

Adressen:

Herausgeber: Bundesamt für Konjunkturfragen (Bf K)
Belpstrasse 53
3003 Bern
Tel.: 031/61 21 39
Fax: 031/46 41 02

Geschäftsstelle: RAVEL
c/o Amstein+Walthert AG
Leutschenbachstrasse 45
8050 Zürich
Tel.: 01/305 91 11
Fax: 01/305 92 14

Ressortleiter: Jürg Nipkow ARENA
Schaff hauserstrasse 34
8006 Zürich
Tel.: 01/362 91 83

Autoren: Urs Fischli
Martin Marthy Martin
Meiler Markus
Köhl Andrea
Tuffli Tuffli & Partner AG
Quaderstrasse 16
7000 Chur
Tel.: 081/22 77 71
Fax: 081/22 67 84

Diese Studie gehört zu einer Reihe von Untersuchungen, welche zu Handen des Impulsprogrammes RAVEL von Dritten erarbeitet wurde. Das Bundesamt für Konjunkturfragen und die von ihm eingesetzte Programmleitung geben die vorliegende Studie zur Veröffentlichung frei. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den Autoren und der zuständigen Ressortleitung.

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen 3003 Bern, Februar 1993
Auszugsweiser

Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.21.62 D)

Form. 724.397.21.62 D 02.93 500

RAVEL - Materialien zu RAVEL

Materialien zu RAVEL

Elektrizitätsbedarf von Industrielüftungen

Urs Fischli
Martin Marthy
Martin Meiler
Markus Köhl
Andrea Tuffli

RAVEL, - Materialien zu RAVEL,

Bundesamt für Konjunkturfragen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3	
Zusammenfassung	5	
Résumé	6	
1	Allgemeines	7
1.1	Ausgangslage	7
1.2	Projektziele	7
1.3	Vorgehen	8
1.4	Fluka Chemie AG	8
1.5	Produktepalette	9
2	Theoretische Grundlagen	11
2.1	Lüftungstechnische Grundlagen	11
2.2	Arbeitshygienische Grundsätze	11
2.3	Begriffe	12
2.4	Richtlinien, Vorschriften, Normen	13
2.5	Messtechnik	14
2.5.1	Messgeräte	14
2.5.2	Messfehler	14
3	Ist - Zustand	17
3.1	Gesamtenergieverbrauch Chemische Industrie	17
3.2	Energieverbrauch Fluka Chemie AG	18
3.3	Statistik Lüftungsanlagen	20
3.4	Rundsteueranlage	21
3.4.1	Konzept	21
3.4.3	Externe Eingänge / Saisonbedingungen	21
3.4.3	Rundsteuerprogramm	21
3.4.4	Arbeitszeiten	22
3.4	Siwako	23
4	Messungen	25
4.1	Ausgewählte Anlagen	25
4.2	Messwerte	27
4.3	Erkenntnisse	30
4.3.1	Mehrstufige Ventilatoren	30
4.3.2	Stufenlose, drehzahlvariable Antriebe	30
4.3.3	Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen	31
4.3.4	Betriebszeiten	31
4.3.5	Unterhalt	31
4.3.6	MAK-Werte	31
4.3.7	Planungswerte	31
4.3.8	Messwerte	32
4.3.9	Luftwechselzahlen	32
4.4	Lastverlauf einer handgesteuerten Anlage	33

5	Sparpotentiale	35
5.1	Sparpotential Lüftungsanlagen	35
5.1.1	Sparpotential Anlage 1	36
5.1.2	Sparpotential Anlage 2	36
5.1.3	Sparpotential Anlage 3	36
5.1.4	Sparpotential Anlage 4	37
5.1.5	Sparpotential Anlage 5	37
5.1.6	Sparpotential Anlage 6	37
5.1.7	Sparpotential Anlage 7	37
5.1.8	Sparpotential Anlage 8	37
5.2	Sparpotential Rundsteueranlage	38
5.2.1	Sparpotential Zyklusgruppe 1	38
5.2.2	Sparpotential Zyklusgruppe 2	39
5.2.3	Sparpotential Zyklusgruppe 3	39
5.2.4	Sparpotential Zyklusgruppe 4	40
5.2.4	Sparpotential Zyklusgruppe 5	41
5.2.6	Sparpotential Zyklusgruppe 6	41
5.2.7	Weitergehende Sparmöglichkeiten	41
5.3	Erkenntnisse Rundsteueranlage	41
5.4	Firmenspezifische Erkenntnisse	42
5.5	Zentrales Leitsystem	43
5.5.1	Technische und betriebliche Ziele	43
5.5.2	Wirtschaftliche Ziele	44
5.6	Sparpotentiale /Wirtschaftlichkeit	44
6	Empfehlungen / Massnahmen	45
	Literaturliste 46	
	Anhang	47
	Anhang A Richtlinien, Vorschriften, Normen	48
	Anhang B Verbrauchszahlen 1990/91	52
	Anhang C Messprotokolle, Anlageschema	54
	Anhang D Handgesteuerte Anlage, Messprotokoll	63
	Anhang E Erfassungsformulare	64

Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung soll Anhaltspunkte über den effektiven Stromverbrauch und den Gesamtwirkungsgrad von Industrie-Lüftungsanlagen geben. Die Studie wurde im Rahmen der RAVEL-Untersuchungen in Zusammenarbeit mit der FLUKA CHEMIE AG, Buchs, durchgeführt.

Ausgehend von der Tatsache, dass die aufgenommene elektrische Leistung einer Lüftungsanlage mit der dritten Potenz zum geförderten Luftstrom ansteigt, wurden in einer ersten Phase der Untersuchung die gesetzlich vorgeschriebenen Volumenströme und die arbeitshygienischen Grenzwerte näher untersucht.

Es zeigt sich, dass bei einem Industriebetrieb wie der FLUKA CHEMIE AG, nicht mit den von der SUVA erlassenen MAK-Werten gearbeitet werden kann. Eine Dimensionierung der Volumenströme anhand der anfallenden Stoffmengen ist nicht möglich, da meist Emissionen von nicht bekannten Stoffgemischen anfallen.

Die Messungen an acht ausgesuchten Lüftungsanlagen zeigen auch, dass die Luftmengen stark von den Planungswerten, den Herstellerangaben und den einschlägigen Normen und Richtlinien abweichen.

Weiter wird ersichtlich, dass mehrstufig ausgeführte Lüftermotoren auf die höchste Stufe optimiert sind. Bei vielen der im Einsatz stehenden Antriebe wird die höchste Stufe jedoch nur im Notfall benötigt (Sturmluft). Im Normalbetrieb laufen die Ventilatoren auf einer tieferen Stufe. Eine Optimierung der am meisten verwendeten Stufe führt zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades.

Bei den Quellenabluftanlagen zeigt sich ein Sparpotential durch Einsatz von drehzahlvariablen Antrieben. Viele der untersuchten Anlagen arbeiteten gegen geschlossenen Klappen (Drosselregelung).

Die Einsatzzeiten der Lüftungsanlagen wurden anhand einer Analyse des Steuerprogrammes (Rundsteueranlage) genauer untersucht. Viele der Anlagen werden saisonal unterschiedlich betrieben. Oft laufen die Anlagen mehrere Stunden über die eigentliche Arbeitszeit hinaus, im Sommer wird Nachts zusätzlich intensiv gelüftet. Die vorgeschlagenen Änderungen am Rundsteuerprogramm ergeben ein Sparpotential von rund 100'000 kWh pro Jahr.

Allgemein führte die Untersuchung zu folgenden Erkenntnissen für Lüftungsanlagen der Industrie:

- Mehrstufige Antriebe auf die am meisten verwendete Stufe optimieren
- Lüftungszyklen eng an die Arbeitszeiten anpassen
- Nachtlüftung zu Entfernung von Geruchsemissionen soll stossweise erfolgen
- Schwankende Bedürfnisse mit einer Drehzahlregelung und nicht mit einer Drosselregelung decken

Ein Abschätzung des gesamten Sparpotentials ist sehr schwierig da die Anforderungen an die einzelnen Lüftungsanlagen recht unterschiedlich sind. Für die untersuchten Anlagen 1 bis 6 ergibt sich bei Berücksichtigung aller Sanierungsmassnahmen ein Sparpotential von ca. 121'500 kWh/a. Die Investitionskosten für eine Sanierung der Anlagen betragen rund Fr. 120'000.-. Damit ergibt sich eine Rückzahlfrist der Investitionen von ungefähr 9 Jahren.

Bei konsequenter Umsetzung aller gefundener Massnahmen ist eine Reduktion des gesamten Elektrizitätsverbrauches von 5% möglich.

Résumé

Ce projet de recherche fournit des indices sur la consommation effective d'électricité et le rendement des installations de ventilation en service dans l'industrie. L'étude a été effectuée dans le cadre des projets de recherche RAVEL, en collaboration avec l'entreprise FLUKA CHEMIE AG à Buchs.

La puissance électrique consommée par une installation de ventilation correspond au cube du débit d'air transporté. Pour cette raison, la première phase de la recherche s'est penchée sur les prescriptions légales concernant les débits d'air prescrits et sur les valeurs limites du point de vue de l'hygiène du travail.

Cette étude a montré que pour une industrie comme FLUKA-CHEMIE AG, il n'est pas possible de travailler avec les valeurs VEM/VEL prescrites par la CNA. Le dimensionnement des débits d'air en fonction de la quantité de polluants émis est exclue, car la plupart des émissions sont de nature et de qualité inconnue.

Les mesures effectuées sur huit installations de ventilation montrent aussi que les débits d'air diffèrent beaucoup des valeurs planifiées, des données fournies par les fabricants, des normes et des directives en vigueur.

Les ventilateurs à plusieurs allures de marche sont le plus souvent optimisés pour la vitesse maximale alors que celle-ci n'est utilisée qu'en cas d'urgence. Normalement, les ventilateurs tournent beaucoup plus fréquemment en petite vitesse. Une optimisation faite pour la vitesse la plus utilisée conduit à une amélioration du rendement.

L'installation d'entraînement à vitesse variable pour les installations d'extraction d'air "à la source" présente un potentiel d'économie. Une grande partie des installations examinées travaillait au moyen de fermetures à clapets (régulation à clapets d'étranglement).

Les périodes d'enclenchement des installations de ventilation ont été examinées avec précision au moyen d'une analyse du programme de commande. Beaucoup d'installations sont exploitées en fonction des saisons. Ces installations fonctionnent souvent de longues heures en dehors des heures de travail. En été, elles ventilent intensivement la nuit. Les propositions de modification de la programmation des commandes rapporteraient un potentiel d'économie d'environ 100'000 kWh par an.

L'étude conduit aux recommandations suivantes, valables en général pour les installations de ventilation en fonction dans l'industrie:

- optimisation des installations à plusieurs allures de marche pour la vitesse la plus fréquemment utilisée
- adaptation précise de la durée de ventilation aux heures de travail
- la ventilation de nuit pour l'évacuation des odeurs doit être intermittente
- les besoins variables doivent être couverts par une régulation à vitesse variable et non par des installations à clapets d'étranglement

Le potentiel global d'économie est très difficile à estimer. La diffusion des résultats obtenus au cours de cette recherche présente cependant une possibilité d'économie d'électricité de l'ordre de 5%.

1 Allgemeines

1,1 Ausgangslage

Der gesamte Elektrizitätskonsum der Schweiz betrug im Jahr 1991 47,6 Mrd. Kilowattstunden (kWh). Dies sind 2,2% mehr als im Vorjahr.

Vom gesamten Elektrizitätsverbrauch entfallen etwa 70% auf den produktiven Sektor (Industrie, Dienstleistungen, Verkehr und Landwirtschaft), die restlichen 30% werden von den Haushalten

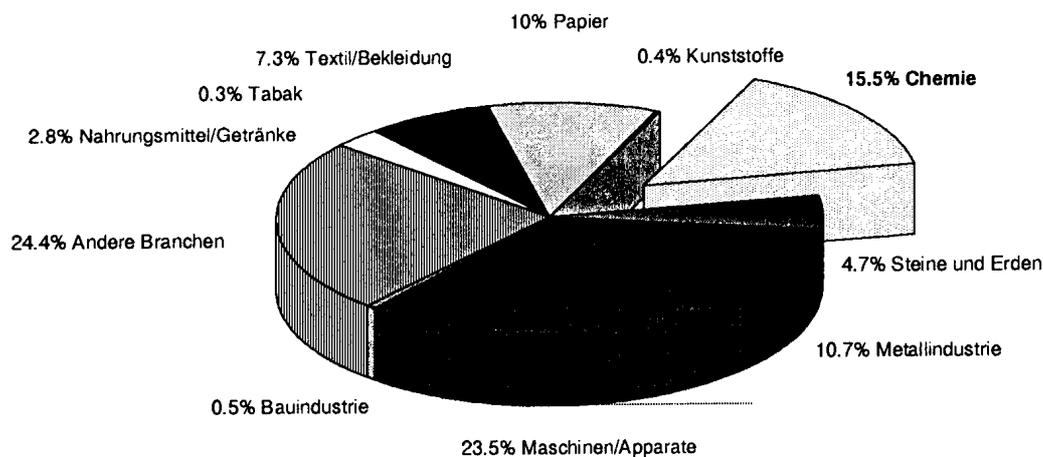
beansprucht.

Für die grösste Verbrauchergruppe, Industrie und Gewerbe, führt der Schweizerische EnergieKonsumenten-Verband (EKV) jedes Jahr eine statistische Erhebung der Energieverbrauchszahlen durch (vergl. Figur 1). Aus den erhobenen Daten lassen sich keine verlässlichen Aussagen über die Verbrauchsstruktur und den effektiven Stromverbrauch machen.

Ebenso fehlen Angaben über den Einsatz und den tatsächlichen Auslastungsgrad der Elektromotoren.

Im Rahmen der RAVEL Untersuchungsprojekte soll versucht werden, einen Teil dieser Wissenslücken zu schliessen.

Figur 1: Energieverbrauch Industrie und Gewerbe nach Branchen 1991



1.2 Projektziele

Um die Verbrauchsstruktur von Industrielüftungsanlagen transparenter zu machen, wurden für die vorliegende Untersuchung folgende Ziele formuliert:

- bestehende Lüftungsanlagen erfassen und strukturieren
- Auswahl möglichst typischer Lüftungsanlagen für die weitere Untersuchung

- Untersuchung der Anlagen auf ihren Gesamtwirkungsgrad
- Aufzeigen von Sparpotentialen
- Ausarbeitung von Verbesserungsmöglichkeiten
- Erstellen eines Massnahmenkataloges

1.3 Vorgehen

Für die Durchführung der Untersuchung gemäss der vorgängig geschilderten Ausgangslage und der Projektziele konnte die Firma Fluka Chemie AG in Buchs zur Zusammenarbeit gewonnen werden.

Für die Untersuchung wurde ein Vorgehenskonzept in 3 Punkten ausgearbeitet:

Phase 1: Orientierung

- Anlagen erfassen
- Gesetzliche Vorschriften und MAK-Werte abklären
- Produktions- und Schaltzyklen erfassen
- Analyse Gesamt- und Elektroenergieverbrauch

Phase 2: Messung

- Auswahl der zu messenden Anlagen
- Messung von Luftvolumenstrom, Differenzdruck und aufgenommener Leistung
- Analyse (Rundsteuerprogramm) der Schaltzeiten

Phase 3: Auswertung

- Bestimmung des Gesamtwirkungsgrades
- Sparpotentiale
- Verbesserungsmöglichkeiten
- Massnahmenkatalog

1.4 Fluka Chemie AG

Die Fluka Chemie AG in Buchs beschäftigt als eines der bedeutendsten Industrieunternehmen der Region Werdenberg gegen 350 Mitarbeiter.

Gegründet wurde die Firma 1950 in St.Gallen, verlegte ihren Sitz aber bereits 1953 nach Buchs. Bereits seit der Gründung wurde ein Service für Chemikalien im Baukastensystem aufgebaut. Damit ist die Fluka Chemie AG nicht in der "Gross-Chemie" tätig, sondern fabriziert und liefert Produkte in laborgerechten Kleinstmengen.

Hauptabnehmer der Produkte sind Laboranten, Chemiker und Dozenten an Hochschulen, in Forschung und Industrie.

1.5 Produktpalette

Die Chemie beschäftigt sich mit den Stoffen, ihren Eigenschaften und ihrer Umwandlung in neue Stoffe.

Je länger der Weg zu einer chemischen Verbindung ist, d.h., aus je mehr "Stufen" sie aufgebaut ist, desto höher ist auch ihr Nutzen und ihr Wert bei der chemischen Weiterverarbeitung. Mehrstufige Verbindungen, die bereits eine hohe Wertschöpfung enthalten, erleichtern und verkürzen den Laboranten und Chemikern ihre Aufgaben in Forschung, Entwicklung und Produktion wesentlich.

Die Fluka Chemie AG führt ein breites Angebot von über 15'000 Chemikalien und Biochemikalien. Einen Schwerpunkt im Verkaufsprogramm bilden Verbindungen für die präparative organische Chemie sowie Chemikalien für biochemische und analytische Anwendungen.

Um die bei der Produktion auftretenden Emissionen in den Fabrikations- und Lagerräumen sowie in den verschiedenen Labors effizient ableiten zu können, sind bei der Fluka Chemie AG über 200 Lüftungsanlagen mit einer installierten Leistung von rund 500 kW im Einsatz.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Lüftungstechnische Grundlagen

In diesem Kapitel soll kurz auf die wichtigsten Zusammenhänge zwischen Gesamtwirkungsgrad, aufgenommener elektrischer Leistung und geförderter Luftmenge eingegangen werden.

Die aufgenommene Leistung einer Lüftungsanlage berechnet sich wie folgt:

$$P_{el} = \frac{\dot{V} * \Delta p}{\eta}$$

P_{el}	aufgenommene elektrische Leistung [W]
\dot{V}	Volumenstrom [m ³ /s]
Δp	Gesamtdruckverlust [Pa]
η	Gesamtwirkungsgrad [-]

Bei einer Steigerung der geförderten Luftmenge ist die folgende, wichtige Aussage zu beachten:

DIE AUFGENOMMENE ELEKTRISCHE LEISTUNG STEIGT SEI GEGEBENEM KANALNETZ MIT DER 3. POTENZ ZUM GEFÖRDERTEN LUFTVOLUMENSTROM.

Obwohl durch die Optimierung von Druckverlust und Wirkungsgrad elektrische Energie gespart werden kann, liegt das grösste Sparpotential bei der Beschränkung des Luftvolumenstromes auf die hygienisch minimal notwendige Aussenluftfrate.

Die minimale Luftrate richtet sich dabei nach der Konzentration der auftretenden Schadstoffemission. Die Lüftungsanlage muss die auftretenden Schadstoffe soweit verdünnen, dass die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert) im Aufenthaltsbereich mit Sicherheit nicht überschritten wird.

2.2 Arbeitshygienische Grundsätze

Die MAK-Werte sind im SUVA-Formular 1903.d zusammengefasst [1]. Der MAK-Wert wird dabei wie folgt definiert. "Der maximale Arbeitskonzentrationswert (MAK-Wert) ist die höchstzulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung einer Arbeitszeit von 8 Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längeren Perioden bei der ganz stark überwiegenden Zahl der gesunden, am Arbeitsplatz Beschäftigten die Gesundheit nicht gefährdet." (Quelle: SUVA-Formular 1903.d)

Der MAK-Wert ist eine Beurteilungsgrundlage für die Bedenklichkeit oder Unbedenklichkeit am Arbeitsplatz auftretender Konzentrationen von Stoffen.

Die MAK-Werte sind keine sicheren Grenzen zwischen gefährlichen und ungefährlichen Bereichen.

Einheiten

Die MAK-Werte werden ausgedrückt

- bei Gasen und Dämpfen in Volumenteilen pro Million Teile Luft = ml/m³

(englisch: ppm = parts per million) sowie in mg/m³ Luft

- bei Schwebstoffen in mg/m³ Luft

Stoffgemische

Die MAK-Werte gelten definitionsgemäss für die Exposition zu reinen Stoffen. Für die Beurteilung von Stoffgemischen in der Luft des Arbeitsbereiches und von technischen Produkten, die Begleitstoffe oder Verunreinigungen höherer Toxizität enthalten, sind MAK-Werte jedoch nur bedingt geeignet.

Um ausreichende Luftwechselzahlen zu erhalten werden in der Praxis die Volumenströme nach Faustformeln und Erfahrungswerten bestimmt (vergl. Kapitel 2.4)

Aussenluftvolumenstrom

Aus den MAK-Werten lässt sich der minimale Aussenluftvolumenstrom \dot{V}_{AL} wie folgt berechnen:

$$\dot{V}_{AL} = \frac{\dot{V}}{(c_{Zul} - c_{AL})}$$

\dot{V}	anfallende Gasmenge in m ³ /h
c_{Zul}	MAK-Wert in m ³ Gas/m ³ Luft (aus mg/m ³ umrechnen mit der Gasdichte)
c_{AL}	Gasmenge in der Aussenluft m ³ /m ³

2.3 Begriffe

Nachfolgend sind einige Begriffe für spezielle Lüftungsanlagen, wie sie bei der chemischen Industrie zur Anwendung gelangen, näher umschrieben.

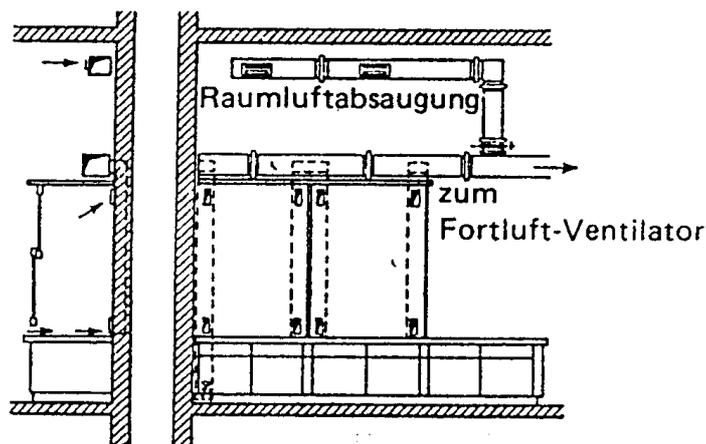
Quellenabluftanlage

Die bei einem Prozess entstehenden Schadstoffemissionen werden bei Quellenabluftanlagen mittels flexiblen Kunststoffrohren direkt beim Entstehungsort erfasst und abgezogen. Jeder Abzug ist mit einer eigenen Handklappe ausgerüstet, welche bei Bedarf geöffnet werden kann. Der Ventilator arbeitet je nach Benutzung der Anlage gegen geschlossene Klappen.

