

5. Karlsruher Fahrzeugklima-Symposium

# Klimatisierung von Schienenfahrzeugen und Omnibussen

So stand es über der Einladung für eine Tagung des Transferzentrums Kälte-Klimatechnik und der Fachhochschule Karlsruhe, die am 6. März 1998 in Karlsruhe unter Leitung von Prof. Reichelt stattfand. Die auf dem Gebiet der Fahrzeugklimatisierung kompetente Einrichtung hatte gerufen und ca. 100 Fachleute der Bahn, des örtlichen Personennahverkehrs, der Schienenfahrzeug- und Busindustrie sowie deren Zulieferer auf dem Gebiet der Klimatechnik waren aus dem In- und Ausland gekommen.

Aufbauend auf den Symposien zur Kraftfahrzeugklimatisierung fand mit der fahrzeugneutralen Veranstaltung vor zwei Jahren zu natürlichen Kältemitteln bei der Fahrzeugklimatisierung mit Beiträgen zur Bus- und Bahnklimatisierung schon der Brückenschlag zur diesjährigen Veranstaltung statt, die insgesamt ein Programm auf hohem Niveau bot.

Prof. Reichelt konnte zu Beginn der Veranstaltung eine positive Bilanz des Wirkens am Transferzentrum, der Hochschule und des Test- und Weiterbildungszentrums, ziehen. Mit den Fahrzeugklimasymposien, die seit 1984 stattfanden, sowie durch die intensive Zusammenarbeit mit der entsprechenden Industrie konnte eine Profilierung erreicht werden, die

kaum noch weiterer Werbung auf diesem aktuellen Fachgebiet bedarf. Er konnte feststellen, daß nicht nur in den Bereich der Kraftfahrzeugklimatisierung mit den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu CO<sub>2</sub> als Kältemittel große Bewegung gekommen ist, sondern auch im Bus- und Bahnklimabereich neue Systeme und erstaunliche Zuwachsraten zu verzeichnen sind. Dieser Tatsache hatte sich das Symposium mit 11 namhaften Referenten verschrieben (s. Kasten).

Mit der Tendenz des Umfangs der Klimatisierung von Linienomnibussen befaßte sich M. Schmidt. Dessen Ausführungen wurden von Reichelt selbst vorgetragen,



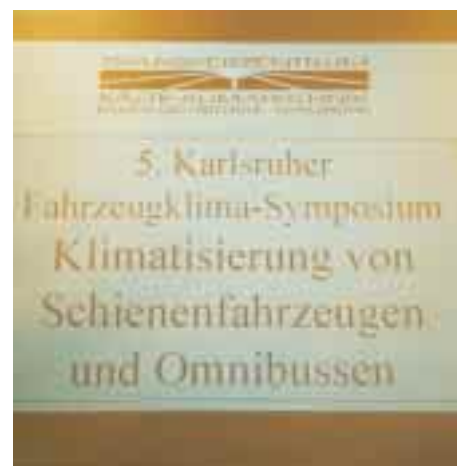
Prof. Dr.-Ing. Reichelt begrüßt die Teilnehmer des Symposiums und freut sich über die gute Resonanz bei Referenten und Besuchern

um diese interessante Thematik wegen der Verhinderung des Referenten nicht unterschlagen zu müssen. Neu zugelassene Linienbusse werden heute zu ca. 50 % mit Klimaanlage verkauft, was eine Verdoppelung in den letzten zwei Jahren bedeutet. Das resultiert aus den Bedingungen im Stadtverkehr mit niedrigen Durchschnittsgeschwindigkeiten und großen Fensterflächen, was zu ungünstigen Luftqualitäten führt. Die Klimaanlage wird als ausreichend dimensioniert angesehen, wenn sie bei den höchsten Außentemperaturen eine um 3K niedrigere Innenraumtemperatur bewirkt. Die Teilklimatisierung nur des Fahrer Arbeitsplatzes stellt im Regionalbusbereich im Gegensatz zum Schienenfahrzeugbereich eher eine Ausnahme dar.



