

Aufgabenpool Mathematik in ONYX (Netzwerk)

Letzte Aktualisierung am: 23. September 2025

Inhaltsverzeichnis

Mögliche Aufgabenformate	12
1 _JSXGraph	13
1.1 _JSXGraph GettingStarted	13
1.2 _JSXGraph-Objekte ohne Aufgabe	13
2 _Maxima: Formel- und Befehlseingabe	14
2.1 MAXIMA-Befehle (Üben)	14
2.2 MAXIMA-Grundoperationen	14
3 Algebra	15
3.1 Beweisaufgaben (Rohmaterial)	15
3.1.1 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 (Upload-Format)	15
3.1.1.1 Klausuraufgaben	15
3.1.1.2 Serie 01	15
3.1.1.3 Serie 02	15
3.1.1.4 Serie 03	16
3.1.1.5 Serie 04	16
3.1.1.6 Serie 05	16
3.1.1.7 Serie 06	16
3.1.1.8 Serie 07	17
3.1.1.9 Serie 08	17
3.1.1.10 Serie 10	17
3.1.1.11 Serie 11	17
3.1.2 Galois Theorie (Rohmaterial/Beweisaufgaben)	18
3.1.3 Grundlagen der Algebra (Rohmaterial/Beweisaufgaben)	19
3.1.4 Koerpererweiterungen (Rohmaterial/Beweisaufgaben)	20
3.1.5 Ringe (Rohmaterial/Beweisaufgaben)	21
3.1.6 Ringe und Moduln (Rohmaterial/Beweisaufgaben)	22
3.1.7 Tensoren (Rohmaterial/Beweisaufgaben)	23
3.1.8 Weitere Aufgaben (BAN)	24
3.2 Gruppentheorie	25
3.2.1 Definition, Verknüpfungstabeln	25
3.2.2 Permutationen und Permutationsgruppen	25
3.2.3 Untergruppen	25
3.2.4 Weitere Gruppen und Gruppenaktionen	26
3.2.5 zyklische und abelsche Gruppen	26
3.3 Moduln und Smith-Normalform	26
3.4 Ringe und Körper	26
3.4.1 Axiome, Verknüpfungstabeln, erste Eigenschaften	26
3.4.2 Chinesischer Restsatz	27
3.4.3 Körper- und Galoistheorie	27
3.4.4 Polynome und Polynomringe	27
3.4.5 Rechnen-in-Zn / modulo-Rechnung	27

4	Analysis	28
4.1	Analysis im \mathbb{R}^n	28
4.1.1	Ableitungsbegriffe (partiell, vollständig, etc.)	28
4.1.1.1	Funktionen aus \mathbb{R}^1 (Tangentialvektor)	28
4.1.1.2	Funktionen nach \mathbb{R}^1 (Gradient/Hessematrix)	28
4.1.1.3	Funktionen nach \mathbb{R}^n (Jacobi-Matrix)	30
4.1.1.4	Partielle Ableitungen	30
4.1.1.5	Richtungsableitungen	31
4.1.1.6	Verkettete Funktionen	31
4.1.2	Definitionsbereich	31
4.1.3	Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Extrema ohne Nebenbedingungen	31
4.1.4	Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Extrema unter Nebenbedingungen	32
4.1.5	Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Fehlerrechnung	33
4.1.6	Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Taylorformel und Taylorpolynome	33
4.1.7	Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Vektoranalysis (Divergenz, Rotation, Potential)	34
4.1.8	Folgen im \mathbb{R}^n : Konvergenz & Divergenz	34
4.1.9	Funktionen im \mathbb{R}^n : Implizite Funktionen (Niveaumengen, UMs, etc.)	35
4.1.9.1	Flächen beschriften	36
4.1.10	Funktionen im \mathbb{R}^n : Kurven (vektorwertige Funktionen)	36
4.1.11	Funktionen über \mathbb{R}^n : Graphen erkennen	36
4.1.12	Funktionen über \mathbb{R}^n : Stetigkeit	36
4.1.13	Integration im \mathbb{R}^n : Bogenlängen	37
4.1.14	Integration im \mathbb{R}^n : Kurvenintegrale	37
4.1.14.1	1. Art (nicht orientiert :: skalare Funktionen)	37
4.1.14.2	2. Art (tangential orientiert :: Vektorfelder)	37
4.1.14.3	3. Art (normal orientiert :: Vektorfelder)	38
4.1.15	Integration im \mathbb{R}^n : Normalbereiche	39
4.1.15.1	Aufgabenkomplexe	39
4.1.15.2	In 2D	39
4.1.15.3	In 3D	40
4.1.16	Integration im \mathbb{R}^n : Oberflächenintegrale und Satz von Gauß/Stokes	41
4.1.16.1	1. Art (nicht orientiert :: skalare Funktionen)	41
4.1.16.2	2. Art (normal orientiert :: Vektorfelder)	41
4.1.17	Integration im \mathbb{R}^n : Satz von Fubini & Transformationssatz	41
4.1.18	Integration im \mathbb{R}^n : Schwerpunkt und Masse	41
4.1.19	Verschiedenes/Mix	42
4.2	Differentialrechnung einer Veränderlichen	43
4.2.1	Ableitung: allgemeine Regeln	43
4.2.2	Ableitung: Anwendung der Definition	43
4.2.3	Ableitung: Beispiele Grundfunktionen	43
4.2.4	Ableitung: Beispiele Kettenregel	44
4.2.5	Ableitung: Beispiele Logarithmisches Differenzieren	45
4.2.6	Ableitung: Beispiele Produktregel	45
4.2.7	Ableitung: Beispiele Quotientenregel	46
4.2.8	Ableitung: Beispiele zum Trainieren	46
4.2.9	Ableitung: Graph erkennen	47
4.2.10	Ableitung: höhere Ableitungen	47
4.2.11	Ableitung: Interpretationen	48
4.2.12	Ableitung: Trigonometrische Funktionen	48
4.2.13	Ableitung: Zusammenhang mit Krümmungsverhalten	48
4.2.14	Ableitung: Zusammenhang mit Tangenten	48
4.2.15	Differenzen- und Differentialquotienten	49
4.2.16	Differenzierbarkeit stückweise definierter Funktionen	49
4.2.17	Extrema: Allgemein	49

