

Eine große Anzahl eigener veröffentlichter Forschungsarbeiten kennzeichnen ebenso diese Arbeitsrichtung wie die wissenschaftlichen Arbeiten seiner zahlreichen Mitarbeiter und Assistenten. Einige Schwerpunkte der Forschungstätigkeit seines Institutes seien im folgenden genannt: Hydraulische Antriebe und Steuerungen, Schleppergetriebe, Pressen und Brikettieren von Halmgut, Belüften und Trocknen, Spannungen in lagernden Haufwerken. Bei den Forschungsarbeiten lag ihm immer wieder eine möglichst enge Zusammenarbeit zwischen Industrie und Wissenschaft am Herzen, die er als langjähriger Vorsitzender des MEG-Arbeitskreises "Forschung und Lehre" und als Mitglied des Beirates der VDI-Fachgruppe Landtechnik und deren Stellvertretender Vorsitzender auch über seine eigene Institutsarbeit hinaus hervorragend gefördert hat.

Das Studium des Landmaschinenbaues an der TU Braunschweig wurde durch seine Aktivitäten und seinen Weitblick in sehr positivem Sinne beeinflusst. Aufgrund seines sicheren Gespürs für Entwicklungstendenzen erkannte er die große Bedeutung der Hydraulik bereits zu einem Zeitpunkt, als dieses Gebiet an anderen Universitäten noch keine Beachtung fand. So nahm er schon sehr früh den Bereich der "Ölhydraulischen Antriebe und Steuerungen" nicht nur im Rahmen der Forschung als Schwerpunkt auf, sondern auch in der Lehre. In ähnlicher Weise verfuhr er mit dem Fach Erdbaumaschinen, so daß er bald die ursprüngliche Fachrichtung "Landtechnik" in Fachrichtung für "Schlepper, Erdbau- und Landmaschinen" umbenennen konnte. Durch diese rechtzeitige Ausdehnung des Vorlesungsangebotes auf fachübergreifende Gebiete haben sich die Hörerzahlen wesentlich erhöht, was sich im Hinblick auf tüchtigen und ideenreichen Landmaschinen-Nachwuchs sehr bewährt hat.

Auf diese Weise machte Prof. *Matthies* das Institut für Landmaschinen der TU Braunschweig zu einer bedeutungsvollen und richtungweisenden Institution der landtechnischen Wissenschaft und Ausbildung in der Bundesrepublik Deutschland. Viele seiner ehemaligen Studenten und Assistenten sind heute in Industrie, Forschung und Lehre in verantwortlicher Position tätig.

Während seiner mehr als zwanzigjährigen Hochschultätigkeit hat er zahlreiche Hochschulämter ausgeübt. Er war u.a. Abteilungsleiter für Maschinenbau, Leiter des Praktikantenamtes, Dekan der Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik und Mitglied des Verfassungs- und Verwaltungsausschusses. Er hat sich immer sehr

aktiv, oft als Initiator und Koordinator für alle Hochschulbelange eingesetzt. In diesem Zusammenhang müssen ausdrücklich seine Verdienste im Hinblick auf die Studienreform und auf das Niedersächsische Hochschulgesetz ("Erklärung zur Reform an den Ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten", "5 Thesen zum Niedersächsischen Hochschulgesetz") erwähnt werden.

Aufgrund seines Wissens, seiner Geduld, seines Verhandlungsgeschickes, seiner Energie und Zielstrebigkeit und seiner Fähigkeit, praktikable und damit brauchbare Problemlösungen zu finden, wurde er 1978 zum Rektor der Technischen Universität Braunschweig gewählt — eine Ehre und Anerkennung, die nur wenigen zuteil wird. Er hat sich auch in diesem höchsten Amt, das eine Universität zu vergeben hatte, in hervorragendem Maße bewährt. Unter anderem hat er die schwierige Aufgabe gemeistert, innerhalb eines Jahres die über Jahrzehnte praktizierte Rektoratsverfassung in eine Präsidialverfassung zu überführen.

Matthies hat sich auch immer für die allgemeinen Belange der Landtechnik eingesetzt, selbst wenn es mit erheblicher zusätzlicher Arbeit verbunden war. Neben den schon erwähnten ehrenamtlichen Tätigkeiten beim VDI und bei der MEG seien seine Gutachtentätigkeiten bei der DFG, insbesondere auch für die beiden landtechnischen Sonderforschungsbereiche, erwähnt. Hierbei hat sein auf fundiertes Wissen aufgebautes Urteil ein ganz besonderes Gewicht gehabt. Weiterhin seien seine Aktivitäten im Vorstand und Hauptausschuß des KTBL, im Kuratorium der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), dessen Stellvertretender Vorsitzender er war, im Forschungsrat für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, im LAV und bei der DLG erwähnt. Seine Mitarbeit in und für diese Gremien war immer von fruchtbaren Ergebnissen gekennzeichnet.

