

## Stichwortverzeichnis

Dieser Index ist etwas unkonventionell organisiert. Es wird oft nötig sein, unter jedem der substantivischen oder adjektivischen Teile eines zusammengesetzten Begriffes nachzusehen, um ihn zu lokalisieren.

Zum Beispiel ist ‚Lichtgeschwindigkeit‘ unter ‚Licht‘ zu finden, wogegen ‚Schallgeschwindigkeit‘ unter ‚Geschwindigkeit‘ zu finden ist. Dort tritt der Begriff zusammen mit anderen Begriffen auf, die das Wort ‚Geschwindigkeit‘ enthalten.

Spezielle Lösungen können unter ihrem Namen stehen, unter ‚Linielement‘, ‚Penrose-Diagramm‘, ‚Raumzeit‘, oder ‚Raumzeit-Diagramm‘, abhängig von ihrem Gebrauch im Text.

Einige allgemein gebräuchliche Begriffe, wie z. B. ‚Beobachter‘, werden nur bei ihrem erstmaligen Auftreten zitiert, wogegen andere, wie z. B. ‚Spezielle Relativitätstheorie‘, eine sehr ausführliche Liste von Verweisen besitzen.

- a**
- Aberration 61
  - Ableitung 69, 107, 109, 124, 126, 138, 142, 145, 167, 176, 193, 198, 212, 215 f., 218, 220, 222 f., 238, 240, 247, 251, 255, 257, 271, 283 f., 288, 315, 317, 350, 355, 374, 378, 402, 406, 430, 432, 465, 499
  - absolute 110, 201, 425, 436
  - gewöhnliche 101, 105, 126, 211, 213, 233, 264
  - kovariante 102, 107–110, 113, 116, 125, 131, 136, 140, 200, 207, 211, 213, 215, 217, 219, 221, 233, 257, 264, 435, 477
  - einer skalaren Dichte 151
  - einer Tensordichte 135
  - eines skalaren Feldes 109
  - eines Tensors 109, 201
  - Lie- 102, 105 ff., 110, 149, 200
  - partielle 5, 14, 89, 97, 101, 110, 113, 125, 131, 145, 200, 207, 211, 215, 217
  - Ablenkungswinkel 289
  - absolute
    - Größe 54, 62, 173
    - Zeit 24, 35, 38, 267
  - absoluter Raum 177 ff., 181
  - Abstand 25, 38, 40 f., 45, 57 f., 67, 120, 123, 147, 155, 181, 183, 247, 266, 268, 277, 280, 282, 292, 295, 297, 302, 324, 355, 438, 450, 470 f., 497
  - absoluter 470
  - geodätischer 502
  - Achse *siehe* Symmetrie
  - Additionstheorem für
    - Geschwindigkeiten 30, 40, 71
  - affine
    - Länge 112
    - Mannigfaltigkeit 109, 115 f.
    - Transformation 112
  - affiner
    - Parameter 112, 123, 131, 147, 161, 164, 166, 172, 288, 315, 332, 335, 374 f., 390, 426 f., 436, 440
    - Zusammenhang (Affinität) *siehe* Zusammenhang
  - algebraisch
    - allgemein 434, 439
    - speziell 435 f., 439
  - Algorithmus 257
  - Allgemeine Relativitätstheorie 3–13, 54, 68, 77, 84, 170, 175, 182, 186, 189, 196, 206, 208, 213, 221, 225, 228, 234, 248,

250, 255, 257, 279, 283, 287, 292, 296,  
298, 323, 326, 330, 363, 374, 385, 395,  
408, 423, 445 f., 455, 465, 467, 489,  
491, 498 f., 517  
alternative Theorien 181, 259, 279, 299,  
330  
Ampèresches Gesetz 230  
Amplitude 407, 414 ff.  
analytische Erweiterung 319, 335  
maximale 335, 356 f., 379  
analytische Lösung 255  
Anderson 176  
Anfangsdaten 251–254, 412 f., 415, 432  
Anfangswertproblem 251, 424, 430  
charakteristisches 412 f., 428  
anisotropes Modell 453 f.  
Ansatz 231, 269, 360, 400, 402, 407, 418  
anthropisches Prinzip 513  
schwaches 513  
starkes 514 f.  
Antiteilchen 388  
Äquatorebene 269, 284, 296, 302, 306,  
320, 333, 338, 371, 378 f., 381, 422  
Äquivalenzproblem 257  
Asymptote 289, 337  
asymptotisch flach 248, 274 f., 316, 337,  
339, 345, 349 ff., 353, 357 f., 370, 373,  
380 f., 383 f., 390, 395, 426  
asymptotische Analyse 431  
Äther 20, 48  
Atlas 85  
Atomsystem 293  
axialsymmetrisches *siehe* Symmetrie  
Aufspaltungstheorem 436  
axiomatische Formulierung der  
Allgemeinen Relativitätstheorie 250  
Speziellen Relativitätstheorie 162  
Azimutspiegelungs-Invarianz *siehe*  
Symmetrie

**b**

Baade 492  
Bahn 26, 160, 164, 250, 284, 286 f., 305,  
417  
-Gleichung 281, 299  
Keplersche 26  
Basis 39, 96, 204  
duale 203  
Bedingung der Energiedominanz 237,  
245, 331, 386, 465  
Belinski 453  
Beobachter 21  
inertialer 25  
mitbewegter 23

nicht-inertialer 190  
Berkeley 178  
Beschleunigung 35, 49, 54, 57, 62, 66,  
176 f., 179, 183, 186 f., 189, 193, 298,  
414  
absolute 178  
gleichförmige 55, 57, 63, 193  
in der Speziellen  
Relativitätstheorie 54 f.  
Bessel 298  
Bewegung 20 f., 25, 27, 35, 37, 48, 50,  
55 f., 58, 62, 65, 70, 79, 178 f., 181 f.,  
186  
beschränkte 355  
unbeschränkte 355  
Bezugssystem 23, 25, 176, 186, 241  
nicht-inertiales 176 f., 189 f., 241  
Bianchi-Identitäten 127, 246, 250, 396,  
418  
kontrahierte 128, 207, 213, 216, 218,  
254, 271, 277, 429, 440, 466  
Bianchi-Modell 454  
Bicharakteristik 423  
Binär-  
Pulsar 279, 301, 414, 417  
Stern 329, 414  
Binetsche Gleichung 281, 285, 305  
Birkhoff'sches Theorem 273, 351, 421  
BKL-Zugang 453  
Blauverschiebung 29, 469  
Bondi 6, 176, 422, 429 f., 435 f., 496, 499  
Bondi-Metzner-Sachs-Gruppe 431  
Boost 36, 39, 46, 53, 159, 243, *siehe auch*  
spezielle Lorentztransformation  
Braginski 299  
Brans 299  
Brans-Dicke-Theorie 181, 280, 299  
Burbidge 492