4.2.18	Extrema: Am Graph erkennen	49
4.2.19	Extrema: Textaufgaben	49
4.2.20	Kurvendiskussion	50
4.2.21	Kurvendiskussion: Aufgabensplit	51
4.2.22	Modellierung/Textaufgaben	51
4.2.23	Satz von Rolle/Mittelwertsatz	51
4.2.24	Stetige Differenzierbarkeit	52
4.2.25	Taylorpolynome bestimmen	52
4.2.26	Transfer: Grenzwertbestimmung mit L'Hospital	53
4.2.27	Transfer: Stetigkeit	53
4.2.28	Wendepunkte: Am Graph erkennen	53
4.3	Folgen und Reihen	54
4.3.1	Allgemeines/Mix/Verschiedenes	54
4.3.2	Folgen: Anwendung der Definition ($N(\varepsilon)$)	54
4.3.3	Folgen: Berechnung von Grenzwerten	54
4.3.4	Folgen: Bestimmung von Gliedern und Grenzwert	54
4.3.5	Folgen: Eigenschaften von Zahlenfolgen	55
4.3.6	Folgen: Grenzwerte – Differenz bestimmt divergenter Folgen	55
4.3.7	Folgen: Grenzwerte mit e (Eulersche Zahl)	55
4.3.8	Folgen: Grenzwerte mit n-ter Wurzel	55
4.3.9	Folgen: Grenzwerte – Rechenregeln vs. unbestimmte Ausdrücke	56
4.3.10	Folgen: Limes Inferior und Limes Superior	56
4.3.11	Folgen: Rekursiv definierte Folgen	56
4.3.12	Folgen: Vorschrift angeben	56
4.3.13	Folgen/Reihen: Grenzwertberechnungen Querbeet	57
4.3.14	Folgen/Reihen: Textaufgaben	57
4.3.15	Folgen/Reihen: Theoretisches Wissen	57
4.3.16	Reihen: Anwendung von Konvergenz- und Divergenzkriterien	58
4.3.17	Reihen: Spezialfall geometrische Folge/Reihe	58
4.3.18	Reihen: Teleskopreihen	58
4.3.19	Reihen: Vorschrift angeben	58
4.3.20	Reihen: Zusammenhang Dezimaldarstellung	58
4.4	Funktionen: Funktionen von \mathbb{R} nach \mathbb{R}	59
4.4.1	Definitions- und Wertebereich	59
4.4.2	Eigenschaften von Funktionen	60
4.4.3	Funktionsfolgen	60
4.4.4	Grafiken	61
4.4.5	Grenzwerte: Allgemeines/Mix/Verschiedenes	62
4.4.6	Grenzwerte: Anwendung Rechenregeln	62
4.4.7	Grenzwerte: Asymptoten bei Differenzen von Funktionen	62
4.4.8	Grenzwerte: Asymptoten bei rationalen Funktionen	63
4.4.9	Grenzwerte: Produkt beschränkter Funktion mit in 0 stetiger Funktion	63
4.4.10	Grenzwerte: Stückweise definierte Funktionen	63
4.4.11	Stetigkeit: Anwendung der Definition	64
4.4.12	Stetigkeit: Anwendungsaufgaben – z.T. mit Differenzierbarkeit	64
4.4.13	Stetigkeit: Arten von Unstetigkeiten	64
4.4.14	Stetigkeit: Gleichmäßige Stetigkeit	64
4.4.15	Stetigkeit: Grundfunktionen	64
4.4.16	Stetigkeit: Sätze über stetige Funktionen	64
4.4.17	Stetigkeit: Stetige Fortsetzbarkeit	65
4.4.18	Stetigkeit: Stückweise definierte Funktionen	65
4.4.19	Verkettung und Umkehrfunktion	65
4.5	Funktionsreihen (Potenzreihen, Taylorreihen, etc.)	66
4.5.1	Fourierreihen	66

4.5.2	Funktionenreihen: punktweise und gleichmäßige Konvergenz	66
4.5.3	Potenzreihen	67
4.5.4	Taylorreihen	67
4.6	Höhere Analysis: Funktionalanalysis	68
4.6.1	Gram-Schmidt-Orthogonalisierung	68
4.6.2	Lineare Operatoren	68
4.6.3	Normen und norminduzierte Metriken	68
4.7	Höhere Analysis: Funktionentheorie	69
4.7.1	Grundbegriffe und Definitionen	69
4.7.2	Komplexe Differentialrechnung	69
4.7.3	Komplexe Funktionen	69
4.7.4	Komplexe Integration	70
4.7.5	Komplexe Integration: Integralsatz und -formel von Cauchy	70
4.7.6	Komplexe Integration: Kurvenintegrale, Stammfunktionen	70
4.7.7	Singularitäten und Residuen	70
4.8	Integralrechnung einer Veränderlichen	71
4.8.1	Allgemeines/Mix/Tipps/Verschiedenes	71
4.8.2	Bestimmte Integrale/Anwendung Hauptsatz	72
4.8.3	Bogenlängen	73
4.8.4	Flächenberechnungen	73
4.8.5	Rationale Funktion/Partialbruchzerlegung	74
4.8.6	Rotationskörper	74
4.8.7	Sachaufgaben	74
4.8.8	Schwerpunkt & Masse	74
4.8.9	Spezielle Substitutionen	75
4.8.10	Unbestimmte Integrale/Stammfunktionen	75
4.8.11	Uneigentliche Integrale	76
4.9	Integral-Transformationen	76
4.9.1	Fourier-Transformation	76
4.9.2	Laplace-Transformation	76
4.10	Verschiedenes	76
5	Data-Science (Maschinelles Lernen)	77
5.1	Clustering	77
5.2	Gradienten-Verfahren	77
5.3	Grundlegendes	77
5.4	Klassifikation	77
5.5	Matrixmethoden, SVD, PCA	77
5.6	neuronale Netzwerke	77
5.7	Regression, kleinste Quadrate	77
6	Differentialgleichungen	78
6.1	Differentialgleichungen 1. Ordnung	78
6.1.1	Allgemeines/Mix/Verschiedenes	78
6.1.2	Anfangswertprobleme	78
6.1.3	Bernoulli- und Ricatti-DGL	78
6.1.4	Exakte Differentialgleichungen	78
6.1.5	Inhomogene DGL/Variation der Konstanten	78
6.1.6	Lösung per Laplace-Transformation	79
6.1.7	Lösung per Potenzreihenansatz	79
6.1.8	Richtungsfelder	79
6.1.9	Sonderfall $y' = f(x)$ – einmal integrieren	79
6.1.10	Substitutionen / Ähnlichkeits-DGL	79
6.1.11	Trennung der Variablen	79

6.1.12	Überprüfung auf Lösungseigenschaft	80
6.2	Differentialgleichungen 2. Ordnung	81
6.2.1	Allgemeines/Mix/Verschiedenes	81
6.2.2	Linear mit konstanten Koeffizienten homogen	81
6.2.3	Linear mit konstanten Koeffizienten inhomogen	81
6.2.4	Lösung per Laplace-Transformation	81
6.2.5	Sonderfall $y'' = f(x, y')$ – Substitution	81
6.2.6	Sonderfall $y'' = f(x)$ – Zweimal integrieren	82
6.2.7	Sonderfall $y'' = f(y)$ – Energiemethode	82
6.3	Differentialgleichungen n. Ordnung	83
6.3.1	Konstante Koeffizienten homogen	83
6.3.2	Konstante Koeffizienten inhomogen	83
6.4	Differentialgleichungssysteme	84
6.4.1	DGLS: Allgemeines/Mix/Verschiedenes	84
6.4.2	DGLS: Aufstellen	84
6.4.3	DGLS: AWP konstante Koeffizienten homogen	84
6.4.4	DGLS: AWP konstante Koeffizienten inhomogen	84
6.4.5	DGLS: Konstante Koeffizienten homogen	84
6.4.6	DGLS: Konstante Koeffizienten inhomogen	84
6.4.7	DGLS: Räuber-Beute-Modelle	84
6.4.8	DGLS: Überführung aus DGL n. Ordnung	84
6.4.9	DGLS: Überführung in DGL n. Ordnung	84
6.5	Partielle Differentialgleichungen	85
6.5.1	Aufstellen/Erkennen/Klassifizieren/Zuordnen	85
6.5.2	Methode der Charakteristiken	85
6.5.3	Separationsansatz	85
6.6	Typklassifikation	85
7	Englischsprachige Aufgaben	86
7.1	E: Algebra	86
7.1.1	E: Algebra_Day	86
7.1.2	E: Algebra: Project-ELearning	86
7.1.2.1	E: 1. Introduction	86
7.1.2.2	E: 2. Group Theory	86
7.1.2.3	E: 3. Rings	86
7.1.2.4	E: 4. Field Extensions	86
7.1.2.5	E: 5. Galois Theory	86
7.1.3	E: MS-Aufgaben	86
7.2	E: Analysis	86
7.2.1	E: Differentialgleichungen	86
7.2.1.1	E: Anfangswertprobleme	86
7.2.1.2	E: Exakte Differentialgleichungen	86
7.2.2	E: Differentialrechnung einer Veränderlichen	86
7.2.2.1	E: Ableitungen und Tangenten	86
7.2.2.2	E: Extremwertaufgaben	86
7.2.2.3	E: Kurvendiskussion	86
7.2.3	E: Folgen und Reihen	87
7.2.4	E: Fourieranalysis und Laplacetransformation	87
7.2.5	E: Funktionen	87
7.2.5.1	E: Grenzwerte	87
7.2.5.2	E: Stetigkeit	87
7.2.5.3	E: vektorwertige Funktionen	87
7.2.5.4	E: Verkettung und Umkehrfunktion	87
7.2.6	E: Funktionentheorie	87

