

Rechnereinsatz zur Auswertung von Stoßrohrversuchen und zur Stundenplanerstellung

H. Prehn

Gesamthochschule Paderborn, Abteilung Soest,
Fachbereich Elektrische Energietechnik

1. Einleitung

Der Siemens-Prozeßrechner 301 des Fachbereichs Elektrische Energietechnik Soest der GH Paderborn dient in erster Linie der Studentenausbildung auf dem Gebiet der Prozeßautomatisierung und des technisch-wissenschaftlichen Rechnens. Er wird aber auch für Organisationsaufgaben des Fachbereichs herangezogen.

Als Beispiele für den Rechnereinsatz auf den genannten Gebieten werden zwei von Studenten durchgeführte Arbeiten beschrieben.

2. Automatische Auswertung der Versuche an einem gasdynamischen Stoßrohr

In seiner Graduierungsarbeit hat P. SCHÄFER [1] den Rechner für die automatische Versuchsauswertung an einem Stoßrohr eingesetzt.

Solche Stoßrohre sind in den letzten 30 Jahren als Hilfsmittel zur Untersuchung von Problemen der Gasdynamik und der Gasreaktionen verwendet worden, weil sie es gestatten, mit relativ geringen Kosten Gase auf hohe Überschallgeschwindigkeiten zu beschleunigen und Gaskörper in kürzesten Zeiten (Mikrosekunden) gleichmäßig auf definierte hohe Werte von Temperatur und Druck zu bringen und für eine begrenzte Zeitdauer auf diesen Werten zu halten [2].

Ein Stoßrohr besteht im einfachsten Falle aus zwei Rohrsektionen, die, durch eine Membran voneinander getrennt, aneinandergeflanscht sind (Bild 1). In die eine Sektion wird das zu untersuchende Testgas eingefüllt, in die andere Sektion wird ein Treibgas z.B. Luft oder Wasserstoff bis zu einem solchen Druck eingelassen, daß die Membran platzt und das Treibgas in die Testsektion einströmt, wodurch das Testgas komprimiert wird. Dieser Kompressionsvorgang geht so vor sich, daß in das Testgas eine Stoßwelle mit Überschallgeschwindigkeit ("einfallende Stoßwelle") hineinläuft, die eine Unstetigkeitsfläche darstellt, an der die Zustandsgrößen des Testgases (Temperatur, Druck usw.) von den ursprünglichen Werten auf höhere Werte springen und hinter der das anfangs ruhende Testgas eine Geschwindigkeit annimmt, die bei genügend starkem

Stoß größer als die Schallgeschwindigkeit sein kann.

Die Stoßwelle wird am Endflansch reflektiert und läuft in das voraufgeheizte Testgas zurück, wobei eine nochmalige beträchtliche Erhöhung der Zustandswerte stattfindet. Zwischen Endflansch und reflektierter Stoßwelle wird damit in kürzester Zeit von einigen Mikrosekunden ein Gaskörper mit hohen Werten von Temperatur und Druck aufgebaut, der so lange bestehen bleibt, bis reflektierte Wellen am Endflansch eintreffen. Mit geeigneten Maßnahmen lassen sich Zeiten bis 20 Millisekunden erreichen. Den zeitlichen Ablauf der Vorgänge zeigt das Weg-Zeit-Diagramm in Bild 1 .

Das Stoßrohr kann nun in vielfältiger Weise zur Erforschung physikalischer Probleme herangezogen werden. Man kann Körper in die Strömung hinter der einfallenden Stoßwelle stellen und das sich ausbildende Strömungsfeld studieren, man kann die Einleitung und den Ablauf von Reaktionen im Gaskörper hinter der reflektierten Stoßwelle am Endflansch beobachten, Stoßwellen und Verdünnungswellen selbst und ihre Wechselwirkungen mit Objekten können untersucht werden usw.

Zur Bestimmung der Zustandswerte und Geschwindigkeiten im Testgas wird in den meisten Fällen die Geschwindigkeit des einfallenden Stoßes herangezogen, die sich verhältnismäßig leicht und genau mit geeigneten Sonden und einem elektronischen Zähler messen läßt. Der Versuch läuft dann gewöhnlich so ab, daß nach dem "Schuß" der Zähler abgelesen wird, wonach längere Rechnungen zur Auswertung des Versuchs durchgeführt werden müssen.