Kapellenarbeitsplatz

Beim Kapellenarbeitsplatz werden die anfallenden Emissionen hinter dem Labortisch abgesogen (Figur 2). Über der vorderen Tischkante kann eine Schutzscheibe heruntergezogen werden, so dass die an der Kapelle arbeitende Person zusätzlich geschützt ist. Die Raumabluft wird, wo kein weiterer Abluftventilator vorhanden ist, über die Kapelle abgesogen.

Figur 2: Kapellenarbeitsplatz



Sturmlüftung

Bei Unfällen können die Zu- und Abluftvolumenströme zur Verdünnung der Schadstoffkonzentrationen vergrößert werden. Bei diesem Vorgehen spricht man von Sturmlüftung. Die Volumenströme werden meist verdoppelt. Dies geschieht entweder durch mehrstufige Elektromotoren oder durch Zuschalten eines Sturmluftmotors.

2.4 Richtlinien, Vorschriften, Normen

Bei der Planung von Lüftungsanlagen der chemischen Industrie kommen in der Schweiz verschiedene Richtlinien, Vorschriften und Normen zur Anwendung.

Meist sind die Angaben der zulässigen Aussenlufttraten sehr generell gehalten oder beziehen sich auf spezifische Arbeitsplätze.

Eine Zusammenstellung der angewendeten Richtlinien, Vorschriften und Normen ist im Anhang A gegeben. Die empfohlenen Luftmengen bewegen sich dabei in der Grössenordnung ca. 4-fach/h bei Normalbetrieb und ca. 8-fach/h bei Notbetrieb (Sturmluft).

2.5 Messtechnik

2.5.1 Messgeräte

In der Tabelle 1 sind die bei der Untersuchung verwendeten Messgeräte zusammengestellt.

Tabelle 1: Verwendete Messgeräte

Messgerät	Typ	Messbereich	Messfehler
Anemometer	Testoterm 452	0.4...60 m/s 0.2...15 m/s	+/- 0.4 m/s +/- 0.3 m/s
Strommesszange	ABB M 5111	0...199,9 A 0...750 V 0...19,99 kW cos 0,3 kap...0,3 ind	+/- 1.5% +/- 0.5% +/- 0.8% +/- 1.0%
Drehzahlmesser	Ziwy DHR 903	10...99,9 m/s 100...999,9 m/s 1000...9999,9 m/s	+/- 0.01 m/s +/- 0.1 m/s +/- 1.0 m/s
Lastverlauf	Memobox 601	0...100 A	+/- 1,5%
Differenzdruck	Midas A 70	0...2500 Pa	+/- 2.5%

2.5.2 Messfehler

Bei der Messung von Lüftungsanlagen muss neben den Messfehlern der Instrumente auch noch ein Fehler durch die Messmethode berücksichtigt werden. In der Folge sind die sich ergebenden Messfehler in den einzelnen Bereichen kurz zusammengestellt.

Luftvolumenstrom:

Der Luftvolumenstrom setzt sich aus der Messgrösse Luftgeschwindigkeit und Kanalquerschnitt zusammen.

Luftgeschwindigkeit:

Die Luftgeschwindigkeit wurde mit dem Anemometer Testo 452 gemessen. Messfehler ergeben sich durch örtliche Gegebenheiten (Luftkanalverlauf und Zugänglichkeit) und durch den Messfehler des Instrumentes. Um den örtlichen Fehler zu minimieren wurde das Netzverfahren bei der Messung angewendet. Pro Messpunkt wurde über 20 sec gemittelt. Damit ergibt sich ein Messfehler von 2-5%, für die weiteren Betrachtungen wird 5% des Messwertes als Richtwert betrachtet. Der Messfehler des Instrumentes beträgt 0.4 m/s, dies ergibt für die Luftgeschwindigkeit einen gesamten Messfehler von 5% des Messwertes plus +/- 0.4 m/s.

Kanalquerschnitt:

Der Kanalquerschnitt wurde mit einem Doppelmeter gemessen. Die Messgenauigkeit beträgt +/- 0.5 cm.

Drehzahlmessung:

Der Messfehler beträgt +/- 1 0% des Messwertes, bedingt durch die Handhabung (mech. Übertragung) und der Messgerä-
tegenauigkeit.

Druckabfall:

Der Druckabfall wurde mit einem Drucktransmitter gemessen (Messfehler +/- 2.5%). Die Messung des Druckabfalles über
dem Ventilator ist infolge fehlender Normbedingungen, wie sie zum Erstellen der Ventilator Kennlinien herrschen, nicht
sehr genau. Die Differenzdruckmessung wird deshalb mit einem Fehler von +/-1 0% beaufschlagt.

Wirkleistung:

Die Messgenauigkeit des Messgerätes beträgt +/- 0.8% des Skalenendwertes. Im $\cos\phi$
Messbereich liegt die Messgrenze bei 0.3 kapazitiv und 0.3 induktiv. Messwerte ausserhalb des
Messbereiches müssen als unsicher betrachtet werden.

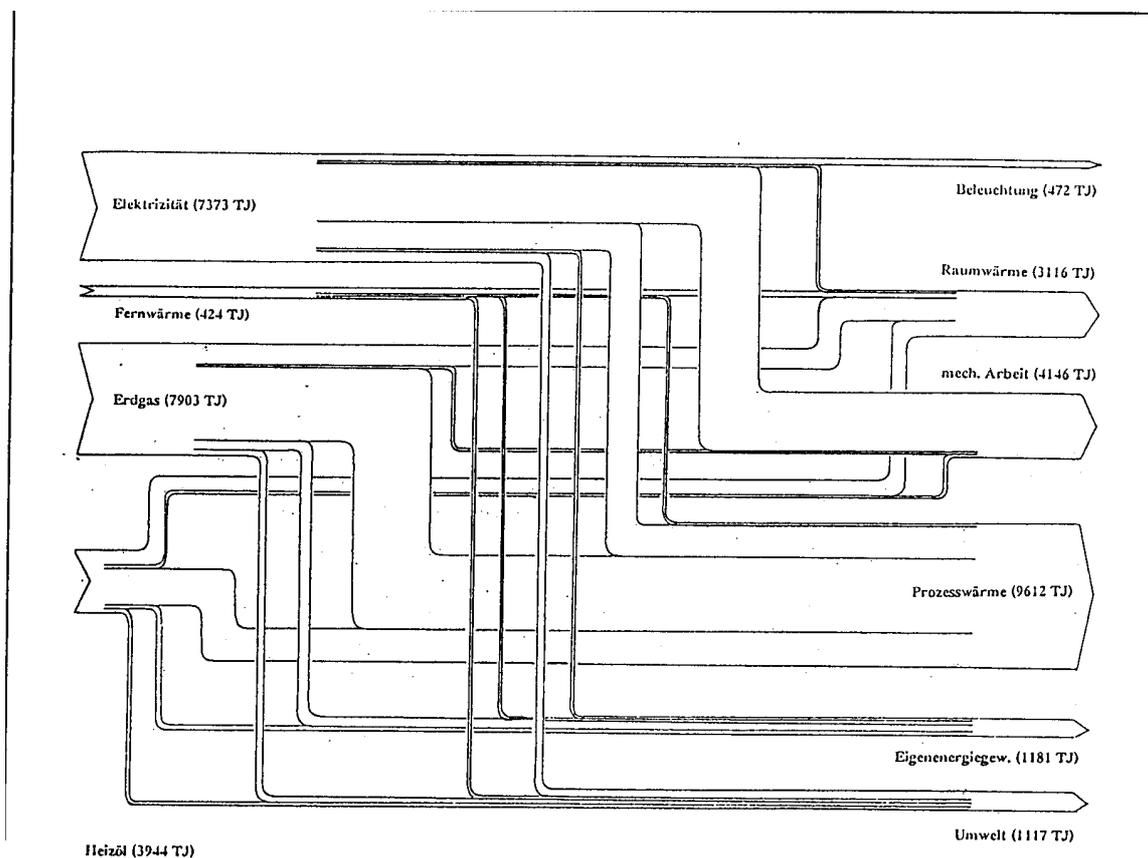
3 Ist - Zustand

3.1 Gesamtenergieverbrauch Chemische Industrie

Die vom Energie-Konsumenten-Verband (EKV) veröffentlichten Verbrauchszahlen der schweizerischen Gesellschaft für chemische Industrie (SGCI), sind in einem Energieflussdiagramm (Figur 3) zusammengestellt.

Dabei fällt auf, dass rund 55% der Elektrizität für mechanische Arbeit und ca. 28% für Prozesswärme eingesetzt werden. Weitere 7.5% werden für den Bereich Umweltschutz und rund 6.5% zu Beleuchtungszwecken eingesetzt. Der Rest (3%) verteilt sich auf die Bereiche Raumwärme und Eigenenergiegewinnung.

Figur 3: Flussdiagramm Chemische Industrie

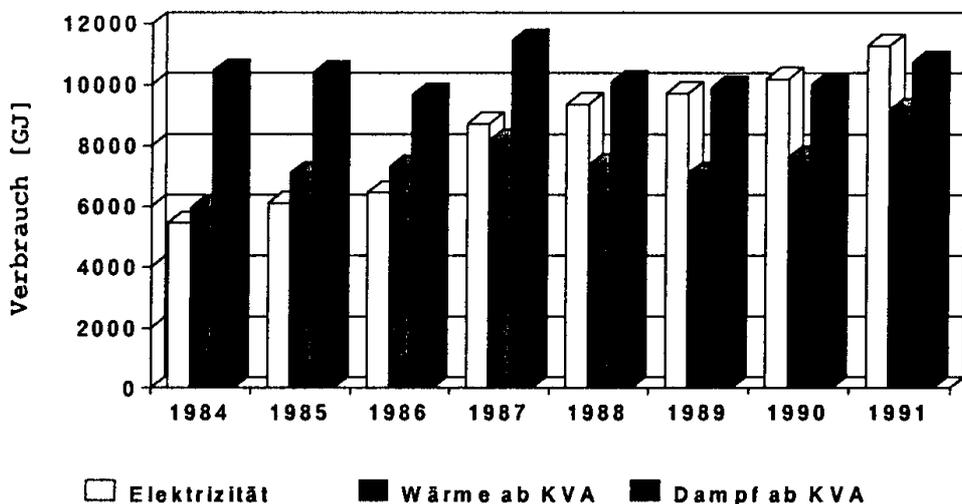


Energieverbrauch der schweizerischen Industrie und Wirtschaft
Branche: Schweizerische Gesellschaft für chemische Industrie (SGCI)
Berichtsjahr 1991

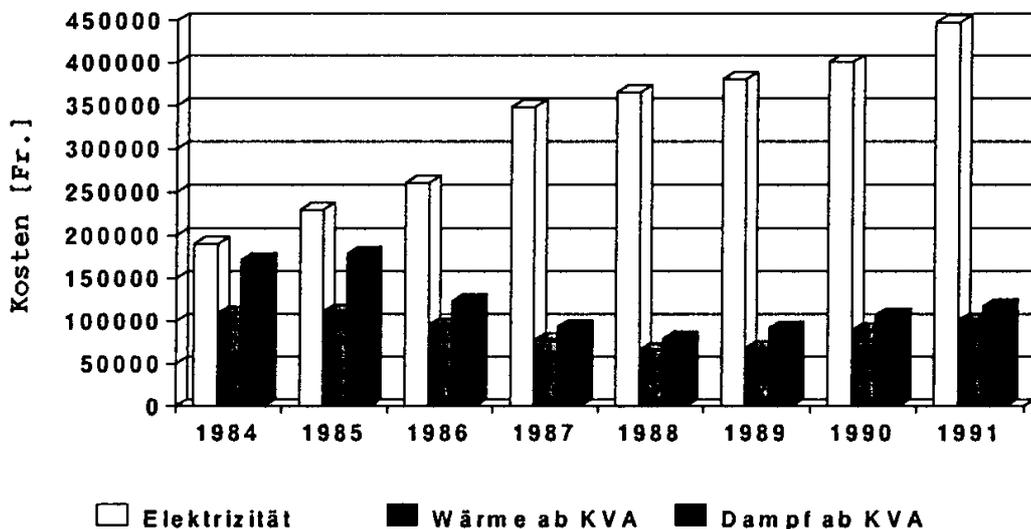
3.2 Energieverbrauch Fluka Chemie AG

Die Verbrauchszahlen der Jahre 1984 bis 1991 sind in Figur 4 zusammengestellt. Der Elektrizitätsverbrauch stieg in den letzten Jahren kontinuierlich an, der Dampfverbrauch ab KVA blieb hingegen über die gleiche Zeitspanne praktisch konstant. Der Wärmeverbrauch ab KVA ist infolge der verschiedenen kalten Winter starken Schwankungen ausgesetzt, in seiner Tendenz jedoch leicht zunehmend. Die Zunahme der Energieverbrauchswerte läuft parallel zur Produktionssteigerung und zur kontinuierlichen Vergrößerung der Produktpalette der letzten Jahre.

Figur 4: Energieverbrauch Fluka Chemie AG



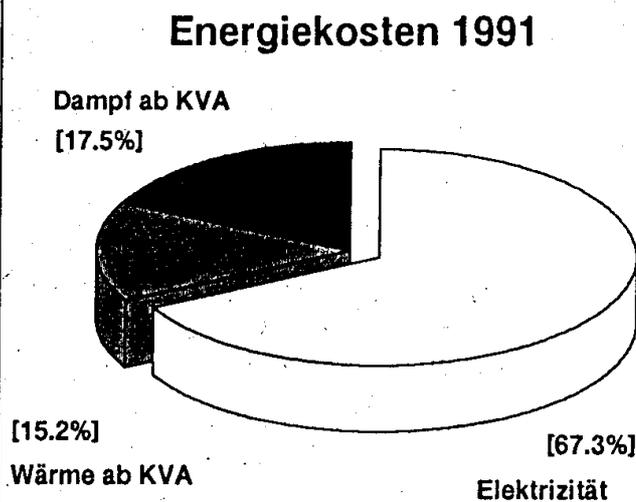
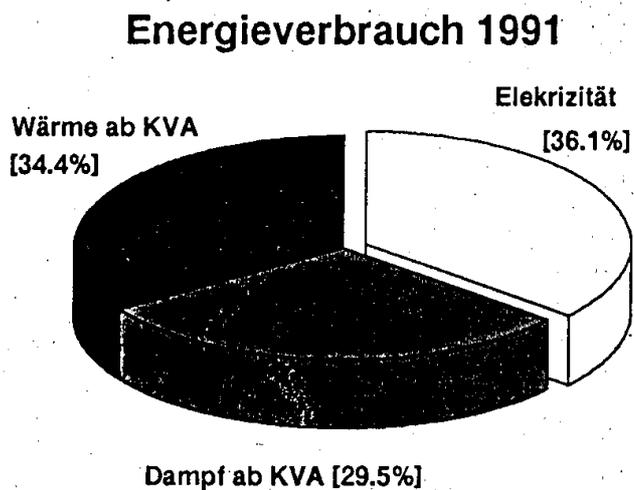
Figur 5: Energiekosten Fluka Chemie AG



Bei der Kostenstruktur zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Verbrauchszahlen (vergl. Figur 5). Es fällt auf, dass die Kosten für elektrische Energie mit rund 68% der Energiekosten den weitaus grössten Teil ausmachen (Figur 6). Die Tabelle 2 zeigt die Veränderung des Jahres 1990 gegenüber dem Jahr 1991.

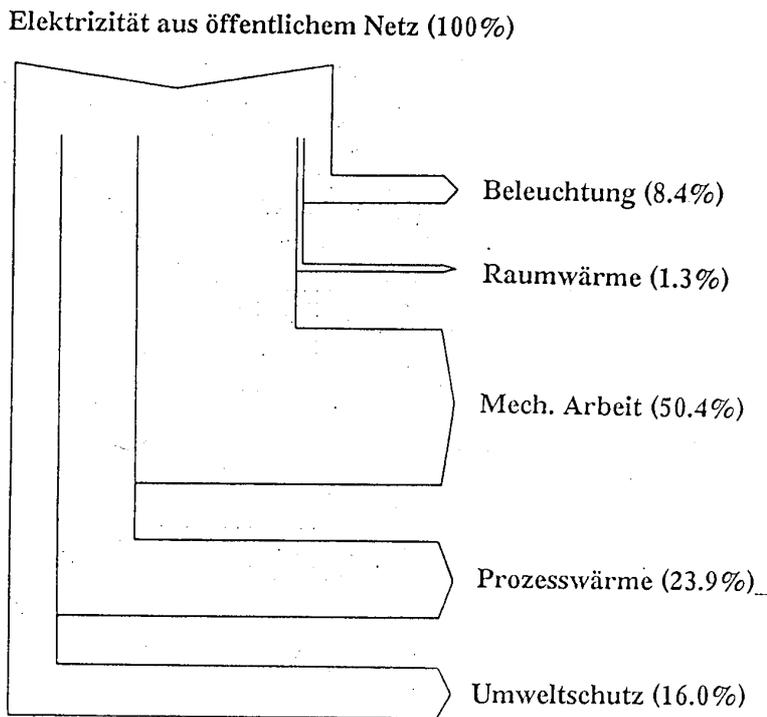
	Verbrauch	Kosten
Elektroenergie	+ 10.8 %	+ 11.5 %
Wärme ab KVA	+ 19.8 %	+ 12.6 %
Dampf ab KVA	+ 6.6 %	+ 8.5 %
Wasser	+ 30.4 %	+ 21.6 %
Stickstoff	+ 21.0 %	+ 19.4 %

Figur 6: Energieverteilung / Kostenverteilung



Der Elektrizitätsverbrauch der Fluka Chemie AG lässt sich infolge fehlender Registriergeräte nur schwer auf die verschiedenen Verbrauchsgruppen aufteilen. Eine Zusammenstellung der Verbrauchszahlen für die einzelnen Verbrauchsgruppen, analog der EKV-Daten, ist im Flussdiagramm in Figur 7 gegeben. Die Zahlen in den einzelnen Bereichen beruhen auf geschätzten Werten. Genaue Verbrauchswerte sind nur für die verschiedenen Betriebsgebäude mit eigenen Elektrozählern erhältlich. Eine Zusammenstellung der Verbrauchszahlen der Jahre 1990 / 91 ist im Anhang B gegeben.

Figur 7: Energieflussdiagramm Fluka Chemie AG



3.3 Statistik Lüftungsanlagen

Bei der Firma Fluka Chemie AG sind etwas mehr als 200 Antriebsmotoren für Lüftungsanlagen im Einsatz. Beim weitaus grössten Teil der Motoren handelt es sich um Drehstrom-Motoren nach genormter Baureihen. Rund 40% der Motoren sind mehrstufig ausgelegt (polumschaltbar). Die untenstehende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der eingesetzten Lüfterantriebe nach Leistungsgrössen (Quelle Lit. [6])/[7].

Lüfterantriebe nach Leistungsgrösse

Leistung [kW]	Zuluft	Abluft	Total
0.1...0.9	22	80	102
1.0...1.8	14	11	25
1.9...6.0	22	46	68
6.5...11.0	1	0	1
12.0...17.5	2	2	4
18.0...30.0	2	1	3
> 30.0	0	1	1
Total	63	141	204

3.4 Rundsteueranlage

Der weitaus grösste Teil der Lüftungsanlagen wird über die Rundsteueranlage ein- und ausgeschaltet. Neben der Lüftung wird mit der Rundsteueranlage auch die Heizung und Teile der Aussen- sowie der Innenbeleuchtung geschaltet. Eine Lastoptimierung wird mit der Rundsteueranlage nicht durchgeführt. Der Grund dafür liegt in den relativ kleinen Leistungsspitzen und der Unmöglichkeit, eine selektive Lastabschaltung vorzunehmen.

3.4.1 Konzept:

Vom Kommandogerät wird ein Impulstelegramm zum Generator übertragen, der dann dieses Signal mit einer tiefen Trägerfrequenz ins Stromnetz aussendet. Die Codierung der Sendung erfolgt nach einem bestimmten Impulsmuster. Jeder Befehl setzt sich aus Startimpuls, Intervall und weiteren Impulsen zusammen. Die Anwahl der verschiedenen Empfängergruppen erfolgt mittels verschiedenen Adressen. Die Decodierung der unterschiedlichen Telegramme erfolgt in den programmierbaren Rundsteuerempfängern.

Feiertagssperre, Wochentagssperre und Saisonbedingungen können vom Anlagenbetreiber frei programmiert werden. Infolge der Wochentagssperre sind viele der Anlagen am Wochenende ausser Betrieb. Um ein Arbeiten am Wochenende zu ermöglichen, können die Abteilungsleiter einzelne Schaltgruppen ein- und ausschalten.

3.4.3 Externe Eingänge / Saisonbedingungen

Externe Eingänge:

E1 = Aussenluftthermostat Bau 17

E2 = Reserve

E3 = Steuergerät Heizung Bau 17

E4 = Dämmerungsschalter Bau 17

E5 = Reserve

E6 = Kontakt Empfänger EWB (Hochtarif)

E7 = Kontakt Empfänger EWB (Abenddämmerung) E8 = Kontakt Empfänger EWB (Boilerladung)

Saisonbedingungen: Sommer: 01.05. bis 31.08.

Winter 01.09. bis 30.04.

3.4.3 Rundsteuerprogramm

Die Einstellungen am Rundsteuerprogramm wurden anhand einer Umfrage unter den Abteilungsleitern, die den Lüftungsbedarf in ihren Bereichen angeben mussten, vorgenommen. Basierend auf diesen Angaben wurde das Rundsteuerprogramm mit den entsprechenden Ein- und Ausschaltzeiten erstellt. Kleinere Korrekturen waren aufgrund von Reklamationen nötig, in den letzten drei Jahren wurden jedoch kaum grössere Änderungen vorgenommen.