7.2.6.1	E: Differenzierbarkeit	87
7.2.6.2	E: Elementare Funktionen	87
7.2.6.3	E: Integralsatz und -formel von Cauchy	87
7.2.6.4	E: Komplexe Zahlen	87
7.2.6.5	E: Kurvenintegrale	87
7.2.6.6	E: Laurent-Reihen & Singularitäten	87
7.2.6.7	E: Logarithmus und Windungszahl	87
7.2.6.8	E: Potenzreihen	88
7.2.6.9	E: Residuen/Residuensatz	88
7.2.6.10	E: simpleMixed	88
7.2.7	E: Integralrechnung einer Veränderlichen	88
7.2.8	E: Potenzreihen und Taylorreihen	88
7.2.9	E: Vektoranalysis	88
7.3	E: Differentialgleichungen	89
7.4	E: Grundlagen	90
7.4.1	E: Funktionen	90
7.4.1.1	Verschiedenes/Mix	90
7.4.1.2	Winkelfunktionen	90
7.4.2	E: Gleichungen	90
7.4.3	E: Grundbegriffe und Definitionen	90
7.4.4	E: Komplexe Zahlen	90
7.4.5	E: Mengen und Zahlenbereiche	90
7.4.6	E: Potenzen und Logarithmen	90
7.4.7	E: Proportionen, Einheiten etc.	90
7.4.8	E: Termumformungen etc.	90
7.4.9	E: Ungleichungen und Beträge	90
7.5	E: Lineare Algebra	91
7.5.1	E: Analytische Geometrie	91
7.5.2	E: Eigenwerte und Eigenvektoren	91
7.5.3	E: Lineare Gleichungssysteme	91
7.5.4	E: Matrizen, Determinanten	91
7.5.5	E: Quadriken	91
7.5.6	E: Vektorräume	91
7.6	E: Numerik	91
7.7	E: Optimierung	91
7.8	E: Vector calculus	91
8	Geometrie	91
8.1	Affine und projektive Geometrie	91
8.2	Differentialgeometrie	91
8.2.1	Flächen	91
8.2.2	Kurven	92
9	Grundlagen	93
9.1	Abbildungen	93
9.1.1	Injektivität/Surjektivität	93
9.1.2	Linearität	94
9.2	Finanzmathematik	94
9.3	Funktionen	94
9.3.1	Allgemeines/Mix/Verschiedenes	94
9.3.2	Exponential- und Logarithmusfunktionen	94
9.3.3	Hyperbelfunktionen	94
9.3.4	Komposition/Verkettung	94
9.3.5	Lineare Funktionen	95

9.3.6	Polynome	95
9.3.7	Potenzfunktionen	95
9.3.8	Quadratische Funktionen	95
9.3.9	Rationale Funktionen	95
9.3.10	Winkelfunktionen	95
9.4	Geometrie: Elementare Geometrie	96
9.5	Gleichungen	96
9.5.1	Allgemeines/Mix	96
9.5.2	Geradengleichungen	96
9.5.3	Gleichungen mit allg. Potenz (a^x)	96
9.5.4	Gleichungen mit Beträgen	96
9.5.5	Gleichungen mit Brüchen	96
9.5.6	Gleichungen mit Exponentialfunktion	96
9.5.7	Gleichungen mit Logarithmus	96
9.5.8	Gleichungen mit Wurzeln	96
9.6	Graphen	96
9.7	Grundbegriffe und Definitionen	96
9.8	Gruppen, Ringe, Körper	96
9.9	Induktion	96
9.10	Komplexe Zahlen	97
9.10.1	Addition von komplexen Zahlen	97
9.10.2	Allgemeines/Mix/Verschiedenes	97
9.10.3	Bestimmung des Quadranten	97
9.10.4	Betrag und Argument	97
9.10.5	Darstellung in der Gaußebene	97
9.10.6	Division/Inverse	97
9.10.7	Einheitswurzeln etc. ($z^n = r > 0$)	97
9.10.8	Gleichungen/Systeme (ggf. nichtlinear)	97
9.10.9	Koordinatenwechsel	97
9.10.10	Mengenbeschreibungen	98
9.10.11	Multiplikation/Potenzieren	98
9.10.12	Nullstellen von Polynomen	98
9.10.13	Regeln	98
9.10.14	Zugang über Vektoren	98
9.11	Logik	99
9.11.1	Grundlegende Begriffe	99
9.11.2	Grundlegende Beweisansätze	99
9.11.3	Logik: Textaufgaben	99
9.11.4	Quantoren	99
9.11.5	Tautologien	99
9.11.6	Terme und Aussagen	100
9.11.7	Transfer formale/natürliche Sprache	100
9.11.8	Wahrheitsgehalt von Aussagen	100
9.11.9	Wahrheitstabellen	100
9.12	Maßtheorie	100
9.13	Mengen und Zahlenbereiche	101
9.13.1	Allgemeines/Mix/Verschiedenes	101
9.13.2	Infimum & Supremum von Teilmengen von \mathbb{R}	101
9.13.3	Kartesisches Produkt von Mengen	101
9.13.4	Mengenoperationen auf endlichen Mengen	101
9.13.5	Mengenoperationen auf Intervallen	101
9.13.6	Potenzmenge	101
9.13.7	Venn-Diagramme	101
9.13.8	Zahlbereiche/Mengen von Zahlen	101