**c**

Cartan 257  
Cauchy-Problem 251, 256, 424, 428  
charakteristische Gleichung 237  
Charlier 454  
Choquet-Bruhat 255  
Christoffelsymbole  
erster Art 122  
zweiter Art 122  
CLASSI 257  
Computer-  
Algebra 257  
Datenbank 258  
Corioliskraft 177  
Cygnus X-1 300, 328

**d**

d'Alembert-Operator 232, 396  
 de Sitter 249, 489  
 -Modell 483 f., 487, 498  
 konforme Raumzeit 507  
 Debever 435  
 Dichte 225  
 kritische 492  
 mittlere 475  
 Ruhe- 225  
 Dicke 299  
 Differentialidentitäten 127, 214  
 differentielle Bindungsgleichungen 212,  
 218, 223, 246  
 dimensionsloser Parameter 238, 395  
 Dingle 35  
 Dingle-Metrik 332  
 Dipol-Aspekt 433  
 Diracsche Deltafunktion 408 f., 412  
 Diskriminante 351  
 Divergenz 218, 224  
 -Theorem 141, 151, 213, 217  
 gewöhnliche 136  
 kovariante 136  
 Dopplerverschiebung 469, 471 f., 497  
 radiale 60  
 speziell-relativistische 60  
 transversale 60  
 Drehimpuls 280, 371, 383, 387  
 -Tensor 170  
 Drehwaage 298  
 dreidimensionales Volumen 465  
 Dreier-  
 Geschwindigkeit 164, 167  
 Impuls 168  
 Drill 438  
 Druck 228  
 dynamische Variablen 142, 144 f., 214,  
 216, 219 f., 223

**e**

Eötvös 298  
 -Verhältnis 299  
 ebene Symmetrie *siehe* Symmetrie  
 Eddington 6, 224, 290, 490  
 Eddington-Lemaître-Modell 486, 490  
 Eich-  
 Bedingung 232, 246  
 Faktor, 53  
 Freiheit 232, 401, 403  
 Invariante 397  
 Transformation 232, 243, 397 f.  
 Eichung 398, 423  
 de Donder- 398

Einstein- 398, 402, 418  
 Fock- 398  
 Hilbert- 398  
 Lorentz- 233  
 Eigenrichtung 476  
 Eigenvektor 237, 434  
 Eigenwert 237, 434  
 Eimer-Experiment *siehe* Experiment  
 Einbettungsdiagramm 302  
 eindeutige Lösung 255, 412  
 Eindeutigkeit 255  
 Einheiten 73, 184, 306  
 cgs- 493  
 Heaviside-Lorentz 230  
 MKS- 67  
 nichtrelativistische 43, 46, 71, 162, 194,  
 208, 238, 274, 285 f., 290, 294, 495,  
 519  
 relativistische 26, 37, 47, 51, 162, 167 f.,  
 208, 235, 241, 245, 316, 326, 418, 465  
 Einkörperproblem 282 f., 305  
 Einselement 159  
 Einstein 4, 14 f., 19, 21, 25 f., 32, 75, 175,  
 181, 187, 190, 206, 247 f., 256, 290,  
 395, 446, 488, 492, 514  
 -Summationskonvention 89  
 -Tensor 128, 206, 216, 254 f., 271, 397,  
 409, 419, 477  
 statisches Universum 343, 486, 490,  
 506  
 Einstein-de-Sitter-Modell 481 f., 484,  
 493 f., 500, 518  
 Einstein-Rosen-Brücke 338 f.  
 elektrisches Feld 230, 350  
 Elektrodynamik 10, 236, 397  
 elektromagnetische  
 Strahlung 75, 291  
 Welle 405, 408, 413  
 elektromagnetischer  
 Feldstärke-tensor 230  
 Elektromagnetismus 5, 20, 175, 405, 408,  
 431, 438  
 Ellipse 26, 282, 286, 305, 314, 404  
 Ellis 7, 237, 515, 517  
 Empfindlichkeit 414, 416 f.  
 Energie 10, 69, 72–76, 79, 168, 170, 186,  
 207, 237, 246, 250, 292, 383, 414, 417,  
 471  
 -Dichte 236 f., 245, 386, 416, 466, 500,  
 511  
 relativistische 227  
 -Transfer 421  
 kinetische 72, 165, 326, 449  
 potentielle 165, 326, 449, 476