Wir, seine ehemaligen und derzeitigen Mitarbeiter, danken ihm auch durch Vorlage dieses Sonderheftes dafür, daß er uns immer in vorbildlicher Weise mit Rat und Tat unterstützt hat. Er hat sich stets für seine Mitarbeiter in einer Weise engagiert, die über eine normale wissenschaftliche Betreuung hinausging. Wir, die Autoren dieses Heftes, aber auch alle anderen Mitarbeiter, wünschen Professor *Matthies* für die Zukunft alles Gute. Mit den besten Wünschen für sein gesundheitliches Wohlergehen verbinden wir die Hoffnung, daß seine Schaffenskraft noch lange zum Wohle der Landtechnik erhalten bleibt.

Prof. Dr.-Ing. A. Stroppel

Prüfstand für Beflammungsversuche an Hydraulikschläuchen

Von Dieter Grabenhorst, Stadtsteinach*)

Professor Dr.-Ing. Hans Jürgen Matthies zum 60. Geburtstag

DK 621.8.032:061.6:62

*) Dr.-Ing. D. Grabenhorst war von 1959 bis 1964 Mitarbeiter von Herrn Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies am Institut für Landmaschinen der TU Braunschweig. Seit 1974 ist er Inhaber des Phys.-Techn. Labors Stadtsteinach.

Hydraulik-Schläuche sollten widerstandsfähig gegen starke Erhitzung und Feuer sein, um zu vermeiden, daß beispielsweise ein Schlepper im praktischen Betrieb funktionsunfähig wird. Auch kann von dem auslaufenden Öl eine gewisse Gefahr ausgehen.

Für die Untersuchung der Widerstandsfähigkeit von Hydraulikschläuchen gegenüber Flammen war daher ein Prüfstand zu entwickeln und zu bauen. In diesem Aufsatz werden der Aufbau und die Wirkungsweise eines Prüfstandes zum Beflammen von Hydraulikschläuchen beschrieben.

1. Einleitung

Für die Untersuchung der Widerstandsfähigkeit von beaufschlagten Hydraulikschläuchen gegenüber Flammen war ein Prüfstand zu entwickeln und herzustellen. Der Zweck dieses Prüfstandes ist der Vergleich bisheriger Bauarten von Hydraulikschläuchen hinsichtlich des Verhaltens bei Bränden. Die Versuchsergebnisse sollen Hinweise für zukünftige Entwicklungen erbringen¹⁾.

Werden technische Schläuche infolge der Einwirkung von Feuer geschädigt, so kann eine Gefahr dadurch entstehen, daß die betroffene Anlage funktionsunfähig wird. Sicherlich sind bereits viele Menschen zu Schaden gekommen und beträchtliche Sachwerte vernichtet worden, weil im Verlaufe eines Brandes ein Schlauch platzte. Die Beispiele reichen vom Feuerwehrschauch bis zum Hydraulikschlauch in einem Fahrzeug oder in einem Flugzeug.

Eine weitere Gefahr geht von dem Medium im Innern des Schlauches aus, das durch eine Schädigung des Schlauches freigegeben wird. Beispielsweise können ausströmende Medien wie Sauerstoff, Brenngase, Treibstoff oder Hydrauliköl die Flammen derart nähren, daß ein harmloser Brand sich zu einer Katastrophe ausweitert. Auch sind schreckliche Folgen denkbar, wenn der leckwerdende Schlauch giftige Stoffe transportiert.

Es war daher nach einer Möglichkeit zu suchen, Schläuche unter reproduzierbaren Bedingungen einem Feuer auszusetzen. Reproduzierbarkeit bedeutet unter anderem eine Flammeneinwirkung mit justierbarer Intensität und eine Regelung der Parameter des Mediums wie Temperatur, Druck und Durchflußmenge.

2. Aufbau des Prüfstandes

2.1 Technische Daten

Wegen der gewünschten baldigen Verfügbarkeit des Prüfstandes waren die interessierten Kreise damit einverstanden, daß die Versuchsbedingungen und damit die Anforderungen an den Prüfstand nicht überzogen wurden. Als Einsatzgrenzen wurden festgelegt:

Brennerleistung	320 MJ/h (89 kW) (Propan)
Mediumtemperatur	80 °C (Wasser)
Durchfluß	10 l/min
Innendruck	10 bar
Schlauchlänge	700 mm
Schlauch-Nennweite	125 mm.

Für den Kreislauf des Mediums wurde ein Mindestquerschnitt von 1 cm² vereinbart. Eine Beaufschlagung des Prüflings nach Ende des Versuchs mit Überdrücken bis zu 25 bar und mit Unterdrücken bis zu 0,9 bar sollte möglich sein.

