



Klimakomfortmessung im DENSO Klimawindkanal mit “ Thermal Mannequin ”



DENSO AUTOMOTIVE DEUTSCHLAND GmbH

Date of Presentation: 26.01.2006

Tibor Györög



DENSO

DENSO AUTOMOTIVE Deutschland GmbH



Inhalt

- 1. Anforderungen an eine Klimaanlage / Bewertung**
- 2. Beschreibung von „Thermal Mannequin“**
 - Körpermodelle / Körperwärmemodell**
 - Aufbau des Meßsystems**
 - Darstellung der Temperaturverteilung**
- 3. Prüfstände für die Fahrzeugklimaanlagenentwicklung**
 - Klimawindkanal / Spezifikation / Layout**
 - Sonnensimulationsanlage**
 - Temperaturstabilität bei Geschwindigkeitsänderung**
 - Photos**
- 4. Zusammenfassung**



1. Anforderungen an eine Klimaanlage:

- konstante Temperatur
(mit Anpassung an Umgebungskonditionen)
- hohe Abkühl-/Aufwärmgeschwindigkeit
- Verbesserung des Komfortgefühls



Optimale Verteilung der Kalt- und Warmluft im Fahrgastraum bei begrenzten Platzverhältnissen



1. *Bewertung der Klimaanlage durch den Anwender*

- **Bemerkungen:**
- - “das Gesicht glüht”
- - “die Füße sind kalt”, etc.



keine 100%ige Zufriedenheit

Ursachenanalyse:

- **Messung der Temperaturverteilung an Kopf, Knien, Füßen etc. (seit ca. 20 Jahren)**

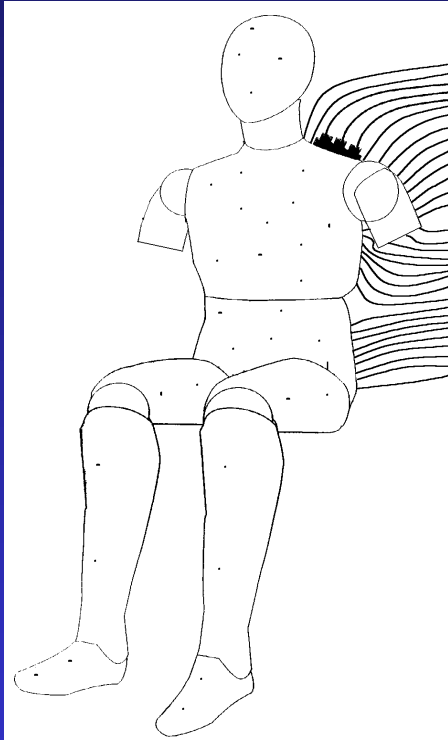


Visualisierungsmöglichkeit mit „Thermal Mannequin“

Verbesserungen durch Temperaturverteilungsoptimierung im Kabinenraum

2. Beschreibung von „Thermal Mannequin“: Körpermodelle

Generation 1



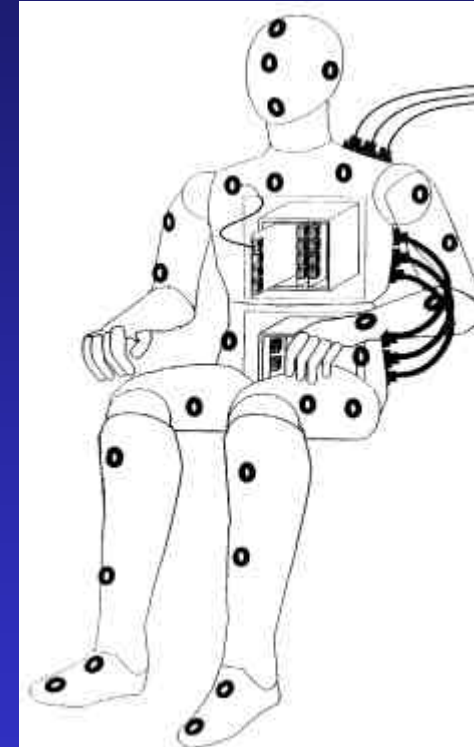
Nur Temperatur
3D-Torso, auf dem
Körper aufgebrachte
Meßstellen

Generation 2



Temperatur
+ Windgeschwindigkeit,
Feuchtigkeit

Generation 3



Temperatur,
Windgeschwindigkeit, Feuchtigkeit
+ Strahlung
Mit eingebautem Multiplexer

2. Systembeschreibung

**Messung von Umgebungsfaktoren/
Eingabe von menschlichen Faktoren**
(Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Feuchtigkeit, Strahlung)

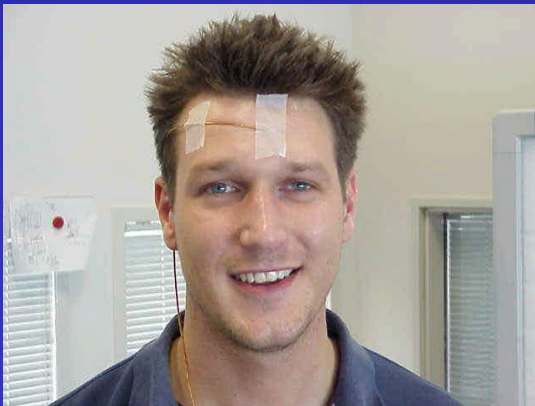


Hauttemperaturberechnung
(Kennziffer für das Komfortgefühl)



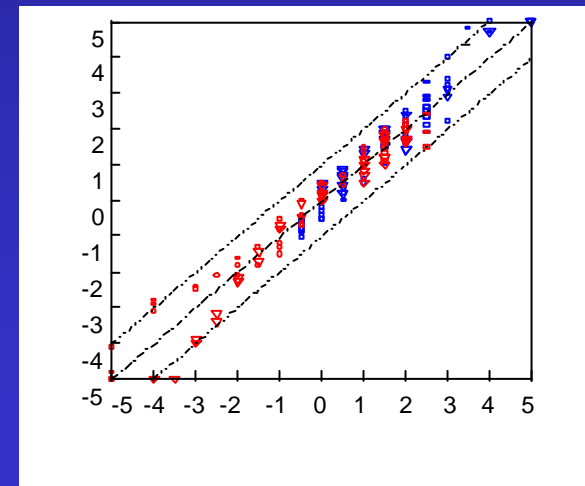
Ermittlung des Komfortgefühls
(Experimentelle Regressionsmethode, Kalibration mit Testpersonen)