M. Petz war der erste Vortragende und stellte Gedanken zur besseren Energienutzung bei der Bahn- und Busklimatisierung vor

M. Petz konnte dann in seinem einflussreichen Übersichtsvortrag die Tendenzen bei der Klimatisierung von Schienenfahrzeugen und Bussen herausarbeiten. Er ging davon aus, daß bis auf wenige Ausnahmen der gesamte Fernverkehr im Bahn- und Busbereich voll klimatisiert ist. Während im Bus der Fahrerplatz meist vom Fahrgastraum nicht getrennt ist und damit der klimatischen Bedingung des Fahrgastraumes entspricht, ist bei der



Die Idee für die Thematik wurde gemeinsam mit seinem früheren verdienstvollen Mitarbeiter M. Petz geboren

*Manfred Petz,*  
 EBAC Deutschland GmbH, Mosbach  
 Klimatisierung von Schienenfahrzeugen  
 – eine Übersicht

*Dr.-Ing. Ulrich Adolph,*  
 i. A. der Hagenuk Faiveley GmbH & Co. KG,  
 Schkeuditz  
 Kaltluftklimotechnik für Hochgeschwindigkeitszüge und ihre Anwendung im ICE 3

*Dipl.-Ing. (FH) Alois Schiedel,*  
 LIEBHERR Verkehrstechnik, Lindenberg  
 Der ICE 3 ( Option ) Erprobungsträger mit Luft als Kältemittel

*Prof. Dr.-Ing. Jens Morgenstern,*  
 Fachhochschule Merseburg / ZAFT Dresden  
 Optimierung des Wärmeschutzes von Schienenfahrzeugen

*Dr.-Ing. Jürgen Heyn,*  
 Deutsche Bahn AG, Frankfurt  
 Orientierungen für künftige Bahnklimasysteme

*Dr.-Ing. Karl-Eberhard Geyer,*  
 DUEWAG AG, Düsseldorf  
 Probleme und Lösungsansätze bei der Klimatisierung von Stadtbahnwagen

*Dipl.-Ing. Jörg Peter Kirsamer,*  
 NEOPLAN Gottlob Auwärter GmbH & Co.  
 Stuttgart-Möhringen  
 Busklimaanlagen – heute und in Zukunft

*Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hille,*  
 SÜTRAK Transportkälte GmbH, Renningen  
 Modulares Baukastensystem zur Klimatisierung von Bussen und Schienenfahrzeugen

*Dipl.-Ing. Andreas Gumbel,*  
 Webasto Thermosysteme GmbH, Stockdorf  
 AQUASPHERE – Der Solekühlsatz zur Busklimatisierung

*Dr.-Ing. Jürgen Köhler,*  
*Dipl.-Wirtsch.-Ing. Michael Sonnekalb,*  
 IPEK / KONVEKTA, Schwalmstadt  
 Feldversuche mit CO<sub>2</sub>-Omnibus-Klimaanlagen

*Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Martin Schmidt,*  
 Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln  
 Klimatisierung von Linienomnibussen

Die perfekte Tagungsorganisation brachte es fertig, allen Teilnehmern zu Beginn die gedruckten Vorträge zu übergeben.

Bahn die Fahrerkabine meist vom übrigen Raum getrennt. Daraus ergeben sich unterschiedliche Bedingungen für die Regelung bzw. Steuerung der einzelnen Luftströme.

