

Stichwortverzeichnis

A

- Absteifglied, 512
- Achsenvektor, 355
- Adhäsion, 231
- Adhäsionsschicht, 532–533
- adhäsive Bruchvorgänge, 533
- aktive Fließfunktionen, 275
- aktualisierte Hyperebene, 125–126
- Aktualisierung
 - BFGS-Update, 148–149
 - tangentielle Steifigkeitsmatrix, 49–51
- akustischer Tensor, Eigenspektrum, 193
- algorithmische tangentielle Steifigkeitsmatrix, 173
- Alterungseffekte, 300–301
- Analyse, inkrementell-iterative, *siehe* inkrementell-iterative Analyse
- analysegeeignete T-Gitter, 510
- Anfangssteifigkeitsmethode, 52–53
- anisotrope Plastizität, 260–261, 433
- anisotrope Schädigungsmodelle, 210–212, 216
- Ansatzfunktionen, 38–39
 - Ableitungen, 113
 - Algorithmen, 43
 - elementfreie Galerkin-Methode, 470–471
 - flache Schalen, 368–369
 - Grenzflächenelemente, 454
 - isogeometrische Analyse, 517–520
 - korotierende Formulierung, 344
 - PyFEM-Code, 40–44
 - u/p -Elemente, 415–416
 - Zerlegung der Eins, 491
- antisymmetrischer Spintensor, 392
- antisymmetrischer Tensor, 437
- Antwortfunktion
 - einseitig eingekerbter Balken, 537
 - Maxwell-Element, 299
 - viskoplastische, 307
- Äquipotenzialfläche, 244
- Äquipotenziallinien, 121
- äquivalente Dehnung, 182–183, 186
- äquivalenter Kraftvektor, 56
- Arbeit, virtuelle, *siehe* virtuelle Arbeit
- arbeitskonjugiertes Dehnungsmaß 46
- assoziierte Fließregel, 243–245, 251–252
 - multiplikative Elastoplastizität, 436
- Asymmetrie
 - Nominal-Spannungstensor, 388
 - tangentielle Steifigkeitsmatrix, 429
- Auslegerbalken, 68
 - doppelter, 492–494
 - ebene Dehnung, 477
 - Last-Verschiebungs-Kurve, 112
 - perforierter, 459–461
- Austenit, 497–498
- axiale Dehnung, lokale, 341
- axiale Last, 230
- axiale Verschiebung, 325
- axiale Zugspannung, 193

B

- Babuška, *siehe* Ladyzenskaya-Babuška-Brezzi-Bedingung
- Backbone-Festkörper, 307
- Backbone-Plastizitätsmodell, reibungsfreies, 313
- Back-Mapping, 256
- Back-Stress-Tensor, 248–249
- Bailey-Norton-Kriechgesetz, 305
- Balken
 - einseitig eingekerbter, *siehe* einseitig eingekerbter Balken
 - flacher, *siehe* Trägerelement
 - knickender, 339–340
 - scherbelteter, 321
 - schmaler, 335

- symmetrisch gekerbter
Drei-Punkt-Balken, 456
 - Timoshenko-, *siehe* Timoshenko-Balken
 - Balkendickenfeld, 349
 - Bandstruktur, 10, 123, 148
 - BaseMaterial (Basisklasse), 185
 - BaseMaterial (Klasse), 116–117
 - BaseModule (Klasse), 133
 - Basisfunktionen
 - Bézier-Element-Darstellung, 513
 - Einschränkung, 514
 - geometrische Modellierung, 501–512
 - lokale Träger, 511
 - Scordelis-Lo-Schale, 524
 - Basisterme, erweiterte, 479
 - Basisvektor, monomialer, 472
 - Bauschinger-Effekt, 247–248
 - Belastung, zyklische, 248, 272
 - Belastungsgrenze, 52–53
 - Belastungspfad, 45
 - Belastungsplatten, 537
 - Belastungstest, biaxialer, 209
 - Beton
 - Nachgiebigkeitsrelation, 220
 - Rankine-Plastizität, 270–277
 - Rissmodelle, 214–224
 - Beugungskriterium, 474
 - Bewehrung, 220–224
 - Bézier-Element-Darstellung, 513–515
 - Scordelis-Lo-Schale, 524
 - Bézier-Extraktion, 515–517
 - Bezugssystem, 22
 - korotierendes, 77–81
 - Bezugszustand, intermediärer elastischer, 430–431
 - biaxiale Zug-Druck-Spannungszustände, 270
 - biaxialer Belastungstest, 209
 - Biegemoment, 327–331
 - flache Schalen, 367
 - korotierende Formulierung, 345
 - Biegung, technische Balkentheorie, 341
 - Bifurkation, 107
 - diskrete Systeme, 138–142
 - bilineare Spannungs-Dehnungs-Beziehung, 168
 - Bindung, ideale, 494
 - Biot-Spannungstensor, 388–389, 421–422
 - bivariat, 502
 - B-Matrix, 47, 347
 - Hyperelastizität, 414
 - Boden
 - Cam-Clay-Modell, 285–287
 - elastoplastischer kohäsiver, 478
 - Plastizität, 285–287
 - Bogen, flacher, 325–336
 - Bogenelement, isoparametrisches entartetes, 348
 - Bogenlängenkontrolle, 130
 - Bogenlängenverfahren, 121–131
 - quadratische, 144
 - thermische Belastung, 128
 - Boltzmann-Kontinuum, 20
 - Böschungsstabilitätsproblem, 262
 - Branch-Switching, 142
 - Brezzi, *siehe*
 - Ladyzenskaya-Babuška-Brezzi-Bedingung
 - Broyden, *siehe* BFGS-Update
 - Bruchdynamik, 494–497
 - Bruchenergie, 198–199
 - Bruchkriterium, 217
 - Bruchmechanik, 451
 - adhäsive Bruchvorgänge, 533
 - Beton, 271
 - Bruchprozesszone, 197, 452
 - elementfreie Galerkin-Methode, 473–475
 - unstetige Galerkin-Methoden, 460–465
 - Zerlegung der Eins, 483–488
 - B-Splines
 - NURBS, 501
 - univariate, 504
 - Bubnov-Galerkin-Ansatz, 329
- ## C
- Cam-Clay-Modell, 285–287
 - Cauchy-Green-Deformationstensor, 92–93, 394
 - multiplikative Elastoplastizität, 430
 - Cauchy-Spannung, Jaumann-Rate, 392
 - Cauchy-Spannungstensor, 94–95, 386
 - Dehnungsenergiefunktion, 397
 - Euler-Formulierungen, 425
 - Hencky-Modell, 410
 - Zerlegung der Eins, 490
 - COD-Bedingung, 129
 - Computer Assisted Design (CAD), 502
 - constant strain triangles, *siehe* CST-Elemente
 - Coulomb
 - Coulomb-Reibung, 234, 236
 - Mohr-Coulomb'sches Fließkriterium, *siehe* Mohr-Coulomb'sches Fließkriterium
 - Courant-Friedrichs-Lewy-(CFL)-Kriterium, 156, 161
 - crack band model (CBM), *siehe* Rissbandmodell