- relativistische 72
  - Entropie 387, 515
  - Epoche 181, 479, 495, 513
  - Ereignis 21, 25–28, 31 f., 36, 38, 47, 49, 52 f., 66, 155, 161, 163, 256, 266 ff., 280, 446, 456, 472, 484, 500
    - Diagramm 40
    - Horizont 56, 321 f., 330 f., 337, 354, 358, 371 f., 379 f., 382, 384, 387, 391, 500, 515
    - zukünftiger 503 f.
  - Ergosphäre 373, 378, 383
  - Erhaltung
    - der kinetischen Energie 72
    - der relativistischen Masse 72
    - des Impulses 68 f.
    - des Viererimpulses 169
    - Drehimpuls- 281, 284
    - Energie- 72, 227, 236, 293, 326, 466, 496
    - Energie-Impuls- 228 f.
    - Impuls- 73, 228
    - Massen- 467
    - Materie- 227, 497, 499
  - Erhaltungsgesetz 74
  - gleichungen 207, 229, 236, 243, 250 f., 259, 466
  - erste Fundamentalform 120
  - euklidischer Raum 38, 84 ff., 97, 99, 148, 155, 197, 275, 302, 461, 471, 476, 508
  - Euler-Lagrange-
    - Ableitung 144, 212
    - Gleichungen 122, 142, 144 ff., 151, 166 f., 172, 216, 219, 283, 305, 315, 374
  - Everett 513
  - Existenz 255
  - Expansion 438, 441
    - (des Universums) 249, 450 f., 456, 466, 473, 484, 489, 495, 497, 499, 510
  - Experiment 20
    - Eötvös- 298 f., 301
    - Eimer- 177, 179
    - Fahrstuhl- 187, 194 f., 197
    - Fizeausches 30
    - Gedanken- 19, 21, 32, 177, 187, 196, 292
    - Hughes-Drever- 180, 300
    - Michelson-Morley- 20, 32, 48
    - Mondlandungs- 183 f.
    - Pisa- 183 f., 186
    - Pound-Rebka- 295, 300
  - extrem relativistische Bedingung 495
  - Exzentrizität 282, 287
- f**
- Faradaysches Gesetz 230
  - Feld 69, *siehe auch* Gravitation
    - elektromagnetisches 225, 229, 234, 236
    - elektrostatistisches 350
    - Trägheits- 196, 206
  - Feldgleichung 4
    - Bindungs- 86, 99, 213, 218, 224, 254, 259, 429
    - dynamische 254, 429
    - Einstein-Maxwell- 235, 245, 349, 351, 360
    - Einsteinsche 84, 228, 256, 258, 339, 415, 423
    - Evolutions- 254, 424
    - Haupt- 254, 429 f., 441
    - Hyperflächen- 430
    - innere 230 f., 233 f., 243
    - Laplace- 199, 209
    - Maxwellsche 5, 225, 229, 236, 243
    - Navier-Stokes- 5, 228 f.
    - Palatini- 211, 217, 220
    - Poisson- 68, 208, 241, 418
    - Quellen- 229, 233, 235
    - Steady-State- 499
    - Symmetriebedingungen- 429
    - triviale 429
    - Vakuum- 205 ff., 216, 218, 220 f., 246, 248, 252, 254, 261, 272, 274, 309, 363, 399 ff., 407, 418, 421, 424, 429
    - volle 207 f., 221, 234 f., 241 f., 245, 249, 259, 399
    - Zusatzbedingungen 429
  - Fitzgerald 20, 48
  - Fixsterne 179
  - Fläche unendlicher Rotverschiebung 311, 360, 371, 379, 391
  - Flächeninhalt 310
  - flacher Raum 155, 171, 249, 259, 296 f., 301, 316, 343, 369, 479
  - Flachheitsproblem 511
  - Fluchtgeschwindigkeit 448, 450, 470, 473, 502
  - Fock 176, 250
  - Fowler 492
  - Freiheitsgrade 86, 253, 433
    - Strahlungs- 395
  - Frequenz 75 f., 79, 294, 415 f., 469
    - Verschiebung 63, 294
  - Friedmann-
    - Modell 445 f., 453, 484 f., 515
    - Singularität 385

- Friedmannsche Gleichung 445, 451, 465,  
467, 474, 479, 482, 518  
FRW-Modelle 467  
Funktional 142, 145, 212, 214 f., 219  
-Ableitung 144
- g**  
Galilei 183 f.  
Galileitransformation 23 f., 37, 40, 46  
Gammastrahlen 295  
Gaußscher Satz 230  
Gaußsches Theorem 141  
Gegenwirkung 66  
geladener Massenpunkt 349  
Generizitätsbedingung 386  
Geodäte 112  
  affine 110, 113, 123  
  metrische 121, 123, 145  
  Null- 123, 129, 132, 146, 160 f., 163 f.,  
  288, 332, 340, 343, 345, 376, 381,  
  412, 424 f., 436, 441, 501  
  radiale Null- 315 f., 319 f., 333, 337,  
  345, 353, 360, 374, 467  
  radiale zeitartige 317, 335, 337, 361  
  raumartige 123, 147, 151, 160, 163, 343  
  zeitartige 160, 163, 172, 199, 206, 209,  
  238, 283, 343, 381, 386, 455, 499,  
  503, 508  
geodätisch vollständig 335, 386  
geodätische  
  Bewegung 240, 250 f., 301  
  Koordinaten 114 f., 127, 133, 211  
  Struktur 250, 439  
Geschichte 21, 503  
geschlossen  
  eingefangene Fläche 347 f., 358, 380,  
  385  
  zeitartige Kurve 380 f., 386  
Geschwindigkeit 20  
  Licht- *siehe* Licht  
  Schall- 237  
Gewicht 301  
Gezeitenkraft 326, 328, 437  
Gleichung 3, *siehe* Feldgleichungen  
  Bewegungs- 10, 62, 165, 172, 193, 198,  
  236, 243, 250, 281, 283, 465  
  der geodätischen Abweichung 12, 197,  
  199, 201 f., 205, 207, 209, 327, 333,  
  406, 414, 419  
  Geodäten- 112, 119, 122, 132, 147, 151,  
  167, 194, 206, 240, 355, 390, 438, 441  
  Kontinuitäts- 227, 229 f., 243  
  Newtonsche Deviations- 197, 199  
  Zustands- 229, 329, 413, 495
- Gleichzeitigkeit 21, 32, 38, 48, 194, 456  
  Linien der 52, 57  
globale Struktur 379, 439  
Gold 496  
Goldenberg 299  
GR-Konferenzen 9  
Gravitations-  
  Feld 20, 182 f., 185 ff., 192, 194 ff., 206,  
  221, 238, 240, 246 f., 250, 257, 279,  
  283, 287, 289, 292, 295, 297, 302 f.,  
  325, 328, 330 f., 371, 387, 389, 395,  
  400, 414, 421, 426, 434 f., 495  
  Kollaps 10, 323 f., 331, 347, 384 f., 388  
  Linse 292, 301  
  Potential 68, 181, 183, 185, 189, 240  
  Schockwelle 409  
  Stoßwelle 408  
  Stoßwelle 409  
  Stufenwelle 412  
Gravitationsstrahlung 13, 279, 363, 395,  
  400, 414, 417, 422, 424, 427  
  gepulste 414  
  periodische 414  
  stochastische 414  
Gravitationswellen 4, 10, 12, 15, 273 f.,  
  279, 304, 386, 395, 399, 406, 408,  
  412–417, 421, 435, 516  
-Astronomie 3, 417  
Brinkmann-Form 407, 409, 419  
ebenfrontige (linearisierte) 399, 401  
ebenfrontige (strenge) 406, 421  
kollidierende ebenfrontige 386, 410  
longitudinale 437  
Penrose-Khan-Form 410  
rein transversale 436  
retardierte 436  
Rosen-Form 410, 419  
Sandwich- 409 f., 413  
transversale 395, 404 f., 436  
vom Coulomb-Typ 438  
gravitative Beschleunigung 299  
Graviton 31  
Grenzfall schwacher Felder 192, 240, 274,  
  278, 294, 371  
Grenzfläche der Stationarität 373, 383,  
  390  
große Vereinheitlichung *siehe* GUT  
Grommer 250  
Gruppe 47, 159, 171, 431  
  abelsche (kommutative) 40  
  Dreh- 159  
Gummimattengeometrie 301, 304  
GUT 510