Skala:



- +5
- +4 heiß
- +3
- +2 warm
- +1
- 0 neutral
- 1 kühl
- 2
- 3
- 4 kalt
- 5

Berechnung



Subjektive Beurteilung der Testperson



2. Körperwärmemodell

Das Körperwärmemodell lässt sich in 3 Schichten unterteilen:

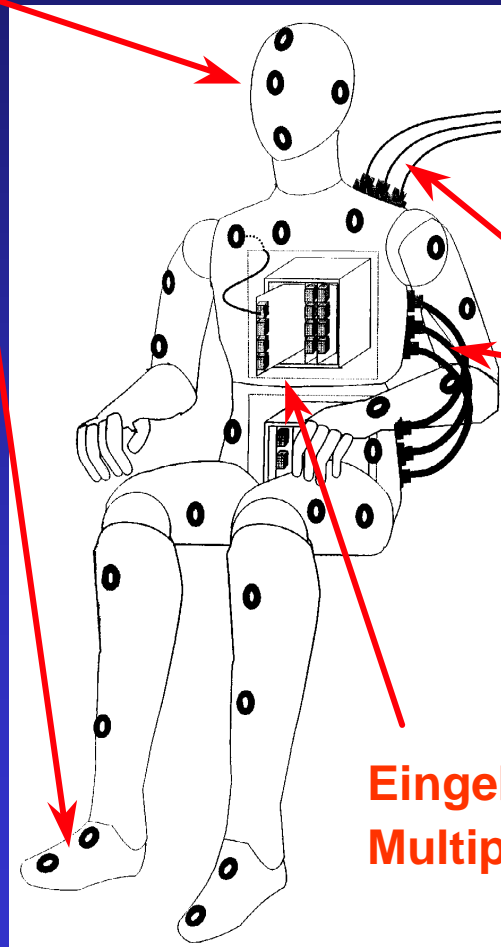
- untere Hautschicht**
- Haut**
- Kleidung**

Die Ermittlung der Hauttemperatur erfolgt durch Analyse des Wärmeausgleichs (vom Körper erzeugter und an die Umgebung abgegebener Wärmestrom).

Diese Methode zur Berechnung der Hauttemperatur kann auch im transienten Zustand als Kennzahl für das Komfortgefühl verwendet werden.

2. Aufbau des Meßsystems

Temperatur-, Luftgeschwindigkeits-, Strahlungs-,
Feuchtigkeits-Sensoren am ganzen Körper