- crack mouth sliding displacement (CMSD),
230, 537
- crack opening displacement (COD), *siehe*
Rissöffnung
- CST-Elemente, 207, 210
- Cut-off, Mittelungsfunktion, 225
- D**
- definite Matrizen, 11
- Definitionsbereich, Knoten, 467
- Deformation
- Deformationstensor (Deformationsrate),
392
 - große Deformationen, 489–494
 - isochore, 395
 - plastische Deformationstheorie, 265
- Deformationsgradient
- große Deformationen, 489
 - Hyperelastizität, 395
 - Kontinuums-Schalenelement, 375
 - modifizierter, 419–420
 - multiplikative Elastoplastizität, 430, 442
 - Polarzerlegung, 91
- Dehnung
- äquivalente, *siehe* äquivalente Dehnung
 - erweiterte, 418
 - finite Dehnungen, 445–446
 - große Dehnungen, 67
 - In-der-Ebene-Dehnungen, 369
 - lokale axiale, 341
 - lokale technische, 422
- Dehnungsdeviator, 24
- Dehnungsenergie
- deviatorischer Anteil, 399
 - Hauptstreckungen, 404–409
 - Streckungsinvarianten, 400–404
- Dehnungsenergiefunktion, 396–411
- Hencky-Modell, 410–411
 - multiplikative Elastoplastizität, 434
- Dehnungsentfestigung, 189, 197
- Plastizitätsmodell, 209
- Dehnungs-Knotenverschiebungs-Matrix, 369
- Dehnungsmaß
- arbeitskonjugiertes, 46
 - Kontinuum, 90–97
 - Trägerelement, 70
- Dehnungsrate, 189
- viskoplastische, 310
 - Zerlegung, 298, 304
- Dehnungstensor, 19–25
- Dehnungsverfestigung, 246
- Stoffmodell, 321
- Dekohäsion, 482
- Dekohäsionsrelation, 198–199
- Delaminierungs-Knick-Test, 494
- Delaminierungslänge, 492–494
- Design-through-Analysis, 501
- Schalenstrukturen, 521–526
- Determinante, 11
- Jacobi-Matrix, 338–339
- Deviator, 21, 24
- deviatorische Spannungen, Hauptstreckungs-
Dehnungsenergiefunktionen,
408–409
- diagonales Versagensband, 527, 529
- diffusionsartige Matrix, 464
- Dilatanzwinkel, 233, 279, 283
- Direktor, 348–349, 354
- Dicken-, 378
 - isogeometrische Analyse, 522
 - Kontinuums-Schalenelement, 372–373
- Dirichlet-Reihe, 302–303
- Diskretisierung
- Galerkin-, 520
 - gitterfreie Methoden, 467–478
 - räumliche, 35–40
 - Stabilität und Eindeutigkeit, 136–142
 - Zerlegung der Eins, 479–499
- Dispersionsrelation, 169
- Dissipation, numerische, 163
- Dissipationsrate, 130
- Divergenzoperator, 12
- DofSpace (Klasse), 83
- dofTypes (Klassenattribut), 87, 112, 337
- doppelter Auslegerbalken, 492–494
- Drehung, starre, 91
- dreidimensionale u/p -Elemente, 415–416
- dreidimensionale Viskoelastizität, 300–301
- dreidimensionales
Kontinuums-Balkenelement, 354–362
- Dreieckszerlegung, *siehe* LR-Zerlegung
- Drei-Felder-Hu-Washizu-Variationsprinzip,
417
- Drei-Punkt-Balken, symmetrisch gekerbter,
456
- Dreischritt-LMS-Verfahren, 166
- Drifttendenz, 49
- Druckdehnungskomponenten, 183
- Drucker-Prager-Fließfunktion, 259
- Drucker-Prager-Fließkriterium, 238–240
- Drucker'sches Postulat, 243
- Druckfreiheitsgrade, 413
- Druckkräfte, komprimierende, 75
- Dummy-Knoten, 336
- Dummy-Steifigkeit, 456–457
- Durchschlagen, 131

- Durchschnittsbeschleunigungsschema, 162
- Durchsichtkriterium, 474
- Duvaut-Lions-Viskoplastizität, 312–314
- Dynamik
 - Bruchdynamik, 494–497
 - dynamischer Kraftresiduenvektor, 152
 - explizite, 439
 - Instabilitäten, 316–318
 - nichtlineare, *siehe* nichtlineare Dynamik
- E**
- ebene Dehnungsbedingungen, 127–128
 - Last-Verschiebungs-Kurve, 477
 - Schädigungsmodell, 185–188
- ebenes flaches Trägerelement, 4
- effektive Spannung, 180
- Eigengewicht, 262
 - Zylinderschale, 121
- Eigenprojektionen, 284, 408
- Eigenpektrum, akustischer Tensor, 193
- Eigenvektoren, 17–18
- Eigenwerte, 16–18
 - lineare Knickanalyse, 106
- Eindeutigkeit
 - diskrete Systeme, 136–142
 - Lösungen, 107
- eindimensionale Viskoelastizität, lineare, 298–300
- eindimensionale Viskoplastizität, 306–308
- eindimensionaler Relaxationstest, 308
- eindimensionales Stoffgesetz, 78
- einfaches Pendel, 167
- Einflussbereich, Knoten, 467, 471
- eingebettete Bewehrung, 221
- eingebettete Unstetigkeiten,
 - Element-Technologie, 202–210
- Einheitsmatrix, 17
- Einschränkung, Basisfunktionen, 514
- Ein-Schritt-Euler-Algorithmus, 310–311
- einseitig eingekerbter Balken, 208–209
 - isogeometrische Analyse, 536–537
 - Zerlegung der Eins, 488
- Einzelement-NURBS-Darstellung, 523
- Einzel-Patch-Verfeinerung, 509
- elastische Nachgiebigkeitsmatrix, 26
- elastische Schädigung, isotrope, 181–185
- elastische Stoffmodell-Matrix, 347
- elastische Testspannung, 254
- elastischer Bezugszustand, intermediärer, 430–431
- elastischer Steifigkeitstensor, 26
- Elastizität, 25–27
 - inkompressible, 291
 - logarithmische Erweiterung, 409–411
 - verschmierte Rissmodelle, 214–220
- elastizitätsbasiertes Schädigungsmodell
 - Algorithmus, 184
 - nichtlokales, 226
- Elastizitätsmodul, 26
 - Trägerelement, 69
- Elastoplastizität
 - große Dehnungen, 423–447
 - kohäsiver Boden, 478
 - konsistenter Tangentenoperator, 446
 - multiplikative, 430–438
 - numerische, 290
- elemdat (Instanz), 88
- Element (Basisklasse), 87
 - Konstruktor, 112
- Elemente, finite, *siehe* finite Elemente
- elementfreie Galerkin-Methode, 468–473
- Element-History, 86–88, 136
 - explizite Zeitintegration, 159
- Element-nach-Element-Prinzip, 470
- Element-Steifigkeitsmatrix, 85
 - Grenzflächenelemente, 455
- Element-Technologie
 - eingebettete Unstetigkeiten, 202–210
 - Hyperelastizität, 411–422
 - volumetrisches Locking, 290–296
 - Zeitintegration, 174–176
- elemShapeData (Klasse), 41–42
 - isogeometrische Analyse, 518
- Eliminationsverfahren, Gauß'sches, 10
- elliptische Fließfläche, 286
- Elliptizität, 189–193
 - regularisierte Schädigungsmodelle, 224
- Endlosschleife, 31, 145
- Energieerhaltung, Algorithmen, 171–174
- Energiefreisetzungsrates, 183
- energiekonjugierte Größen, 386–388
- Energiekriterium, 145
- Enhanced-assumed-Strain-Ansatz, 203, 416–419
- entartetes Kontinuums-Balkenelement, 348–362
- entartetes Kontinuums-Schalenelement, 372–377
- Entfestigen, numerisches, 53
- Entfestigungsmodul, 194
- Entfestigungs-Wiederverfestigungs-Modell, 319
- Epoxidblock, 533–534
- erster Piola-Kirchhoff-Spannungstensor, 94–95, 387
- erweiterte Basisterme, 479

erweiterte Knoten, 485
 Euler-Beschreibung, 75
 – objektive Spannungsraten, 423
 Euler-Formulierungen, 424–430
 – Zerlegung der Eins, 490
 Euler-Knicken, 340
 Euler-Koordinaten, 91
 Euler-rückwärts-Integration, 255–256
 – Ilyushin-Kriterium, 381
 Euler-Stab, idealer, 107
 Euler-vorwärts-Integration, 253
 Expansion, interne Freiheitsgrade, 206
 ExplicitSolver (Klasse), 158
 explizite Dynamik, 439
 explizite Zeitintegration, 151–161
 – Euler-vorwärts-Methode, 254–255
 – PyFEM-Code, 157–161
 exponentielle Return-Mapping-Algorithmen, 442–447
 externer Kraftvektor, 37
 Extraktionsoperator, 513
 – PyFEM-Code, 517–518

F

Faser-Matrix-Grenze, 201
 Fastinkompressibilität, 398–400
 Feder-Gleiter-System, 231–236
 Feder-Träger-Struktur, 4
 – Knicken, 109–110
 – Updated-Lagrange-Formulierung, 76
 Fehlstelle, 229–230
 Fest-fest-Phasengrenze, 497–498
 Festkörper-Elemente, 453
 – Schalen, 377–378
 Festkörpermechanik, nichtlineare, 520–538
 Finger(deformations-)tensor, 92
 finite Dehnungen, 445–446
 finite Elemente
 – Element-Ansatzfunktionen, 41
 – geometrisch nichtlineares Kontinuums-, 110–117
 – isogeometrische, 512–517
 – räumliche Diskretisierung, 35–40
 – Schwerpunkt, 102, 419–421
 finite Rotationen, 354
 Finite-Dehnung-Kontinuums-
 (Klasse), 112
 Fixed-Crack-Modell, 215–217
 fixierte Hyperebene, 125–126
 flacher Bogen, 325–336
 flaches Trägerelement, 3
 – Knicken, 109–110
 – PyFEM-Code, 27–32, 81–90