Er machte auf die sich positiv auswirkende Entwicklung von solarkollektorgetrieben Lüftern im Kfz- und Busbereich für die Vermeidung eines zu großen Temperaturanstieges im Abstellbetrieb aufmerksam. Der Jahresenergiebedarf für die einzelnen Funktionen ist ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Effektivität der einzelnen Komponenten der Kühl-, Lüftungs- und Heizanlage. Den Zulüftern mit dem entsprechenden Anlagendruckbedarf ist dabei wegen der hohen Jahresbetriebszeit oft eine größere Aufmerksamkeit zu schenken als dem Verdichter mit seinem temporär hohen Leistungsbedarf. Durch erhöhte Außenluftstraten kann in der Übergangszeit der erforderliche Kühlbeginn durch die Kälteanlage zu einer höheren Außentemperatur hin verschoben werden, allerdings muß man dann ausreichende Kanalquerschnitte zur Verfügung stellen. Investitionen finanzieller Art zahlen sich bei effektiver Außenluftkühlung im Temperaturbereich von 16 bis 20 °C fast immer aus. Die Wärmerückgewinnung aus der Fortluft rechnet sich gut, ist aber praktisch schwierig zu verwirklichen, weil dazu Fortluft und Außenluft zu einer gemeinsamen Kreuzungsstelle geführt werden müssen. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung eines Glykolkreislaufes für den Energietransport. Es gibt eine Tendenz, aus Kostengründen Bussysteme für die Bahn zu verwenden. Dem steht entgegen, daß Bahnsysteme höheren Stoßbeanspruchungen unterliegen, hermetische Kreisläufe haben sollten und langlebigere Komponenten haben müssen. Für eine echte Vereinheitlichung beider Systeme ist intensive Entwicklungsarbeit notwendig.



*U. Adolph sprach über die erste serienmäßige Kaltluftklimaanlage für Bahnsysteme, die im ICE 3 zum Einsatz kommt*

Über Entwicklungen von Klimaanlageanlagen mit Luft als Kältemittel für die Anwendung in Hochgeschwindigkeitszügen ICE 3 als Ableitung aus den Erfahrungen der Flugzeugklimatisierung berichteten Adolph und Schiedel. Nach Prototypenprobungen konnten zwei unterschiedliche Schaltungen für den Serieneinsatz entwickelt werden. Der von Adolph beschriebene geschlossene Kreislauf nutzt dabei die weitgehende luftseitige Analogie zum Kaldampfprozeß. Diese Lösung führte zu günstigen Erprobungsergebnissen in fast zweijährigem täglichen Fahrbetrieb und zur Entscheidung, die ersten 54 Züge mit je 8 Wagen damit auszurüsten. Das energetisch gegenüber konventionellen Anlagen von vornherein zu erwarten gewesene ungünstigere Ergebnis wird bei der Bewertung über den schon von Petz herausgearbeiteten Jahresenergieverbrauch zu einer vertretbaren Größe und in Verbindung mit den bewerteten Lebensdauerkosten zu einer richtigen Entscheidung. Die TEWI-Bewertung fällt ebenfalls zu Gunsten der Kaltluftanlage aus. In die Luftführung ist das erforderliche Druckschutzsystem in energetisch vorteilhafter Ausführung integriert. Als Weiterentwicklung wird der offene Unterdruckprozeß wegen der geringeren Anzahl der erforderlichen Komponenten und dem weiteren Energiesenkungspotential von Adolph



*Die Referenten versammeln sich um den Veranstalter (v. l.) K.-E. Geyer, J.-P. Kirsamer, M. Petz, A. Hille, M. Sonnekalb, J. Morgenstern, J. Reichelt, A. Schiedel, J. Heyn, U. Adolph, A. Gumbel*

abschließend dargestellt und von Schiedel ausführlich mit den damit bereits erreichten günstigen Erprobungsergebnissen beschrieben. Der Umgebungswärmeübertrager mit seinen Lüftern entfällt dabei und Verdichter und Turbine sitzen mit dem Motor auf einer gemeinsamen Welle. Die Nutzungsmöglichkeit der Verdampfungswärme des am Lastwärmeübertrager anfallenden Kondenswassers durch Einspritzung in den von der Turbine entspannten Luftstrom stellt einen thermodynamischen Vorteil dar. Als nachteilig erweisen sich dabei in dem beschränkten Einbauraum für das Klimagerät die großen erforderlichen Strömungsquerschnitte für die Prozeßluft. Es wird von beiden Referenten eingeschätzt, daß die Klimatisierung mit Luft als Kältemittel bei Hochgeschwindigkeitszügen wegen der dort vorliegenden spezifischen Bedingungen wei-



A. Schiedel erläutert die Kaltluftklimatetechnik für den Hochgeschwindigkeitszug ICE 3

tere Anwendung über den ICE hinaus finden könnte.

