

TEMPERATUR UND LEBEN

VON

H. PRECHT

J. CHRISTOPHERSEN · H. HENSEL

MIT 182 ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

1955

Inhaltsverzeichnis.

Erster Teil.

Wechselwarme Tiere und Pflanzen.

Von Professor Dr. phil. HERBERT PRECHT, Zoologisches Institut der Universität Kiel.
Mit 44 Abbildungen.

Einleitung	1
Der Einfluß der Temperatur auf physikalisch-chemische Prozesse und auf biologisch bedeutsame Stoffe.	
A. Die Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit (<i>RG</i>)	2
B. Die Beeinflussung der Stoffe	8
I. Wasser	8
II. Eigenschaften der Proteine	9
III. Hitzeeinwirkung auf Proteine	10
IV. Kälteeinwirkung auf Proteine	15
Der Einfluß der Temperatur auf Lebensprozesse.	
A. Sich nicht verändernde Reaktionssysteme	16
I. Der normale Temperaturbereich	16
1. Rasch verlaufende Temperaturänderungen	16
a) Versuchsausführung	16
b) Die Abhängigkeitskurven von der Temperatur und ihre Interpretierung	21
2. Sehr langsam verlaufende Temperaturänderungen (Regulationen)	26
a) Allgemeines über die möglichen Regulationen	26
b) Typ 3	28
c) Die Typen 1 und 2	38
d) Typ 5	38
e) Typ 4	40
f) Inkonstante Vorbehandlung	41
g) Die Geschwindigkeit der Anpassung	41
3. Jahreszeitliche Unterschiede	42
II. Der Einfluß extremer Temperaturen	43
1. Die Resistenz verschiedener Lebensprozesse	43
a) Die Wirkung hoher Temperaturen	43
α) Allgemeines über Umkehrpunkte und Letaltemperaturen	43
β) Die Ursachenfrage	47
b) Die Wirkung tiefer Temperaturen	52
α) Allgemeines über eine Kälteeinwirkung	52
β) Über die Ursachen der Kälteschäden	54
γ) Unterkühlungen	56
δ) Eisbildung	59
ϵ) Gefriertrocknung	64
c) Hierarchische Systeme	64
d) Allgemeine Resistenz	66
2. Regulationen	67
a) Hitzeadaptation	68
b) Kälteadaptation	70
c) Die Geschwindigkeit von Hitze- und Kälteadaptation	77
d) Inkonstante Vorbehandlung	78
e) Weitere Adaptationserscheinungen	79
3. Jahreszeitliche Unterschiede von Hitze- und Kälteresistenz und -adaptation	80
III. Gemeinsame Erklärungsmöglichkeiten von Leistungs- und Resistenzadaptation	83