Flache-Schale-Formulierungen, 364–371
 Fletcher, *siehe* BFGS-Update
 Fließen, plastisches, *siehe* plastisches Fließen
 Fließfläche, 238–239
 – Dehnungsverfestigungs-Hypothese, 247
 – Ecken, 269
 – elliptische, 286
 – geschachtelte, 249
 – Multi-Fließflächen-Plastizität, 268–285
 – Return-Mapping, 254–256
 Fließflächengradient, 279
 Fließfunktion, 236–241
 – exponentielle Algorithmen, 444
 – multiplikative Elastoplastizität, 436
 Fließfunktionsgradient, 242
 Fließgrenze
 – bewehrter Beton, 224
 – uniaxiale, 252
 Fließintensität, plastische, 263
 Fließkontur, 253
 Fließkraft, uniaxiale, 379
 Fließkriterium
 – anisotrope Plastizität, 260–261
 – Ilyushin-Kriterium, 378–382
 – Mohr-Coulomb'sches, 237
 Fließregeln, 241–245
 – assoziierte, 243–245, 251–252, 436
 Fließrichtung, plastische, 243–244
 Fox-Goodwin-Schema, 163
 fracture process zone (FPZ), *siehe*
 Bruchprozesszone
 freie Knoten, 81
 Freiheitsgrade, 36
 – Feder-Gleiter-System, 232
 – „freie“ 63
 – Kondensation und Expansion, 206
 – translationale, 356
 Friedrichs, *siehe*
 Courant-Friedrichs-Lewy-Kriterium

G

Galerkin-Diskretisierungen, 520
 Galerkin-Methoden
 – elementfreie, 468–473
 – unstetige, 460–465
 Galerkin, *siehe* Bubnov-Galerkin-Ansatz
 Gauß'scher Integralsatz, 34
 Gauß'sches Eliminationsverfahren, 10
 gekerbter Drei-Punkt-Balken, symmetrisch,
 456
 geknickter Riss, stationärer, 485
 gekoppelte Schädigungs-Plastizitäts-Modelle,
 288–289

- Genauigkeit, Nichtlinearitäten, 167–171
 - Genauigkeit zweiter Ordnung, 152, 162
 - geometrische Modellierung, 501–512
 - T-Splines, 509–510
 - geometrische Nichtlinearität, 67–117
 - geometrische Steifigkeitsmatrix, 361
 - geometry clean-up, 501
 - geschachtelte Fließflächen, 249
 - Geschwindigkeitsgradient, 432
 - Geschwindigkeits-Update, 174
 - Gitterdichte, 464
 - gitterfreie Methoden, 467–478
 - Gitterkonstruktion, *siehe* Meshing
 - Gitterkonvergenz, 524
 - Gitter-Locking, 290, 293
 - Gitterrichtungsempfindlichkeit, 208
 - Gittersensitivität, 193–197
 - „unechte“ 527
 - Gitterverfeinerung
 - Objektivität, 487
 - T-Splines, 529
 - Glättungseffekt höherer Ableitungen, 530
 - Gleichgewicht, 33–35
 - Gleichgewichtsiterationen, 125–126
 - Gleichgewichtspfad, 48, 50
 - Bifurkationspunkt, 140
 - niedrigster, 141
 - Gleittheorie, 212
 - einfaches Gleitmodell, 231–236
 - Gleitverschiebung, Rissöffnung, 230
 - Goldfarb, *siehe* BFGS-Update
 - Goodwin, *siehe* Fox-Goodwin-Schema
 - Gradient, 8, 13
 - gradientenerweitertes Kontinuum, 318
 - Gradienten-Schädigungsmodelle, 226–230
 - sechster Ordnung, 527
 - zweiter Ordnung, 228
 - Green-Lagrange-Dehnung, 99
 - korotierende Formulierung, 346
 - Green-Lagrange-Dehnungstensor, 70, 93
 - Hyperelastizität, 388
 - Kontinuums-Balkenelement, 350–351
 - Green-Naghdi-Rate, 391, 437
 - Green, *siehe*
 - Cauchy-Green-Deformationstensor
 - Grenzflächen, 451–465
 - Grenzflächenelemente, 452–460
 - Zerlegung der Eins, 481
 - Grenzflächenlänge, 489
 - Grenzflächenplastizität, 249
 - Grenzflächenspannungsvektor, 203
 - Grenzpunkt, 55, 122
 - Stabilität an, 141
 - volumetrisches Locking, 290
 - Griffith'sche Sprödigkeit, 197, 216
 - große Deformationen, 489–494
 - große Dehnungen
 - Elastoplastizität, 423–447
 - geometrische Nichtlinearität, 67
 - Hyperelastizität, 385–422
 - große Verschiebungsgradienten, 67
 - Grundzustands-Schermodul, 405, 411
 - Gummimaterialien, 389
 - Dehnungsenergiefunktion, 396–411
 - uniaxiale Zugbelastung, 405
 - Gurson-Modell, 289
- ## H
- Hamilton-Jacobi-Gleichung, 499
 - Hauptachsenraum, 447
 - Hauptrichtungen, 16
 - Hauptstreckungen
 - Dehnungsenergie, 404–409
 - Hyperelastizität, 394–396
 - Hauptwerte, 16
 - Hencky-Modell, 409–411
 - Hermite-Interpolation, 328
 - HHT- α -Methode, 163–166
 - Hill-Kriterium, 260–261
 - Hintergrund-Zellenstruktur, 472
 - History-Parameter, 88–89, 136
 - Ilyushin-Kriterium, 380
 - Hoffman-Versagenskriterium, 260–261
 - Hohlräume, 182
 - homogenisiert, 190
 - Hooke'sches Gesetz, 26
 - neo-Hooke'sches Modell, 406
 - Horizontalkraft
 - Feder-Gleiter-System, 232
 - maximale, 234
 - Hurwitz, *siehe* Stabilitätssatz von Routh-Hurwitz
 - Hu-Washizu-Variationsprinzip, 202, 332
 - Drei-Felder-, 417
 - hydrostatischer Druck, 21
 - Inkompressibilität, 399
 - Hyperelastizität, 385–422
 - Mooney-Rivlin-Modell, 401–402
 - Hyperfläche, Schnittpunkt mit Last-Verschiebungs-Kurve, 124
 - hypoelastische Materialien, 393
 - hypoelastische Relation, 423
- ## I
- ideal sprödes Materialverhalten, 179–180
 - ideale Bindung, 494

