

INHALTSVERZEICHNIS

TEIL A

| | |
|--|----|
| PHYSIKALISCHE UND MESSTECHNISCHE GRUNDLAGEN | 1 |
| 1. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN | 3 |
| 1.1 Internes und externes Klima | 3 |
| 1.2 Wärmetransportmechanismen | 6 |
| 1.2.1 Wärmeleitung | 6 |
| 1.2.2 Wärmeströmung | 9 |
| 1.2.3 Konduktiver und konvektiver Wärmeübergang .. | 10 |
| 1.2.4 Wärmeübergang durch Strahlung | 11 |
| 1.2.5 Wärmeabgabe durch Verdunstung | 12 |
| 1.3 Störgrößen des internen Klimas | 13 |
| 1.4 Das Prinzip der Regelung | 14 |
| 1.5 Grundschemata der Temperaturregulation | 16 |
| 1.5.1 Meßgrößen - Regelgrößen | 16 |
| 1.5.2 Autonome Regulation - Verhaltensregulation. | 18 |
| 1.6 Externe Klimabereiche | 20 |
| 1.7 Interne Temperaturbereiche | 22 |
| 1.7.1 Komfortbereich | 22 |
| 1.7.2 Regelungsgrenzen | 23 |
| 2. KLIMAMESSTECHNIK | 24 |
| 2.1 Lufttemperaturmessung | 24 |
| 2.1.1 Ausdehnungsthermometer | 24 |
| 2.1.2 Widerstandsthermometer/Thermistoren | 24 |
| 2.1.3 Thermoelemente | 25 |
| 2.2 Feuchtemessung | 29 |
| 2.2.1 Haarhygrometer | 29 |
| 2.2.2 Lithiumchlorid - Taupunkthygrometer | 29 |
| 2.2.3 Psychrometer nach Assmann | 30 |
| 2.2.4 Kapazitive Feuchtemessung | 31 |

| | |
|--|----|
| 2.3 Strahlungsmessung | 33 |
| 2.3.1 Strahlungspyrometer | 33 |
| 2.3.2 Globethermometer | 33 |
| 2.4 Luftgeschwindigkeitsmessung | 35 |
| 2.4.1 Prandtl'sches Staurohr | 35 |
| 2.4.2 Flügelrad-Anemometer | 35 |
| 2.4.3 Hitzdraht-Anemometer | 35 |
| 2.5 Luftdruckmessung | 36 |
| 2.5.1 Flüssigkeits- und Federmanometer | 36 |
| 2.5.2 Elektrische Manometer | 36 |
| 3. THERMOPHYSIOLOGISCHE MESSTECHNIK | 37 |
| 3.1 Körpertemperaturen | 37 |
| 3.2 Wärmeproduktion, Atemgasanalyse | 39 |
| 3.3 Schweißproduktion, Verdunstung | 43 |
| 3.4 Durchblutung | 46 |
| 3.5 EKG, EMG, EEG | 48 |
| 3.6 Einzelzellableitungen | 52 |
| 4. DATENVERARBEITUNG IN DER KLIMAPHYSIOLOGIE | 55 |
| 4.1 Datenaufnahme und Basisdatenverarbeitung | 55 |
| 4.2 Signalanalyse: Korrelationstechnik | 58 |
| 4.2.1 Analyse kontinuierlicher Signale | 58 |
| 4.2.2 Analyse diskreter Signale, insbesondere neuronaler Impulsfolgen | 63 |

TEIL B

| | |
|--|----|
| PHYSIOLOGISCHE UND PATHOPHYSIOLOGISCHE FAKTEN UND PROBLEME | 67 |
| 5. DIE SUBSYSTEME DER TEMPERATURREGULATION | 69 |
| 5.1 Die Regelstrecke | 69 |
| 5.1.1 Topographie des Körpers | 69 |
| 5.1.2 Topographie der Temperaturen | 71 |

| | |
|---|-----|
| 5.2 Die Meßfühler | 74 |
| 5.2.1 Topographie der Rezeptoren | 74 |
| 5.2.2 Statische und dynamische Eigenschaften thermosensitiver Elemente | 77 |
| 5.3 Die Informationsverarbeitung | 81 |
| 5.3.1 Das thermoafferente System | 81 |
| 5.3.1.1 Thermoresponsive Neurone | 82 |
| 5.3.1.2 Binäre Eigenschaften | 85 |
| 5.3.1.3 Schaltstationen | 87 |
| 5.3.2 Prinzipien der Informationsübertragung ... | 90 |
| 5.3.2.1 Mittlere Impulsrate | 90 |
| 5.3.2.2 Burst-Entladungen zentraler Neurone | 93 |
| 5.3.2.3 Periodizitäten im Entladungsverhalten zentraler Neurone | 95 |
| 5.3.3 Regulationszentren | 98 |
| 5.4 Die autonomen Effektormaßnahmen (Stellglieder) . | 99 |
| 5.4.1 Wärmeproduktion | 99 |
| 5.4.2 Durchblutungsänderungen (Vasomotorik) | 104 |
| 5.4.3 Schweißproduktion und Verdunstung | 108 |
| 5.4.4 Respiratorische (evaporative) Wärmeabgabe. | 113 |
| 5.4.5 Nervale und humorale Steuerung der Effek- tormaßnahmen | 113 |
| 6. ARBEIT UND TEMPERATURREGULATION | 115 |
| 6.1 Wirkung auf die Körpertemperaturen und Effektor- maßnahmen | 115 |
| 6.2 Sollwertverstellung oder Regelabweichung ? | 118 |
| 7. LANGZEITPROZESSE | 120 |
| 7.1 Cirkadianer Rhythmus | 120 |
| 7.2 Menstruationszyklus | 121 |
| 7.3 Jahreszeitenperiodik | 121 |
| 7.4 Akklimatisation | 122 |
| 7.4.1 Temperaturen und Effektormaßnahmen | 123 |
| 7.4.2 Schwellenverschiebungen | 124 |