B. Sich ändernde Reaktionssysteme	85
I. Der normale Temperaturbereich	85
1. Die Geschwindigkeit der Änderung der Systeme	85
a) Konstante Temperaturbedingungen	85
α) Der Verlauf der Abhängigkeitskurven	85
β) Mathematische Interpretierung der Abhängigkeitskurven	90
γ) Atmung und Nahrungsverbrauch	93
δ) Mehrere variable Faktoren	95
b) Inkonstante Temperaturbedingungen	95
c) Regulationen	99
2. Jahreszeitliche Periodizität	101
II. Extreme Temperaturen	103
1. Die Temperaturgrenzen für die Änderung der Systeme	103
a) Allgemeine Resistenz	103
b) Der Entwicklungsnullpunkt	104
c) Die obere Grenztemperatur	105
d) Die Bedeutung der Grenzen für die Verbreitung der Organismen	106
e) Weitere Faktoren	107
f) Regulationen	108
g) Jahreszeitliche Unterschiede	108
2. Andersartige Wirkungen extremer Temperaturen	108
a) Ruhezustände und ihre Induzierung bzw. Brechung durch Temperaturreize	108
α) Diapausen bei Insekten und ihre Beendigung durch Temperaturreize	108
β) Imaginale Ruhestadien bei Insekten und ihre Beendigung durch Temperaturreize	110
γ) Ruhestadien bei Pflanzen und ihre Beendigung durch Temperaturreize	111
δ) Die Bedeutung der Temperatur für die Induzierung von Ruhephasen	113
b) Keimstimmung (Vernalisation, Jarowisation)	115
c) Thermische Parthenogenese	119
III. Formative Wirkungen durch normale und extreme Temperaturen	119
1. Modifikationen	119
2. Die sensible Periode	128
3. Mutationen	130
C. Körpertemperatur und Außentemperatur	131
I. Wärmeproduktion und -abgabe	131
II. Der Einfluß der Sonnenstrahlen	135
D. Temperatur und Verhalten	141
I. Die Temperaturabhängigkeit der Bewegungsgeschwindigkeit und anderer Tätigkeiten	141
II. Der Einfluß auf taktische Orientierungen	142
III. Der Einfluß der Temperatur auf Lernen, Gedächtnis usw.	143
IV. Der Temperatursinn	144
1. Receptoren und ihre Funktion	144
2. Ungerichtete Reaktionen	148
3. Taktische Orientierung in thermischen Reizfeldern	148
4. Andersartige Verhaltensweisen	158
E. Die Bedeutung des Temperaturfaktors für die Verbreitung der wechselwarmen Organismen	162
I. Temperaturbedingungen verschiedener Lebensräume	162
II. Temperaturbedingte Verbreitungsgrenzen	164
III. Ursachen der Begrenzung	167
IV. Eurytherme und stenotherme Arten	169
V. Verschiedene Temperaturansprüche von verwandten Arten und Rassen	170
VI. Erblich bedingte Anpassungserscheinungen	172
VII. Chromosomenzahl	176
VIII. Der Übergang Süßwasser — Meer	177

Zweiter Teil.

Mikroorganismen.

Von Dr. phil. JES CHRISTOPHERSEN, Kiel.

Bakteriologisches Institut der Bundes-Forschungsanstalt für Milchwirtschaft.

Mit 71 Abbildungen.

Einleitung	178
A. Der Einfluß der Temperatur auf Wachstum und Vermehrung von Mikroorganismen	178
I. Der Einfluß der Temperatur auf das Wachstum von Zellen	179
1. Exponentielles Wachstum	179
2. Proportionales Wachstum	179
3. Beziehungen zwischen Wachstumstemperatur und Zellgröße verschiedener Arten	181
II. Der Einfluß der Temperatur auf die Vermehrung von Mikroorganismen	181
1. Vermehrungsphasen und Vermehrungskurve	181
2. Einflüsse auf die Vermehrungskurve	183
a) Nährstoffkonzentration	183
b) Stoffwechselprodukte	184
c) Autolyse	185
3. Die Vermehrungsgeschwindigkeit	186
a) Generationsdauer	186
b) Technik der Vermehrungsmessung	187
4. Der Einfluß der Temperatur auf die Vermehrungsgeschwindigkeit	188
a) Die Temperatur/Vermehrungskurve	188
b) Temperaturgruppen	189
c) Der Temperaturkoeffizient der Vermehrung	190
d) Die ARRHENIUS -Konstante	191
5. Äußere Einflüsse auf die Temperaturabhängigkeit der Vermehrung	192
a) Das Substrat	192
b) Beeinflussung der Kardinaltemperaturen	195
6. Das Temperaturoptimum der Vermehrung	196
a) Definition	196
b) Kinetik des Vermehrungsoptimums	196
7. Die Bedeutung der Vermehrungstemperatur für die Entwicklung von Bakterienpopulationen	201
B. Der Einfluß der Temperatur auf physiologische Eigenschaften von Mikroorganismen	202
I. Stoffwechsel der Gesamtzellen	203
1. Kardinaltemperaturen	203
2. Die Temperaturabhängigkeit von Stoffwechselprozessen	204
II. Anpassungserscheinungen	206
1. Allgemeines	206
2. Mutative Temperaturadaptation	207
a) Auslösung durch die Temperatur	207
b) Auslösung durch andere Faktoren	209
3. Induktive Temperaturanpassungen	211
a) Resistenzänderungen	211
b) Anpassung der Vermehrung	213
c) Änderung enzymatischer Leistungen	214
d) Sonstige Beeinflussung physiologischer Eigenschaften	216
e) Beeinflussung des Stoffwechselweges	217
C. Die Hitzeabtötung von Mikroorganismen	220
I. Die Absterbeordnung	220
1. Der zeitliche Verlauf	220
2. Abweichungen vom exponentiellen Verlauf	223
a) Resistenzunterschiede	223
b) Die nicht monomolekulare Absterbeordnung	226