9.14	Metrik	102
9.15	Nullstellenberechnungen	102
9.16	Potenzen und Logarithmen	102
9.17	Proportionen, Einheiten etc.	102
9.18	Relationen	102
9.19	Spieltheorie	102
9.20	Termumformungen etc.	103
9.20.1	Ausmultiplizieren	103
9.20.2	Binomische Formeln / Quadratische Ergänzung	103
9.20.3	Partialbruchzerlegungen	103
9.20.4	Polynomdivision/Hornerschema	103
9.20.5	Summen- und Produktzeichen & Fakultät	104
9.20.6	Vereinfachen von Brüchen	104
9.21	Ungleichungen und Beträge	105
9.21.1	Allgemeines/Mix	105
9.21.2	Eigenschaften des Betrages	105
9.21.3	Eigenschaften von Kleiner-oder-gleich	105
9.21.4	Ungleichungen mit Beträgen	105
9.21.5	Ungleichungen ohne Beträge	105
9.22	Verschiedenes	105
9.23	Volatilität	105
9.24	Zahlentheorie	105
10	Kombinatorik	106
10.1	Kombinatorik: Berechnungsaufgaben	106
10.2	Kombinatorik: Textaufgaben	106
11	Lernstandserhebungen	106
11.1	Lernstandserhebung_01 (alt)	106
11.2	Lernstandserhebung_02	106
11.3	Lernstandserhebung_03 (inklusive Abfrage Brückenkurs)	106
12	Lineare Algebra	107
12.1	Analytische Geometrie	107
12.1.1	Abstandsaufgaben	107
12.1.2	Allgemeines/Mix/Verschiedenes	107
12.1.3	Darstellungen von Ebenen	107
12.1.4	Darstellungen von Geraden	108
12.1.5	Lagebeziehungen von Ebenen	108
12.1.6	Lagebeziehungen von Geraden	108
12.1.7	Lineare Unabhängigkeit	108
12.1.8	Linearkombinationen	109
12.1.9	Normen/Vektorlängen	109
12.1.10	Projektion & Spiegelung	109
12.1.11	Schnitte	109
12.1.12	Vektorrechnung: Allgemeines/Mix	110
12.1.13	Vektorrechnung: Kreuzprodukt	110
12.1.14	Vektorrechnung: Skalarprodukt	110
12.1.15	Vektorrechnung: Spatprodukt	111
12.2	Aufgabenkomplexe	111
12.3	Dualraum, Tensorprodukt	111
12.4	Eigenwerte und Eigenvektoren	112
12.4.1	Allgemeine Aussagen	112
12.4.2	charakteristisches Polynom und Minimalpolynom	112

12.4.3	Diagonalisierbarkeit und Jordansche Normalform	112
12.4.4	Eigenwerte und Vektoriteration	113
12.4.5	Eigenwertproblem in \mathbb{R}^2	113
12.4.6	Eigenwertproblem in \mathbb{R}^3	113
12.4.7	Eigenwertproblem in \mathbb{R}^4	113
12.4.8	Eigenwertproblem mit Anwendungsbezug	114
12.5	Euklidische und unitäre Vektorräume	114
12.6	Lineare Abbildungen	114
12.6.1	Darstellungs- und Transformationsmatrizen	115
12.6.2	Orthogonale Abbildungen	115
12.7	Lineare Gleichungssysteme	116
12.7.1	2x2-Matrizen	116
12.7.2	3x3-Matrizen	116
12.7.3	3xn-Matrizen und andere Rechteck-Matrizen	116
12.7.4	4x4-Matrizen	116
12.7.5	elementare Zeilenumformungen und Zeilenstufenform	116
12.7.6	Formen und Lösbarkeit	117
12.7.7	Matrixgleichungen	117
12.7.8	Parameterabhängige LGS	117
12.7.9	Textaufgaben	118
12.7.10	Transfer :: Analytische Geometrie (Punkt Schnittgerade Ebene)	118
12.8	Matrizen (Determinanten, Inverse, Normen)	119
12.8.1	Determinanten (Eigenschaften)	119
12.8.2	Determinanten 2x2 (Bestimmung)	119
12.8.3	Determinanten 3x3 (Bestimmung)	120
12.8.4	Determinanten 4x4 (Bestimmung)	121
12.8.5	Determinanten 5x5 (Bestimmung)	122
12.8.6	Determinanten 6x6 (Bestimmung)	122
12.8.7	Inverse (Regularität)	122
12.8.8	Jordan- und Frobenius-Normalform	122
12.8.9	Matrixnormen	123
12.8.10	Operationen (Ausführung)	124
12.8.11	Operationen (Eigenschaften)	125
12.8.12	Rangbestimmung	125
12.8.13	Singulärwertzerlegung – s.a. Eigenwerte (quadratisch)	125
12.8.14	Spezielle Matrizen/Eigenschaften	126
12.8.15	Transfer Eigenwerte :: Definitheit (Satz von Sylvester)	126
12.9	Quadriken	128
12.10	Vektorräume	128
12.10.1	Beweisaufgaben (Rohmaterial)	129
12.10.2	Basis	129
12.10.3	Eigenschaften	129
12.10.4	lineare Unabhängigkeit und Erzeugendensysteme	130
12.10.5	Unterräume	130
13	Lineare Optimierung	131
13.1	Dualität	131
13.2	Ganzzahlige Probleme	131
13.3	Graphisches Lösungsverfahren	131
13.3.1	Zulässiger Bereich, Zielfunktionen, Optimum Variante A	132
13.4	Modellierung von Optimierungsaufgaben	133
13.5	Simplexverfahren	133

14 Numerik	134
14.1 Approximation	134
14.2 Computerarithmetik	134
14.3 Fehlerrechnung	134
14.3.1 Kondition	134
14.4 FFT	135
14.5 Interpolation	135
14.5.1 Hermite	135
14.5.2 Lagrange	135
14.5.3 Newton ganzzahlig/einfach	135
14.5.4 Newton Gleitkommazahlen	136
14.5.5 Nichtpolynomiale Basisfunktionen	136
14.5.6 Splines	136
14.5.7 Theoretische Fragen	137
14.6 Iterationsverfahren (Bisektion, Newton, Regula Falsi)	138
14.6.1 Intervallhalbierung/Bisektionsverfahren	138
14.6.2 Newtonverfahren (mehrdimensional)	138
14.6.3 Newtonverfahren (Tangentenverfahren)	139
14.6.4 Regula Falsi (Sekantenverfahren)	139
14.6.5 Vorabprüfung mittels ZWS, etc.	140
14.7 Lineare Ausgleichsrechnung	140
14.8 Nichtlineare Ausgleichsrechnung	140
14.9 Numerische Differentiation	140
14.10 Numerische Integration	141
14.10.1 Allgemeines/Mix/Verschiedenes	141
14.10.2 Extrapolationsverfahren (Romberg, etc.)	141
14.10.3 Quadraturverfahren (Gauss, etc.)	142
14.10.4 Rechteckregel/Mittelpunktregel	143
14.10.5 Simpsonregel/Keplersche Fassregel	143
14.10.6 Trapezregel	143
14.11 Numerisches Lösung linearer Gleichungssysteme	144
14.11.1 Direkte Löser	144
14.11.2 Iterative Löser	144
14.11.3 Nichtquadratische Gleichungssysteme	144
14.12 Numerisches Lösung von Differentialgleichungen	145
14.12.1 partielle DGL)	145
14.13 Numerische Lösung von Eigenwertproblemen	146
14.13.1 Potenzmethode (Von-Mises-Iteration)	146
14.14 Numerische Lösung von Optimierungsaufgaben	146
14.15 Programmieraufgaben	146
15 Optimierung	147
15.1 KKT-Bedingungen	147
15.2 Kombinatorische Optimierung	147
16 Programmierung	148
16.1 Grundlagen (Kontrollstrukturen)	148
16.2 Komplexität von Algorithmen	148
16.3 Template	148