Strom-
quelle
D/A, A/D

PC zur
Daten-
verarbeitung

Drucker

Modem

PC für die
Visualisierungs-
analyse
CPU: 300 MHz
HD: 4,3 GB x 2

**3 Leitungen pro
Mannequin**

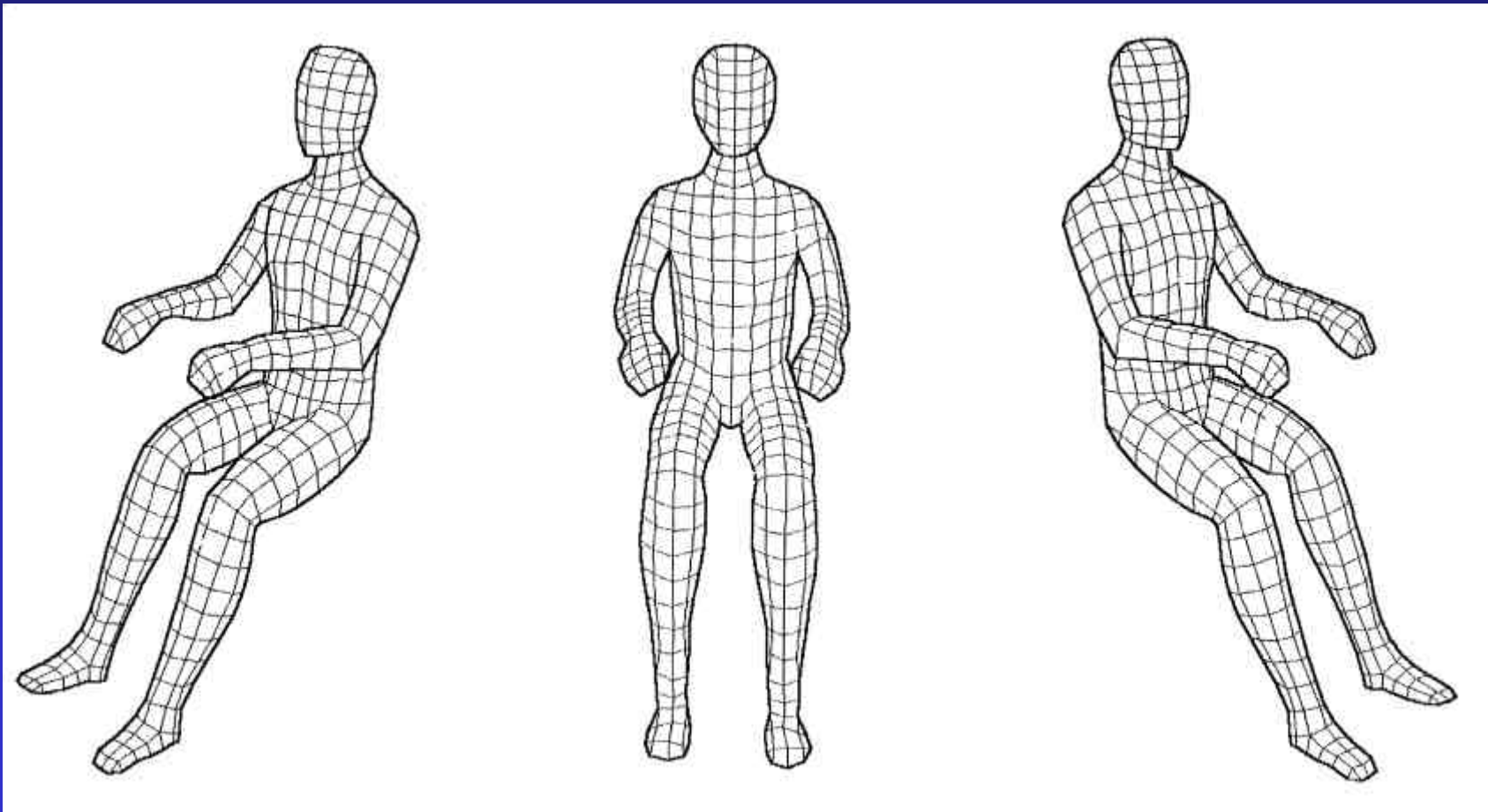
CD-ROM
rewritable

**Eingebauter
Multiplexer**

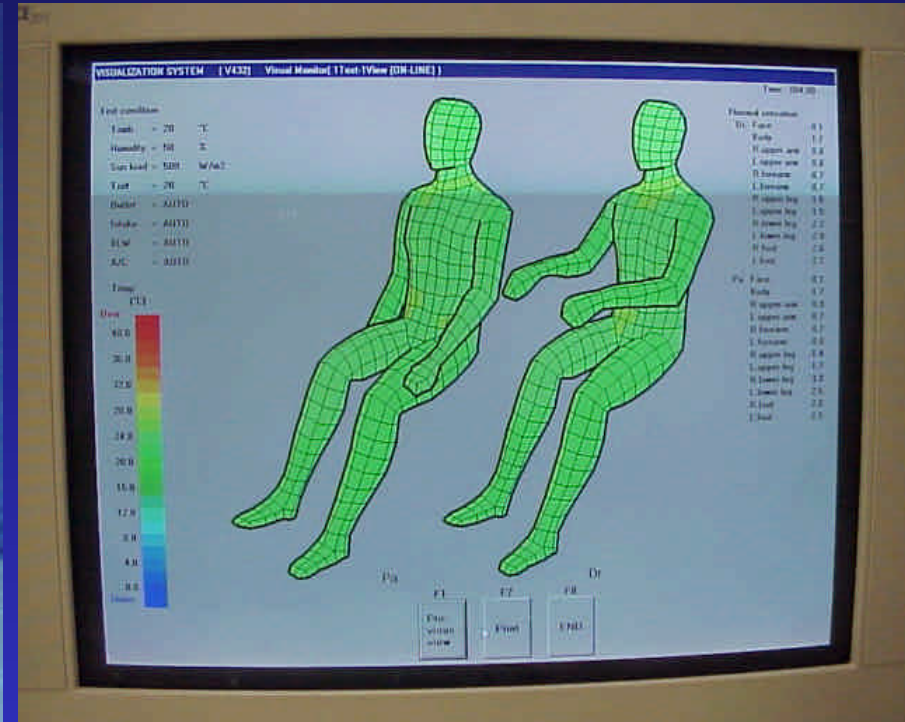
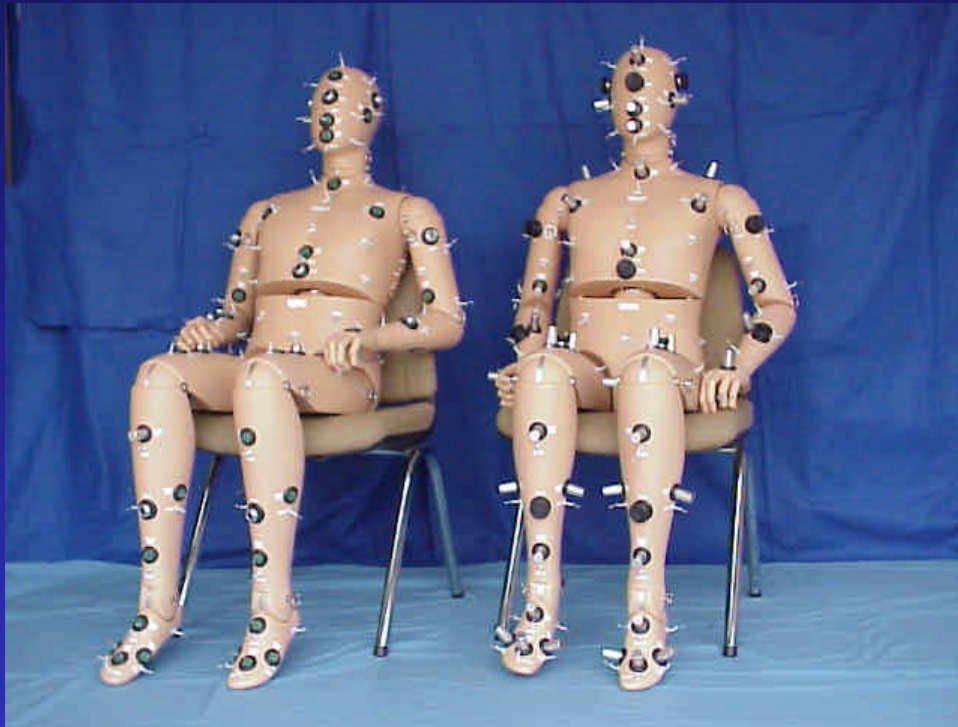
Position \ Einheit	Temp.	Luftge- schw.	Strahl- ung	Feucht- igkeit
Kopf	12	4	3	1
Arm	20	6	4	-
Brust	16	6	1	-
Oberschenkel	10	4	2	1
Unterschenkel	20	16	2	-
Summe	78	36	12	2