3. Einfluß der Temperatur	228
a) Die Temperaturabhängigkeit der Absterbereaktion	228
b) Beziehungen zwischen Temperatur- und Zeitabhängigkeit	231
4. Die Pasteurisierung	232
a) Allgemeines	232
b) Erhitzungsverfahren	234
c) Die Wirksamkeit der Pasteurisierung.	235
II. Die Hitzeresistenz von Mikroorganismen.	237
1. Die Abtötungstemperaturen	237
2. Abhängigkeit der Hitzeresistenz von verschiedenen Faktoren	237
a) Einfluß von Wasser	237
b) Einfluß des p_H -Wertes	245
c) Einfluß von Salzen	246
d) Einfluß von Proteinen	246
e) Schutzwirkung von Ölen und Fetten	247
f) Unbekannte Schutzstoffe	248
g) Einfluß der Keimdichte	249
h) Einfluß des Alters	250
i) Einfluß der Züchtungstemperatur	251
j) Weitere Beziehungen zur Hitzeresistenz	252
3. Hitzeresistente Keime	252
III. Die Hitzeresistenz von Enzymen	253
1. Allgemeines	253
2. Die Abhängigkeit von äußeren Faktoren	254
a) Wassergehalt	254
b) Art der Wasserbindung in Proteinen	254
c) Einfluß von p_H und Kationen	256
d) Einfluß von Aminosäuren und Proteinen	257
3. Inaktivierungsmechanismus	257
IV. Beziehungen zwischen Protein- bzw. Enzyminaktivierungen und Hitzeabtötung von Mikroorganismen	258
1. Inaktivierungsmechanismen	258
2. Hitzeabtötung und Reaktivierung	261
a) Wärme- und Lichtreaktivierung	261
b) Chemische Reaktivierung	262
c) Reaktivierungen durch hohe Drucke	262
3. Temperaturmutanten	264
D. Thermophile Organismen	268
I. Allgemeines	268
II. Die Biologie der thermophilen Mikroorganismen	269
1. Vorkommen thermophiler Bakterien	270
2. Chemische Leistungen	272
3. Klassifizierung der thermophilen Bakterien	274
III. Die Thermophilie als biologisches Problem	275
1. Die Anpassungstheorien.	275
2. Die plasmatischen und enzymatischen Besonderheiten	276
3. Die Hydratationstheorie	279
4. Die Lipoidtheorie	279
5. Die dynamische Theorie	280
E. Die Wirkung tiefer Temperaturen auf Mikroorganismen	282
I. Kälteresistenz	283
1. Abtötungstemperaturen.	283