Die thermische Wagenlast möglichst niedrig zu halten, sollte der erste Schritt sein, um die energetisch vorteilhafte Kühlung und Heizung eines Fahrzeuges verwirklichen zu können. Damit beschäftigte sich Morgenstern in seinem Beitrag über die Optimierung des Wärmeschutzes von Schienenfahrzeugen. Er ging von der Wechselwirkung zwischen Wärmelast, Fahrzeuggestaltung und Auslegung der Luftaufbereitungsanlage aus. Der Wärmeschutz wird integral durch den Wärmedurchgangskoeffizienten beschrieben, dessen Zahlenwert an den verschiedenen Stellen des Fahrzeuges zwischen 0,5 und über  $6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  betragen kann. Die schlechtesten Werte finden sich an den Fenstern und die besten an der Seitenwand und im Dachbereich. Zudem ist die Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit zu berücksichtigen. Der optimale Wärmeschutz eines Fahrzeuges muß vorteilhafterweise schon in seiner Projektierungsphase in Zusammenarbeit aller beteiligten Gewerke berücksichtigt werden. Dazu sind Vorausbestimmungsmethoden für die Wärmedurchgangszahlen erforderlich, mit denen sich der Referent auseinandersetzt. Auf



Prof. Dr.-Ing. J. Morgenstern konnte mit seinem Vortrag den Wagenbauern wichtige Hinweise geben

der gezielten Ausschaltung bzw. Reduzierung der entscheidenden Störstellen, wie z. B. der vielen konstruktiv bedingten Wärmehürden, sollte der Schwerpunkt liegen, da der theoretischen Vorausbestimmung durch die Realitäten der Wagenbau-praxis bestimmte Grenzen gesetzt sind. Damit werden auch Nachbesserungen an fertiggestellten Neufahrzeugen nach deren wärmetechnischer Prüfung auf ein Mindestmaß reduziert oder gar vermieden.

Die Kundenseite der Bahnindustrie, nämlich die DB AG, vertrat Heyn. Er formulierte eine Reihe von Zielen zur Optimierung der Bahntechnik unter den Gesichtspunkten der Umweltbeanspruchungen und der Verbesserung der Bedingungen für die Reisenden. Er stimmte Morgenstern zu, die Kälteerzeugung nicht losgelöst vom Lastabbau zu betrachten und plädierte für die sinnvolle Nutzung eines Energieverbundes zwischen allen Energiewandlungssystemen eines Wagens bzw. ganzen Zuges. Es sollte damit Schluß gemacht werden, daß z. B. die hohen Energiewandlungsverluste vom Fahrdrat bis zum Antrieb (auch des Klimagerätes) durch Einsatz von Lüfterenergie an die Umgebung abgeführt wird, obwohl zu mindest ein Teil davon in einem Energie-



J. Heyn gab Orientierungen für künftige Klimasysteme aus der Sicht der Bahnbetreiber

verbund nutzbar wäre. Gern hörte man seine Vision, durch neue Technologien, wie Wärmepumpenschaltung oder Abwärmenutzung, derartige Mängel durch entsprechend verantwortungsvolle Ausschreibungsbedingungen der DB AG schrittweise zu reduzieren, was allerdings sowohl bei der Bahn als auch der Bahnindustrie umfassende Entwicklungsarbeiten erfordert. Es ist andererseits nicht von der Hand zu weisen, daß manche für sich betrachtete Gesichtspunkte im Verbund doch gegenläufig wirken, so z. B. Leichtbau kontra Wärmedämmung oder Investkosten kontra Betriebskosten. Mit der weiteren Indienststellung von Ganzzugsystemen läßt sich manches an neuen Lösungen verwirklichen, was für den Einzelwagenbetrieb nicht geht.