- idealer Euler-Stab, 107
 - Identifikationsnummer, Knoten, 83–84
 - Ilyushin-Kriterium, 378–382
 - implizite Zeitintegration, 151, 162–166
 - Euler-rückwärts-Methode, 255–256
 - implizites Gradienten-Schädigungsmodell, 228
 - implizit-explizite Methode, 175
 - Impulsbilanz
 - Bruchdynamik, 494
 - Hyperelastizität, 385–389
 - lineare, 33
 - semidiskrete, 37, 151
 - Zerlegung der Eins, 480
 - inaktive Fließfläche, 275
 - In-der-Ebene-Dehnungen, 369
 - In-der-Ebene-Einträge, Projektionsmatrix, 380
 - Indexnotation, 12
 - inkompatible Verschiebungsmoden, 295–296
 - Inkompressibilität, 398–400
 - inkompressible Elastizität, 291
 - inkrementelle Objektivität, 440
 - inkrementelle Verschiebungen, Knoten, 47
 - inkrementell-iterative Analyse, 44–54
 - Kondensation und Expansion, 206
 - nichtlinearer Code, 50–51
 - innere virtuelle Arbeit, 77, 344
 - InputReader (Methode), 110, 132
 - s-Instabilität, 320
 - Instabilitäten, propagierende, 316–318
 - Integration, 42
 - Newton-Raphson-Methode, *siehe* Newton-Raphson-Methode
 - Ratengleichungen, 309, 438–442
 - Spannungs-Dehnungs-Relation, 253–264
 - intermediärer elastischer Bezugszustand, 430–431
 - interne Freiheitsgrade, Kondensation und Expansion, 206
 - interner Kraftvektor, 37
 - Total-Lagrange-Formulierung, 73
 - Interpolation höherer Ordnung, 294–295
 - Interpolationsfunktionen, 38
 - Interpolationsordnung, 200–201
 - Invarianten, 21–22
 - Hyperelastizität, 394–396
 - Spannungsdeviator, 240
 - Streckungs-, 400–404
 - inverse Matrix, 9
 - isochore Deformation, 395
 - isochore Plastizität, 291
 - isogeometrische Analyse
 - nichtlineare Festkörpermechanik, 520–538
 - PyFEM-Code, 517–520
 - isogeometrische finite Elemente, 512–517
 - isoparametrische Koordinaten, 36
 - Kirchhoff-Formulierung, 328
 - isoparametrisches entartetes Kontinuums-Balkenelement, 348–362
 - isoparametrisches entartetes Kontinuums-Schalenelement, 372–377
 - isotrope elastische Schädigung, 181–185
 - isotrope Materialien, 398
 - isotrope Verfestigung, 247
 - Drucker-Prager-Fließfunktion, 259
 - Plastizität, 436
 - Von-Mises-(J₂-)Plastizität, 266–267
 - isotropes lineares Elastizitätsgesetz, *siehe* Hooke'sches Gesetz
 - iterative Analyse, inkrementell-, *siehe* inkrementell-iterative Analyse
- J**
- Jacobi-Matrix, 38–39
 - Determinante, 338–339
 - Euler-Formulierungen, 425
 - Kontinuums-Balkenelement, 349
 - Rankine-Plastizität, 275
 - Jacobi, *siehe* Hamilton-Jacobi-Gleichung
 - Jaumann-Rate, 391–393, 427–428, 436–438
 - J-Integral, 451
- K**
- Kanalprofil-Träger, 524–525
 - Karush-Kuhn-Tucker-Bedingungen, 182
 - Multi-Fließflächen-Plastizität, 269
 - Viskoplastizität, 307
 - Kelvin-Element, 298
 - Kinematics (Klasse), 114
 - kinematische Annahme, 365, 370, *siehe auch* Kirchhoff-Formulierung
 - kinematische Beziehung, 46, 153, 169
 - Euler-Formulierungen, 425
 - festkörperartige Schalenelemente, 377
 - kinematische Verfestigung, 247
 - multiplikative Elastoplastizität, 436
 - Von-Mises-Plastizität, 257
 - kinematische Zwangsbedingung, 292–293
 - KirchhoffBeam (Klasse), 337
 - Kirchhoff-Formulierung, 325–332
 - korotierende Formulierung, 341–346
 - PyFEM-Code, 336–340
 - Kirchhoff-Love-Schale, 522
 - Kirchhoff-Spannung, Green-Naghdi-Rate, 391

- Kirchhoff-Spannungstensor
 - Euler-Formulierungen, 425
 - Hencky-Modell, 410
 - Symmetrie, 426
- Kleine-Dehnungen-Tensor, 394
- Knickanalyse, lineare, 106–110
- Knicken
 - Balken, 339–340
 - Delaminierungs-Knick-Test, 494
 - Knicklast, 340
- Knoten, 36
 - „Dummy“, 336
 - erweiterte, 485
 - freie, 81
 - Identifikationsnummer, 83–84
 - inkrementelle Verschiebungen, 47
 - kompakter Träger, 467
 - reguläre Knotenfreiheitsgrade, 479
- Knoteneinfügen, 506
 - Bézier-Extraktion, 515
 - isogeometrische Analyse, 532
- Knoten-Grenzflächenelemente, 459
- Knotenintegrationsmethoden, 473
- Knotenintervalle, 510–511
 - Bézier-Element-Darstellung, 513
- Knotenkonnektivität, 468, 473
- Knotenquadratur, 155
- Knotenvektor, 503–516, 524–525, 532–533
- Knotenverschiebungsfeld, 454
- Kohäsion
 - Boden, 478
 - kohäsive Flächen, 482
 - kohäsive Risssegmente, 487
 - Metalle, 236
- Kohäsionszonenmodell, 197–202
 - isogeometrische Analyse, 531–538
 - Rissausbreitung, 452
 - unstetige Galerkin-Methoden, 462
 - Zerlegung der Eins, 486, 490
- Koiter'sche Verallgemeinerung, 268–270
 - Multi-Fließflächen-Plastizität, 277
- kompakter Träger, Knoten, 467
- Kompatibilitätsbedingung, Maxwell'sche, 192
- kompressible Mooney-Rivlin-Hyperelastizität, 401–402
- Kompressionsmodul, 26, 260
 - Fastinkompressibilität, 400
 - inkompressibler Grenzfall, 411
- komprimierende Druckkräfte, 75
- Kondensation, interne Freiheitsgrade, 206
- Konditioniertheit, Matrix, 55, 482
- konsistente Massenmatrix, 155
 - Bruchdynamik, 495–496
- konsistente Tangentensteifigkeitsmatrix, 381
- konsistenter Tangentenoperator, 265
 - elastoplastischer, 446
 - Multi-Fließflächen-Plastizität, 281
 - Symmetrie, 268
- Konsistenzbedingung, 241, 250
- Konsistenzmodell, Viskoplastizität, 314–316
- konsolidierter Ton, 285
- konstante Spannungsfelder, stückweise, 205
- Konstruktor, 112
 - Basisklasse Element, 88
- Kontinuum, 20
 - Bruchenergie, 200
 - gradientenerweitertes, 318
 - höherer Ordnung, 227
 - Kontinuumsmechanik, 68, 385–396
 - korotierende Formulierung, 102–106
 - Lagrange-Formulierung, 97–102
 - PyFEM-Code, 110–117
 - Schädigungsmodell, 200
 - Spannungs- und Dehnungsmaße, 90–97
- Kontinuums-Balkenelement, entartetes, 348–362
- Kontinuums-Schalenelement, entartetes, 372–377
- Kontrollpunkte, 523–524
- Konvergenzkriterien, quasistatische Analyse, 143–146
- Konvergenzradius, 45
 - Newton-Raphson-Methode, 120
- Konvergenztoleranz, 29
- Konvergenzverhalten, superlineares, 149
- konzentrierte Massenmatrix, 155–156, 170
 - Bruchdynamik, 495–496
- Koordinaten
 - isoparametrische, 36
 - Material-, 90
 - parametrische, 508
- Koordinatensystem, 14
- Koordinatentransformation, 14–15
 - Tensoren, 25
- korotierende Formulierung, 77–81
 - Balken und Bögen, 340–347
 - Hyperelastizität, 421–422
 - Continua, 102–106
- Kraftresiduenvektor, dynamischer, 152
- Kraftvektor, 37, *siehe auch* externer Kraftvektor, interner Kraftvektor
 - äquivalenter, 56
- Kraft-Verschiebungs-Diagramm, 6
- kreisförmige Geometrie, 534–535
- Kreuzprodukt, 7
- Kriechdehnung, 305

