction of exhaust flow for cooling to the filter operating temperature (200°C). This ensures an intimate mixture of the two gas flows.

The mixing chamber was made of heat-resistant Cr-Ni steel (1.4828).

3.1.4 Cyclone Separator

The building plan and side view of the cyclone separator are shown in Fig. 5.



- 1 Gas Eintritt
- 2 Gas Austritt
- 3 Thermoelement 1T5
- 4 Zentrales Sammeirohr
- 5 Handschieber 1FV4
- 6 Aschefaß
- 7 Füße

Abb. 5 Zyklonabscheider

- 1 Gas Inlet
- 2 Gas Outlet
- 3 Thermocouple 1T5
- 4 Central Header
- 5 Hand Gate Valve 1FV4
- 6 Ash Drum
- 7 Feet

Fig. 5 Cyclone Separator

Er stellt einen zylindrischen, senkrecht stehenden Behälter dar, in den die Rauchgase im oberen Teil seitlich tangential (1) eingeführt werden.

Die Gase strömen entsprechend der Querschnittserweiterung mit verringerter Geschwindigkeit spiralförmig zwischen Außenwand und zentralem Sammelrohr nach unten. Dabei werden mitgeführte größere Asche- oder Aerosolteilchen an den Wänden des Zyklonabscheiders soweit abgebremst, daß sie nach unten fallen und im unteren konischen Teil gesammelt werden. Die Abgase treten von unten in das zentrale Sammelrohr (4) ein, durch das sie senkrecht nach oben abgeführt und über ein seitlich abgehendes Rauchgasrohr mit Anschlußflansch aus dem Abscheider herausgeführt werden. Im Deckel des zentralen Sammelrohrs ist eine Durchführung für einen Temperaturfühler angebracht.

Über den Handschieber (5) kann die Asche dann in das darunterstehende Aschefaß abgelassen werden.

Der Zyklonabscheider ist aus Normalstahl hergestellt. Er steht auf vier Füßen aus Stahlrohr und hat eine Bauhöhe von 3.20 m. Er ist vollständig von außen mit einer 10 cm dicken Isolierung aus Steinwolle versehen und mit verzinktem Stahlblech verkleidet.

3.1.5 Filterstation

Der Aufbau der Filterstation ist in Abb.6 dargestellt. Sie besteht aus zwei hintereinandergeschalteten Filtereinheiten, einem Taschenfilter und einem Absolut-Filter (Hepa-Filter).

Das Taschenfilter (1) ist ein handelsübliches Seriengerät (Fa. DCE Entstrahlungstechnik GmbH, Düsseldorf, Typ DU-30R) mit einer Gesamt-Filterfläche von 30m². Es enthält 20 Filtertaschen aus Glasfibernatten, die eine maximale Betriebstemperatur von 250°C zulassen.

Das Filtergehäuse aus Stahlblech hat die Form eines rechteckigen Kastens mit der Zu- (3) und Abführung (4) der Rauchgase von oben. Über eine seitliche Tür ist der Innenraum zum Einbau bzw. Austausch der Filtertaschen zugänglich. Im unteren konischen Teil wird der Staub gesammelt und über einen handbetätigten Flachschieber (9) in das darunterstehende Faß (10) entleert.

Im Taschenfilter werden mehr als 95 % der im Rauchgas enthaltenen Staub- und Aerosolpartikel festgehalten. Mit zunehmender Belegung der Filteroberfläche steigt der Strömungswiderstand, der durch ein Differenzdruckmeßgerät (5, 1Pd2) gemessen und überwacht wird, an. Bei Überschreiten eines eingestellten Grenzwertes werden die Filtertaschen automatisch gereinigt, indem sie von innen impulsartig mit Druckluft aufgeblasen werden. Über eine Verteilerstation mit Magnetventilen (6) wird die Druckluft auf die einzelnen Taschen verteilt. Dabei fällt der außen haftende Staub ab und wird im unteren konischen Teil gesammelt.

Da das Taschenfilter selbstreinigend ist, haben die Filtertaschen eine große Lebensdauer und brauchen nur bei evtl. Beschädigung ausgetauscht werden.

It is a cylindrical upright container into which the flue gases are laterally fed tangentially (1) from above.

The gases flow helically downwards between outer wall and central header at a reduced rate in conformity with the cross-section extension. Entrained larger ash or aerosol particles are slowed down by the cyclone separator walls so as to drop into the conical section at the bottom where they are collected. The waste gases enter the central header (4) from below, are passed vertically upwards and discharged from the separator through a lateral exhaust tube with a connecting flange. The cover plate of the central header is provided with a penetration for a temperature sensor.

The ashes can then be emptied into the ash drum through the hand gate valve (5).

The cyclone separator is made of normal steel. It is placed on four tubular steel feet (7) and has an overall height of 3.20 m. It is provided with a complete 10 cm thick rock wool insulation at the outside and clad with galvanized steel plate.

3.1.5 Filter Station

The arrangement of the filter station is shown in Fig. 6. It consists of two filter units in tandem arrangement, a bag filter and an absolute filter (HEPA filter).

The bag filter (1) is a commercial series device (from DCE Entstrahlungstechnik GmbH, Düsseldorf, type DU-30R) with a total filter surface of 30 m². It contains 20 filter bags of glass-fibre fabric which permit a maximum operating temperature of 250°C.

The filter casing made of steel plate has the form of a rectangular box with flue-gas inlet (3) and outlet (4) from above. A lateral door provides access to the interior for filter bag mounting and removal. Dust is collected in the conical bottom section and emptied into the drum (10) underneath via a hand-operated flat gate valve (9).

More than 95 % of the dust and aerosol particles contained in the flue gas are retained in the bag filter. The flow resistance which is measured and controlled by a differential pressure meter (5, 1Pd2) rises with increasing coverage of the filter surface. If a set limit value is exceeded, the filter bags are automatically cleaned by pulsed inflation with compressed air which is distributed to the individual bags by a distributor station provided with solenoid valves (6). Externally adhering dust falls off and is collected in the conical section at the bottom.

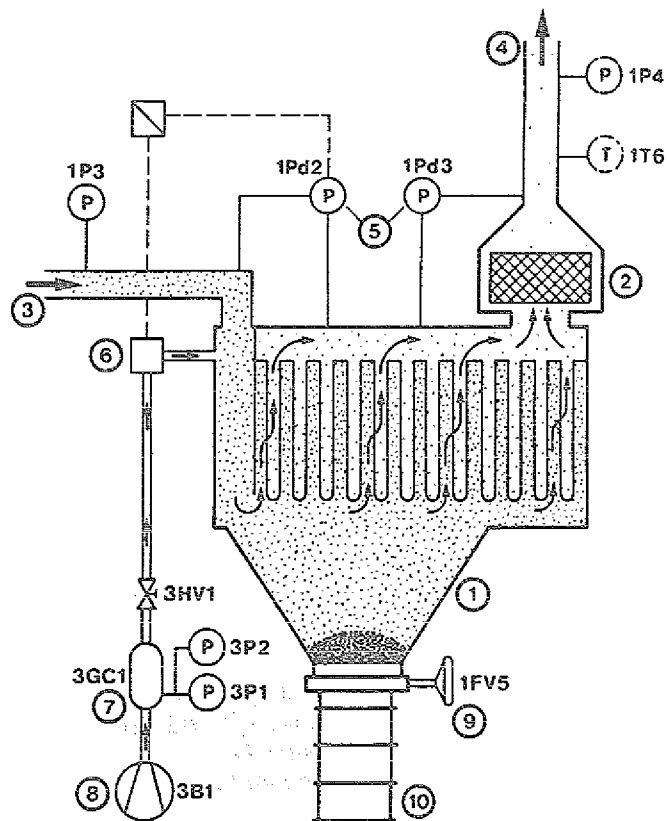
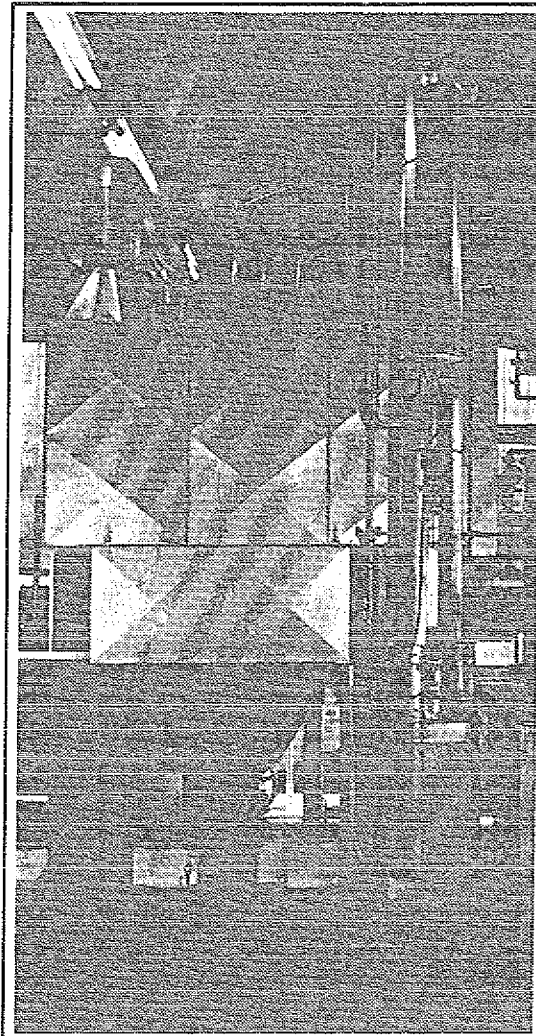
Since the bag filter is self-cleaning, the filter bags have a long service life and must only be replaced in the event of being damaged.

Das Absolutfilter ist direkt auf den Auslaßstutzen des Taschenfilters aufgesetzt. Es besteht aus einem kastenförmigen Blechgehäuse mit konischen Ein- und Auslaßstutzen und enthält einen austauschbaren Filtereinsatz, der über einen seitlichen Deckel ausgetauscht werden kann. Die maximal zulässige Arbeitstemperatur beträgt 250°C.

Im Absolutfilter werden dem Rauchgas die Feinstanteile an Staub und Aerosolen mit einem Wirkungsgrad von 99,7 % entzogen. Die Belegung des Filters wird durch ein Differenzdruckmanometer (1Pd3) überwacht. Bei Überschreitung eines eingestellten Grenzwertes muß der Filtereinsatz ausgetauscht werden.

The absolute filter is placed directly onto the outlet piece of the bag filter. It consists of a box-type sheet metal casing with conical inlet and outlet pieces and contains a replaceable filter element which can be replaced through a lateral cover. The maximum permissible working temperature is 250°C.

In the absolute filter, dust and aerosol fines are extracted from the flue gas with an efficiency of 99.7 %. The filter coverage is monitored by a differential pressure gauge (1Pd3). The filter element must be replaced if a set limit value is exceeded.



- 1 Taschenfilter
- 2 Absolutfilter
- 3 Gaseintritt
- 4 Gasaustritt
- 5 Druckdifferenzmesser
- 6 Druckluftverteilerstation
- 7 Drucklufttank 3GC1
- 8 Druckluftkompressor 3B1
- 9 Handschieber 1FV5
- 10 Aschefaß

Abb. 6 Filterstation

- 1 Bag Filter
- 2 Absolute Filter
- 3 Gas Inlet
- 4 Gas Outlet
- 5 Differential Pressure Meter
- 6 Compressed Air Distributor
- 7 Compressed Air Tank 3GC1
- 8 Air Compressor 3B1
- 9 Hand Gate Valve 1FV5
- 10 Ash Drum

Fig. 6 Filter Station

Beide Filter sind aus Normalstahl gefertigt. Sie sind von außen mit Mineralwolle isoliert und mit verzinktem Stahlblech verkleidet ist.

Das Taschenfilter steht auf einem Untergestell aus Blechwinkeln und hat folgende Abmessungen:

- Breite : 2,50 m,
- Tiefe : 1,30 m,
- Höhe : 3,35 m.

Die gesamte Bauhöhe der kompletten Filterstation, d. h. Taschenfilter mit aufgesetztem Absolutfilter, beträgt 4,55 m.

3.1.6 Gebläse

LAWI enthält zwei Gebläse, nämlich das Rauchgasgebläse 1B1 und das Frischluftgebläse 2B1. Beides sind Radialgebläse der Fa. Hamm und Co., Waldeck, aus gängigen Produktionsserien, die mit konstanter Drehzahl laufen.

Das Rauchgasgebläse 1B1 wird als Saugzug-Gebläse eingesetzt, d. h. es saugt die Rauchgase aus der Anlage ab und fördert sie in den Kamin.

Das Gebläse ist mit einer induktiven Drehzahlüberwachung ausgerüstet. Aus Lärmschutzgründen ist es in einer Schallschutzbox aus verzinktem Stahlblech untergebracht, die das Gebläse sowohl akustisch als auch thermisch gegen die Umgebung abschirmt.

Nachfolgend werden die wesentlichen Auslegungsdaten von 1B1 aufgezählt :

- Typ: R 140/17,
- Nenn-Volumenstrom
 - bei 20°C: 3100 m³/h,
 - bei 200°C: ca. 5000 m³/h,
- Nenn-Förderdruck
 - bei 200°C: 10400 Pa,
- Gebläsedrehzahl: 3685 min⁻¹,
- Motordrehzahl: 2900 min⁻¹,
- Motorleistung: 18,5 kW,
- Spannung: Drehstrom, 380 V.

Das Frischluftgebläse 2B1 fördert die für die Vergasung, Verbrennung und Kühlung erforderliche Frischluft, die aus der LAWI-Betriebshalle angesaugt wird, d. h. es arbeitet bei Umgebungstemperatur. Es ist ebenfalls mit einer Schallschutzbox versehen. Die wesentlichen Auslegungsdaten von 2B1 werden nachfolgend aufgelistet:

- Typ: R 160/20,
- Nennvolumenstrom
 - bei 20°C: 1800 m³/h,
 - bei 50°C: ca. 1980 m³/h,
- Nennförderdruck
 - bei 50°C: 6200 Pa,
- Gebläsedrehzahl: 3815 min⁻¹,
- Motordrehzahl: 2910 min⁻¹,
- Motorleistung: 7,5 kW,
- Spannung: Drehstrom, 380 V.

Both filters are made of normal steel. They are externally insulated with mineral wool and clad with galvanized steel plate.

The bag filter is positioned on a support frame of sheet metal angles and has the following dimensions:

- width : 2.50 m,
- depth : 1.30 m,
- height : 3.35 m.

The overall height of the complete filter station, i.e. bag filter with placed-on absolute filter, is 4.55 m.

3.1.6 Blowers

LAWI contains two blowers, i.e. exhaust blower 1B1 and air blower 2B1. Both are radial blowers from commercial production series (Hamm and Co., Waldeck) and operate at constant speed.

Exhaust blower 1B1 is used as an induced-draught blower sucking flue gases from the plant and delivering them to the stack.

The blower is inductively speed monitored and accommodated in a box of galvanized steel plate for sound insulation and thermal shielding from the environment.

The essential design data of 1B1 are as follows :

- type: R 140/17,
- rated volume flow
 - at 20°C: 3100 m³/h,
 - at 200°C: approx. 5000 m³/h,
- rated delivery pressure
 - at 200°C: 10400 Pa,
- blower speed: 3685 min⁻¹,
- motor speed: 2900 min⁻¹,
- motor rating: 18.5 kW,
- voltage: three-phase, 380 V.

Air blower 2B1 delivers the air required for gasification, combustion and cooling, which is sucked from the operation hall so that the blower operates at ambient temperature. It is also provided with a sound insulation box. The essential design data of 2B1 are as follows:

- type: R 160/20,
- rated volume flow
 - at 20°C: 1800 m³/h,
 - at 50°C: approx. 1980 m³/h,
- rated delivery pressure
 - at 50°C: 6200 Pa,
- blower speed: 3815 min⁻¹,
- motor speed: 2910 min⁻¹,
- motor rating: 7.5 kW,
- voltage: three-phase, 380 V.

3.1.7 Startbrenner mit Gasversorgung

Der Startbrenner 4IB1 ist ein elektronisch gesteuerter und überwachter Gasbrenner mit Ionisationszündung, der vorwiegend zum Aufheizen der Brennkammer auf Betriebstemperatur beim Anfahren der Anlage dient. Er ist einerseits an die Frischluftversorgung und andererseits an die Gasversorgung angeschlossen. Die Gaszufuhr erfolgt über einen Strömungsregler, der druckseitig an die Frischluftleitung angeschlossen ist. Dieser steuert die Gaszufuhr zum Startbrenner entsprechend der über das motorbetriebene Regelventil 4MV2 eingestellten Frischluftmenge.

Als Brenngas dient ein Propan-Butan-Gemisch, das durch zwei Flüssiggasflaschen über Druckminderventile und einen Druckkonstantregler bereitgestellt wird.

Der Gasvolumenstrom kann über eine eingebaute Gasuhr bestimmt und damit die thermische Leistung des Startbrenners berechnet werden. Aus Tabelle 3.1 ist die Brennerleistung in Abhängigkeit vom Gasdurchsatz abzulesen.

Das Zünden des Brenners wird von Hand am Kontrollpult eingeschaltet. Zuvor jedoch muß die Luftzufuhr über 4MV2 (50%) und die Gaszufuhr durch Öffnen der Gasflaschen und des Handabsperrentils 4HV3 sichergestellt sein. Die Betriebsdrücke sowohl in der Luftleitung als auch in der Gasleitung werden durch die Druckschalter 4P2 bzw. 4P1 überwacht. Erst wenn Mindestdruckwerte erreicht sind, kann der Brenner zünden. Bei Unterschreiten der eingestellten Grenzwerte schaltet der Brenner ab und es erfolgt eine Warnung. Nach Beseitigung der Ursache und Rückstellen der Warnung am Kontrollpult kann der Brenner neu gestartet werden.

Ist die erforderliche Betriebstemperatur der Brennkammer erreicht, kann die Leistung des Brenners reduziert werden, indem die Frischluftzufuhr durch entsprechendes Zufahren des Regelventils 4MV2 gezielt verringert wird.

Hat die Anlage ihren stationären Betriebszustand erreicht, kann der Startbrenner abgeschaltet werden.

Gasdurchsatz Gas Flow	l/min l/min	Thermische Leistung Thermal Power		kW kW
		Propan	Butan	Propan/Butan 50/50
10		15.6	20.6	18.1
15		23.4	30.9	27.6
20		31.2	41.2	36.2
25		39.0	51.5	45.3
30		46.8	61.8	54.3
35		54.6	72.1	63.4
40		62.4	82.4	72.4
45		70.2	92.7	81.5
50		78.0	103.0	90.5

Tab. 3.1 Thermische Leistung des Startbrenners als Funktion des Gasdurchsatzes

3.1.7 Ignition Burner with Gas Supply

Ignition burner 4IB1 is an electronically controlled and monitored gas burner with ionization ignition serving primarily for heating the combustion chamber to operating temperature during the start of operation. It is connected to the air supply and gas supply systems. Gas is supplied via a flow regulator connected to the air pipe on the delivery side. This regulator controls the gas supply to the ignition burner according to the air flow rate adjusted via motor-operated control valve 4MV2.

The feed gas is a propane-butane mixture supplied from two liquid-gas cylinders via pressure reducing valves and a constant pressure regulator.

The gas volume flow can be determined via a built-in gas meter and the thermal power of the ignition burner can thus be calculated. Table 1 specifies the burner power as a function of gas flow.

The burner is ignited manually from the control panel after ensuring air supply via 4MV2 (50 %) and gas supply by opening the gas cylinders and manual shut-off valve 4HV3. The operating pressures in the air and gas pipes are monitored by pressure switches 4P2 and 4P1, respectively. The burner is only ignited when minimum pressures are reached. It is switched off below set limit values producing an alarm. After eliminating the cause and resetting the alarm at the control panel, the burner can be re-ignited.

When the required operating temperature of the combustion chamber is reached, the burner power can be reduced by selectively reducing the air supply via control valve 4MV2.

After the plant has reached its stationary operating condition, the ignition burner can be switched off.

Tab. 3.1 Thermal Power of the Ignition Burner as a Function of the Gas Flow

3.1.8 Druckluftversorgung

Die Druckluftversorgung für die pneumatische Reinigung des Taschenfilters erfolgt durch den Kolbenkompressor 3B1. Seine Förderleistung bei Dauerbetrieb beträgt $15 \text{ m}^3/\text{h}$. Er ist mit einem Speichertank (3GC1) mit einem Volumen von $0,1 \text{ m}^3$ Inhalt und einem maximalen Betriebsdruck von 8 bar ausgerüstet und saugt die Luft aus der Betriebshalle an. Unterschreitet der Druck im Tank den Wert von 5 bar, so wird der Kompressor durch den unteren Grenzwert des Druckschalters 3P2 eingeschaltet und bei Erreichen eines Druckwertes von 8 bar durch den oberen Grenzwert wieder ausgeschaltet. Der Kompressor wird durch einen Drehstrommotor mit einer Leistung von 1,5 kW angetrieben.

Der Speichertank des Kompressors ist über einen Druckschlauch mit der Verteilerstation des Taschenfilters verbunden.

3.1.9 Rohrleitungen und Armaturen

Die Hauptrohrleitungen, d. h. die Verbindungsleitungen zwischen den Hauptfunktionskomponenten, in denen die Pyrolyse- bzw. Rauchgase bis zum Schornstein geführt werden, haben durchgehend eine Nennweite von 150 mm.

Als Werkstoff wurde überwiegend Normalstahl eingesetzt, lediglich das Verbindungsrohr zwischen Gasreaktor und Brennkammer besteht aus warmfestem Stahl. Alle Rauchgasleitungen sind von außen durchgehend mit Mineralwolle isoliert und mit verzinktem Stahlblech verkleidet. Die übrigen Leitungen, d. h. im wesentlichen die Frischluftleitungen, haben unterschiedliche Nennweiten (100, 80, 50, 25 mm) und bestehen aus Normalstahl.

Die in den Rohrleitungen eingebauten Ventile, und zwar sowohl Absperr- als auch Regelventile, sind Drehklappenventile der Fa. Kromschroder, Osnabrück, teilweise mit Hand- und z. T. mit Motorantrieb.

Die Ascheablaßventile sind handbetätigte Flachschieber der Fa. Burbach, Wiehl-Bielstein, mit folgenden Öffnungsquerschnitten:

- Gasreaktor, 1FV2 : $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$,
- Brennkammer, 1FV3 : DN 200 = 314 cm^2 ,
- Zyklonabsch., 1FV4 : DN 100 = 78 cm^2 ,
- Taschenfilter, 1FV5 : DN 300 = 707 cm^2 .

Der motorbetätigte Flachbetschieber 1FV1 im Beladeschacht des Gasreaktors ist vom gleichen Bautyp, jedoch mit einem Öffnungsquerschnitt von $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^2$.

3.2 Auslegung der Anlage

Die Anlage ist vereinbarungsgemäß für einen stündlichen Abfalldurchsatz von 15 kg ausgelegt worden. Je nach Zusammensetzung des eingesetzten Abfallgemisches kann dieser Wert variieren, ebenso wie der davon abhängige mittlere Brennwert.

3.1.8 Compressed-Air Supply

Compressed air for pneumatically cleaning the bag filter is supplied by the 3B1 piston compressor. Its delivery is $15 \text{ m}^3/\text{h}$ in continuous operation. It is equipped with a storage tank (3GC1) having a volume of 0.1 m^3 and a maximum operating pressure of 8 bar and sucks air from the operation hall. If the tank pressure drops below 5 bar, the compressor is switched on by the bottom limit value of pressure switch 3P2 and upon reaching a pressure of 8 bar is switched off again by the upper limit value. The compressor is driven by a three-phase motor with a rating of 1.5 kW.