2.2 Konzeption der Gesamtanlage

Es stellte sich als zweckmäßig heraus, die für die Prüfung notwendigen Organe in drei Baueinheiten unterzubringen, **Bild 1**, in:

1. einem Prüftisch a mit der Aufnahmevorrichtung für die Schläuche, mit dem Brenner einschließlich Zubehör und mit der Abgaseinrichtung,
2. einem Aggregateschrank c mit der Aufbereitung des umlaufenden Wassers und mit einigen Hilfseinrichtungen,
3. einem Steuerschrank f, der die elektrischen und pneumatischen Meß-, Regel- und Steuergeräte enthält.

Das Zusammenwirken geht aus dem Wirkplan hervor, **Bild 2**. Entsprechend der obigen räumlichen Aufteilung sind im Wirkplan drei Felder zu erkennen. Die Betriebsmittel jeweils oberhalb der strichpunktierten Linie befinden sich im Steuerschrank. Auf S. 192 ist darunter der Aufbau des Prüftisches wiedergegeben, die S. 193 enthält unten die symbolische Darstellung des Aggregateschranks.

¹⁾ Der Auftrag und die Grundkonzeption für den Prüfstand gingen von der Firma Continental Gummi-Werke AG aus. Den Herren *Engelke* und *Heyer* ist der Verfasser für die zahlreichen Anregungen zu Dank verpflichtet. Die Steuerung lieferte die Firma DRD Meß- und Regeltechnik Hannover. Die Projektentwicklung lag in den Händen der Firma Hahn & Kolb, Stuttgart.

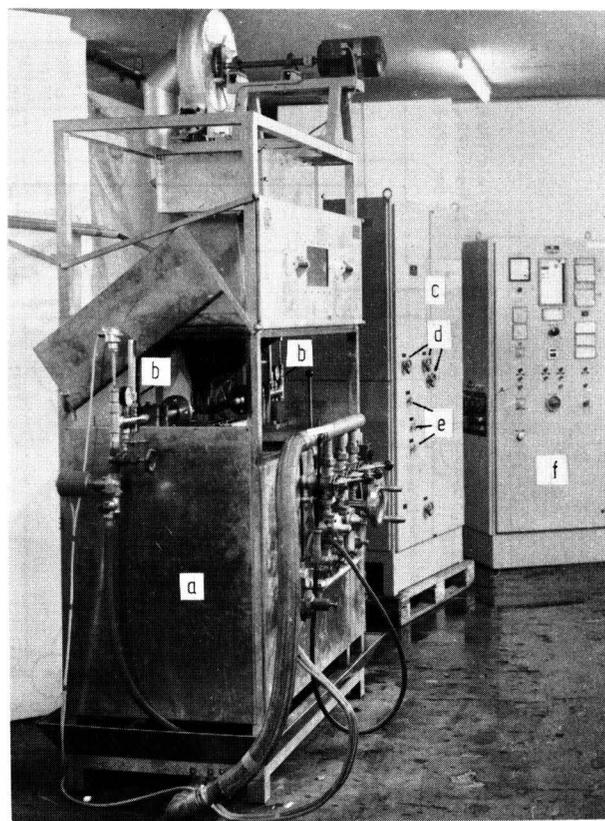


Bild 1. Gesamter Prüfstand.