2. Zellen am Körpermodell

502 Zellen in jeder Darstellung,
Berechnung an nicht gemessenen Positionen

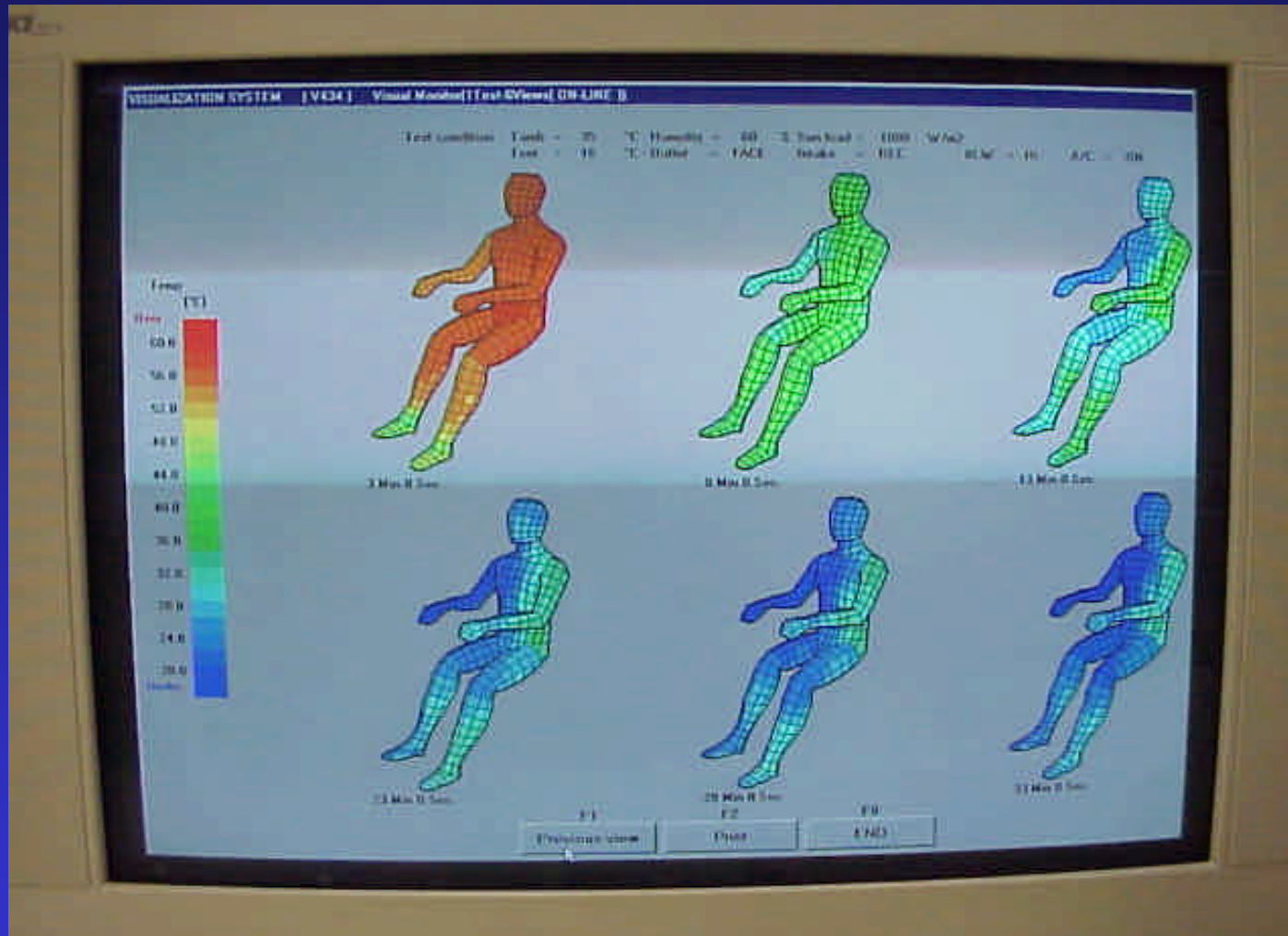


2. Darstellung der Temperaturverteilung



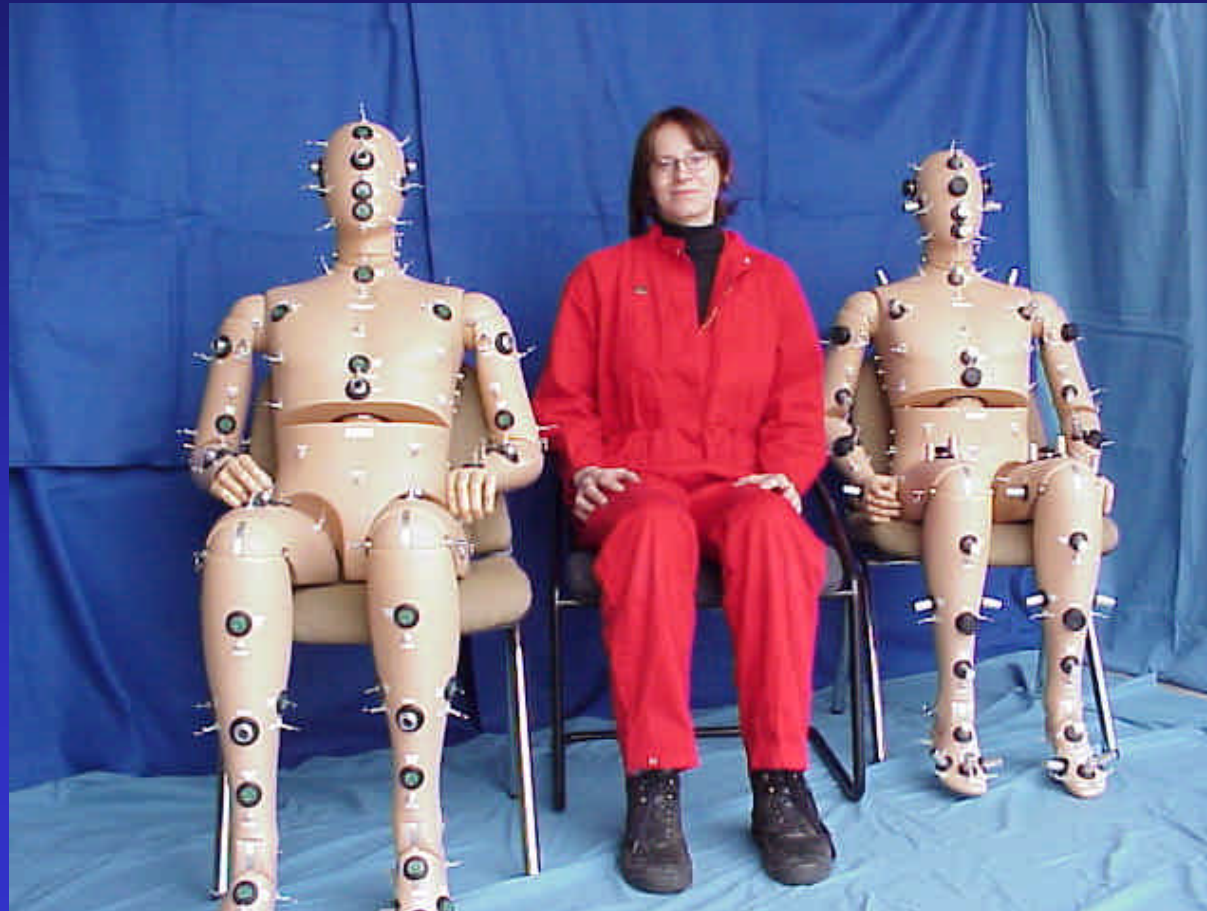
Fertiges Thermal Mannequin und Darstellung der Temperaturverteilung am Bildschirm im stabilisierten Zustand