- Kriechfunktion, 300
 Kriechmodelle, 304–306
 kristalline Materialien, 432
 Kristallplastizität, 443
 kritisches Lastniveau, 108
 „kritischste“ Lösung, 141
 Kronecker-Delta, 12
 Krümmung, 363
 – Balken und Bögen, 326, 332–334
 – isogeometrische Analyse, 522
 – Reissner-Mindlin-Ansatz, 365
 Kuhn, *siehe*
 Karush-Kuhn-Tucker-Bedingungen
 künstliche Ablenkung, Risse, 497
- L**
 Ladyzenskaya-Babuška-Brezzi-(LBB)-
 Bedingung, 414
 Lagrange-Beschreibung, 75
 Lagrange-Familie, Ansatzfunktionen, 369
 Lagrange-Koordinaten, 91
 Lagrange-Multiplikatoren, 462
 Lagrange-Polynome, 513
 Lagrange, *siehe* Green-Lagrange-Dehnung
 Lamé-Konstanten, 301
 Laminat, Zwei-Schicht-, 492–494
 Länge-zu-Dicke-Verhältnis, 335
 Last-Elongations-Kurve, 222
 – implizites
 Gradienten-Schädigungsmodell, 230
 Lastfaktor, 108
 – PyFEM-Code, 133
 Lastkontrolle, 54–57
 – Line-Search-Verfahren, 119
 Lastniveau, kritisches, 108
 Lastparameter, 47
 Lastschrittweite, 143–146
 Last-Verformungs-Pfad, 106
 Last-Verschiebungs-Kurve, 55–57
 – Auslegerbalken, 112, 477
 – bewehrter Beton, 222
 – Gittersensitivität, 196
 – Kanalprofil-Träger, 526
 – Schälversuch, 493
 – Scherwand, 276–277
 – Wendepunkte, 460
 Le Chatelier, *siehe*
 Portevin-Le-Chatelier-Bänder
 Least-Squares-Näherung, 472
 Level-Set-Funktion, 484
 Lewy, *siehe*
 Courant-Friedrichs-Lewy-Kriterium
 Lineare Algebra, 5–13
 lineare Elastizität, logarithmische
 Erweiterung, 409–411
 lineare Impulsbilanz, 33
 lineare Knickanalyse, 106–110
 lineare Mehrschrittmethoden, 166
 lineare Parametrisierung, 524–525
 lineare Viskoelastizität, 297–304
 linear-elastische Bruchmechanik,
 Singularität, 483
 linearer Vergleichskörper, 142, 191
 lineares Beschleunigungsschema, 162
 lineares Elastizitätsgesetz, isotropes, *siehe*
 Hooke'sches Gesetz
 linearisierte Gleichung der virtuellen Arbeit,
 352
 linearisierte Tangentenoperatoren, 268
 Line-Search-Verfahren, 119–122
 Links-Strecktensor, 92
 Lions, *siehe* Duvaut-Lions-Viskoplastizität
 List Comprehension, 31
 List of Lists, 30
 Literate Programming, 28
 Ljapunow-Stabilität, 136–137
 L₂-Norm, 7, 86
 Lobatto-Integration, 330–331
 Locking
 – Gitter-, 290, 293
 – Membran-, 332, 353
 – Scher-, 336, 353, 369
 – volumetrisches, 290–296, 411, 420,
 477–478
 Lode-Winkel, 278
 logarithmische Erweiterung, lineare
 Elastizität, 409–411
 lokale axiale Dehnung, 341
 lokale Basisfunktionsträger, 511
 lokale Rotationsmatrix, 102
 lokale Steigung, 342
 lokale technische Dehnung, 422
 Lokalisationsvolumen, 192
 lokalisierte Versagensmode, 195
 Lokalisierungsband, 318
 Lokalisierungsebene, 199
 Lösungen, *siehe auch* Solver
 – „kritischste“ 141
 – Eindeutigkeit, 107
 – nichttriviale, 140
 – Schein-, *siehe* Scheinlösungen
 – unrealistische, 109
 Love, *siehe* Kirchhoff-Love-Schalen
 LR-Zerlegung, 9–10
 – Quasi-Newton-Methoden, 147

- Stabilität und Eindeutigkeit von Lösungen, 141
- Lüders-Bänder, 316
- Lumped-Integration, 458
- Lumping, 155, 170

M

- MacAulay-Klammern, 183
- martensitische Zwillinge, 497–498
- Massenerhaltung, 96
- Massenmatrix, 155–156
 - Bruchdynamik, 495–496
 - PyFEM-Code, 158
- Materialalterung, 300–301
- Materialkoordinaten, 90, 357
- Materialmanager, 114
- Materialmodell, PyFEM-Code, 116–117
- Material-Nichtlinearitäten, Kirchhoff-Formulierung, 330
- Material-Steifigkeitsmatrix, tangente, 105
- Material-Steifigkeitsrelation, u/p -Formulierung, 412
- Material-Steifigkeitstensor, tangentialer, 190
- Materialverhalten
 - ideal sprödes, 179–180
 - PyFEM-Code, 61–62
- Matrix
 - Bandstruktur, 10, 123, 148
 - Definition, 8
 - diffusionsartige, 464
 - Konditioniertheit, 55, 482
- maximale Horizontalkraft, 234
- Maximalfestigkeit, 194
- Maxwell-Element, 298
- Maxwell-Kette, 302–303
- Maxwell'sche Kompatibilitätsbedingung, 192
- Mehrschrittmethoden, lineare, 166
- Membrandehnung, 327, 332, 363
- Membran-Locking, 332, 353
- Meshing, 467
 - Gitterkonstruktion, 501
- Metalle
 - Kohäsion, 236
 - Kriechmodelle, 304–306
- Metallplastizität, 252
 - exponentielle Algorithmen, 443
- Mikroebenenmodelle, 212–214
- Mikroreißen, 197
- Mikrorisse, 182
- Mindlin, *siehe* Reissner-Mindlin-Ansatz
- Mittelfläche, 372
 - festkörperartige Schalenelemente, 377
 - geometrische Modellierung, 521

- Mittelpunktsgleichgewicht, 171
- Mittelpunkts-Return-Mapping, 261
- Mittelpunkts-Rotationsmatrix, 441
- Mittelungsfunktion, Cut-off, 225
- Modenmischungsparameter, 199
- Modensprung, 131
- Modifikation der Stoffmodell-Matrix, 428
- modifizierte Newton-Raphson-Methode, 122
- modifizierte Von-Mises-Äquivalentdehnung, 186
- modifizierter Deformationsgradient, 419–420
- modifiziertes Newton-Raphson-Verfahren, 51–52
- Mohr-Coulomb-Fließfläche, 280
- Mohr-Coulomb-Fließfunktion, 277–285
 - Eigenprojektionen, 284
- Mohr-Coulomb-Potenzialfunktion, 245
- Mohr-Coulomb'sches Fließkriterium, 237–240
- Mohr'scher Spannungskreis, 237
- monomialer Basisvektor, 472
- Mooney-Rivlin-Modell, 400–401, 405
- Moving-least-Squares-Näherung, 469–472
- Multi-Fließflächen-Plastizität, 268–285
- Multi-Patch-Verfeinerung, 509
- multiplikative Elastoplastizität, 430–434
 - Ratenformulierungen, 434–438
- multiplikative Plastizität, 445–446
- Multiplikator
 - Lagrange-, 462
 - Line-Search-, 120
 - plastischer, 233, 270
- multivariate B-Splines, 507–509

N

- Nabla-Symbol, 13
- Nachgiebigkeitsmatrix, elastische, 26
- Nachgiebigkeitsrelation, rissbehafteter Beton, 220
- Naghdi, *siehe* Green-Naghdi-Rate
- Nanson-Formel, 95, 386, 490
- negative Steifigkeit, 168
- neo-Hooke'sches Modell, 406
- Nested-Yield-Surfaces-Modell, 249–250
- Newmark-Familie, 162–163
 - Dispersionsrelation, 170
- Newton-Cotes-Integration, 330–331
 - Grenzfächenelemente, 458
- Newton-Raphson-Methode, 45–46
 - elastizitätsbasiertes Schädigungsmodell, 184
 - flaches Trägerelement, 5
 - Konvergenzradius, 120