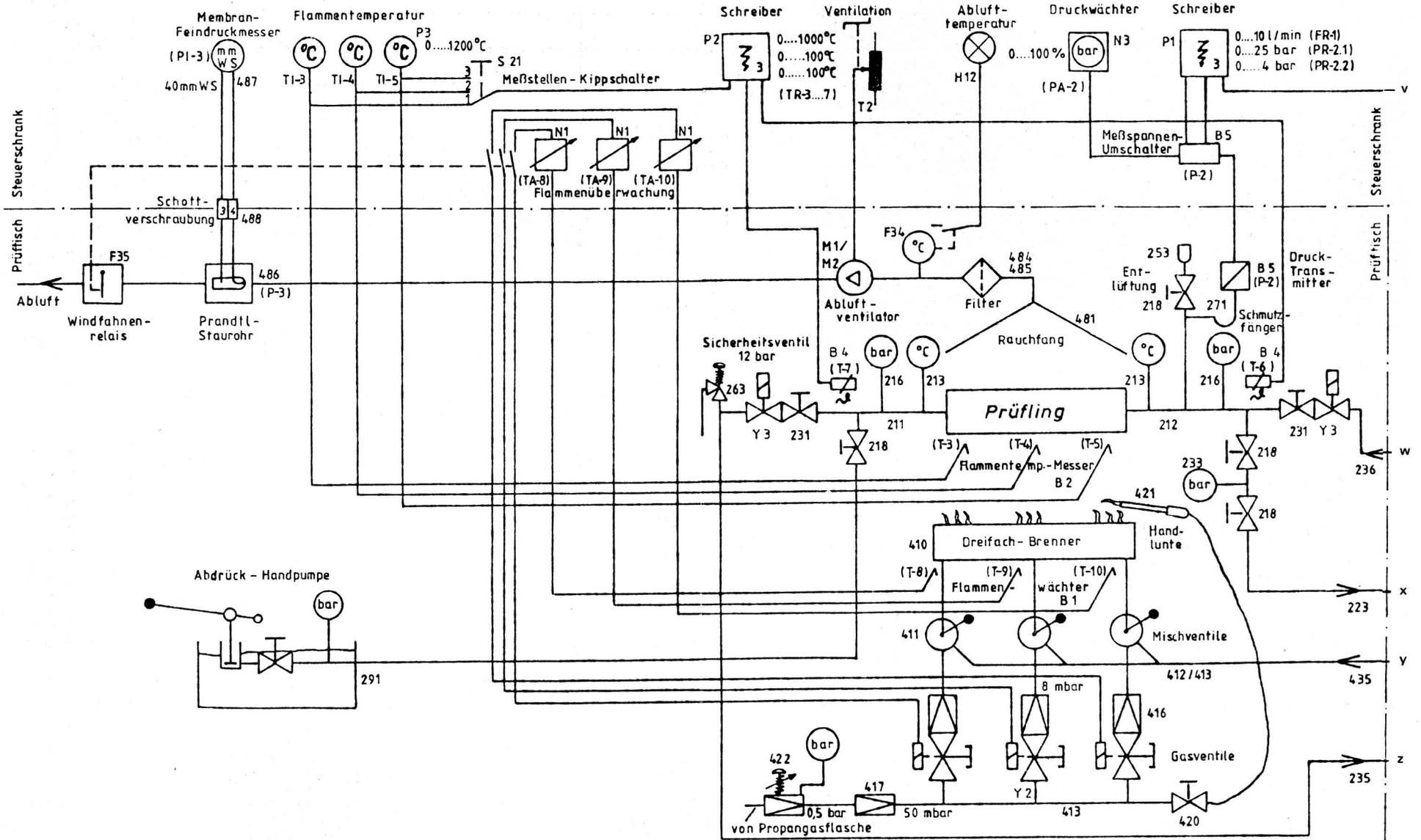
- a Prüftisch, Fronttür und beide Seitenklappen geöffnet
- b Armaturen für den Wasserkreislauf
- c Aggregateschrank
- d große Handräder für den Kreislauf, den Bypass und Grundablaß
- e kleine Handräder für Wasserstrahlpumpe, Speise- und Kühlwasser
- f Steuerschrank

2.3 Prüftisch

Zu den wesentlichen Bestandteilen des Prüftisches gehört die Aufnahmevorrichtung für die Prüflinge, **Bild 3**. Damit die Schläuche a mit gewissen Längentoleranzen sich schnell ein- und ausbauen lassen, besitzt der Prüftisch zwei großflächige Türen an der Rückwand und zwei universelle Anschlüsse für die Schläuche. Bei den Anschlüssen handelt es sich um zwei Rohre mit Flanschen. An die Flansche können große Schläuche direkt oder unter Verwendung von Zwischenflanschen angebaut werden. Zum Anschluß von kleineren Schläuchen besitzen die Rohrenden ein Innengewinde M 30 x 2 für das Einschrauben von Übergangsstutzen. Jedes der beiden Rohre b ist auf einem Haltebock durch eine Klemmverbindung befestigt, die ein Verdrehen und Verschieben des Rohres zuläßt. Die Halteböcke weisen Langlöcher in der Grundplatte auf, wodurch sie auf je einer rostförmigen Tischfläche c in weiten Grenzen verstellbar befestigt werden können.

An den Enden der Rohre, die aus dem Gehäuse hervorstehen, **Bild 4**, befinden sich direkt ablesbare Maschinenthermometer g und Druck-Anzeigeeinstrumente. Außerdem sind Geber für Temperatur- und Druck-Fernmessung h eingebaut. An Armaturen sind Hand- und Elektromagnet-Absperrventile, Druckbegrenzungsventile, selbsttätige Entlüfter (bei h) sowie Anschlußstutzen für Abdruck- und Vakuum-Leitungen (bei i) vorhanden.

Der Brenner läßt sich durch Handräder a und b mit eingebauten Positionsanzeigen horizontal und vertikal verfahren. Intern einstellbare Anschläge gewährleisten eine reproduzierbare Lage des Brenners. Eine Gruppe von Thermoelementen bewirkt aus Sicherheitsgründen ein Abschalten der Brenngaszufuhr, sobald die Flammen verlöschen. Eine weitere Gruppe von höhenverstellbaren Thermoelementen erfaßt die Flammentemperatur an der Unterseite der Schläuche.