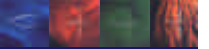
2. Darstellung der Temperaturverteilung



Änderung der Temperaturverteilung während des Abkühlungstests im Fahrzeug in den ersten 30 Minuten

2. Wer entscheidet letztendlich welche Kondition als komfortabel zu bezeichnen ist?





**Nicht unser
“Thermal Mannequin”.**

**Aber es soll helfen, in
entsprechenden technischen
Einrichtungen noch bessere
Klimaanlagen zu entwickeln.**



3. Technische Einrichtungen für die Fahrzeugklimaanlagenentwicklung

KWK - KlimaWindKanal

FKK - FahrzeugKlimaKammer

**In diesen Prüfständen ist es möglich, die Komfortbeurteilung
unter definierten Konditionen und für ein breites
Temperaturspektrum durchführen zu können.**

3. Klimawindkanal

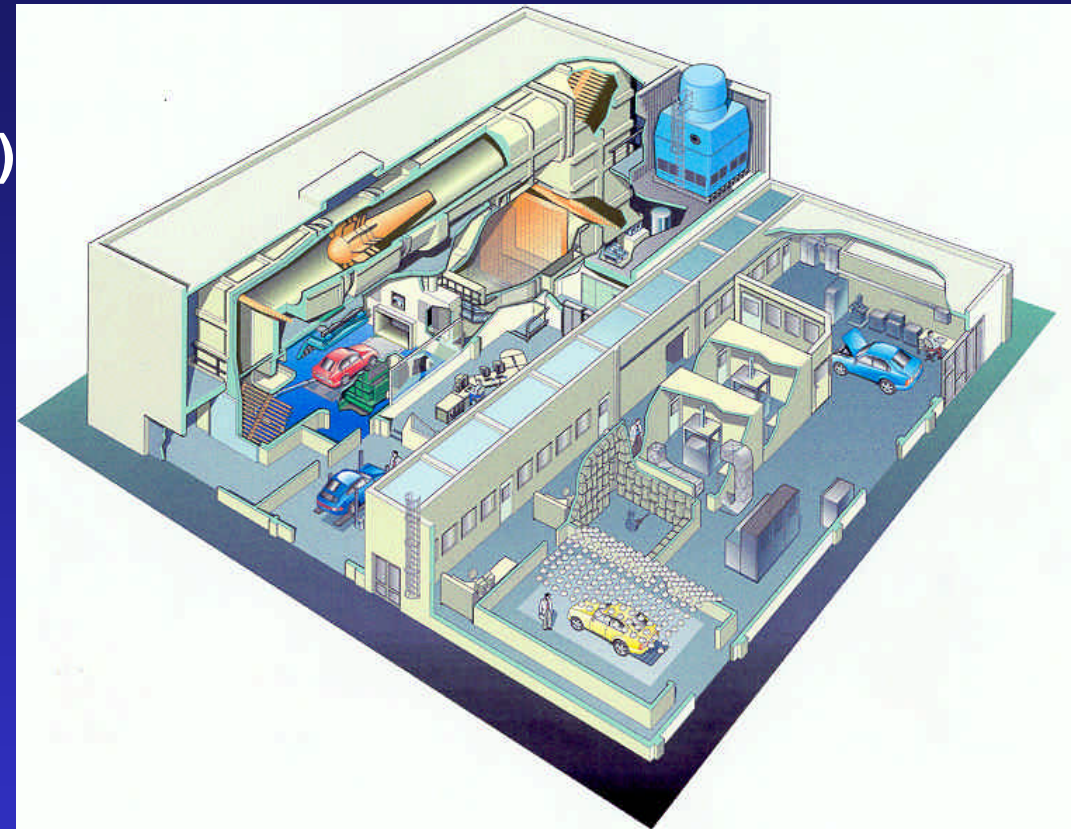
Düsenquerschnitt: 3m (B) x 2m (H)
Temperaturbereich: -30°C to +50°C
Feuchtigkeit: 10 bis 90%

Windgeschwindigkeit: 170 km/h
Rollenprüfstand: 250 km/h

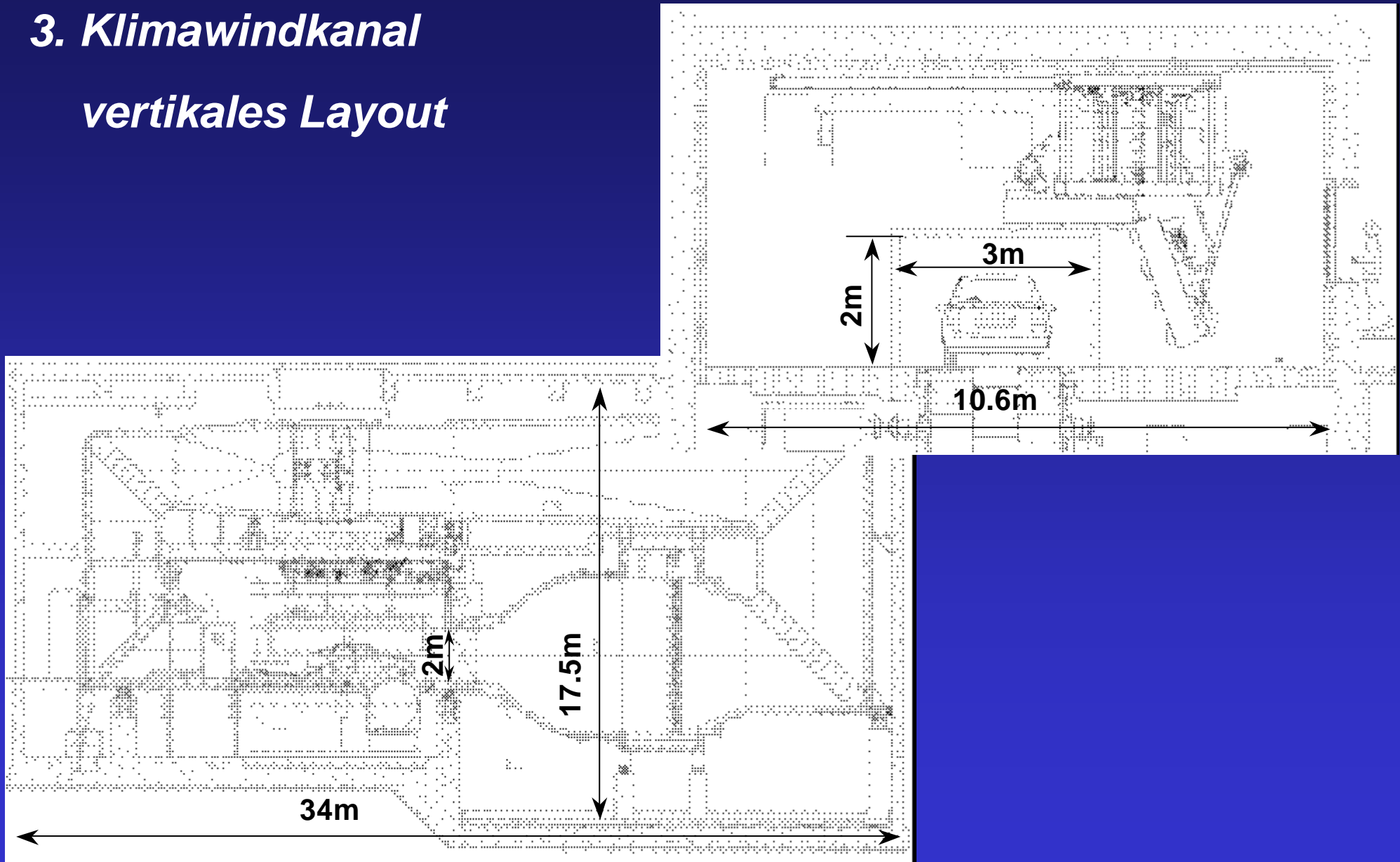
Sonnensimulation: 1.160 W/m²
natürliches Spektrum

