

Dr.-Ing. Gerhard Mäcker

(Studium an der Technischen Hochschule Dresden vom Oktober 1948 bis Oktober 1953)

Mein Ausbildungsweg zur wissenschaftlichen Arbeit

Nach dem Abschluss der Volksschule in Hillerleben (Kreis Haldensleben; Bezirk Magdeburg) begann ich am 1. April 1943 meine Lehre als Technischer Zeichner bei der Firma Junkers Flugzeug- und Motorenwerke AG im Zweigwerk Magdeburg-Neustadt. Wegen Demontage des Betriebes nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges wurde ich am 04.03.1946 zur Fortsetzung meiner Lehre zur Krupp-Gruson-Werke AG im Magdeburg-Buckau in das Technische Büro für Hartzerkleinerungsanlagen versetzt. Meinen Gehilfenbrief als Technischer Zeichner erhielt ich am 31.08.1946 und habe weiterhin bei den Krupp-Gruson-Werken gearbeitet. Von diesem Betrieb wurde ich auch für ein Freistudium an der Universität Halle vorgeschlagen. Bei der Eignungsprüfung an der Ingenieurschule in Magdeburg am Krökentor kam mir die sehr gute Lehrausbildung in den Junkerswerken in Magdeburg zugute. Damit konnte ich die drei Semester der Vorstudienanstalt Halle beginnen und mir die Reifeprüfung (Abitur) erarbeiten. Ein entsprechendes Zeugnis der Reife wurde mir am 13.08.1948 ausgehändigt. Damit waren alle Voraussetzungen gegeben, um mein Studium an der Technischen Hochschule Dresden in der Fachrichtung Kraft- und Arbeitsmaschinen zu beginnen.

An der Fakultät Maschinenwesen habe ich am 12.07.1951 die Vordiplomprüfung und am 16.10.1953 die Diplomprüfung abgelegt.

Meine Tätigkeit in der Praxis

Mein erstes Arbeitsverhältnis nach dem Studium begann am 02.11.1953 bei der Firma Konstruktion und Entwicklung von Kraft- und Arbeitsmaschinen in Dresden. Hier wurde ich mit der Berechnung von Dampfturbinen beauftragt.

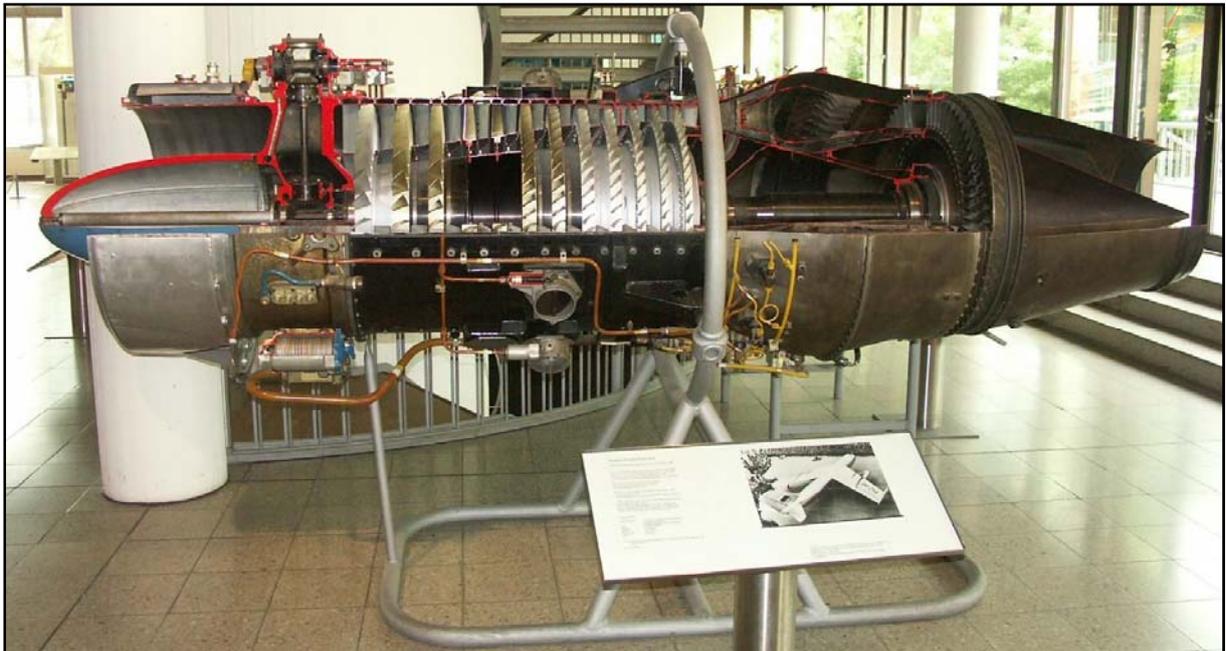
Seit Mitte 1954 wurde ich in die Abteilung Gasturbinen des Betriebes versetzt, wo ich mich vorwiegend mit der thermodynamischen und aerodynamischen Berechnung von Axialverdichtern und der projektmäßigen Durchrechnung von Gasturbinenanlagen beschäftigt habe. Seit August 1955 leitete ich die Gruppe Projektierung.