The storage tank of the compressor is connected to the distributor of the bag filter via a flexible pressure tube.

3.1.9 Piping, Valves and Fittings

The main pipes connecting the main components and carrying pyrolysis and flue gases up to the stack generally have a nominal width of 150 mm.

The majority of pipes were made of normal steel and only the connecting tube between gas reactor and combustion chamber consists of heat-resistant steel. All flue gas pipes are externally insulated with mineral wool and clad with galvanized steel plate. The other pipes, most of them air pipes, have different nominal widths (100, 80, 50, 25 mm) and are made of normal steel.

The built-in shut-off and control valves in the pipes are swivel dampers from Kromschroder, Osnabrück, part of them hand-operated and some motor-operated.

The ash discharge valves are hand-operated flat gate valves from Burbach, Wiehl-Bielstein, with the following opening cross-sections:

- gas reactor, 1FV2 : $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$,
- comb. chamber, 1FV3 : DN 200 = 314 cm^2 ,
- cycl. separator, 1FV4 : DN 100 = 78 cm^2 ,
- bag filter, 1FV5 : DN 300 = 707 cm^2 .

The motor-operated flat gate valve in the gas reactor loading shaft is of the same design, but with an opening cross-section of $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^2$.

3.2 Design of the Plant

The plant has been designed, as agreed, for a waste throughput of 50 kg per hour. Depending on the composition of the input waste mixture, this value may vary as may the average calorific value which also depends on the composition.

Die sich daraus ergebende thermische Leistung der Anlage kann sich dementsprechend zwischen 20 kW und 100 kW bewegen.

Als Nennleistung wird ein Wert von 70 kW angegeben.

In Tabelle 3.2 ist die thermische Leistung als Funktion des Brennwertes bzw. des entsprechenden Brennstoffes bei einem Durchsatz von 15 kg/h angegeben.

The resultant thermal power of the plant can range accordingly between 20 kW and 100 kW.

The rated power is specified as 70 kW.

Table 3.2 shows the thermal power as a function of the calorific value and the medium to be burned for a throughput of 15 kg/h.

Mittl. Brennwert Average Calorific Value kJ/kg	Brennstoff Medium	Therm. Leistung Thermal Power kW
4200	Mindestbrennwert Min. caloric value	17.5
12000	Braunkohle Lignite	50.0
17000	Holz Wood	70.8
32000	Steinkohle Hard coal	133.3
44700	Dieselöl Diesel oil	186.3

Tab. 3.2 Thermische Leistung als Funktion des Brennwertes bei einem Abfalldurchsatz von 15 kg/h

Tab. 3.2 Thermal Power as Function of the Calorific Value for a Waste Throughput of 15 kg/h

Für den entsprechend dem Auslegungspunkt der Anlage (Nennleistung) betrachteten Betriebszustand ergeben sich die nachfolgend beschriebenen Betriebsverhältnisse.

Bei dem Nenndurchsatz von 15 kg/h werden im Gasreaktor für ein typisches Abfallgemisch etwa 51 Nm³/h an Pyrolysegasen unter Zuführung von 10 Nm³/h Frischluft (ca. 11 m³/h bei 30°C) erzeugt.

Demnach verlassen den Gasreaktor ca. 61 Nm³/h Brenngas bei einer Temperatur von etwa 800°C, was einem Volumenstrom von ca. 240 m³/h bei Betriebsbedingungen entspricht.

In der Brennkammer wird das Gas unter Zumischung von 104 Nm³/h Luft (115 m³/h bei 30°C) verbrannt. Die entstehenden Rauchgase von 165 Nm³ verlassen die Brennkammer mit einer Temperatur zwischen 800°C und 1200°C. Für die weiteren Betrachtungen wird eine mittlere Rauchgastemperatur von 1000°C angenommen.

Zur Absenkung dieser Temperatur auf einen Wert von 200°C werden den Rauchgasen in der Mischkammer etwa 910 Nm³ Frischluft (1010 m³/h bei 30°C) zugemischt, so daß die Filterstation mit einem Rauchgasvolumenstrom von 1075 Nm³/h (1864 m³/h bei 200°C) beaufschlagt wird.

The operating conditions described below result for the respective operating state corresponding to the design point of the plant (rated power).

Approximately 51 Nm³/h of pyrolysis gases are produced in the gas reactor with 10 Nm³/h fresh air supply (approx. 11 m³/h at 30°C) for a typical waste mixture at the rated throughput of 15 kg/h.

Approximately 61 Nm³/h of combustion gas escapes from the gas reactor at a temperature of about 800°C, which corresponds to a volume flow of approx. 240 m³/h under operating conditions.

The gas is burned in the combustion chamber admixing 104 Stm³/h of air (115 m³/h at 30°C). The flue gases produced amounting to 165 Stm³ leave the combustion chamber at a temperature between 800°C and 1200°C. An average flue gas temperature of 1000°C is assumed for further considerations.

In order to lower this temperature to a value of 200°C, about 910 Stm³ of fresh air (1010 m³/h at 30°C) is added to the flue gases in the mixing chamber, so that the filter station is loaded with a flue gas volume flow of 1075 Stm³/h (1864 m³/h at 200°C).

Ort Position	Medium	Volumenstrom Volume Flow		Temp. °C	Bedingungen Conditions
		Nm ³ /h Std.m ³ /h	m ³ /h		
Gasreaktor	Pyrolysegas Pyrolysis Gas	51 (76,5)			<u>Normalwerte</u> gelten für:
Gas Reactor	Luft, Air	10 (15)	11 (16,5)	30 (50)	<u>Normal values</u> valid for:
	Gas	61 (91,5)	240 (360)	800 (800)	15 kg/h Abfall/waste
Brennkammer Combustion Chamber	Gas	61 (91,5)	240 (360)	800 (800)	Luft, Air: 30°C Rauchgas: Flue Gas: 1000°C
	Luft, Air	104 (156)	115 (185)	30 (50)	
	Rauchgas Flue Gas	165 (249)	770 (1270)	1000 (1200)	
Mischkammer Mixing Chamber	Rauchgas Flue Gas	165 (249)	770 (1270)	1000 (1200)	<u>Klammerwerte</u> gelten für:
	Luft, Air	910 (1993)	1010 (2357)	30 (50)	<u>Bracket values</u> valid for :
	Abgas Off- Gas	1075 (2240)	1864 (3884)	200 (200)	22.5 kg/h Abfall/waste
Filter-Station, Rauchgas- Gebläse 1B1, Exhaust Blower 1B1	Abgas Off Gas	1075 (2240)	1864 (3884)	200 (200)	Luft, Air: 50°C Rauchgas, Flue Gas: 1200°C
Frischluftgebläse 2B1 Air blower 2B1	Luft, Air	1024 (2164)	1135 (2560)	30 (50)	

Tab. 3.3 : Betriebsbedingungen in LAWI

Tab. 3.3 : Operating Conditions in LAWI

Betrachtet man den maximalen Betriebspunkt unter Berücksichtigung der maximal möglichen Betriebszustände, nämlich :

- Rauchgastemperatur: 1200°C,
- Frischlufttemperatur: 50°C,
- max. Abfalldurchsatz (+50%): 22,5kg/h,

so ergibt sich ein maximal möglicher Rauchgasvolumenstrom von ca. 3884 m³/h.

Das Rauchgasgebläse 1B1 muß demnach folgende Volumenströme fördern können:

- Auslegungspunkt: 1864 m³/h,
- maximaler Betriebspunkt: 3884 m³/h.

Considering the maximum operating point for the maximum possible operating conditions, i.e. :

- flue gas temperature: 1200°C,
- air temperature: 50°C,
- max. waste throughput (+ 50 %): 22.5kg/h,

a maximum possible flue gas volume flow of approx. 3884 m³/h is obtained.

Exhaust blower 1B1 must then be capable of delivering the following volume flows:

- design point: 1864 m³/h,
- maximum operating point: 3884 m³/h.

Für das Frischluftgebläse 2B1 ergeben sich die entsprechenden Werte zu:

- Auslegungspunkt: 1135 m³/h,
- maximaler Betriebspunkt: 2560 m³/h.

Durch die Saugwirkung des Rauchgasgebläses stellt sich in der Anlage ein Unterdruck ein, der über das Drosselventil 1MV1 so geregelt wird, daß im oberen Teil des Gasreaktors und damit in der gesamten Anlage ein konstanter Unterdruck (1P1) herrscht. Dadurch wird ausgeschlossen, daß Rauchgase durch evtl. Lecks in die Hallenluft gelangen, da sich an möglichen Lecks zwangsläufig eine Einwärtsströmung einstellt.

Die Tabelle 3.3 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die zu erwartenden Betriebsverhältnisse in der Anlage, und zwar beim Auslegungspunkt und beim maximalen Betriebspunkt.

3.3 Funktion der Anlage

Wie bereits beschrieben, arbeitet LAWI nach dem Prinzip des Jülicher Thermoprozesses, der in zwei Stufen abläuft. Dabei findet zunächst eine Vergasung verbunden mit einer teilweisen Verbrennung des Abfalls im Gasreaktor (Gas Reactor) statt, während die Verbrennung der erzeugten Gase getrennt in der Brennkammer (Combustion Chamber) erfolgt. Die Funktion der Anlage kann aus Abb. 2 ersehen werden. Im stationären Betriebszustand der Anlage ist auf dem Schwenkrost des Gasreaktors ein stabiles Glutbett vorhanden, dessen Temperatur (1T2) durch geregelte Luftzufuhr über das Motorventil 2MV6 auf etwa 800°C konstant gehalten wird.

Die Glutbett-Temperatur wird durch die Meßstelle 1T2 gemessen und überwacht. Wird ein erster Grenzwert überschritten, so erfolgt eine Warnung. Ein zweiter oberer Grenzwert bewirkt das Schließen des Motorventils 2MV4, was durch die Unterbrechung der Luftzufuhr einen weiteren Temperaturanstieg verhindert. Die übrigen Luftstränge mit den Ventilen 2HV2, 2HV3, 2MV5 sind auf konstante Werte eingestellt. Über die Temperatur-Meßstelle 1T1 wird die Temperatur im oberen Teil des Gasreaktors gemessen.

Normalerweise ist der Raum des Gasreaktors oberhalb des Kipprostes mit der Abfallschüttung ausgefüllt. Dies wird durch die Füllstandsmessung 1N1 (Mikrowellensender und -empfänger) überwacht. Sinkt der Füllstand unter den Pegel von 1N1, so wird durch ein Signal angezeigt, daß nachgeladen werden muß. Dafür wird der Abfall, der in Beuteln bestimmter Größe verpackt ist, zunächst durch die seitliche Luke in die Glovebox eingebracht. Dann werden die Beutel (1 - 2 Stück) nach Öffnen der oberen Luke in der Glovebox in den Beladeschacht eingelegt. Nach dem Schließen der oberen Luke wird der untere Motorschieber 1FV1 geöffnet, und die Beutel fallen in den Vergasungsraum. Danach muß der Schieber wieder geschlossen werden.

Dieser Vorgang muß so oft wiederholt werden, bis das Signal von 1N1 erlischt.

The corresponding values for air blower 2B1 are :

- design point: 1135 m³/h,
- maximum operating point: 2560 m³/h.

Exhaust blower suction produces a subatmospheric pressure in the plant, which is regulated via swivel damper 1MV1 so that constant subatmospheric pressure (1P1) prevails in the upper gas reactor section and thus in the entire plant. This prevents flue gases from escaping into the hall air through possible leaks, since an inward flow would inevitably be established at possible leaks.

Table 3.3 gives a summary of the operating conditions to be expected in the plant for the design point and the maximum operating point.

3.3 Function of the Plant

As already described above, LAWI works according to the principle of the Jülich thermoprocess proceeding in two stages. At the first stage, gasification takes place with partial combustion of the waste in the gas reactor, while the gases produced are burned separately in the combustion chamber. The function of the plant can be seen from Fig. 2. In the stationary operating condition of the plant, a stable glowing bed is established on the movable grid of the gas reactor, whose temperature (1T2) is kept constant at about 800°C by controlled air supply via motor valve 2MV6.

The glowing bed temperature is measured and monitored by measuring point 1T2. If a first limit value is exceeded, an alarm is produced. A second upper limit causes motor valve 2MV4 to close, preventing a further increase in temperature due to the interruption of air supply. The other air flows are adjusted to constant values by valves 2HV2, 2HV3 and 2MV5. Temperature measuring point 1T1 measures the temperature in the upper gas reactor section.

The gas reactor space above the movable grid is normally filled with waste. This is monitored by level measurement 1N1 (microwave emitter and receiver). If the level drops below 1N1, a signal indicates the need for reloading. Waste packed in bags of defined size is then introduced first into the glove box through the lateral door. The bags (1 - 2 units) are then placed into the loading shaft after opening the upper door in the glove box. After closing this door, motor gate valve 1FV1 at the bottom is opened and the bags drop into the gasification space. The gate valve must then be closed again.

This process has to be repeated until the signal of 1N1 disappears.

Um zu verhindern, daß während des Beladevorganges Gase oder Rauch in den Beladeschacht oder in die Glovebox gelangen, können diese durch Öffnen der Handventile 1HV2 und 1HV3 abgesaugt werden. Zusätzliches Öffnen des Handventils 1HV1 ermöglicht ein Durchspülen der Glovebox und des Beladeschachtes mit Luft, die aus der Betriebshalle angesaugt wird. Der Druck in der Glovebox (normalerweise Unterdruck) wird durch das Manometer P1 angezeigt.

Der Druckabfall über den Kipprost wird durch das Differenzdruckmanometer 1Pd1 überwacht. Bei Überschreitung eines Druckabfallgrenzwertes erfolgt eine Warnung. Dann muß der Kipprost, der durch einen Elektromotor angetrieben wird, solange betätigt werden, bis das Signal am Kontrollpult rückgestellt werden kann.

Durch die Schwenkbewegung des Kipprostes fallen Asche und kleine Pyrolysekokssteilchen in die darunterliegende Sammelkammer, wo unter Luftzufuhr über 2HV3 der hier gesammelte Pyrolysekoks endgültig verbrannt wird. Bei Stillstand und nach Abkühlung der Anlage kann die Asche über den Flachschieber 1FV2 in das darunterstehende Aschefaß entleert werden.

In der Brennkammer wird das erzeugte Gas unter geregelter Zufuhr von vorgewärmter Luft verbrannt. Die Temperatur der Brennkammer 1T4a wird über die Luftzufuhr durch das motorbetriebene Regelventil 2MV3 auf den Sollwert eingestellt. Der Verbrennungsprozeß kann durch das Schauglas im oberen Deckel der Brennkammer beobachtet werden. Bei der Inbetriebnahme der Anlage wird die Brennkammer durch den Startbrenner 1IB1 bis auf eine Temperatur von 600°C vorgeheizt. Erst dann wird der Gasreaktor gezündet und die Gasproduktion in Gang gesetzt.

Im stationären Zustand kann der Startbrenner abgeschaltet werden, da das Gas-Luft-Gemisch sich aufgrund der hohen Brennkammer-Temperatur selbst entzündet und verbrennt. Dieser Prozeß ist selbsterhaltend, solange eine Temperatur von 800°C nicht unterschritten wird. Dann erfolgt eine Warnung (1T4a), und der Startbrenner muß wieder eingeschaltet werden. Übersteigt die Temperatur den Wert von 1200°C, so erfolgt ebenfalls eine Warnung und die Luftzufuhr muß entsprechend von Hand über 2MV3 gedrosselt werden.

Die in der Brennkammer abgeschiedenen Staubpartikel werden im unteren konischen Teil gesammelt und können bei Stillstand und nach Abkühlung der Anlage über den Flachschieber 1FV3 in das darunterstehende Aschefaß entleert werden.

In der unmittelbar folgenden Mischkammer (Mixing Chamber) werden die heißen Rauchgase durch Vermischung mit kalter Luft auf eine Temperatur von 200°C abgekühlt und durchströmen dann den anschließenden Zyklonabscheider (Cyclon Separator). Die in die Mischkammer einströmende Luftmenge wird über das motorgetriebene Regelventil 2MV2, das durch die Temperaturmeßstelle 1T5 beaufschlagt wird, so geregelt, daß die Rauchgastemperatur im Zyklonabscheider einen konstanten Wert von 200°C hat.

In order to prevent gases or fume from entering the loading shaft or glove box during loading, they can be evacuated by opening hand valves 1HV2 and 1HV3. Additional opening of hand valve 1HV1 permits the glove box and loading shaft to be purged with air sucked from the operation hall. The pressure in the glove box (normally subatmospheric) is indicated by pressure gauge P1.

The pressure drop across the movable grid is monitored by differential pressure gauge 1Pd1. If a pressure drop limit is exceeded, an alarm is produced. The movable grid operated by an electric motor must then be actuated until the signal at the control panel can be reset.

Tilting of the movable grid causes ashes and small pyrolysis coke particles to fall into the collecting chamber underneath where the pyrolysis coke is then finally burned adding air via 2HV3. During standstill and after cooling of the plant, the ashes can be emptied into the ash drum via flat gate valve 1FV2.

In the combustion chamber the gas produced is burned with controlled preheated air supply. The temperature of combustion chamber 1T4a is adjusted to the rated value by air supply via motor-operated control valve 2MV3. The combustion process can be observed through the view glass in the combustion chamber cover. When the plant is put into operation, the combustion chamber is preheated to a temperature of 600°C by ignition burner 1IB1. Only then is the gas reactor ignited and gas production started.

In the stationary state, the ignition burner can be switched off since the gas-air mixture is ignited spontaneously and burned due to the high combustion chamber temperature. This process is self-sustaining as long as the temperature does not drop below 800°C. In this case, an alarm is produced ((1T4a) and the ignition burner must be switched on again. If the temperature exceeds 1200°C, another alarm is produced and air supply must be accordingly throttled by hand via 2MV3.

The dust particles separated in the combustion chamber are collected in the conical bottom section and can be emptied into the ash drum underneath via flat gate valve 1FV3 during standstill and after plant cooling.

In the adjoining mixing chamber, the hot flue gases are cooled to a temperature of 200°C by mixing with cold air and the cooled gas then flows through the subsequent cyclone separator. The air flow into the mixing chamber is regulated by motor-operated control valve 2MV2, which is actuated by temperature measuring point 1T5, so that the flue gas temperature in the cyclone separator is kept at a constant level of 200°C.

Die zugeführte Luftmenge kann über die Durchflußmeßstelle 2Q3 bestimmt werden.

LAWI ist mit einem dreifach wirkenden Rauchgas-Reinigungs-System zur Abscheidung der im Rauchgas enthaltenen Feststoffpartikel (Asche, Staub, Aerosole) ausgerüstet, und zwar:

- Grobabscheidung : Zyklonabscheider,
- Feinabscheidung : Taschenfilter,
- Feinstabscheidung : Absolutfilter.

Die im Zyklonabscheider abgeschiedenen Asche- und Staubpartikel können bei Stillstand der Anlage über den Flachschieber 1FV4 in das darunterstehende Aschefaß abgelassen werden.

Nach dem Zyklonabscheider durchströmen die Rauchgase die Filterstation (Filter Station). Im Taschenfilter werden die noch vorhandenen Feinanteile an Asche und Staub abgeschieden, die sich auf der Oberfläche der Filtertaschen ablagern. Übersteigt der Druckverlust im Taschenfilter, der vom Differenzdruckmanometer 1Pd2 überwacht wird, einen eingestellten Grenzwert, so wird automatisch die Druckluftimpulseinheit eingeschaltet, die mit dem Druckluftbehälter 3GC1 und dazugehörigem Kompressor 3B1 verbunden ist. Diese bläst die Filtertaschen mehrfach von innen stoßartig mit Druckluft auf, wodurch die Staub- und Ascheschicht an der Oberfläche gelöst wird, abfällt und im unteren konischen Teil des Filtergehäuses gesammelt wird. Bei Stillstand und nach Abkühlung der Anlage können diese Rückstände über den Flachschieber 1FV5 in das darunterstehende Aschefaß entleert werden.

Die noch im Abgas verbliebenen Feinstanteile an Staub und Asche werden im Absolutfilter abgeschieden, dessen Druckverlust über das Differenzdruckmanometer 1Pd3 überwacht wird. Bei Überschreitung eines eingestellten Grenzwertes erfolgt eine Warnung. Dann muß der Filtereinsatz beim nächsten Stillstand der Anlage gewechselt werden.

Die nun weitestgehend staubfreien Rauchgase werden über das Rauchgasgebläse 1B1 in den Schornstein gefördert. Durch die Saugwirkung des Gebläses entsteht in der Anlage ein Unterdruck, der durch das motorgetriebene Regelventil 1MV1 so gesteuert wird, daß an der Druckmeßstelle 1P2 am Ausgang des Gasreaktors ein konstanter, vorgegebener Unterdruck herrscht. Übersteigt dieser Druck einen oberen Grenzwert, erfolgt eine Warnung. Der von Rauchgas-Gebläse geförderte Volumenstrom kann mit der Meßstelle 1Q1 bestimmt werden.

Die für Vergasung, Verbrennung und Kühlung erforderliche Luft wird durch das Frischluftgebläse 2B1 aus der Betriebshalle angesaugt und mit den Betriebsdaten (Druck, Volumenstrom) entsprechend der Gebläsekennlinie gefördert und bereitgestellt.

Die Volumenströme in den einzelnen Zweigen der Frischluftversorgung können an den Durchflußmeßstellen 2Q1, 2Q2 und 2Q3 bestimmt werden, und zwar wie folgt:

- Gesamtdurchfluß 2B1 : 2Q1,
- Kühlluft Mischkammer : 2Q1 minus 2Q2,
- Verbrennungsluft Brennkammer : 2Q3,
- Vergasungsluft Gasreaktor : 2Q2 minus 2Q3.

The air supply can be governed by flow rate measuring point 2Q3.

LAWI is equipped with a triple-acting flue gas purification system separating solid particles (ash, dust, aerosols) from the flue gas by

- coarse separation : cyclone separator,
- fine separation : bag filter,
- ultrafine separation : absolute filter.

The ash and dust particles deposited in the cyclone separator can be emptied into the ash drum underneath via flat gate valve 1FV4 during plant standstill.

The flue gases first flow through the cyclone separator and then through the filter station. Any ash and dust fines still contained in the gas are retained by the bag filter and deposited on the surface of the filter bags. If the pressure loss in the bag filter, which is monitored by differential pressure gauge 1Pd2, exceeds a set limit, the pulsed compressed-air unit is automatically switched on. It is connected with compressed-air tank 3GC1 and associated compressor 3B1 and repeatedly inflates the filter bags impulsively so that the dust and ash layer is detached from the surface and drops into the conical bottom section of the filter casing where the particles are collected. During standstill and after cooling of the plant, these residues can be emptied into the ash drum underneath via flat gate valve 1FV5.

The dust and ash fines still left in the off-gas are separated in the absolute filter whose pressure loss is monitored via differential pressure gauge 1Pd3. If a set limit value is exceeded, an alarm is produced. The filter element must then be replaced during the next plant standstill.