**h**

Halbparameter 282  
 Hamiltonfunktion 166, 168, 172  
 Haupt-  
   Achse 237, 404, 437  
   Nullrichtung 436  
   Spannung 237, 386  
 Hawking 7, 237, 330, 385, 387, 515  
   -Effekt 388  
   -Strahlung 388  
 Heavysidesche Stufenfunktion 408  
 heißer Urknall *siehe* Urknall  
 Helligkeit 471  
   absolute 471  
   scheinbare 471, 474  
 Helligkeitsabstand 471 f., 498, 501  
   Parameter des 427  
 Hierarchiemodell 454  
 Hilbert 249  
 Hill 300  
 homogener Raum 452, 454, 467  
 Horizont *siehe* Ereignis  
 Horizontproblem 311  
 Hoyle 492, 496, 499  
 Hubble 474  
   -Konstante 450, 453, 473, 489, 492  
   -Parameter 450, 473, 475, 481, 483, 497, 511  
 Hubblesches Gesetz 450, 453, 467, 470, 472, 476 f., 498, 500  
 Hydrodynamik 5, 227, 230  
 Hyperbel 337  
 hyperbolische Bewegung 56, 322  
 Hyperfläche 86, 99, 140, 253, 256, 262 f., 267, 273, 311, 337, 372, 374, 378, 409, 412, 423, 428, 456, 461, 464 f., 476, 501, 519  
   charakteristische 424  
   Null- 311, 412, 424  
   raumartige 251, 309, 386, 428, 452, 456

**i**

ideale Flüssigkeit 225, 228 f., 237, 243, 259, 311, 413, 455, 465  
 ideales Gas 452  
 Identifikation 465  
 Identität 47  
 Ikarus 287  
 Impulsdichte 236  
 Index 89  
   freier 89  
   stummer 89  
   wiederholter 89  
 indexfrei 83

Inertialsystem 23, 35, 39, 55, 62 f., 74, 159 f., 176, 179 f., 187, 189, 193, 305  
 Infeld 250  
 Inflation 510, 515  
 inhomogenes Modell 453  
 inkohärente Materie *siehe* Staub  
 innere Schwarzschild-Lösung 547  
 Integration 140  
   partielle 143  
 Integrationschema 430  
 integrierender Faktor 270  
 Intensität 25, 324, 447, 471 f.  
 Interferenz 75  
 Intervall 38  
 Invariante 54, 74, 91, 125, 172, 257, 311, 352, 371, 411  
 inverses Element 47, 118, 136, 159, 203, 209, 363  
 isolierte Quelle 247, 371, 408, 421 f., 435  
 isoliertes  
   strahlendes System 431, 436, 439  
   System 169  
 Isometrie 148 ff., 158, 160  
 isotroper Raum 43, 453  
   global 453

**j**

Jacobi-  
   Determinante 88, 135, 150  
   Identität 98, 152  
 Janis 363  
 Jupiter 287

**k**

Körperkraft 228  
 k-Kalkül 5 f.  
 kanonische Form 257, 268, 271, 349, 403, 418, 440  
 Karlhede 257  
   -Klassifikation 257, 435  
 Kasner-Lösung 454  
 kausal verbunden 512  
 kausale Struktur 10, 340, 439  
 Kausalität 33, 163, 331, 380 f., 386, 512  
 kaustische Zweifläche 412  
 Kegelschnitt 282, 285  
 Keller 11  
 Keplerproblem 280, 282  
 Keplersche Gesetze 305  
 Kerr 367, 435  
 Kerr-Lösung 330 f., 349, 363, 365, 370, 374, 377, 384, 390  
   (avancierte) Eddington-Finkelstein-Form 378

- (avancierte) Eddington-Finkelstein-Form 366 f., 377
- Boyer-Lindquist-Form 367, 369, 372, 374, 377, 380, 390
- Kerr-Form 368 ff.
- Kerr-Newman-Lösung 363, 384, 391
- $k$ -Faktor 26 – 31, 60
- Khalatnikow 453
- Khan 410
- Killingvektor 148
- $k$ -Kalkül 35
- klassische Tests 13, 279, 292, 296, 298
- Kollaps *siehe* Gravitation der Welt *siehe* Weltsturz
- Kommutator 97
- Konfigurationsraum 165
- konform
  - flach 129, 133, 336, 434, 459
  - invariant 129
- konforme
  - Kompaktifizierung 335, 339, 343 f.
  - Struktur 10, 379, 505 f., 509
- konformer
  - Faktor 340, 342
  - Tensor 128
- Kongruenz
  - Hauptnull- 374, 376
  - Null- 375 f., 390
  - Nullgeodäten- 376
  - radiale Null- 316
  - scherungsfreie Nullgeodäten- 439
  - Schwarzschildsche 316, 376
  - von Kurven 103
  - zeitartige Geodäten- 199
- kontinuierliche Materieerzeugung 497
- Konvektionsstrom 230
- Koordinate
  - avancierte Zeit- 320
  - axiale 269
  - azimutale 269
  - doppelte Null- 336
  - imaginäre Zeit- 45
  - Null- 320
  - radiale 270
  - raumartige 267
  - retardierte Zeit- 322
  - Zeit- 27
  - zeitartige 262
- Koordinaten
  - Bedingungen 246
  - Differential 141
  - Hyperfläche 309
  - Kurve 133
  - Umgebung 85
  - angepaßte 189
  - Bondi- 426
  - ebene Polar- 85
  - Eddington-Finkelstein- 319
  - entartete 85
  - Gaußsche 246
  - isotrope 275
  - kanonische 163
  - kartesische 22
  - komplexe 366
  - Minkowski- 132
  - mitbewegte 499
  - nichtausgeartete 84
  - sphärische Polar- 156
  - Strahlungs- 426
  - Zylinder- 462
- koordinatenfrei 83
- Koordinatentransformation 86
  - aktive 102
  - diskrete 148
  - infinitesimale 149
  - inverse 88
  - kontinuierliche 148
  - passive 87
- kopernikanisches Prinzip 452
- Kopplungskonstante 208
- Korrespondenzprinzip *siehe* Prinzip
- kosmische
  - Abstoßung 250, 451, 486, 489 ff.
  - Anziehung 250, 451
  - Mikrowellen-(Hintergrund-)Strahlung 10, 300, 500
  - Strahlung 50, 453
  - Zeit 452, 456, 462, 469
  - Zensur-Hypothese 382
- Kosmologie 56, 248 f., 445, *siehe auch* relativistische Kosmologie
- kosmologische
  - Übereinstimmungen 495
  - Differentialgleichung 451
  - Konstante 248, 482, 489
  - Kraft 449, 484
- kosmologischer
  - Term 248 f., 446, 451, 499
- kosmologisches
  - Prinzip 446, 449 f., 452, 465, 491, 497, 499
- kovariante Formulierung der Maxwellschen Gleichungen 231, 233 relativistischen Mechanik 168
- Krümmung
  - konstante 458, 476
  - skalare 127, *siehe auch* Ricci-Skalar

