

F. SAUBERER - F. RUTTNER

DIE  
STRAHLUNGSVERHÄLTNISSE  
DER  
BINNENGEWÄSSER



AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT

BECKER & ERLER KOM.-GES.

EI 13

INSTITUT F. MET. U. KLIMAT.  
TECHN. HOCHSCHULE HANNOVER

40/1175

E I 13

# DIE STRAHLUNGSVERHÄLTNISSE DER BINNENGEWÄSSER

Von

**Dr. Franz Sauberer** und **Prof. Dr. Franz Ruttner**

Zentralanstalt für Meteorologie  
und Geodynamik, Wien

Leiter der Biologischen Station Lunz  
der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft

Mit 75 Figuren und 59 Tabellen im Text



1941

AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT  
BECKER & ERLER KOM.-GES., LEIPZIG

## Inhaltsverzeichnis.

Vorwort . . . . .	V
I. Vom Wesen der Wärmestrahlung . . . . .	1
1. Allgemeines . . . . .	1
2. Die wichtigsten Eigenschaften der Wärmestrahlung . . . . .	3
a) Emission . . . . .	3
b) Durchlässigkeit. Absorption . . . . .	3
c) Extinktion . . . . .	4
d) Reflexion, Beugung und Streuung . . . . .	4
e) Polarisaton . . . . .	4
f) Schwarze, graue und selektive Strahler . . . . .	5
3. Die wichtigsten Strahlungsgesetze . . . . .	5
a) Das Plancksche Strahlungsgesetz . . . . .	5
b) Das Stefan-Boltzmannsche Gesetz . . . . .	6
c) Das Wiensche Verschiebungsgesetz . . . . .	6
d) Das Kirchhoffsche Gesetz . . . . .	6
II. Die Strahlungsverhältnisse über dem Wasser . . . . .	7
1. Übersicht . . . . .	7
2. Die Sonnenstrahlung . . . . .	8
3. Die Himmelsstrahlung . . . . .	17
4. Die dunkle Gegenstrahlung der Atmosphäre . . . . .	21
5. Die zusätzliche Reflexstrahlung . . . . .	23
6. Die Totalstrahlung . . . . .	24
7. Die Lichtstrahlung . . . . .	26
8. Die Ausstrahlung . . . . .	27
9. Die Reflexion der Strahlung an Wasserflächen . . . . .	30
a) Die Reflexion an der Wasseroberfläche . . . . .	31
b) Die kurzwellige Rückstrahlung des Wassers . . . . .	36
10. Die Strahlungsbilanz der Gewässer . . . . .	38
11. Die Refraktion . . . . .	42
III. Die Strahlungseigenschaften des Wassers . . . . .	43
1. Brechung der eindringenden Strahlung . . . . .	44
2. Die Extinktion der eindringenden Strahlung . . . . .	46
3. Die Zerstreuung der Strahlung im Wasser . . . . .	50
4. Die Absorption der Strahlung im Wasser . . . . .	54
5. Die Extinktion im reinen Wasser . . . . .	54
6. Der Einfluß der Temperatur auf die Strahlungsextinktion im Wasser . . . . .	59
7. Die Polarisaton der Strahlung im Wasser . . . . .	60