In der erwähnten Arbeit wurde der Meß- Auswertevorgang mit Hilfe des Prozeßrechners automatisiert. In Bild 2 ist die Geschwindigkeitsmeßeinrichtung schematisch dargestellt. Die Geschwindigkeit des einfallenden Stoßes wird mittels zweier Druckaufnehmer gemessen, die in die Wand der Testsektion in bekanntem Abstand eingebaut sind. Die beiden Druckaufnehmer auf Piezokeramikbasis wurden in einer Graduierungsarbeit entwickelt [3]. Sie wirken über Ladungsverstärker und Grenzwertstufen auf den Start- und Stoppeingang des Zählers. Beim Vorbeilauf der einfallenden Stoßwelle an beiden Sonden startet die erste den Zähler, die zweite stoppt ihn. Der Laufzeitmeßwert des Zählers ergibt zusammen mit dem Sondenabstand die Stoßgeschwindigkeit. Der Meßwert wird digital im BCD-Code verschlüsselt an einem Zählerausgang angeboten.

Gleichzeitig steht hier nach abgeschlossenem Zählvorgang d.h. nach dem Schuß ein Bereitschaftssignal an, das zum Starten des Rechnerprogramms verwendet wird. Die vom Zähler gelieferte Information wird über Treiberstufen an die Rechneranschlußtafel (Interface) des Prozeßelements und damit an den Prozeßrechner weitergeleitet. Das Bereitschaftssignal löst im Rechner einen Alarm aus, der die Versuchsauswertung veranlaßt. Bei dem hier beschriebenen Programm werden aus der gemessenen Stoßgeschwindigkeit und den bekannten ursprünglichen Zustandswerten des Testgases die Zustandsgrößen Temperatur, Druck, Dichte sowie die Gasgeschwindigkeiten hinter dem einfallenden Stoß und hinter dem reflektierten Stoß berechnet. Im Anschluß an den Rechenvorgang wird das Ergebnisprotokoll ausgedruckt (Bild 3).

3. Stundenplanerstellung für den Fachbereich

Als Leistungsnachweis im Fach Programmieren hat K. PAGO ein von H. HEINATZ angegebenes Verfahren zur Stundenplanerstellung für den Rechner programmiert [4] .

Dabei wird von 2 Matrizen ausgegangen, die kurz SDZ-Matrix (Semester-Dozenten-Zeit-Matrix) und SDL-Matrix (Semester-Dozenten-Lehrveranstaltung-Matrix) genannt seien (Bild 4). Bei der Beschreibung des Verfahrens wird der einfachste Fall zugrunde gelegt, bei dem Gruppenaufteilungen in den Übungen ausgeschlossen sind und nur einander ausschließende Hörerkreise vorhanden sind.

In der SDZ-Matrix sind die Hörerkreise (1. Semester, 2. Semester usw.) und die Dozenten den Zeiten gegenübergestellt. Diese Matrix gibt durch Kreuze an, zu welchen Zeiten die Hörerkreise und Dozenten grundsätzlich zu einer Lehrveranstaltung bereit sind. Sie ergibt sich aus einer Befragung der Hörerkreise und Dozenten.

In der SDL-Matrix sind die Hörerkreise und die Dozenten den einzelnen Lehrveranstaltungen ("Fächer") gegenübergestellt. Diese Matrix folgt aus der Studienordnung und aus der Zuordnung der Dozenten zu den Lehrveranstaltungen. Bei jeder Lehrveranstaltung geben die Kreuze den Hörerkreis an, der sie hören muß, und sie geben den Dozenten an, der sie abzuhalten hat.

Beide Matrizen sind von vornherein bekannt und als Randbedingungen anzusehen, die auf jeden Fall zu erfüllen sind. Sie sind in Form von Bitmustern im Arbeitsspeicher des Rechners abgespeichert.