Über die Verbesserung des Reisekomforts für Stadtbahnwagen, worunter auch die nur in Deutschland einmalige Lösung des Verkehrs einer Stadtbahn auf Straßenbahn- und Bundesbahngleisen zu verstehen ist, durch verbesserte Kühlung, Lüftung und Heizung, sprach Geyer, wobei der Ausgangspunkt die sich immer mehr verbreitende Niederflertechnik ist. Diese hat Einfluß auf das Klimasystem, indem der Platz unterhalb des Fahrzeugfußbodens äußerst begrenzt ist. Weiterhin stellen die Faltenbälge der meist als Gelenk-fahrzeuge ausgeführten Bahnen klimatische Problemzonen dar. Wartungs- und Reinigungsaspekte dürfen bei den langen Einsatzdauern der Stadtbahnen nicht vernachlässigt werden. Im Nahverkehrs-betrieb sind kurze Haltestellenabstände vorherrschend. Die beim Öffnen der Türen auftretenden Störungen der Innenraum-Luftbedingungen müssen anschließend von der Anlage wieder ausgeregelt werden. Prinzipiell gilt auch hier die Forderung nach verbesserter klimatechnischer Auslegung des Gesamtfahrzeuges. Aus neueren Untersuchungen ergibt sich die Möglichkeit der Anwendung eines modifizierten Luftschleiersystems in solchen Fahrzeugen. Das Wirkprinzip mit seitlichen Düsen im unteren Türbereich wurde dargestellt, die Antworten auf Detailfragen zu dieser interessanten Entwicklung aber auf die Zeit nach deren Abschluß und schutzrechtlicher Absicherung vertagt.

Die Darstellung der Bedingungen für Nahverkehrsfahrzeuge leitete direkt zur Thematik der Busklimatisierung über. J. P. Kirsamer widmete sich dem erreichten Entwicklungsstand und versuchte in die Zukunft zu extrapolieren. Die Busbedingungen unterscheiden sich wesentlich von denen der Kraftfahrzeuge oder der Bahn, sie liegen aber in der Nähe der schienengebundenen Nahverkehrsfahrzeuge. Kirsamer konnte deutlich - unter



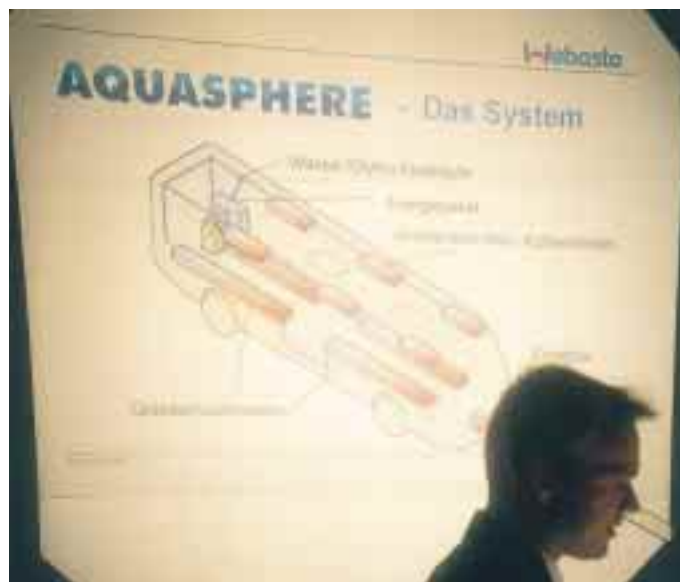
dem an einigen Stellen heiteren Beifall des Publikums – herausarbeiten, wie die einzelnen Forderungen zu Zielkonflikten führen. Die wichtigste Randbedingung für alle Zukunftssysteme werden die Anschaffungs- und zunehmend die Lebensdauerkosten sein. Die Individualbelüftung für die Fahrgäste wird verschwinden, da die Regelung die Bereitstellung optimaler Bedingungen übernimmt. Der Fahrer allerdings wird seine Bedingungen selbst in Grenzen beeinflussen können. Die Gesamtheit der Anforderungen wird in gleicher Weise wie bei den Bahnen nur durch eine Gemeinschaftsentwicklung von Fahrzeug- und Klimaanlagehersteller erfüllbar sein. Dabei wird es nicht ohne Kompromisse abgehen. Über das Kältemittel der Zukunft wird nicht so sehr der Fahrzeughersteller, sondern eher der Klimaanlagenentwickler entscheiden.