Dies war notwendig, da die Kader der Gasturbinenabteilung als Kaderreserve für das im Aufbau befindliche Werk „VEB Entwicklungsbau Pirna“ auf dem Sonnenstein vorgesehen waren. Hier sollten mit den aus der UdSSR zurückkehrenden deutschen Spezialisten Gasturbinen-Flugtriebwerke entwickelt, erprobt und gebaut werden. Die genannte Kaderreserve ging dann 1955 nach Pirna zum VEB Entwicklungsbau. Da ich gerne in dem genannten Arbeitsbereich tätig sein wollte, habe ich am 22.05.1955 eine entsprechende Bewerbung nach Pirna geschrieben. Diese Bewerbung blieb etwa drei Jahre unbeantwortet.

Die Aufklärung dieses Sachverhaltes erfolgte am 06.03.1956 bei einem zufälligen Treffen mit Ingenieur Held – ehemaliger Bearbeiter für Axialverdichter in Dresden – der mir mitteilte, dass ich vom Entwicklungsbau Pirna 1955 angefordert worden war. Die Kaderleitung in Dresden jedoch ließ ohne meine Kenntnis und zu Unrecht verlauten, dass ich kein Interesse mehr hätte, nach Pirna zu gehen. Meine Versicherung, in Pirna tätig sein zu wollen, führte dazu, dass ich am 03.08.1956 meine neue Arbeitsstelle in Pirna in der Verdichterabteilung als selbständiger Berechnungsingenieur antreten konnte.

Nach der Flucht von Herrn Held in die BRD wurden gerade die Berechnungen für die Axialverdichter für das Propellertriebwerk „Pirna 018“ durchgeführt. Dabei bemerkte ich, dass Held seine Auslegungsart gegenüber der in Dresden nach den in Pirna vorhandenen handschriftlichen Unterlagen von Dr. Schröder (deutscher Axialverdichterspezialist, der nach der Entlassung aus der UdSSR in die BRD ging) zum Teil geändert hatte. Die wichtigsten Unterlagen von Schröder sind:

- 1) Näherungsverfahren zur Erfassung der dreidimensionalen Strömungsvorgänge in Axialverdichterstufen.
- 2) Ermittlung der Kinematik in den Stufen von Axialverdichtern unter Einbeziehung der Ergebnisse von 1).
- 3) Ermittlung der Gitterprofile für Verdichterstufen nach dem Singularitätenverfahren.



Schnittmodell des Strahltriebwerks „Pirna 014“

Die Thematik 1) von Schröder (die nicht hoch genug eingeschätzt werden kann) und ihre Anwendung auf die Thematik 2) kann unbedenklich übernommen werden. Zur Thematik 2) und 3) sind doch einige Bemerkungen erforderlich:

In der Thematik 2) wird der Axialgeschwindigkeitsverlauf des gasförmigen Fördermittels vor und hinter dem Laufgitter im absoluten Strömungssystem über die Höhe des Strömungskanals ermittelt. Dabei wird ein koaxialer Stromlinienverlauf vorausgesetzt. Die Energiezufuhr entlang der Laufschaufelhöhe sollte konstant sein.