17 Stochastik: Statistik	149
17.1 Deskriptive Statistik	149
17.1.1 Grundbegriffe der Statistik	149
17.1.2 Histogramme und Verteilungsfunktionen	149
17.1.3 Konzentrationsmasse	150
17.1.4 Lineare Regression	150
17.1.5 Statistische Maßzahlen	151
17.2 Induktive Statistik	152
17.2.1 Konfidenzintervall	152
17.2.2 Punktschätzung	152
17.2.3 Spezielle Verfahren	152
17.2.4 Statistischer Test	152
18 Stochastik: Wahrscheinlichkeitsrechnung	153
18.1 Allgemeine Rechenregeln	153
18.2 Allgemeines/Mix/Verschiedenes	153
18.3 Bedingte Wkt/Stoch. Unabhängigkeit	154
18.3.1 Additionssatz: einfache Rechenaufgaben	154
18.3.2 BAYESsche Formel: Textaufgaben	154
18.3.3 Bedingte Wkt: einfache Rechenaufgaben	154
18.3.4 Pfadregeln: allgemeine Aussagen	154
18.3.5 Pfadregeln: Textaufgaben	154
18.3.6 Unsortiert: Textaufgaben	155
18.4 Einfache Zufallsexperimente	155
18.4.1 Lotterien	155
18.4.2 Münzwurf	155
18.4.3 Urnenmodell: mit Zurücklegen	155
18.4.4 Urnenmodell: ohne Zurücklegen	155
18.4.5 Würfelexperimente	155
18.5 Gesetz der großen Zahlen	156
18.6 Modelle erkennen	156
18.7 Zufallsvariable: Diskrete ZV	157
18.7.1 Erwartungswert und Varianz	157
18.7.2 Spezielle Verteilung: Binomialverteilung	157
18.7.3 Spezielle Verteilung: Geometrische Verteilung	157
18.7.4 Spezielle Verteilung: Gleichverteilung	157
18.7.5 Spezielle Verteilung: Poissonverteilung	158
18.7.6 Verteilungsfunktion/Wahrscheinlichkeiten	158
18.7.7 Zusammensetzung/Verknüpfung von ZV	158
18.8 Zufallsvariable: Stetige ZV	159
18.8.1 Dichte und Verteilungsfunktion	159
18.8.2 Erwartungswert und Varianz	159
18.8.3 Spezielle Verteilung: Exponentialverteilung	160
18.8.4 Spezielle Verteilung: Gleichverteilung	160
18.8.5 Spezielle Verteilung: Normalverteilung	160
18.8.6 Wahrscheinlichkeiten	160
18.8.7 Zusammensetzung/Verknüpfung von ZV	160
18.9 Zufallsvariable: Zufallsvektor	161
ANHANG	162

Mögliche Aufgabenformate:

- **Auswahl:**
 - * Auswahlaufgabe
 - * Hotspotaufgabe
 - * Fehlertextaufgabe
 - * Textboxaufgabe
- **Zuordnung:**
 - * Einfache Zuordnung (Drag & Drop)
 - * Mehrfache Zuordnung (Matrix)
 - * Grafische Zuordnung
 - * Reihenfolgeaufgabe
- **Lückentext:**
 - * Lückentextaufgabe
 - * Numerische Eingabe
 - * Berechnung
 - * Formelvergleich
 - * Regulärer Ausdruck
- **Eingabe und Upload:**
 - * Freitextaufgabe
 - * Uploadaufgabe
 - * Zeichnen
 - * Programmieraufgabe
 - * Moleküle zeichnen

1 _JSXGraph

– bisher 2 Ordner, 5 Tests

- Tests
- Live MecLib Renderer
- Live TikZ Renderer
- MecLib
- Sketchboard
- TikZJax

1.1 _JSXGraph GettingStarted

– 2 Tests

- Tests
- Demo_JSXGraph
- Selbstlernstest: Anbindung von JSXGraph an ONYX

1.2 _JSXGraph-Objekte ohne Aufgabe

– 2 Aufgaben

- Boxplot_keineAufgabe
- Histogramm_keineAufgabe

2 Maxima: Formel- und Befehlseingabe

– bisher 2 Ordner, 1 Umfrage

- [Video-Links zu wxMaxima \(deutsch/spanisch\)](#) 162, 163
- [TIPPS zum Arbeiten in wxMaxima](#) 165
- Umfrage • Erhebung zu CAS/Maxima-Erfahrungen

2.1 MAXIMA-Befehle (Üben)

– bisher 18 Aufgaben, 1 Test

- Ableiten: einmal
- Ableiten: mehrfach
- Ableiten: partiell
- Charakteristisches Polynom: Nullstellen finden
- Charakteristisches Polynom aufstellen
- Determinantenbestimmung
- Funktionsauswertung an einer Stelle
- Integrieren: bestimmt
- Integrieren: unbestimmt
- Invertieren
- Matrixeingabe
- Matrizenmultiplikation
- Quadrieren aller Matrixelemente
- Skalarmultiplikation zweier Vektoren
- Taylor
- Transponieren
- Zeilensumme bilden
- Zeilensumme der Quadrate
- Tests
- MAXIMA Formeleingabe - Grundoperationen und Befehle

2.2 MAXIMA-Grundoperationen

– bisher 9 Aufgaben, 1 Test

- MAXIMA Formeleingabe – 1 Term (Übersicht Grundoperationen – Betrag, mit Variation, ind. Feedback)
- MAXIMA Formeleingabe – 1 Term (Übersicht Grundoperationen – Brüche, mit Variation, ind. Feedback)
- MAXIMA Formeleingabe – 1 Term (Übersicht Grundoperationen – Logarithmus, mit Variation, ind. Feedback)
- MAXIMA Formeleingabe – 1 Term (Übersicht Grundoperationen – Potenzen, mit Variation, ind. Feedback)
- MAXIMA Formeleingabe – 1 Term (Übersicht Grundoperationen – spezielle Konstanten, mit Variation, Feedback)
- MAXIMA Formeleingabe – 1 Term (Übersicht Grundoperationen – Wurzeln, mit Variation, ind. Feedback)
- MAXIMA Formeleingabe – 5 Terme (Grundfunktionen mit Übersicht, Variation, Feedback)
- MAXIMA Formeleingabe – 5 Terme (Grundfunktionen ohne Übersicht, Variation, detailliertes ind. Feedback, ohne ML-Anzeige)
- MAXIMA Formeleingabe – vertraut ja/nein (Übersicht der Grundfunktionen im ind. Feedback)
- Tests
- MAXIMA Formeleingabe - Grundoperationen

3 Algebra

– 4 Ordner, 1 Aufgabe

- Kontrollfragen Algebra (16 × 3-SC-Matrixauswahl)

3.1 Beweisaufgaben (Rohmaterial)

– 7 Ordner

3.1.1 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 (Upload-Format)

– 11 Ordner, 2 Tests

- Tests Auswertung
- Algebra-Klausur (20031215) – manuelle • ALG-WiSe0304

3.1.1.1 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Klausuraufgaben

– 6 Aufgaben

- Algebra 20031215-A1 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Zerlegung in irreduzible Polynome ueber \mathbb{F}_3)
- Algebra 20031215-A2 – manuelle Auswertung (Nachweis: Existenz eines nichttrivialen Normalteilers)
- Algebra 20031215-A3 – manuelle Auswertung (Nachweis: Attraktoreigenschaft eines Normalteilers)
- Algebra 20031215-A4 – manuelle Auswertung (Nachweis: Normalteiler in multiplikativer Gruppe der Einheiten in einem speziellen Ring)
- Algebra 20031215-A5 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Ordnung einer Untergruppe der S_5)
- Algebra 20031215-A6 – manuelle Auswertung (Nachweis: Kommutatorgruppe, Bestimmung: iterierte Kommutatorgruppe)

3.1.1.2 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 01

– 5 Aufgaben, 1 Test

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 01.01 (Nachweis: Gruppe) lenzbeweis: Untergruppeneigenschaft Vereinigung)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 01.02a (Nachweis: Untergruppe) • ALG-WiSe0304 - Aufgabe 01.04 (Nachweis: Abelsche Gruppe bei $\forall g \in G : g^2 = 1$)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 01.02b (Nachweis: Untergruppe - Lorenzgruppe) Tests
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 01.03 (Aequiva- • ALG-WiSe0304 - Aufgabe 01.05 (3 Beweise für Gruppenelement der Ordnung n)