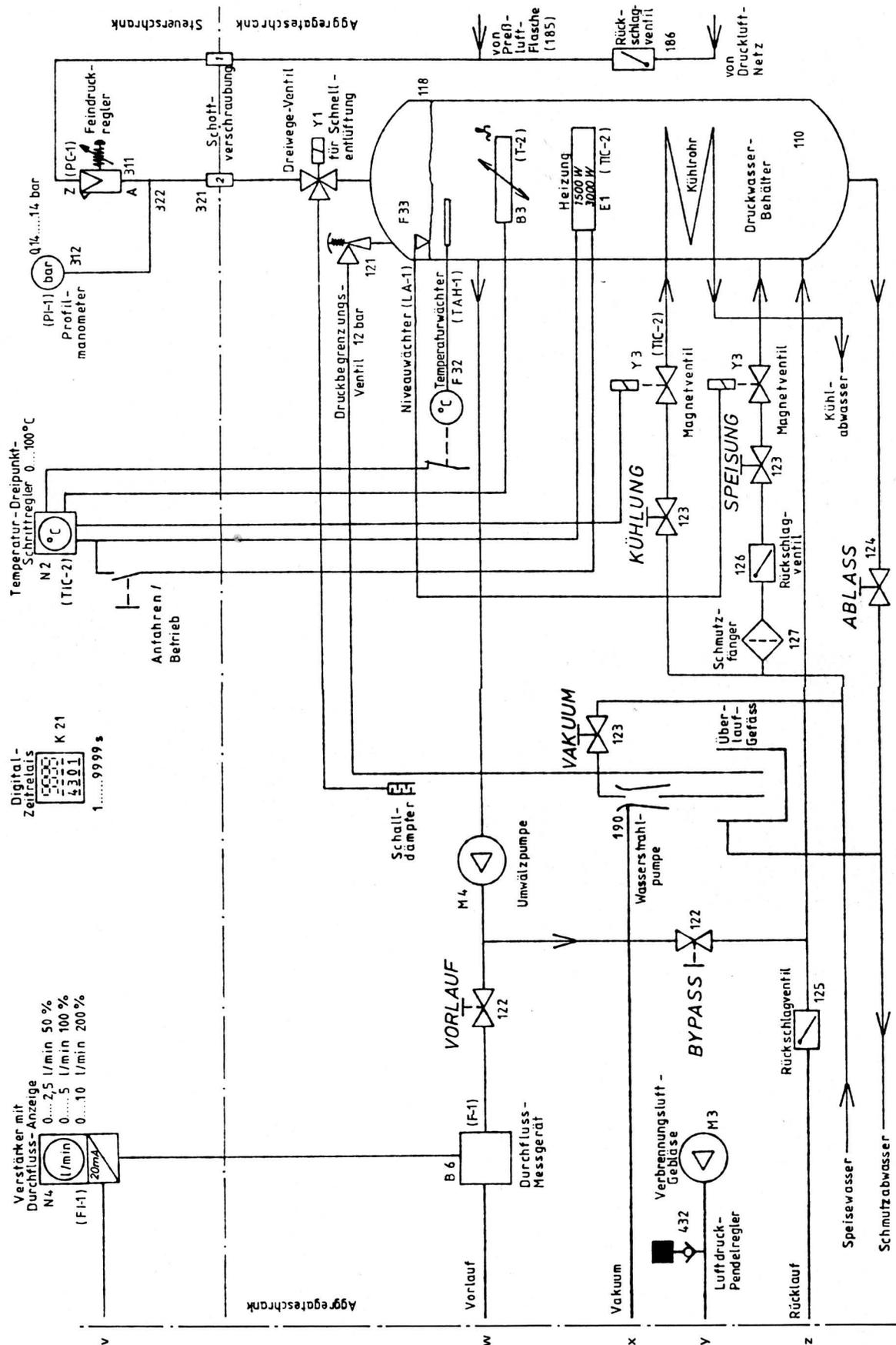


Bild 2. Wirkplan des Prüfstands; die drei durch Strichpunktlinien begrenzte Felder entsprechen den drei Baueinheiten des Prüfstands: jeweils oben auf S. 192 u. S. 193; Installation des Steuerschrankes, S. 192 unten: Darstellung des Prüftischaufbaus, S. 193 unten: Darstellung des Aggregateschrankes. Leitungen, am Rand mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet, sind identisch.