In der Praxis sind diese Voraussetzungen entlang der Laufschaufelhöhe auf Grund der Kompressibilität des Fördermediums nicht zu erreichen. Soll im Laufgitter der ersten Verdichterstufe mit Überschallströmung gearbeitet werden, muss die Energiezufuhr an das Strömungsmedium entlang der Schaufelhöhe linear veränderlich sein, wobei die Kinematik in der Stufe angepasst werden muss.

Eine entsprechende Gleichung zur Axialgeschwindigkeitsberechnung für das Strömungsmedium vor und hinter dem Laufgitter mit der Anpassungsmöglichkeit an einen reale Stufenkinematik wurde erarbeitet, wobei die in 2) angegebene Beziehung von Schröder einen Spezialfall darstellt. Mit einem Drallverteilungsexponenten können alle kinematischen Auslegungsfälle von einer konstanten kinematischen Reaktion bis zum Potentialwirbel behandelt werden.

Welcher kinematische Fall bei der Auslegung eines Axialverdichters zweckmäßig zur Anwendung kommen sollte, zeigen die Untersuchungen für

- Grenzleistungsstufen
- Stufen mit optimalem Wirkungsgrad.

Als Grenzleistungsstufe wird die erste Stufe eines Hochleistungsaxialverdichters verstanden, die eine möglichst große Umfangsgeschwindigkeit der Laufradgitter (und somit die kleinste Verdichterstufenzahl unter Voraussetzung der realisierbaren kinematischen Stufenkennwerte und Festigkeitskennwerte der Laufgitterbeschaukelung) erreicht. Diese Untersuchungen wurden für

- den Massendurchsatz des Strömungsmediums,
- die zulässige Energieumsetzung im Laufgitter und
- die erforderlichen Lieferzahlen am Kontinuitätsradius

für Grenzleistungsstufen in Abhängigkeit vom Drallexponenten durchgeführt. Eine graphische Darstellung dieser Werte mit den Parametern des Nabenverhältnisses eines Laufgitters und dessen Umfangsgeschwindigkeit ergibt mit vorgegebenem Massendurchsatz das zu verwirklichende Schema einer entsprechenden Grenzleistungsstufe.

Für Axialverdichterstufen mit optimalem Wirkungsgrad wurden die möglichen kinematischen Schemata unter Einbeziehung der auftretenden Strömungsverluste in Abhängigkeit vom Drallverteilungsexponenten q und der Lieferzahl c_{ax}/u am Kontinuitätsradius mit dem Laufgitterradienverhältnis r_i/r_a untersucht. Die Rechenergebnisse ergeben ein dreidimensionales Diagramm mit den Koordinaten des Stufenverlustes $1-\eta_{St}$, der Drallverteilung q und der Lieferzahl $\varphi=c_{ax}/u$. Den einzelnen Werten für den Stufenverlust ist jeweils ein Radienverhältnis des Laufgitters als Parameter zugeordnet. Aus jedem Kurvenverlauf wurde der Minimalwert des Stufenverlustes mit den zugehörigen Drallverteilungsexponenten und den zugehörigen Lieferzahlen ermittelt. Damit sind auch die kinematischen Schemata für Stufen mit optimalem Wirkungsgrad bekannt.

Durch Einreichung meiner Dissertation mit dieser Thematik an der Technischen Universität Dresden erhielt ich als externer Bewerber am 14. Oktober 1969 den akademischen Grad eines Doktor der Ingenieurwissenschaften.

Das Verfahren von Schröder, die Strömungsgitterprofile mit den Singularitätenverfahren zu berechnen, war zum damaligen Zeitpunkt sehr modern. Es hatte nur den Nachteil, dass eine halbkreisförmige Zirkulationsverteilung entlang der Profildicke angesetzt wurde, die keine parabolische Profilskelettlinie ergibt. Eine elliptische Zirkulation ergibt dagegen eine größere Energieübertragung an das Strömungsmedium mit einer parabolischen Skelettlinie der Profile. Durch Überarbeitung wurde diese Unstimmigkeit korrigiert. Damit konnten ganze Profildickenfamilien hinsichtlich der Profildickenverteilung entlang der Profildicke aufgestellt und zu empfehlende maximale Profildicken in Abhängigkeit der Anströmmachzahlen ermittelt werden. Das Kriterium für das Auftreten der Strömungsmachzahl $M=1,0$ auf der Profilsaugseite ist der Einfluss der Summe der durch die Singularitäten induzierten Geschwindigkeiten bei aerodynamisch stoßfreier Anströmung der Profile.