Zweck:

- Alle Fahrzeugtests
- Temperaturregelkurvenoptimierung
- Versuche mit automatischen Klimaanlage
Regelungsverhalten, Sonnenlastkompensation

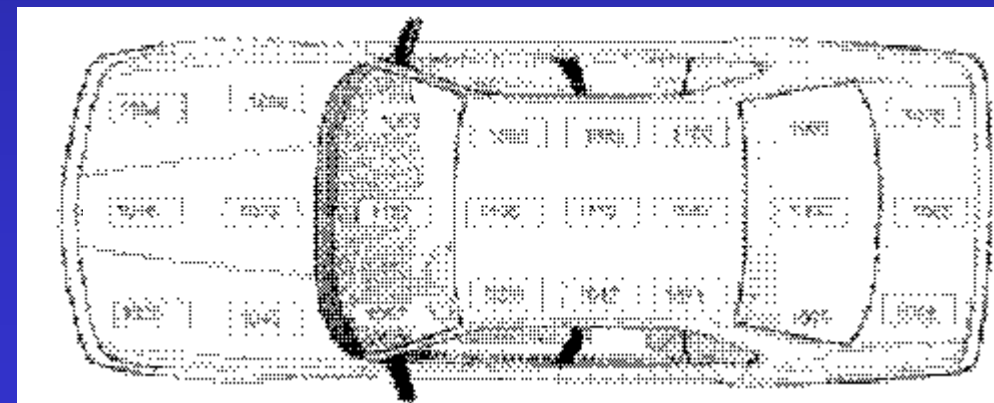
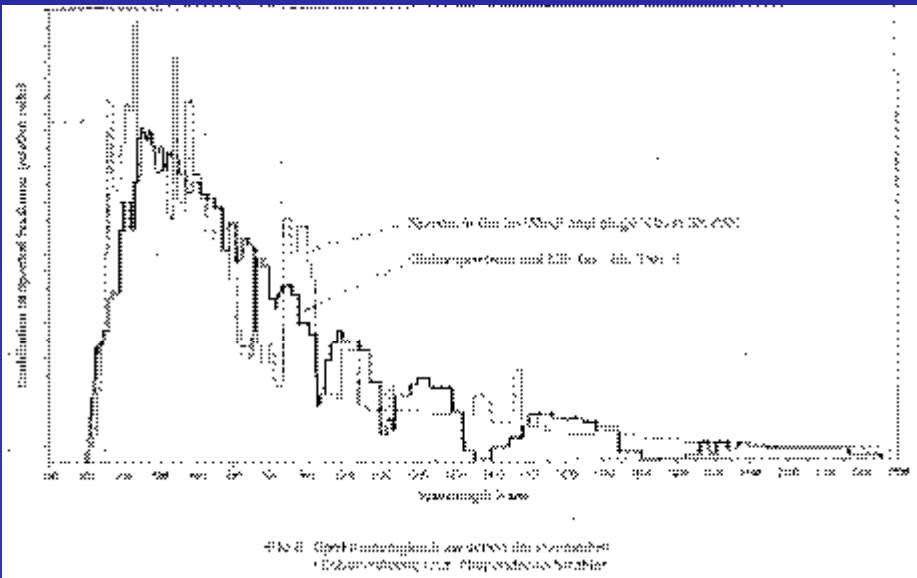
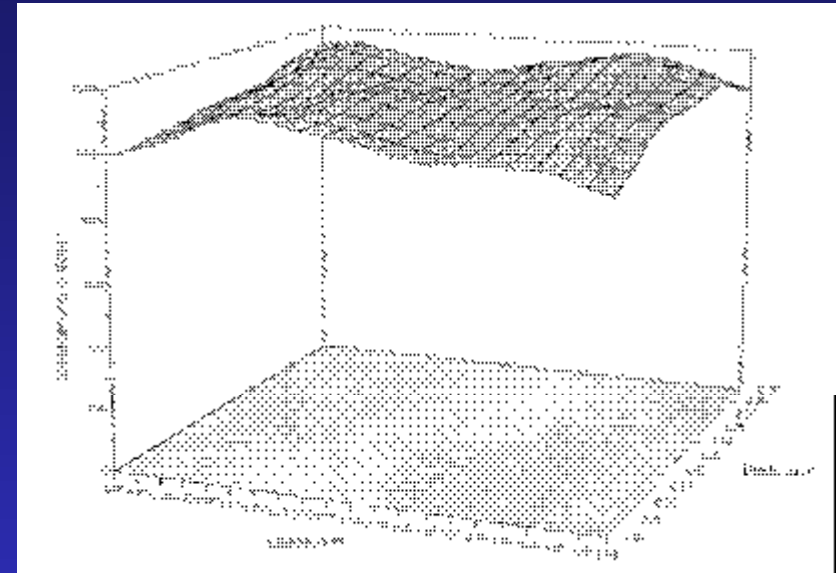
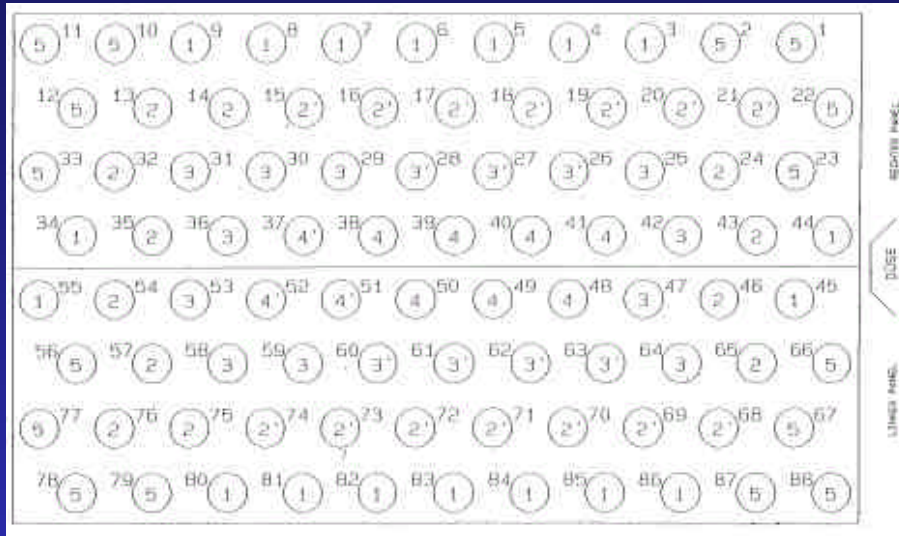