3.1.1.3 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 02

– 6 Aufgaben, 1 Test

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 02.02 (Aequivalenzbeweis: 3 Aussagen zu Untergruppen) durch Gegenbeispiel-Angabe: Produkt keine Untergruppe)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 02.03a (Nachweis • ALG-WiSe0304 - Aufgabe 02.03b (Beweis:

- Produkt mit Normalteiler ist Untergruppe)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 02.03c (Beweis: Produkt zweier Normalteiler ist Normalteiler)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 02.04 (Angabe: Isomorphismus auf $\{-1, 1\} \times (\mathbb{R}, +)$ von multiplikativer \mathbb{R} -Gruppe)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 02.05 (Beweis mittels Eulerscher Phi-Funktion)
- Tests
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 02.01 (Nachweis: Quaternionengruppe, Ordnung, nichtabelsch, Normalteiler)

3.1.1.4 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 03

– 4 Aufgaben, 2 Tests

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 03.02 (Nachweis: Normalteilereigenschaft, Isomorphie) – Fortsetzung von 01.01
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 03.03a (Bestimmung: Zentrum der $GL(n, \mathbb{K})$)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 03.03b (Beweis: $Z(S_n) = \{1\}$ fuer $n > 2$)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 03.04 (Beweis: Nichtzyklische Faktorgruppe mit Zentrum)
- Tests
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 03.01 (4 mal Bestimmung: D_{10} – Elemente, Untergruppen, Normalteiler, Zentrum, Konjugiertenklassen)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 03.05 (2 Beweise: Zentralisator, Normalisator)

3.1.1.5 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 04

– 7 Aufgaben

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 04.01a (Beweis: S_n von $n - 1$ Transpositionen erzeugt)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 04.01b (Beweis: S_n von $(1, 2)$ und $(1, 2, \dots, n)$ erzeugt)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 04.01c (Beweis: A_n fuer $n \geq 3$ von Dreierzyklen erzeugt)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 04.01c (Beweis: A_n fuer $n \geq 3$ von Dreierzyklen erzeugt) – Freitext
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 04.02 (Bestimmung: p-Sylogruppen von S_4 mit Normalisatoren)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 04.03a (Beweis: Gruppen der Ordnung 15 abelsch)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 04.03b (Beweis: Nichttrivialer Normalteiler in Gruppen der Ordnung 56)

3.1.1.6 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 05

– 4 Aufgaben

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 05.01 (Beweis: Transitivitaet charakteristischer Untergruppen, Angabe: Gegenbeispiel – Nichttransitivitaet Normalteilereigenschaft)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 05.02 (Bestimmung: Ordnung Symmetriegruppe des Dodekaeders)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 05.03 (Beweis: gleiche Zyklenstruktur, Ordnung und Zerlegung des Zentralisators $C_{S_n}(\pi)$ in Produkt)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 05.04 (Beweis: Minimaler Index echter Untergruppe von einfacher Gruppe der Ordnung 168)

3.1.1.7 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 06

– 5 Aufgaben

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 06.01 (Bestimmung: Kommutatorgruppen von S_4, A_4, D_{10}, D_{12})
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 06.02 (Bestimmung: Kompositionsreihen von S_4 und $A_4 \times C_2$)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 06.03 (Beweis: Existenz Untergruppe vom Index 2)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 06.04 (Beweis: Gruppen mit weniger als 60 Elementen sind auflösbar)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 06.05 (Beweis: A_n Kommutatorgruppe von S_n)

3.1.1.8 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 07

– 7 Aufgaben

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 07.01 (Bestimmung: höhere Kommutatorgruppen von Untergruppe in S_8)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 07.02 (Beweis: Kommutativeigenschaft für “disjunkte” Normalteiler)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 07.03 (Beweis: Normalisator maximal auflösbarer Untergruppe)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 07.04a (Bestimmung: Einheiten im Ring der Gaußschen Zahlen, Untersuchung: Irreduzibilität)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 07.04b (Bestimmung: Einheiten, Beweis: irreduzibel, aber kein Primelement)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 07.05 (Beweis: Faktoring mit Primideal nullteilerfrei, Bestimmung: Einheiten, Nullteiler, Primelemente in $\mathbb{Z}/12\mathbb{Z}$)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 07.06 (Beweis: kommutative, nullteilerfreie, endliche Ringe sind Körper)

3.1.1.9 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 08

– 5 Aufgaben

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 08.01 (Bestimmung: ggT von Polynomen in $\mathbb{Z}[x]$ und $\mathbb{F}_3[x]$)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 08.02 (Beweis: Ideal, aber kein Hauptideal)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 08.03 (2 Beweise: Isomorphismen zu Faktoringen von ganzen Gaußschen Zahlen)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 08.04 (Bestimmung: Ideal von Nichteinheiten in $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 08.05 (Nachweis: Teilring mit genau einem maximalen Ideal, Bestimmung: Einheiten, Faktor)

3.1.1.10 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 10

– 4 Aufgaben

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 10.01 (Bestimmung: Körperelemente, Erweiterungsgrad über \mathbb{Q} , Minimalpolynom)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 10.02 (Angabe: Körperhomomorphismen in \mathbb{C})
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 10.03 (Beweis: Quotient ist Körper, Bestimmung: Elemente und ihre Ordnung)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 10.04 (Beweis: Erweiterungsgrad ist endlich)

3.1.1.11 Algebraserienaufgaben aus WiSe 2003/2004 :: Serie 11

– 6 Aufgaben

- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 11.01 (Nachweis: Grad der Koerpererweiterung, keine Isomorphie)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 11.02a (Beweis: Koerpererweiterungen vom Grad 2 sind normal)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 11.02b (Angabe Gegenbeispiel: Nicht alle Koerpererweiterungen vom Grad 3 sind normal)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 11.03 (Angabe Gegenbeispiel: Normalteilereigenschaft NICHT transitiv)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 11.04 (Bestimmung: Element für Quotientenkörper)
- ALG-WiSe0304 - Aufgabe 11.05 (3 Nachweise: Anwendung Eisensteinkriterium, nicht surjektiv, nicht separabel)

3.1.2 Galois Theorie (Rohmaterial/Beweisaufgaben)

– 11 Aufgaben, 1 Test

- GAL 001 – manuelle Auswertung (Bestimmung Galoisgruppen) - in GAL 011 enthalten
- GAL 002 – manuelle Auswertung (Beweis: Auflösbarkeit Galoisgruppe)
- GAL 003 – manuelle Auswertung (Beweis: Normalisator)
- GAL 004 – manuelle Auswertung (Bestimmung Zerfaellungskoeper, Galoisgruppe, Untergruppe, Zwischenkoeper)
- GAL 005 – manuelle Auswertung (Beweis: Existenz spezieller Galoiserweiterung)
- GAL 006 – manuelle Auswertung (Beweis: Quotientenkoeper Galoiserweiterung)
- GAL 007 – manuelle Auswertung (Beweis: Koerpererweiterung)
- GAL 008 – manuelle Auswertung (Beweis: Nichtabelsche Galoisgruppe)
- GAL 009 – manuelle Auswertung (Bestimmung Galoisgruppen)
- GAL 010 – manuelle Auswertung (Beweis: Lage der Galoisgruppe)
- GAL 011 – manuelle Auswertung (Bestimmung Galoisgruppen ueber Erweiterungskoepern)
- Tests
- GAL