The flue gases which are now largely dust-free are delivered to the stack via exhaust blower 1B1. Blower suction produces a subatmospheric pressure in the plant, which is controlled by the motor-operated control valve 1MV1 so that a constant preset subatmospheric pressure prevails at pressure measuring point 1P2 at the gas reactor outlet. If this pressure exceeds an upper limit, an alarm is produced. The volume flow delivered by the exhaust blower can be determined by measuring point 1Q1.

The air required for gasification, combustion and cooling is sucked from the operation hall by air blower 2B1 and delivered and made available with the operating data (pressure, volume flow) corresponding to the blower characteristic.

The volume flows in the individual branches of the air supply system can be determined at flow rate measuring points 2Q1, 2Q2 and 2Q3 as follows:

- total flow rate 2B1 : 2Q1,
- mixing chamber cooling air : 2Q1 minus 2Q2,
- combustion chamber air : 2Q3,
- gas reactor gasification air : 2Q2 minus 2Q3.

4. Elektrotechnik, Messen, Steuern, Regeln

4.1 Elektrotechnik

Die Spannungsversorgung für die Verbrennungsanlage sowie für die gesamte Meß-, Regel- und Steuertechnik ist zentral in einem zweitürigen Schaltschrank, dem Kontrollpult, untergebracht.

Abb. 7 zeigt die Frontansicht des Kontrollpultes.

In der Vorderfront befinden sich sämtliche Meßgeräte, Regler, Schalter, Taster und Grenzwertleuchten. Außerdem enthält sie ein Anlagenfließbild, auf dem, durch Leuchtdioden dargestellt, die Funktion und der Betriebszustand der Anlage ersehen und kontrolliert werden kann.

Das Fließbild selbst ist in Abb. 2 dargestellt.

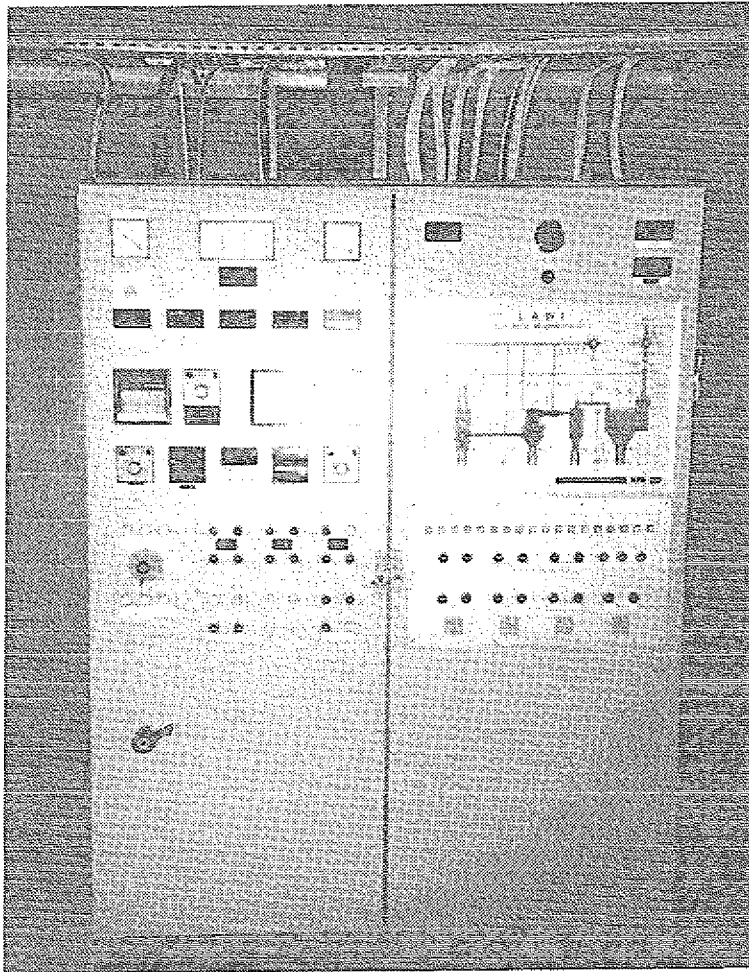


Abb. 7 Kontrollpult

Die elektrische Versorgung des Kontrollpultes (3x380V Drehstrom, 63A), das in der Nische an der Nordseite der Betriebshalle aufgestellt ist, erfolgt durch eine Trafostation außerhalb des LAWI-Gebäudes. Diese Trafostation ist in einem eigenen Trafohäuschen auf der gegenüberliegenden Straßenseite an der Westseite des Betriebsgebäudes untergebracht. Sie versorgt sowohl die Gebäudeinstallationen (Beleuchtung, Kran, Steckdosen usw.) als auch die Lüftungsanlage und LAWI.

4. Electrical Engineering, Measuring, Controlling and Regulating Techniques

4.1 Electrical Engineering

The voltage supply for the incineration plant and for the entire measuring, regulating and control system is centrally accommodated in a control cabinet with two doors, the control panel.

Fig. 7 shows a front view of the control panel.

The front contains all measuring instruments, controllers, switches, push buttons and limit value lamps. It furthermore contains a mimic diagram showing the operating condition of the plant by light-emitting diodes for control purposes.

This diagram is also shown in Fig. 2.

Fig. 7 Control Panel

The control panel, which is positioned in a niche at the northern side of the operation hall, is supplied with electricity (3 x 380V three-phase current, 63A) from a transformer station outside the LAWI building. This transformer station is accommodated in a separate transformer house on the opposite side of the road west of the operations building. It supplies the building installations (lighting, crane, sockets etc.) as well as the ventilation system and LAWI.

Zur Fehlerstromüberwachung der Anlage ist dem Kontrollpult ein Fehlerschutzschalter (FI-Schalter) mit einem Auslösestrom von 30mA vorgeschaltet. Die Spannungsversorgung erfolgt über einen Hauptschalter mit thermischer und magnetischer Überstromauslösung und mit einer Unterspannungsspule. Letztere setzt die Anlage bei einem Netzausfall in einen sicheren Zustand, indem sie verhindert, daß bei Wiederkehr der Netzspannung der Schrank und alle Anlagenkomponenten wieder eingeschaltet werden und unkontrolliert in Betrieb gehen.

Alle Meß- und Steuerkabel der Anlage sind auf festinstallierten Kabelbühnen verlegt. Sie sind über eine Klemmleiste in zwei Zwischenkästen im Bedienungsgestell geführt. Durch diese Unterteilung der Kabel ist die Verdrahtung vereinfacht worden und eine bessere Auftrennung und Kontrolle möglich. Dabei sind die Klemmleisten in den Zwischenkästen und im Kontrollpult identisch aufgebaut.

Die Leistungskabel sind weitgehend davon getrennt in Kunststoffrohren, die im Estrich eingegossen sind, eingezogen und verlegt.

Alle Datenleitungen zur Datenerfassungsanlage sind über das Kontrollpult geführt, wobei die Verbindungsleitungen zwischen Kontrollpult und Datenerfassungsanlage am Kontrollpult gesteckt und am 30-Punkt-Drucker angeklemt sind.

In der gesamten Anlage ist eine konsequente Schutzerdung nach VDE 0100 durchgeführt worden. Alle Anlagenteile sind mit dem Schaltschrank durch Potentialausgleichsleitungen verbunden.

4.2 Meßtechnik

Die für den Betrieb und die sicherheitstechnische Überwachung der Anlage erforderlichen Prozeßdaten werden gemessen, angezeigt und teilweise registriert. Dies sind im wesentlichen :

- Temperaturen,
- Drücke,
- Differenzdrücke,
- Volumenströme,
- Ventilstellungen,
- Füllstand.

Alle Informationen zu den einzelnen Meßstellen gehen aus der Tabelle 4.1 hervor.

Temperaturen

Alle Temperaturmeßkanäle sind weitgehend identisch aufgebaut. Sie unterscheiden sich lediglich im Meßfühlertyp, im Meßbereich und in der Grenzwertbildung. Alle Temperaturfühler sind als doppelte Thermopaare in metallischen (Ni/CrNi) oder keramischen (Pt/PtRh) Schutzhüllen aufgebaut. Das jeweils zweite Thermopaar wird entweder als Reserve oder zu Regelzwecken benutzt.

Die Meßkette besteht aus dem Thermoelement und einem nachgeschalteten digitalen Anzeigegerät mit integrierter Temperaturentschleunigungseinrichtung und Verstärker der Fa. Hartmann & Braun. Falls erforderlich sind den Anzeigegeräten elektronische Grenzwertkarten nachgeschaltet.

For fault current monitoring of the plant, a residual-current breaker with a tripping current of 30 mA is installed in front of the control panel. Voltage supply is effected via a master switch with thermal and magnetic overcurrent tripping and an undervoltage coil. The latter brings the plant into a safe state in the event of a mains failure by preventing that the panel and all plant components are switched on again and come on line in an uncontrolled manner upon voltage recovery.

All measuring and control cables of the plant are laid on fixed-mounted cable platforms. They are run through a terminal strip into auxiliary boxes in the operation platform. This partitioning of the cables has simplified wiring and facilitates disconnection and control. The terminal strips in the auxiliary boxes and in the control panel are of identical design.

The power cables are mostly pulled-in and laid separately in under-screed plastic ducts.

All data lines to the data acquisition system are run through the control panel, the connecting lines between control panel and data acquisition system being plugged-in at the control panel and clamped to the 30-point printer.

Protective earthing according to VDE 0100 has been carried out consistently in the entire plant. All plant parts are connected with the control cabinet by equipotential bonding.

4.2 Measuring Techniques

The process data required for the operation and safety monitoring of the plant are measured, displayed and partially recorded.

The most important data concern :

- temperatures,
- pressures,
- differential pressures,
- volume flows,
- valve positions,
- bed level.

All data concerning the individual measuring points can be seen from Table 4.1.

Temperatures

All temperature measuring channels are largely identical. They only differ by sensor type, measuring range and limiting values. All temperature sensors are designed as double thermocouples in metal (Ni/CrNi) or ceramic (Pt/PtRh) sheaths. The second thermocouple is always used either as a standby or for control purposes.

The measuring chain consists of the thermocouple and a subsequent digital display unit with integrated temperature compensation and an amplifier from Hartmann & Braun. If required, electronic limit value cards are installed behind the display units.

Drücke

Die Drücke in der Anlage werden entweder durch Manometer oder durch Drucktransmitter mit einem elektrischen Ausgang von 0-20mA gemessen. Die Manometer sind in einigen Fällen mit Springkontakt-Grenzwerten ausgerüstet, die direkt auf die Sicherheitsschaltung gehen. Sie lösen dort Warnungen und gegebenenfalls weitere Schaltungen aus. Die Stromausgänge der Drucktransmitter werden zur Anzeige, Regelung und für die Datenverarbeitung benutzt.

Differenzdrücke

Die Differenzdrücke 1Pd1 und 1Pd3 werden durch Differenzdruckmanometer mit je einem oberen Grenzwert gemessen, während die Differenzdruckmeßstelle 1Pd2 aus einem elektronischen Meßgerät besteht, dessen einstellbare Grenzwerte zur Steuerung der Taschenfilterreinigung und zur Ansteuerung der Sicherheitsschaltung benutzt werden. Der analoge Ausgang von 0-20mA wird in die Datenverarbeitungsanlage eingespeist.

Volumenströme

Die Volumenströme 1Q1 und 2Q1-3 werden durch Prandtl-Rohre gemessen, deren Wirkdruck (Dynamischer Druck = Druckdifferenz zwischen Gesamtdruck und statischem Druck) ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit am Meßort ist. Diese Geschwindigkeit wird dann unter Einbeziehung der geometrischen (Rohrdurchmesser, Eichfaktoren) und der physikalischen (Druck, Temperatur) Bedingungen in den örtlichen Volumenstrom umgerechnet.

Die Wirkdrücke der Prandtl-Rohre werden auf die entsprechend angeschlossenen Differenzdrucktransmitter 1Pd4 (1Q1) und 2Pd1-3 (2Q1-3) übertragen, wo sie in elektrische Signale umgewandelt werden und dem Datenerfassungssystem zugeführt werden. Vom Rechner werden diese elektrischen Daten in Volumenströme umgerechnet, angezeigt und registriert.

Ventilstellungen

Zur Messung der Ventilstellungen ist in den Motorventilen ein Potentiometer (0 - 1kΩ) eingebaut, das seine Stellung proportional zur Klappenstellung ändert. Der Drehwinkel von 0 - 90° entspricht einem Spannungsabgriff am Potentiometer von 0 - 5 Volt. Die Spannung wird von einer Konstantspannungsquelle geliefert. Am Kontrollpult wird das Signal digital als Klappenöffnung von 0 - 100 % angezeigt. Außerdem wird das Spannungssignal der Datenerfassungsanlage zugeführt.

Füllstand

Im oberen Teil des Gasreaktorschachtes sind in zwei gegenüberliegenden Flanschanschlüssen Sender und Empfänger einer Mikrowelle zur Füllstandsmessung eingebaut. Diese Mikrowelle überwacht die Höhe der Schüttung im Gasreaktorschacht. Wenn diese Schütthöhe soweit absinkt, daß der Mikrowellenstrahl freigegeben wird, so ertönt und blinkt an der Glovebox eine Hupe und eine rote Lampe.

Pressures

The pressures in the plant are either measured by pressure gauges or by pressure transmitters with an electric output of 0 - 20 mA. Some of the pressure gauges are equipped with spring-contact limit values acting directly on the safety circuit where they trigger alarms and, if required, additional circuits. The current outputs of the pressure transmitters are used for display, control and data processing.

Differential pressures

Differential pressures 1Pd1 and 1Pd3 are measured by differential pressure gauges with an upper limit value each, whereas differential pressure measuring point 1Pd2 consists of an electronic measuring device with adjustable limit values for control of the bag filter cleaning system and activation of the safety circuit. The analog output of 0-20mA is fed into the data processing system.

Volume flows

Volume flows 1Q1 and 1Q1-3 are measured by Prandtl tubes whose differential pressure (dynamic pressure = pressure difference between total pressure and static pressure) is a measure of the flow velocity at the location of measurement. This velocity is then converted into the local volume flow including geometrical (tube diameter, calibration factors) and physical (pressure, temperature) conditions.

The differential pressures of the Prandtl tubes are transferred to adequately connected differential pressure transmitters 1Pd4 (1Q1) and 2Pd1-3 (2Q1-3) where they are converted into electrical signals and passed to the data acquisition system. These electrical data are converted into volume flows, displayed and recorded by the computer.

Valve positions

The valve positions are measured by a potentiometer (0-1kΩ) built into the motor valves and changing its position in proportion to the damper position. The 0-90° angle of rotation corresponds to a voltage tap of 0-5 volt at the potentiometer. The voltage is supplied from a constant-voltage source. The signal is digitally displayed at the control panel as a damper opening between 0 and 100°. Moreover, the voltage signal is transmitted to the data acquisition system.

Bed level

In the upper section of the gas reactor shaft, the emitter and receiver of a microwave are installed in two opposite flange connections for level measurement. This microwave monitors the bed level in the gas reactor shaft. If the bed decreases to a level where the microwave beam is released, a hooter sounds and a red lamp flashes at the glove box.

Das akustische Signal wird nach 15 Sekunden abgeschaltet, während das optische Signal erst erlischt, wenn die Schüttung durch Nachladen wieder soweit aufgefüllt ist, daß der Mikrowellenstrahl dadurch wieder unterbrochen wird.

4.3 Steuern, Regeln

Die Bedienungselemente sowie die Anzeigergeräte der Steuerungen und Regelungen befinden sich mit wenigen Ausnahmen in der Vorderfront des Kontrollpultes.

Folgende Komponenten werden über entsprechende Steuerungen betrieben :

Gebläse 1B1 und 2B1

Das Rauchgasgebläse 1B1 und das Frischluftgebläse 2B1 werden über eine Stern-Dreieck-Schaltung angefahren. Dadurch wird eine Überlastung des Versorgungsnetzes durch den Anlaufstrom der Gebläsemotoren verhindert.

Thermische und magnetische Überstromauslöser (1I1, 2I1) sowie eine Sicherungsüberwachung schützen die Gebläsemotoren vor Überlast.

Das Rauchgasgebläse 1B1 ist außerdem mit einer Drehzahlüberwachung (1R1) ausgerüstet, die bei Drehzahlabfall von 1B1 ebenfalls das Frischluftgebläse 2B1 abschaltet.

Das Ein- bzw. Abschalten der Gebläse erfolgt durch Taster in der Front des Kontrollpultes.

Motorventile

Alle Motorventile sind Drehklappenventile mit angeflanschem Getriebemotor. Die Laufzeit zwischen Auf- und Zustellung der Drehklappen, d.h. für eine 90°-Drehung, beträgt 60 Sekunden. Der Antrieb ist mit Endschaaltern versehen, die zur Signalisierung der Endstellungen verwendet werden. Die jeweilige Stellung der Ventile wird durch digitale Anzeigeelemente zwischen 0 und 100% angezeigt. Außerdem werden die Endstellungen "Auf" bzw. "Zu" durch Leuchtdioden im Fließbild am Kontrollpult signalisiert.

Das Auf- bzw. Zufahren der Ventile erfolgt durch entsprechende Taster in der Front des Kontrollpultes.

Flachbettschieber 1FV1

Die Steuerung für den motorbetätigten Flachbettschieber 1FV1 im oberen Teil des Gasreaktors ist in einem Schaltkasten an der Glovebox untergebracht. Dadurch ist beim Beladen des Gasreaktors eine Sichtkontrolle des Schiebers möglich. Mit zwei Drucktastern kann der Schieber auf- bzw. zugefahren werden, wobei der Antrieb des Schiebers bei Erreichen der Endstellung über je einen Endschafter abgeschaltet wird. Zusätzlich wird der Fahrweg über zwei Drehmomentschalter überwacht, die bei Blockierung oder Überlastung des Antriebes den Schieber stoppen. Ein Fahren des Schiebers ist dann nur noch in die andere Richtung möglich.

The acoustic signal is switched off after 15 seconds, while the optical signal only disappears after reloading to a level interrupting the microwave beam.

4.3 Controlling and Regulating Techniques

The controls as well as the display devices of the control and regulating systems are located in the front of the control panel with a few exceptions.

The following components are operated via corresponding controls:

Blowers 1B1 and 2B1

Exhaust blower 1B1 and air blower 2B1 are started via a star-delta connection. This prevents the supply system from being overloaded by the starting current of the blower motors.

Thermal and magnetic overcurrent releases (1I1, 2I1) and a fuse monitor protect the blower motors against overload.

Exhaust blower 1B1 is additionally equipped with a speed monitor (1R1) which also disconnects air blower 2B1 in the event of a 1B1 speed drop.

The blowers are switched on and off by push buttons in the control panel front.

Motor valves

All motor valves are swivel dampers with flanged-on gear motors. The time between opening and closing of the dampers, i.e. for one 90° rotation, is 60 seconds. The drive is provided with limit switches used for signalling the end positions. The respective valve positions are indicated between 0 and 100 % by digital indicators. Moreover, the "open" and "closed" end positions are signalled by light-emitting diodes in the mimic diagram at the control panel

The valves are opened and closed by corresponding push buttons in the control panel front.

Flatbed Gate Valve 1FV1

The control for the motor-operated flatbed gate valve 1FV1 in the upper part of the gas reactor is accommodated in a switchbox at the glove box, so that the gate valve can be visually controlled during gas reactor loading.

The gate valve can be opened and closed with two push buttons, the gate valve actuator being switched off via one limit switch each upon reaching the end position. In addition, the travel is monitored by two torque switches which stop the gate valve if the actuator is blocked or overloaded. The valve can then only be operated in the other direction.

Sowohl die Endstellungen als auch die Störung durch Blockierung des Schiebers werden durch drei Lampen in der Front des Schaltkastens angezeigt.

Kipprost

Der Kipprost im Gasreaktor wird von einem Elektromotor über einen Kurbeltrieb angetrieben, wobei er bei jeder Umdrehung der Kurbelscheibe einmal um $\pm 30^\circ$ hin- und hergekippt wird.

Durch einen Taster in der Front des Kontrollpultes wird jeweils eine einmalige Drehung der Kurbelscheibe und damit eine einmalige Schwenkbewegung des Kipprostes ausgelöst. Der Betrieb des Kipprostes wird über eine Meldelampe angezeigt.

Taschenfilterreinigung

Das Taschenfilter ist ein selbstreinigendes Filter, dessen Funktion über den Differenzdruck am Filter 1Pd2 überwacht wird. Mit zunehmendem Verschmutzungsgrad der Filtertaschen nimmt der Differenzdruck, der durch ein elektronisches Manometer gemessen wird, zu. Bei Erreichen eines eingestellten Grenzwertes wird eine Ventilgruppe durch eine Impulselektronik angesteuert.

Über diese Ventile wird Druckluft impulsartig in das Innere der Filtertaschen geblasen, wodurch die außen haftende Staubschicht abfällt und die Filtertaschen gereinigt werden. Dadurch sinkt der Differenzdruck wieder unter einen vorgegebenen Wert ab und der Vorgang wird automatisch beendet.

Am Gestell des Taschenfilters sind neben dem Differenzdruckmanometer zwei Taster angebracht, über die der Reinigungsvorgang auch von Hand ein- und ausgeschaltet werden kann.

Die Druckluftversorgung des Taschenfilters erfolgt durch den Kompressor 3B1, dessen Speichertank über eine Zweipunktregelung (3P2) durch entsprechendes Ein- bzw. Ausschalten des Kompressors ständig auf Betriebsdruck gehalten wird.

Startbrenner 4IB1

Der Startbrenner 4IB1 in der Brennkammer wird über einen Taster im Bedienungsfeld des Kontrollpultes eingeschaltet. Die Brennerleistung wird mit der Verbrennungsluft über das Motorventil 4MV2 von Hand mit den dazugehörigen Tastern im Bedienungsfeld des Kontrollpultes eingestellt. Durch zwei Grenzwertschalter wird der Luftdruck (4P2) und der Gasdruck (4P1) überwacht. Bei Erreichen der notwendigen Arbeitstemperatur in der Brennkammer kann der Gasreaktor gezündet werden. Hat sich das Glutbett stabilisiert, wird der Brenner von Hand abgeschaltet.

Sollte die Temperatur in der Brennkammer unter einen Wert von 700°C absinken, erfolgt über das Thermoelement 1T4a eine Warnung. Dann muß der Brenner wieder von Hand eingeschaltet werden.

The end positions as well as an interference by blocking of the gate valve is indicated by three lamps in the switch box front.

Movable grid

The movable grid in the gas reactor is operated by an electric motor via a crank drive, being tilted by $\pm 30^\circ$ with every revolution of the crank disk.

A push button in the control panel front always actuates one rotation of the crank disk and thus one swivel of the moving grid. Grid operation is indicated by a signal lamp.

Bag filter cleaning

The bag filter is a self-cleaning filter whose function is monitored via the differential pressure at filter 1Pd2. The differential pressure, which is measured by an electronic pressure gauge, increases with increasing filter bag contamination. A valve group is activated by pulse electronics upon reaching a set limit value.

Compressed air is blown impulsively into the filter bag interior via these valves so that the externally adhering dust layer falls off and the filter bags are cleaned. The differential pressure then drops again below a preset value and the process is automatically stopped.

The bag filter frame is provided with two push buttons next to the differential pressure gauge enabling the cleaning process to be also switched on and off by hand.

The bag filter is supplied with compressed air by compressor 3B1 whose storage tank is constantly kept at operating pressure via a two-position control (3P2) switching the compressor on and off as required.