- Krümmungstensor 113–116, 118, 120,  
152, 156, 171, 191, 194, 197, 205, 207,  
211, 248, 257, 311, 396 f., 400 f., 409,  
411 f., 418, 433, 435 f., 476
- Kraft 55  
fundamentale 510  
Gravitations- 187, 328  
innere 65  
Trägheits (Inertial)- 177, 179 f., 189, 206
- kritischer Wert 486
- Kronecker-Delta 89  
verallgemeinertes 136
- Kruskal 335 f.  
-Lösung 335 ff., 339, 345, 356
- Kugelsymmetrie *siehe* Symmetrie
- Kurve 86  
Null- 133, 160  
zeitartige 160
- l**
- Länge  
affine 112  
Eigen- 48  
Ruhe- 48
- Längen-  
Kontraktion 47  
Skalen 52
- Ladung 330, 350, 358, 384, 387, 495
- Ladungsdichte 230
- Lagrange(dichte)funktion 10, 142, 145, 165  
Einsteinsche 215
- Lamb-Shift 389
- Laplace 326  
-Operator 68
- Laserinterferometer 416
- Laufzeit- 296  
Verzögerung 279, 296 ff., 300
- Leibnizregel 106
- Lemaître 490  
-Modell 486, 491
- Lense 371
- Levi-Civitas alternierendes Symbol 136
- Lichnerowicz 254  
-Bedingungen 247
- Licht- 20  
Ablenkung 194, 279, 287  
Ausbreitung 467  
Blitz 26  
Geschwindigkeit 25  
Kegel 33, 158, *siehe* Nullkegel  
Signal 27  
Strahl *siehe auch* Nullstrahl 31, *siehe auch* Nullstrahl
- Lie-  
Ableitung *siehe* Ableitung  
Klammer 97
- Lieber 14, 515
- Lifschitz 228, 453
- linearisierte  
Gleichungen 395, 397, 399  
Näherung 407, 423  
Theorie 421, 436
- Linearität 408, 453
- Linielement 120  
(dreidimensional) euklidisches 132  
(vierdimensional) sphärisch  
symmetrisches 270  
Bondisches Strahlungs- 428  
Boyer-Lindquist- 367  
de-Sitter- 488  
der relativistischen Kosmologie 459 f.  
der Sphäre 132  
der Steady-State-Theorie 498  
des Einsteinschen statischen  
Universums 342  
Minkowski- 132, 155  
Robertson-Walker- 460  
Rosen- 408  
Schwarzschild- 272  
zylindersymmetrisches 132
- Lochproblem 256
- lokaler Lichtkegel 316
- Lorentz-  
Gruppe 159 f.  
Kontraktion 226  
kovariante Theorie 231, 395
- Lorentztransformation 21, 43, 47, 49 ff.,  
53, 74, 159, 161, 170 f., 231  
diskrete 159  
eigentliche 159  
ohne relative Drehung 61  
orientierungserhaltende 159  
orthochrone 159  
spezielle 35–38, 47, 61, 155, 172, *siehe auch* Boost  
uneigentliche 159  
volle 39  
zeitorientierungserhaltende 159
- m**
- Mach 178–182, 208
- Machsches Prinzip *siehe* Prinzip
- MACSYMA 257
- magnetische Induktion 230
- magnetischer Monopol 230
- Mannigfaltigkeit 10, 84  
(affin) flache 115, 118, 120

- affine 109
- einfach zusammenhängende 118
- geodätisch vollständige 335
- maximale 335
- Minkowskische 157
- nackte 256
- Riemannsche 120, 130, 137, 148, 165
- vierdimensionale 141, 155, 163
- MAPLE 257
- Masse 31, 66, 183
  - aktive schwere 182 f.
  - Bondi- 433
  - geometrische 274 f., 351, 369, 373
  - negative 381
  - passive schwere 182 f., 185
  - reduzierte 283
  - relativistische 69, 72, 76, 168
  - Ruhe- 31, 70
  - träge 182, 185
- Massen-
  - Aspekt 433
  - Verlust 422, 431, 433
- Materiefeld 225, 236 f.
- Maxwell 20
  - Tensor 231
- Maxwellscher
  - Energie-Impuls-Tensor 234 f., 259, 349
  - Verschiebungsstrom 230
- Mechanik
  - klassische 164
  - Newtonsche 66
  - relativistische 69
- Merkur 279, 285, 287, 297, 299
- Metrik 102, 120, *siehe auch* Linienelement
  - Form 120
  - Potential 189
  - Bondische Strahlungs- 428
  - Determinante der 121, 137
  - diagonale 125
  - euklidische 197
  - flache 125, 155
  - forminvariante 149
  - gekrümmte (nicht-flache) 189
  - indefinite 120, 147
  - invariante 149
  - inverse 121
  - konform äquivalente 129
  - konform flache 130
  - kontravariante 121
  - Minkowski- 58, 156
  - negativ definite 120
  - nicht-singuläre 121
  - physikalische 340
  - positiv definite 120
  - Rang der 311
  - Signatur der 125
  - Tetraden- 203
  - unphysikalische 340
- Milne 6
- Minkowski 38
  - Koordinaten *siehe* Koordinaten
  - Linienelement *siehe* Linienelement
  - Metrik *siehe* Metrik
  - Raumzeit *siehe* Raumzeit
- Modellbildung 19, 191
- Mößbauer-Effekt 60, 295
- Multipolmoment 371, 421
- n**
- Näherung kleiner
  - Geschwindigkeiten 238
- Neutronenstern 322, 329, 414
- Newman 363, 427
  - Janis-Trick 363, 383, 391
- Newsfunction 431, 433, 439
- Newton 5, 35, 178 f., 282
- Newtonsche
  - Gravitation 68, 189, 303, 325
  - Konstante 67, 299
  - Kosmologie 449, 479
  - Näherung 72 f., 78
  - Theorie 20
- Newtonscher Grenzfall 225, 238, 247, 274
- Newtonsches Gesetz 23 f., 65 ff., 78, 166, 176 f., 182, 185, 278, 280, 282
  - vierdimensionales 169, 172
- nicht-inertiales Bezugssystem *siehe* Bezugssystem
- Nichtlinearität 246, 408, 421, 423
- No-Hair-Theorem 387
- Normalform 254
- Normierungsbedingungen 254 f.
- Nukleosynthese 491 f.
- Null-
  - Kegel 34, 158, 160, *siehe auch* Lichtkegel
  - Strahl 427, 436, 440, *siehe auch* Lichtstrahl
  - Tetrade 365
- numerische Relativitätstheorie 415
- o**
- Oberflächengravitation 387
- Olbers 447
- Olberssches Paradoxon 447, 476
- Operator 95 f., 100
- optische Skalare 438
- Orientierung 159, 282, 352, 438