Bei der Analyse des Rundsteuerprogrammes konnten 90% der über die Rundsteueranlage geschalteten Lüftungsanlagen in 6 typische Zyklengruppen eingeteilt werden:

Zyklusgruppe 1: Ein-Befehl Winter zeitlich früher als Ein-Befehl Sommer

Zyklusgruppe 2: EIN/AUS Winter und Sommer zur selben Zeit, jedoch zwei Stunden Nacht-

lüftung im Sommer und nur eine Stunde Nachtlüftung im Winter

Zyklusgruppe 3: Betriebszeit Winter 0600-1700, keine Nachtlüftung Betriebszeit Sommer 0530-2030, Nachtlüftung 2300-01 00

Zyklusgruppe 4. Stufe 1 während der Nacht
Stufe 2 während dem Tag

Zyklusgruppe 5: Anlage wird generell auf Stufe 2 betrieben
Stufe 1 kommt nicht zum Einsatz

Zyklusgruppe 6: Anlage läuft nur tagsüber, Sommer und Winterbetrieb identisch

Die während den Messungen genauer untersuchten 8 Lüftungsanlagen stammen alle aus den Zyklusgruppen 1 ... 5.

3.4.4 Arbeitszeiten

Für die Belegschaft der Firma Fluka AG gilt während dem ganzen Jahr mit wenigen Ausnahmen das Prinzip der gleitenden Arbeitszeit.

Bereich Gleitzeit: 07'00 - 18'00

Blockzeiten: 08'15 - 11'30 und 14'00 - 16'30

Freitags: 08'15 - 11'30 und 14'00 - 16'00

Mittagszeit: min. 45 Minuten

Erfahrungen zeigen, dass in einzelnen Bereichen die Gleitzeit kaum genutzt wird. Dies hängt teilweise mit den Grenzgängern zusammen, welche mit Arbeitsbussen an- und abreisen. Für diese Bereiche kann mit Fixzeiten von 07'00 bis 16'30 gerechnet werden.

In einzelnen Bereichen der Produktion und Fabrikation wird der Spielraum der Gleitzeit weitgehend ausgenutzt. In diesen Bereichen laufen die Produktionsanlagen teilweise auch Nachts und an Wochenenden. Die Überwachung der Prozesse erfolgt ausserhalb der Gleitzeit durch die Securitas. Zusätzlich sind Störsignale am technischen Alarm angeschlossen.

Im Bau 106S (Fabrikation) wird im 2 Schicht Betrieb gearbeitet.

Schicht 1: 05'00 - 13'00

Schicht 2: 13'00 - 21'00

Auch in diesem Bereich können die Anlagen über Nacht oder an Wochenenden in Betrieb sein.

Die Betriebszeiten der Lüftungsanlagen stimmen in vielen Fällen nicht mit den tatsächlichen Arbeitszeiten der Belegschaft überein.

3.5 Siwako

Seit rund fünf Jahren wird bei der Fluka Chemie AG eine Stelle für EDV unterstützte Instandhaltung betrieben. Das Projekt läuft unter dem Namen Siwako (Sicherheit - Wartung Kontrolle), seine Ziele sind u.a.:

Gewährleistung der Betriebssicherheit der Anlagen Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit
Verbesserung der Zuverlässigkeit der Anlagen

Gemäss Zielsetzung verspricht man sich von diesem Projekt auch eine Reduktion des Energieverbrauches, wobei noch keine konkreten Resultate oder Erfolge vorliegen. Mit der eigentlichen Datenanalyse wird erst im Frühjahr 1993 begonnen werden.

4 Messungen

Für die Messungen wurden acht typische Lüftungsanlagen der Firma Fluka Chemie AG anhand der im Werk vorhandenen Anlageschema und der bei früheren Untersuchungen festgehaltenen Anlagedaten ausgesucht [6], [7]. Die während den Messungen gemachten Beobachtungen über Aufbau, Bedienung und Unterhaltszustand waren neben den eigentlichen Messwerten weitere wichtige Informationsträger.

4.1 Ausgewählte Anlagen

Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die wichtigsten Daten der ausgesuchten Anlagen. Figur 8 zeigt ein Prinzipschema der Anlage 1 mit den vorgesehenen Messpunkten. Die Prinzipschematas der Anlagen 1 bis 8 sind im Anhang E zusammengestellt.

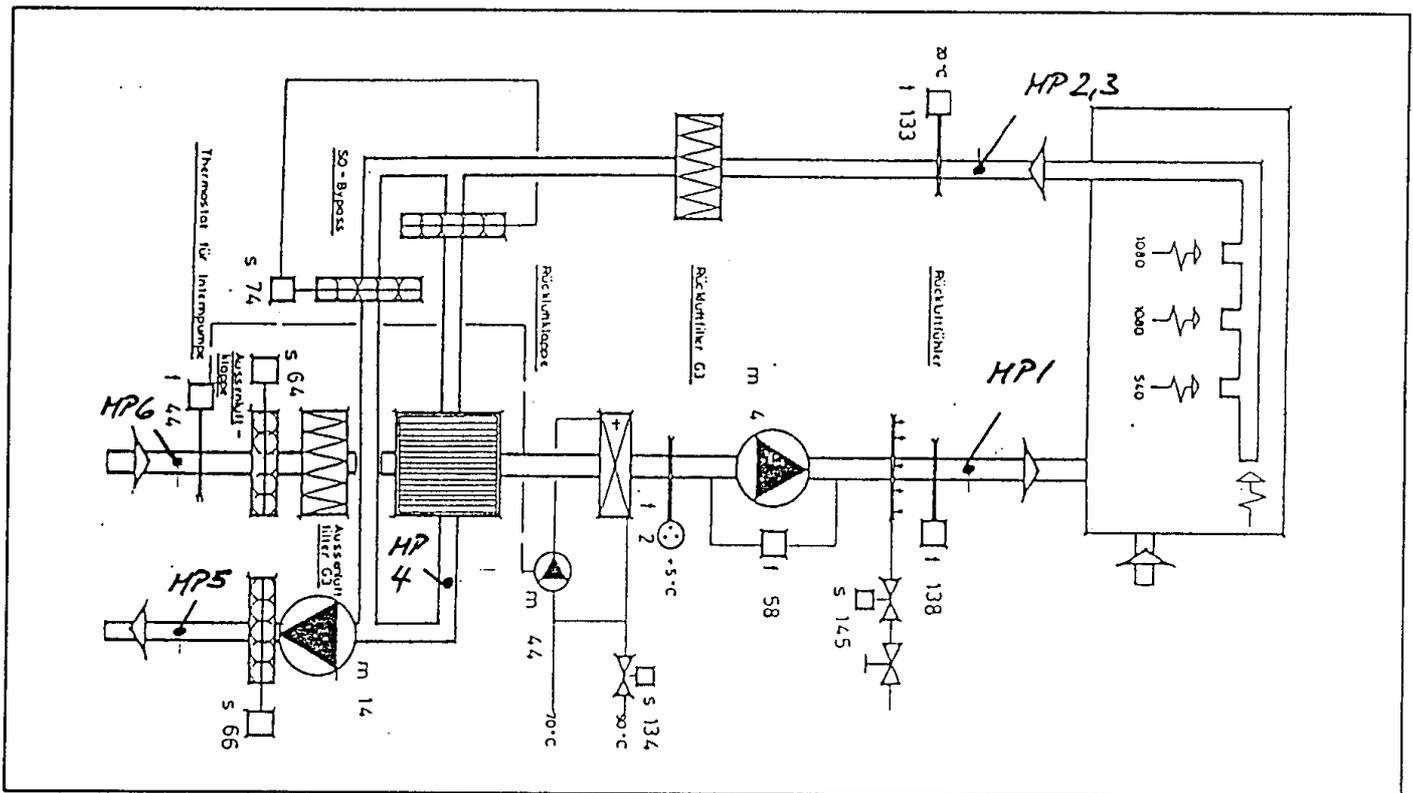
Tabelle 3: Für die Messung ausgewählte Anlagen

Anlage Nr	Ort	Raum-nutzung	ZL	AL	Filter	Baujahr	RSA	Bem.
1	Bau 106 S Raum 104, 108	Biolabor	Decke	Kapellen- abzüge	vor Messung gewechselt	1982	Stufe 1: 18'00-06'00 Stufe 2: 06'00-18'00	Anlage sauber, gut gewartet
2	Bau 106 S Raum 221	Labor	Decke Zusatzventi- lator von Hand gest.	Bodenkapel- le mit Zusatzvent. und QAL Tisch- kapelle und Stinkraum mit Zusatzvent. und QAL	nicht zugänglich	1980 (Nach- rüstung)	Stufe 1: 18'00-05'10 Stufe 2: 05'10-18'00	guter Zustand
3	Bau 17 Raum 106	Hochregal- lager	Einblasöff- nung auf Niveau Boden	Absaugöff- nung an Decke	sauber, Reinigung erfolgt jährlich	1977	Winter: 04'30-17'00 Sommer: 06'00-17'00	guter Zustand
4	Bau 9 Raum 202, 205, 207, 229, 230, 237, 238	Abfüllplatz	offene Kanal- enden oder Drallausläs- se	Kapellen mit QAL, Raumluft über Decken- kanäle	sauber	1981	Winter: 06'00-17'00 Sommer: 05'30-20'30 23'00-01'00	Ein- und Auslass- öffnungen liegen nah beisammen Kurz- schluss möglich
5	Bau 13 Raum 108 - 112	Fasslager	Einblas- öffnung auf Niveau Boden	Raumablu- ventilatoren QAL mit Schlauch- system, Absaug- öffnungen mit Klappen schliessbar	sauber	1984	Winter: 05'30-17'00 23'59-01'00 Sommer: 05'30-17'00 23'00-01'00	

6	Bau 106 S Raum 325	Produktion	Kompaktegäte, 2 Stück	QAL über ALURA, Raumabluft über Treppe oder offene Fenster	k.A.	k.A.	Stufe 1: 18'00-05'10 Stufe 2: 05'10-18'00	Anlage in schlechtem Zustand, wird im Zuge des bevorstehenden Anbaues saniert
7	Bau 106 N Raum 153-157, 253, 353-356	Kleinproduktion	Dralleinlass	Abluftanlage Steh- und Tischkapellen mit QAL	sauber	1987	Stufe 1: 18'00-05'00 Stufe 2: 05'00-18'00	Motor für Sturmflüftung läuft im Normalbetrieb über Keilriemen "leer" mit
8	Bau 8 Raum 117, 217, 317	Abfüllplatz	Decke	Kapellenabluft mit separaten Ventilatoren	k.A.	1961	Winter: 05'30-17'00 23'59-01'00 Sommer: 05'30-17'00 23'00-01'00	starke Korrosion am Monoblock

Verwendete Abkürzungen: ZL = Zuluft AL = Abluft QAL = Quellenabluft
ALURA = Abluftreinigungsanlage RSA = Rundsteueranlage

Figur 8: Prinzipschema, Messpunkte



4.2 Messwerte

Die Messwerte der einzelnen Anlagen sind in der Tabelle 4 zusammengestellt. Die Messprotokolle der einzelnen Anlagen sind im Anhang C beigefügt. Gemessen wurden der Volumenstrom, die Drehzahl und der Druckabfall des Ventilators, die elektrische Wirkleistungsaufnahme und der $\cos \phi$ der Ventilatormotoren.

Bei den Messungen war es nicht immer möglich alle Messwerte zu erheben. Gründe dafür waren:

Der Volumenstrom konnte nicht überall erfasst werden, was durch fehlende oder unzugängliche Messstellen bedingt ist.

Die Messung bei reduziertem Betrieb (Stufe 1) konnte aus Sicherheitsgründen während der Arbeitszeit nicht überall durchgeführt werden (zu kleiner Volumenstrom).

Die Drehzahl konnte teilweise nicht erfasst werden, da die Ventilatoren bei geöffneten Monoblöcken nicht ausgemessen werden sollten (verfälschte Betriebsbedingungen).

Der Druckabfall über den Ventilatoren konnte praktisch nirgends erfasst werden, da die Messstellen fehlten.

Der $\cos \phi$ konnte bei vielen Motoren nicht mit Sicherheit gemessen werden. Teillastbetrieb im Bereich um 20%.

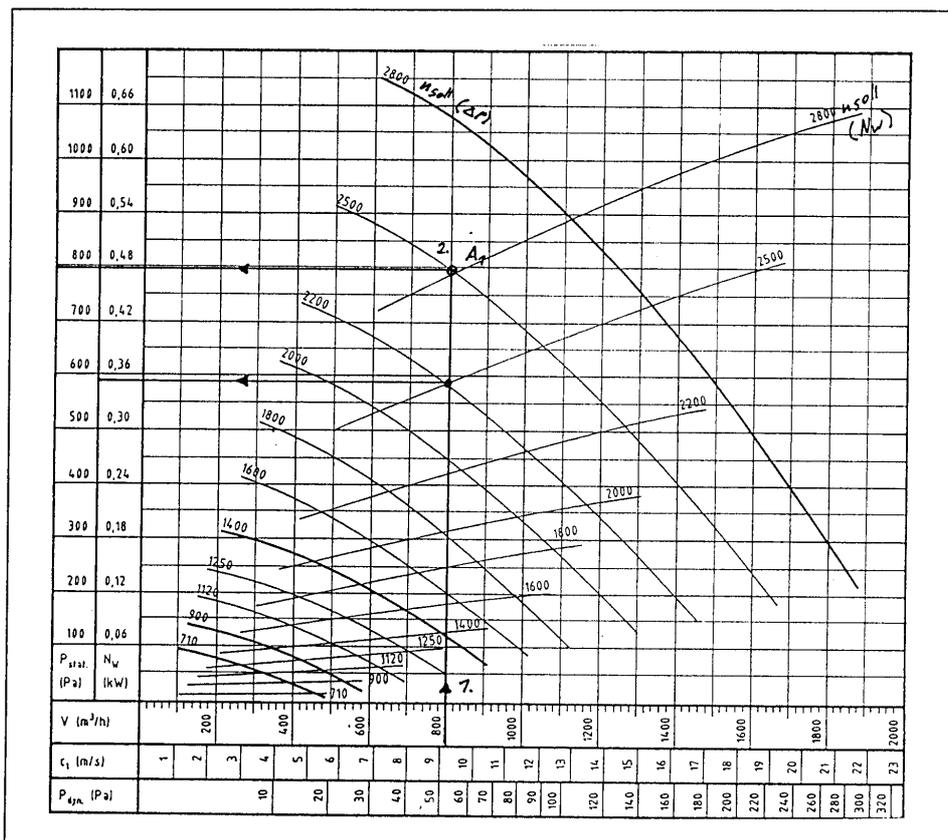
Die Wirkleistungsmessung ist je nach gemessenem $\cos \phi$ mit einem Fehler behaftet.

Zur Bestimmung des Gesamtwirkungsgrades müssen Volumenstrom, Druckabfall und aufgenommene elektrische Leistung bekannt sein. Infolge der beschriebenen Schwierigkeiten konnte der Druckabfall jedoch meist nicht gemessen werden. Um für die Untersuchung einen Rechenwert zu erhalten, wurde der Druckabfall anhand der Ventilatorkennlinie bestimmt.

Vorgehen zur Bestimmung des Druckabfalles (vergl. Figur 9):

- 1) Volumenstrom in Diagramm eintragen
- 2) Schnittpunkt mit Drehzahlkurve (n soll Δp) ergibt Arbeitspunkt A1
- 3) Verbindung mit Ordinate ergibt Druckabfall

Figur 9: Ventilatorcharakteristik



- Legende:
- P_{dyn} : Dynamischer Druck vom Ventilator erzeugt, wird zum grossen Teil in Verluste umgesetzt
 - P_{stat} : Statischer Druck
 - c_1 : Luftgeschwindigkeit
 - V : Volumenstrom
 - N_w : Antriebsleistung Ventilator

Tabelle 4: Messwerte

Anlage	Motor	St.	n VM [U/min]	$\Delta P M$ [Pa]	dVM [m ³ /h]	P el. M [kW]	cos phi M	Eta Tot. M	Eta Tot. S	
1	ZL M4	1				0.30	0.35		0.32	
		2	1650	430		0.96	0.65		0.40	
	AL M14	1				0.36	0.15		0.17	
		2	1580	605	3264	1.14	0.69	0.48	0.43	
		3				3.18	0.74		0.49	
2	ZL M34	1			1513	0.30	0.40		-	
		2			2319	0.54	0.46		0.35	
	AL M94	1				859	0.51	0.42		0.07
		2	980			2950	3.18	0.80		0.31
		3				542	0.25	0.30		0.49
	AL M104	1				1507	0.57	0.58		0.16
2					2837	3.48	0.89		0.31	
3										
3	ZL M342				4873	1.00	0.74		0.47	
	AL M352					1.04	0.40		0.51	
	Sturm M92								0.05	
4	ZL M11	1			3180	0.85	0.34		-	
		2		190	5685	1.85	0.58	0.16	0.34	
	AL M12	1				3841	0.36	0.27		-
		2	820	100	6617	0.87	0.41	0.21	0.14	
	Q Ost M16		1380	318	106	0.20	0.22	0.05	0.10	
	Q West M17				504	0.60	0.63		0.06	
	Sturm Ost M18		1070			1.02	0.44		0.17	
	Sturm West M19		1109			1.18	0.50		0.16	
5	ZL M4	1				0.56	0.32		-	
		2	1154	875	9660	2.70	0.72	0.87	0.52	
	Q M14		1448	520	324	0.37	0.38	0.13	0.32	
	Q M24				265	0.75	0.43		0.32	
	AL M34					0.32	0.50		-	
	AL M44					0.63	0.61		-	
	AL M54		1500			0.32	0.31		-	
AL M64		1400			1.15	0.75		-		
6	ZL West	1				0.23	0.44		-	
		2			734	0.30	0.40		-	
	ZL Ost	1				0.19	0.30		-	
		2				0.26	0.33		-	
7	ZL M212	1				2.28	0.57		-	
		2		700	17822	6.60	0.73	0.53	0.43	
	ZL M251 (Sturm)								-	
	AL M221	1				1.60	0.57		-	
AL M261 (Sturm)	2	540	830	17231	3.76	0.70		0.42		
					33.75	0.78		-		
8	ZL M26	1							-	
		2							-	
		3	923			7853	1.83	0.67		-
	Q M39				763	0.24	0.38		0.25	
	AL M31				920	0.39			0.12	
	AL M32				693	0.27	0.35		0.11	
	AL M33				1152	0.48	0.42		-	
	AL M34				750	0.18	0.28		0.21	
AL M35				1148	0.29	0.45		0.28		
AL M36				688	0.16			0.14		

Legende:

nVM: Ventilatorzahl (gemessen)

PelM: elektrische Leistung (gemessen)

EtaTotS: Gesamtwirkungsgrad Ventilator (aus Auslegungsdaten)

ZL: Zuluft

Q: Quellenluft

dPM: Druckabfall am Ventilator (gemessen)

cosphiM: Leistungsfaktor (gemessen)

AL: Abluft

Mxx: Motornummer

dVM: Volumenstrom (gemessen)

EtaTotM: Ges. Wirkungsgrad Ventilator (Messdaten)

Sturm: Sturmluft

4.3 Erkenntnisse

Anhand der durchgeführten Messungen und der dabei gewonnenen Messwerte, lassen sich einige Aussagen über den Zustand, den Wirkungsgrad und mögliche Verbesserungen der Lüftungsanlagen machen. Die nachfolgende Aufzählung soll einen Überblick über die bei der Firma Fluka Chemie AG gefundenen Erkenntnisse geben. Sie sind aber unter Berücksichtigung der betriebsspezifischen Anforderungen wie MAK-Werte, Luftwechselzahlen, Raumgeometrie, Komfortansprüche usw. auch für Lüftungsanlagen in anderen Industriebetrieben gültig. Die Grösse der Anlage spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

4.3.1 Mehrstufige Ventilatoren

In Tabelle 4 ist der Sollwert des Gesamtwirkungsgrades ($\eta_{\text{Tot.S}}$) aus den Auslegungsdaten des Ventilators ermittelt worden. Es ist ersichtlich dass der Gesamtwirkungsgrad bei mehrstufigen Ventilatoren auf der höchsten Stufe (V_{max}) die besten Werte erreicht (0.3 ... 0.5).

Bei den untersuchten Anlagen dient die höchste Stufe (Stufe 3) der Sturmblüftung, ist also nur in Notfällen in Betrieb. Während der Arbeitszeit laufen diese Ventilatoren auf einer tieferen Stufe (Stufe 2), also nicht im optimalen Arbeitspunkt.