| | |
|---|-----|
| 7.4.3 Neurophysiologische Korrelate | 126 |
| 7.4.4 Akklimatisation und Arbeit | 128 |
| 7.5 Ontogenese | 130 |
| 7.5.1 Temperaturregulation des Neugeborenen | 130 |
| 7.5.2 Temperaturregulation im Alter | 131 |
| 8. PATHOPHYSIOLOGIE DES WÄRMEHAUSHALTS | 132 |
| 8.1 Hyperthermie | 132 |
| 8.2 Hypothermie | 133 |
| 8.3 Fieber | 134 |
| 8.3.1 Ursachen und Vermittler des Fiebers | 134 |
| 8.3.2 Interaktion Fieber / Temperaturregulation . | 136 |
| 8.3.3 Bedeutung des Fiebers | 139 |
| 9. KLIMA UND EMPFINDUNG | 141 |
| 9.1 Temperaturempfindung | 141 |
| 9.2 Klimabeurteilung | 142 |

TEIL C

| | |
|--|-----|
| REGELUNGSTHEORETISCHE ASPEKTE UND SYSTEMSIMULATION | 147 |
| 10. SYSTEM- UND REGELUNGSTHEORETISCHE ASPEKTE | 149 |
| 10.1 Nichtlineare Regelung mit verteilten Parametern | 149 |
| 10.2 Adaptives Mehrebenensystem | 155 |
| 10.3 Regelungsstrategie | 158 |
| 10.3.1 Steuerungskonzepte für die Effektormäß- nahmen | 158 |
| 10.3.2 Die Regelgröße | 162 |
| 10.3.3 Steady-State-Konzepte | 164 |
| 10.3.4 Balance des regelnden und des geregelten Systems | 166 |
| 10.3.5 "Sollwertverstellung" bei Fieber | 170 |
| 10.3.6 Verkopplung der Kälte- und Wärmeabwehr- systeme | 173 |
| 10.3.7 Zusammenhang der Steady-State-Konzepte .. | 176 |

| | |
|--|-----|
| 11. MATHEMATISCHE SYSTEMSIMULATION | 179 |
| 11.1 Realisierungen auf dem Analogrechner | 180 |
| 11.1.1 Kern-Schale-Modelle | 180 |
| 11.1.2 Zylindermodelle | 185 |
| 11.2 Realisierungen auf dem Digitalrechner | 193 |
| 11.2.1 Ausgangsdaten | 193 |
| 11.2.2 Modell mit konzentrierten Parametern ... | 195 |
| 11.2.2.1 Die Grundgleichungen des passi- | |
| ven Systems | 195 |
| 11.2.2.2 Die Reglergleichungen | 198 |
| 11.2.2.3 Das Übergangsverhalten | 201 |
| 11.2.2.4 Das Frequenzverhalten | 203 |
| 11.2.3 Modell mit verteilten Parametern | |
| (Radiale Abhängigkeit) | 205 |
| 11.2.3.1 Die Grundgleichungen das passi- | |
| ven Systems | 207 |
| 11.2.3.2 Integraltransformationen | 211 |
| 11.2.3.3 Rücktransformation und Green' | |
| sche Funktion der Regelstrecke | 213 |
| 11.2.3.4 Der geschlossene Regelkreis ... | 214 |
| 11.2.3.5 Verhalten des offenen und ge- | |
| schlossenen Regelkreises | 219 |
| 11.2.3.6 Effektivität des Reglers | 220 |
| 11.2.3.7 Stationäre Profile | 221 |
| 11.2.3.8 Das Frequenzverhalten | 222 |
| 11.2.3.9 Dynamik radialer Temperaturpro- | |
| file | 226 |
| 11.2.4 Modell mit verteilten Parametern | |
| (dreidimensionale Abhängigkeit) | 229 |
| 11.2.4.1 Datenbank der Anatomie der | |
| Regelstrecke | 232 |
| 11.2.4.2 Physiologische Daten | 235 |
| 11.2.4.3 Abhängigkeit der Wärmetransport- | |
| zahl von der Durchblutung | 236 |
| 11.2.4.4 Die Systemgleichungen | 244 |

| | |
|---|---------|
| 11.3 Neuronale Modelle | 250 |
| 11.3.1 Verarbeitung peripherer und zentraler Signale | 250 |
| 11.3.2 Adaptationsprozesse | 253 |
| LITERATURVERZEICHNIS | 257 |
| REGISTER | 281 |