Der Rechner hat nun die Aufgabe, möglichst optimal die einzelnen Lehrveranstaltungen den einzelnen Zeiten unter Beachtung der Randbedingungen zuzuordnen. Er findet Lösungen durch ein Probiervorgehen:

Dabei werden die einzelnen Lehrveranstaltungen von der ersten an der Reihe nach vorgenommen. Jede wird den Zeiten von der ersten an der Reihe nach gegenübergestellt. Es wird festgestellt, ob die betreffende Lehrveranstaltung zu der betreffenden Zeit stattfinden kann. Wenn ja, wird die Zeit der Lehrveranstaltung zugeordnet, es wird notiert, daß zu der betreffenden Zeit der betreffende Hörerkreis sowie der betreffende Dozent beschäftigt sind und für andere Lehrveranstaltungen nicht mehr zur Verfügung stehen. Dann wird die nächste Lehrveranstaltung vorgenommen. Wenn nein, wird zur nächsten Zeit übergegangen. Wenn für eine Lehrveranstaltung keine Zeit mehr gefunden werden kann, ist der Versuch mißlungen. Ein neuer Versuch wird durchgeführt. Dabei wird mit dieser Lehrveranstaltung begonnen, und danach werden die übrigen Lehrveranstaltungen von der ersten an der Reihe nach aufgegriffen, wobei versucht wird, für jede eine Zeit zu finden.

Programmtechnisch werden die Zeilen der SDL-Matrix von der ersten an der Reihe nach durchgegangen. Jede dieser Zeilen wird mit den Zeilen der SDZ-Matrix von der ersten an der Reihe nach verglichen. Es wird festgestellt, ob sie in ihr "enthalten" ist, d.h. ob in der SDZ-Zeile noch Kreuze in den Spalten vorhanden sind, in denen die SDL-Zeile Kreuze enthält. Wenn ja, ist die betreffende Lehrveranstaltung zu der betreffenden Zeit möglich, die Zeit wird der Lehrveranstaltung zugeordnet, und die Zeile der SDL-Matrix wird von der Zeile der SDZ-Matrix in dem Sinne "subtrahiert", daß hier die durch die SDL-Zeile angegebenen Kreuze gelöscht werden. Damit ist notiert, daß zu dieser Zeit der betreffende Hörerkreis und der betreffende Dozent nicht mehr frei sind. Anschließend wird die nächste SDL-Zeile vorgenommen. Wenn nein, ist die Lehrveranstaltung zu der Zeit nicht möglich, und es wird zur nächsten SDZ-Zeile übergegangen.