3. Klimawindkanal vertikales Layout

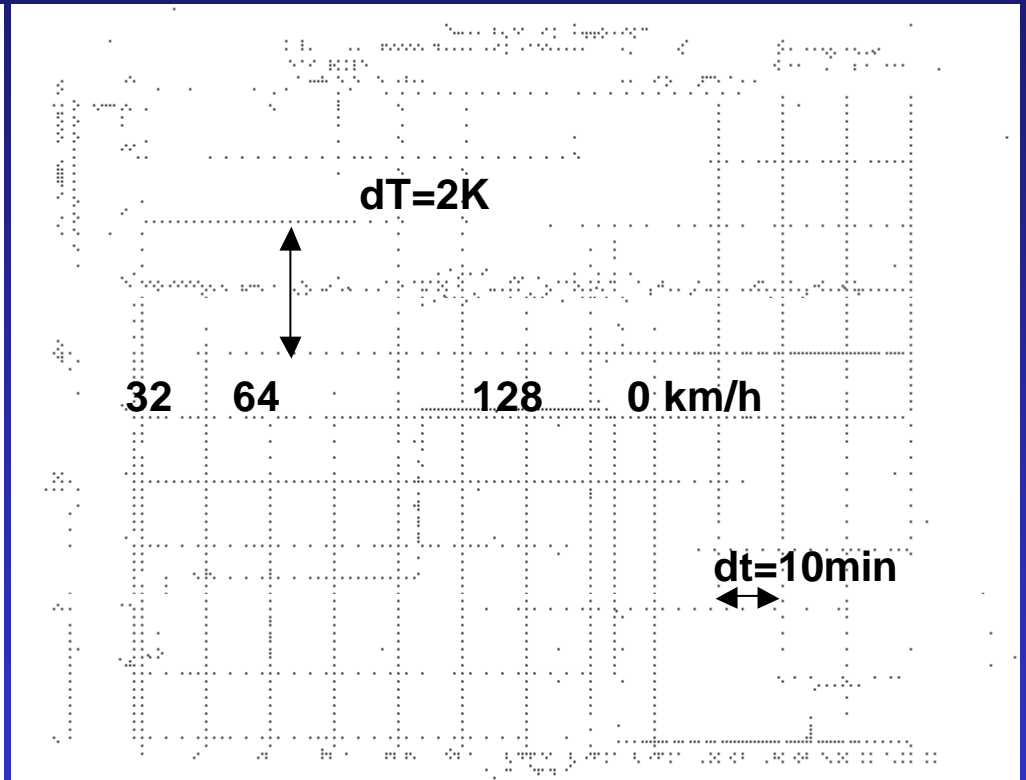
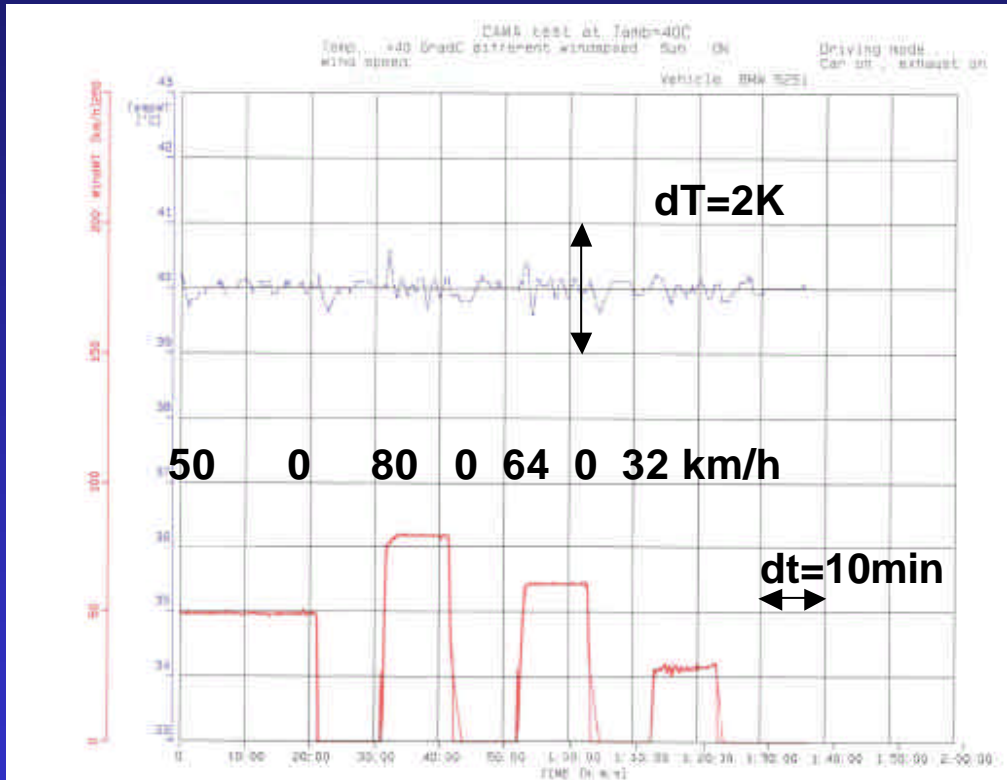