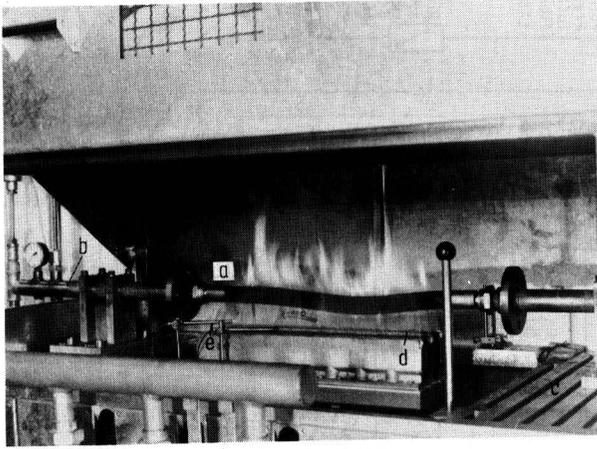


Bild 3. Hydraulikschlauch im Prüftisch.

- a Schlauch, mit Übergangsstutzen an den Flanschrohren befestigt
- b Flanschrohr mit außenliegenden Armaturen
- c rostförmige Tischfläche
- d Brenner
- e Thermolemente für die Flammenüberwachung

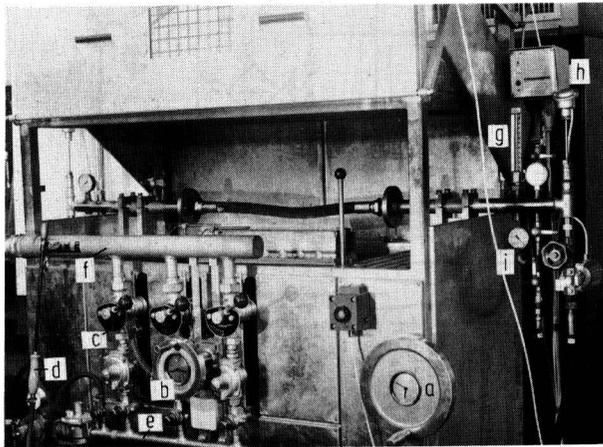


Bild 4. Prüftisch mit Brenner und Vorlauf-Armaturen.

- a Handrad für Brenner-Vertikalverstellung
- b Handrad für Brenner-Horizontalverstellung
- c Mischventile mit Druckminder- und Schaltventilen
- d Anzündlunte
- e Brenngasrohr
- f Verbrennungsluftrohr
- g Maschinenthermometer, Manometer, Temperatur-Ferngeber (von links nach rechts)
- h automatischer Entlüfter und Druck-Ferngeber
- i Manometer für Unterdruck, Unterdruckanschluß mit 2 Handventilen, Vorlaufanschluß mit Hand- und Elektromagnet-Ventil.

Den oberen Abschluß des Prüfraumes bildet ein trichterförmiger Rauchfang c, **Bild 5**. Daran angeschlossen ist der Filterkasten b mit eingebautem Kontaktthermometer. Ein Radialgebläse a wird von einem fremdbelüfteten Motor angetrieben, dessen Drehzahl sich stufenlos einstellen läßt. In einer angeschlossenen waagrecht verlaufenden Rohrstricke befinden sich ein Prandtl-Rohr und ein Windfahnen-Relais.

Das Gestell ist ringsherum verkleidet, damit das Bedienungspersonal beim Platzen eines Schlauches hinreichend geschützt ist. Mehrere Grenz-taster an dem Prüftisch bewirken, daß beim Öffnen einer der Türen der Schlauch drucklos gemacht und das Brenngas abgestellt wird. Die Fronttür mit der durch ein Gitter geschützten Scheibe aus Sicherheitsglas wird durch ein Gegengewicht in der

geöffneten und in der geschlossenen Stellung zuverlässig gehalten. Die unteren Lenker sind als Klappen ausgebildet, so daß beim Öffnen der Fronttür zugleich seitliche Öffnungen freigegeben werden. Den unteren Abschluß bildet eine Bodenwanne l, die an eine Abwasserleitung angeschlossen ist.

