# Inhaltsverzeichnis

Vorwort xxi

Vorbemerkungen xxiii
Folge der Mathematik . . . . . xxiii
Freiäugige Astronomie . . . . . xxiv
Grundlagen . . . . . xxv
Haftungsausschluss . . . . . xxvii
Schnellstart . . . . . xxviii

Vorwort zur 4. Ausgabe xxxi

Vorwort zur 3. Ausgabe xxxv

Wndsn-Quadrant-Telemeter 3

Überblick 3
Was ist ein Telemeter? . . . . . 3
Warum Low-Tech? . . . . . 4
Anwendungsbereiche . . . . . 6

Historischer Hintergrund 13
Geschichte . . . . . 13
1. Kamal . . . . . 13
2. Nomographie . . . . . 18
3. Rechenschieber . . . . . 21

Der Telemeter 29

Einführung 29

Inbetriebnahme 33
Vorbereiten der Schnur . . . . . 33
Positionieren der Knoten . . . . . 35

Werkzeuge 37
Instrumentenübersicht: Telemeter . . . . . 37
Visieren mit dem Telemeter . . . . . 39
Der Dog-Tag-Telemeter . . . . . 40

Prinzipien 43
Das Telemeterdreieck . . . . . 43
Winkelgröße . . . . . 44
Einheitslosigkeit . . . . . 48
Erweitern der Skalen . . . . . 50
Zehnerpotenzen und Skalensprünge . . . . . 52
Wndsn-Stringtheorie . . . . . 57
Genauigkeit der Messungen . . . . . 58

Funktionen 63
Messen von Entfernungen . . . . . 63
Ermitteln von Objektgrößen . . . . . 67
Entfernung via Augenhöhe . . . . . 67
Messen von Höhen . . . . . 69
Messen im Dunkeln . . . . . 73
Daumen als Messschieber . . . . . 75
Kleinwinkelberechnungen . . . . . 76

Methoden 87
Höhe vs. Länge eines Zuges . . . . . 87
Entfernung von zylindrischen Objekten . . . . 89
Messen der Tiefe eines Brunnens . . . . . 90
Messen der Entfernung zum Mond . . . . . 92
Messen von Zeit gegen die Sterne . . . . . 95
Der Telemeter als Planzeiger . . . . . 97
Resektion . . . . . 102

Triangulation . . . . . 103
Trilateration . . . . . 106
Triangulateration . . . . . 110
Fehler bei der Resektion . . . . . 111
Dog-Tag-Telemeter als Neigungsmesser . . . . 112
Messen in MIL mit dem Telemeter . . . . . 114

Der Quadrant 121

Einführung 121
Was ist ein Quadrant? . . . . . 121
Was ist ein Inklinometer? . . . . . 127

Inbetriebnahme 129
Vorbereiten der Lotschnur . . . . . 129

Werkzeuge 131
Instr.-übersicht: Quadrant mit ungl. Stunden . 131
Transversalskala . . . . . 135
Visieren mit dem Quadranten . . . . . 136
Messen von Winkeln . . . . . 138
Sexagesimalsystem . . . . . 143

Prinzipien 149
Parallelverschiebung . . . . . 149
Projektion via Schwerkraft . . . . . 150
Erweitern der Neigungsmesserskala . . . . . 151

Funktionen 153
Quadrant und Inklinometer . . . . . 153
Ermitteln von Sinus und Kosinus . . . . . 156
Verwenden des Schattenquadrats . . . . . 158
Bestimmen des Tangens . . . . . 170
Berechnen von Steigung . . . . . 173

Methoden 181
Neun Standardsituationen . . . . . 181
1. Entf. und Höhe via entf. Länge . . . . . 184

2. Entf. und Breite via eigener Höhe . . . . . 192
3. Entf. und entf. Höhe via eigener Länge . . . 194
4. Entf. und Höhe via abgesenkter Höhe . . . . 199
5. Entf. und Höhe via erhöhtem Detail . . . . . 201
6. Entf. und entf. Höhe via erhöhtem Detail . . 203
7. Entf. und Höhe via überragender Höhe . . . 206
8. Entf. und entf. Höhe via eigener Höhe . . . . 208
9. Entf. und entf. Höhe via bel. Detail . . . . . 210
Fazit der Neun Situationen . . . . . 212