Ignition burner 4IB1

Ignition burner 4IB1 in the combustion chamber is switched on via a push button in the operator control panel. The burner power is adjusted by hand with the combustion air via motor valve 4MV2 using the associated push buttons in the operator control panel. The air pressure (4P2) and the gas pressure (4P1) are monitored by two limit value switches. The gas reactor can be ignited upon reaching the necessary working temperature in the combustion chamber. When the glowing bed is stabilized, the burner is switched off by hand.

Should the temperature in the combustion chamber drop below a value of 700°C an alarm is produced by thermocouple 1T4a. The burner must then be switched on again by hand.

Folgende Meßwerte werden über Regelungen automatisch auf vorgegebene Werte eingestellt :

Anlagendruck 1P2

Über eine Druckregelung wird der Anlagendruck so geregelt, daß der Druck im Gasreaktor auf einem vorgegebenen Sollwert konstant gehalten wird. Als Stellglied für den Regler dient das Motorventil 1MV1, als Istwertgeber das Manometer (Fa. Wika) 1P2. Dieses Manometer enthält einen elektronischen Drucktransmitter mit einem eingepprägten Stromausgang von 0 bis 20 mA entsprechend -16 bis 0 mbar. Mit diesem Strom wird ein Dreipunktregler mit Relaisausgang und PI-Regelverhalten beaufschlagt.

Über die Relaiskontakte Rechts-0-Links wird das Motorventil 1MV1 so gefahren, daß der Druck 1P2 auf einen am Regler eingestellten Sollwert konstant geregelt wird.

Filtertemperatur 1T5

Vor Eintritt in die Filterstation müssen die Rauchgase auf die Betriebstemperatur des Taschenfilters durch Zumischung von Frischluft heruntergekühlt werden. Eine Temperaturregelung stellt die Frischluftzufuhr zur Mischkammer so ein, daß am Filtereintritt eine konstante Temperatur von 200°C herrscht. Als Stellglied für den Regler dient das Motorventil 2MV2, als Istwertgeber die Temperaturmeßstelle 1T5 (Ni/CrNi-Thermoelement).

Der PI-Regler hat einen Temperatureingang von 0-400°C und einen 3Punkt-Relais-Ausgang, der das Motorventil 2MV2 beaufschlagt und dieses bedarfsweise auf- bzw. zuführt.

Glutbett-Temperatur 1T2

Die Glutbett-Temperatur 1T2 im Gasreaktor wird durch entsprechende Einstellung der Luftzufuhr über eine Temperaturregelung auf einen vorgegebenen Sollwert konstant geregelt. Als Stellglied für den Regler dient das Motorventil 2MV6, als Istwertgeber die Temperaturmeßstelle 1T2 (Ni/CrNi-Thermoelement). Der PI-Regler hat einen Temperatureingang von 0-400°C und einen 3Punkt-Relais-Ausgang, der das Motorventil 2MV6 beaufschlagt und dieses bedarfsweise auf- bzw. zuführt.

Alle drei Regelungen sind über je einen Umschalter von Automatik- auf Handbetrieb umschaltbar. Bei Störfällen kann so die Anlage von Hand in einen sicheren Zustand gefahren werden.

Die Istwerte für die Regler können über digitale Anzeigeeinstrumente in der Front des Kontrollpultes abgelesen werden. Die Einstellung der Sollwerte erfolgt am jeweiligen Regler.

The following measurement values are automatically adjusted to preset values via controls:

Plant pressure 1P2

A pressure control system regulates the plant pressure so that the pressure in the gas reactor is kept constant at a preset rated value. Motor valve 1MV1 serves as the actuator for the controller, and pressure gauge 1P2 (from Wika) as the actual-value sensor. This pressure gauge contains an electronic pressure transmitter with an impressed current output from 0 to 20 mA corresponding to -16 to 0 mbar. This current is applied to a three-position controller with relay output and PI control behaviour.

Motor valve 1MV1 is operated via the relay contacts right-0-left so that pressure 1P2 is kept constant at a rated value set at the controller.

Filter temperature 1T5

Prior to entering the filter station the flue gases must be cooled to the operating temperature of the bag filter by admixing fresh air. A temperature control adjusts the air supply to the mixing chamber so that a constant temperature of 200°C prevails at the filter inlet. Motor valve 2MV2 serves as the actuator for the controller, and temperature measuring point 1T5 (Ni/CrNi thermocouple) as the actual-value sensor.

The PI-Controller has a temperature input of 0 - 400°C and a 3-point relay output which acts upon motor valve 2MV2 opening or closing it as required.

Glowing bed temperature 1T2

The glowing bed temperature 1T2 in the gas reactor is kept constant at a preset value by adequate adjustment of the air supply via a temperature control. Motor valve 2MV6 serves as the actuator for the controller, and temperature measuring point 1T2 (Ni/CrNi thermocouple) as the actual-value sensor. The PI controller has a temperature input of 0 - 400°C and a 3-point relay output which acts upon motor valve 2MV6 opening or closing it as required.

All three controls can be switched from automatic to manual operation by a changeover switch each. In the case of interferences, the plant can thus be run by hand into a safe state.

The actual values for the controllers can be read from digital displays in the front of the control panel. The rated values are set at the respective controllers.

4.4 Sicherheitstechnik

Die in LAWI eingesetzte Sicherheitsschaltung entspricht der in den Jülicher Forschungsreaktoren zur Überwachung der Bestrahlungsexperimente verwendeten Schaltung. Ihre Aufgabe ist die sichere Verarbeitung der Grenzwertsignale bzw. evtl. Störungen in der Meß- und Überwachungskette der Meßstellen.

Dazu ist sie modular aufgebaut, d.h. jedem Grenzwert ist eine eigene Grenzwertkarte zugeordnet. Die gesamte Schaltung arbeitet nach dem Ruhestromprinzip. Jeder Fehler in der Sicherheitsschaltung, am Meßfühler, in den Zuleitungen der Geber und der Ausfall der Versorgungsspannung erzeugen ebenso wie jeder angesprochene Grenzwert eine Warnung in Form einer akustischen und einer optischen Meldung. Zusätzlich werden von Fall zu Fall Schaltungen ausgelöst, welche die Anlage in einen sicheren Zustand bringen. Für jeden Grenzwert ist im Lampenfeld des Kontrollpultes eine eigene Lampe vorhanden, die bei Ansprechen des betreffenden Grenzwertes blinkt. Parallel dazu blinkt eine rote Sammelleuchte auf dem Kontrollpult. Durch den Taster "Quittieren" in der Front des Kontrollpultes kann eine Warnung quittiert werden, d.h. die akustische Meldung wird abgeschaltet und die optische Meldung geht von Blinklicht in Dauerlicht über. Vom Grenzwert eingeleitete Schaltungen zur Behebung der Störung werden durch das Quittieren nicht beeinflusst.

Nach Behebung der Störung kann durch den Taster "Rückstellen" die Sicherheitsschaltung rückgesetzt werden. Dadurch erlischt die optische Dauerlichtanzeige und die Folgeschaltungen werden rückgängig gemacht. Neu ankommende Störungen lösen wieder den gleichen Vorgang aus.

Zur Überprüfung der optischen Anzeigen dient der dritte Taster "Lampenprüfen". Diese drei Taster, "Quittieren", "Rückstellen", "Lampenprüfen", sind nebeneinander direkt unterhalb des Lampenfeldes in der Front des Kontrollpultes angeordnet.

In Tab. 4.1 sind die zu den jeweiligen Meßstellen (Spalte A und B) gehörigen Grenzwerte (Spalte E) und die damit verbundenen Schaltungen (Spalte F) aufgelistet.

4.5 Datenerfassungssystem

Alle prozeß- und sicherheitstechnisch relevanten Daten (Temperaturen, Drücke, Durchflüsse) werden von der Datenerfassungsanlage aufgenommen, angezeigt und registriert.

Das Kernstück der Datenerfassungsanlage ist ein programmierbarer 30-Pkt-Hybrid-Drucker (Fa. Yokogawa, Typ 3081-41) mit einem analogen Eingang und einem digitalen Ausgang mit einer GPIB-Schnittstelle (IEEE-488). Alle 30 Meßkanäle werden regelmäßig im Abstand von 6 Sekunden farblich unterschiedlich ausgedruckt und digital angezeigt.

Über ein Buskabel ist ein Rechner (HP-Vectra) mit Bildschirm und Drucker (HP-DeskJet500) angeschlossen.

4.4 Safety Techniques

The safety circuitry used in LAWI corresponds to that installed in the Jülich research reactors for monitoring the irradiation experiments. Its function is to reliably process the limit value signals and handle possible interferences in the measuring and monitoring chain of the measuring points.

It is of modular design, i.e. each limiting value has its own limit value card. The entire circuitry works according to the closed-circuit principle. Any fault in the safety circuitry, at the sensor, in the sensor leads and failure of the supply voltage produce an alarm, as does any sensed limit value, in the form of an acoustic or optical signal. In addition, circuits are activated in specific cases bringing the plant into a safe condition. Each limit value has its own lamp in the control panel, which flashes if the corresponding limit value is addressed. Parallel to this, a red group lamp flashes on the control panel. An alarm can be acknowledged by the push button "Acknowledgement" in the control panel front, i.e. the acoustic signal is switched off and the optical signal changes from flashing to steady light. Circuits activated by a limit value to remedy an interference are not influenced by such acknowledgement.

After having eliminated the interference, the safety circuit can be reset by the push button "Reset".

The steady light indicator is thus extinguished and the sequential circuits are reset. Newly incoming interferences initiates the same process again.

The push-to-test button "Lamp test" serves to test the optical indicators. These three push buttons, "Acknowledgement", "Reset", "Lamp test", are arranged side by side directly underneath the lamp panel in the control panel front.

Tab 4.1 shows a listing of all limits (column E) and the released actions (column F) for the corresponding measuring points (column A and B).

4.5 Data Acquisition System

All process- and safety-relevant data (temperatures, pressures, flow rates) are recorded, displayed and registered by the data acquisition system.

The core of the data acquisition system is a programmable 30-point hybrid printer (from Yokogawa, type 3081-41) with an analog input and a digital output with a GPIB interface (IEEE-488). All of the 30 measuring channels are printed out in different colours and digitally displayed at regular intervals of 6 seconds.

A computer (HP Vectra) with screen and printer (HP-DeskJet 500) is connected via a bus cable.

Mit einem speziell dafür entwickelten Rechnerprogramm (LADA = LAWI Data Acquisition) werden die Daten minütlich abgerufen und über den Bus in Form von Strings vom Rechner übernommen, der sie verarbeitet und als Prozeßdaten in numerierten Datenblocks mit Datum und Uhrzeit am Bildschirm anzeigt, wahlweise am Drucker ausdruckt und auf einer Diskette speichert. Registrier- und Speicherfunktionen können jederzeit unabhängig voneinander ein- bzw. ausgeschaltet und die dazugehörigen Intervalle ebenso wie das Abfrageintervall beliebig eingestellt werden. Aus den Meßwerten werden gleichzeitig Folgedaten wie Volumenströme und die thermische Leistung der Anlage berechnet, angezeigt und registriert.

An Hand der am Bildschirm angezeigten oder am Drucker ausgedruckten Daten kann jederzeit der aktuelle Betriebszustand abgelesen, aber auch der Betriebsverlauf nachvollzogen werden.

Die nachfolgende Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die an die Datenerfassungsanlage angeschlossenen Meßstellen (Spalte A und B). Dabei gibt Spalte D den Meßbereich des Meßfühlers, Spalte G die Kanal-Nr. am 30-Pkt-Drucker und Spalte H den Meßbereich des Ausgangssignals, das zum Rechner übertragen wird, an. Diese Meßbereiche (Spalte H) werden am 30-Pkt-Drucker programmiert.

Nachfolgend werden beispielhaft einige Datenblocks gezeigt, wie sie der Rechner in vorgegebenen Intervallen ausdruckt. In der ersten Zeile jeden Datenblocks, kenntlich an den 3 Sternen, wird das Datum, die Uhrzeit und die Laufzeit (Time:) seit Programmstart angegeben. Unter "Nr.:" wird jeweils die Nr. des ausgedruckten und des gespeicherten Datenblocks sowie die Anzahl der Datenblocks auf der aktuellen Speicherdiskette (Kapazität 1000 Blocks) angegeben.

F3 ist der Volumenstrom durch das Regelventil 2MV3 (identisch mit 2Q3, Verbrennungsluft), F2 der Volumenstrom durch das Regelventil 2MV2 (F2 = 2Q1 - 2Q2, Kühlluft) und F4 der Volumenstrom durch das Ventil 2MV4 (F4 = 2Q2 - 2Q3, Vergasungsluft). Alle übrigen Werte sind mit ihren Meßstellenbezeichnungen entsprechend Abb. 2 bzw. Tab. 4.1 aufgeführt und daran identifizierbar.

A specifically developed computer program (LADA = LAWI Data Acquisition) polls the data every minute and enters them as strings via the bus into the computer where they are processed and displayed on the screen as process data in numbered data blocks with date and time of day, optionally printed out on the printer and stored on a floppy disk. Registering and storage functions can be separately switched on and off at any time and the associated intervals as well as the polling interval can be arbitrarily adjusted. Follow-up data, such as volume flows and thermal power of the plant, are simultaneously calculated from the measured values, displayed and registered.

The current operating state can be read at any time from the data displayed on the screen or printed out on the printer, but it is also possible to reproduce the operating process by means of these data.

Table 4.1 below gives a survey of the measuring points (column A and B) connected to the data acquisition system. Column D indicates the sensor measuring range, column G the channel no. on the 30-point printer, and column H the measuring range of the output signal transmitted to the computer. These measuring ranges (column H) are programmed on the 30-point printer.

The following example illustrates how a number of data blocks are printed out by the computer at preset intervals. The first line of each data block, marked with 3 asterisks, indicates the date, time of day and time elapsed (Time:) since program start. "Nr.:" always indicates the no. of the data block printed out and stored as well as the number of data blocks on the current storage disk (capacity: 1000 blocks).

F3 indicates the volume flow through control valve 2MV3 (identical with 2Q3, combustion air), F2 the volume flow through control valve 2MV2 (F2 = 2Q1 - 2Q2, cooling air) and F4 the volume flow through valve 2MV4 (F4 = 2Q2 - 2Q3, gasification air). All the other values are listed with their measuring points according to Fig. 2 and Table 4.2 and can thus be identified.

LAWI Data Acquisition

***15.03.93 - 13h55		Nr. :	1/	1/	1	Time:	0.000h
1Q1=2240.2m3/h	1Pd4= 543.2Pa	1T6= 154.3 C	1P4 = -62.5mb	Pth = 90.5kW			
2Q1=1071.6m3/h	2Pd1= 472.3Pa	2T1= 31.7 C	2P1 = 74.9mb	2Vp2= 66.7 %			
2Q2= 100.6m3/h	2Pd2= 21.4Pa		1T4a= 917.0 C	2Vp3= 35.2 %			
F3 = 54.7m3/h	2Pd3= 35.1Pa		1T4b= 517.6 C	2Vp4= 100.2 %			
F2 = 971.0m3/h		1T1= 80.3 C	1T5 = 201.8 C	2Vp5= 3.5 %			
F4 = 45.9m3/h	1P2 = -7.2mb	1T2= 356.4 C	1T7 = 166.2 C	2Vp6= 5.5 %			
B = 994.4mb	1Pd2= 10.5mb	1T3= 329.8 C	1VP1= 49.6 %	2Vp7= 0.0 %			
***15.03.93 - 14h01		Nr. :	2/	2/	2	Time:	0.100h
1Q1=2146.5m3/h	1Pd4= 508.4Pa	1T6= 149.6 C	1P4 = -55.0mb	Pth = 89.2kW			
2Q1=1075.5m3/h	2Pd1= 473.2Pa	2T1= 33.4 C	2P1 = 75.0mb	2Vp2= 68.9 %			
2Q2= 90.4m3/h	2Pd2= 17.2Pa		1T4a= 925.8 C	2Vp3= 35.2 %			
F3 = 55.2m3/h	2Pd3= 35.3Pa		1T4b= 650.2 C	2Vp4= 100.2 %			
F2 = 985.1m3/h		1T1= 80.3 C	1T5 = 208.6 C	2Vp5= 3.8 %			
F4 = 35.5m3/h	1P2 = -3.1mb	1T2= 349.4 C	1T7 = 162.3 C	2Vp6= 5.5 %			
B = 994.5mb	1Pd2= 10.5mb	1T3= 330.0 C	1VP1= 46.8 %	2Vp7= 0.0 %			

Meßstelle Meas. point	Meßgröße Measuring variable	Fühler Sensor	Meßbereich Meas. range	Grenzwert Limit	Schaltung Action	Kanal Channel	Ausgang Output
A	B	C	D	E	F	G	H
1T1	Temp. Gasreaktor Temp. Gas Reactor	NiCr/Ni	1300°C			1	1000°C
1T2	Temp. Glutbett Temp. Glowing bed	NiCr/Ni	1300°C		Regelung über 2MV6 Control via 2MV6	2	1000°C
1T3	Temp. Gasreaktoraustritt Temp. Gas Reactor outlet	NiCr/Ni	1300°C			3	1000°C
1T4a	Temp. Brennkammer Temp. Combustion chamber	PtRh/Pt	1760°C	L H	W W, 2MV4 -	4	1760°C
1T4b	Temp. Brennkammeraustritt Temp. Comb. chamber outlet	PtRh/Pt	1760°C			9	1760°C
1T5	Temp. Mischkammeraustritt Temp. Mix. chamber outlet	NiCr/Ni	1300°C	H	Regelung über 2MV2 Control via 2MV2 W, 2MV2+ 2MV4 -, 4IB1 -	5	400°C
1T6	Temp. für IQ1 Temp. for IQ1	NiCr/Ni	400°C			6	400°C
1T7	Temp. Austritt 1B1 Temp. Outlet 1B1	NiCr/Ni	400°C			7	400°C
2T1	Temp. Austritt 2B1 Temp. Outlet 2B1	NiCr/Ni	100°C			8	400°C
1P1	Druck im Gasreaktor Pressure in Gas Reactor	Manometer	-60mbar				
1P2	Druck hinter Gasreaktor Pressure behind Gas reactor	Transmitter	-16mbar			11	+1V
1P3	Druck vor Filterstation Pressure Filterstation inlet	Manometer	-100mbar				
1P4	Stat. Druck für IQ1 Stat. Pressure for IQ1	Transmitter	-100mbar			12	+1V
1P5	Druck Eintritt 1B1 Pressure 1B1 inlet	Manometer	-160mbar				
1P6	Druck Austritt 1B1 Pressure 1B1 outlet	Manometer	+60mbar				
2P1	Druck Austritt 2B1 Pressure Outlet 2B1	Transmitter	+100mbar			13	+1V
1Pd1	Druckdiff. über Kipprost Press. diff. over grid	Manometer	+25mbar	H	W	14	+1V
1Pd2	Druckdiff. über Taschenfilter Press. diff. over bagfilter	el. Manom.	+30mbar	L1 L2 H1 H2	Filterreinigung - Filter cleaning - W Filterreinigung + Filter cleaning + W		
1Pd3	Druckdiff. über Hepafilter Press. diff. over Hepafilter	Manometer	+25mbar	H	W		
1Pd4	Wirkdruck IQ1 Press. diff. IQ1	Transmitter	+30mbar			15	+1V
2Pd1	Wirkdruck 2Q1 Press. diff. 2Q1	Transmitter	+30mbar			16	+1V

Tab. 4.1 a Meßstellenliste

Tab. 4.1 a List of Measuring Points

Meßstelle Meas. point	Meßgröße Measuring variable	Fühler Sensor	Meßbereich Meas. range	Grenzwert Limit	Schaltung Action	Kanal Channel	Ausgang Output
A	B	C	D	E	F	G	H
2Pd2	Wirkdruck 2Q2 Pressure Diff. 2Q2	Transmitter	+30mbar			17	+1V
2Pd3	Wirkdruck 2Q3 Pressure Diff. 2Q3	Transmitter	+30mbar			19	+1V
B	Barometer	Transmitter	+2000mbar			18	+2V
1Vp1	Ventilposition 1MV1 Valve position 1MV1	Potentiometer	100%			22	+5V
2Vp2	Ventilposition 2MV2 Valve position 2MV2	Potentiometer	100%			23	+5V
2Vp3	Ventilposition 2MV3 Valve position 2MV3	Potentiometer	100%			24	+5V
2Vp5	Ventilposition 2MV5 Valve position 2MV5	Potentiometer	100%			25	+5V
2Vp6	Ventilposition 2MV6 Valve position 2MV6	Potentiometer	100%			26	+5V
2Vp7	Ventilposition 4MV2 Valve position 4MV2	Potentiometer	100%			27	+5V
1N1	Füllstand Gasreaktor Bed level Gas reactor	Mikrowelle Microwave	100%	L	opt./akust. Signal		
1R1	Drehzahl 1B1 Rot. speed 1B1	Drehz.Messer Rot. meter	100 Upm 100 rpm	L	W, 1B1 -		
4P1	Gasdruck 4IB1 Gas pressure 4IB1	Druckschalter Press. switch	20mbar	L	W, 4IB1 -		
4P2	Luftdruck 4IB1 Air pressure 4IB1	Druckschalter Press. switch	20mbar	L	W, 4IB1 -		
1I1	Überstrom 1B1 Overcurrent	Ü. Auslöser O. Release	28 A	H	W, 1B1 -		
2I1	Überstrom 2B1 Overcurrent	Ü. Auslöser O. Release	15 A	H	W, 2B1 -		
3I1	Überstrom 3B1 Overcurrent	Ü. Auslöser O. Release	8 A	H	W, 3B1 -		
W = Warnung H = Oberer Grenzwert L = Unterer Grenzwert + = Ein, Auf - = Aus, Zu W = Warning H = Upper Limit L = Lower Limit + = On, Open - = Off, Closed							
Tab. 4.1 b Meßstellenliste				Tab. 4.1 b List of Measuring Points			

5. Gebäude

Das LAWI-Betriebsgebäude wurde speziell für die Aufstellung und den Betrieb der Verbrennungsanlage ausgelegt und errichtet. Sowohl Größe und räumliche Aufteilung als auch technische Ausstattung und bauliche Ausführung wurden den sich daraus ergebenden Anforderungen angepaßt. Die Anbindung an das vorhandene Straßennetz im Forschungszentrum Inshass erfolgt durch eine eigene, geteerte Stichstraße. Die verschiedenen Außenansichten des Betriebsgebäudes zeigen die Abb. 8 a-c.

5.1 Aufbau und Funktion

Das LAWI-Betriebsgebäude ist ein zweigeschossiger Bau mit begehbarem Flachdach, der in Stahlbeton-Skelettbauweise errichtet wurde. Die Wände zwischen den Betonpfeilern wurden bis auf die Tür- und Fensterflächen mit Ziegelsteinen ausgemauert.

Abb. 9 zeigt den Aufbau und die räumliche Aufteilung sowie die Hauptabmessungen des Gebäudes.

Die Räume Nr. 2, 3, 4, 5, 6 und 10 im Erdgeschoß stellen den eigentlichen Arbeitsbereich für LAWI dar, der für den Betrieb mit radioaktiven Abfällen als Kontrollbereich eingerichtet werden muß, und der durch die Lüftungsanlage be- und entlüftet wird. LAWI selbst ist in der Betriebshalle (Nr. 10) aufgestellt, die übrigen Räume dienen als Büro-, Arbeits- und Lagerräume.

Nachfolgend wird die Funktion aller Räume und Einrichtungen entsprechend der Nummerierung in Abb. 9 näher beschrieben:

Nr. 1: Gebäudeeingang.