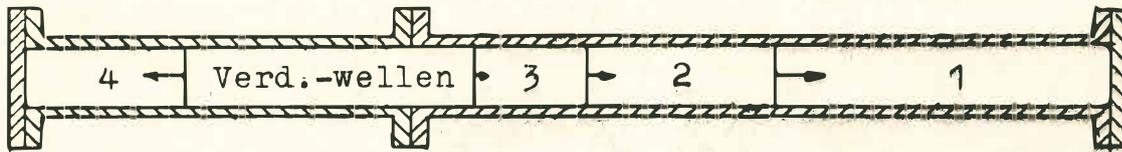
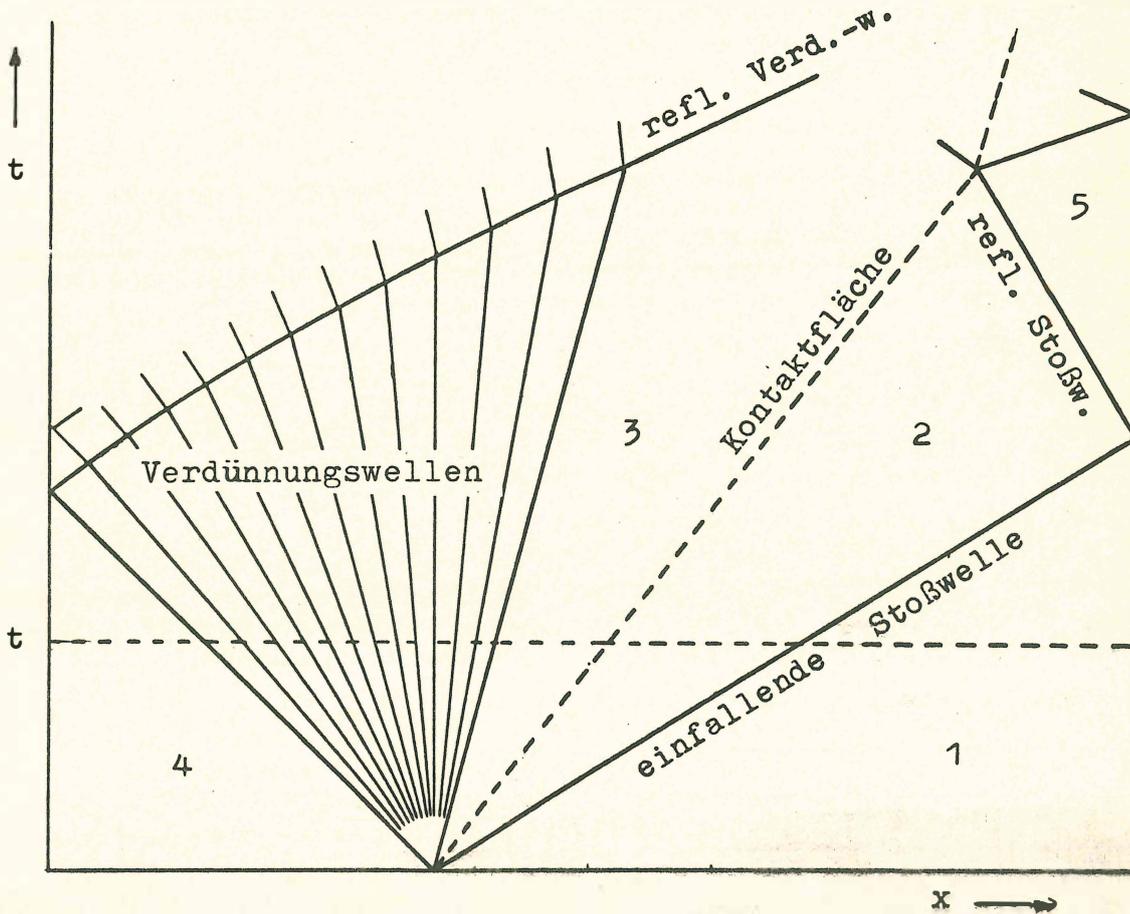
Wenn für alle Lehrveranstaltungen Zeiten gefunden werden können, hat das Probiervorgehen zu einer Lösung geführt. Die Erfahrung zeigt, daß nach wenigen mißglückten Versuchen immer eine Lösung gefunden wird. Man kann den Rechner eine Reihe von Lösungen

suchen lassen und dann nach geeigneten Kriterien die optimalste herausfinden lassen. Neben den erwähnten Randbedingungen können weitere Vorschriften gemacht werden: Nach Möglichkeit sollen Vorlesungsveranstaltungen nur in Vormittagsstunden gelegt werden. Hat ein Fach mehr als 1 Vorlesungsstunde wöchentlich, so sollen möglichst immer 2 Vorlesungsstunden direkt hintereinander liegen. Das Rechnerprogramm berücksichtigt auch solche Forderungen. Beim derzeitigen Stand der Programmentwicklung ist allerdings eine Zuordnung der Hörsäle zu den Lehrveranstaltungen noch nicht möglich. Der gesamte Problemkreis wird im Rahmen einer Graduierungsarbeit weiter behandelt werden.

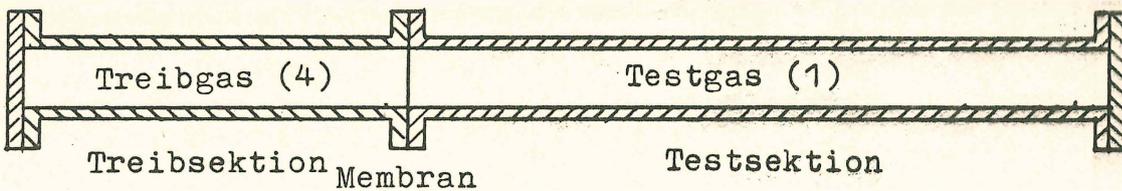
Literatur:

- [1] SCHÄFER, P.: Automatische Rechnerauswertung von Stoßrohrversuchen.
Graduierungsarbeit GH Paderborn, Abt. Soest 1974
- [2] OERTEL, H.: Stoßrohre.
Springer-Verlag Wien 1966
- [3] MANDERLA, W.: Entwicklung von Druckaufnehmern auf Piezokeramikbasis.
Graduierungsarbeit GH Paderborn, Abt. Soest 1974
- [4] PAGO, K.: Rechnerprogramm zur Stundenplanerstellung.
Leistungsnachweis GH Paderborn, Abt. Soest 1975

Weg-Zeit-Diagramm



Stoßrohr nach dem Schuß zur Zeit t .