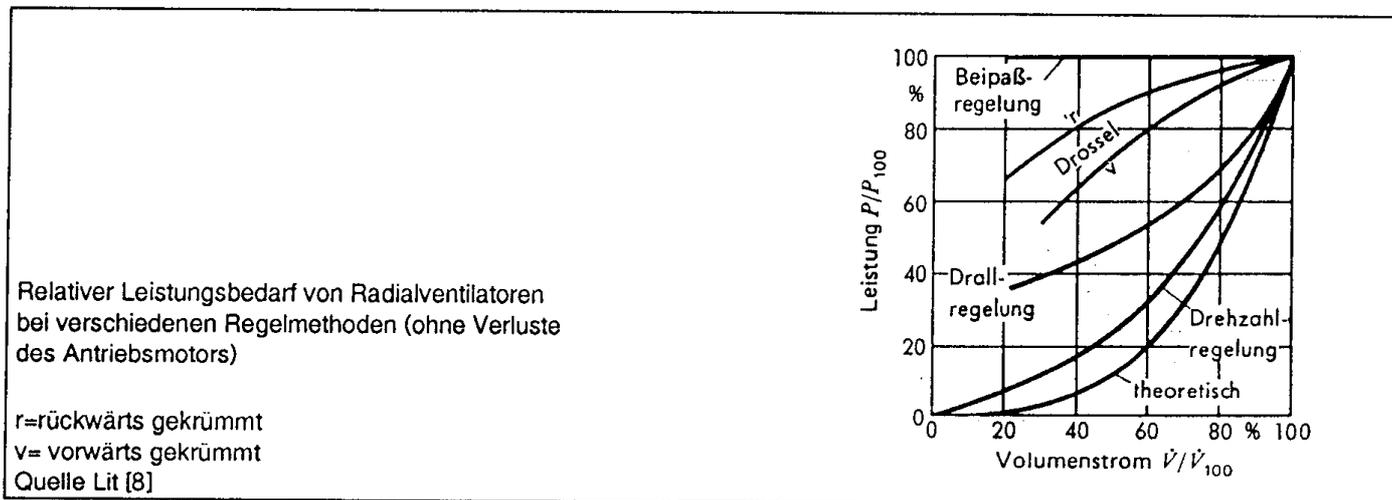
Bei mehrstufigen Ventilatoren sollte der Arbeitspunkt der am meisten verwendeten Stufe optimiert werden. Für Sturmblüftungen sollten separate Antriebe eingesetzt werden

4.3.2 Stufenlose, drehzahlvariable Antriebe

Keine der bei der Fluka Chemie AG im Einsatz stehenden Lüftungsanlagen ist mit einem stufenlosen, drehzahlvariablen Antrieb ausgerüstet.

Wie die Untersuchungen im Bereich der Quellenabluftanlagen zeigen, arbeiten die Anlagen teilweise gegen geschlossene Handklappen. Diese Art der Drosselung ist sehr energieintensiv. Mittels einer Drehzahlregelung über einen Frequenzumrichter kann mit geringerem Energieverbrauch dieselbe Wirkung erreicht werden. Als Führungsgrösse für den Frequenzumrichter kann der beim Schliessen der Handklappen entstehende Unterdruck verwendet werden. Energieeinsparungen bis zu 60% sind möglich (vergl. Figur 10).

Figur 10: verschiedene Drosselsteme



4.3.3 Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen

Beobachtungen in verschiedenen Räumen zeigen, dass die Zu- und Abluftöffnungen teilweise nahe beieinander liegen. Aufgrund dieser Anordnung kann es zu "Kurzschlüssen" bei der Raumdurchströmung kommen. Bei einer geänderten Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen kann bei gleicher Lüftungseffizienz der Volumenstrom der Anlage vermindert werden.

Solche "Kurzschlüsse" könnten bereits in der Planungsphase vermieden werden. Eine nachträgliche Änderung ist mit hohen Kosten verbunden und oft nicht wirtschaftlich.

4.3.4 Betriebszeiten

Beobachtungen der Betriebszeiten zeigten, dass einige der Anlagen teilweise auch ausserhalb der Arbeitszeit (Gleitzeitbereich) oder sogar Nachts eingeschaltet sind. Eine genaue Analyse der Steuerbefehle der Rundsteueranlage und der damit verbundenen Betriebszeiten wird in Kapitel 5.2 vorgenommen.

4.3.5 Unterhalt

Der Vergleich der Wirkungsgradsollwerte mit den gemessenen Gesamtwirkungsgraden zeigt, dass der Messwert tiefer als der Sollwert liegt. Dies kann verschiedene Gründe haben:

- verschmutzte Filter
- lose Keilriemen
- schlecht gewartete Motoren
- nachträglich abgeänderte Kanalnetze
- falsche Betriebsbedingungen (Fenster, Türen offen)

4.3.6 MAK-Werte

Eine präzise Auslegung der Lüftungsanlage bedingt eine genaue Kenntnis der anfallenden Stoffmengen. Im Betrieb der Fluka Chemie AG werden verschiedene Produkte hergestellt, abgefüllt und gelagert. Durch den häufigen Wechsel der verarbeiteten Produkte, bedingt einerseits durch die kleinen Produktionsmengen, andererseits durch die grosse Produktpalette, wird es sehr schwierig, die anfallenden Stoffe (Gase) zu bestimmen.

Eine Auslegung des Volumenstromes anhand der MAK-Werte ist unter diesen Voraussetzungen nicht erreichbar. Der Einsatz von Gassensoren ist bei den anfallenden Stoffgemischen sehr schwierig.

4.3.7 Planungswerte

In der Praxis wird der Volumenstrom der Lüftungsanlagen beim auftreten von Stoffgemischen nach "Faustformeln" oder anhand von Erfahrungswerten bestimmt. Eine einheitliche Regelung besteht nicht. Die auftretenden Unterschiede bei den Volumenströmen sind enorm. Diese Erkenntnis ist teilweise durch die relativ ungenauen Angaben in den Richtlinien, Vorschriften und Normen vorgegeben (vergl. Kapitel 2.4 und Anhang A).

Als Beispiel sind die Angaben der DIN 1946, Teil 7 mit den Herstellerangaben von Tischabzügen und den im Rahmen dieser Untersuchung gemachten Messungen verglichen worden (Tabelle 5).

Tabelle 5: Vergleich Norm, Herstellerangaben, Ausführung

Norm / Hersteller	Tischabzug	Tiefabzug	Begehbarer Abzug
DIN 1946	400	600	700
Hersteller A	450	550	700
Hersteller B	650	936	1300
Hersteller C	300	k.A.	k.A.
Labor 221 Fluka			
Stufe 1	270		270
Stufe 2	530		530
Stufe 3	1070		1070

Mengenangaben in m³/h pro Meter Frontlänge

Der Vergleich zwischen den Herstellerangaben ergibt Unterschiede von über 100%. Die Werte nach DIN werden nicht berücksichtigt. Die gemessenen Daten weichen stark von den Angaben der Hersteller ab.

4.3.8 Messwerte

Der Vergleich der gemessenen Volumenströme mit den Planungsunterlagen zeigt Unterschiede von +/- 20%. Die Anlagen jüngerer Datums weisen dabei geringere Abweichungen zu den Planungswerten auf. Inwieweit diese Feststellung einen allgemeinen Trend aufzeigt, ist nicht belegbar.

4.3.9 Luftwechselzahlen

In Tabelle 6 sind die Luftwechselzahlen wie sie anhand der Anlagedaten und der Gebäudepläne ermittelt wurden zusammengestellt. Es fällt auf, dass die Luftwechselzahlen teilweise massiv über den in den Vorschriften und Richtlinien geforderten Werten liegen.

Tabelle 6: Luftwechselzahlen

Anlage	Bau	Verwendung	Stufe	Rauminhalt	AL-Menge	Luftwechselzahl
				[m ³]	[m ³ /h]	[1/h]
1	106S	Labor	2	169.3	3264	19.28
2	106S	Labor	1	92.8	1342	14.46
			2	92.8	2366	25.50
			3	92.8	5787	62.36
3	17	Lager	2	2285	4873	2.13
4	9	Abfüllen	2	359.2	7227	20.12
5	7	Fasslager	2	1067.2	7000	6.56
6	106S	Produktion		762.6	1468	1.88
7	106N	Produktion		282.8	3022	10.69
		Produktion		495.9	5040	10.16
		Produktion		348	9336	26.83
8	8	Abfüllen		118.9	1613	13.57
		Abfüllen		119.3	1902	15.94
		Abfüllen		103.5	1836	17.74

Die grosse Diskrepanz zwischen den Angaben der Richtlinien, Vorschriften und Normen sowie der Planungswerte einerseits und der gemessenen Luftwechselzahlen andererseits, lässt sich teilweise damit erklären, dass eine Planung anhand der MAK-Werte nicht möglich ist. Das Fehlen einer Vorgabe führt zu einer allgemeinen Unsicherheit sowohl beim Anlagenbetreiber als auch beim Planer. Die Unsicherheit wird mit Sicherheitszuschlägen abgedeckt, wobei sich diese Zuschläge gegenseitig aufaddieren. Das Resultat sind die gefundenen Luftwechselzahlen von 15- bis 20fach/h.

Welche Planungswerte letztlich verwendet werden sollen lässt sich nicht endgültig sagen. Klar ist, dass neue Richtlinien zur Festlegung von Volumenströmen beim Auftreten von Stoffgemischen definiert werden müssen. Eine Zusammenarbeit zwischen den Anlagebetreibern und der SUVA resp. der Fachverbände ist anzustreben. Eine Planung anhand von "Faustformeln" unter Zugabe einer "Sicherheitsmarge" ist nicht im Sinne eines rationellen Energieeinsatzes.

4.4 Lastverlauf einer handgesteuerten Anlage

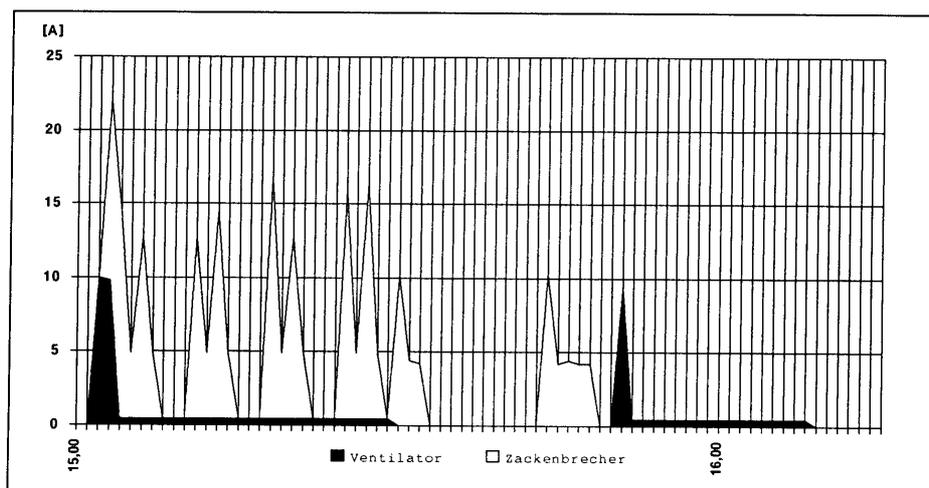
Während 10 Arbeitstagen wurde an einer handgesteuerten Lüftungsanlage an einem Arbeitsplatz mit Zackenbrecher (Grobmahanlage) eine Datenaufzeichnung durchgeführt. Aufgezeichnet wurden die Stromwerte des Zackenbrechers und der Lüftungsanlage. Damit waren die Ein- und Ausschaltsequenzen erfasst. Das Bedienungspersonal wurde über die Messung nicht informiert. Die eingeschaltete Lüftungsanlage ist in diesem Bereich hörbar.

Resultate:

Die Lüftungsanlage wird meistens parallel zum Zackenbrecher betrieben. Es sind keine unnötigen Laufzeiten feststellbar. Der Raum wird vereinzelt auch für andere, mit starken Geruchsemissionen verbundene Arbeiten verwendet.

Die Lüftung wird sehr diszipliniert betrieben. Ein Messdiagramm ist in Figur 1 dargestellt. Ein Messprotokoll befindet sich im Anhang D.

Figur 1 1: Handgesteuerte Anlage, Messdiagramm



5 Sparpotentiale

Der elektrische Energiebedarf von Lüftungsanlagen wird bestimmt aus dem Luftvolumenstrom, dem Druckverlust, dem Wirkungsgrad und der Nutzungszeit. Energieeinsparungen ergeben sich deshalb durch eine gezielte Beeinflussung der einzelnen Parameter:

- Senkung des Volumenstromes auf erforderliche Mindestluftmenge (MAK-Wert)
- Bedarfsabhängige Volumenstromregelung
- Optimierung der Kanäle und der technischen Einrichtungen auf minimalen Druckabfall
- Zu- und Abluftöffnungen im Hinblick auf eine optimale Raumluftrömung platzieren ("Kurzschlüsse" vermeiden)
- Auslegung des Ventilators und des Elektromotors auf optimalen Arbeitspunkt
- Direktantrieb des Ventilators und Einsatz von Ventilatoren und Motoren mit hohem Wirkungsgrad (Wirkungsgrad bei Keilriemenantrieb 0.96 ... 0.98, verschlechtert sich mit Verschmutzung und Alterung)
- Filter auf anfallenden Schmutz anpassen, bei richtiger Anströmgeschwindigkeit verwenden
- Anpassung der Betriebszeit an die Nutzungszeit der Räume und der Produktion
- Überwachung der Anlagen und der Räume mit Sensoren in Kombination mit einem zentralen Leitsystem

5.1 Sparpotential Lüftungsanlagen

Die im Rahmen der Untersuchung ausgemessenen Anlagen wurden auf ihre möglichen Sparpotentiale hin untersucht. Für Anlagen bei denen der Ventilator nicht im optimalen Arbeitspunkt läuft, wird das Sparpotential wie folgt bestimmt:

$$E_{\text{spar}} = \frac{t \cdot \Delta p \cdot \dot{V}}{\eta_{\text{Mot}}} \cdot \left(1 - \frac{\eta_{\text{Vist}}}{\eta_{\text{Vsoll}}} \right)$$

E_{spar}	einzusparende Energie pro Jahr [kWh/a]
t	Betriebszeit [h/a]
Δp	Druckabfall Ventilator [Pa]
\dot{V}	Luftvolumenstrom [m ³ /h]
η_{Mot}	Wirkungsgrad Elektromotor [-]
η_{Vist}	Wirkungsgrad Ventilator Ist-Zustand [-]
η_{Vsoll}	Wirkungsgrad Ventilator Soll-Zustand (bester Fall) [-]

Formel 5.1.a

Bei Quellenabluftanlagen wird der Energiebedarf einer Drosselregelung mit demjenigen einer Drehzahlregelung verglichen. Grundlage für die Berechnung ist die Annahme, dass im Normalbetrieb nur eine bestimmte Prozentzahl der Klappen gleichzeitig geöffnet sind, d.h. nur ein Teil des Volumenstromes effektiv benötigt werden. Das Sparpotential wird gemäss Formel 5.1.b

bestimmt:
Formel 5.1 b

$$E_{\text{spar}} = t * \Delta * P_{\text{Ap}}$$

E_{spar} Einzusparende Energie pro Jahr [kWh/a]
 t Betriebszeit [h/a]
 Δ Differenz zwischen Drossel- und Drehzahlregelung [%]
 P_{Ap} max. aufgenommene Leistung im Auslegungs-Arbeitspunkt [kW]

5.1.1 Sparpotential Anlage 1

Vorschlag: Reduktion des Luftvolumenstromes um 50%.
Begründung: Der Luftwechsel in diesem Bereich ist annähernd 20-fach, es sind starke Zugerscheinungen im Türbereich spürbar. Empfohlener Luftwechsel 10-fach.
Potential: Durch Reduktion der Volumenströme ergibt sich für Anlage 1 ein Sparpotential von 53% (5255 kWh/a).
Kostenschätzung: Fr. 8'000.—

5.1.2 Sparpotential Anlage 2

Vorschlag: Optimierung der Abluftventilatoren auf die 2. Stufe.
Begründung: Die Ventilatoren laufen im Normalbetrieb auf Stufe 2, sind aber als 3-stufige Antriebe konzipiert. Der Wirkungsgrad auf Stufe 2 ist entsprechend schlechter.
Potential: Die Optimierung der Abluftventilatoren ergibt für die Anlage 2 ein Sparpotential von 46% (2126 kWh/a).
Kostenschätzung: Fr. 11'500.—

5.1.3 Sparpotential Anlage 3

Das Hochregallager wird von 4 identischen Lüftungsanlagen bedient. In der Untersuchung wurde ein Raum (Anlage 3) ausgemessen. Das Sparpotential wurde auf alle 4 Anlagen hochgerechnet.

Vorschlag: Drehzahlregelung der Ventilatoren durch Raumtemperaturfühler und/oder Gassensor.
Begründung: Sommer und Winter laufen die Ventilatoren gleich, wobei im Winter der Umluftanteil herabgesetzt wird (weniger Emissionen infolge tiefer Temperaturen).
Potential: Falls die benötigten Volumenströme der Winter- und Sommerzeit stark differieren (Heiz- und Kühlbetrieb), kann während einer Jahreszeit der Luftvolumenstrom durch die Raumtemperatur geregelt werden. Geschätztes Sparpotential für das Hochregallager 12% (3264 kWh/a).
Kostenschätzung: Fr. 20'000.—

5.1.4 Sparpotential Anlage 4

Vorschlag: Optimierung der Arbeitspunkte der Zu-, Ab- und Quellenabluftventilatoren.
Begründung: Die Motoren sind teilweise überdimensioniert, die Arbeitspunkte sind falsch gewählt.
Potential: Bei Optimierung: 28% (4805 kWh/a).
Kostenschätzung: Fr. 15'000.—

5.1.5 Sparpotential Anlage 5

Vorschlag: Drehzahlregelung der Quellenabluftanlage
Begründung: Beobachtungen zeigten, dass an diesem Arbeitsplatz maximal 40% der Absaugstellen gleichzeitig benutzt werden, der Rest ist mit Schiebern abgeschlossen.
Potential: Eine Drehzahlregelung anstelle der Drosselregelung ergibt ein Sparpotential von 9% (2'018 kWh/a).
Kostenschätzung: Fr. 8'000.—

5.1.6 Sparpotential Anlage 6

Die Quellenabluftanlage im Bau 106S bedient mehrere Räume und wird auf die Abluft-Reinigungsanlage (ALURA) geführt.

Vorschlag: Drehzahlregelung des Quellenabluftventilators.
Begründung: Beobachtungen zeigten, dass nur etwa 80% der Absaugstellen gleichzeitig benützt werden.
Potential: Eine Drehzahlregelung anstelle der Drosselregelung ergibt ein Sparpotential von 36% (59'904 kWh/a).
Kostenschätzung: Fr. 55'000.—

5.1.7 Sparpotential Anlage 7

Der Sturmabluft-Ventilator läuft im Normalbetrieb über Keilriemen mit. Die Reibungsverluste belaufen sich dabei auf ca. 5 kWh/Tag. Der Mehrverbrauch durch diese Art von Ankoppelung ist gering, eine Verbesserung, ohne konstruktiv aufwendige Änderung, nicht ohne weiteres möglich.

5.1.8 Sparpotential Anlage 8

Vorschlag: Bestehende Anlage ersetzen.
Begründung: Die Anlage ist relativ alt (1961) und in einem schlechten Zustand (starke Korrosion am Monoblock).
Potential: Eine Neue Anlage sollte bei gleichen Leistungsdaten etwa 26% Energie sparen (2'876 kWh/a).
Kostenschätzung: Fr. 150'000.—

In der Tabelle 7 sind die Resultate der einzelnen Anlagen in kurzer Form zusammengestellt.

Tabelle 7: Sparpotentiale

Anlage	Motor	Arbeitszeit	Leistung		Sparpotential	Jahresenergieverbrauch	Kostenschätzung
			Tag	Nacht			
		[h/a]	[kW]	[kW]	[kWh/a]	[kWh/a]	[Fr]
1	M4+M14	2860	2.1	0.66	5255	9884	8'000.-
2	M34	2860	0.54	0	463	1544	
	M94	2860	0.51	0	554	1459	
	M104	2860	0.57	0	1109	1630	
	Total				2126	4633	11'500.-
3	ZL+AL	2860	8.16	0.75	3264	27745	20'000.-
4	M11	2860	1.85	0.85	1693	5291	
	M12	2860	0.87	0.36	1792	2488	
	M16	2860	0.2	0	462	572	
	M17	2860	0.6	0	858	1716	
	Total				4805	10067	15'000.-
5	M14+M24	2860	4.11	2	2018	23507	8'000.-
6	QL	4160	40	0	59904	166400	55'000.-
7	M212+M221	4160	21	7	6552	119392	
8	M26+M31-36+M39	2860	3.84	0	2876	10982	150'000.-
TOTAL					86800	372610	267'500

Eine Hochrechnung der Sparpotentiale für sämtliche im Einsatz stehende Lüftungsanlagen lässt sich nur schwer erstellen. Eine grobe Abschätzung der Sparpotentiale, unter Einbezug der wirtschaftlichen Aspekte, erfolgt im Kapitel 5.6.

5.2 Sparpotential Rundsteueranlage

Ausgehend von der im Kapitel 3.3.3 vorgenommenen Einteilung der Lüftungsanlagen in die verschiedenen Zyklusgruppen, wird versucht, mögliche Sparpotentiale durch Änderung der Rundsteuerbefehle aufzuzeigen. Im Anschluss daran wird beschrieben, wie mit weitergehenden, einfachen Massnahmen elektrische Energie gespart werden kann. Die vorgeschlagenen Massnahmen sind mit wenig Aufwand zu realisieren, eine Erfolgskontrolle unter Einbezug der betroffenen Arbeitsbereiche muss aber durchgeführt werden.

5.2.1 Sparpotential Zyklusgruppe 1

Die Anlagen der Zyklusgruppe 1 werden während der Wintersaison morgens 0,75 bis 1,5 Stunden früher eingeschaltet als im Sommer. Begründet wird dieses Vorgehen mit der Aufheizzeit der Arbeitsräume. Dieses Vorgehen richtet sich weder nach der herrschenden Raumtemperatur noch nach der Aussentemperatur.

Vorschlag: Steuerung des Einschaltbefehls für die Lüftung über einen Raum- oder Aussenthermostat.

Begründung: Bei der eingestellten Saisonbedingung "Winter" (1.Sept. bis 30.April) kann es durchaus Perioden geben, bei denen ein Beheizen der Arbeitsräume nicht nötig ist.

Potential: Unter der Annahme von 30 "Wärmertagen" in der Wintersaison (Heizen nicht nötig, Lüftung wird später eingeschaltet) ergibt sich in der Zyklusgruppe 1 ein Sparpotential von ca. 1,5% (1080 kWh/a).

5.2.2 Sparpotential Zyklusgruppe 2

In der Zyklusgruppe 2 laufen die Lüftungsanlagen Nachts während der Sommersaison 2 Stunden, in der Wintersaison 1 Stunde. Der Tagbetrieb ist für Sommer und Winter identisch. Die Anlagen sind am Wochenende (Sa, So) ausgeschaltet. Die Nachtlüftung wird mit starken Geruchsemissionen und mit Reklamationen durch die Securitas begründet. Die Geruchsemissionen sind während der warmen Jahreszeit grösser. Die Nachtlüftung von 1 resp. 2 Stunden dient nicht der Auskühlung der Gebäude.