Nr. 2: Büroraum.

Nr. 3: Personenschleuse.

Durch diesen Raum erfolgt der Zutritt zum Betriebs- bzw. Kontrollbereich. Er dient als Umkleideraum und ist mit Toiletten (3c), Duschen (3b) und Waschbecken (3d) ausgestattet. Außerdem steht hier, nach Einrichtung des Kontrollbereiches, ein Hand-, Fuß-, Kleidermonitor, der zur Personen-Kontaminationskontrolle beim Verlassen des Kontrollbereiches dient.

Nr. 4: Lagerraum.

Dieser Raum dient zum Einschleusen und Lagern der leeren Aschefässer sowie zum Lagern von Materialien und Ersatzteilen von LAWI.

Nr. 5: Betriebsbüro.

Arbeitsraum für den Betriebsleiter und Aufenthaltsraum für das Betriebspersonal. Hier ist die Datenerfassungsanlage (30-Pkt-Drucker, Rechner mit Bildschirm, Drucker) aufgestellt. Von hier aus kann durch das Fenster und die verglaste Tür in die Betriebshalle eingesehen und der Betrieb der Anlage beobachtet werden.

5. Building

The LAWI operations building was specifically designed and constructed for the installation and operation of the incineration plant. Its size and layout as well as its technical outfit and construction were adapted to the resultant requirements. A tarred access road links the Inshass Research Centre with the existing road network. Figs. 8 a-c show the exterior of the operations building.

5.1 Construction and Function

The LAWI operations building is a two-storey reinforced-concrete skeleton construction with an accessible flat roof. The walls between the concrete piers were brick-lined except for the door and window areas.

Fig. 9 shows the construction and layout as well as the main dimensions of the building.

Rooms no. 2, 3, 4, 5, 6 and 10 on the ground floor constitute the actual LAWI working area, which must be fitted out as a controlled area for operation with radioactive wastes, including a ventilation system.

LAWI itself is installed in the operation hall (no. 10), whereas the other rooms serve as office, working and storage rooms.

The function of all rooms and equipment will be described in more detail below according to the numbering in Fig. 9.

No. 1: Building entrance.

No. 2: Office room.

No. 3: Personnel airlock.

This room provides access to the operating or controlled area. It serves as a changing room and is equipped with toilets (3c), showers (3b) and wash basins (3d). Moreover, after establishing the controlled area, the room will be provided with a hand, foot, and clothing monitor for personnel contamination monitoring upon leaving the controlled area.

No. 4: Storage room.

This room serves for the inward transfer and storage of empty ash drums and for the storage of LAWI materials and spares.

No. 5: Operations office.

Working room for the operations superintendent and common room for the operating personnel. This room accommodates the data acquisition system (30-point printer, computer with screen, printer). The operation hall and plant operation can be observed from here through a window and a glazed door.

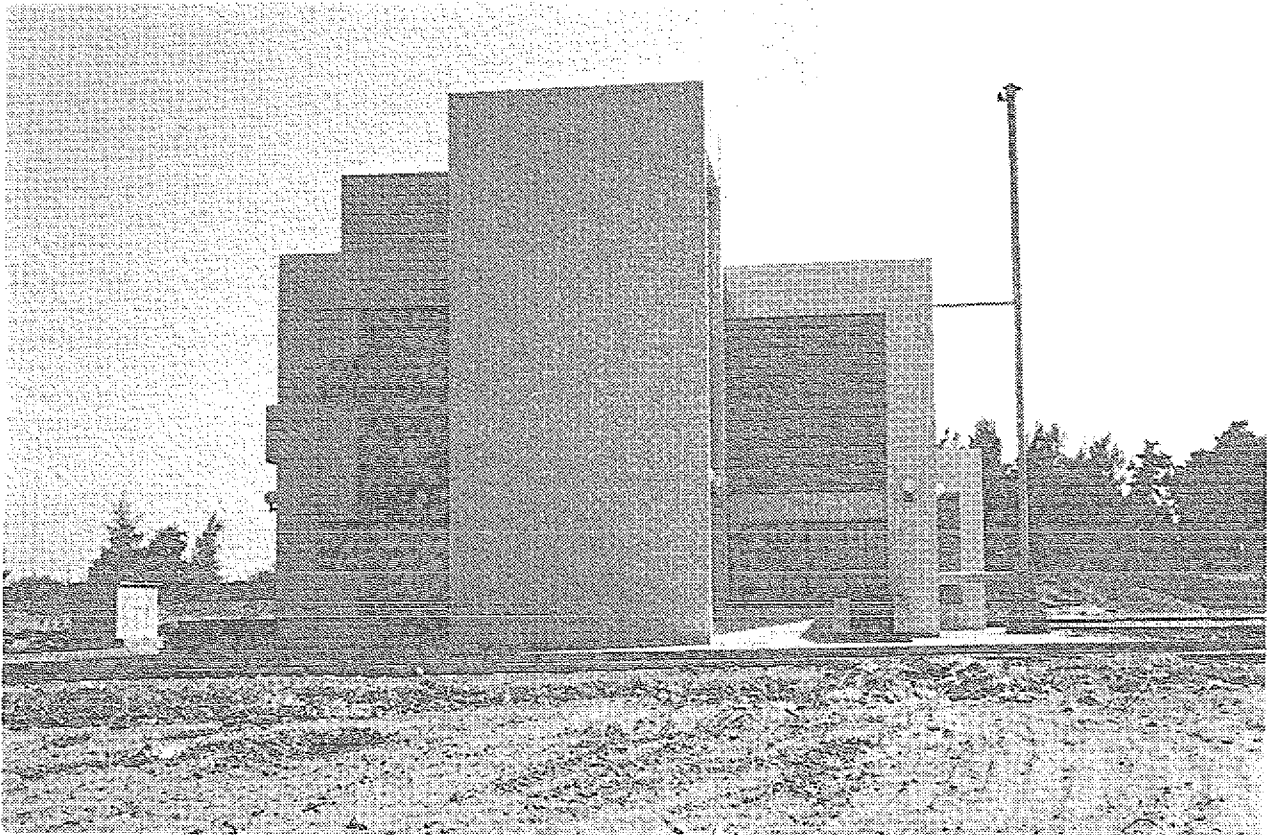


Abb. 8a Gebäudeansichten
Südseite mit Montagotor
Westseite mit Schornstein

Fig. 8a Building Side Views
South Side with Assembly Door
West Side with Stack

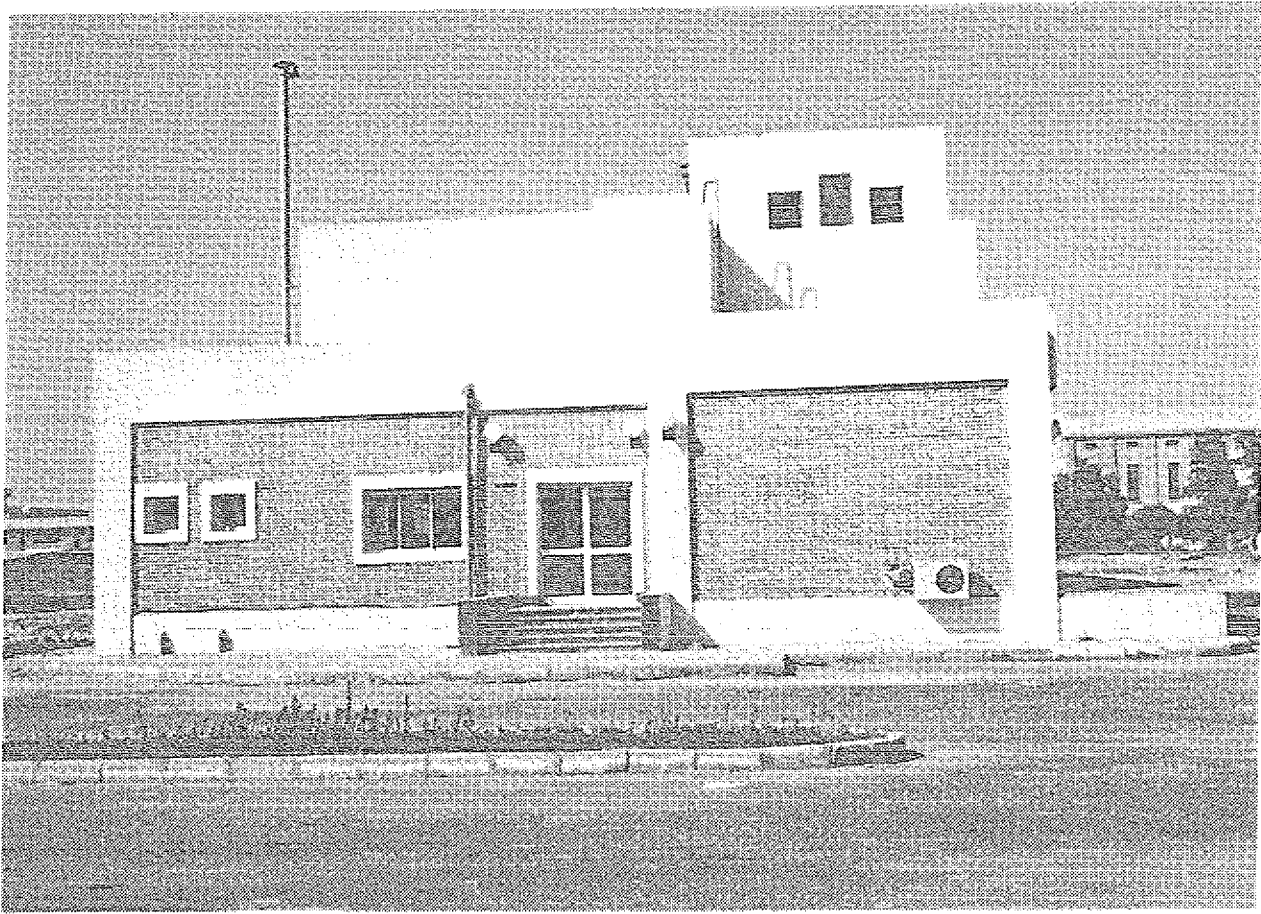


Abb. 8b Gebäudeansichten
Nordseite mit Haupteingang

Fig. 8b Building Side Views
North Side with Main Entrance

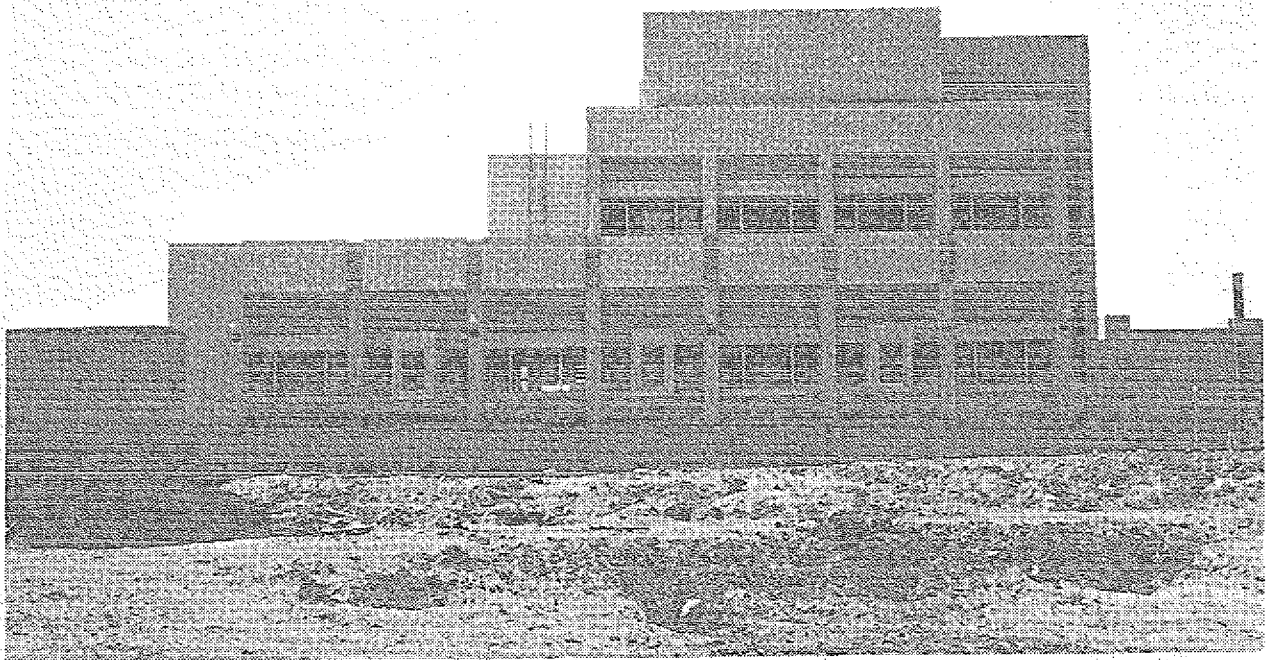
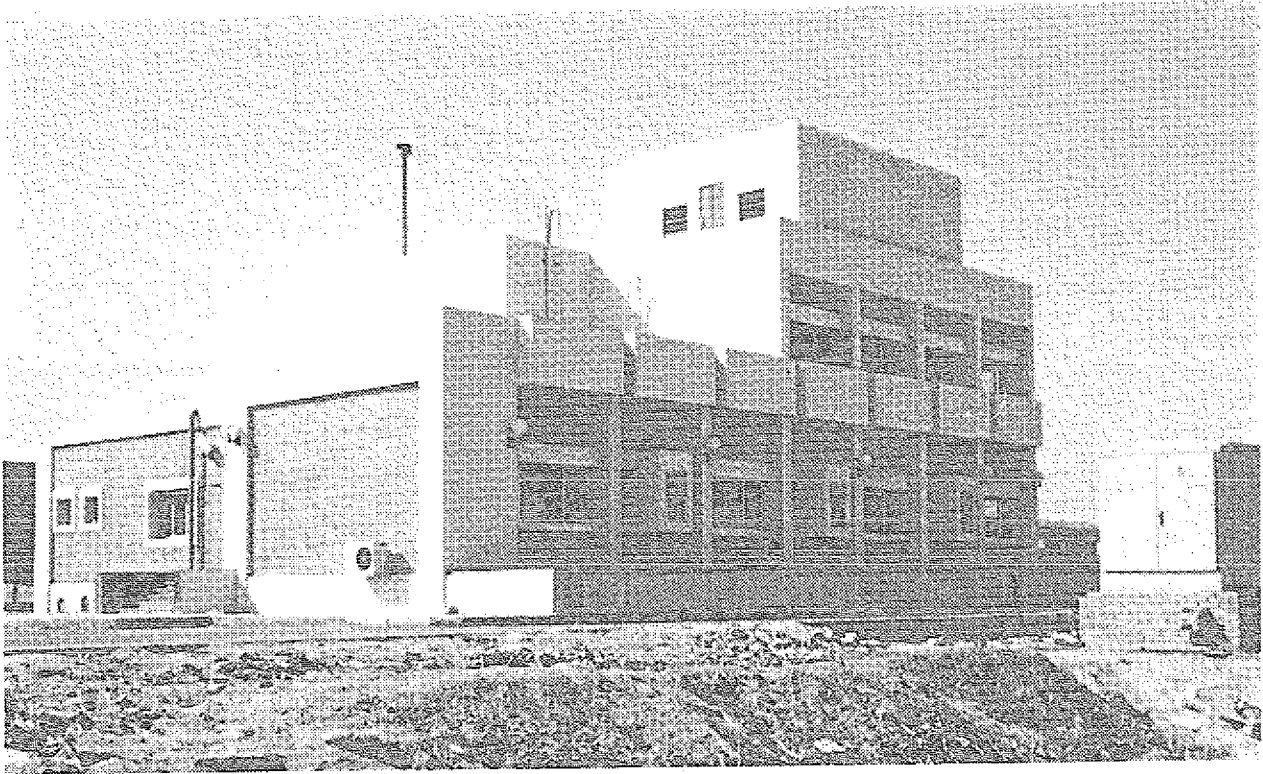
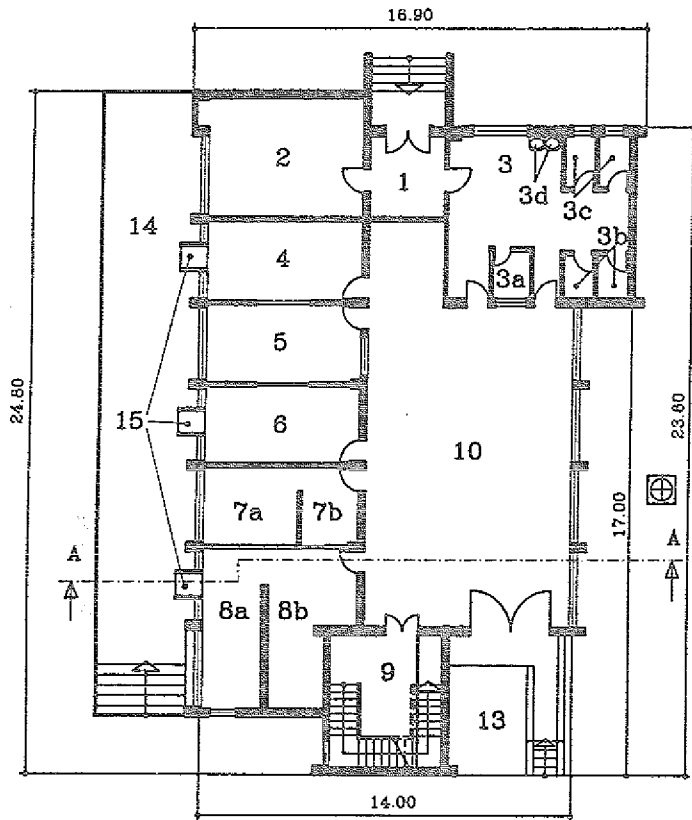
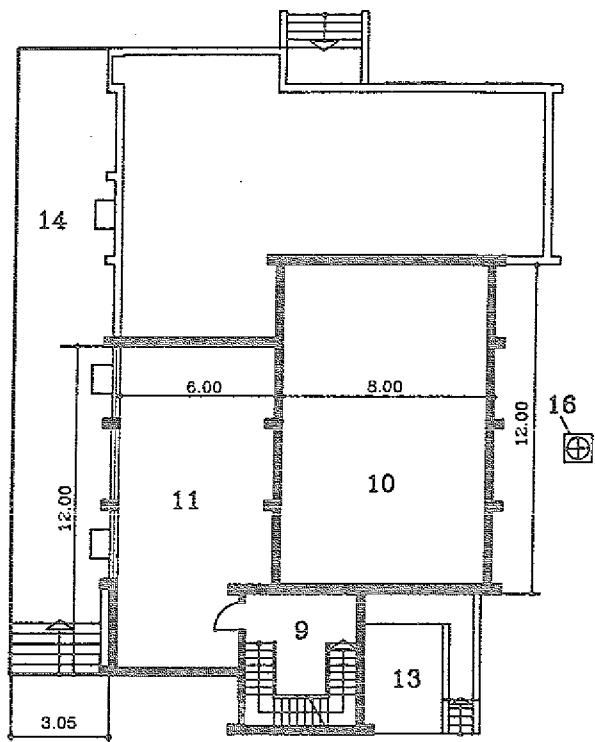


Abb. 8c Gebäudeansichten
Westseite mit Laderampe
und Trafohäuschen

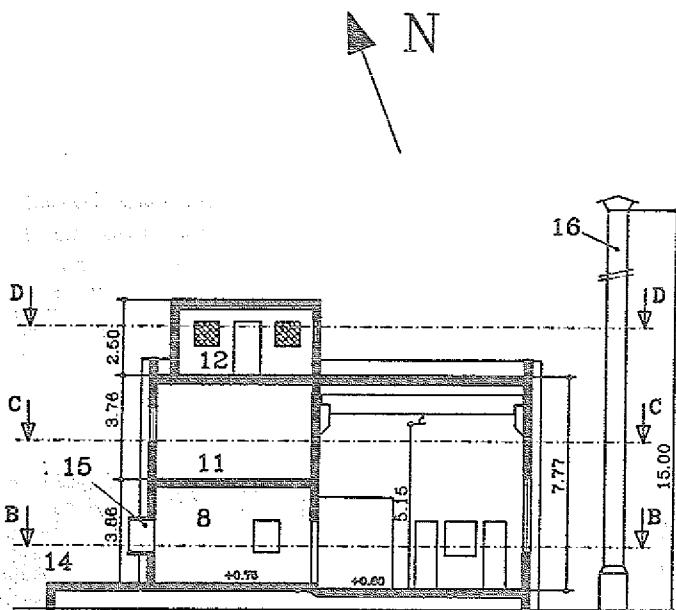
Fig. 8c Building Side Views
West Side with Loading Ramp
and Tranformer Cabinet



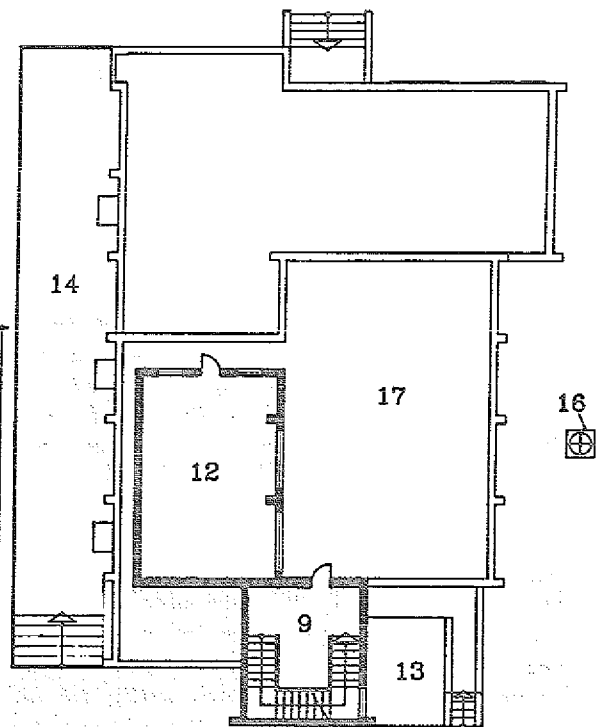
Schnitt / Section B-B



Schnitt / Section C-C



Schnitt / Section A-A



Schnitt / Section D-D

Abb. 9 Gebäudegrundriß

Fig. 9 Building Plan

Nr. 6: Lagerraum.

Hier werden die zum Abtransport vorbereiteten Aschebinde gelagert und ausgeschleust.

Nr. 7: Lagerraum.

Dieser Raum ist in zwei Abteile (a, b) unterteilt. Im Abteil a werden die frischen Aschebinde gelagert. Abteil b dient zum Dekontaminieren und zur Vorbereitung der Gebinde zum Abtransport. Ihre Lagerung erfolgt dann in Raum Nr. 6.

Nr. 8: Lagerraum.

Der Raum Nr. 8 ist ebenfalls in zwei Abteile (a, b) unterteilt. Teil a dient zum Einschleusen und Zwischenlagern der angelieferten Verbrennungsmaterialien, während in Teil b die Materialien, soweit erforderlich, in die Verbrennungsbeutel umgepackt und bis zur Verbrennung gelagert werden.

Nr. 9: Treppenhaus.

Durch das Treppenhaus erfolgt der Aufgang zum Raum Nr. 11 im 1. Obergeschoß, zum Dach und zum Raum Nr. 12 im 2. Obergeschoß.

Nr. 10: Betriebshalle.