3.1.3 Grundlagen der Algebra (Rohmaterial/Beweisaufgaben)

– 23 Aufgaben

- GRU 001 – manuelle Auswertung (3 Beweise zu zyklischen Gruppen)
- GRU 002 – manuelle Auswertung (Beweis: Moebiusgruppe, Bestimmung: Kern Gruppenhomomorphismus)
- GRU 003 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Automorphismengruppe)
- GRU 004 – manuelle Auswertung (Beweis: Rechtsnebenklassen und Indizes)
- GRU 005 – manuelle Auswertung (6 mal Bestimmung: Zentrum einer Gruppe)
- GRU 006 – manuelle Auswertung (Beweis: 8 Isomorphien)
- GRU 007 – manuelle Auswertung (Beweis: 2 Isomorphien)
- GRU 008 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Untergruppen, Normalteiler)
- GRU 009 – manuelle Auswertung (Beweis: 6 Isomorphien)
- GRU 010 – manuelle Auswertung (Beweis: konjugierte Permutationen, Bestimmung: Anzahl Konjugiertenklassen)
- GRU 011 – manuelle Auswertung (5 mal Bestimmung: Bahnen, Stabilisator)
- GRU 012 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Bahnen, Stabilisator)
- GRU 020 – manuelle Auswertung (Beweis: zyklische Gruppe)
- GRU 021 – manuelle Auswertung (Beweis: Einfache Gruppen)
- GRU 057 – manuelle Auswertung (Äquivalenzbeweis fuer Normalteiler)
- GRU 058 – manuelle Auswertung (Beweis: Auflösbarkeit einer konkreten Gruppe)
- GRU 060 – manuelle Auswertung (3 mal Beweis: Gruppen) – enthaelt GRU 020
- GRU 061 – manuelle Auswertung (Bestimmung: abelsche Gruppen und der Ordnung $2p$)
- GRU 062 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Zentralisator zweier konkreter Matrizen)
- GRU 063 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Konjugiertenklassen in speziellen Gruppen)
- GRU 064 – manuelle Auswertung (Angabe: Elemente bestimmter Ordnung)
- GRU 065 – manuelle Auswertung (Beweis: 7-Sylowgruppe, Nachweis: keine einfache Gruppe)
- GRU 066 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Zentralisatoren, Konjugiertenklassen)

3.1.4 Koerpererweiterungen (Rohmaterial/Beweisaufgaben)

– 21 Aufgaben, 1 Test

- KER 001 – manuelle Auswertung (Beweis: Algebraische komplexe Zahlen)
- KER 002 – manuelle Auswertung (2 mal Beweis: algebraisch abgeschlossen, Anzahl Primelemente)
- KER 003 – manuelle Auswertung (Angabe: Homomorphismen)
- KER 004 – manuelle Auswertung (Beweis: Grad algebraischer Abschluss, transzendente Zahlen)
- KER 005 – manuelle Auswertung (Aequivalenzbeweis von Aussagen: algebraisch, Automorphismus)
- KER 006 – manuelle Auswertung (3 mal Beweis: normale Koerpererweiterung)
- KER 007 – manuelle Auswertung (Beweis: Abschaetzung Grad der Koerpererweiterung)
- KER 008 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Minimalpolynom – dreimal)
- KER 009 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Minimalpolynom ueber vier Koerper)
- KER 010 – manuelle Auswertung (Beweis: Automorphismen in \mathbb{R} und \mathbb{C})
- KER 011 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Inverse – NST irreduziblen Polynoms)
- KER 012 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Grad der Koerpererweiterung – drei plus drei)
- KER 013 – manuelle Auswertung (Berkeley S.107 Problem 6.12.15)
- KER 014 – manuelle Auswertung (Beweis: Konstruktion Siebeneck)
- KER 015 – manuelle Auswertung (Beweis: endliche Charakteristik, Vielfachheit NST)
- KER 016 – manuelle Auswertung (Beweis: spezielle Form, kubisches Minimalpolynom, Grad 6)
- KER 017 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Minimalpolynom – viermal)
- KER 018 – manuelle Auswertung (Begrueendung: Irreduzibilitaet konkreter Polynome ueber verschiedenen Koerpern)
- KER 019 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Minimalpolynom – zweimal)
- KER 020 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Loesung in $\mathbb{F}_2(\alpha)$)
- KER 021 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Loesung in \mathbb{F}_{25})
- Tests
- KER

3.1.5 Ringe (Rohmaterial/Beweisaufgaben)

– 6 Aufgaben

- RIN 002 – manuelle Auswertung (Beweis: Isomorphie konkreter Ringe)
- RIN 005 – manuelle Auswertung (5mal Nachweis: irreduzibel)
- RIN 006 – manuelle Auswertung (Nachweis: irreduzibel in $\mathbb{Q}[x]$, aber reduzibel in $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}[x]$)
- RIN 008 – manuelle Auswertung (Beweis und Bestimmung: Diskriminante eines Polynoms)
- RIN 009 – manuelle Auswertung (Beweis und Beispielangabe: elementarsymmetrische Polynome)
- RIN 010 – manuelle Auswertung (Darstellungswechsel: elementarsymmetrische Polynome)

3.1.6 Ringe und Moduln (Rohmaterial/Beweisaufgaben)

– 20 Aufgaben, 1 Test

- RIM 001 – manuelle Auswertung (Beweis: Endlich erzeugte Moduln)
- RIM 002 – manuelle Auswertung (4mal Beweis: R-Module, Invertierbare Rechteckmatrizen)
- RIM 003 – manuelle Auswertung (2mal Beweis: Primideal)
- RIM 004 – manuelle Auswertung (Beweis: Hauptidealring GAUSS'sche Zahlen)
- RIM 005 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Einheiten, Nachweis: Irreduzibilität, Ideal)
- RIM 006 – manuelle Auswertung (2mal Beweis: Beziehungen zwischen Idealen und Moduln)
- RIM 007 – manuelle Auswertung (2mal Beweis: Isomorphismen, Bestimmung: Faktorisierung)
- RIM 008 – manuelle Auswertung (Beschreibung: Untermoduln von $\mathbb{Z}/5\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}/5^2\mathbb{Z}$)
- RIM 009 – manuelle Auswertung (Beschreibung: abelsche Gruppen mit 400 Elementen)
- RIM 010 – manuelle Auswertung (Beweis: Isomorphie zu Zerlegung)
- RIM 011 – manuelle Auswertung (Beweis: torsionsfrei, aber nicht frei)
- RIM 012 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Zerlegung, torsionsfreier Anteil)
- RIM 013 – manuelle Auswertung (Äquivalenzbeweis: Körper iff Nullideal maximales Ideal)
- RIM 014 – manuelle Auswertung (Äquivalenzbeweis: Nebenklassengleichheit iff $b = au$ mit Einheit u)
- RIM 015 – manuelle Auswertung (Beweis: Nichtexistenz nichttrivialer Ideale)
- RIM 016 – manuelle Auswertung (Bestimmung: irreduzible Polynome über \mathbb{Z}_2 , endliche Körper mit 4, 8 Elementen)
- RIM 017 – manuelle Auswertung (6mal Darstellung als Hauptideal)
- RIM 018 – manuelle Auswertung (Beweis: Chinesischer Restsatz)
- RIM 019 – manuelle Auswertung (Beweis: Eigenschaft maximaler Ideale)
- RIM 020 – manuelle Auswertung (Beweis: Polynomteiler)
- Tests
- RIM