- Line-Search-Verfahren, 120–122
 - modifiziertes, 51–52
 - nichtlinearer Solver, 110–117
 - Solver, 85
 - nichtassozierte Fließregel, 244–245
 - Nichtgleichgewichtsvektor, *siehe* Residuenvektor
 - nichtlineare Dynamik, 151–176
 - Nichtlinearität
 - einfache Beispiele, 3–5
 - Festkörpermechanik, 520–538
 - geometrische, 67–117
 - große Dehnungen, 67
 - inkrementell-iterative Analyse, 50–51
 - Kirchhoff-Formulierung, 330
 - nichtlineare HHT- α -Zeitintegration, 165–166
 - nichtlinearer Solver, 84–85, 110–117
 - Stabilität und Genauigkeit bei, 167–171
 - Stoffgesetz, 68–69
 - tangential Steifigkeitsmatrix, 74
 - nichtlokale Schädigungsformulierung, 226, 528
 - nichtlokales Stoffgesetz, 226
 - Nichtnegativität, B-Splines, 504
 - nichtpolares Kontinuum, 20
 - nichttriviale Lösung, 140
 - nichtuniforme rationale B-Splines (NURBS), 501
 - niedrigster Gleichgewichtspfad, 141
 - Niveaumengenfunktion, 484
 - NodeSet (Klasse), 83
 - Nominal-Spannungstensor, 386–388
 - Nominal-Spannungsvektor, 98, 386–388
 - Normalenvektor, 12
 - Normalitätsregel, 243
 - Normalkraft
 - flache Schalen, 367
 - Schnittkräfte, 327–331
 - Normalpfadmethode, 127, 129
 - Norton, *siehe* Bailey-Norton-Kriechgesetz
 - Null-Niveaumenge, 499
 - numerische Dissipation, 163
 - numerische Elastoplastizität, 290
 - numerisches Entfestigen, 53
- O**
- objektive Spannungsrate, 389–394
 - Euler-Beschreibung, 423
 - Integration, 439
 - Objektivität
 - Gitterverfeinerung, 487
 - inkrementelle, 440
 - Objektivitätsprinzip, 390
 - Ogden-Modell, 405–406
 - Oosterschelde-Sturmflutwehr, 402–404
 - Operatoren
 - Divergenzoperator, 12
 - Extraktionsoperator, 513, 517–518
 - konsistenter Tangentenoperator, *siehe* konsistenter Tangentenoperator
 - symmetrisierte, 190
 - Ordnungserhöhung, 506
 - orthogonaler Tensor, 390
 - Orthogonalitätsbedingung, 139
 - Orthotropierelation, 215
 - Ortsvektor, 103
 - Oszillationen, Spannung, 161
 - OutputManager, 132
- P**
- Parameterraum
 - geometrische Modellierung, 502
 - NURBS-Patches, 508
 - parametrische Ableitungen, 519
 - parametrische Koordinaten, 508
 - Parametrisierung, lineare, 524–525
 - ParaView, 111
 - Patches, NURBS, 507–509
 - Patch-Test, 57–58
 - penalty functions, 471, 534
 - Pendel, einfaches, 167
 - perforierter Auslegerbalken, 459–461
 - Permutationstensor, 12
 - Perzyna-Viskoplastizität, 309–312
 - Stoffgesetz, 308
 - Petrov-Galerkin-Verfahren, 208
 - Pfadverfolgungsverfahren, *siehe* Bogenlängenverfahren
 - Phasengrenzen, 497–498
 - Piola-Kirchhoff-Spannungstensor, *siehe* erster/zweiter Piola-Kirchhoff-Spannungstensor
 - Pivotelemente, 10–11, 141–142, 144
 - planares Grenzflächenelement, 453
 - plane strain, *siehe* ebene Dehnungsbedingungen
 - plastische Deformationstheorie, 265
 - plastische Fließintensität, 263
 - plastische Fließrichtung, 243–244
 - plastische Korrektur, 254
 - plastische Scherdeformationsrate, 245
 - plastische Streckung, 433
 - plastischer Multiplikator, 233
 - Multi-Fließflächen-Plastizität, 270
 - plastischer Spin, 423, 433, 435

- plastischer Spintensor, 433, 442
 - plastisches Fließen, einfaches Gleitmodell, 232–235
 - plastisches Potenzial, 244, 252
 - Ecken, 269
 - Plastizität, 231–296
 - alternative Modelle, 249, 258
 - anisotrope, 260–261, 433
 - dehnungsentfestigendes Plastizitätsmodell, 209
 - gekoppelte Schädigungs-Plastizitäts-Modelle, 288–289
 - Ilyushin-Kriterium, 378–382
 - isochore, 291
 - multiplikative, 445–446
 - Plattenelemente, 363–382
 - Poisson-Zahl, 26
 - Polarzerlegung, 91, 389, 392
 - Porenbildung, 197, 289
 - Portevin-Le-Chatelier-(PLC-)Bänder, 316–320
 - positiv definite Matrizen, 11
 - Postprocessing, 65–66
 - Ergebnisausgabe, 31–32
 - Potenzial, plastisches, 244, 252
 - potenzielle Energie, 396–397
 - Prager
 - Fließkriterium, *siehe* Drucker-Prager-Fließkriterium
 - Konsistenzbedingung, *siehe* Konsistenzbedingung
 - Primärriss, 219
 - Prinzip der virtuellen Arbeit, 34
 - Ratenform, 290
 - Timoshenko-Balken, 333
 - Projektionsmatrix, 240–241
 - In-der-Ebene-Einträge, 380
 - Rankine-Plastizität, 272
 - propagierende Instabilitäten, 316–318
 - propagierende Unstetigkeiten, 535
 - Properties (Klasse), 82
 - pseudoelastische Steifigkeitsmatrix, 265
 - Multi-Fließflächen-Plastizität, 281
 - Pseudoentfestigungsmodul, 200
 - Pseudolastvektor, 297, 310
 - Punkt-Grenzflächenelemente, 459
 - PyFEM, 27
 - Python, 28–30
- Q**
- quadratische Bogenlängen-Methode, 144
 - quadratische Matrizen, 9
 - Quasi-Newton-Aktualisierung, 275
 - Quasi-Newton-Methoden, 146–149
 - quasispröde Materialien, 183
 - Rissmodelle, 214–224
 - quasistatische Analyse, Lösungstechniken, 119–149
 - quasistatische Prozesse, 44
 - Quaternionen, 442
 - Querschnittgeometrie,
 - Kontinuums-Balkenelement, 361
- R**
- Randbedingungen, 35
 - PyFEM-Code, 60
 - Rang-1-Aktualisierung, 147–148
 - Rankine-Plastizität, Beton, 270–277
 - Ratenformulierungen, multiplikative
 - Elastoplastizität, 434–438
 - Ratengleichungen, 190–191
 - Integration, 309, 438–442
 - räumliche Diskretisierung, 35–40
 - Rayleigh-Koeffizienten, 157
 - Rechteckblock, Stoßbelastung, 161
 - Rechts-Strecktensor, 92, 389
 - reduzierte Steifigkeitsmatrix, 64
 - Referenzzustand, 95–96
 - Reflexion, Spannungswelle, 496
 - reguläre Knotenfreiheitsgrade, 479
 - regularisierte Schädigungsmodelle, 224–226
 - Reibung, 231
 - reibungsfreies Backbone-Plastizitätsmodell, 313
 - Reibungskoeffizient, 245
 - Reibungswinkel, 279, 283
 - Reihensummen-Lumping, 155
 - Reissner-Mindlin-Ansatz, 365
 - Relaxationsfunktion, 299, 302
 - Relaxationstest, eindimensionaler, 308
 - Relaxationszeit, 312
 - Remeshing, 467
 - Residuengleichungen,
 - Perzyna-Viskoplastizität, 311
 - Residuenvektor, 49
 - Return-Mapping, 254–255
 - Cam-Clay-Modell, 287
 - exponentielle Algorithmen, 442–447
 - Ilyushin-Kriterium, 382
 - Return-Mapping-Matrix, 274
 - Riks-Bogenlängen-Solver, 131–136
 - Riks-Methode, *siehe* Normalpfadmethode
 - Riss
 - Ausbreitung, 452, 463, 475
 - kohäsive Segmente, 487
 - künstliche Ablenkung, 497