Die Betriebshalle hat eine Grundfläche von $8 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 96 \text{ m}^2$ und eine nutzbare Höhe von ca. 7.1 m. Das Lüftungstechnische Volumen liegt bei ca. 720 m^3 .

Sie enthält das Bedienungsgerüst, in das die Verbrennungsanlage integriert ist. In der Nische an der nördlichen Stirnseite ist das Kontrollpult aufgestellt. Die Tageslichtbeleuchtung erfolgt über großflächige Glasfenster in der seitlichen Außenwand der Halle. Eine elektrische Deckenbeleuchtung sorgt für ausreichende künstliche Beleuchtung.

Die Halle ist mit einem fahrbaren Brückenkran ausgerüstet, dessen Tragkraft 2t und dessen max. Kranhakenhöhe 5.15 m beträgt. Der normale Zugang zur Betriebshalle erfolgt durch den Schleusraum (3). Große Teile können durch ein zweiflügliges Tor in der südlichen Stirnseite eingebracht werden.

Nr. 11: Zuluftaum.

Im Raum Nr. 11 im 1. Obergeschoß ist die Zuluftanlage mit allen dazugehörigen Komponenten sowie der Steuerkasten für die Bedienung der gesamten Lüftungsanlage untergebracht. Er ist über das Treppenhaus (9) erreichbar. Durch entsprechende Öffnungen in den Fenstern, in welche die Ansaugstutzen der Luftkanäle münden, wird die Luft von außen angesaugt.

Nr. 12: Abluftaum.

Dieser Raum im 2. Obergeschoß enthält alle Komponenten der Abluftanlage. In einer Stirnwand sind rechts und links neben der Tür zwei Luftauslaßöffnungen mit Lüftungsgittern vorhanden, durch welche die Abluft ins Freie geblasen wird. Dieser Raum kann nur vom Flachdach (17) über der Betriebshalle aus betreten werden, das über das Treppenhaus (9) erreicht werden kann.

No. 6: Storage room.

The ash drums prepared for off-site transport are stored and transferred outwards here.

No. 7: Storage room.

This room is divided into two compartments (a, b). Compartment a serves to store the fresh ash drums. Compartment b serves for decontamination and preparation of the drums for off-site transport. They are then stored in room No. 6.

No. 8: Storage room.

Room no. 8 is also divided into two compartments (a, b). Section a serves for the inward transfer and intermediate storage of delivered materials to be burned, whereas section b is used, as required, to repack the incineration bags and store them until combustion.

No. 9: Staircase.

The staircase provides access to room No. 11 on the first floor, to the roof and to room No. 12 on the second floor.

No. 10: Operation hall.

The operation hall has a ground area of $8 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 96 \text{ m}^2$ and a useful height of approx. 7.1 m. The ventilation volume is approx. 720 m^3 .

The hall contains the operation platform with integrated incinerator. The niche at the northern front accommodates the control panel. The hall is lightened by daylight through large-area glass windows in the lateral outer wall. Sufficient artificial light is provided by electric ceiling lamps.

The hall is equipped with a mobile bridge crane, which has a lifting capacity of 2 t and a maximum hook lift of 5.15 m. Normal access to the operation hall is through the airlock (3). Bulky parts can be brought in through the double-wing gate in the southern front.

No. 11: Supply air room.

Room no. 11 on the 1st floor accommodates the supply air system with all associated components and the control box for the operation of the entire ventilation system. It is accessible by the staircase (9). Air is sucked in from outside through appropriate openings in the windows to which the intake nozzles of the air ducts are connected.

No. 12: Exhaust air room.

This room on the 2nd floor contains all components of the exhaust air system. The front wall is provided with two air outlets to the right and left of the door with louvers through which the exhaust air is blown into the open. This room is only accessible from the flat roof (17) over the operation hall, and this roof is reached by the staircase (9).

Nr. 13: Auffahrrampe.

Über diese schräg geneigte Auffahrrampe können schwere Teile durch das Hallentor in die Betriebshalle transportiert werden.

Nr. 14: Anfahrrampe.

Die Anfahrrampe erstreckt sich über die gesamte Länge des Gebäudes. Sie dient zum Be- und Entladen von Lastwagen, zum Abstellen der angelieferten Brennstoffen, bis sie über die Fensterschleusen in das Gebäude eingebracht werden, sowie zum Bereitstellen der erzeugten Asche zum Abtransport, nachdem sie durch die Fensterschleusen aus dem Gebäude ausgeschleust wurden. Die Anfahrrampe kann durch einen Treppenaufgang betreten werden.

Nr. 15: Fensterschleusen.

Die Fensterschleusen dienen zum Ein- und Ausschleusen von radioaktivem Material. Sie sind von innen und außen mit je einem Schiebefenster versehen, das sich nach oben aufschieben läßt. Beim Schleusvorgang wird zunächst das Fenster geöffnet, durch welches das zu schleusende Material in die Schleuse eingebracht wird. Anschließend wird es wieder geschlossen. Danach wird das zweite Fenster geöffnet, das Material entnommen und das Fenster wieder geschlossen.

Dadurch wird vermieden, daß während des Schleusvorgangs eine Verbindung zwischen Gebäudeinnerem und der Außenwelt entsteht und der Unterdruck im Gebäude zusammenbricht.

Nr. 16: Kamin.

Über den Kamin werden die Rauchgase in die Umgebung abgeblasen. Es besteht aus einem Stahlrohr mit einer Nennweite von 200 mm und hat eine Höhe von 15 m. Seine Austrittsöffnung ist durch eine Regenhaube abgedeckt.

Nr. 17: Hallendach

Das Hallendach ist begehrbar. Es kann über das Treppenhaus betreten werden. Der Raum Nr. 12 mit der Abluftanlage kann nur über das Hallendach erreicht und betreten werden.

No. 13: Access ramp.

This inclined ramp serves to transport heavy parts through the hall gate into the operation hall.

No. 14: Approach ramp.

This ramp extends over the entire length of the building. It serves to load and unload trucks, to deposit the materials delivered for incineration until they are brought into the building through the window airlocks, and to make the ashes produced ready for off-site transportation after they have been transferred out of the building through the window airlocks. This ramp is accessible by a staircase.

No. 15: Window airlocks.

The window airlocks are used for the inward and outward transfer of radioactive material. They are provided with a sliding window each on the inside and outside, which can be pushed up. For transfer purposes, the window through which the material is to be brought in is opened first. It is then closed again, and the second window is opened, the material taken out of the airlock, and the window closed again.

This prevents a connection between the interior of the building and the environment during transfer, which would cause the negative pressure in the building to collapse.

No. 16: Stack.

The flue gases are blown into the environment through the stack. It consists of a steel pipe of 200 mm nominal width and has a height of 15 m. Its outlet is covered by a rain hood.

No. 17: Hall Roof

The hall roof is accessible and can be reached through the staircase. Room No. 12 with the exhaust air system can only be reached via the roof.

5.2 Auslegung und Ausrüstung

5.2.1 Fenster und Türen

Fenster und Türen sind aus Aluminiumprofilen gefertigt und sind weitgehend staubdicht ausgeführt.

Die Fenster in den belüfteten Räumen sind voll verschlossen ausgeführt, um eine ausreichende Dichtigkeit gegenüber der Außenatmosphäre zu gewährleisten.

Eine Ausnahme bilden die Schleusenfenster in den Lagerräumen, die durch Hochschieben zu öffnen sind. Um auch hier die Dichtigkeit zu gewährleisten, sind sie doppelt ausgeführt. Beim Schleusvorgang wird daher immer nur eines der beiden Fenster geöffnet.

5.2 Design and Outfit

5.2.1 Windows and Doors

The windows and doors are made of aluminium sections and largely dust-proof.

The windows in the ventilated rooms are hermetically sealed from the outside atmosphere.

An exception are the airlock windows in the storage rooms which can be opened by pushing them up. Tightness is ensured here by double construction. Only one of the two windows is opened at a time during transfer.

Die Türen zu den an die Halle angrenzenden Räumen sind zur besseren Kontrolle der Betriebsabläufe in der Halle voll verglast.

5.2.2 Wände und Fußböden

Um eine gute Dekontaminierbarkeit aller Flächen zu gewährleisten, sind einerseits die Wände der Betriebshalle und der dazugehörigen Büro- und Arbeitsräume, soweit nicht verglast, mit glasierten Fliesen verkleidet und andererseits die Fußböden dieser Räume mit Epoxy-Harz beschichtet.

5.2.3 Kran

In der Betriebshalle ist ein Einträgerlaufkran mit einer Spannweite von 7 m, einer Tragkraft von 2 t und einer max. Kranhakenhöhe von 5.15 m installiert. Dazu sind in den Seitenwänden in Längsrichtung je 4 Betonaufnahmekonsolen zur Aufnahme der Kranlaufbahn in einer Höhe von ca. 5,8 m integriert. Die beidseitig angeordneten Fahrwerksträger sind durch einen T-Träger miteinander verbunden. Sie sind mit je einem Fahrwerksmotor ausgerüstet. Ein für 2 t ausgelegter Elektro-Seilzug wird über eine Schleppleitung mit hängendem Hand-Steuerkasten bedient.

Der Laufkran kann über die gesamte Länge, der Seilzug über die gesamte Breite der Betriebshalle verfahren werden, so daß, bis auf die Anfahrmaße, jeder Punkt in der Halle erreicht werden kann.

5.2.4 Lüftungsanlage

Beim Betrieb vom LAWI und bei der damit verbundenen Handhabung von möglicherweise radioaktiven Brennstoffen (Abfall) und Verbrennungsprodukten (Asche) kann eine Freisetzung radioaktiver Stoffe nicht völlig ausgeschlossen werden. Daher werden alle im Kontrollbereich liegenden Räume zwangsbe- und entlüftet. Dies sind die Büro-, Arbeits- und Lagerräume Nr. 3 - 8 sowie die Betriebshalle Nr. 10 (siehe Abb. 10).

Die Lüftungsanlage hat im wesentlichen folgende Aufgaben:

- Einstellung eines vorgegebenen Unterdruckes im Kontrollbereich durch Luftabsaugung.
Dadurch wird eine Kontaminationsverschleppung in die Umgebung ausgeschlossen, da sich durch vorhandene Lecks am Gebäude eine Einwärtsströmung einstellt und einen Austritt von Kontamination verhindert.
- Filterung der abgesaugten Luft und Zurückhaltung evtl. Kontamination (Staub, Aerosole, Asche).
- Gezielte Ableitung der gereinigten Fortluft.
- Versorgung aller Räume mit Frischluft.

The doors leading to the rooms adjacent to the hall are fully glazed for better monitoring of the operation processes in the hall.

5.2.2 Walls and Floors

In order to facilitate decontamination of all surfaces, the walls of the operation hall and the associated office and working rooms, unless glazed, are clad with glazed tiles, and the floors of these rooms are coated with epoxy resin.

5.2.3 Crane

A single-girder overhead travelling crane with a span of 7 m, a lifting capacity of 2 t and a maximum hook lift of 5.15 m is installed in the operation hall. Four concrete brackets each are integrated into the side walls in the longitudinal direction to accommodate the crane runway at a level of approx. 5.8 m.

The travelling gear supports arranged on both sides are connected by a tee beam. They are equipped with a travelling gear motor each. An electric rope hoist rated for 2 t is operated via a drag cable with suspended hand control box.

The overhead crane can travel over the entire length and the hoist over the entire width of the operation hall so that every point in the hall can be reached except for the travel.

5.2.4 Ventilation System

A release of radioactive substances cannot be completely ruled out during the operation of LAWI and the associated handling of possibly radioactive combustible materials (waste) and combustion products (ashes). All rooms within the controlled area are therefore forced-ventilated. They comprise the office, working and storage rooms no. 3 - 8 and the operation hall no. 10 (see Fig. 10).

The ventilation system essentially has the following functions:

- Establishing a predefined negative pressure in the controlled area by evacuation.
This precludes any spread of contamination into the environment since leaks in the building would produce an inward flow preventing contamination release.
- Filtering the extracted air and retaining possible contamination (dust, aerosols, ash).
- Selective discharge of cleaned exhaust air.
- Supplying all rooms with fresh air.

Das Funktionsprinzip der Lüftungsanlage geht aus Abb. 10a, Blockschaltbild Lüftung, hervor.

Dementsprechend besteht die Lüftungsanlage aus einer Zuluft- und einer Abluftanlage mit den dazugehörigen Komponenten und Kanalnetzen.

Sie ist für eine Luftwechselrate von $> 10 \text{ h}^{-1}$ ausgelegt, was einem Volumenstrom von ca. $15725 \text{ m}^3/\text{h}$ entspricht. Um in den Räumen den erforderlichen Unterdruck von $\geq 20 \text{ Pa}$ einstellen zu können, wird über die Zuluftanlage nur 80 % des abgesaugten Volumenstroms eingebracht, was einem Zuluftvolumenstrom von ca. $12580 \text{ m}^3/\text{h}$ entspricht.

Diese Luftmengen sollen entsprechend der in Tabelle 5.1 aufgelisteten Werte auf die einzelnen Räume verteilt werden:

The operating principle of the ventilation system can be seen from Fig. 10a, Block Diagram Ventilation.

The ventilation system accordingly consists of a supply and an exhaust air system with associated components and ducts.

It is rated for an air change rate of $> 10 \text{ h}^{-1}$, which corresponds to a volume flow of approx. $15725 \text{ m}^3/\text{h}$. In order to establish the required negative pressure of $\geq 20 \text{ Pa}$ in the rooms, only 80 % of the extracted volume flow is introduced by the supply air system, which corresponds to a supply air volume flow of approx. $12580 \text{ m}^3/\text{h}$.

These air volumes are to be distributed to the individual rooms as specified in Table 5.1.

Raum-Nr. Room No.	Raum-Volumen Room volume m^3	Zuluftstrom Supply air rate m^3/h	Abluftstrom Exhaust air rate m^3/h	Luftwechselrate Air change rate h^{-1}
3	167	1860	2325	13.9
4	61	680	850	13.9
5	61	680	850	13.9
6	61	680	850	13.9
7	61	680	850	13.9
8	108	1200	1500	13.9
10	720	6800	8500	11.8
	1239	12580 = 80 %	15725 = 100 %	12.7

Tab. 5.1 Angaben zur Raumbelüftung

Tab. 5.1 Specifications for room ventilation

Die in der Lüftungsanlage eingesetzten Gebläse sind Radialgebläse, die von Elektromotoren über Riementriebe angetrieben werden. Jedes steht auf einer eigenen schwingungsgedämpften Grundplatte und ist mit einem Blechgehäuse gekapselt. Gebläse- und Filtergehäuse sowie alle Lüftungskanäle sind aus verzinktem Stahlblech gefertigt.

Die wesentlichen Daten der einzelnen Gebläse sind in folgender Tabelle 5.2 zusammengefaßt.

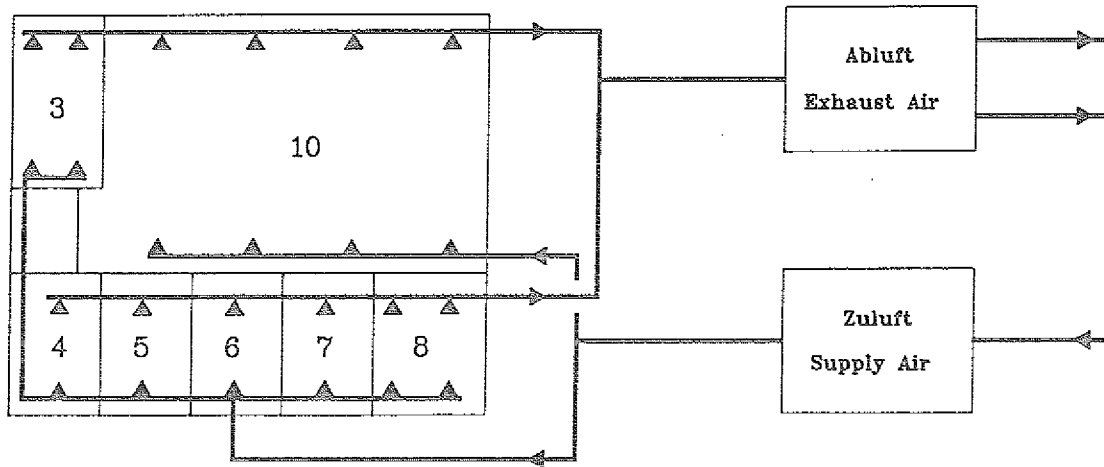
The blowers installed in the ventilation system are radial blowers operated by electric motors via belt drives. Each blower is positioned on its own vibration-damped base plate and sheet-metal encased. The blower and filter casings as well as all ventilation ducts are made of galvanized steel plate.

The essential data of the individual blowers are compiled in the following Table 5.2.

Funktion Function	Anzahl, Number (Betrieb/Reserve) (Operation/Standby)	Förderleistung Feed capacity m^3/h (%)	Spannung/Leistg. Voltage/Power V / kW	Raum-Nr. Room-No.
Zuluft Supply Air	3 (2/1)	6290 (50)	380 / 2.2	11
Abluft Exhaust Air	2 (1/1)	15725 (100)	380 / 5.5	12

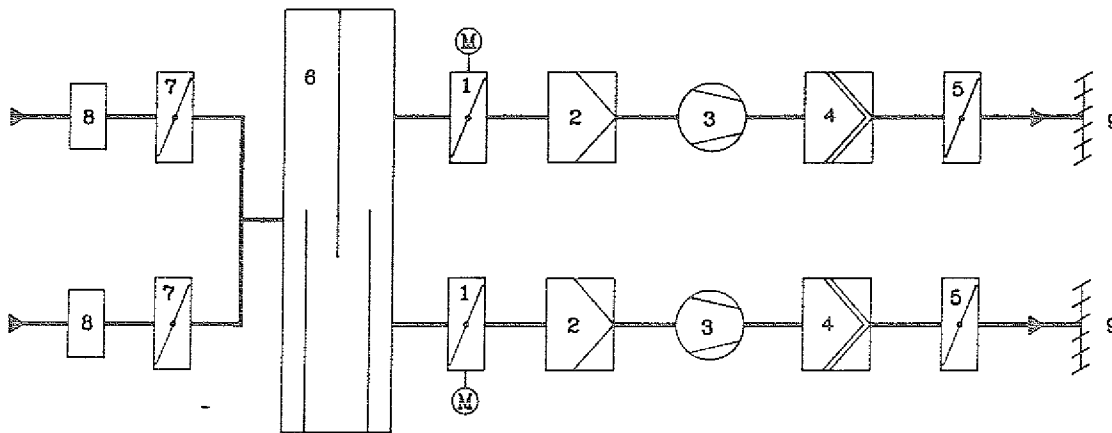
Tab. 5.2 Gebläsedaten

Tab. 5.2 Blower Data



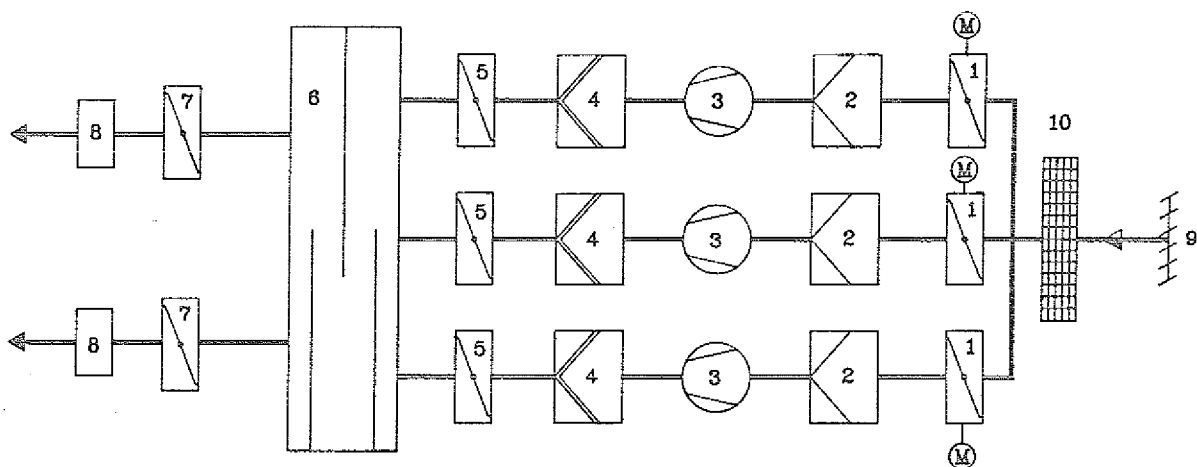
a. Blockschaltbild Lüftung

a. Block Diagram Ventilation



b. Abluftanlage

b. Exhaust Air System



c. Zuluftanlage

c. Supply Air System

Abb. 10 Lüftungsanlage

Fig. 10 Ventilation System

5.2.4.1 Zuluft

Die Zuluftanlage ist in Raum 11 untergebracht. Sie enthält drei Gebläse mit einer Förderleistung von je 6290 m³/h, was einer Förderkapazität von 150 % entspricht. Im Normalbetrieb laufen demnach zwei Gebläse gleichzeitig, das dritte dient als Reserve und wird zugeschaltet, wenn eines der beiden Betriebsgebläse ausfällt. Jedes Gebläse ist mit einer eigenen Filterstraße ausgerüstet. Aufbau und Funktion der Zuluftanlage gehen aus Abb. 10c hervor. Sie besteht aus den folgenden Hauptkomponenten:

- 1 : 3 Motor-Absperrklappen,
- 2 : 3 Taschenfilter,
- 3 : 3 Radialgebläse,
- 4 : 3 Absolutfilter,
- 5 : 3 Rückschlagklappe,
- 6 : 1 Schalldämpfer,
- 7 : 2 Handklappen,
- 8 : 2 Feuerschutzklappen.
- 9 : 1 Jalousie,
- 10 : 1 Vorfilter (waschbar).

Die Luft wird über eine Jalousieklappe (9) aus der Umgebung angesaugt. Sie durchströmt in der Saugleitung ein gemeinsames auswaschbares Vorfilter (10) und in jedem Gebläsezweig eine Motorabsperriklappe (1), die sich beim Start des Gebläses automatisch öffnet bzw. beim Abschalten automatisch schließt, und ein Taschenfilter (2). Die Druckleitungen der drei Gebläse enthalten je ein Absolutfilter (4) und eine Rückschlagklappe (5). Sie münden in den gemeinsamen Schalldämpfer (6), der zwei Ausgänge hat, von denen einer die Büro-, Arbeits- und Lagerräume und der zweite die Betriebshalle mit Frischluft versorgt. Jeder der beiden Zweige enthält eine Handklappe (7), über welche die Luftmenge eingestellt wird, und eine Feuerschutzklappe (8).

5.2.4.2 Abluft

Die Abluftanlage ist in Raum 12 untergebracht. Sie enthält zwei Gebläse mit einer Förderleistung von je 15725 m³/h, was einer Förderkapazität von 200 % entspricht. Im Normalbetrieb läuft demnach jeweils 1 Gebläse, das zweite dient als Reserve und wird eingeschaltet, wenn das Betriebsgebläse ausfällt. Beide Gebläse sind mit einer eigenen Filterstraße ausgerüstet. Aufbau und Funktion der Abluftanlage gehen aus Abb. 10b hervor. Sie besteht aus den folgenden Hauptkomponenten:

- 1 : 2 Motorklappen,
- 2 : 2 Taschenfilter,
- 3 : 2 Radialgebläse,
- 4 : 2 Absolutfilter,
- 5 : 2 Rückschlagklappen,
- 6 : 1 Schalldämpfer,
- 7 : 2 Handklappen,
- 8 : 2 Feuerschutzklappen,
- 9 : 2 Jalousien.