- Ort 21  
 absoluter 25  
 relativer 25  
 Orthonormalitätsrelationen 363  
 oszillierendes Modell 484, 493 f., 507, 518
- p**  
 Palatini-Zugang 220 f.  
 Paralleltransport 116  
 Pendel 179  
 Penrose 330 f., 382 f., 385, 410, 427, 434, 513, 516  
 -Diagramm 340, 344  
 -Diagramm von  
 -Kerr ( $a^2 < m^2$ ) 379  
 -Kerr ( $a^2 = m^2$ ) 380  
 -Kruskal 345  
 -Minkowski 344  
 -Reissner-Nordström ( $\epsilon^2 < m^2$ ) 357  
 -Reissner-Nordström ( $\epsilon^2 = m^2$ ) 358  
 -Reissner-Nordström ( $\epsilon^2 > m^2$ ) 359  
 -Robertson-Walker 507  
 -Steady-State 510  
 -de Sitter 510  
 -dem kugelsymmetrischen  
 Gravitationskollaps 347  
 Penzias 453  
 perfektes kosmologisches Prinzip 446, 497, 499  
 Perihel 282  
 -Drehung 279, 286, 298  
 perpetuum mobile 292 f.  
 Petrow 434  
 -Klassifikation 434, 439  
 photoelektrischer Effekt 75  
 Photon 31, 75 f., 163, 250, 303, 320, 346, 378, 471  
 Pirani 6  
 Planck 75  
 -Zeit 512  
 Planksche  
 Hypothese 75 ff.  
 Konstante 75  
 Plebanski 250  
 -Typologie 435  
 Poincaré 20  
 -Gruppe 159, 163, 431  
 -Transformation 159 f., 164, 171  
 Polarisation 404 f., 413  
 Pound 295  
 Poynting-Vektor 236  
 Prinzip 4  
 Äquivalenz- 175, 187, 189, 206 f., 249, 279, 292, 298  
 -schwaches 186  
 -starkes 186  
 der Allgemeinen  
 Relativitätstheorie 190  
 der Konstanz der  
 Lichtgeschwindigkeit 21, 26, 31, 43  
 der Kovarianz 175, 190, 195, 207, 256  
 der minimalen gravitativen  
 Kopplung 175, 191, 207  
 der stationären Wirkung 144, 165, 212, 220  
 eingeschränktes spezielles  
 Relativitäts- 24  
 Korrespondenz- 175, 191 f., 208  
 Machsches 175, 181, 208, 248 f., 299, 488, 496  
 spezielles Relativitäts- 21, 25, 27, 43, 190  
 Superpositions- 246, 408  
 Problem der fehlenden Materie 492 f., 500  
 Projektionsoperator 201, 209  
 Pulsar 10, 300  
 Punkt 21  
 -masse 22, 274, 282  
 -transformation 102
- q**  
 Quadratur 413  
 Quadrupol-Aspekt 433  
 Quanten 75  
 -Gravitation 10, 331  
 -Kosmologie 10, 513  
 -Theorie (Mechanik) 10, 35, 75, 279, 329, 331, 387, 513  
 quantenmechanische Grenze 417  
 Quasar 10, 291, 414, 500  
 Quell-Vierervektor 231, 243  
 quellfrei 233, 349
- r**  
 räumliches Diagramm 312  
 der Kerr-Lösung 379  
 der Schwarzschild-Lösung 322  
 Röntgen-  
 astronomie 516  
 doppelstern 329  
 strahlen 328, 417, 453  
 Radarmethoden 25 f., 296  
 Radiogalaxie 453, 500  
 Rand-  
 Bedingungen 248, 256, 267, 299, 395, 489  
 Wertproblem 413