Stoßrohr vor dem Schuß

Bild 1

FB. Elektr. Energie-
technik Abt. Soest
GH. Paderborn

S t o ß r o h r
u n d
W e g - Z e i t - D i a g r a m m

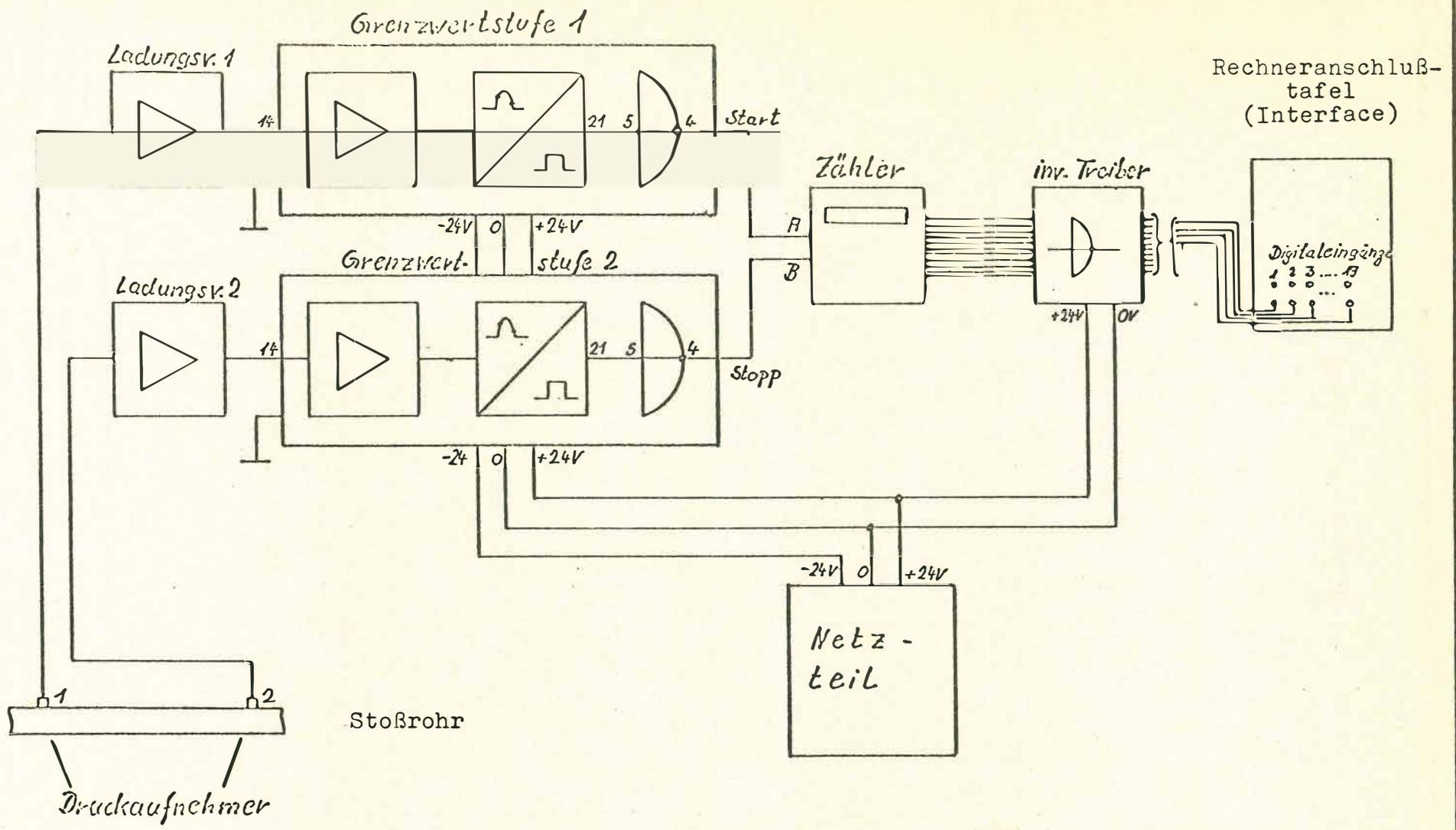


Bild 2

FB. Elektr. Energietechnik
 Abt. Soest
 GH. Paderborn

Automatische Messung und
 rechnerische Verarbeitung
 der Stoßgeschwindigkeit

PROGRAMM ZUR BERECHNUNG DER VORGAENGE IN EINEM STOSSWELLENROHR

UNTER ANNAHME THERMISCH VOLLKOMMENER GASE

GEMESSENE GESCHWINDIGKEIT DER STOSSWELLENFRONT $V1S= 455.37M/S$

1.) VERSUCHSERGEBNISSE BEI KONST. SPEZ. WAERME / $CP=CONST.$..:

TEMPERATUR $T2 = 354.11GRAD$ KELVIN

DRUCK $P2 = 1.9503AT$

DICHTE $R02= 1.8823KG/M3$

GESCHWINDIGKEIT $V2S= 291.40M/S$

GESCHWINDIGKEIT $U2 = 163.96M/S$

TEMPERATUR $T5 = 420.42GRAD$ KELVIN

DRUCK $P5 = 3.4867AT$

DICHTE $R05= 2.8344KG/M3$

GESCHWINDIGKEIT $V5R= 324.19M/S$

GESCHWINDIGKEIT $V2R= 488.16M/S$

2.) VERSUCHSERGEBNISSE BEI ERRECHN. SPEZ. WAERME / $CP=F(T)$..:

TEMPERATUR $T2 = 354.11GRAD$ KELVIN

DRUCK $P2 = 1.9503AT$

DICHTE $R02= 1.8823KG/M3$

GESCHWINDIGKEIT $V2S= 291.40M/S$

GESCHWINDIGKEIT $U2 = 163.96M/S$

TEMPERATUR $T5 = 420.10GRAD$ KELVIN