Beherrschung von Zeit und Raum 215

Einführung 215

Astronomie 217
Grundlagen . . . . . 217
Astronomische Koordinatensysteme . . . . . 219
Das Nautische Dreieck . . . . . 228
Konvertieren zwischen Systemen . . . . . 231
Die Ekliptik . . . . . 232
Die Deklination der Sonne . . . . . 239

Der Stundenquadrant 247

Einführung 247

Werkzeuge 249
Instr.-übersicht: Quadrant mit gl. Stunden . . 249

Prinzipien 253
Berechnen der Zeit . . . . . 253
Ungleiche Stunden . . . . . 255
Gleiche Stunden . . . . . 256

Funktionen 257
Verwenden des Kalenders . . . . . 257
Verwenden des Erdachsneigungsbogens . . . . 259

Methoden 267
Sonnenberechnungen . . . . . 267
Bestimmen des lokalen Breitengrades . . . . . 269
Messen der Sonnenhöhe . . . . . 272
Berechnen der Sonnendeklination . . . . . 275
Berechnen der Sonnenhöhe . . . . . 276
Sonnenzeit . . . . . 282
Bestimmen der Zeit . . . . . 288
Längengrad via Zeit . . . . . 289
Sonnenkompass . . . . . 293
Äquatorialsonnenuhr . . . . . 294
Bestimmen der Sonnenstunden . . . . . 300
Sternenkompass . . . . . 304

Der Sinusquadrant 327

Einführung 327

Werkzeuge 331
Instrumentenübersicht: Sinusquadrant . . . . 331
Die Hauptskalen . . . . . 332

Prinzipien 337
Bewegen der Schnur . . . . . 337
Quadrantsymmetrien . . . . . 338

Funktionen 341
Bestimmen von Sinus oder Kosinus . . . . . 341
Bestimmen von Tangens oder Kotangens . . . 345
Bestimmen von Sekans und Kosekans . . . . . 348
Grundlegende Gleichungen . . . . . 348
Addition von Sinus oder Kosinus . . . . . 350
Multiplikation von Sinus oder Kosinus . . . . . 352
Verketten von Multiplikationen . . . . . 353
Multiplikation des Tangens . . . . . 355
Division von Sinus oder Kosinus . . . . . 358
Division von Sinus oder Kosinus zu Tangens . 360
Division des Tangens . . . . . 362

Quadrieren von Sinus oder Kosinus . . . . . 364
Verketten von Quadraten . . . . . 366
Quadratwurzeln von Sinus oder Kosinus . . . . 368
Verketten von Quadratwurzeln . . . . . 369
Arbeiten mit Nicht-Winkeln . . . . . 372

Methoden 375
Großkreisberechnungen . . . . . 375
Bestimmen des Breitengrades . . . . . 379
Bestimmen des Tagbogens . . . . . 381
Bestimmen des Stundenwinkels . . . . . 385
Weitere Formeln zum Stundenwinkel . . . . . 388
Bestimmen des Sonnenaufgangsazimuts . . . . 388
Sonnenaufgang auf Sinus- vs. Stundenquad. . 392
Weitere Formeln zum Sonnenazimut . . . . . 397
Deklination ohne Erdachsneigungsbogen . . . 400
Astronomische Navigation . . . . . 402

Anhang 405

Metrologie 405
Messunsicherheit . . . . . 405
Genauigkeit vs. Präzision . . . . . 406
Falsche Präzision . . . . . 410
Genauigkeitsbestimmungen . . . . . 411
Präzision des Quadrant-Telemeters . . . . . 412
Berechnen der Skalengenauigkeit . . . . . 412
Kalibrierung . . . . . 416

Making-Of 419
Instrumentenherstellung . . . . . 419
Gravuren . . . . . 419
Materialien . . . . . 424
Pflege von Messinginstrumenten . . . . . 430

Referenz 433
Ebene Trigonometrie . . . . . 433
Sphärische Trigonometrie . . . . . 442

Heuristiken für die Mondbeobachtung . . . . . 448
Präzisionsrechner . . . . . 454