3. Sonnensimulationsanlage

Toleranz +/- 10% (+/-5%)



3. Temperaturstabilität bei Geschwindigkeitsänderung

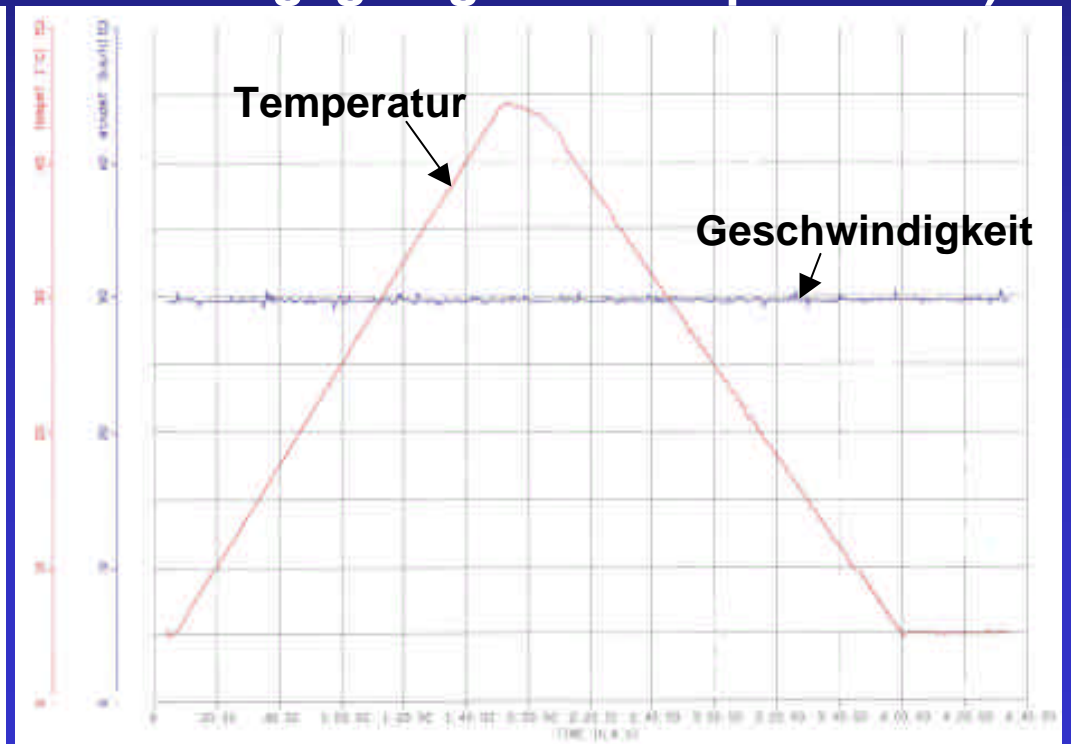
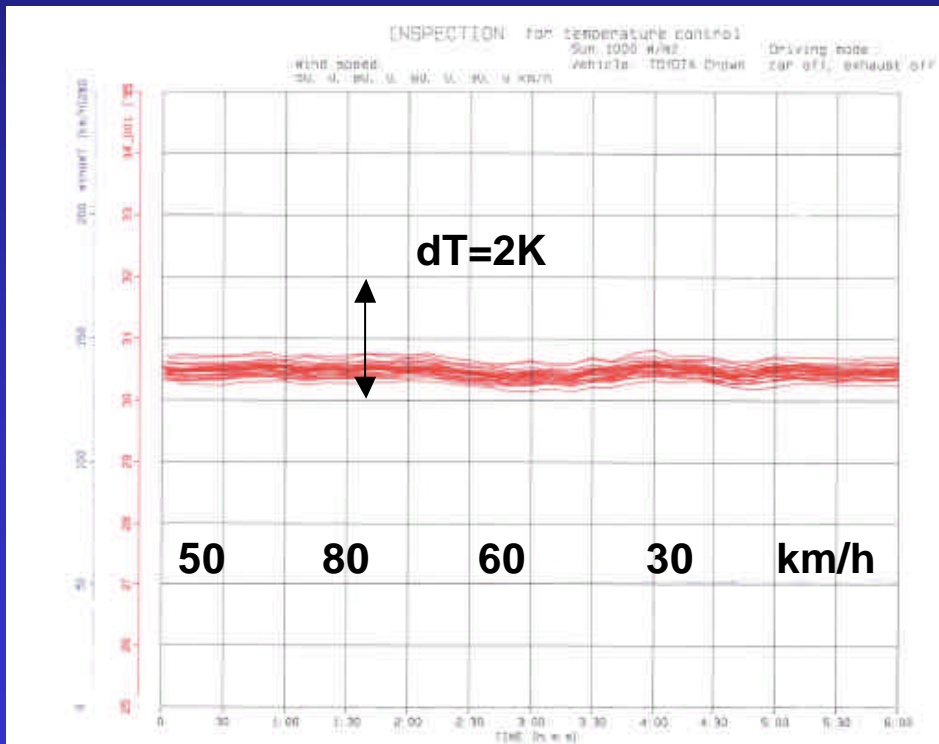


Temperaturmeßstelle in der Düsenmitte

3. Temperaturverteilung / lineare Temperaturänderung

Temperaturverteilung über den gesamten Düsenquerschnitt

Lineare Temperaturänderungsmöglichkeit (wichtig für die Beurteilung leistungsgeregelter Kompressoren)



3. Klimawindkanal in Photos: Teststrecke



Sonneneinstrahlungssimulation
von oben

3. Klimawindkanal in Photos: Teststrecke



seitliche
Sonneneinstrahlungssimulation

3. Klimawindkanal in Photos: Messwarte





4. Zusammenfassung

1. Die neueste Generation des Thermal Mannequin erlaubt die Komfortbeurteilung an verschiedenen Körperteilen (auch im transienten Zustand).
2. Visualisierungsmöglichkeit (3D) von Temperatur-, Luftgeschwindigkeits- und Komfortgefühlverteilung am Körper.
3. Klimawindkanal mit entsprechenden Spezifikationen ist notwendig für die fortschrittliche Fahrzeugklimaanlagenentwicklung.