Weitere Untersuchungen über die Druckpunktlage der Auftriebskraft am Profil ergaben eine Verschiebung bei Abweichung gegenüber der aerodynamisch stoßfreien Anströmung in Richtung zur Profilverdickungsseite. Bei weiteren Abweichungen tritt die Druckpunktlage aus dem Wirkungsbereich über die Verdickungsseite des Profils hinaus, um dann wieder über die Profilverdickungsseite auf der Profilsaugseite in den Arbeitsbereich einzutreten. Die Kraftrichtung hat sich dabei um 180 Grad gewendet. Zwischen Austritt und Wiedereintritt der Druckpunktlage in den Wirkungsbereich der Profile entsteht somit ein Instabilitätsbereich. Dieser wird größer mit größer werdender Skelettlinienwölbung. Dieses Verfahren hat einen Einfluss auf das Betriebsverhalten des Verdichters.

In den ersten Jahren der Verdichterentwicklung wurden die Axialverdichterstufen mit einem Minderleistungsfaktor (nach Howell-England) ausgelegt, der die Minderleistung in einer Stufe durch den Grenzschichteneinfluss ausgleichen sollte. Da aber in jedem Falle dem theoretischen Axialgeschwindigkeitsverlauf eine ähnliche Rohrreibungsströmung überlagert ist, sind die Abweichungen der Gitterströmungen von der aerodynamisch stoßfreien Profilanströmung nicht beseitigt. Die Mischungswegkonstante der reinen Rohrströmung kann wegen der sich ändernden Zustandswerte des zu verdichtenden Strömungsmediums mit der Stufenzahl des Verdichters nicht benutzt werden. Brauchbare Werte hierfür wurden aus entsprechenden an Verdichtern ermittelten Messwerten gewonnen.

Das Verfahren der Überlagerung einer rohrreibungsähnlichen Strömung (dem theoretischen Axialgeschwindigkeitsverlauf) sowie der Einfluss der Pseudostromlinien durch die Verengung des Strömungskanals in den Stufen wurde bei der Berechnung des Verdichters für das in der Entwicklung befindliche Strahltriebwerk „Pirna TL 016“ berücksichtigt. Die Vermessung des Verdichterprüflings auf dem Prüfstand zeigte ein verblüffend gutes Betriebsverhalten und einen großen Betriebsbereich. Drei Wochen nach der Vorstellung des Triebwerkes „Pirna 016“ durch Prof. Cordes in der UdSSR wurde die Entwicklung des Triebwerks abgebrochen.

Im Oktober 1959 wurde vom Werkleiter Prof. Dr. Scheinobst die Entwicklung des Zweikreistriebwerkes „Pirna ZTL 020“ angekündigt, wobei die erste Stufe im Laufgitter mit Überschallströmung arbeiten sollte. Dies wurde von mir ohne Kompromisse mit der Begründung abgelehnt, dass in der damaligen Verdichterabteilung noch keine Untersuchungen für den Überschallbereich in Laufgittern durchgeführt werden konnten. Der Verdichter wurde von mir als Zweiwellenverdichter mit Unterschallströmung konzipiert (Druckverhältnis 12 mit 14 Stufen), wobei bis auf die Überlagerung der rohrreibungsähnlichen Einflüsse auf den theoretischen Axialgeschwindigkeitsverlauf wegen fehlender Prüfstandsmessergebnisse alle bereits beschriebenen Einflüsse beachtet wurden. Im Niederdruckverdichter konnte das geforderte Druckverhältnis von 1,75 im Sekundärkreislauf durch eine linear veränderliche Energiezufuhr an das Strömungsmedium hinter der dritten Stufe erreicht werden. Danach erfolgte die Abtrennung des Primärmassendurchsatzes durch Verringerung der Schaufelhöhen in den nachfolgenden drei Stufen. Der Hochdruckverdichter kann in seiner Auslegung als normal betrachtet werden, er hatte eine 5000 U/min höhere Drehzahl gegenüber dem Niederdruckverdichter. Damit konnte das geforderte Druckverhältnis von 12 mit 14 Stufen des Gesamtverdichters erreicht werden. Die Erprobung der ersten drei Stufen des Niederdruckverdichters und des Hochdruckverdichters zeigten ohne Abstriche ein einwandfreies Betriebsverhalten.