Vorschlag: Lüftung während der Nacht stossweise.

Begründung: Die Lüftungsanlagen der Zyklusgruppe 2 erreichen Luftwechselzahlen von $n=1$ 0..... 15/h. Durch ein stossweises Lüften ist ein genügender Luftaustausch zur Beseitigung der Geruchsemissionen gewährleistet.

Potential: Bei einer stossweisen Lüftung von 0,25h zu jeder vollen Stunde (vergl. Figur 12) ergibt sich während dem Nachtbetrieb ein Sparpotential von ca 56% (4130 kWh/a).

5.2.3 Sparpotential Zyklusgruppe 3Ä

hnlich wie in der Gruppe 2 laufen die Anlagen der Zyklusgruppe 3 zusätzlich zum Tagbetrieb noch 2 Stunden im Nachtbetrieb. Der Nachtbetrieb wird jedoch nur in der Sommersaison aufrechterhalten.

Im Unterschied zur Gruppe 2 laufen die Anlagen der Zyklusgruppe 3 im Sommer jeweils Abends um 3,5 Stunden länger. Grund für die längeren Laufzeiten sind die bei höheren Temperaturen verstärkt auftretenden Geruchsemissionen.

Vorschlag: Lüftung abends und während der Nacht stossweise.

Begründung: Die Lüftungsanlagen der Zyklusgruppe 3 erreichen Luftwechselzahlen von n 1 0 20/h. Durch ein stossweises Lüften ist ein genügender Luftaustausch zur Beseitigung der Geruchsemissionen gewährleistet.

Die gleitende Arbeitszeit wird von der Belegschaft in diesem Arbeitsbereich kaum ausgenutzt. Erfahrungen zeigen, dass ab 17 Uhr normalerweise niemand mehr arbeitet.

Potential: Bei einer stossweisen Lüftung, wie sie in Figur 13 dargestellt ist, ergibt sich für den Abend- und Nachtbetrieb ein Sparpotential von ca. 72% (12'000 kWh/a). Für den Gesamtverbrauch der Anlage sind dies ungefähr 10%.

5.2.4 Sparpotentiale Zyklusgruppe 4

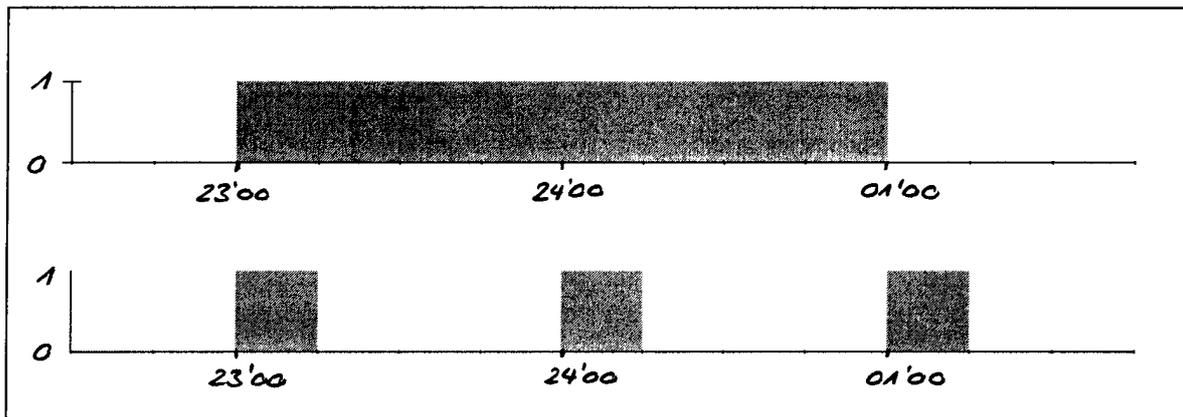
Bei der Zyklusgruppe 4 laufen die Lüftungsanlagen ganzjährig im Nachtbetrieb auf Stufe 1. Während dem Wochenende sind die Anlagen teilweise abgestellt.

Vorschlag: Nachtbetrieb mit stossweiser Lüftung

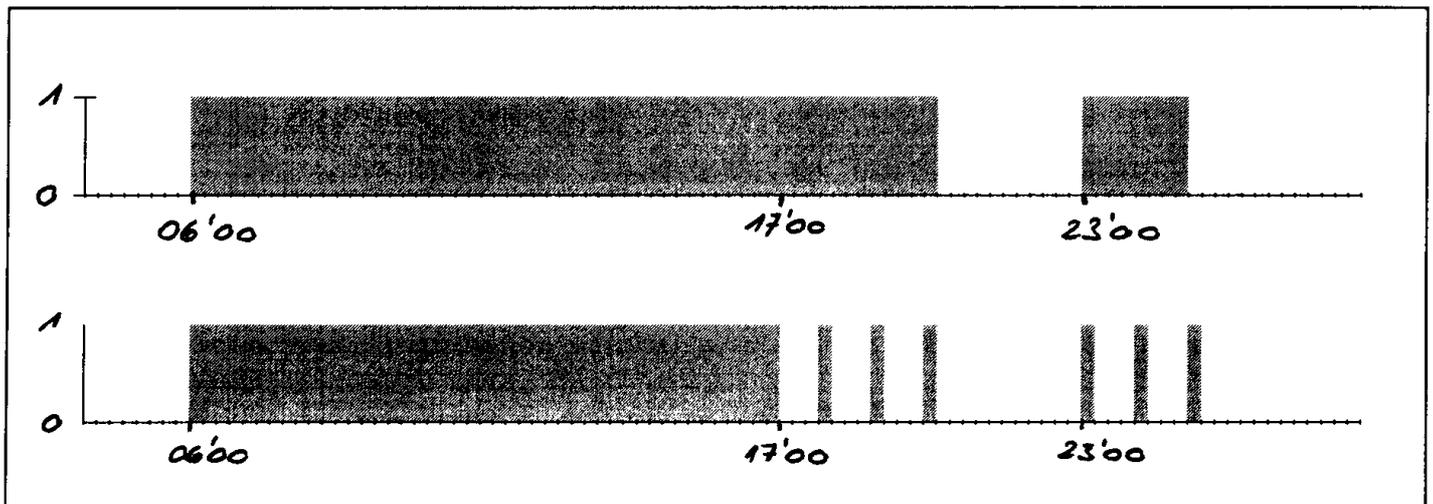
Begründung: Auch in dieser Gruppe werden Luftwechselzahlen von $n = 15/h$ erreicht. Eine stossweise Lüftung genügt, um die Geruchsemissionen zu beseitigen.

Potential. Wird nach demselben Prinzip wie in der Zyklusgruppe 2 gelüftet (vergl. Figur. 1 2), so ergibt sich für den Nachtbetrieb ein Sparpotential von ca. 75% (88'500 kWh/a). Umgerechnet auf den Gesamtverbrauch beträgt die Einsparung 20%.

Figur 12: Stossweise Lüftung Nachtbetrieb



Figur 13: Stossweise Lüftung Sommerbetrieb



5.2.4 Sparpotential Zyklusgruppe 5

Die Lüftungsanlagen in dieser Zyklusgruppe werden durchwegs auf Stufe 2 betrieben. Im Sommer auch 2 Stunden nachts. Begründet wird diese Vorgehen mit der Bildung von starken Geruchsemissionen in diesen Bereichen.

Vorschlag: Nachtlüftung auf Stufe 1 und stossweise.

Begründung: Auf Stufe 1 beträgt der erreichte Luftwechsel $n = 6 \dots 12/h$. Eine stossweise Lüftung ist zur Vermeidung von Geruchsemissionen ausreichend.

Potential: Unter der Annahme, dass der Antriebsmotor der Lüftungsanlage auf Stufe 1 nur rund 1/3 der Leistung von Stufe 2 aufnimmt, und während dem Nachtbetrieb stossweise gelüftet wird (analog Zyklusgruppe 2), ergibt sich für den Nachtbetrieb ein Sparpotential von ca. 85% (2570 kWh/a).

5.2.6 Sparpotential Zyklusgruppe 6

Die Lüftungsanlagen der Zyklusgruppe 6 laufen im normalen Tagbetrieb. Mit einfachen Massnahmen ist in dieser Gruppe kein Sparpotential zu realisieren.

5.2.7 Weitergehende Sparmöglichkeiten

Durch genaue Abklärungen über den tatsächlichen Bedarf der Lüftungstechnischen Anlagen lässt sich das Potential an rationaler Energieverwendung weiter ausschöpfen.

Viele der bei der Firma Fluka Chemie AG im Einsatz stehenden Anlagen weisen einen schwankenden Bedarf auf.

Zur Bestimmung einer Steuer- und Regelstrategie ist es wichtig zu wissen, ob diese Schwankungen regelmässig oder zufällig auftreten.

Regelmässige Schwankungen können über die Rundsteueranlage mit einem Zeitprogramm erfasst werden.

Zufällig auftretende Schwankungen können mit Luftqualitäts- oder Bewegungssensoren erfasst werden. Denkbar ist auch eine Schaltung der Stufe 1 über die Rundsteueranlage und ein Einschalten der Stufe 2 von Hand. Die Rückstellung auf Stufe 1 erfolgt dabei über ein abfallverzögertes Zeitrelais.

Die Messungen in Kapitel 4.4 zeigt, dass handgesteuerte Anlagen durch das Bedienungspersonal energiesparsam eingesetzt werden.

Eine Potentialabschätzung der Sparmöglichkeiten ist im Rahmen dieser Studie in dieser Tiefe nicht möglich. Die aufgeführten Punkte sollen als Anregung dienen, allenfalls können firmenintern weitergehende Untersuchungen veranlasst werden.

5.3 Erkenntnisse Rundsteueranlage

Der Einsatz einer Rundsteueranlage hat sicher zur Verminderung des Elektrizitätsverbrauches beigetragen. Basierend auf den Bedarfsangaben der Abteilungsleiter wurde ein Grundprogramm erstellt. Die seit der Umfrage eingestellten Grunddaten sind seit damals meist so belassen worden,

eine periodische Anpassung der Schaltzeiten an die Erfordernisse der wechselnden Betriebsbedingungen erfolgt nicht. Eine Analyse des Rundsteuerprogrammes zeigt auf, dass mit relativ geringem Aufwand elektrische Energie in der Größenordnung von 100'000 kWh pro Jahr gespart werden kann. Um das Sparpotential ausnützen zu können, müssen einige Steuersequenzen der Rundsteueranlage geändert werden. Der entstehende Arbeitsaufwand ist nicht sehr gross und könnte von dem mit dem System vertrauten Mitarbeiter in ca. 2 Wochen erledigt werden. Bei einem mittleren Strompreis von 12 Rp./kWh ergibt sich eine Einsparung von Fr. 12'000.- im Jahr. Die Massnahme sollte sofort realisiert werden, da die Wirtschaftlichkeit beträchtlich weniger als 1 Jahr beträgt. Bei der Realisierung der geforderten Massnahmen wird man jedoch bald einmal an die Kapazitätsgrenze der Rundsteueranlage gelangen. Ein weiterer Ausbau ist durch den Einsatz eines zentralen Leitsystems (ZLS) möglich. Weitere Vorteile, die sich durch den Einsatz eines ZLS ergeben, sind in einem separaten Unterkapitel beschrieben.

Durch weitere, schaltungstechnisch aufwendigere Massnahmen, kann ein weiterer Teil an Energie gespart werden. Eine Potentialabschätzung ist infolge der vielen Unbekannten nicht möglich.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen ergeben sich folgende Vorschläge:

- periodische Bedürfnisabklärung (halbjährlich)
- kritische Beurteilung der Bedürfnisse
- Anpassung des RS-Programmes an Bedürfnisse und Arbeitszeiten
- Rückmeldung und Erfolgskontrolle sicherstellen
- bedarfsabhängige Lüftung über Gas- oder Präsenzsensoren
- Handschalter mit abfallverzögertem Timer
- Aufschaltung von externen Signalen (Innen-, Aussentemperatur)
- Verbrauchsabhängige Volumenstromregelung

5.4 Firmenspezifische Erkenntnisse

Bau 17

Durch das Absenken der Raumtemperaturen um 1 °K und einer Reduktion der Nachtabsenkung um zusätzliche 2 °K, kam es im Bau 17 während der kalten Winterzeit zu Reklamationen. Eine erträgliche Arbeitstemperatur konnte nicht mehr erreicht werden.

In der Folge wurde die Betriebsdauer der Lüftungsanlage jeweils morgens um 1 Stunde verlängert. Anlass für die Änderung war ein extrem kalter Wintermonat vor 1 oder 2 Jahren.

Für normale Klimabedingungen ist diese Änderung nicht nötig.

Der geschätzte Mehrverbrauch infolge der um 1 Stunde verlängerten Betriebszeit beträgt rund 7800 kWh/a.

Um diesen Mehrverbrauch an Elektrizität zu rechtfertigen müsste ein Minderverbrauch an Heizenergie nachgewiesen werden.

Im Sommer wird die Lüftung zum Teil zu Kühlzwecken genutzt. Dabei sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Wärmenutzung der Abluft für Produktionsprozesse
- Zuluft nicht über dem Dach sondern auf der kalten Nordseite ansaugen

B 51 Rm 111/112

Die Bildung von Kondensat auf den zur Lagerung von Chemikalien verwendeten Flaschen führte zu Reklamationen der Beschäftigten. Um Abhilfe zu schaffen, wurde in der Folge die Betriebszeit der Zu- und Abluftanlage sukzessive auf die heutige Betriebszeit von 21 Stunden pro Tag verlängert (Gleitzeitbereich 7-18 Uhr).

Abhilfe: Lagerung der Chemikalien in einem abschliessbaren Schrank und Anschluss an die vorhandene Quellenabluftanlage.

B 106 N/1 06 S

Für beide Bereiche wurde von den Abteilungsleitern kein Bedarfsprofil für die Lüftung erstellt. In beiden Bereichen laufen die Lüftungsanlagen an Wochentagen im Nachtbetrieb auf Stufe 1. Am Wochenende sind die Anlagen abgestellt. Eine externe Schaltmöglichkeit besteht nicht. Nach Aussage der Betreiber kann es in diesen Bereichen zur Fortsetzung der Produktion während der Nacht und dem Wochenende kommen. Die angewendete Lüftungsphilosophie (Schaltzyklen) stimmt mit diesen Aussagen nicht überein (installierte Antriebsleistung für Lüftungsanlagen in diesem Bereich: ca. 300 kW).

Vorschlag: Für die Lüftungsanlagen im Bau 106N und 106S soll ein Anforderungsprofil in Zusammenarbeit mit den Produktionsverantwortlichen aufgenommen werden.

5.5 Zentrales Leitsystem

Wie im Kapitel 5.3 erwähnt, wird bei konsequenter Umsetzung aller Erkenntnisse, die Kapazitätsgrenze der Rundsteueranlage bald einmal erreicht sein. Abhilfe kann der Einsatz eines modernen Leitsystems schaffen. Im folgenden Kapitel werden kurz die Vorteile eines zentralen Leitsystems aufgezählt:

5.5.1 Technische und betriebliche Ziele

Überwachung

Die Wärmeerzeugungs- und Verteilungsanlagen, Lüftungs- und Klimaanlage werden ständig automatisch auf störungsfreien und effizienten Betrieb überwacht. Die Leitzentrale zeigt in dynamischen Anlagebildern den Zustand sämtlicher Anlagen und Prozesse im Betrieb der Fluka

Steuerung und Sicherheit

Die Steuerung erfolgt automatisch und gewährleistet den korrekten Betrieb der Anlagen. Zeitprogramme erlauben das energieoptimale Schalten der einzelnen Anlagenteile (Sollwertumschaltung usw.). Störungen werden sofort an die definierte Stelle weitergeleitet und genau dokumentiert. Somit wird eine rasche Lokalisierung und Behebung der Mängel ermöglicht und die Betriebssicherheit erhöht. Ebenso werden Störmeldungen von Produktionsanlagen, Zutritts- und Brandmeldeanlagen erfasst und gezielt weitergeleitet.

Wartung

Das zuständige Personal wird durch die Betriebszeitenerfassung auf notwendige Revisions- und Instandhaltungsarbeiten hingewiesen, damit bleiben Kontrollgänge erspart. Die Wartung hilft Ausfälle zu verhindern.

Bedienung

Die Benutzeroberfläche der Leitzentrale ist leicht verständlich und einfach zu bedienen. Es sind keine EDV-Kenntnisse notwendig.

Autonomie

Störungen einzelner Systemteile beeinflussen die fehlerfreie Funktion des restlichen Systems nicht.

Auswertung

Vordefinierte Daten werden zur weiteren statistischen oder grafischen Verarbeitung abgespeichert.

So können Energieverbrauchszahlen einzelner Anlagen oder Anlagenteile als Grundlage des Energiemanagements erfasst werden. Störfallstatistiken geben Aufschluss über Schwachstellen im System.

5.5.2 Wirtschaftliche Ziele

Personaleinsatz

Durch Überwachungs- und Wartungsfunktionen kommt das Personal zu effizienteren und gezielteren Einsätzen. Die koordinierte Instandhaltung wird ermöglicht.

Energieoptimierung

Durch benutzerdefinierte Funktionen wird der sparsame Einsatz der Energien unterstützt und die Energiekosten können gesenkt werden (Lastabwurfschaltungen, Nachtabenkung, Start/Stopoptimierung usw.).

Erweiterbarkeit

Das MSRL-System ist einfach und kostengünstig ausbaubar.

5.6 Sparpotentiale / Wirtschaftlichkeit

Für die untersuchten Anlagen 1-8 ergibt sich ein mögliches Sparpotential von 86'800 kWh/a. Demgegenüber stehen Investitionen von Fr. 267'500.-. Da die Anlage 8 infolge ihres Alters ersatzbedürftig ist und für die Anlage 7 keine kostengünstige Alternative besteht, werden sie in der folgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht berücksichtigt. Das Sparpotential verringert sich somit auf 77'400 kWh/a bei einem Investitionsvolumen von Fr. 117'500.-.

Als Mass für die Wirtschaftlichkeit soll die Rückzahlfrist (Amortisationszeit) benutzt werden. Bei einem Kalkulationszins von 6% und einer mittleren Betriebskostensteigerung für Elektrizität von 5%, ergeben sich für die einzelnen Massnahmen Rückzahlfristen wie sie in der Tabelle 8 dargestellt sind. Bei dieser Betrachtung sind die möglichen Energieeinsparungen aus der Analyse des Rundsteuerprogrammes bereits überlagert.

Tabelle 8: Rückzahlfristen

Massnahme	Einsparung [kWh/a]	Einsparung [Fr]	Investitionen [Fr]	Rückzahlfrist [Jahre]
Reduktion Luftvolumenstrom	7233	868.--	8000.--	9.8
Optimierung Stufenantrieb	8866	1064.--	26'500.--	28.5
Drehzahlregelung	105466	12'656.--	83'000.--	6.8

Es ist ersichtlich, dass die Massnahmen zur Reduktion des Luftvolumenstromes und eine Optimierung der mehrstufigen Motoren bereits in der Planungsphase einfließen müssen. Nachträgliche Änderungen bringen entsprechend lange Rückzahlfristen mit sich.

Der Einsatz von drehzahlvariablen Antrieben kann als wirtschaftlich betrachtet werden, die Anpassung des Rundsteuerprogrammes an die Betriebsbedingungen sollte als Sofortmassnahme realisiert werden.

Eine Hochrechnung des Sparpotentials für alle Lüftungsanlagen der Fluka Chemie AG ist infolge der Verschiedenartigkeit der Anlagen sehr schwierig. Durch konsequente Umsetzung der gefundenen Massnahmen scheint eine Reduktion des Gesamtstromverbrauches um 5% möglich.

6 Empfehlungen / Massnahmen

Viele der gewonnenen Erkenntnisse sind charakteristisch für den untersuchten Betrieb. Durch eine Abstraktion und Verallgemeinerung der Aussagen, gelten sie aber auch ganz allgemein für verschiedene Industrielüftungsanlagen.

Eine Zusammenfassung der gefundenen Resultate führt zu den folgenden Empfehlungen:

- Mehrstufige Motoren auf die am meisten verwendete Stufe optimieren
- Sturmluftanlagen mit separaten Antrieben versehen
- Quellenabluftanlagen mit Frequenzumrichtern ausrüsten
- Lüftung nach Bedarf (Arbeitszeit) und nicht in festen Intervallen
- Luftwechselzahlen auf die gesetzlich vorgeschriebenen Werte reduzieren
- Einsatz von Sensortechnik und zentralem Leitsystem prüfen
- Stossweises lüften ausserhalb der Arbeitszeit
- Ersatz alter Lüftungsanlagen
- Ausarbeitung klarer Richtlinien für die Festlegung der Volumenströme bei Stoffgemischen

Durch Realisierung aller gefundener Massnahmen, lassen sich bei der Fluka Chemie AG, in grober Abschätzung, Elektrizitäts-Einsparungen in der Grössenordnung von rund 5% des gesamten Stromverbrauches erzielen.