Das von Hille vorgestellte modulare Baukastensystem zur Klimatisierung von Bussen und Schienenfahrzeugen vermittelt einen Eindruck von dem Bestreben, die Erfahrungen mit kostengünstigen Busklimaanlagen auf den Schienenfahrzeugbereich zu übertragen. Aus den unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich Leistungsbedarf, Klimabedingungen, Antriebskonzept, Luftführung, Montagevarianten und Wartungsbedingungen werden die erforderlichen Module des Systems definiert und in einem Baukastenstrukturbaum dargestellt. Daraus lassen sich dann eine Vielzahl von Anordnungs- und Ausstattungsvarianten zusammenstellen. An den bereits auf diese Weise realisierten Beispielen der Klimageräte für den Dieseltriebzug Talent, für die Straßenbahn Zagreb und den Stadtbus Neoplan wurden die Vorgehensweise und das Ergebnis dargestellt. Obwohl noch einige Fragen der universellen Nutzung des nahezu perfekt scheinenden Systems offen bleiben, muß diese Entwicklungsrichtung als ein zukunftsweisendes Verfahren zur Beherrschung kurzer Entwicklungszeiten mit kostengünstigen Lösungen bewertet werden. Höchstwahrscheinlich werden sich aus der Vielzahl möglicher Varianten wiederum einige typische zugeschnittene Anlagen herausbilden, die bevorzugt angewendet werden. Aus der Diskussion war zu entnehmen, daß auch andere Anbieter

über solche Entwicklungen nachdenken bzw. diese in Arbeit haben.

Aus einer gründlichen Analyse der oft konkurrierenden Bedingungen der Busklimatisierung entstand die Lösung eines indirekten Kühlsystems mit einem R 134a-Kompaktkältesatz und einem Solekreislauf, der die Kühl- bzw. Heizenergie an die im Fahrzeug optimalen Stellen bringt. Gumbel stellte dieses Aquasphere genannte System vor. Dabei wird eine Einkopplung der Verlustwärme des Motors und der Zusatzheizung erreicht. Im gesamten Innenraumbereich kann die Behaglichkeit verbessert werden, die Kosten der Klimaanlage werden gesenkt und den Anforderungen nach geringer Kältemittelfüllmenge und einem Kältekreislauf außerhalb des Fahrgastraumes wird entsprochen. Während insgesamt 13 000 Fahrkilometer von Nordschweden bis Südspanien

Konkret mit dieser Entwicklungsstufe befaßten sich Köhler und Sonnekalb in ihrem von Sonnekalb dargebotenen Vortrag, der Feldversuche mit CO<sub>2</sub>-Busklimaanlagen beschreibt. Aufbauend auf den bereits bekannten Voruntersuchungen mit CO<sub>2</sub>, die eine Machbarkeit solcher Systeme ergaben, wurden zwei Linienbusse im Stadtverkehr in Bad Hersfeld entsprechend ausgerüstet und im direkten Vergleich zu einem identischen Bus mit einer R 134a-Klimaanlage erprobt und bewertet. Es wurden einige hundert Betriebsstunden ohne nennenswerte Störungen absolviert und es konnte festgestellt werden, daß sich die Klimaanlage im Fahrzeug mit CO<sub>2</sub> bezüglich dynamischen Verhaltens und Leistung nicht von einer R 134a-Anlage unterscheidet. Auch nach subjektivem Empfinden konnte man keine Unterschiede bezüglich der Klimatisierung in den