5.2.4.1 Supply Air

The supply air system is accommodated in room 11. It contains three blowers with a feed capacity of 6290 m³/h each, corresponding to a blower capacity of 150 %. In normal operation, two blowers are operated simultaneously and the third is a standby and is switched on if one of the two operating blowers fails. Each blower is equipped with its own filtering line. The construction and function of the supply air system can be seen from Fig. 10 c. It consists of the following main components:

- 1 : 3 motorized dampers,
- 2 : 3 bag filter,
- 3 : 3 radial blowers,
- 4 : 3 absolute filters,
- 5 : 3 backflow dampers,
- 6 : 1 sound absorber,
- 7 : 2 manual dampers,
- 8 : 2 fire dampers,
- 9 : 1 louver,
- 10 : 1 pre-filter (washable).

Air is sucked from the environment through a louver damper (9). It flows through a common washable pre-filter (10) in the intake pipe and through a motorized damper (1) in each blower branch, which opens automatically when the blower is started and closes automatically when the blower is switched off, and through a bag filter (2). The pressure lines of the three blowers each contain an absolute filter (4) and a backflow damper (5). They are connected to a common sound absorber (6) with two outlets, one supplying the office, working and storage rooms and the other the operation hall with fresh air. Each of the two branches contains a manual damper (7), by means of which the air flow rate is adjusted, and a fire damper (8).

5.2.4.2 Exhaust Air

The exhaust air system is accommodated in room 12. It contains two blowers with an output of 15725 m³/h each, corresponding to a blower capacity of 200 %. In normal operation, one blower is operated while the other serves as a standby and is switched on if the operating blower fails. Both blowers are equipped with their own filtering line. The construction and function of the exhaust air system can be seen from Fig. 10 b. It consists of the following main components:

- 1 : 2 motorized dampers,
- 2 : 2 bag filters,
- 3 : 2 radial blowers,
- 4 : 2 absolute filters,
- 5 : 2 backflow dampers,
- 6 : 1 sound absorber,
- 7 : 2 manual dampers,
- 8 : 2 fire dampers,
- 9 : 2 louvers.

Die Abluft wird durch Absauggitter jeweils auf der Ostseite der Räume abgesaugt und über zwei Kanalstränge, einen für die Hallenabluft und einen für die Raumabluft, abgeführt. Dabei haben die Räume 4 - 7 jeweils eine, die Räume 3 und 8 jeweils zwei und die Betriebshalle insgesamt vier Absaugöffnungen.

Die beiden Stränge werden hinter den Handklappen (7), über welche die Volumenströme eingestellt werden, zusammengeführt und treten über eine gemeinsame Eintrittsöffnung in den Schalldämpfer (6) ein. An die beiden Ausgänge des Schalldämpfers sind die beiden Gebläsestränge angeschlossen, in die auf der Gebläsesaugseite je eine Motorklappe (1), die sich beim Start des Gebläses automatisch öffnet bzw. beim Abschalten automatisch schließt, und ein Taschenfilter (2) eingebaut sind.

Auf der Gebläsedruckseite sind ein Absolutfilter und eine Rückschlagklappe enthalten. Die Luft wird über zwei Abluftjalousien ins Freie geblasen.

5.2.5 Bedienungsgerst

Aufbau und Funktion des Bedienungsgerstes gehen aus Abb. 11 hervor. Es ist so in den Aufbau der Verbrennungsanlage integriert, daß alle für Betrieb und Wartung erforderlichen Arbeiten auf der dazugehörigen Arbeitsebene durchgeführt werden können.

Dementsprechend enthält das Bedienungsgerst zwei unterschiedlich hohe und große Bühnen mit einer Höhe von 3.50 m und 2.50 m über dem Hallenboden. Die obere größere Bühne ist die eigentliche Bedienungsbühne für die Beschickung der Glovebox und die Beladung des Gasreaktors mit Abfallgebinden. Gleichzeitig dient sie zur Zwischenlagerung von vorbereiteten Abfallgebinden während einer Verbrennungskampagne. Sie ist über eine Treppe mit Geländer erreichbar.

Die untere kleinere Bühne kann beim Betrieb der Anlage ebenfalls zur Zwischenlagerung von vorbereiteten Abfallgebinden benutzt werden. Sie ist jedoch so angeordnet, daß von hier aus der Wechsel der Filtertaschen am Taschenfilter und der Filtereinsätze am Absolutfilter problemlos vorgenommen werden kann. Diese Bühne ist über feste Steigleitern vom Boden oder von der oberen Bühne erreichbar.

Beide Bühnen sind mit feuerverzinkten Lichtgitterrosten ausgelegt und durch umlaufende Geländer gesichert.

Das Bedienungsgerst ist aus Doppel-T-Trägern zusammengeschweißt bzw. -geschraubt. Es ist auf dem Boden mit Schraubankern befestigt, wobei die Füße mit Estrich verkleidet und mit Epoxy-Harz beschichtet wurden, so daß zur Vermeidung von Kontaminationsmöglichkeiten ein nahtloser Übergang zwischen Boden und Füßen entstand.

The exhaust air is sucked off through grids on the east side of the rooms and discharged through two duct systems, one for hall exhaust air and the other for room exhaust air. Rooms 4 - 7 have one exhaust opening each, rooms 3 and 8 two and the operation hall a total of four.

The two flows are combined behind the manual dampers (7), by which the volume flows are adjusted, and enter the sound absorber (6) through a common inlet. The two sound absorber outlets are connected to the two blower systems provided with a built-in motorized damper (1) each on the blower intake side, which is automatically opened upon blower start and automatically closed when the blower is switched off, and with a bag filter (2).

On the blower delivery side, an absolute filter and a backflow damper are provided. The air is blown into the open through two exhaust air louvers.

5.2.5 Operation Platform

The construction and function of the operation platform can be seen from Fig. 11. It is integrated into the construction of the incineration plant in such a manner that all the work required for operation and maintenance can be carried out at the respective working level.

The platform thus contains two levels of different size arranged 3.50 m and 2.50 m above the hall floor. The upper platform is larger and constitutes the actual operation platform for charging the glove box and loading the gas reactor with waste drums. It also serves for the intermediate storage of prepared waste drums during an incineration campaign. It can be reached by stairs with banisters.

The lower smaller platform can also be used for the intermediate storage of prepared waste drums during plant operation. However, it is arranged in such a way that the filter bags on the bag filter and the filter elements on the absolute filter can be replaced from here without any problem. This platform is accessible by fixed vertical ladders from the floor or from the upper platform.

Both platforms are covered with hot-galvanized grating floors and protected by a continuous railing.

The operation platform is made of welded and bolted double-tee beams. It is fixed to the floor by anchor bolts, the feet being under-screed and coated with epoxy resin so that a seamless transition was provided between floor and feet preventing any possibility of contamination.

Innerhalb des Gerüsts, unterhalb der Lichtgitterroste, sind die Schaltkästen, Kabelkanäle und Kabel für die elektrische Installation der Anlage sowie verschiedene Rohrleitungen angebracht und verlegt.

Das Bedienungsgestüst ist mit einem Grundierungsanstrich und einem Hauptfarbanstrich gegen Korrosion geschützt.

5.2.6 Außenanlagen

Das LAWI-Betriebsgebäude ist über eine geteerte Stichstraße an das Straßennetz des Forschungszentrums angeschlossen. Diese Straße ist, von Süden kommend, an der Laderampe entlang um das Gebäude herumgeführt und vor dem Eingang an der Nordseite des Gebäudes zu einem Parkplatz erweitert.

Auf dem Gelände östlich vom Gebäude ist das Abwassersammelsystem angeordnet. Die dazugehörenden Kanäle und Sammelbecken sind durch Abdeckplatten oder Kanaldeckel aus Beton abgedeckt.

Das Abwassersammelsystem des Betriebsgebäudes unterteilt sich in zwei Bereiche. Der erste sammelt die möglicherweise radioaktiven Abwässer aus den Bodeneinläufen des Kontrollbereichs, aus den Handwaschbecken und den Duschen. Im zweiten Bereich werden im wesentlichen die Abwässer der Toiletten gesammelt. Die dazugehörigen Sammelbecken müssen ständig kontrolliert und von Zeit zu Zeit durch Tankwagen entleert werden.

The switchboxes, cable ducts and cables for the electrical installation of the plant as well as various pipelines are arranged within the platform below the grating.

The operation platform is protected against corrosion by a priming coat and a main coat of paint.

5.2.6 External Arrangements

The LAWI operations building is connected to the Research Centre's road network by a tarred access road. This road, coming from the south, passes along the loading ramp, around the building and ends in a parking lot in front of the entrance on the north side of the building.

The waste water sewer system is located to the east of the building. Its ducts and sewers are covered by concrete plates or shaft covers.

The sewer system of the operations building is divided into two sections. The first serves to collect possibly radioactive effluents from the floor drains of the controlled area, from hand wash basins and showers. The second mainly collects the toilet effluents. The associated collecting tanks must be constantly controlled and emptied by tankers from time to time.

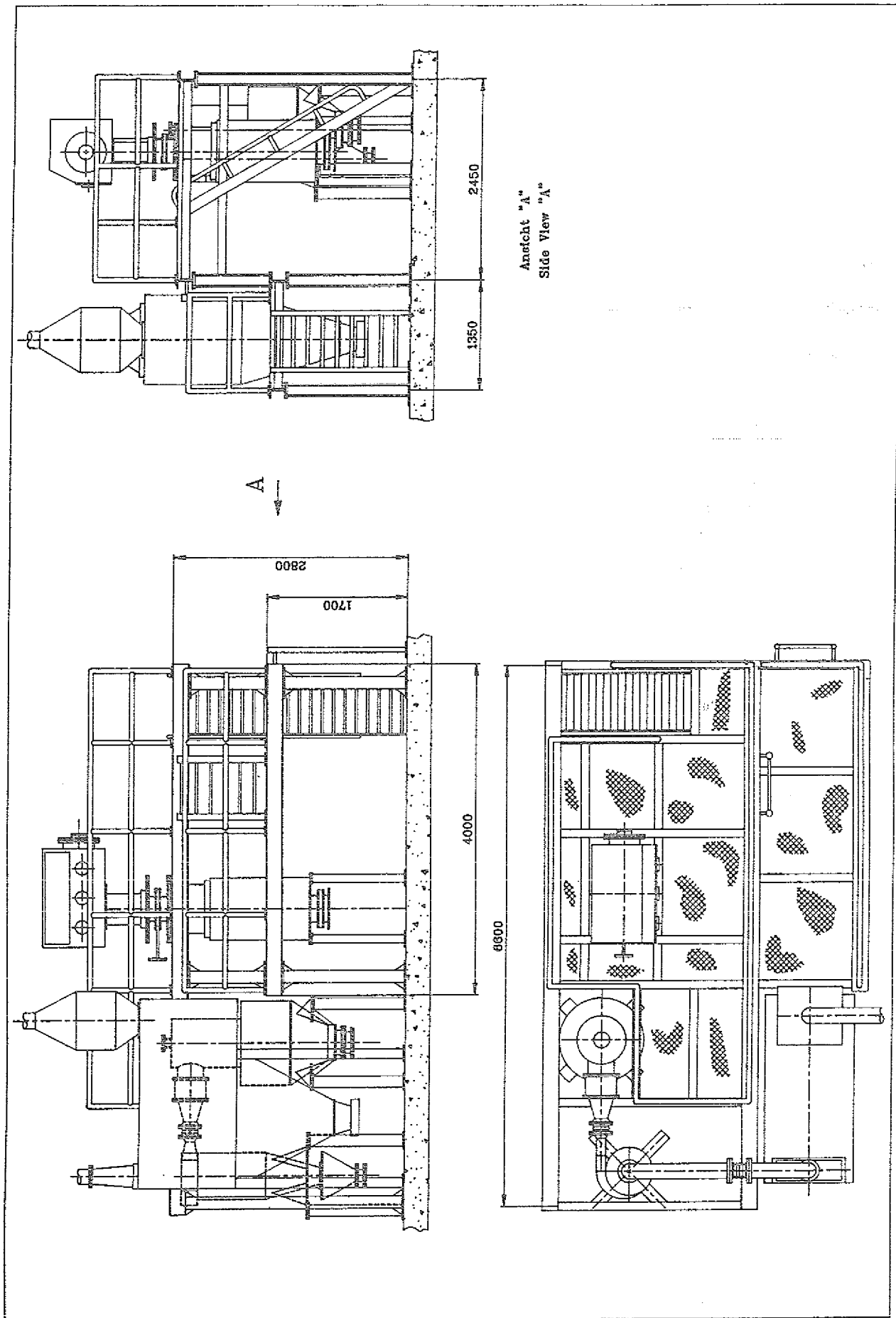


Abb. 11 Bedienungsgerüst

Fig. 11 Platform

6. Betriebsabläufe

6.1 Anfahren der Anlage

Bei der Inbetriebnahme und beim Anfahren der Anlage ergibt sich folgender Ablauf für die erforderlichen Arbeitsschritte:

- Einschalten der Spannungsversorgung, des Kontrollpultes und Inbetriebnahme des Datenerfassungssystems.
- Einstellung aller Regelungen auf Handbetrieb.
- Kontrolle bzw. Einstellung aller Stellventile (Motor- und Handventile) auf die zum Anfahren erforderlichen Stellungen.
- Beladen des Gasreaktors über die Glovebox mit Zündmaterial, z. B. Papier, Holz.
- Starten des Rauchgasgebläses 1B1 und des Frischluftgebläses 2B1.
- Einstellen des vorgesehenen Unterdruckes im Gasreaktor (1P2) über das Regelventil 1MV1 und Umschalten der Unterdruckregelung auf Automatikbetrieb.
- Öffnen der Flüssiggasflaschen und Zünden des Startbrenners.
- Hat die Austrittstemperatur der Mischkammer (1T5) den Wert von 200 °C erreicht, wird die dazugehörige Temperaturregelung auf Automatikbetrieb umgeschaltet.
- Ist die Temperatur der Brennkammer (1T4a) auf 600°C angestiegen, wird die Leistung des Startbrenners durch entsprechendes Zufahren des Ventils 4MV2 (Luftzufuhr) reduziert und der Gasreaktor gezündet. Dazu wird durch die Zündöffnung eine Lunte gesteckt und angezündet. Durch den Sog werden die Flammen und schließlich die brennende Lunte nach innen gesaugt und sie zünden das auf dem Kipprost liegende Zündmaterial. Wenn dieses vollständig entflammt ist, was durch das Schauglas im Deckel der Zündöffnung beobachtet werden kann, wird der Gasreaktor mit Brennmaterial (Müll) beladen, bis das Signal der Niveauanzeige 1N1 erlischt.
- Wenn sich der Vergasungsprozeß stabilisiert und sich ein Glutbett gebildet hat, kann der Startbrenner ausgeschaltet werden.

Damit ist der Anfahrvorgang beendet, und die Anlage hat ihren Normalbetriebszustand erreicht.

6. Operation Procedures

6.1 Start of Operation

The following sequence of operation is required for commissioning and starting the plant:

- Switching on the voltage supply and control panel and starting the data acquisition system.
 - Setting all controls to manual operation.
 - Checking and setting all control valves (motor and hand valves) to the positions required for starting.
 - Loading the gas reactor with ignition material such as paper, wood via the glove box.
 - Starting exhaust blower 1B1 and air blower 2B1.
 - Establishing the rated negative pressure in the gas reactor (1P2) via control valve 1MV1 and switching the negative pressure control to automatic operation.
 - Opening the liquid-gas cylinders and starting the ignition burner.
 - When the mixing chamber outlet temperature (1T5) has reached 200°C, the associated temperature control is switched to automatic operation.
 - When the combustion chamber temperature (1T4a) has risen to 600°C, the power of the ignition burner is reduced by appropriate closing of valve 4MV2 (air supply) and the gas reactor is ignited by introducing a slow match through the ignition hole and igniting it. The flames and finally the burning slow match are sucked inwards and ignite the ignition material on the movable grid. As soon as this is completely inflamed, which can be observed through the view glass in the cover of the ignition hole, the gas reactor is loaded with material to be burned (waste) until the 1N1 level indicator signal is extinguished.
 - When the gasification process is stabilized and a glowing bed is formed, the ignition burner can be switched off.
- The starting process is then terminated and the plant has reached its normal operating condition.

6.2 Normalbetrieb

Bei Normalbetrieb, d. h. im stationären Betrieb, läuft der Betrieb der Anlage weitgehend automatisch ab. Eingriffe sind nur bei Abweichungen vom Normalbetriebszustand oder bei Störungen erforderlich, was durch Warnsignale (akustisch, optisch) angezeigt wird. Lediglich das durch die Füllstandskontrolle 1N1 des Gasreaktors ausgelöste optische und akustische Signal (Hupe und Blinksignal an der Glove-box) erfordert von Zeit zu Zeit ein Nachladen des Gasreaktors.

Um den arbeitstäglichen Betrieb der Anlage ungestört durchführen zu können, ist ein genügender Vorrat an vorbereiteten Abfallgebinden bereitzuhalten und auf dem Bedienungsgestell in Reichweite der Glovebox zu lagern. Einige dieser Gebinde können in die Glovebox als Vorrat eingebracht werden, wo sie dann bei Bedarf einzeln oder paarweise, je nach Größe und Erfordernis, über den Beladeschacht in den Gasreaktor eingebracht werden können.

6.3 Abfahren der Anlage

Rechtzeitig vor dem Abschalten der Anlage muß diese abgefahren werden, d. h. es darf kein Abfall mehr nachgeladen werden. Wenn die Abfallschüttung im Gasreaktor soweit abgebrannt ist, daß nur noch ein Glutbett vorhanden ist, besteht die Gefahr, daß die Glutbett-Temperatur stark ansteigt. Bei Überschreitung zweier gestaffelt eingestellter Grenzwerte der Temperaturmeßstelle 1T2 werden Warnungen ausgelöst. Jetzt muß die Luftzufuhr gedrosselt werden, indem das Motorventil 2MV5 stufenweise zugefahren wird. Bei Überschreitung des zweiten Grenzwertes wird 2MV4 automatisch geschlossen und damit die Luftzufuhr völlig abgesperrt. Die Glutbett-Temperatur sollte einen Wert von 900°C auf keinen Fall überschreiten.

Mit zunehmendem Abbrand verringert sich die Gasproduktion, und die Verbrennung in der Brennkammer erlischt nach und nach, was durch das Schauglas beobachtet werden kann. Spätestens jetzt muß der Startbrenner wieder gezündet werden, um sicherzustellen, daß auch während der Abfahrphase nur vollständig ausgebrannte Rauchgase ins Freie gelangen.

Nachdem das Glutbett weitgehend abgebrannt und die Glutbett-Temperatur stark abgesunken ist, kann die Anlage stillgesetzt werden. Zunächst wird das Frischluftgebläse 2B1 und danach das Rauchgasgebläse 1B1 abgeschaltet. Das Motorventil 1MV1 wird voll aufgefahen, nachdem die Regelung auf Hand umgeschaltet wurde. Dadurch soll sichergestellt werden, daß evtl. doch noch durch Restglut entstehender Rauch durch den natürlichen Zug des Kamins abziehen kann.

Nach dem Abschalten des Kontrollpults ist schließlich der endgültige Stillstand der Anlage und damit das Ende des Betriebes erreicht.

6.2 Normal Operation

During normal operation, i.e. in stationary operation, the plant largely runs automatically. Interventions are only required in the case of deviations from normal operation or interferences, which is indicated by alarm signals (acoustic, optical). Reloading of the gas reactor is only required from time to time by the optical and acoustic signal (hooter and flashing signal at the glove box) actuated by the 1N1 level control of the gas reactor.

In order to ensure undisturbed daily operation of the plant, a sufficient number of waste drums must be kept in stock and stored on the operating platform within reach of the glove box. Some of these drums can be placed in the glove box as a reserve and introduced into the gas reactor through the loading shaft, as required, individually or in pairs, depending on size and requirement.

6.3 Termination of Operation

In due course prior to switching off the plant, operation must be terminated, i.e. no waste must be reloaded. When the waste bed in the gas reactor is burned down so that only a glowing bed is left, there is the danger that the glowing bed temperature will significantly rise. If two staggered preset limit valves of temperature measuring point 1T2 are exceeded, alarms are triggered. The air supply must now be throttled by stepwise closing of motor valve 2MV5. If the second limit is exceeded, 2MV4 is automatically closed and air supply thus completely shut off. The glowing bed temperature should never exceed 900°C.

Gas production decreases with increasing combustion, and the fire in the combustion chamber gradually dies down, which can be observed through the view glass. Now, at the latest, the ignition burner must be started again to ensure that only completely burnt flue gases are blown into the open even during the shut-down phase.

Plant operation can be stopped after the glowing bed is largely burnt and the bed temperature has significantly decreased. Air blower 2B1 is switched off first followed by exhaust blower 1B1. Motor valve 1MV1 is fully opened after the control system has been switched to manual operation. This is to ensure that any fume still produced by residual heat can escape through the stack due to natural draught.

Final plant standstill and thus termination of operation is achieved after switching off the control panel.

6.4 Störfälle

Durch die Sicherheitsinstrumentierung der Anlage ist gewährleistet, daß Störungen, die zu unzulässigen Abweichungen vom Normalbetriebszustand führen würden, durch das Auslösen von Warnungen angezeigt werden.

Damit verbundene Eingriffe zur Behebung der Störung, bzw. um die Anlage in einen sicheren Zustand zu bringen, erfolgen teilweise automatisch gekoppelt mit der Warnung oder müssen entsprechend der Betriebsanweisung von Hand durchgeführt werden.

Folgende Störfälle werden betrachtet:

- Spannungsausfall,
- Ausfall des Abgasgebläses 1B1,
- Ausfall des Frischluftgebläses 2B1,
- Ausfall einer Regelung.

6.4.1 Spannungsausfall

Ein Spannungsausfall bewirkt den sofortigen Stillstand aller elektrisch betriebenen Komponenten und Geräte, wie z. B. der Gebläse und der Regelungen. Da auch das Kontrollpult außer Betrieb ist, wird diese Störung nicht durch Warnungen angezeigt, sondern muß vom Betriebspersonal durch andere Wahrnehmungen (akustisch: Laufgeräusche fehlen, optisch: alle Lampen sind aus) registriert werden.

Wegen des fehlenden Sauerstoffs kommt die Verbrennung zum Stillstand und die Vergasung wird stark reduziert, was zu einem langsamen Abfall der Glutbett-Temperatur mit weiterer Verminderung der Vergasung führt.

Um die noch in der Anlage vorhandenen Rauchgase und die auch weiterhin vermindert produzierten Schweißgase über den Kamin abführen zu können, muß das Regelventil 1MV1 von Hand vollständig geöffnet werden. Nur dann kann der natürliche Zug des Kamins voll wirksam sein. Dazu ist die Kupplung zwischen Motorantrieb und Ventil mit einem Mechanismus versehen, der ein einfaches Lösen der Kupplung und das manuelle Öffnen des Ventils ermöglicht.