Literaturliste

- [1] Arbeitshygienische Grenzwerte 1990
SUVA Formular 1903d, Abteilung Arbeitsmedizin
- [2] Allgemeine Raumbelüftung von Fabrikationsbauten
Richtlinie R 389, TU Ciba Geigy
- [3] Raumlüftung in Stückgutlagern für Chemikalien
Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz (ESICS)
- [4] Sicherheitsmassnahmen beim Erstellen von Laboratorien und Laborbauten Richtlinie Nr. 1, TU Ciba Geigy
- [5] Energietechnische Auslegedaten für Bau und Sanierung von Gebäuden und haustechnischen Anlagen
E-Weisung Nr. 2, 1980, Ciba Geigy
- [6] Ist-Zustand Fluka Chemie AG, Nov. 88, EWI
- [7] Ist-Zustand Energieversorgung, Fluka, 87, tbf
- [8] Heizung + Klimatechnik 92/93
Recknagel, Sprenger, Hönnmann, Oldenbourg Verlag
- [9] Strom rationell nutzen
RAVEL Handbuch, Verlag der Fachvereine (vdf)
- [10] Die Prüfung elektrischer Maschinen
Werner Nürnberg, Springer Verlag
- [11] Elektrische Antriebstechnik
Johannes Vogel, VEB Verlag Berlin

Anhang

Anhang A Richtlinien, Vorschriften, Normen

Anhang B Verbrauchszahlen 1990/91

Anhang C Messprotokolle / Anlageschema

Anhang D Handgesteuerte Anlage, Messprotokoll

Anhang E Erfassungsformulare

Anhang A

A.1 Verordnung über die Unfallverhütung (VUV) vom 19.Dezember 1983

Art. 33: Lüftung

Die Zusammensetzung der Luft am Arbeitsplatz darf die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht gefährden. Andernfalls ist für natürliche oder künstliche Lüftung am Arbeitsplatz zu sorgen; nötigenfalls müssen weitere technische Massnahmen ergriffen werden.

Im weiteren wird die Aufsicht über die Anwendung der Vorschriften dem Zuständigkeitsbereich der Schweizerischen Unfallversicherung (SUVA) übertragen.

A.2 Verfügung des Eidg. Dept. des Innern über die technischen Massnahmen zur Verhütung

von Berufskrankheiten, die durch chemische Stoffe verursacht werden, 26.Dezember 1960.

Art. 3: Kollektivschutz

Durch technische Massnahmen, wie Absaugvorrichtungen, ist dafür zu sorgen, dass gefährliche Gase, Dämpfe und Staube, welche aus den in Art. 1 der Verordnung vom 6.April 1956 über Berufskrankheiten genannten Stoffen bestehen, erfasst und von den Arbeitsplätzen abgeführt werden; insbesondere ist ein Überschreiten der von der Anstalt bekanntgegebenen maximalzulässigen Konzentration am Arbeitsplatz zu vermeiden.

A.3 Arbeitshygienische Grenzwerte 1990, SUVA-Formular 1903.d, Ausgabe 1990

Eine Liste der gültigen MAK-Werte, aufgeteilt nach Stoffart [CAS-Nummer], MAK-Wert und Kurzzeitgrenzwerte.

A.4 Richtlinien für die Lagerung und das Umfüllen von brennbaren Flüssigkeiten mit

Flammpunkt unter 55°C, SUVA-Formular 1825.d, Oktober 1988

Art. 3.12.2: Künstliche Lüftung

Können die Lagerräume (z.B. unter dem Erdboden liegende Räume) nicht ausreichend natürlich belüftet werden, so sind sie künstlich zu lüften. Die Absaugstellen sind unmittelbar über dem Boden anzuordnen. Die Frischluft ist derart zuzuführen, dass eine vollständige Durchlüftung gewährleistet ist. Werden nur geschlossene Behälter gelagert und wird nicht umgefüllt, so genügt ein 4- bis 5- facher Luftwechsel pro Stunde. Werden nicht geschlossene (angezapfte) Behälter gelagert oder wird umgefüllt, so ist mindestens ein 10-facher Luftwechsel pro Stunde nötig.

A.5 Säuren und Laugen, Eidg. Koordinationskommission für Arbeitssicherheit, Richtlinie Nr.

6501, April 1990

Art. 3.4: Lüftung

Räume, in denen mit Säuren und Laugen umgegangen wird bzw. Säuren und Laugen gelagert werden, müssen ausreichend natürlich oder künstlich gelüftet werden können.

Erläuterungen zu Art. 3.2

In Arbeitsräumen ist eine ausreichende natürliche Lüftung in der Regel dann gewährleistet, wenn die Fläche der geöffneten Fenster und Dachlichter mehr als 3% der Bodenfläche beträgt. Eine künstliche Lüftung bzw. Absaugung erweist sich als notwendig, wenn mit dem Auftreten von stark ätzenden Stäuben, Dämpfen, Gasen und dergleichen zu rechnen ist und wenn die gefahrlose Abführung derselben durch natürliche Lüftung nicht gewährleistet werden kann.

A.6 Raumlüftung von Stückgutlagern für Chemikalien, Expertenkommission für Sicherheit in

der chemischen Industrie der Schweiz (ESCIS), Mai 1991

Art. 3: Lüftung von Lagerräumen mit Arbeitsplätzen

Ein Luftwechsel im Normalbetrieb ca. 4-fach pro Stunde im Arbeitsbereich, mit der Möglichkeit zur Verdoppelung des Luftwechsels bei Bedarf, ist anzustreben.

A.7 Allgemeine Raumbelüftung von Fabrikationsbauten, Ciba Geigy, Richtlinie R 389,

Dezember 1988

Art. 6.2.1: Zuluft

Richtwerte bezüglich Zuluftmenge:

Normalbetrieb: Luftwechsel 4-fach/h auf z.B. 3m fiktive Raumhöhe

Notbetrieb: Luftwechsel 8-fach/h auf z.B. 3m fiktive Raumhöhe

A.8 Sicherheitsmassnahmen beim Erstellen von Laboratorien und Laborbauten, Ciba Geigy,

Richtlinie 1, Juli 1986

Art. 8.16: Luftwechsel

Für Arbeitsräume der Klasse B (ohne Chemie) ist während der Arbeitszeit bei normalem Laborbetrieb ein mindestens 4-facher, bei den Raumklassen C (übliche chemische Aktivitäten) und D (besondere Gefahren) ein mindestens 8-facher Luftwechsel pro Stunde erforderlich. Dabei wird vorausgesetzt, dass spezielle Arbeiten (Gase, Dämpfe, Infektionsgefahr) in der Kapelle oder anderen geeigneten Vorrichtungen durchgeführt werden. Die Zuluft muss über ein zweckmässiges Zuluftsystem zugsfrei in die Arbeitsräume gebracht werden. In den meisten Fällen wird durch die Absaugleistung der Kapellen ein genügender Raumlüftung sichergestellt.

Art. 8.18: Tischkapellen

Tischkapellen traditioneller Konstruktion sollen im normalen Lüftungsbetrieb bei 40 cm Schieberöffnung mit einer Lufteintrittsgeschwindigkeit von 0,25 - 0,3 m/s arbeiten. Für eine Normalkapelle von 120 cm Schieberbreite entspricht dies einer Abluftmenge von 400-500 m³/h

Kapellenkonstruktionen mit geringerem Luftdurchsatz sind nur dann zulässig, wenn ihr Absaugeffekt demjenigen einer Normalkapelle entspricht.

Art. 8.19: Stehkapellen

Stehkapellen sollen im Normalfall ca. 40-50% mehr Absaugleistung als eine normale Tischkapelle aufweisen. Es soll eine kapelleninterne Absaugeinrichtung z.B. mit flexiblem Schlauch installiert werden.

A.9 Schutz von Chemikalienlagern, Ciba Geigy, Richtlinie 2, Dezember 1991

Art. 4.5: Lüftung in Lagerhäusern

In Lagerhäusern ist eine genügende Lüftung sicherzustellen. Werden brennbare Flüssigkeiten mit Flammpunkt unter 55°C in geschlossenen Räumen (ohne natürliche Lüftung) gelagert, so ist eine Zwangsventilation mit 5-fachem Luftwechsel pro Stunde erforderlich, wobei die Luft in Bodennähe abzusaugen ist. Wenn in solchen Räumen gearbeitet wird, soll die Lüftung dauernd in Betrieb sein, ausserhalb der Arbeitszeit genügt intermittierender Betrieb. Für Hochregallager sind spezielle Überlegungen erforderlich.

A.10 Energietechnische Auslegedaten für Bau- und Sanierung von Gebäuden und

haustechnischen Anlagen, Ciba Geigy, E-Weisung 2, Ausgabe 1980

Art. 3.22: Lüftung Fabrikationsbauten

Gase und Dämpfe sind wo immer möglich an der Quelle zu erfassen und abzusaugen. Mechanisch zu belüftende Raumabschnitte werden in der Regel mit max. 4-fachem Normal- und wo nötig mit 8-fachem Sturmluftwechsel versehen. Zu belüftende Raumabschnitte sind solche, in welchen Personen vor gefährlichen oder lästigen Dämpfen geschützt werden müssen.

Art. 3.32: Lüftung Laborbauten

Lüftungen und/oder allfällige klimatechnische Einrichtungen werden nur nach hygienischen, arbeits- und sicherheitstechnischen Erfordernissen und nicht nach Komfortwünschen konzipiert. Für die Belüftung der Kapellen ist eine Lösung zu treffen, bei welcher mit möglichst geringer Luftmenge Sicherheit und Hygiene gewährleistet sind. Ausserhalb der Arbeitszeit ist ein Regime mit stark reduzierter Luftmenge vorzusehen.

A.1 1 DIN 1946 Teil 7, VDI Richtlinie 2051

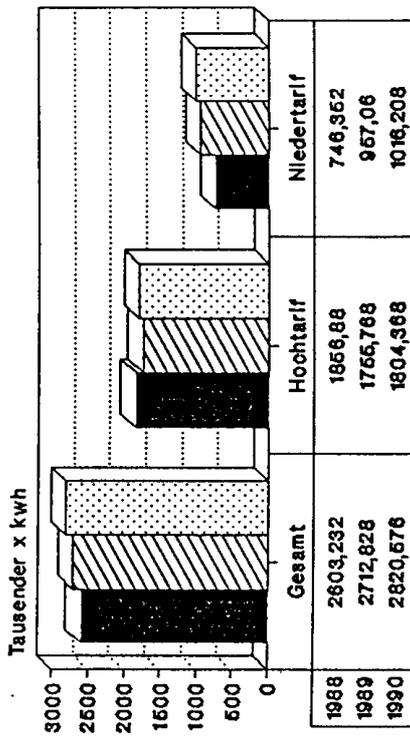
Anhand der vorangegangenen Zusammenstellung wird ersichtlich, dass in der Schweiz wenig konkrete Aussagen über die notwendige Aussenluftfrate vorliegen. Die untenstehende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der DIN 1946 Teil 7 (Entwurf Januar 1991) und der VDI-Richtlinie 2051. Beide Vorschriften gelten für Lüftungsanlagen in Industrie-, Hochschul- und Institutslaboratorien.

	VDI 2051 *	DIN 1946 Teil 7 **
Aufgabe der Lüftung	Die im Laborraum entstehenden Schadstoffe (Gase, Dämpfe, Stäube, Aerosole) müssen soweit verdünnt werden, dass die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Werte) im Aufenthaltsbereich nicht überschritten werden.	dito
Allgemeine Bedingungen	Um Überströmungen von Laborräumen in Nachbarräume zu verhindern, ist die Zuluftmenge (ZL) kleiner als die Abluftmenge (AL) zu halten.	dito
Zuluftvolumenstrom	min. 25 m ³ /m ² h bezogen auf Hauptnutzfläche	siehe allg. Bedingungen
Abluftvolumenstrom	siehe allg. Bedingungen	min. 25 m ³ /m ² h bezogen auf Hauptnutzfläche
Stinkräume	60 m ³ /m ² h	60 m ³ /m ² h
Bodenabsaugung	"soll vorhanden sein"	"bei Bedarf"
Schnüffelanlage (Quellenabluf)	Unterdruck von 200 Pa an Schnüffelstelle	min 5 m ³ /h Empfehlung 10 m ³ /h mindest Eintrittsgeschwindigkeit 4 bis 8 m/s
Kapellen	bezogen auf Frontlänge	bezogen auf Frontlänge
Tischabzüge	400 m ³ /m h	400 m ³ /m h
Tiefabzüge	600 m ³ /m h	600 m ³ /m h
Begehbare Abzüge	700 m ³ /m h	700 m ³ /m h

* Raumluftechnik in Laboratorien, VDI Richtlinie 2051, Juni 1986

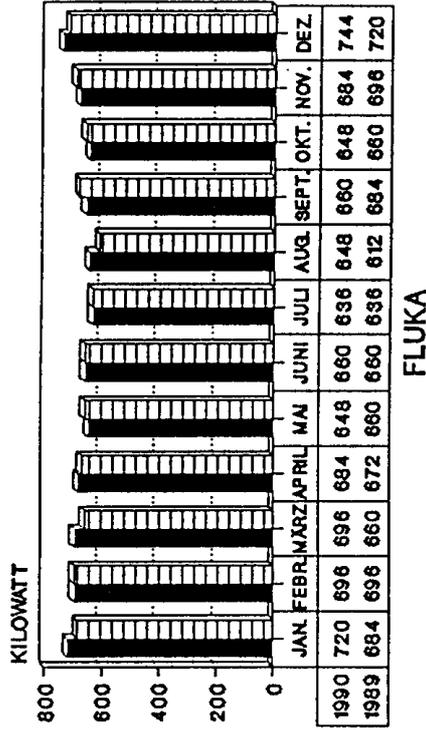
** Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien, DIN 1946 Teil 7, Entwurf Januar 1991