- Raum konstanter Krümmung 458, 497  
Raumsonden-Bahnverfolgung 416  
Raumzeit 38, 256, 303, *siehe auch*  
  Linielement, Metrik  
  einfache 345  
  gekrümmte 189 f., 303, 314  
  kompaktifizierte Minkowski- 343  
  konform flache 434  
  konforme Robertson-Walker- 506  
  kugelsymmetrische 268  
  Minkowski- 39, 97, 155, 335  
  Robertson-Walker- 505  
  Schwarzschild- 289, 296  
  stationäre 262  
  statische 266 f., 293  
Raumzeit-Diagramm (Bild) 6, 21, 26, 52, 312  
  ebenfrontige  
  Gravitationsstoßwelle 410  
  Gravitationskollaps 324  
  Kerr (avancierte Eddington-Finkelstein-Koordinaten) 377  
  kompaktifizierter  
  Minkowski-Raum 344  
  Kruskal 338  
  Minkowski 341  
  Penrose-Khan 411  
  Reissner-Nordstrøm (avancierte Eddington-Finkelstein-Koordinaten) 354  
  Reissner-Nordstrøm (retardierte Eddington-Finkelstein-Koordinaten) 359  
  Sandwich-Welle 410  
  Schwarzschild (avancierte Eddington-Finkelstein-Koordinaten) 322  
  Schwarzschild (retardierte Eddington-Finkelstein-Koordinaten) 323  
  Schwarzschild  
  (Schwarzschild-Koordinaten) 316  
  Spezielle Relativitätstheorie 332  
Rauschen 414, 416  
Raychaudhuri 386, 439  
Rebka 295  
REDUCE 257  
Reissner-Nordstrøm-Lösung 351  
relative  
  Begriffe 25  
  Bewegung 178  
relativistische Kosmologie 456  
Ricci-  
  Skalar 127  
  Tensor 127  
Riemann-  
  Christoffel-Tensor 126  
  Tensor 126–129, *siehe auch*  
  Krümmungstensor  
Robertson-Walker *siehe* Linielement, Raumzeit  
Rosen 407  
Rotation 39, 53, 148, 179, 330, 378, 383, 417, 438  
  absolute 178  
  starre 370  
Roter Riese 492  
Rotverschiebung 29, 249, 295, 469, 473 f., 500 f.  
  gravitative 279, 292, 295, 298, 300 f., 371  
Ruhe-  
  Energie 73  
  Länge 48  
  Masse *siehe* Masse  
  System 48, 58, 75 f.  
**s**  
Sachs 433, 436  
Sandage 474, 492  
Satz des Pythagoras 277  
Satz von Taylor 5, 105, 209  
Scherung 438  
Schiff 298  
Schnelligkeit 61  
Schnitt *siehe* Zeitschnitt  
schwache Energiebedingung 386  
Schwarze Löcher 10, 300  
  geladene 349–361  
  geladene rotierende 363, 384  
  kollidierende 387  
  mini 329  
  nichtrotierende 309–333  
  primordiale 329  
  rotierende 363–389  
Schwarzschild 247  
  -Lösung 271  
  -Radius 311  
schwere Elemente 446, 491 f., 513  
Shapiro 296  
SHEEP 257  
Signatur *siehe* Metrik  
Singularität 10, 250, 323, 330, 515  
  Anfangs- 454, 507  
  End- 507  
  Faltungs- 412  
  Friedmann- 385, 453

- innere (echte, Krümmungs-, physikalische, wesentliche) 311, 335, 357, 371, 411, 421
  - Koordinaten- 311, 343, 358, 376, 508
  - kosmologische 385
  - Krümmungs- 412 f.
  - nackte 382
  - Pfannkuchen- 454
  - raumartige 337, 412 f.
  - Ring- 371, 379 ff.
  - topologische 413
  - Urknall- 516
  - Vergangenheits- 337
  - Wimmer- 454
  - zeitartige 412
  - zigarrenförmige 454
  - Zukunfts- 337
  - Singularitätenstruktur 439
  - Singularitätentheoreme 330, 347, 385, 439, 516
  - Skalar (Feld, Invariante) 91, 106, 140, 170, 212, 214, 225, 232, 236, 311, 411, 499, 511
  - skalare Dichte 136–142, 145, 212, 214, 218
  - skalares Potential 232
  - Skalenfaktor 450, 457, 459, 467, 473, 479, 486, 498, 511
  - skrai 343
  - Sommerfeld-Bedingung 431
  - Sonnenabplattung 10, 280, 299
  - Sonnenfinsternis 290
    - Expedition 290, 300
  - sonst 161
  - Spezielle Relativitätstheorie 20 f., 31–39, 43, 48, 53 f., 58, 68, 76 f., 155, 160, 162, 175, 186, 195, 206, 226 f., 246, 248, 274, 279, 288, 301, 305, 321, 370, 431, 517
  - Sphäre
    - dreidimensionale 343, 461
    - zweidimensionale 84 f.
  - sphärische Symmetrie *siehe* Symmetrie
  - Spin 10, 372 f., 384
  - Spur 205, 259, 399
  - spurfrei 129, 199, 259, 434
  - Störung 26, 273, 287, 289, 299, 330, 400, 413, 424, 489
  - Störungsreihe 285
  - Stabilität 10, 255, 331
  - Stachel 256
  - Standard-
    - Konfiguration 23
    - Modell 492, 511
  - stationäre Lösung 261, 266
  - statische Lösung 261, 266 f.
  - Staub (inkohärente Materie) 225, 237, 467
    - Null- 413
  - Steady-State-
    - Lösung 499, 509
    - Theorie 496
  - STENSOR 257
  - Stoß 74
    - elastischer 79
    - inelastischer 70, 78
  - Stokessches Theorem 141
  - Strahlung *siehe* Gravitation
  - strenge Lösung 10, 247, 250, 258, 386, 412 f., 421
  - Streuung 408
  - Stromdichte 230
  - Substrat 452, 455, 465, 469, 501 f., 508
  - Symmetrie 38, 148, 190
    - Achse 379, 422, 433
    - axiale 369, 373
    - Azimutspiegelungs- 428
    - ebene 412, 414
    - Kugel- 268, 272 f.
    - Spiegelungs- 148, 269, 369, 422
    - Zeit- 273, 277
    - Zylinder- 422
  - Synchrotronstrahlung 328
  - Szekeres 410, 412 f., 436 f.
- t**
- Tachyon 31, 79, 331
  - Tangentenvektor *siehe* Vektor
  - Tangentialraum 96
  - Taylor 7, 13
  - Teilchen 22
    - (freies) Test- 189, 199, 206, 238, 280, 282 f.
    - Horizont 503
    - freies 43, 301
    - gravitatives Test- 186, 197
    - kosmisches (Partikel) 455, 499, 501, 508
    - lichtartige 31
    - neutrales 355
    - radial einfallendes (freies) 317, 320
    - virtuelles 388
  - Temperatur 387, 416, 446, 448, 453, 491, 515
    - absolute 229
  - Tensor 83, *siehe auch* konformer, Einstein, Ricci, Riemann, Weyl
    - Dichte 135
    - Feld 93
    - glattes 93