Nützliche Tabellen 457
Multiplikatoren für einen gegebenen Winkel . 457
Radiant in Grad in MIL in MOA . . . . . 462
MIL mit dem Telemeter . . . . . 464
Steigung in Grad . . . . . 467
Steigung in Prozent . . . . . 470
24 × 24 Schattenquadrat . . . . . 471
20 × 20 Schattenquadrat . . . . . 473
Sonnendeklination pro Tag . . . . . 475
Dog-Tag Telemeter Steigungswerte . . . . . 477
Umrechnungen von Längenmaßen . . . . . 477
Navigationssterne . . . . . 477

Glossar 491

Symbole 515

Literatur 517

Über Wndsn 527
Kontakt . . . . . 528
Kolophon . . . . . 529

# Abbildungen


1 Telemeter im Einsatz. . . . . 14
2 Einrichten des Telemeters. . . . . 15
3 Beispiel: Rekonstruktion eines Kamals. . 16
4 Prinzip der Kamal-Knotenstaffelung. . . . 17
5 Beispielnomogramm: Smith-Diagramm. . 19
6 Telemeter aus Messing. . . . . 20
7 Rechenschieber: Faber Castell 62/83N. . . 22
8 Rechenschieber: Pickett N600-ES. . . . . 23
9 Rechenschieberdemonstration. . . . . 24
10 Rechnen mit dem Nomogramm. . . . . 29
11 Die Knoten der Schnur. . . . . 34
12 Positionieren der Knoten . . . . . 35
13 Instrumentenübersicht: Telemeter. . . . . 37
14 Visieren mit dem Telemeter. . . . . 40
15 Das Dog-Tag-Telemeter. . . . . 41
16 Das Telemeterdreieck. . . . . 44
17 Winkelgröße erklärt. . . . . 46
18 Nutzen beliebiger Einheiten. . . . . 49
19 Erweitern der Skalen. . . . . 51
20 Halbieren der Entfernung. . . . . 52
21 Der chinesische Abakus. . . . . 54
22 Wndsn-Stringtheorie. . . . . 57
23 Messen auf Augenhöhe. . . . . 58
24 Einklammern einer Messung. . . . . 59
25 Telemeterbedienung. . . . . 64
26 Einfache Entfernungsmessung. . . . . 65
27 Ziel der Langstreckenmessung. . . . . 65

28 Abgleich über Google Maps. . . . . 66
29 Entfernung via Augenhöhe. . . . . 68
30 Bekannte Größe am Gebäude. . . . . 70
31 Messen einer parallelen Struktur. . . . . 71
32 Google Maps. . . . . 72
33 45°. . . . . 73
34 Lasergraviertes Acryl. . . . . 74
35 Night-Ops-Telemeter. . . . . 75
36 Skalenvergleich. . . . . 76
37 Daumen als Messschieber. . . . . 77
38 MIL und MOA für Kleinstwinkel. . . . . 78
39 Messen der Höhe eines Zuges. . . . . 88
40 Entfernung von zylindrischen Objekten. . 90
41 Überprüfen der Entfernung. . . . . 91
42 Brunnentiefe via Telemeter. . . . . 92
43 Mondfinsternis am 27. Juli 2018. . . . . 93
44 Messen von Zeit gegen die Sterne. . . . . 95
45 Ostwert via Telemeter. . . . . 99
46 Nordwert via Telemeter. . . . . 100
47 Telemeterplanzeiger. . . . . 101
48 Kompasstriangulation. . . . . 103
49 Triangulation nach Gemma Frisius. . . . . 105
50 Telemetertrilateration. . . . . 107
51 Zwei Positionen auf einem Kreis. . . . . 108
52 Ziele der Trilateration. . . . . 109
53 Ergebnis der Trilateration. . . . . 110
54 Triangulateration. . . . . 111
55 Fehler bei der Resektion. . . . . 112
56 Dog-Tag-Telemeter als Neigungsmesser. . 113
57 Messen in MIL mit dem Telemeter. . . . . 115
58 Telemeter- vs. Quadrantskala. . . . . 123
59 Universeller Stundenquadrant. . . . . 124
60 Führen der Schnur durch den Schlitz. . . 129
61 Instr.-übersicht: Quadrant mit ungl. St. . 131
62 Illustration der diversen Skalen . . . . . 133
63 Transversalteilungen. . . . . 136
64 Visieren mit dem Quadranten. . . . . 137
65 Winkel nach oben visieren. . . . . 140