IV. Das Verhalten der natürlichen Strahlung in den Gewässern	61
1. Die auf eine horizontale Fläche fallende Strahlung. Der vertikale Extinktionskoeffizient . . . . .	61
a) Nicht monochromatische Strahlung . . . . .	63
b) Nicht parallele Einstrahlung . . . . .	67
c) Reduktion der Transmissionswerte auf einheitliche Einstrahlungsverhältnisse . . . . .	73
d) Die Extinktion in natürlichen Gewässern . . . . .	75
2. Die Verteilung der Unterwasserstrahlung im Raum . . . . .	78
a) Allgemeines . . . . .	78
b) Die Unterlichtmessung und ihre Bedeutung . . . . .	81
3. Ältere Beobachtungen über das Licht in den Gewässern . . . . .	89
a) Bestimmung der Sichttiefe . . . . .	89
b) Versenkte Lichtquellen . . . . .	98
c) Aufsuchen der „absoluten Lichtgrenze im Wasser“ mittels photochemischer Methoden . . . . .	99
V. Die tatsächlichen Strahlungsverhältnisse in den Binnengewässern . . . . .	100
1. Übersicht . . . . .	100
2. Die Strahlungsdurchlässigkeit der Gewässer . . . . .	101
a) Die absolute Durchlässigkeit für die Totalstrahlung . . . . .	101
b) Spektrale Messungen der Durchlässigkeit . . . . .	103
3. Einflüsse mineralischer Trübungen und Planktonschichtungen . . . . .	116
4. Die Lichtdurchlässigkeit der Fließgewässer und kleinen Wasseransammlungen . . . . .	120
5. Die absoluten Beträge der Strahlung in den Gewässern . . . . .	122
VI. Die Bedeutung der Strahlungsverhältnisse für das Leben im Wasser . . . . .	130
VII. Die Farbe der Binnengewässer . . . . .	147
1. Die wahre Farbe des Wassers . . . . .	149
a) Die Farbe des reinen Wassers . . . . .	149
b) Die wahre Farbe der natürlichen Gewässer . . . . .	154
2. Die Reflexion an der Wasseroberfläche . . . . .	158
3. Die Reflexion am Grunde der Gewässer . . . . .	159
4. Die spektrale Verteilung der auf das Wasser fallenden Strahlung . . . . .	160
5. Physiologische Kontrastwirkungen . . . . .	161
6. Fluoreszenz . . . . .	161
7. Vegetationsfärbungen . . . . .	162
8. Zusammenfassung über die Farbe der Gewässer . . . . .	171
VIII. Meßmethoden . . . . .	174
1. Zur Methodik der Strahlungsmessungen . . . . .	174
a) Kalorimetrische Methoden . . . . .	175
b) Photozellen . . . . .	176
c) Photowiderstände . . . . .	177
d) Photoelemente . . . . .	177
e) Chemisch-photographische Methoden . . . . .	180

2. Strahlungsmessung über dem Wasser . . . . .	182
a) Messung der direkten Sonnenstrahlung . . . . .	182
b) Meßinstrumente für Sonnen- und Himmelsstrahlung . . . . .	183
c) Messungen einzelner Teile des Spektrums der Sonnen- und Himmelsstrahlung . . . . .	185
d) Messung der Gegenstrahlung und der Temperaturstrahlung der Wasseroberfläche . . . . .	189
e) Die kurzwellige Rückstrahlungsmessung . . . . .	191
f) Reflexionsmessungen . . . . .	191
g) Die Strahlungsbilanzmessung . . . . .	192
3. Die Messung der eindringenden Strahlung . . . . .	193
a) Grundsätzliches zu Strahlungsmessungen unter Wasser . . . . .	193
1. Gute Exposition in der gewünschten Lage . . . . .	194
2. Einstellung der gewünschten Wassertiefe . . . . .	195
3. Der Schattenfehler . . . . .	195
4. Kosinusetz . . . . .	197
5. Über wasserdichten Einschluß und gute Isolation . . . . .	197
b) Die Methodik der Messungen unter Wasser . . . . .	198
1. Photochemische Methoden . . . . .	198
2. Thermometrische Methoden . . . . .	200
3. Thermoelektrische Messungen . . . . .	201
4. Messungen mit Photozellen . . . . .	202
5. Messungen mit Photowiderständen . . . . .	204
6. Messungen mit Photoelementen . . . . .	204
7. Die Bestimmung der Wasserfarbe . . . . .	205
8. Durchsichtigkeitsmesser und Zerstreuungsmesser . . . . .	210
Literaturverzeichnis . . . . .	213
Namenverzeichnis . . . . .	225
Gewässerverzeichnis . . . . .	229
Sachverzeichnis . . . . .	231