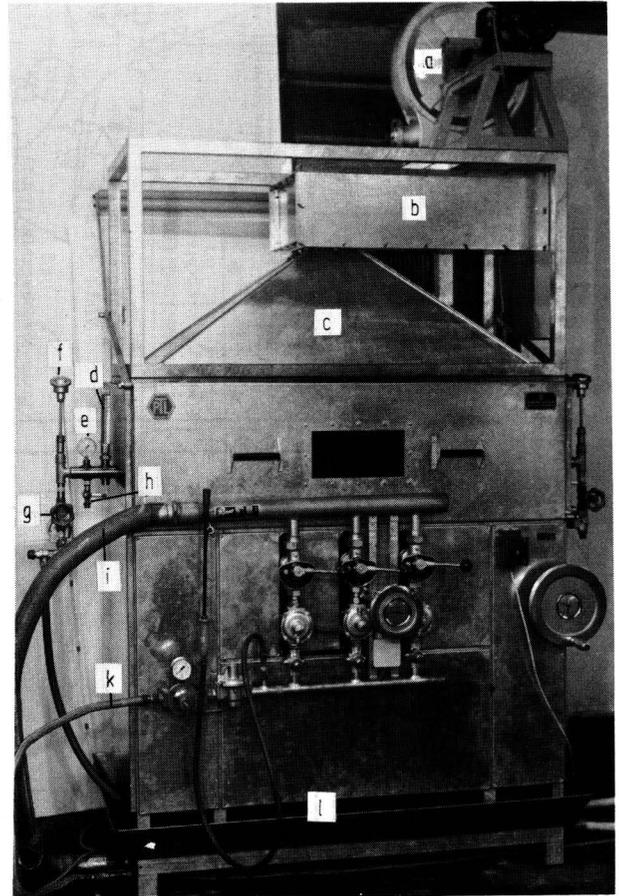


Bild 5. Prüftisch, geschlossen.

- a Abluftgebläse
- b Filterkasten
- c Rauchfang
- d Maschinenthermometer
- e Manometer
- f Temperatur-Ferngeber
- g Rücklauf-Anschluß mit Hand- und Elektromagnet-Ventil
- h Absperrventil und Anschlußstutzen für transportable Abdrückpumpe 25 bar
- i Schlauch für Verbrennungsluft
- k Schlauch für Brenngas
- l Bodenwanne zum Auffangen des Wassers

2.4 Aggregateschrank

Im Aggregateschrank wird das Wasser, das durch den Prüfling hindurchfließt, aufbereitet. Das Herzstück ist der Wasserbehälter mit einem Fassungsvermögen von 110 l. Ein Schwimmerschalter überwacht das automatische Füllen des Behälters beim Einschalten der Anlage bis zu einer bestimmten Höhe. Ein eingebauter Temperaturfühler bewirkt zusammen mit dem Dreipunkt-Regler im Steuerschrank das Aufheizen oder das Abkühlen des Wassers durch eine elektrische Heizung bzw. durch eine von kaltem Wasser durchströmte Kühlschlange.

Der gewünschte Druck von 0–10 bar wird durch Druckluft im oberen Teil des Behälters erzielt. Für Drücke bis 6 bar wird die Druckluft dem Netz entnommen; werden höhere Drücke gewünscht, schaltet sich eine Preßluft-Flasche hinzu. Durch ein elektromagnetisches Schnellentlüftungs-Ventil kann im Gefahrenfall die Druckluft aus dem Behälter entweichen.

Das Wasser im System Wasserbehälter/Prüfling bildet einen geschlossenen Kreislauf, der von einer Kreiselpumpe aufrecht erhalten wird. Der gewünschte Durchfluß im Prüfling wird durch Einstellen je eines Handventils im Hauptkreislauf und in einem Bypass erreicht. Da der Durchfluß einen wichtigen Parameter darstellt, ist in den Hauptkreislauf ein aufwendiges Durchfluß-Meßgerät eingebaut. Weiterhin ist der Wasserbehälter mit einem Druckbegrenzungs-Ventil und einem Grundablaß ausgerüstet.

In dem Schrank befindet sich noch das Radialgebläse für die Verbrennungsluft mit nachgeschalteter Pendelklappe und eine Wasserstrahl-Pumpe, mit deren Hilfe im Innern des Prüflings ein Unterdruck bis zu 0,9 bar erzeugt werden kann.

2.5 Steuerschrank

Der Steuerschrank f in Bild 1 enthält unter anderem drei Anzeigeelemente für die Flammentemperaturen links, mittig und rechts unter dem Prüfling. Jede dieser Temperaturen kann einzeln mit einem Meßstellen-Umschalter angewählt und durch einen anzeigenden Schreiber aufgezeichnet werden. Zwei weitere Kanäle in dem Schreiber erlauben die Registrierung und Anzeige der Wasserzu- und -ablauf-Temperaturen am Prüfling. Ein zweiter Dreikanal-Schreiber dient zum Aufzeichnen und Anzeigen des Wasserdurchflusses und des Wasserdruckes in zwei Meßbereichen.

Ein elektronischer Dreipunktregler zeigt die Wassertemperatur im Behälter an und hält sie konstant. Der Überdruck im Wasserbehälter wird durch pneumatisch wirkende Geräte angezeigt und geregelt. Falls der Druck im Prüfling unter eine einstellbare Schwelle sinkt, das heißt, falls der Prüfling leck wird oder platzt, so macht ein weiterer Regler den Kreislauf drucklos und sperrt den Prüfling ab. Gleichzeitig wird die Zufuhr des Brenngases gestoppt.

Ein Differenzdruck-Anzeigeelement gibt den dynamischen Druck in der Abluftleitung an. Diese Größe wird durch einen Drehknopf beeinflusst, mit dem die Drehzahl des Radialgebläses stufenlos eingestellt werden kann. Die Einstellung erfolgt aufgrund der gemessenen Ablufttemperatur. Sie darf nicht zu hoch sein, damit die Bauteile nicht vorzeitig zerstört werden. Andererseits soll die Ablufttemperatur 200 °C nicht unterschreiten, weil dann die Ablufteinrichtungen versotten würden.