66 Winkel nach unten visieren. . . . . 141
67 Nach oben oder nach unten visieren. . . . 143
68 Dezimal- und Sexagesimalskala. . . . . 146
69 Parallelverschiebung von Winkeln. . . . . 149
70 Projektion via Schwerkraft. . . . . 150
71 Erweitern der Neigungsmesserskala. . . . 151
72 Quadrant- und Inklinometerbedienung. . 154
73 Quadrant- und Neigungsskalen. . . . . 155
74 Ermitteln des Sinus. . . . . 157
75 Zusammenhänge im Schattenquadrat. . . 162
76 Sonnenhöhe via LEGO-Stein. . . . . 164
77 Höhe der Cheopspyramide. . . . . 166
78 Verwenden des Schattenquadrats. . . . . 168
79 Visieren mit dem Schattenquadrat. . . . . 169
80 Bestimmen des Tangens. . . . . 171
81 Tangens auf Neigungsskala. . . . . 173
82 Elemente der Steigungsberechnung. . . . 174
83 Steigung in Grad. . . . . 175
84 Steigung in Prozent. . . . . 176
85 Tangens als Prozentwert ablesen. . . . . 183
86 Standardsituation 1. . . . . 185
87 Standardsituation 1: Horiz. Winkel. . . . . 186
88 Standardsituation 1: Sinussatz. . . . . 187
89 Standardsituation 1: Rechte Winkel. . . . 187
90 Standardsituation 1: Tangens, 1. Schritt. . 188
91 Standardsituation 1: Tangens, 2. Schritt. . 189
92 Standardsituation 1: Tangens, 3. Schritt. . 190
93 Standardsituation 1: Vert. Winkel. . . . . 191
94 Standardsituation 2. . . . . 193
95 Standardsituation 2: Winkel. . . . . 194
96 Standardsituation 3. . . . . 195
97 Standardsituation 3: Winkel. . . . . 196
98 Standardsituation 3: Telemeter. . . . . 197
99 Standardsituation 3: Schattenquadrat. . . 198
100 Standardsituation 4. . . . . 199
101 Standardsituation 4: Winkel. . . . . 200
102 Standardsituation 5. . . . . 202
103 Standardsituation 5: Winkel. . . . . 202

104 Standardsituation 6. . . . . 204
105 Standardsituation 6: Variation. . . . . 205
106 Standardsituation 6: Winkel. . . . . 206
107 Standardsituation 7. . . . . 207
108 Standardsituation 7: Winkel. . . . . 207
109 Standardsituation 8. . . . . 208
110 Standardsituation 8: Winkel. . . . . 209
111 Standardsituation 9. . . . . 210
112 Standardsituation 9: Winkel. . . . . 211
113 Die Himmelssphäre. . . . . 218
114 Zenitwinkel und Azimut. . . . . 222
115 Rektaszension. . . . . 223
116 Der Stundenwinkel. . . . . 224
117 Nautisches Dreieck. . . . . 228
118 Himmelssphäre mit Naut. Dreieck. . . . . 230
119 Nautisches Dreieck mit Formeln. . . . . 231
120 Die Ekliptik. . . . . 232
121 Sonnenwenden und Tagundnachtgleichen. 235
122 Erdneigung. . . . . 239
123 Sonnendeklination pro Tag. . . . . 240
124 Instr.-übersicht: Quadrant mit gl. St. . . . 249
125 Stunden- und Kalendereinstellungen. . . 258
126 Konstruktion des Erdachsneigungsbogens. 260
127 Bestimmen des lokalen Breitengrades. . . 270
128 Polarstern und Kreuz des Südens. . . . . 271
129 Sonnenhöhe via Senklot. . . . . 273
130 Sonnenhöhe via Gnomon. . . . . 274
131 Nutzen des Erdachsneigungsbogens. . . . 279
132 Zeitgleichung. . . . . 286
133 Ablesen der ungleichen Stunden. . . . . 290
134 Ablesen der gleichen Stunden. . . . . 291
135 Der Quadrant als Sonnenkompass. . . . . 293
136 Vor- und Nachmittags-Setup. . . . . 295
137 Der Quadrant als Äquatorialsonnenuhr. . 296
138 Zeitmessung mit der Sonnenuhr. . . . . 298
139 Gnomoneinrichtung. . . . . 299
140 Bestimmen der Sonnenstunden. . . . . 301
141 Berechnen von Sonnenlicht über das Jahr. 303