DRUCK $P5 = 3.4854AT$

DICHTE $R05= 2.8355KG/M3$

GESCHWINDIGKEIT $V5R= 323.79M/S$

GESCHWINDIGKEIT $V2R= 487.75M/S$

WEITERE VERSUCHSERGEBNISSE: SIEHE PROGRAMMBESCHREIBUNG

Bild 3

S D Z - Matrix

Nr.	Zeit	1.Sem.	3.Sem.	...	Doz.1	Doz.2	Doz.3	Doz.4	...
1	Mo 8.15- 9.00	-	-		-	-	x	x	
2	9.15-10.00	x	x		x	-	x	x	
3	10.15-11.00	x	x		x	-	x	x	
.									
.									
11	18.15-19.00	-	-		x	-	-	x	
12	Di 8.15- 9.00	x	x		x	x	-	x	
13	9.15-10.00	x	x		x	x	-	x	
14	10.15-11.00	x	x		x	x	-	x	
.									
.									
45	Fr 8.15- 9.00	x	x		-	x	x	-	
46	9.15-10.00	x	x		-	x	x	-	
.									
.									
55	18.15-19.00	-	-		-	x	-	-	

S D L - Matrix

Nr.	Lehrveranstaltung	1.Sem.	3.Sem.	...	Doz.1	Doz.2	Doz.3	Doz.4	...
1	Mathematik A I V	x	-		x	-	-	-	
2	V	x	-		x	-	-	-	
3	V	x	-		x	-	-	-	
4	V	x	-		x	-	-	-	
5	V	x	-		x	-	-	-	
6	Ü	x	-		x	-	-	-	
7	Ü	x	-		x	-	-	-	
8	Ü	x	-		x	-	-	-	
9	Mathematik A III V	-	x		-	x	-	-	
10	V	-	x		-	x	-	-	
11	Ü	-	x		-	x	-	-	
12	Techn.Mechanik I V	x	-		-	-	-	x	
13	V	x	-		-	-	-	x	
14	Ü	x	-		-	-	-	x	
15	Physik A II V	-	x		-	-	x	-	
16	V	-	x		-	-	x	-	
17	Ü	-	x		-	-	x	-	
18	Ü	-	x		-	-	x	-	
19	P	-	x		-	-	x	-	
.									
.									
.									

Bild 4