Über der Reihe der Befehls- und Meldegeräte ist ein digitales Zeitrelais angebracht, das den Versuch nach der vorgewählten Zeit beendet oder bei vorzeitigem Abbruch die Versuchsdauer anzeigt.

Die Flammentemperaturen werden von drei Zweipunktreglern überwacht. Sinkt die Temperatur in einem der als Fühler dienenden Thermoelemente unter den eingestellten Wert, im Regelfalle 400 °C, so wird das Brenngas augenblicklich abgestellt.

3. Versuchsablauf

Nach dem Einbau des Prüflings wird der Brenner in die gewünschte Position gebracht. Die Anschläge für die Begrenzung der Brennerbewegung werden festgeklemmt. Danach wird der Brenner vom Prüfling weggefahren. Die Einstellung aller Ventile, Schalter und Hebel wird nach einer festen Checkliste vorgenommen; die Einstellung der Regler erfolgt entsprechend dem Versuchsauftrag.

Sobald die Anlage durch Betätigen des Hauptschalters in Betrieb genommen ist, füllt sich der Kessel bis auf die durch den Schwimmerschalter vorgegebene Höhe. Nach Drücken des Tasters "EIN" wird der Druck im Wasserbehälter durch die Druckluft auf den eingestellten Wert gebracht. Die Umwälzpumpe läuft, so daß der Prüfling vom Wasser durchflossen wird. Nachdem der Kreislauf entlüftet ist, wird durch Betätigen der Handventile für den Vorlauf und für den Bypass der gewünschte Durchfluß eingestellt. Wenn durch die Heizung die gewünschte Temperatur des Kreislaufwassers und durch die Druckluft der richtige Druck erreicht sind, wird der Grenzwertschalter für den Kreislaufdruck durch Ausrasten eines Tastenschalters aktiviert.

Jetzt werden die drei Gebläse für die Verbrennungsluft, für die Abluft und für die Kühlung des Abluftgebläse-Motors eingeschaltet. Danach kann der Brenner angezündet werden. Währenddessen ist der Knopf für das zugehörige Schaltventil in der Brenngas-Zuleitung zu drücken. Das Ventil bleibt nach dem Loslassen nur dann geöffnet, wenn die Flammentemperatur hinreichend hoch ist. An den Mischhähnen wird die gewünschte Flammengröße eingestellt.

Nun wird der Brenner unter den Prüfling gefahren und sofort danach die Taste "START" gedrückt. Dadurch läuft die Zeitschaltuhr an. Nach Ablauf der eingestellten Zeit werden der Brenner, die Heizung, die Kühlung und die Umwälzpumpe abgeschaltet.

Falls der Prüfling platzt, geschieht automatisch folgendes: die beiden Elektromagnet-Ventile am Prüftisch werden geschlossen, der Kessel wird entlüftet, die Umwälzpumpe wird gestoppt, der Brenner und die Heizung bzw. die Kühlung werden ausgeschaltet. Ähnliche Maßnahmen werden automatisch getroffen, wenn zum Beispiel das Windfahnenrelais in der Abluftleitung den Ausfall des Abluftgebläses meldet oder wenn eine der Türen am Prüftisch geöffnet wird. In allen Fällen bleibt die Digitalanzeige im Schaltrelais stehen.

Hat der Prüfling den Beflammungsversuch überstanden, ohne zu platzen, so wird er noch – je nach Aufgabenstellung – einer Überdruck- oder Unterdruck-Prüfung ausgesetzt. Dazu werden die beiden Handabsper-Ventile am Prüftisch geschlossen und die Hand-Abdrückpumpe oder die Wasserstrahlpumpe in Betrieb gesetzt.

4. Zusammenfassung

Der Aufbau und die Wirkungsweise eines Prüfstandes zum Beflammern von Hydraulikschläuchen werden beschrieben. Der Prüfstand dient zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen der Bauweise und der Flammenbeständigkeit der Schläuche.

Die gesamte Anlage besteht aus dem Prüftisch mit dem Brenner, dem Aggregateschrank und dem Steuerschrank. Nach der Erläuterung dieser drei Baueinheiten wird der Ablauf eines Versuches geschildert.

Der Versuch ist beendet, sobald der Schlauch zu Bruch geht oder sobald die vorgegebene Beflammungsdauer abgelaufen ist. Als Versuchsergebnis werden unter anderem die Zeit, die der Schlauch unter reproduzierbaren Bedingungen dem Feuer widersteht, und der Schlauchzustand nach der Flammeneinwirkung angegeben.