142 Auf- und Untergangsazimute von Sternen. 306
143 Neigung des Sternbilds Orion. . . . . 309
144 Anpeilen eines Sterns. . . . . 310
145 Peilen mit dem Quadranten. . . . . 311
146 Projektion der Position eines Sterns. . . . 312
147 Azimute der Navigationssterne. . . . . 313
148 Kulminationshöhe vom südl. Horizont. . . 316
149 Kulminationshöhe vom nördl. Horizont. . 317
150 Sternzeitrechner. . . . . 323
151 Sinusquadrant aus Papier. . . . . 327
152 Sinusquadrant aus Acryl. . . . . 329
153 Instrumentenübersicht: Sinusquadrant. . 331
154 Einheitskreisdefinitionen. . . . . 333
155 Schnuroperationen. . . . . 338
156 Beispiel Quadrantsymmetrien. . . . . 339
157 Funktionen auf dem Sinusquadranten. . . 342
158 Sinus oder Kosinus. . . . . 343
159 Tangens, dezimales Beispiel. . . . . 346
160 Tangens, genaueres Beispiel. . . . . 347
161 Addition von Sinus und Kosinus. . . . . 351
162 Multiplikation von Sinus und Kosinus. . . 352
163 Verketten von Multiplikationen. . . . . 354
164 Multiplikation von Sinus zu Tangens. . . . 357
165 Division des Sinus. . . . . 358
166 Division von Sinus zu Tangens. . . . . 360
167 Division des Tangens. . . . . 363
168 Quadrieren des Sinus. . . . . 365
169 Verketten von Quadraten. . . . . 366
170 Quadratwurzeln von Sinus und Kosinus. . 368
171 Verketten von Quadratwurzeln. . . . . 370
172 Großkreisberechnung. . . . . 378
173 Örtliche Breite via Sonnenhöhe. . . . . 380
174 Der Tagbogen. . . . . 383
175 Stundenwinkel via Sonnenhöhe. . . . . 386
176 Best. der Sonnenaufgangsrichtung. . . . . 389
177 Stadien der Dämmerung. . . . . 392
178 Sonnenuntergang: Sinusquadrant. . . . . 393
179 Sonnenuntergang: Stundenquadrant. . . . 395

180 Nord und Süd via Sonnenazimut. . . . . 399
181 Der Indische Kreis. . . . . 400
182 Deklination ohne Erdachsneigungsbogen. 401
183 Genauigkeit: Richtigkeit und Präzision. . 409
184 Beispielhafte Messunsicherheit. . . . . 415
185 Kalibrieren der Geräteauflösung. . . . . 416
186 Wndsn fecit. . . . . 420
187 Wndsn-Einlinienschriften. . . . . 421
188 Voyager 'Goldene Schallplatte'. . . . . 422
189 Gravierte Anweisungen. . . . . 423
190 Der "gierige" Algorithmus. . . . . 424
191 Messingpatina. . . . . 431
192 Einheitskreis. . . . . 435
193 Das rechtwinklige Dreieck. . . . . 436
194 Das nichtrechtwinklige Dreieck. . . . . 436
195 Kugeldreieck. . . . . 443
196 Monduhr. . . . . 450
197 Benutzung der Monduhr. . . . . 451