2. Äußere Einflüsse auf die Kälteresistenz	284
a) Verschiedene Faktoren	284
b) Einfluß von Ionen	287
c) Einfluß von Kolloiden	288
3. Kälteresistenz von Viren	289
II. Die Vermehrung bei tiefen Temperaturen	289
III. Der Stoffwechsel bei tiefen Temperaturen	291
IV. Der Mechanismus der Kälteabtötung	293
1. Allgemeines	293
2. Eisbildung	294
3. Strukturänderungen im Plasma	294
4. Kristallisation und Vitrifikation	296
V. Die Absterbeordnung	298
VI. Die Anwendung tiefer Temperaturen zur Haltbarmachung von Lebensmitteln	301
1. Allgemeines	301
2. Die Kälteerzeugung	302
3. Die Kühlung von Lebensmitteln	302
4. Das Gefrieren von Lebensmitteln	303
a) Mechanismus	303
b) Gefrierverfahren.	304
F. Der Temperatureinfluß auf Bakteriensporen	305
I. Die Eigenschaften der Sporen	305
1. Chemische Zusammensetzung	305
2. Enzymatische Aktivität	306
3. Struktur	307
II. Die Hitzeresistenz von Sporen	308
1. Die Abhängigkeit von der Temperatur der Sporenbildung	308
2. Beeinflussung der Hitzeresistenz von Sporen durch verschiedene Faktoren	310
a) Wassergehalt	310
b) Zucker	311
c) Proteine	312
d) Wasserstoffionenkonzentration	312
e) Salze und Metallionen	312
f) Fette	313
g) Vorzüchtung	314
h) Selektion	315
i) Keimdichte	315
j) Verschiedene Faktoren	316
III. Die Temperaturabhängigkeit von Sporenkeimung und -bildung	316
1. Die Ruhephase	316
2. Hitzeaktivierung	317
3. Ursachen der Keimungshemmung	318
4. Lebensdauer von Sporen	319
5. Einfluß der Temperatur auf die Sporenbildung	319
6. Die Temperaturabhängigkeit der Keimungsgeschwindigkeit	320
IV. Die Hitzeinaktivierung von Sporen	322
G. Die Temperaturabhängigkeit von Giftwirkungen	323
I. Temperaturkoeffizient.	323
II. Bakteriostatische Wirkungen	325
III. Therapeutische Anwendung	328

Dritter Teil.

Mensch und warmblütige Tiere.

Von Professor Dr. HERBERT HENSEL, Marburg a. d. Lahn, Physiologisches Institut.

Mit 67 Abbildungen.

I. Homiothermie und Poikilothermie	329
II. Die Körpertemperaturen	332
1. Das Temperaturfeld des Körpers	332
a) Radialer und axialer Temperaturgradient	332
b) Haut- und Unterhauttemperatur	332
c) Temperaturen im Körperkern	334
d) Rectaltemperaturen	335
2. Körpertemperatur und Außentemperatur	337
3. Periodische Schwankungen der Körpertemperatur	338
a) Tagesschwankung	338
b) Längere Temperaturperioden	340
III. Homiothermie als biologischer Regelungsvorgang	340
1. Begriff der Regelung	340
2. Biologische Temperaturregelung	341
3. Wirkungsweise der einzelnen Glieder des Regelkreises	343
4. Störungen der Regelung	345
5. Hierarchie der Regelungen	346
IV. Die Bildung der Körperwärme	346
1. Grundumsatz	346
2. Wärmebildung und Körpergröße	347
3. Die sog. Oberflächenregel.	348
4. Wärmebildung und Außentemperatur	349
5. Orte der Wärmebildung	353
V. Der Abfluß der Körperwärme	354
1. Wege des Wärmetransportes	355
a) Wärmestrom vom Körperinnern an die Hautoberfläche	355
b) Wärmestrom zwischen Körper und Umgebung	356
2. Physiologische Steuerung des Wärmeflusses.	358
a) Körperhaltung	358
b) Durchblutung der Haut und der Schleimhäute	359
c) Haare, Federn und Luftsäcke	361
d) Ventilationsgröße	362
e) Sekretion der Speichel- und Nasendrüsen	363
f) Wasserabgabe der Haut	363
g) Gesamtverdunstung und Lufttemperatur	365
h) Sonstige Reaktionen	366
VI. Nervöse und hormonale Steuerungen	367
1. Zentralnervöse Strukturen der Temperaturregelung	367
a) Reiz- und Ausschaltungsversuche im Hypothalamusgebiet	367
b) Integration zentraler und peripherer Temperaturwirkungen	369
2. Peripher ausgelöste Vorgänge	370
a) Lokale Vasomotorik	370
b) Reflektorische Steuerungen	371
3. Hormonale Vorgänge	374