Ein weiteres Beladen des Gasreaktors darf jetzt nicht mehr erfolgen solange die Störung ansteht. Nach Rückkehr der Spannung müssen zunächst alle anstehenden Warnungen am Kontrollpult rückgestellt und das Regelventil wieder an den Motorantrieb angekoppelt werden. Erst dann sind alle Funktionen wieder wirksam. Jetzt wird zunächst das Abgasgebläse 1B1 und danach das Frischluftgebläse 2B1 wieder gestartet. War der Spannungsausfall nur kurz, so daß die Temperaturen im Gasreaktor und in der Brennkammer nur geringfügig abgefallen sind, kann die Anlage ohne weitere Maßnahmen weiterbetrieben werden. Bei einem längeren Spannungsausfall muß die Anlage wieder neu entsprechend der Anfahrvorschrift angefahren werden.

6.4 Interferences

The plant safety instrumentation ensures that interferences, which would lead to undue deviations from normal operation, are indicated by alarms.

Relevant interventions to remedy such interferences and bring the plant into a safe condition proceed in part automatically, coupled with the alarm, or must be carried out by hand according to the operating instructions. The following interferences are considered:

- loss of voltage,
- failure of exhaust blower 1B1,
- failure of air blower 2B1,
- failure of a control system.

6.4.1 Loss of Voltage

A loss of voltage causes the immediate standstill of all electrically operated components and devices, such as blowers and control systems. Since the control panel is also out of operation, this interference is not indicated by alarms, but must be otherwise detected by the operating crew (acoustic perception: lack of running noise, optical perception: all lamps are out).

Combustion is discontinued due to the lack of oxygen and gasification is greatly reduced leading to a slow decrease in glowing bed temperature with further reduction of gasification.

Control valve 1MV1 must be completely opened by hand in order to ensure that any flue gases still present in the plant as well as the low-temperature carbonization gases still produced at a reduced rate can escape through the stack. Only then can the natural draught of the stack be fully effective. To this effect, the coupling between motor drive and valve is provided with a mechanism facilitating disengagement and manual opening of the valve.

The gas reactor must not be loaded any more until this interference is eliminated. After voltage return, all alarms must first be reset at the control panel and the control valve must be coupled to the motor drive again. Only then are all functions effective again. Exhaust blower 1B1 is now restarted followed by air blower 2B1. In the event of a short loss of voltage, causing only a slight decrease in gas reactor and combustion chamber temperatures, the plant can continue to be operated without any further measures. In the event of a prolonged voltage loss, the plant must be restarted according to the instructions for the start of operation.

6.4.2 Ausfall des Rauchgasgebläses 1B1

Der Ausfall des Rauchgasgebläses 1B1 wird durch die Drehzahlüberwachung 1R1 signalisiert und je nach Ursache des Ausfalls auch von der Stromüberwachung 1I1. Gekoppelt mit der Warnung von 1R1 ist auch die automatische Abschaltung des Frischluftgebläses 2B1.

Dadurch kommt der Verbrennungs- und Vergasungsprozeß zum Erliegen. Zur weiteren Abfuhr der Rauch- und Schwelgase muß das Regelventil 1MV1 nach Umschalten der Unterdruckregelung auf Handbetrieb voll aufgefahren werden.

Das weitere Beladen des Gasreaktors muß jetzt solange unterbleiben, bis die Störung behoben ist. Danach müssen zunächst alle anstehenden Warnungen am Kontrollpult rückgestellt und das Regelventil 1MV1 wieder auf die Anfahrstellung gefahren werden. Dann können die Gebläse wieder angefahren werden. Je nach inzwischen erreichtem Zustand der Anlage kann der Betrieb normal fortgesetzt oder muß die Anlage entsprechend der Anfahrvorschrift neu angefahren werden.

6.4.3 Ausfall des Frischluftgebläses 2B1

Bei Ausfall des Frischluftgebläses 2B1 erfolgt eine Warnung durch die Stromüberwachung 2I1 verbunden mit dem automatischen Schließen des Motorventils 2MV1. Das weitere Beladen des Gasreaktors muß jetzt unterbleiben, solange die Störung ansteht. Nach Behebung der Störung und Rückstellen der anstehenden Warnungen am Kontrollpult kann das Gebläse wieder gestartet werden. Je nach inzwischen erreichtem Zustand der Anlage kann der Betrieb normal fortgesetzt oder muß die Anlage entsprechend der Anfahrvorschrift neu angefahren werden.

6.4.4 Ausfall der Regelungen

Führt der Ausfall oder das evtl. Überspringen einer Regelung zu deutlichen Abweichungen vom Normalbetriebszustand, so wird dies durch Warnungen angezeigt, die von Grenzwerten der dazugehörigen Meßstellen ausgelöst werden. Dann muß die betreffende Regelung auf Handbetrieb umgeschaltet und das dazugehörige Regelventil von Hand gefahren werden, so daß der Normalbetriebszustand wieder hergestellt bzw. aufrechterhalten wird. Kann die Störung zwischenzeitlich behoben werden, wird die Regelung wieder auf Automatik umgeschaltet.

6.4.2 Failure of Exhaust Blower 1B1

The failure of exhaust blower 1B1 is signalled by speed monitoring relay 1R1 and, depending on the cause of failure, also by current monitoring relay 1I1. Air blower 2B1 is also automatically disconnected by the alarm signal from 1R1.

The combustion and gasification process is thus stopped. Control valve 1MV1 must be fully opened for the further removal of flue and low-temperature carbonization gases after switching the negative pressure control to manual operation.

Further loading of the gas reactor must now be stopped until the fault has been remedied. After resetting all alarms at the control panel and setting control valve 1MV1 to the starting position again, the blowers can be restarted. Depending on the plant condition reached, normal operation can be continued or the plant must be restarted according to the instructions for the start of operation.

6.4.3 Failure of Air Blower 2B1

The failure of air blower 2B1 causes an alarm from current monitoring relay 2I1 and the automatic closing of motor valve 2MV1. Further loading of the gas reactor must now be stopped until the fault has been remedied. After eliminating the interference and resetting the alarms at the control panel, the blower can be restarted. Depending on the plant condition reached, normal operation can be continued or the plant must be restarted according to the instructions for the start of operation.

6.4.4 Failure of Control Systems

If the failure or possible overshoot of a control system leads to perceptible deviations from normal operation, this is indicated by alarms triggered by limit values of the associated measuring points. The control system concerned must then be switched to manual operation and the associated control valve must be actuated by hand in order to restore or maintain normal operation. If the failure can be remedied, the control system is switched to automatic operation again.

6.5 Handhabung des radioaktiven Abfalls

Der zu verbrennende radioaktive Abfall wird in Gebinden unterschiedlicher Größe angeliefert. Er wird durch die Fensterschleuse im Abfallager in das Gebäude eingebracht und dort gelagert. Als Eingangskontrolle muß eine Gewichts- und Dosisleistungsmessung durchgeführt und das Gebinde mit den Meßergebnissen registriert werden.

Wird der Abfall nicht in einer zur direkten Verbrennung geeigneten Verpackung angeliefert (Größe des Gebindes, Verpackungsmaterial), muß er in spezielle Tüten bzw. Beutel (Papier, PE) vorgegebener Größe umgepackt werden.

Dies gilt gleichermaßen auch für nichtradioaktive Abfälle.

Die vollen Tüten oder Beutel müssen dicht verschlossen werden. Beim Umpacken sollte das Personal je nach Bedarf einen Overall, Handschuhe, Überschuhe und, je nach Art des Materials, evtl. eine Atem-Maske tragen. Alles nicht brennbare Material wird dabei aussortiert. Diese Arbeit sollte möglichst unter Aufsicht eines Strahlenschutzverantwortlichen durchgeführt werden. Die Tüten und Beutel werden dann entweder im Abfallager oder, wenn sie in Kürze verbrannt werden sollen, auf dem Bedienungsgerüst in der Nähe der Glovebox gelagert.

6.6 Handhabung der Asche

Die im Gasreaktor, in der Brennkammer, im Zyklon-Abscheider und im Taschenfilter anfallende Asche wird im Stillstand und nach dem Abkühlen der Anlage durch Öffnen der betreffenden Schieber in die Aschefässer abgefüllt. In diese wurde vor dem Ankoppeln ein PE-Sack eingelegt, der die Asche aufnimmt. Vor dem Abkoppeln des gefüllten Fasses, was durch Absenken des Fasses durch einen Hubwagen, der unter den Faßständer gefahren wird, geschieht, sollte das Rauchgasgebläse bei stark gedrosseltem Regelventil 1MV1 gestartet werden. Beim Abkoppeln des Fasses entsteht nun bei noch geöffnetem Schieber eine Einwärtsströmung, die evtl. aufgewirbelte oder herabfallende Asche in die Anlage hineinsaugt und dadurch eine Kontamination von Personal und Umgebung verhindert. Bevor das abgesenkte Faß von seiner Position entfernt wird, sollte der Plastikbeutel sorgfältig verschlossen werden. Nun kann der Schieber geschlossen und das Rauchgasgebläse wieder abgeschaltet werden.

Die gleiche Prozedur sollte von Anfang an zur Vermeidung von unnötigen Verschmutzungen auch für normale Asche durchgehend angewendet werden.

Das Aschefaß wird mit dem Hubwagen in das Aschelager gefahren, wo der Plastikbeutel entnommen und in einen zweiten Beutel eingepackt wird. Dann wird das Aschepaket gewogen, seine Dosisleistung gemessen, die Werte registriert und bis zum Abtransport gelagert.

Diese Arbeiten sollten möglichst unter Aufsicht eines Strahlenschutzverantwortlichen durchgeführt werden.

6.5 Handling of Radioactive Waste

The radioactive waste to be burned is delivered in drums of different size. It is introduced into the building through the window airlock in the waste store and stored there. The reception control consists of a weight and dose rate measurement and registration of the drum and measurement results.

If the waste is not delivered in a drum suitable for direct incineration (drum size, packaging material), it must be repacked into special bags (paper, PE) of a defined size.

This also applies analogously to non-radioactive wastes.

The filled bags must be sealed and the personnel should wear overalls, gloves, overshoes and possibly a breathing mask for repacking, depending on the requirements and type of material. Any non-combustible material is sorted out. These operations should be supervised by a health physics officer. The bags are then either stored in the waste store or, if they are to be burned soon, near the glove box on the operating platform.

6.6 Handling of Ashes

The ashes produced in the gas reactor, combustion chamber, cyclone separator and bag filter are filled into the ash drums by opening the relevant gate valve during plant standstill and after cooling of the plant. These drums contain a PE bag to accommodate the ashes. Prior to removing a filled drum, i.e. placing it on a lift truck positioned underneath the drum frame, the exhaust blower should be started with highly throttled control valve 1MV1. Removal of the drum with opened gate valve produces an inward flow which sucks any whirled-up or dropping ashes into the plant and thus prevents contamination of personnel and the environment. The plastic bag should be carefully sealed before the lowered drum is removed from its position. The gate valve can now be closed and the exhaust blower switched off again.

The same procedure should also be strictly applied for normal ashes in order to avoid unnecessary contamination.

The ash drum on the lift truck is conveyed to the ash store where the plastic bag is removed and packed into a second bag. The ash package is then weighed, its dose rate measured, the values registered and the package stored until off-site transportation.

These operations should be supervised by a health physics officer.

6.7 Strahlenschutzregelungen

Sobald der radioaktive Betrieb von LAWI aufgenommen wird, muß der Arbeitsbereich des Betriebsgebäudes zum Kontrollbereich erklärt werden, der unter Aufsicht des zuständigen Strahlenschutzes steht.

Dieser muß die für das Betreten und Verlassen des Kontrollbereiches und für den Umgang mit radioaktiven Abfällen im Kontrollbereich erforderlichen Vorschriften erlassen und ihre Einhaltung kontrollieren.

Dazu gehört u.a., daß zur Personenkontaminationskontrolle am Ausgang des Kontrollbereichs ein Hand-, Fuß-, Kleidermonitor aufgestellt wird, der von jeder Person beim Verlassen des Kontrollbereichs benutzt wird.

6.7 Health Physics Regulations

As soon as the radioactive operation of LAWI is started, the working region of the operations building must be declared a controlled area and placed under the supervision of the competent health physics officer.

He must issue the necessary regulations for entering and leaving the controlled area and handling radioactive wastes within this area and verify compliance with these regulations.

This also includes a hand, foot, and clothing monitor for personnel contamination monitoring to be installed at the exit of the controlled area and used by any person leaving this area.

7. Arbeits- und Entwicklungsprogramm

Nach der Installation und Inbetriebnahme von LAWI gliedert sich das weitere Arbeitsprogramm in folgende zwei Stufen :

- Betrieb von LAWI mit normalem städtischen Müll,
- Betrieb von LAWI mit radioaktivem Abfall.

Parallel dazu soll langfristig ein Entwicklungsprogramm zur Verbrennung von vorwiegend städtischem Abfall mit Anlagen nach dem Jülicher Thermoprozeß bis hin zur Nutzung der Verbrennungswärme und zur industriellen Einführung durchgeführt werden.

7.1 Betrieb mit städtischem Müll

Nach der Inbetriebnahme und Übergabe von LAWI an die ägyptische Betriebsmannschaft soll zunächst über eine längere Zeitspanne der Betrieb der Anlage mit nichtradioaktiven Materialien erfolgen, beginnend z.B. mit Holz und später mit städtischem Müll typischer lokaler Zusammensetzung. Dabei sollen folgende Ziele verfolgt werden :

- Trainieren der Betriebsmannschaft.
Die Betriebsmannschaft soll Erfahrungen im Umgang mit der Anlage sammeln und das Verhalten der Anlage bei den verschiedensten Betriebszuständen und die erforderlichen Maßnahmen kennenlernen und trainieren. Dabei wird zunächst Holz als Brennstoff eingesetzt, da damit ausreichende Betriebserfahrungen vorliegen.
- Verbrennung von städtischem Müll.
Mit der Verbrennung von städtischem Müll (mit repräsentativen Zusammensetzungen) soll der endgültige Nachweis erbracht werden, daß dieses Verfahren dafür geeignet ist. In entsprechenden Versuchsreihen sollen Erfahrungen für den Betrieb der Anlage mit dazugehörenden Daten gesammelt werden, die als Grundlage für das weitere Entwicklungsprogramm (siehe Kap. 7.3) dienen sollen.
- Vorbereitung des radioaktiven Betriebs.
Bevor der Betrieb mit radioaktivem Abfall aufgenommen werden kann, muß sichergestellt sein, daß die Anlage in allen Belangen sicher betrieben werden kann. Außerdem müssen alle Prozeduren für den Umgang mit der Anlage und vor allem mit radioaktivem Material erprobt und detailliert festgelegt werden (z.B. Handhabung des radioaktiven Abfalls und der Asche). Auch dazu dient die Verbrennung von Müll mit repräsentativer Zusammensetzung.

7. Work and Development Programme

After the installation and commissioning of LAWI, the further programme of work is divided into the following two stages:

- operation of LAWI with normal municipal waste,
- operation of LAWI with radioactive waste.

Parallel to this, a development programme will be carried out on a long-term basis for the incineration of mainly municipal waste in plants according to the Jülich thermoprocess with the aim of utilizing the combustion heat and introducing the process on the market.

7.1 Operation with Municipal Waste

After commissioning and handing LAWI over to the Egyptian operating crew, the plant will first be operated with non-radioactive materials for a prolonged period, beginning e.g. with wood and later on with municipal waste of typical local composition. The following goals are to be pursued:

- Training the operating crew.
The operating crew should gain experience in handling the plant and in the plant performance under different operating conditions, knowing and training the respective measures to be taken. Wood will first be used as the input material since adequate operating experience is available with this material.
- Incineration of municipal waste.
The incineration of municipal waste (of representative composition) is intended to finally demonstrate that this process is suitable for municipal waste incineration. Relevant test series are to be performed to gather experience in operating the plant and collect relevant data serving as a basis for the further development programme (see Chapter 7.3).
- Preparation for radioactive operation.
Prior to operating the plant with radioactive waste, reliable plant operation must be ensured in all respects. Moreover, all procedures for handling the plant and, in particular, radioactive material must be tested and defined in detail (e.g. handling of radioactive wastes and ashes). This will also be demonstrated by the incineration of waste of representative composition.

7.2 Betrieb mit radioaktivem Abfall

Für diese Betriebsart wurde die Anlage ursprünglich geplant und ausgelegt. Damit soll eine kontinuierliche Entsorgung des Forschungszentrums Inshass und der Umgebung (z.B. Krankenhäuser in Kairo) von brennbarem, niedrig radioaktivem Abfall sichergestellt werden.

Vor Aufnahme des Betriebes zur Verbrennung von radioaktivem Abfall müssen jedoch folgende Bedingungen erfüllt sein :

- Einrichtung eines Kontrollbereichs, der die Betriebshalle (10) und die angrenzenden Arbeits-, Lager- und Büroräume (4 - 8) umfaßt. Er muß vom örtlichen Strahlenschutz überwacht werden, der auch die entsprechenden Vorschriften für den Aufenthalt und das Arbeiten im Kontrollbereich erläßt und deren Einhaltung überwacht.
- Ausreichende Schulung des Betriebspersonals für die sichere Handhabung der Anlage und den fachgerechten Umgang mit radioaktiven Materialien.
- Festlegung und Erprobung aller Prozeduren für den Betrieb der Anlage und den sicheren Umgang mit radioaktiven Materialien.
- Erstellung eines Betriebshandbuchs, das die Handhabungsschritte aller wesentlichen Betriebs- und Störfälle detailliert beschreibt.

7.3 Entwicklungsprogramm

Parallel zum beschriebenen Betriebsprogramm soll das Entwicklungsprogramm fortgeführt werden, das die folgenden Schritte umfaßt :

- Vorversuche mit LAWI zur Verbrennung von städtischem Müll, Sammlung von Erfahrungen und Daten (siehe Kap. 7.1).
- Planung, Auslegung und Bau einer Demonstrationsanlage speziell zur Verbrennung von städtischem Müll. Bestimmung eines geeigneten Standorts, Festlegung der Anlagengröße.
Demonstration des Verfahrens. Entwicklung und Erprobung dazugehöriger Technologien (z.B. Müllaufbereitung, Ascheentsorgung).
- Entwicklungen zur Nutzung der Verbrennungswärme, vorwiegend zur Erzeugung von elektrischem Strom, wie z.B. Dampferzeugung mit Einsatz eines Dampfmotors, Gaserzeugung mit Einsatz von Gasmotoren oder Gasturbinen, aber auch Einsatz als Prozeßwärme (Heizen, Sterilisieren, Trocknen usw.).
- Einbeziehung der Industrie sowohl auf deutscher als auch auf ägyptischer Seite zur Einführung der Technologie in Ägypten. Festlegung von Standorten und Anlagengrößen entsprechend den gewonnenen Erfahrungen und Anforderungen.
- Planung und Auslegung von Anlagen für Sonderbedarf (z.B. Krankenhäuser, Industrie usw.).

7.2 Operation with Radioactive Waste

The plant was in fact originally devised and designed for this type of operation. The aim is to ensure a continuous disposal of combustible low-level radioactive waste from the Inshass Research Centre and the environment (e.g. hospitals in Cairo).

Before starting operation for the combustion of radioactive waste, however, the following conditions must be fulfilled:

- Establishing a controlled area comprising the operation hall (10) and the adjacent working, storage and office rooms (4 - 8). It must be supervised by the local health physics officer who also issues the corresponding regulations for staying and working in the controlled area and supervises compliance with such regulations.
- Adequate training of the operating personnel for safe handling of the plant and radioactive materials.
- Definition and testing of all procedures for plant operation and the safe handling of radioactive materials.
- Preparation of an operation manual describing in detail the handling steps in all major operating accidents and interferences.

7.3 Development Programme

The development programme to be carried out in parallel with the operating programme described above will contain the following steps:

- Preliminary tests with LAWI for the incineration of municipal waste, gaining experience and collecting data (see Chapter 7.1).
- Planning, design and construction of a demonstration plant specifically for burning municipal waste. Determination of a suitable site, definition of the plant size.
Demonstration of the process. Development and testing of associated technologies (e.g. waste conditioning, ash disposal).
- Developments for utilizing the combustion heat, primarily for electricity production, e.g. steam generation using a steam motor, gas production using gas motors or gas turbines, and also use as process heat (heating, sterilizing, drying etc.).
- Incorporation of industry both on the German and the Egyptian side in order to introduce this technology in Egypt. Definition of sites and plant sizes in conformity with the requirements and experience gained.
- Planning and design of plants for special requirements (e.g. hospitals, industry etc.).

8. Beteiligte Institutionen

Zwischen der KFA-Jülich und der AEA-Kairo wurde ein Projektabkommen (Project Agreement) vom 11.12.85 über die "Behandlung von niedrig radioaktivem Abfall durch Verbrennung" unterzeichnet.

Dieses Projekt wird im Rahmen der vom Internationalen Büro der KFA betreuten deutsch/ägyptischen Zusammenarbeit in der wissenschaftlichen Forschung und technischen Entwicklung implementiert.

Auf deutscher Seite haben sich hauptsächlich folgende Institutionen und Personen in der KFA an diesem Vorhaben beteiligt :

Internationales Büro (INT) :

- D. Nentwich, Leiter des INT,
- Frau M.-Th. Königs.

ZFK-DE (Dekontamination) :

- W. Krug, Projektleiter.

ZAT (Zentralabt. Allgemeine Technologie) :

- L. Thöne, Projekt- und Montage-Ingenieur,
- H.J. Schmitz, Projekt-Ingenieur.

TD-EV (Technische Dienste Elektroversorgung) :

- F. Lexis, Aufbau, Installation und Erprobung.

TD-H (Technische Dienste Haustechnik) :

- G. Olbertz, Aufbau und Montage,
- J. Schreiner, Aufbau und Montage,
- F. Wachtmeister, Lüftungstechnik.

An der Komponentenfertigung und dem Bau der Anlage waren folgende Werkstätten der KFA maßgeblich beteiligt: ZFK-DE, ZAT-MW, TD-EV und TD-H.

Der entsprechende Partner auf ägyptischer Seite ist das "Department of Metallurgy" des Forschungszentrums Inshass (NRC) mit folgenden Mitarbeitern :

- Prof. Dr. Ibrahim D. Abdelrazek, Instituts- und Projektleiter,
- A.Z. Ahmed, Projekt-Ingenieur,
- I.T. Hassan, Betriebsleiter,
- K. Diab, Architekt.

8. Institutions Involved

A Project Agreement was signed on December 11, 1985 between KFA Jülich and AEA Cairo on the "Treatment of Low-Active Waste by Incineration".

This project will be implemented within the framework of German-Egyptian collaboration in scientific research and technological development coordinated by the International Bureau of the KFA.

On the German side, the following institutions and persons within KFA are mainly involved in this project:

International Bureau (INT):

- D. Nentwich, head of INT,
- Ms M.-Th. Königs.

ZFK-DE (Decontamination):

- W. Krug, project leader.

ZAT (Central Department of General Technology):

- L. Thöne, project and field engineer,
- H.J. Schmitz, project engineer.

TD-EV (Technical Power Supply Services):

- F. Lexis, construction, installation and testing.

TD-H (Service Techniques):

- G. Olbertz, construction and assembly,
- J. Schreiner, construction and assembly,
- F. Wachtmeister, ventilation technique.

The following KFA workshops were substantially involved in component manufacture and plant construction: ZFK-DE, ZAT-MW, TD-EV and TD-H.

The relevant partner on the Egyptian side is the "Department of Metallurgy" of the Inshass Research Centre (NRC) with the following staff members:

- Prof. Dr. Ibrahim D. Abdelrazek, institute and project head,
- A.Z. Ahmed, project engineer,
- I.T. Hassan, operations superintendent,
- K. Diab, architect.

JUL-2831
Oktober 1993
ISSN 0944-2952