# Tabellen


1 Skalenkonfiguration. . . . . 39
2 Einheitsloses Beispiel. . . . . 50
3 Max. Winkelabdeckung. . . . . 53
4 Dauer des Monduntergangs. . . . . 94
5 Sexagesimalbrüche. . . . . 145
6 Dezimal- vs. Sexagesimalskala. . . . . 146
7 Koordinatensysteme im Vergleich. . . . . 220
8 Sonnendeklination via Länge. . . . . 241
9 Sonnendeklination pro Monat. . . . . 261
10 Zeitgleichung. . . . . 287
11 Sichtbarkeit von Sternen. . . . . 308
12 Die Vorzeichen in den Quadranten. . . . . 339
13 Präzision der Skalen. . . . . 412
14 Unsicherheitsspanne. . . . . 413
15 Beispielhafte Messunsicherheit. . . . . 414
16 Beispielhafte Geräteauflösung. . . . . 417
17 Beziehungen für $\alpha$ und für $\beta$. . . . . 437
18 Allgemeine Winkel. . . . . 439
19 Heuristiken für die Mondbeobachtung. . . 453
20 Multiplikatoren für einen Winkel. . . . . 457
21 Radiant in Grad in MIL in MOA. . . . . 462
22 MIL mit dem Telemeter. . . . . 464
23 Steigung in Prozent, Grad, und als Bruch. 467
24 Steigung in Grad und Prozent. . . . . 470
25 24 × 24 Schattenquadrat. . . . . 471
26 20 × 20 Schattenquadrat. . . . . 473
27 Sonnendeklination pro Tag (Jan-Jun). . . 475

28 Sonnendeklination pro Tag (Jul-Dez). . . . 476
29 Dog-Tag-Telemeter Steigungswerte. . . . . 478
30 Umrechnungen von Längenmaßen. . . . . 479
31 Navigationssterne (Epoche 2020.0). . . . . 480

# Formeln


1 Entfernung via Winkel . . . . . 43
2 MKS-Formel . . . . . 80
3 Entfernung über Umbra Recta . . . . . 160
4 Höhe über Umbra Versa . . . . . 160
5 Schattenlänge via Sonnenhöhe . . . . . 163
6 Sonnenhöhe via Schattenlänge . . . . . 163
7 Stundenwinkel via Sonnenazimut . . . . . 231
8 Deklination via Sonnenazimut . . . . . 231
9 Sonnenazimut via Stundenwinkel . . . . . 232
10 Sonnenhöhe via Stundenwinkel . . . . . 232
11 Obliquität der Ekliptik . . . . . 239
12 Sonnendeklination . . . . . 240
13 Deklination für einen bestimmten Tag . . 241
14 Zeit via Sonnenhöhe . . . . . 254
15 Erdachsneigungsbogen . . . . . 259
16 Sonnendeklination via Sonnenhöhe . . . . 275
17 Sonnenhöhe am Mittag . . . . . 276
18 Sonnenzenitwinkel . . . . . 277
19 Zeitgleichung . . . . . 286
20 Längengrad via GMT . . . . . 291
21 Auf- und Untergangsazimut von Sternen 312
22 Exakte Großkreisrichtung . . . . . 376
23 Ungefähre Großkreisrichtung . . . . . 377
24 Breitengrad via Sonnenhöhe . . . . . 379
25 Sonnenaufgangsstundenwinkel . . . . . 382
26 Stundenwinkel via Sonnenhöhe . . . . . 385
27 Stundenwinkel via Sonnenazimut . . . . . 388

28 Sonnenhöhe via Stundenwinkel . . . . . 388
29 Sonnenaufgangsazimut . . . . . 388
30 Sonnenaufgangsrichtung . . . . . 388
31 Atmosphärische Refraktion . . . . . 391
32 Sonnenazimut für eine gegebene Stunde . 397
33 Sonnenazimut via Stundenwinkel . . . . . 397
34 Sonnenazimut via Sonnenhöhe . . . . . 398
35 Höhe des Himmelskörpers . . . . . 402
36 Azimut des Himmelskörpers . . . . . 402
37 Messunsicherheit . . . . . 406
38 Gerätegenauigkeit . . . . . 411
39 Trigonometrische Verhältnisse . . . . . 434
40 Definitionen im Einheitskreis . . . . . 434
41 Sinussatz . . . . . 438
42 Kosinussatz . . . . . 439
43 Verhältnisse im rechtw. Kugeldreieck . . . 444
44 Sphärischer Sinussatz . . . . . 445
45 Seitenkosinussatz . . . . . 445
46 Winkelkosinussatz . . . . . 446
47 Sinus-Kosinussatz . . . . . 446
48 Haversinussatz . . . . . 446
49 Steigung in Grad . . . . . 467
50 Steigung in Prozent . . . . . 470