EL.-STROMVERBRAUCH FLUKA 1990



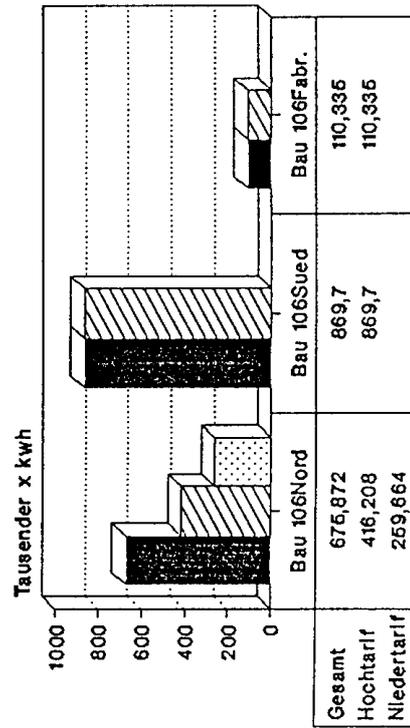
30.12.90

EL.-STROMVERBRAUCH LEISTUNGSSPITZE 1990



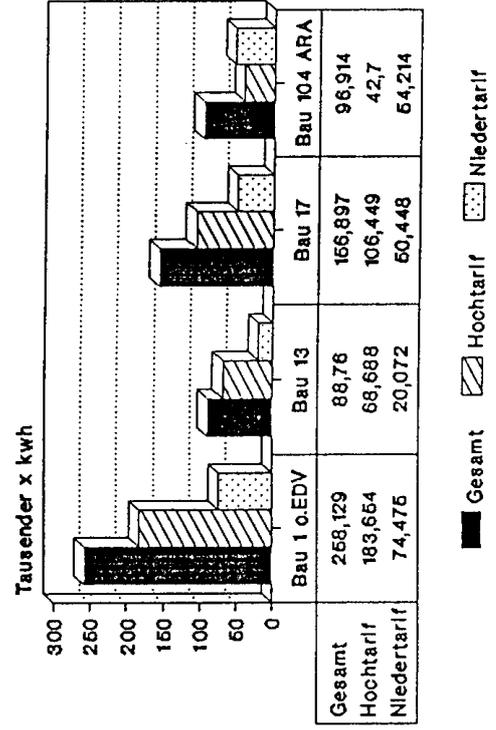
30.12.90

EL.-STROMVERBRAUCH FLUKA 1990



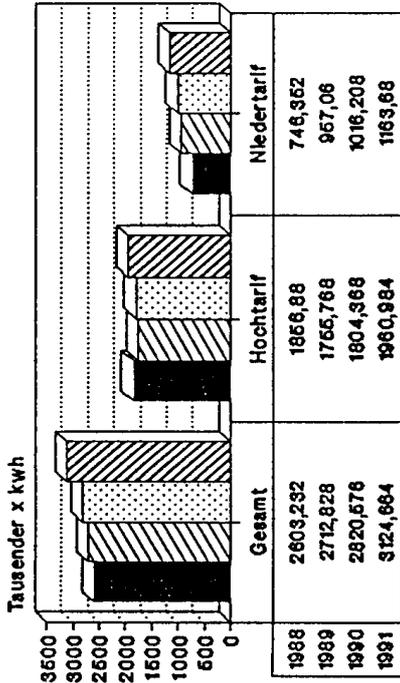
30.12.90

EL.-STROMVERBRAUCH FLUKA 1990



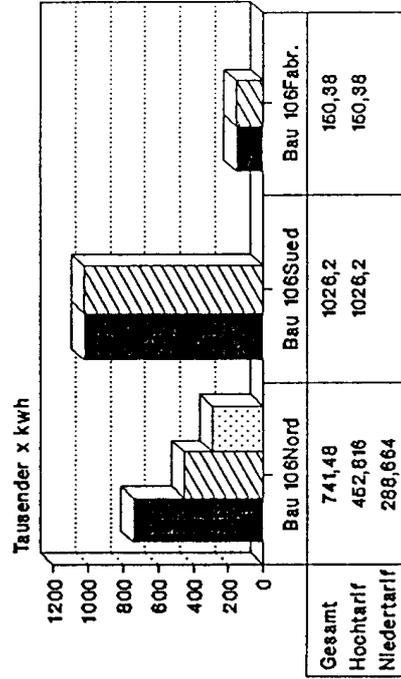
30.12.90

EL.-STROMVERBRAUCH FLUKA 1991



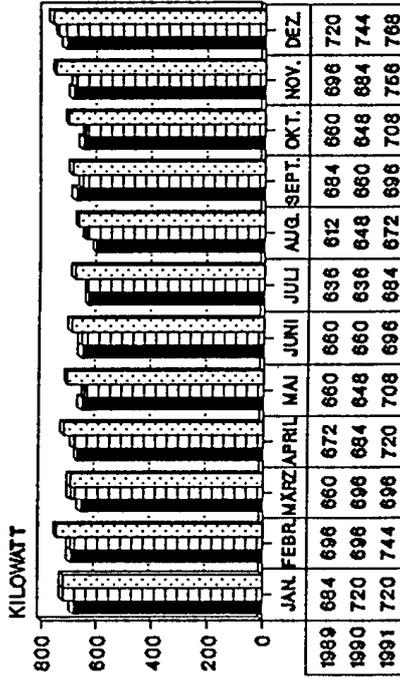
30.12.91

EL.-STROMVERBRAUCH FLUKA 1991



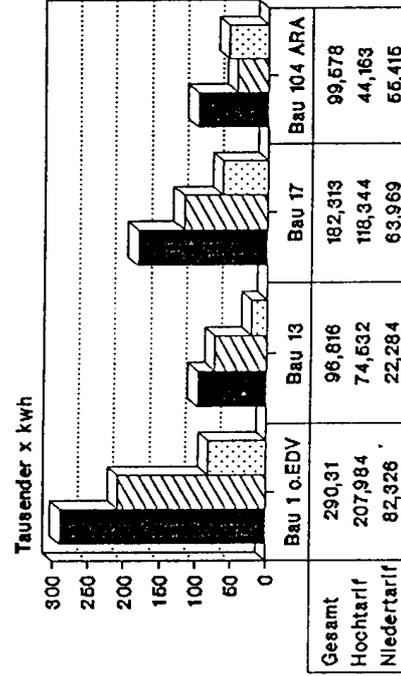
30.12.91

EL.-STROMVERBRAUCH LEISTUNGSSPITZE 1991



30.12.91

EL.-STROMVERBRAUCH FLUKA 1991



30.12.91

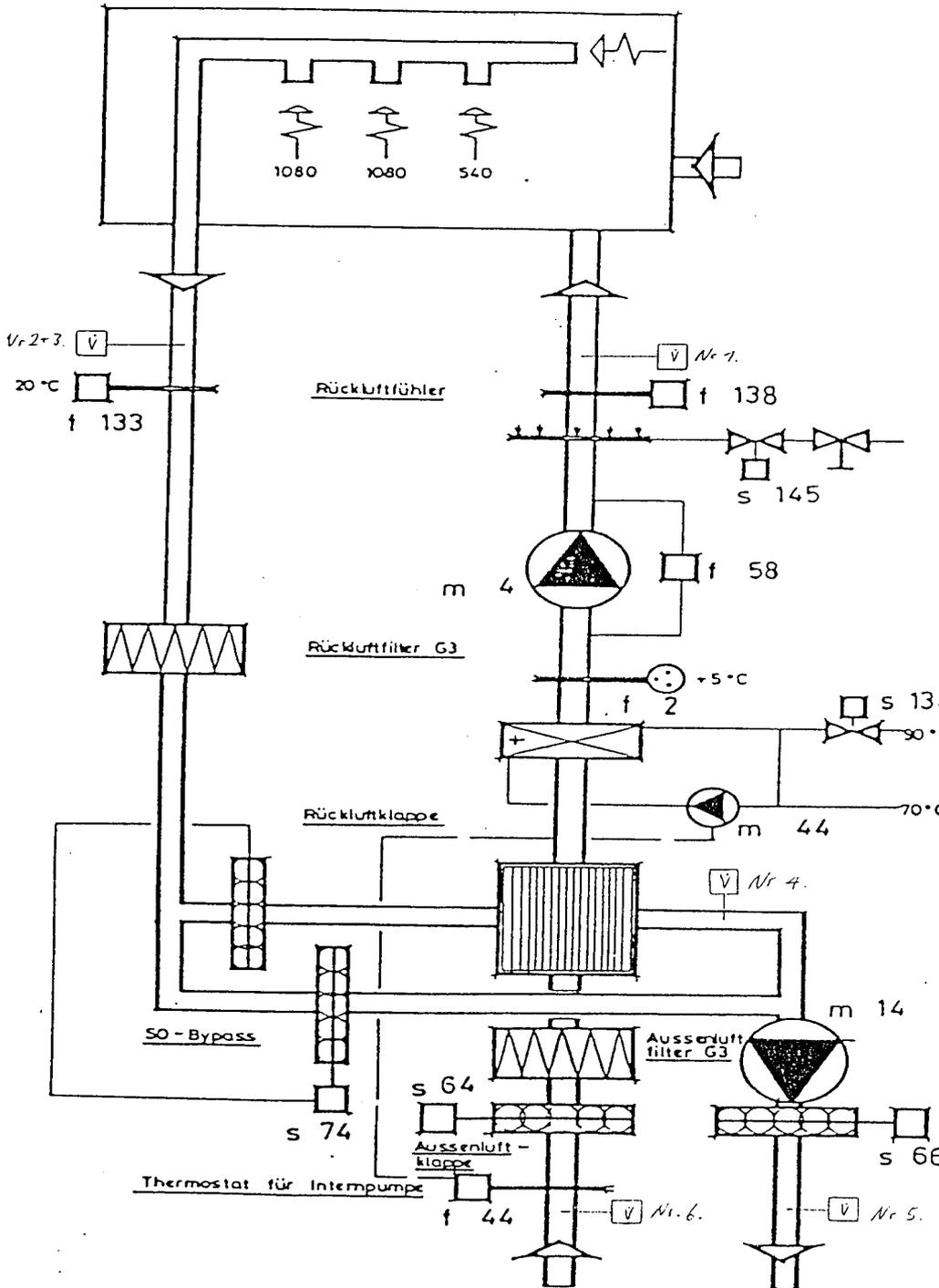
Anlage	Motor	St.	n VM [U/min]	n VS [U/min]	dPM [Pa]	dPS [Pa]	dVM [m³/h]	dVS [m³/h]	neu	P el. M [kW]	P el. S [kW]	cos phi M (Datenblatt)	cos phi S (Datenblatt)	eta VS (Kennlinie)	eta MS (Datenblatt)	eta Tot. M	eta Tot. S
1	ZL M4	1	1650	785	430	143	2600	1300	neu	0.30	0.30	0.16	0.35	0.66	0.67	0.54	0.32
	AL M14	1	1580	725	605	177	3264	2700		0.36	0.36	0.40	0.15	0.52	0.66	0.71	0.40
		2	2200	1450	687	1570	4050	2700		1.14	1.14	1.20	0.69	0.72	0.64	0.66	0.48
		3						4050		3.18	3.18	3.60	0.74	0.75	0.62	0.85	0.49
2	ZL M34	1	1210	800	314	140	3000	1513	neu	0.30	0.30	0.25	0.40	0.71	0.58	0.53	-
	AL M94	1	980	450	98	22.70	600	3000		0.54	0.54	0.75	0.46	0.76	0.52	0.69	0.35
		2	1800	912	422	1668	3200	1600		0.51	0.51	0.30	0.42		0.67	0.49	0.07
		3	1700	861	276	1324	2837	2560		3.48	3.48	3.00	0.89	0.66	0.66	0.83	0.16
3	ZL M342	1	1028	1450	883	4873	5800	4873	neu	1.00	1.00	3.00	0.74	0.66	0.66	-	0.47
	AL M352	1	1026	1400	853	6400	6400	6400		1.04	1.04	3.00	0.40	0.67	0.67	-	0.51
	Sturm M92		900		20		12500			1.35	1.35						0.05
4	ZL M11	1	815	565	579	3180	6050	3180	neu	0.85	0.85	1.10	0.34				-
	AL M12	1	820	565	100	6617	6050	6050		0.36	0.36	1.00	0.27			0.16	0.34
	O Ost M16	2	1380	850	318	392	220	220		0.87	0.87	3.00	0.41	0.24	0.24	0.21	0.14
	O West M17	2	1070	1040	343	3960	3960	3960		1.02	1.02	2.20	0.44	0.42	0.42	0.05	0.10
	Sturm Ost M18		1109	1120	441					1.18	1.18	3.00	0.50	0.46	0.46		0.06
	Sturm West M19																0.17
5	ZL M4	1	1154	590	875	716	9660	7600	all	2.70	2.70	3.00	0.72				0.16
	O M14	2	1448	1750	520	716	324	600		0.37	0.37	0.37	0.38	0.64	0.64	0.8	0.87
	AL M34	1	1500	1500	1500	1500	1200	1200		0.75	0.75	0.37	0.43	0.57	0.57	0.13	0.32
	AL M44	1	1500	1500	1500	1500	1200	1200		0.32	0.32	0.80	0.50	0.53	0.53		0.32
	AL M54	1	1500	1500	1500	1500	500	500		0.63	0.63	0.80	0.61	0.66	0.66		-
	AL M64	1	1400	910	830	900	2900	2900		1.15	1.15	0.75	0.75	0.52	0.52		-
6	ZL West	1							all	0.23	0.23						-
	ZL O51	1					734			0.30	0.30						-
		2								0.19	0.19						-
		2								0.26	0.26						-
7	ZL M212	1	1120	700	775	17822	18000	18000	neu	2.28	2.28	3.00	0.57			0.75	-
	ZL M251 (Sturm)	2	1880	3600	3600	3600	3600	3600		6.60	6.60	9.00	0.73	0.84	0.84	0.8	0.53
	AL M221	1	540	560	830	900	17231	20000		1.60	1.60	4.00	0.57	0.82	0.82	0.89	-
	AL M261 (Sturm)	2	900	900	900	40000	40000	40000		33.75	33.75	45.00	0.78	0.63	0.63	0.82	0.42

Anhang C

Legende Messprotokoll

nVM	Drehzahl Ventilator (gemessen)
nVS	Drehzahl Ventilator (Sollwert)
dPM	Druckabfall über Ventilator (gemessen)
dPS	Druckabfall über Ventilator (Sollwert)
dVM	Volumenstrom (gemessen)
dVS	Volumenstrom (Sollwert)
PeIM	aufgenommene Wirkleistung (gemessen)
PeIS	Nenn-Wirkleistung
cosphiM	Leistungsfaktor (gemessen)
cosphiS	Leistungsfaktor (Angabe Datenblatt)
etaVS	Wirkungsgrad Ventilator (Sollwert aus Kennlinie)
etaMS	Wirkungsgrad Elektromotor (Sollwert bei geplanter Belastung)
etaTotM	Gesamt-Wirkungsgrad (aus Messdaten)
etaTotS	Gesamt-Wirkungsgrad (aus Sollwerten)
ZL	Zuluft
AL	Abluft
Sturm	Sturmabluft
Q	Quellenabluft
St	Stufe
Mxx	Motornummer

Anlage 1



Betriebswahlschalter

0	Anlage	ausser	Betrieb
Aut.	Anlage	küfft	via
		Rundsteuerung	
	Nacht	ZL	Stufe 1
		FOL	Stufe 1
	Tag	ZL	Stufe 2
		FOL	Stufe 2
1			
2			
Sturm	ZL	Stufe 2	
	FOL	Stufe 3	

Fernschalter

Aus - Sturm

ZL - Minimalbegrenzung

Dampf - Befechter
Fabrikat: Amstrang

Zuluftventilator

V - 2600/1300 m³/h
Δp* - 55 mmWS
n - 1570/ 785 U/min
N - 0.58 kW

Motor

n - 1500 / 750 U/min
N - 1.0 / 0.16 kW
I - 2.6 / 0.85 A

Differenzdruckschalter

Frostschutz - Thermostat

Lufterhitzer
Q - 8370 kcal/h

Internpumpe

Lieferung: Heizungsfirma
n - U/min
N - kW
I - A

Aluminium - Plattentaucher

Q - 17 070 m³/h
t1 - -15 °C
t2 - +8.5 °C

Fortluftventilator

(mit Sturmflut)

V - 4050 / 2700 / 1350 m³/h
Δp - 160 mmWS
n - 2200 / 1450 / 725 U/min.
N - 2.6 kW

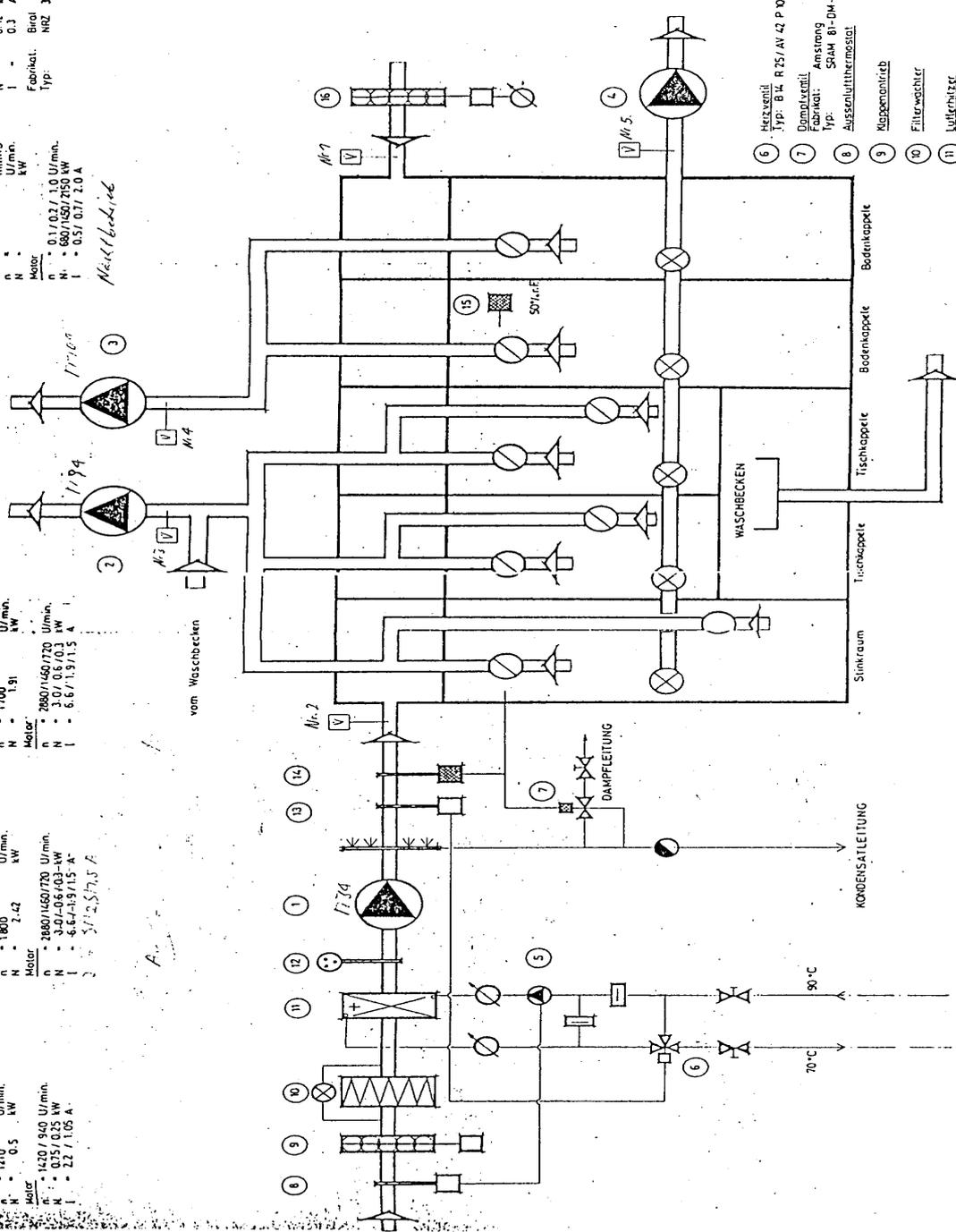
Motor

n - 3000 / 1500 / 750 U/min
N - 3.6 / 1.2 / 0.4 kW
I - 8.2 / 3.4 / 2.4 A

Fortluft - Klappe

- 1) Abluftventilator 1 (neu)**
 V = 3000 / 1600 / 800 m³/h
 Δ p = 150 mmWS
 N = 1800 U/min
 I = 2,42 A
 Motor: 2880 / 1600 / 720 U/min
 N = 300 / 0,12 / 0,3 kW
 I = 6,6 / 1,9 / 1,3 A
- 2) Abluftventilator 2 (bestehend)**
 V = 2360 / 1260 / 640 m³/h
 Δ p = 135 mmWS
 N = 1700 U/min
 I = 1,91 A
 Motor: 2880 / 1600 / 720 U/min
 N = 300 / 0,12 / 0,3 kW
 I = 6,6 / 1,9 / 1,3 A
- 3) Quirlschalldämpfer**
 V = 375 U/min
 Δ p = 0,17 U/min
 N = 0,17 / 0,2 / 1,0 U/min
 I = 0,57 / 0,7 / 2,0 A
- 4) Intercomax (Er-Geschützt)**
 N = 1300 U/min
 Δ p = 0,12 U/min
 I = 0,3 A
 Fabrikat: Bird J1-300 V
 Typ: NZL 35/1

Neckelbetrieb



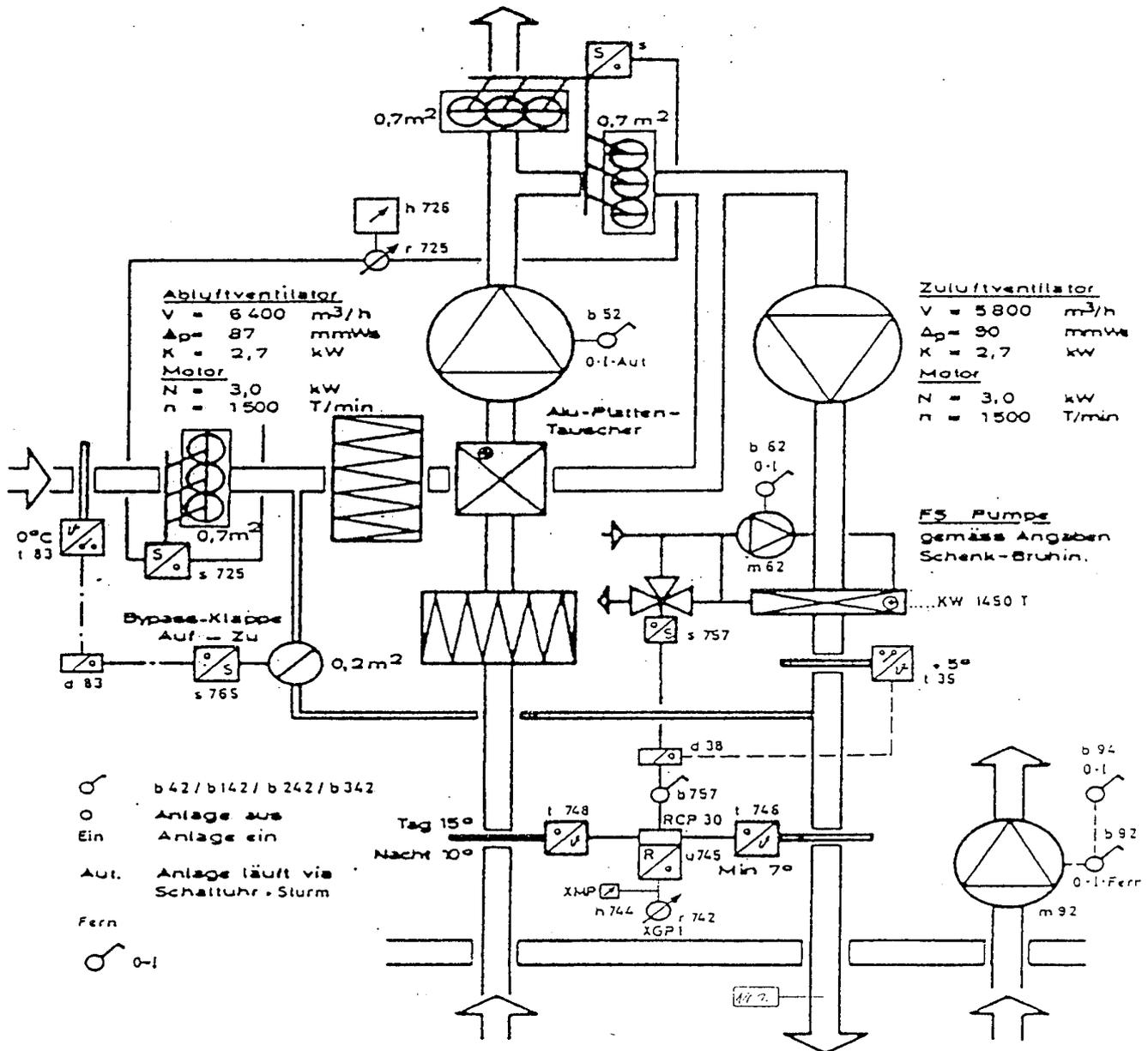
Zuluft	Raum-abluft	Quellen- und Raum-abluft	Unter- stück	Sink- raum	Tisch- kappentisch	Tisch- kappentisch	Boden- kappentisch	Boden- kappentisch	Stufe
1000	1440	1440	440	1. 160	320	320	1. 320	320	
2000	2740	2615	615	2. 320	640	640	1. 320	320	1
2000 *	2080	2455	455	1. 160	320	320	2. 640	640	1
3000	2880	3255	755	2. 320	640	640	2. 640	640	2
4500	4480	4855	355	3. 640	1280	1280	2. 640	640	3
4500 *	4160	4535	35	2. 320	640	640	3. 1280	1280	3
6000	5760	6335	135	3. 640	1280	1280	3. 1280	1280	4

- 6) Heizventil Typ: B.H. R 25 / AV 42 P 0
- 7) Dampfschalter Anstrang Typ: SHAM 81-DH-2
- 8) Ausschlussthermostat
- 9) Klappenantrieb
- 10) Filterwächter
- 11) Luftschleier Q = 2850 kcal / 312 kW Δp = 600 mmWS
- 12) Frostschutzthermostat +5 °C
- 13) Zuluftlüfter +21 °C
- 14) Messmittelgerät 90 % r.F.
- 15) Feuchtheitsregler 50 % r.F.
- 16) Zuluftklappe (bestehende Anlage)

* Verwehlschalter

Al. L. . .

PRINZIPSCHEMA



Abluftventilator
 V = 6400 m³/h
 Δp = 87 mmWs
 K = 2,7 kW
Motor
 N = 3,0 kW
 n = 1500 T/min

Zuluftventilator
 V = 5800 m³/h
 Δp = 90 mmWs
 K = 2,7 kW
Motor
 N = 3,0 kW
 n = 1500 T/min

FS Pumpe
 gemäss Angaben
 Schenk-Brülin.

- ♂ b 42 / b 142 / b 242 / b 342
- Anlage aus
- Ein Anlage ein
- Aut. Anlage läuft via Schaltuhr - Sturm
- Fern
- ♂ 0-1

Tag 15°
 Nacht 10°
 Min 7°

Frost
Sammelalarm

- 1 Stk Brandschalter
- 5 Stk Sturmschalter
- 1 Stk Schaltuhr 1

mit Haltekontakt
 Externe Anzeige für sämtl. Anlagen
 Extern für sämtl. Lüftungen excl. Sturm Lüftungen
 Aus-Schalter im Freien (NW-Ecke)
 im Umsetzplatz (1 Schalter pro Raum)
 Anlagen 103, 104, 105, 106
 Tag Ein mit Min. FL
 Nacht Schaltung alle 2 Std.
 Wochenende 1/4 Std. ein

6 Stk Dachventilator
Sturmbiluft

V = 12500 m³/h
 Δp = 0 mmWs
 n = 900 T/min
Motor
 N = 1,35 kW
 I = 3,5 A
 In den Räumen 103, 104, 105, 106
 2 Stk i. Umsetzpl. 102

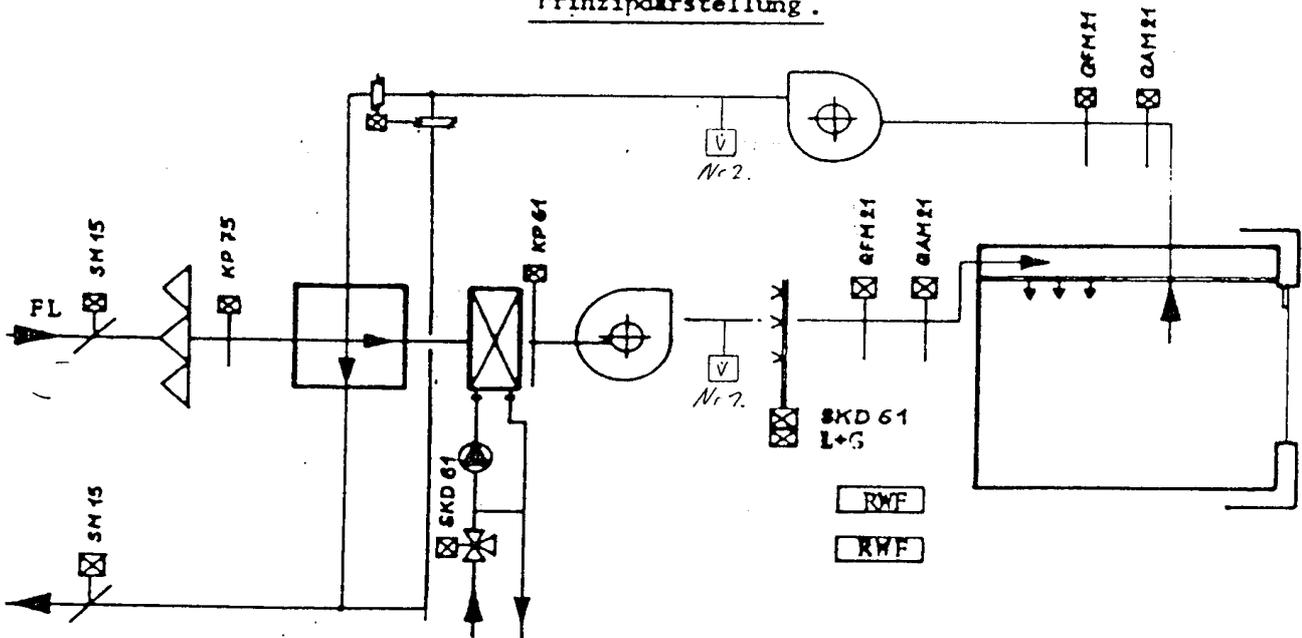
ELEKTROSCHEMA

Bl. 4
Anlage 4

Inhaltsverzeichnis.

Blatt		Blatt	
131	Prinzipdarstellung	136	Frostschutzpumpe
132	Steuerung	137	Klappen
133	Ventilatoren	138	Filterwächter
134	Temperatursteuerung		
135	Feuchtesteuerung		

Prinzipdarstellung.