- quasispröde Materialien, 214–224
 - stationärer geknickter, 485
 - Rissbandmodell, 199
 - rissbehafteter Beton, Nachgiebigkeitsrelation, 220
 - Rissbildung, 270
 - Rissinitiierung, 456
 - Rissöffnung, 129
 - Gleitverschiebung, 230
 - isogeometrische Analyse, 537
 - Risspfad, 473, 487
 - einseitig eingekerbter Balken, 488
 - Rivlin, *siehe* Mooney-Rivlin-Modell
 - Rollengegenführung, 533–534
 - Rotating-Crack-Modell, 218, 282–283
 - Rotation, *siehe auch* Spin
 - finite, 354
 - starre, 440–441
 - Rotationsfreiheitsgrade, 353
 - Rotationsinkremente, 359–360
 - Rotationsmatrix, 355
 - lokale, 102
 - Mittelpunkts-, 441
 - multiplikative Elastoplastizität, 431
 - Rotationstensor, 390
 - Routh-Hurwitz, Stabilitätssatz, 318
 - Rücktransformation, 105
 - Rückwärts-Exponentialintegrator, 442
 - Rutschungsebene, 261
- S**
- Satz von Vieta, *siehe* Vieta-Regel
 - Schädigung, isotrope elastische, 181–185
 - Schädigungsmechanik, 179–230
 - gekoppelte
 - Schädigungs-Plastizitäts-Modelle, 288–289
 - höherer Ordnung, 476–477
 - Schädigungsmodelle
 - anisotrope, 210–212, 216
 - elastizitätsbasiertes, 184
 - höherer Ordnung, 527–531
 - nichtlokale Formulierung, 528
 - nichtlokales elastizitätsbasiertes, 226
 - PyFEM-Code, 185–188
 - regularisierte, 224–226
 - Schädigungsvariable, 180, 182
 - Schalen
 - Design-through-Analysis, 521–526
 - Scordelis-Lo-Schale, 121–122, 523–524
 - Schalenelemente, 363–382
 - Schälversuch, 492–494
 - Schätzwert, 134
 - HHT- α -Methode, 164
 - Scheinlösungen, 33, 176, 293–296, 415
 - scherbelasteter Balken, 321
 - Scherdeformation, 333–336
 - flacher Bogen, 326
 - Scherdehnung
 - technische, 23, 99
 - tensorielle, 23, 99
 - Scherdehnungsverteilung, 319
 - Scherintensität, 245
 - Scherkraft, 333
 - flache Schalen, 367
 - Scher-Locking, 336, 353
 - flache Schalen, 369
 - Schermodul, Grundzustands-, 405, 411
 - Scherspannung, *siehe* Schubspannung
 - Scherspannungsantwort, 393
 - Scherspannungs-Korrekturfaktor, 335, 351, 359
 - Kontinuums-Schalenelement, 374
 - Scherwand, 276–277
 - schmaler Balken, 335
 - Schnittkräfte (Schnittgröße), 327–331, 363
 - Schubmodul, 26–27
 - Schubspannung, 19
 - schwache Formulierung, 35
 - schwache Unstetigkeiten, 497–499
 - Schwerelast, 523
 - Schwerpunkt des Element, 102, 419–421
 - Scordelis-Lo-Schale, 121–122
 - NURBS, 523–524
 - sData (Objekt), 43–44, 518
 - Sekantenansatz, 146
 - Sekantenkompressionsmodul, 286
 - Sekantensteifigkeitstensor, Matrixform, 181
 - Sekundärriss, 219
 - Selbstdehnung, 424
 - semidiskrete Gleichungen, 151–152
 - semidiskrete Impulsbilanz, 37
 - Serendipity-Familie, 369
 - Shanno, *siehe* BFGS-Update
 - Sichtbarkeitskriterium, 473–474
 - Simpson-Integration, 330–331
 - Singularität
 - linear-elastische Bruchmechanik, 483
 - Mohr-Coulomb-Fließfläche, 280
 - Rankine-Fließfläche, 273
 - tangentielle Steifigkeitsmatrix, 55
 - Skalar, 5–6
 - skalärer Verfestigungsparameter, 246
 - Skalarprodukt, 7
 - Spannungs- und Dehnungsrate, 189
 - slip theory, 212

- Snap-back-Verhalten, 57, 122, 131
- Solver
 - explizite Zeitintegration, 157–161
 - nichtlinearer, 84–85, 110–117
 - Riks-Bogenlängen-, 131–136
- Spaltenvektor, 6
- Spannung, effektive, 180
- Spannungsantwort, Gummimaterialien, 389
- Spannungs-Dehnungs-Beziehung, *siehe auch* Stoffgesetz
 - bilineare, 168
 - Integration, 253–264
- Spannungsdeviator, 21
 - Hauptstreckungs-Dehnungsenergiefunktionen, 408–409
 - Invarianten, 240
- Spannungsfelder, stückweise konstante, 205
- Spannungsfluktuationen, 320
- spannungsfreie Unstetigkeiten, 495
- Spannungsinkrement, Trägerelement, 69
- Spannungsintensitätsfaktoren, 451
- Spannungsinvarianten, 240
- Spannungskomponenten, wahre, 94
- Spannungskreis, Mohr'scher, 237
- Spannungsmaß, Kontinuum, 90–97
- Spannungssoszillationen, 456–457
- Spannungspunkt, 253
- Spannungsrate, 189
 - objektive, 389–394
- Spannungssingularität, 484
- Spannungstensor, 19–25
 - Hyperelastizität, 385–389
 - Symmetrie, 34
- Spannungs-Update, 445–446
- Spannungsvektor, 19–25
 - Zerlegung der Eins, 486
- Spannungswelle, 161, 496
- spektrale Zerlegung, 273, 433
- sphärische Bogenlängenbedingung, 125–126
- Spin, *siehe auch* Rotation
 - lokaler, 102
 - plastischer, 423, 433, 435
- Spintensor
 - antisymmetrischer, 392
 - plastischer, 433, 442
- sprödes Materialverhalten
 - Gittersensitivität, 195
 - ideal, 179–180
- Sprungfunktion, 485
- Spur (Matrix), 13
- Stabilität
 - Böschungen, 262
 - diskrete Systeme, 136–142
 - Nichtlinearitäten, 167–171
 - Schädigungsmodelle, 189–193
 - Stabilitätssatz von Routh-Hurwitz, 318
- Standard-Galerkin-Methode, 204
- starre Drehung, 91
- starre Rotation, 440–441
- stationärer geknickter Riss, 485
- Stationaritätsbedingung, 469
- Steifigkeit
 - Dummy-, 456–457
 - negative, 168
- Steifigkeitsmatrix
 - Element-, 85
 - pseudoelastische, 265, 281
 - Rang-1-Aktualisierung, 147–148
 - reduzierte, 64
 - tangentiale, *siehe* tangentiale Steifigkeitsmatrix
- Steifigkeitsmoduln, momentane, 98
- Steifigkeitstensor, elastischer, 26
- Steigung, lokale, 342
- Stetigkeit, *siehe auch* Unstetigkeiten
 - B-Splines, 505
- Stoffgesetz, 25–26, 58–59, *siehe auch* Spannungs-Dehnungs-Beziehung
 - eindimensionales, 78
 - geometrische Nichtlinearität, 68–69
 - Kriechmodelle, 306
 - Modifikation, 366
 - nichtlokales, 226
 - Objektivitätsprinzip, 390
 - Schädigungsmechanik, 181
- Stoffmodell
 - Dehnungsverfestigung, 321
 - zeitabhängiges, 297–321
- Stoffmodell-Matrix
 - elastische, 347
 - Modifikation, 428
 - multiplikative Elastoplastizität, 435
- Stoßbelastung, Rechteckblock unter, 161
- Stoßdämpferzellen, 402–405
- Straffunktionen, 471, 534
- Streckung, 342
 - Invarianten, 400–404
 - plastische, 433
 - Streckungstensor, 389, 392
- Streifengründung, 478
- stückweise konstante Spannungsfelder, 205
- Sturmflutwehr, 402
- Subcycling, 175
- Subelemente, 483
- Sublayer-Modell, 249

- subparametrische Formulierung, 40
- Substepping, 264
- superlineares Konvergenzverhalten, 149
- superparametrische Formulierung, 40
- Superpositionsprinzip, lineare
 - Viskoelastizität, 299
- Symmetrie
 - Kirchhoff-Spannungstensor, 426
 - konsistenter Tangentenoperator, 268
 - Matrizen, 9
 - Spannungstensor, 34
 - symmetrisierte Operatoren, 190
- symmetrisch gekerbter Drei-Punkt-Balken, 456