- Typ 92
- antisymmetrischer 94
- Energie-Impuls- 207, 222, 225, 236, 245, 249
- gemischter 92
- konstanter 99
- kontravarianter 90
- kovarianter 92
- Kronecker- 95
- numerischer 99
- Ordnung 90
- schiefsymmetrischer 94
- Stufe 90
- symmetrischer 94
- transportierter (mitgeschleppter) 103
- verjüngter 95
- Theorie vom stationären
  - Universum *siehe*
  - Steady-State-Theorie
- thermische Strahlung 388, 453
- thermisches Gleichgewicht 387, 447
- Thermodynamik 10, 387, 466
- Thirring 371
- Thorne 327, 414 f.
- Topologie 10, 84
  - beschränkte 462
  - geschlossene 462
  - kompakte 462
  - offene 463
  - zylindrische 343, 462
- Torsion 10, 110
- Trägheit 65, 183
- Trajektorie 103, 163, 284
- Transformation
  - von Energie-Impuls 74
  - von Geschwindigkeiten 50 f.
- Transformationsmatrix 88
  - inverse 88, 92
- Translation 148, 160, 422
- Tunneln 389
  
- u**
- Uhr 20 f., 25 f.
  - Atom- 35, 50
  - beschleunigte 35, 50
  - Eigenzeit der 49
  - gute 35
  - ideale 49 f.
  - menschliche 50
  - Wasserstoff-Maser- 296, 301, 417
- Uhren-
  - Hypothese 49
  - Paradoxon 34 f., 56
  - Synchronisation 21, 23, 29, 34, 36
- Unbestimmtheitsprinzip 388
- Unendlich 250, 339, 343
  - räumlich 250, 267
- Unendlichkeit
  - Null- 345
  - raumartige 344
  - vergangene Null- 344
  - vergangene zeitartige 343
  - zukünftige Null- 344
  - zukünftige zeitartige 343
- Universum 3, 10, 179, 187, 248, 329, 357, 389, 415 ff., 445
  - anisotropes 181, 453
  - expandierendes 446, 449, 451, 469, 471
  - flaches 479, 511
  - geschlossenes 448, 494, 511, 516
  - homogenes 453, 512
  - isotropes 180, 453, 512
  - neues 339
  - offenes 448, 494, 516
  - oszillierendes 494
  - statisches 343, 445, 486
- Unterraum 86
- Urknall 329, 385, 389, 480, 484, 486, 489, 492, 500, 507, 510, 512 f., 515
  - heißer 414, 446, 453, 491, 517
- Urmaterie 446, 490, 513
  
- v**
- Vakuum-Lösung (Raumzeit) 245, 249, 251, 273, 309, 311, 323, 407, 409 f., 421, 434 f., 439
- Variation 143
- Variations-
  - Ableitung 144
  - Prinzip, 142
- Variationskalkül 142
- Vektor 69
  - Dichte 135
  - Potential 232
  - Einheits- 68
  - Einheitstangenten- 200
  - flächenbildender 200
  - hyperflächenorthogonaler 262
  - infinitesimaler 89
  - inneres Produkt 157, 159
  - komplexer Null- 365
  - kontravarianter 90
  - kovarianter 92
  - Länge 120, 159
  - lichtartiger 157
  - Norm 120, 157
  - Normalen- 263
  - Null- 121, 157

orthogonaler 157  
 orthogonaler Verbindungs- 202  
 raumartiger 157  
 Tangenten- 90  
 Tetraden- 363  
 Verbindungs- 199 f.  
 vergangenheitsgerichteter 157  
 zeitartiger 157  
 zukunftsgerichteter 157  
 Venus 26, 288, 297  
 verallgemeinerte  
   Geschwindigkeit 165  
   Koordinate 165  
   Kraft 169  
 verallgemeinerter Impuls 165  
 Vergangenheit 31, 161  
   absolute 33  
   relative 33  
   sonst 33  
 Vergangenheitskegel 158  
 Verteilung 68, 179 f., 325, 404, 413, 450,  
   453, 456, 496  
 Verzögerungsparameter 473  
 Verzerrung 438  
 Vickers 7  
 Vielwelten-Kosmologie 513  
 Vierbein (Tetrade) 203, 205, 257  
   -Formalismus 203, 363  
   -Komponenten 204  
   -Metrik 203, 363  
   duales 203  
   orthogonales 203  
   orthonormales 364  
   parallel transportiertes 204  
 Vierer-  
   Beschleunigung 169  
   Geschwindigkeit 169  
   Impuls 169  
   Kraft 169  
   Potential 232  
 volle Theorie 210, 229, 235, 302, 395  
 Volumenelement 140  
 Vulkan 287  
  
**w**  
 Wärmetod 497  
 Wasserstoff 446, 491, 493  
 Weber 414  
   -Zylinder 416  
 Weißer Zwerg 295, 322, 329, 414  
 Weißes Loch 324, 333, 337, 385  
 Wellen *siehe* elektromagnetische,  
   Gravitations-  
   -Front 313 f., 346, 409, 424

-Gleichung 5, 230, 232, 398 ff., 407,  
   423  
 -Kamm 293 f.  
 -Zone 436  
 Welt-  
   All *siehe* Universum  
   Bild 456 f.  
   Karte 456 f.  
   Linie 21  
     zeitartige 160  
   radius 462, 495  
   Sturz 386, 451, 484, 507  
   Zeit 267, 273, 293, 310, 456, 470, 515  
 Weyl 455  
   -Tensor 128 f., 409, 434  
 Weylsches Postulat 455 f., 465, 497, 499  
 Wheeler 303, 327, 385, 513  
 Wilson 453  
 Winkel 120  
   -Geschwindigkeit 371  
 Wirkung 66  
 Wirkungsintegral 212  
 Wurmloch 339 f., 358  
  
**y**  
 Yurtsever 413  
  
**z**  
 Zeit 21  
   -Dilatation 49  
   -Pfeil 515  
     thermodynamischer 515  
   -Schnitt 275, 302  
   -Spiegelung (-Umkehr) 266 f., 273,  
     322, 324, 369, 385, 490  
   -Translationsinvarianz 277  
   -Verzögerung *siehe* Laufzeit  
   absolute 22  
   Eigen- 49  
   imaginäre 45 f., 53  
   kosmologische 515  
   psychologische 515  
 Zeitbombe 423  
 Zeitskalenproblem 489, 494, 500  
 Zentrifugalkräfte 177 f.  
 Zukunft 161  
   absolute 33  
   relative 33  
   sonst 33  
 Zukunftskegel 158  
 Zusammenhang 109  
   affiner 107, 109  
   integrabler 115, 118  
   metrischer 102, 123 f., 126

Zweikörperproblem 282, 287  
Zwillingsparadoxon 56  
Zylindersymmetrie *siehe* Symmetrie