Spätere Untersuchungen zur Überschallanströmung in Laufgittern zeigten, dass das geforderte Druckverhältnis von 1,75 für den Sekundärkreislauf hinsichtlich der auftretenden Anströmmachzahlen unter Beachtung kinematischer Kenngrößen denkbar wäre, wenn dafür nicht dem Laufgitter ein Vorleitgitter zugefügt werden müsste. Dies ist aber der Fall. Durch die Zirkulation der Strömung infolge der Druckunterschiede zwischen Saug- und Druckseite der Profile ergibt sich eine Minderablenkung der Strömung nach Austritt aus dem Vorleitgitter, die nicht berechenbar ist. Laufgitter mit Überschallanströmungen arbeiten mit einer Kombination von schrägen und anschließenden geraden Verdichtungsstößen. Die Keilwinkel für den schrägen Verdichtungsstoß sind sehr klein, so dass sehr kleine Störungen in der Anströmrichtung der Profile (bedingt durch Drosselzustandsänderungen in der ersten Stufe durch Betriebszustandsänderungen in den nachfolgenden Stufen) zum Abreißen der Verdichterströmung führt.

Diese Ausführungen zu den Entwicklungsarbeiten für Axialverdichter wurden etwas ausführlicher dargestellt, da der damalige Entwicklungsstand durch die Konzipierung des Verdichters für das Triebwerk „Pirna 014“ (der nicht flugtauglich war) durch die deutschen Spezialisten in der UdSSR gegeben war.

Nach der Auflösung der Luftfahrtindustrie in der DDR wurde ich in den VEB Kraftwerksanlagenbau in die Abteilung Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren versetzt. Hier war ich als Gruppenleiter im Rahmen der Ausarbeitung von Projektstudien an der Erarbeitung technisch ökonomischer Konzeptionen für Kernkraftwerke, an der konstruktiven Gestaltung für Kernkraftwerksanlagen sowie deren Berechnung beteiligt. Diese Abteilung wurde für eine andere kerntechnische Aufgabe 1971 aus dem Betrieb ausgegliedert.

Ich erhielt im gleichen Betrieb 1971 in der Chemieabteilung eine andere Aufgabe auf dem Gebiet der Natriumtechnologie für schnelle Brutreaktoren. Da das Natrium im Kühlkreislauf des Reaktors die Eigenschaft hat, den Kohlenstoff aus ferritischem Stahl herauszulösen und an den austenitischen Stahl der Brennelementumhüllungen anzulagern, entsteht dort die Gefahr der Materialversprödung durch einen Diffusionsprozess. Aus diesem Grunde muss der Kohlenstoffgehalt im Natrium ≤ 10 ppm eingehalten werden, was durch Heißfallen erfolgt. Hier habe ich ein Berechnungsverfahren für Heißfallen erarbeitet. Die Anwendung dieser Verfahren auf drei aus der Literatur bekannte Heißfallen ergab gegenüber den Angaben eine Abweichung von 2,5%.

Nach Beendigung dieser Arbeit wurde ich 1974 mit der Reinigungs- und Konservierungstechnologie für einen 500 MW Kraftwerksblock im Kraftwerk Boxberg beauftragt. Diese Technologie wurde dort vor Inbetriebnahme des neuen KW-Blockes angewendet. Die dabei nötigen Kraftwerksbesuche bereiteten mir aus gesundheitlichen Gründen beträchtliche Schwierigkeiten.

Nach einem Kadergespräch in der Flugzeugwerft Dresden habe ich mich dort beworben und wurde am 1.5.1978 als Gruppenleiter eingestellt. Das Arbeitsgebiet umfasste die Bearbeitung der Gesamtprobleme der Flugzeugfanganlage. Hier habe ich unter anderem auch die wissenschaftliche Theorie zur Berechnung der Aufrichtzeit für das Netz-Mast-System unter Beachtung des Einflusses der Hydraulikanlage bearbeitet. Die Ergebnisse dieser Theorie entsprachen denen, die auch in der Erprobung gemessen wurden.

Am 10.3.1984 musste ich wegen Invalidität aus dem Arbeitsprozess ausscheiden.