- T**
- tangent cutting plane (TCP), 262–264
- Tangentenmodul
 - Schädigungsmechanik, 180
 - Trägerelement, 69
- Tangentenoperator
 - elastoplastischer konsistenter, 446
 - konsistenter, 265, 268
- Tangenten-Schnittebenen-Algorithmus, 262–264
- Tangentensteifigkeitsmatrix
 - konsistente, 381
 - Mooney-Rivlin-Modell, 403
- Tangenten-Steifigkeitsoperatoren, 265–268
- tangentiale Element-Steifigkeitsmatrix, Grenzflächenelemente, 455
- tangentiale Material-Steifigkeitsmatrix, 105
- tangentiale Material-Steifigkeitsrelation, u/p -Formulierung, 412
- tangentiale Steifigkeitsmatrix, 46
 - algorithmische, 173
 - Diagonalisierbarkeit, 138–139
 - Eigenprojektionen, 284
 - korotierende Formulierung, 78–81
 - Mikroebenenmodelle, 213
 - nichtlinearer Beitrag, 74
 - Rotating-Crack-Modell, 218
 - Singularität, 55
 - Trägerelement, 68–69
- tangentiale Stoffmodell-Matrix, 368
- tangentiale Material-Steifigkeitstensor, Schädigungsmechanik, 190
- tangentiale Schermodul, 335
- Taylor-Entwicklung, 71, 119
- technische Balkentheorie, 341
- technische Dehnung, lokale, 422
- technische Scherdehnung, 23, 99
- Tensor, 13–18
 - akustischer, 193
 - antisymmetrischer, 437
 - Definition, 12
 - Haupttrichtungen, 16–17
 - Invarianten, 21–22
 - orthogonaler, 390
- tensorielle Scherdehnung, 23, 99
- Tensorproduktstruktur, 508, 516
- Testfunktionen
 - Enhanced-assumed-Strain-Ansatz, 418
 - Zerlegung der Eins, 480
- Testpunkte, 483
- Testspannung, 254, *siehe auch*
 - Return-Mapping
 - exponentielle Algorithmen, 444
 - gekoppelte
 - Schädigungs-Plastizitäts-Modelle, 288
 - Multi-Fließflächen-Plastizität, 282
- thermische Belastung,
 - Bogenlängenverfahren, 128
- Timoshenko-Annahme, flache Schalen, 371
- Timoshenko-Balken, 326, 333–336
 - korotierende Formulierung, 346–347
- Toleranzgrenze
 - Riks-Bogenlängen-Solver, 135
 - Zerlegung der Eins, 483
- Ton, überkonsolidierter, 285
- totale Verformungsenergie, 396
- totale Winkelverzerrung, 23
- Total-Lagrange-Formulierung, 72–75
 - Kontinua, 97–102
- Totlast, Stabilität unter, 137, 141
- Träger
 - B-Splines, 504
 - Kanalprofil-, 524–525
 - Knoten, 467
- Trägerelement
 - flaches, *siehe* flaches Trägerelement
 - geometrische Nichtlinearität, 68–81
 - korotierende Formulierung, 77–81
- Tragfähigkeit, 141, 194
 - Scherwand, 276
- Transformationsmatrix, 14–15
 - Updated-Lagrange-Formulierung, 76
- translationale Freiheitsgrade, 356
- Transposition, 6
- Trapezregel, 162
 - Dispersionsrelation, 170
 - verallgemeinerte, 313
- Tresca-Fließfunktion, 238–239
 - Multi-Fließflächen-Plastizität, 277–285
- trivariat, 502
- Truesdell-Rate, 426, 429, 436–438

- Spannung, 393
- Zerlegung der Eins, 490
- T-Splines, 501, 509–512
 - einseitig eingekerbter Balken, 536–537
 - Gitterverfeinerung, 529
 - isogeometrische Analyse, 523–524
- Tucker, *siehe*
 - Karush-Kuhn-Tucker-Bedingungen

U

- überkonsolidierter Ton, 285
- „unechte“ Gittersensitivitäten, 527
- uniaxiale Fließgrenze, 252
- uniaxiale Fließkraft, 379
- uniaxiale Zugbelastung, 405
- univariat, 502
- univariate B-Splines, 503–506
- univariate NURBS, 506–507
- unrealistische Lösungen, 109
- unstetige Galerkin-Methoden, 460–465
- Unstetigkeiten, 191, 451–465
 - Ausweitung, 486
 - Diskretisierung, 480
 - eingebettete, 202–210
 - isogeometrische Analyse, 532
 - propagierende, 535
 - schwache, 497–499
 - spannungsfreie, 495
- Update, *siehe* Aktualisierung
- Updated-Lagrange-Formulierung, 75–77
 - Kontinua, 97–102
- Updated-Normalpfad-Methode, 126, 129
- u/p -Formulierung, 296
 - Hyperelastizität, 412–416

V

- Variationsfeld, 202
- Variationsinkonsistenz, 208
- Variationsminderung, B-Splines, 505
- Vektoren, 6, 13–18
- verallgemeinerte Plastizität, 249–250
- verallgemeinerte Trapezregel, 313
- verallgemeinerte Verschiebungen, 346
- verallgemeinerte Verschiebungsinkremente, 358–359
- Verbindungssteifigkeit, 224
- Verbundstab, 532–533
- Verfeinerung
 - B-Splines, 506
 - NURBS-Patches, 509
- Verfestigung, 245–253
 - isotrope, 247, 259, 266–267
 - kinematische, 247, 257
 - Verfestigungsdiagramm, 251
 - Verfestigungsmodul, 251
 - Verfestigungsparameter, skalarer, 246
 - Verfestigungsplastizität, 250–251
 - isotrope, 436
 - Verformungsenergie, totale, 396
 - Vergleichskörper, linearer, 142, 191
 - Versagensband, diagonales, 527, 529
 - Versagenskriterium, Hoffman-, 260–261
 - Versagensmode, lokalisierte, 195
 - Verschiebung
 - axiale, 325
 - Dehnungstensor, 23
 - flaches Trägerelement, 4
 - inkompatible Moden, 295–296
 - inkrementelle, 47
 - Verschiebungsfeld, 39
 - Verschiebungsgradient
 - geometrische Nichtlinearität, 67
 - unstetiger, 202
 - Verschiebungsinkrement, Korrektur, 49
 - Verschiebungskontrolle, 54–57, 525
 - PyFEM-Code, 57–66
 - Verschiebungskriterium, 146
 - verschmierte Rissmodelle,
 - elastizitätsbasierte, 214–220
 - Verschmierte-Kohäsionszonen-Modell, 201
 - Vertex, T-Gitter, 510–511
 - Verzerrungsarbeit, 398
 - Viertelhemisphäre, 507
 - Viertelkreis, 507
 - Viertelpunkt-Elemente, 467
 - Vieta-Regel, 17, 138
 - virtuelle Arbeit, 33–35, 290
 - innere, 77, 344
 - Kontinua, 97–106
 - linearisierte Gleichung, 352
 - Timoshenko-Balken, 333
 - zweiter Ordnung, 137
 - virtuelles Dehnungsinkrement, 72
 - Viskoelastizität, lineare, 297–304
 - viskoplastische Dehnungsrate, 310
 - Viskoplastizität, 306–321
 - Visualization Toolkits (VTK), 111
 - Voigt-Notation, 21
 - vollständige Massenmatrix, 155
 - vollständige Newton-Raphson-Methode, 122
 - volumenerhaltende Deformation, 395
 - volumetrische Arbeit, 398
 - volumetrisches Locking, 290–296
 - elementfreie Galerkin-Methode, 477–478
 - inkompressibler Grenzfall, 411

- modifizierter Deformationsgradient, 420
 - Von-Mises-Äquivalentdehnung, modifizierte, 186
 - Von-Mises-Fließfunktion, 240
 - Von-Mises-Fließkriterium, Ilyushin-Kriterium, 380–381
 - Von-Mises- (J_2) -Plastizität, 266–267
 - Von-Mises-Plastizität, 257
 - Vorkonsolidationsdruck, 287
 - Vor-Rissphase, 455
- W**
- Washizu, *siehe* Hu-Washizu-Variationsprinzip
 - Wechselwirkungsspannung, 223
 - Wendepunkte, Last-Verschiebungs-Kurve, 460
 - Wiederverfestigung, 316
 - Winkelverzerrung, totale, 23
- Z**
- Zeilenvektor, 6
 - zeitabhängige Stoffmodelle, 297–321
 - Zeitintegration, 151
 - Energieerhaltung, 171–174
 - nichtlineare HHT- α -, 165–166
 - Zeitschrittkontrolle, 174–176
 - Zellenstruktur, Hintergrund-, 472
 - zentrale Differenzen, 153
 - Zerlegung der Eins, 479–499
 - B-Splines, 505
 - Ziegler'sche kinematische Verfestigungsregel, 257
 - Zugbelastung, uniaxiale, 405
 - Zugdehnungssensitivität, 183
 - Zug-Druck-Spannungszustände, biaxiale, 270
 - Zugentfestigung, 223
 - Zugfestigkeit, 179, 216
 - Zugspannung, axiale, 193
 - Zugversteifung, 220–224
 - Zusammenhang (Connectivity), 59
 - Knoten, 468, 473
 - zusätzliches Dehnungsfeld, 417
 - Zwangsbedingung
 - Bogenlängenverfahren, 121
 - Druckfreiheitsgrade, 413
 - kinematische, 292–293
 - Zwangsbedingungsmatrix, 64
 - zweidimensionales
 - Kontinuums-Balkenelement, 348–353
 - Zwei-Schicht-Laminat, 492–494
 - zweiter Piola-Kirchhoff-Spannungstensor, 94–95
 - Dehnungsenergiefunktion, 397
 - Hyperelastizität, 388
 - Kontinuums-Balkenelement, 350–351, 360
 - Kontinuums-Schalenelement, 374–376
 - Matrixform, 100–101
 - Zwillinge, martensitische, 497–498
 - Zwischenschicht-Grenzfläche, 492–494
 - zyklische Belastung, 248
 - Rankine-Plastizität, 272
 - Zylinderschale, Eigengewichtsbelastung, 121