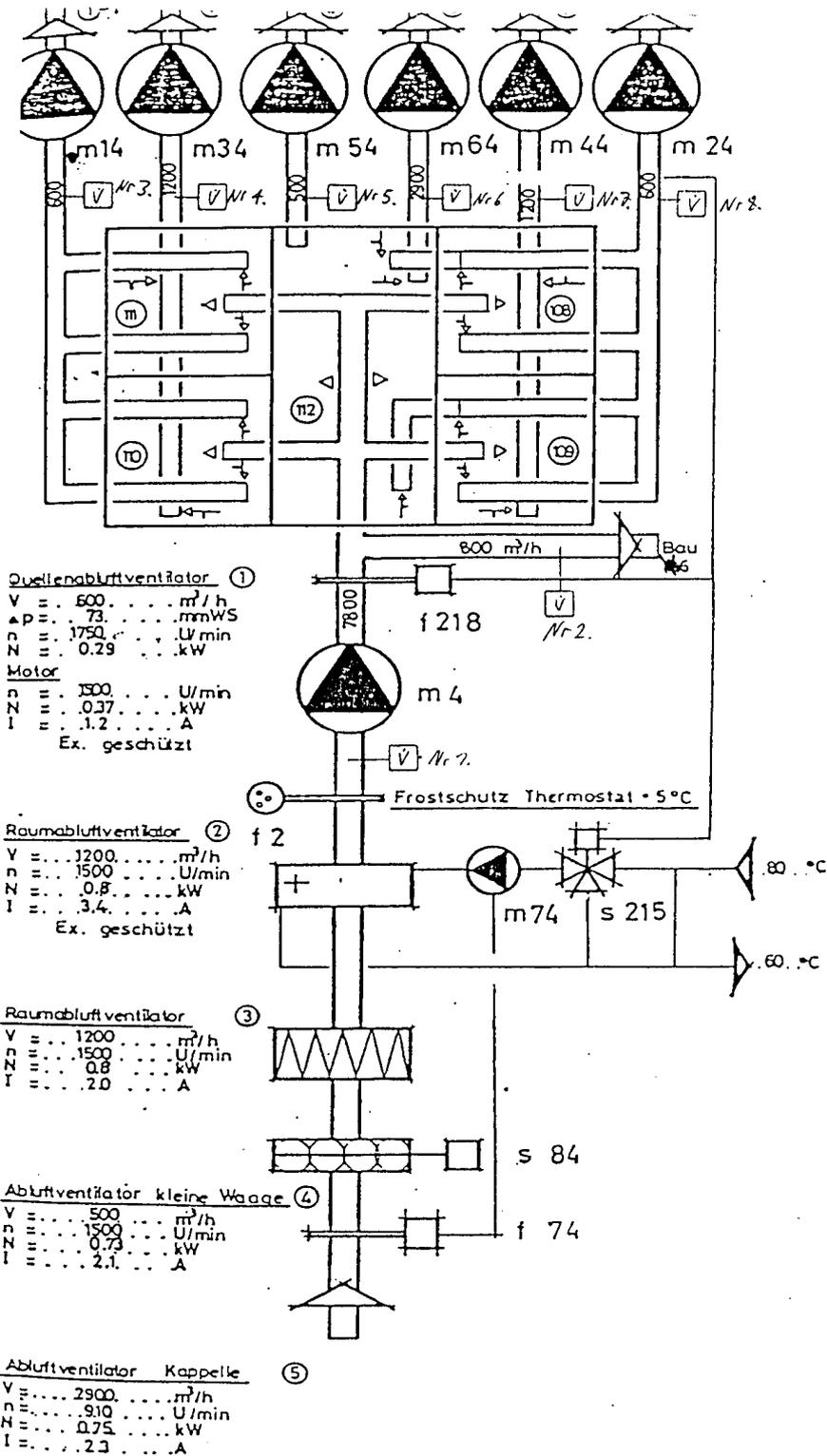


FARBENLEGENDE: FRISCHLUFT ZULUFT UMLUFT ABLUFT APPARATE

OBJEKT: F L U K A AG 9470 Buchs Bau 9
ANLAGE: Lüftungsanlage No. 8

MASSTAB	BEZEICHNET	Datum	R.L.
	GEPRÜFT	Juni 81	R.L.
	GEÄNDERT		
	ERSETZT PLAN Nr.		
	PLANDROSSE		

Auflage 5



RL - Temperaturfühler ... 20 °C

Betriebswahlschalter
0 - 1 - 2 - Rundsteuerung

Normalbetrieb
ZL - Ventilator kleine Stufe
FOL - Ventilator Nr. ① ② ③ ein

Beim Einschalten des FOL - Ventilators Nr. ⑤, ZL - Ventilator grosse Stufe

Der FOL - Ventilator Nr. ④ wird separat geschaltet

Zuluft - Grenzfühler 15 °C

Zuluftventilator

V	=	7800	m³/h
Δp	=	73	mmWS
n	=	1180	U/min
N	=	2.4	kW

Motor

n	=	1500 / 750	U/min
N	=	3.0 / 0.45	kW
I	=	7.3 / 2.1	A

Luffterhitzer
Q = 70000 kcal/h / 81.4 kW

Interpumppe Biral NBZ 40 - 1 S
Lieferung: Lippiner Heizungsfirma

n	=	7500	...	U/min
N	=	0.165	...	kW
I	=	0.5	...	A

Heizventil 3500 l/h

Filter G3

Aussenluft - Klappe

AUL - Thermostat
schaltet Interpumppe bei + 5 °C

FLUKA
Anlage 7

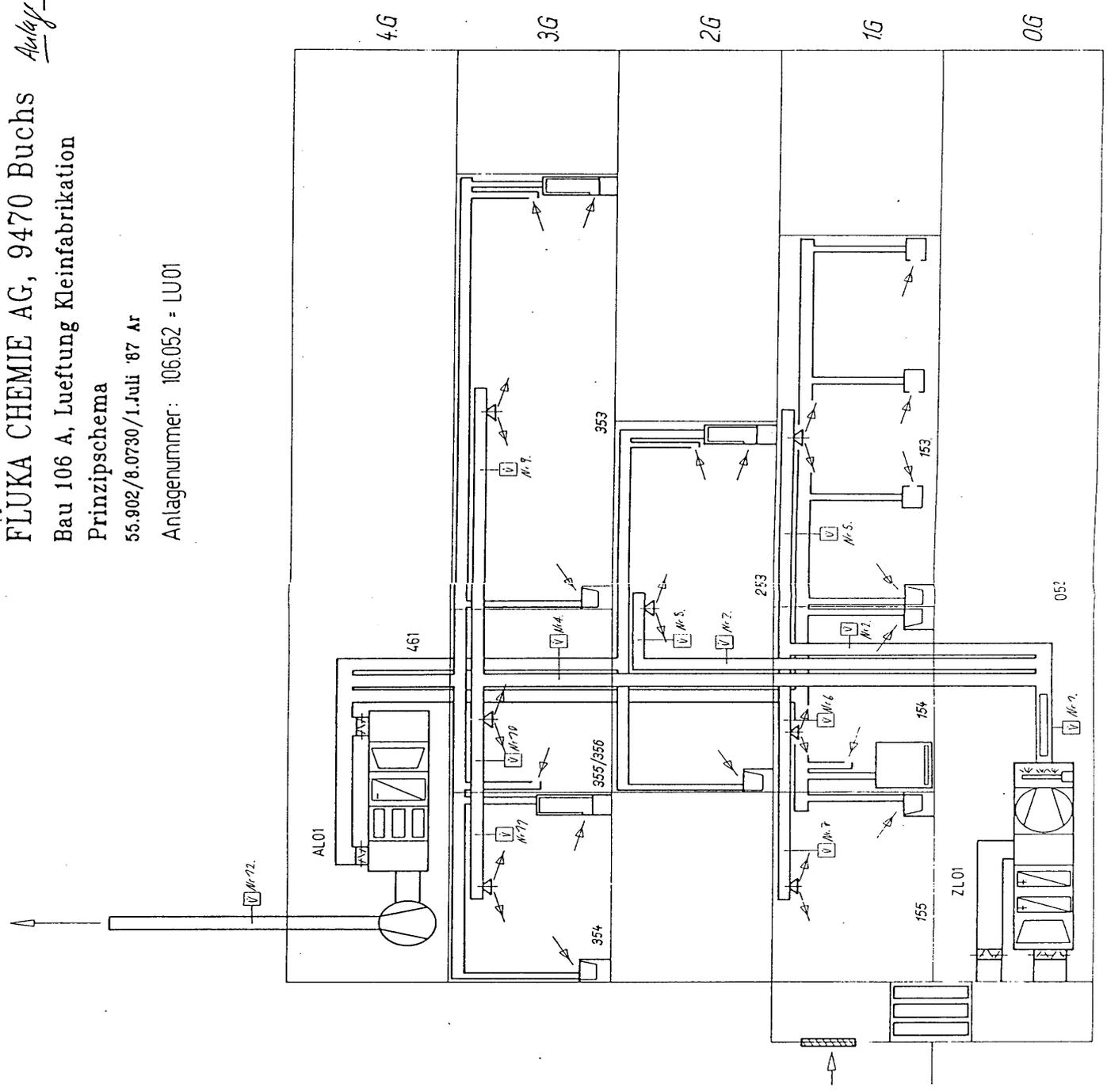
FLÜKA CHEMIE AG, 9470 Buchs

Bau 106 A, Lueftung Kleinfabrikation

Prinzipschema

55.902/8.0730/1.Juli '87 Ar

Anlagennummer: 106.052 = LU01



Df.

3. OG

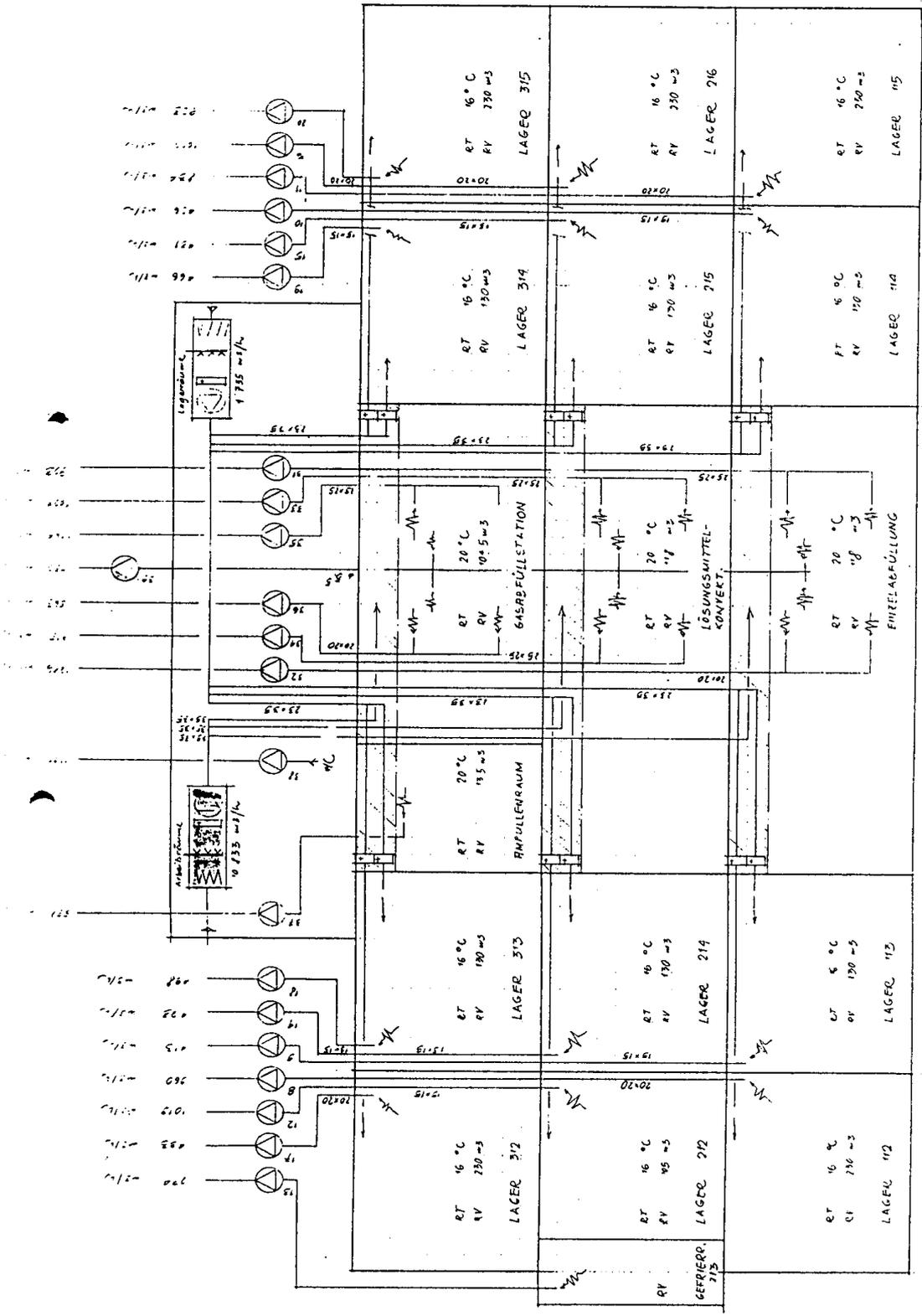
- 123 -

2. OG

1. OG

Aulaj 8

FLUKA AG, BUGHUS
 BAU &
 LÜFTUNGSMITTEL - IST ZUSTAND
 GIBES, 29. MAI 1986
 100 2100 4 2000000 01848



Anhang D

CODAM 600 ** ELMES Staub + CO AG, CH-8805 Richterswil ** 21.09.92

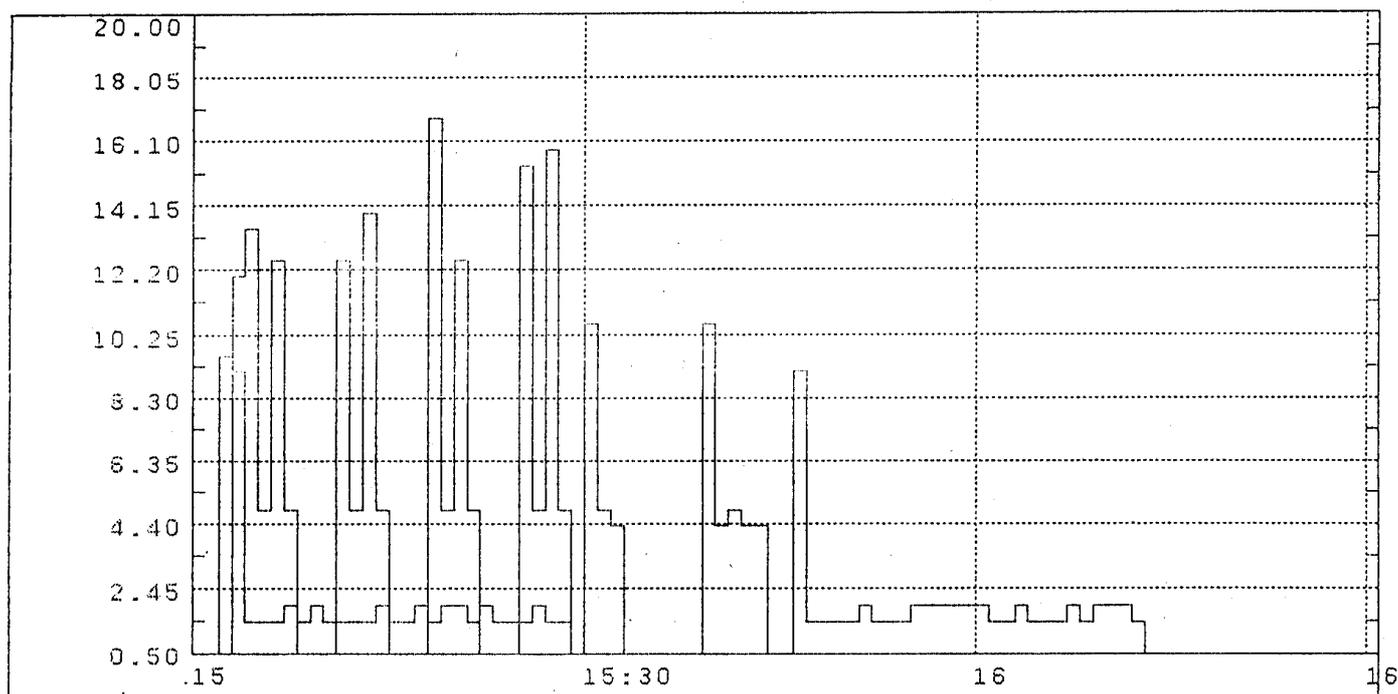
Grafische Darstellung lüftzack.601
= 2.1B =====

Auswerteperiode Di 15.09.92 15:00:00 - Di 15.09.92 16:31:00
Intervalllänge 1 Minuten

Firma : FLUKA CHEMIE AG 9470 Buchs
Abteilung : Elektrowerkstatt
Bau : 1
Raum : 011
Referenz : HK
Gerätenummer: 601 Messungscode: 1Min

Kanal: 1 Messstelle: Zackenbr. Messprinzip: Höchst Einheit: A
Text :
Kanal: 2 Messstelle: Lüftung L1 Messprinzip: Höchst Einheit: A
Text :

Maximum: 16.80 A Di 15.09.92 15:19:00 (Kanal 1 max)
Minimum: 0.00 A Di 15.09.92 15:01:00 (Kanal 2 max)



Anhang E

Lüftung Bestandesaufnahme	Bau:	Anl. Nr.	Datum:	Blatt:
---------------------------	------	----------	--------	--------

Räume

Bau:							
Nr:							
Geometrie, Volumen:							
Oeffnung, ZL Typ:							
Anzahl:							
Oeffnung AL Typ:							
Anzahl:							
Fremdlüftung:							
Interne Lasten:							
Anfallende Stoffe:							
Zweck:							
Benützung- Zeit:							
Anz. Personen:							
Sicherheitsvor- schrift:							

Bemerkung :.....

Bestellung von RAVEL-Dokumentationen:

Name, Vorname:

Firma:

Strasse:

PLZ, Ort:

Datum, Unterschrift:

Bundesamt für Konjunkturfragen

Impulsprogramm RAVEL

Belpstrasse 53

3003 Bern

FAX: 031/46 41 02

Titel	Autor	Bestellnummer	Preis	Bestellung
RAVEL-Materialien				
Renouvellement d'air: Extraction d'air des bains, WC, cuisines	G. Spoehrle	724.397.11.51 f	12.-	
Conditionnement des locaux: études de cas	C. Brunner	724.397.11.53 d/f	12.-	
Conditionnement des locaux: humidification, déshumidification	M. Borel	724.397.11.54 f	12.-	
Pompes de circulation - Diminuer la puissance installée et l'énergie cons.	L. Keller	724.397.11.55 f	12.-	
Fallstudie Betrieb und Unterhalt einer Lüftungsanlage	R. Naef	724.397.11.56 d	12.-	
Grundbegriffe der Energiewirtschaft (Glossar)	R. Leemann	724.397.12.51.1 d	12.-	
Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Energiesystemen	R. Leemann	724.397.12.51.2 d	12.-	
Kennwerte betrieblicher Prozessketten	F. Wolfart	724.397.12.54 d	12.-	
Valeurs caractéristiques de processus industriels	F. Wolfart	724.397.12.54 f	12.-	
Energieverbrauch in gewerblichen Küchen	J. Tercier	724.397.13 d	12.-	
Fallstudie Testküche	L. Perincioli	724.397.13.52 d	12.-	
Zuverlässigkeit und Energieverbrauch von elektronischen Geräten	A. Birolini	724.397.13.56 d	12.-	
Elektrizitätsbedarf von Textildruckmaschinen	W. Hässig	724.397.21.51 d	12.-	
Kühlmöbel im Lebensmittelhandel	U. Kaufmann	724.397.21.52 d	12.-	
Wirkungsgradoptimierung der Drucklufterzeugung und Verteilung	F. Münst	724.397.21.54 d	12.-	
Analyse du rendement énergétique de processus industr. de prod.	M. Bongard	724.397.21.55 f	12.-	
Elektrizitätsbedarf der Zementindustrie	U. Fischli	724.397.21.61 d	12.-	
Elektrizitätsbedarf von Industrielüftungen	U. Fischli	724.397.21.62 d	12.-	
Stromverbrauchserhebung in Haushalten	A. Huser	724.397.23.51 d	12.-	
Wäschetrocknen im Mehrfamilienhaus	J. Nipkow	724.397.23.52 d	12.-	
Kühlschränke für Hotelzimmer und Studios	M. Beer	724.397.23.53 d	12.-	
Energieverbrauch von elektronischen Bürogeräten	A. Huser	724.397.23.54 d	12.-	
Energierelevante Aspekte von elektronischen Bürogeräten	R. Strauss	724.397.23.55 d	12.-	
Energieverluste bei Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten	U. Graune	724.397.23.56/57 d	12.-	
WRG / AWN-Checkliste	R. Brunner	724.397.31.52 d	12.-	
Abgeschlossene und laufende Projekte in den Bereichen WKK und WP	Th. Baumgartner	724.397.31.55 d	12.-	
Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung	V. Kyburz	724.397.31.56 d	12.-	
Interne Wärmelasten von Betriebseinrichtungen	B. Nussbaumer	724.397.32.51 d	12.-	
Fallstudie Tunnellüftung	H. Hatz	724.397.41 d	12.-	
Kühltemperaturen im Lebensmittelhandel	A. Kümin	724.397.41.52 d	12.-	
Energiesparstrategie für Versorgungsunternehmen	F. Spring	724.397.42.51 d	12.-	
Benutzerverhalten im Bürobereich	E. Nussbaumer	724.397.42.55 d	12.-	
Rationelle Stromnutzung - Einfl. neuer Technolog. auf künft. Weiterbildung	W. Baumgartner	724.397.46.51 d	12.-	
Rationelle Stromnutzung - Einfluss neuer Technologien: Kurzfassung	W. Baumgartner	724.397.46.52 d	12.-	