VII. Thermoreceptoren	375
1. Zur Frage der anatomischen Strukturen	375
2. Die Temperaturempfindungen des Menschen	377
a) Warm- und Kaltempfindung	377
b) Empfindungen in extremen Temperaturbereichen	380
c) Behaglichkeit, Frieren und Schwüle	380
3. Vorzugstemperaturen von Säugetieren	381
4. Elektrophysiologie der Thermoreceptoren.	383
a) Temperatursinnesnerven und Receptorentiefe.	383
b) Quantitative Erregungsgesetze einzelner Kältefasern	384
c) Wärmereceptoren	388
d) Vergleichendes und Theoretisches	388
VIII. Verstellungen der Temperaturregelung	392
1. Periodische Schwankungen	392
2. Körperarbeit	392
3. Fieber	393
4. Psychogene Einflüsse	396
IX. Akklimatisation	396
1. Akklimatisation beim Menschen	397
a) Kälteakklimatisation	397
b) Hitzeakklimatisation	399
2. Akklimatisation bei Tieren	402
a) Kälteakklimatisation	402
b) Hitzeakklimatisation	406
c) Hormonale Faktoren bei der Akklimatisation	407
X. Temperaturgrenzen des Lebens	410
1. Grenzen der Regelung in der Hitze	410
a) Schwach schwitzende Tiere	411
b) Mensch und stark schwitzende Säugetiere	412
2. Hyperthermie.	413
a) Allgemeine Hitzeschäden	413
b) Allgemeiner Hitzetod	415
c) Lokale Hitzewirkungen	416
3. Grenzen der Regelung in der Kälte	416
a) Regelungsgrenzen bei Tieren	417
b) Regelungsgrenzen beim Menschen	418
4. Hypothermie	419
a) Verlauf der Hypothermie im Tierversuch	420
b) Hypothermie beim Menschen	423
c) Allgemeiner Kältetod	425
d) Lokale Kältewirkungen	427
XI. Temperatur und Entwicklung	428
1. Spermatogenese	428
2. Temperatureinflüsse auf das Wachstum	430
3. Entwicklung der Homoiothermie	432
a) Entwicklung der Temperaturregelung bei Vögeln und Säugetieren	432
b) Entwicklung der Temperaturregelung beim Menschen	435
4. Temperaturabhängigkeit von Lebensvorgängen im Laufe der Ontogenie	436
XII. Winterschlaf und verwandte Erscheinungen	437
1. Vorkommen des Winterschlafes	437
2. Torpidität bei Vögeln	439
3. Tagesschlaflethargie und Winterschlaf der Fledermäuse	441

4. Der echte Winterschlaf	443
a) Temperaturregelung und Winterschlaf	443
b) Energiestoffwechsel, Kreislauf und Atmung	445
c) Hormonale Umstellungen	447
d) Spezifische Eigenschaften des Nervensystems	448
e) Chemische und physikalisch-chemische Veränderungen.	449
f) Versuche zur künstlichen Auslösung des Winterschlafes	451
XIII. Temperatur und geographische Verbreitung der Homiothermen	452
1. Allgemeines	452
2. Temperaturbedingungen verschiedener Lebensräume	452
3. Temperatur und Migration	454
4. Besonderheiten bei den Chiropteren	454
5. Physiologische Ursachen der geographischen Temperaturgrenzen	455
6. Klimaregeln	457
7. Eurytherme und stenotherme Arten	458
8. Anpassung an verschiedene Klimate	459
a) Tropisches Klima	459
b) Wüstenklima	461
c) Polarklima	463
9. Temperatur und Leistung landwirtschaftlicher Nutztiere	465
Nachträge	467
Namenverzeichnis	468
Sachverzeichnis	483
Zitierte Organismen	507