A. Gumbel präsentiert den Solekühlsatz Aquasphere und kann seine Vorzüge überzeugend darstellen

wurde ein Prototypfahrzeug erfolgreich erprobt und ein seriennaher Entwicklungsstand erreicht. Die Leistungsregelung mittels der verwendeten Verdichtervariante hat sich sehr gut bewährt. Trotz der durch die indirekte Kühlung bedingten erhöhten Antriebsleistung des Klimaverdichters wird infolge der anderweitigen Verbrauchsreduzierungen sowie der Verringerung der Kältemittelfüllmenge und der unbestritten besseren Dichtheit des kompakten Kreislaufes gegenüber dem direkten System eine Verbesserung des TEWI-Wertes erwartet. Nicht zuletzt ist die Zukunftsträchtigkeit solcherart Anlagen für die alternativen Kältemittel der Zeit nach R 134a hervorzuheben.

Bussen feststellen. Bei CO<sub>2</sub> spielt die Gaskühleraustrittstemperatur für die Effektivität eine herausragende Rolle. Bei den Versuchen war diese Temperatur nur 2 bis 3 K über der Umgebungstemperatur, was ein Indiz für die hohe Effizienz ist. Die CO<sub>2</sub>-Füllmenge war offensichtlich richtig gewählt, denn der Hochdruck wurde ohne spezielle Hochdruckregelung im optimalen Bereich festgestellt. Das als Prototyp verfügbare elektronische Einspritzventil



*M. Sonnekalb  
kann erfolg-  
versprechende  
Versuchsergebnisse  
mit CO<sub>2</sub> als  
Kältemittel bei der  
Busklimatisierung  
mitteilen*

regelte die Überhitzung gut aus und der vom Fahrzeugmotor angetriebene Versuchsverdichter 2. Generation hat die von ihm erwarteten Verbesserungen hinsichtlich Zuverlässigkeit und verringerter Druckventilverluste erbracht. Bei den Indizierungen wurden hohe indizierte Liefergrade und gute innere Gütegrade erreicht.

Abschließend konnte Reichelt eine positive Bilanz der Veranstaltung ziehen. Die äußeren Zeichen stimmten, d. h. er war zufrieden mit der Resonanz. Es waren eine Reihe sehr kompetente Teilnehmer, auch aus dem Ausland, gekommen, die sich auch lebhaft an den Aussprachen zu den Vorträgen beteiligten. Die inneren Zeichen stimmten erst recht, denn die hochwertigen Inhalte des gut zusammengefügteten Vortragsprogrammes sprachen für sich selbst. Er gab der Hoffnung Ausdruck, daß zumindest ein Teil der vorgestellten Entwicklungen praxiswirksam werden möge, wie z. B. die Wärmerückgewinnung, der Türluftschleier, der Energieverbund im Fahrzeug oder Standklimatisierung ohne Hauptmotorbetrieb. Er revidierte seine Einschätzung vom 4. Symposium über die möglich erscheinende Einführung brennbarer Kältemittel in der nächsten Generation der Fahrzeugklimatisierung und setzte seine neue Hoffnung auf das Kältemittel CO<sub>2</sub>. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß die gute Resonanz des Symposiums die Planung untermauerte, eine neue Lehrgangsgeneration den bekannten und bewährten Karlsruher Lehrgängen zur Kälte- und Klimatechnik hinzuzufügen, nämlich die Kälte- und Klimatechnik für Bahnsysteme.

Das Fazit der Veranstaltung kann auch der Berichterstatter nachvollziehen. Die Profilierung auf dem Gebiet der Fahrzeugklimatisierung ist bei Prof. Reichelt und seinen Mitarbeitern längst vollzogen, mit dieser Veranstaltung wurde sie in bemerkenswerter Weise verfestigt. U. A.