3.1.7 Tensoren (Rohmaterial/Beweisaufgaben)

– 11 Aufgaben

- TEN 001 – manuelle Auswertung (Gegenbeispiel finden: Bild bilinearer Abbildung Unterraum)
- TEN 002 – manuelle Auswertung (Berechnungen: Tensoren aus Standardbasiselementen)
- TEN 003 – manuelle Auswertung (Beweis: Isomorphie Tensorprodukt)
- TEN 004 – manuelle Auswertung (Beweis: Isomorphismus)
- TEN 005 – manuelle Auswertung (Darstellung, Beziehungen Spur und Determinante)
- TEN 006 – manuelle Auswertung (3 mal Beweis: Dachprodukt)
- TEN 007 – manuelle Auswertung (Nachweis: Bilinearität)
- TEN 011 – manuelle Auswertung (Angabe Isomorphismus Tensorprodukt Faktorräume)
- TEN 012 – manuelle Auswertung (Beweis: Beziehung Schnitt Tensorprodukt)
- TEN 015 – manuelle Auswertung (Beweis: Gleichung Dachprodukt Determinante)
- TEN 016 – manuelle Auswertung (Äquivalenzbeweis: Dachprodukt)

3.1.8 Weitere Aufgaben (BAN)

– 33 Aufgaben

- ggT zweier Polynome (BAN 009)
- ggT zweier Polynome (BAN 009) – mit Variation
- BAN 001 – manuelle Auswertung (Permutation vs. Automorphismus)
- BAN 002 – manuelle Auswertung (Automorphismusgruppe der S_3 und der Vierergruppe)
- BAN 003 – manuelle Auswertung (Isomorphie von Automorphismusgruppen)
- BAN 004 – manuelle Auswertung (Komplexe)
- BAN 005 – manuelle Auswertung (Vertauschbarkeit vs. elementweise Vertauschbarkeit von UG der S_3)
- BAN 006 – manuelle Auswertung (Hauptidealring)
- BAN 007 – manuelle Auswertung (Maximalität des Nullideals)
- BAN 008 – manuelle Auswertung (ggT im Hauptidealring)
- BAN 009 – manuelle Auswertung (ggT zweier Polynome)
- BAN 010 – manuelle Auswertung (kein Hauptidealring)
- BAN 011 – manuelle Auswertung (freie, Faktor- und Torsionsmodule)
- BAN 012 – manuelle Auswertung (Minimalpolynom teilt charpoly)
- BAN 016 – manuelle Auswertung (Tensorprodukte)
- BAN 017 – manuelle Auswertung (Diagonalisierbarkeit und Orthogonale Diagonalisierbarkeit)
- BAN 019 – manuelle Auswertung (Determinanten orthogonaler Matrizen)
- BAN 020 – manuelle Auswertung (Flächen als Nullstellenmengen von Polynomen)
- BAN 021 – manuelle Auswertung (ONB eines Unterraums)
- BAN 022 – manuelle Auswertung (Isomorphismus)
- BAN 023 – manuelle Auswertung (Basis für $X \otimes Y$)
- BAN 024 – manuelle Auswertung (Kommutativität des Tensorprodukts)
- BAN 025 – manuelle Auswertung (Alternierende Abbildungen)
- BAN 026 – manuelle Auswertung (Dimension und Basis von $A_n(V, W)$)
- BAN 027 – manuelle Auswertung (Dachprodukt)
- BAN 028 – manuelle Auswertung (Gradformel für Polynome)
- BAN 029 – manuelle Auswertung (Ideal im Polynomring $K[x, y]$)
- BAN 030 – manuelle Auswertung (Klassifikation quasi-projektiver Ebenen)
- BAN 031 – manuelle Auswertung (Anzahl k -dimensionaler Unterräume)
- BAN 032 – manuelle Auswertung (Projektive Ebene über Körper mit 2 Elementen)
- BAN 033 – manuelle Auswertung (Satz von Desargues)
- BAN 034 – manuelle Auswertung (kanonischer Isomorphismus)
- BAN 035 – manuelle Auswertung (Ternärkörper)

3.2 Gruppentheorie

– 4 Aufgaben, 2 Tests¹, 5 Unterordner

- Eigenschaften Homomorphismus überprüfen
- Funktionengruppe 2
- Grundlegende Beweisansätze (Kommutativität, Injektivität, ...)
- Gruppenhomomorphismen
..... Tests
- Nebenklassen-und-Faktorgruppen
- Normalteiler von D_4

3.2.1 Definition, Verknüpfungstafeln

– 20 Aufgaben

- Algebraische Strukturen zuordnen
- Die Gruppe $(\mathbb{Z}_6, +)$ und die Halbgruppe $(\mathbb{Z}_6, *)$
- Die Gruppe $(\mathbb{Z}_2, +)$
- Die Gruppen $(\mathbb{Z}_7, +)$ und (\mathbb{Z}_7^*, \cdot)
- Funktionengruppe
- Gruppe Anwendung-der-Definition (Auswahlmatrix 5×4)
- Gruppe - Anwendung der Definition-randomisierte-Quellelemente-nur allgemeines Feedback
- Gruppenaxiome 1
- Gruppenaxiome 2
- Gruppenaxiome 3
- Gruppenaxiome 4
- Gruppenaxiome 5
- Gruppenaxiome 6
- Gruppenaxiome überprüfen
- Verknüpfungen
- Verknüpfungstafel - 1
- Verknüpfungstafel - 2
- Verknüpfungstafel - Eigenschaften
- Verknüpfungstafel Gruppe vervollständigen (Textboxaufgabe) !!!
- Verknüpfungstafel lesen

3.2.2 Permutationen und Permutationsgruppen

– 10 Aufgaben

- Bahn-Stab-Thm2
- Berechnung von Permutationen
- Komposition von Permutationen I
- Komposition von Permutationen II
- Komposition von Permutationen III
- Permutationen - Anwendung I
- Permutationen - Anwendung II
- Signum_1
- Zyklenschreibweise von Permutationen I
- Zyklenschreibweise von Permutationen II

3.2.3 Untergruppen

– 3 Aufgaben

- Die Gruppen $(\mathbb{Z}_4, +)$ und $(\mathbb{Z}_2 \times \mathbb{Z}_2, +)$
- Untergruppe?
- Untergruppen

¹Material zur Konstruktion weiterer Items: Hier

3.2.4 Weitere Gruppen und Gruppenaktionen

– 6 Aufgaben

- Bahnen von Wirkungen
- Drehsymmetriegruppe Oktaeder, Burnside Lemma
- Drehsymmetriegruppe Würfel
- Gruppen unterscheiden
- Internes semidirektes Produkt?
- Permutationen (Verkettung, Bahn, Stabilisator, Konjugationsklasse, Zentralisator)

3.2.5 zyklische und abelsche Gruppen

– 8 Aufgaben, 1 Test

- 1P – Algebra: Begriffsabfrage 01
- **Beweis Gruppe abelsch, wenn Quadrate neutrales Element ergeben**
- Isomorphie zyklischer Gruppen
- Rechnen in abelschen Gruppen
- Untergruppen zyklischer Gruppen
- Zyklische Gruppen (MC aus 5, mit Variation)
- Zyklische Gruppen - 1 (MC aus 4, mit Variation)
- zyklische und abelsche Gruppen (Drag & Drop, 3 aus 4, mit Variation und Erläuterung)
- Tests
- Isomorphie zu abelschen Gruppen

3.3 Moduln und Smith-Normalform

– 4 Aufgaben

- Berechnung invarianter Faktoren/Elementarteiler
- LGS über HIR mit Smith-Normalform lösen
- Eigenschaften Torsionsmodul
- Struktursatz Moduln (invariante Faktoren zu Elementarteilersatz)

3.4 Ringe und Körper

– 9 Aufgaben, 5 Unterordner

- Einheiten, Primelemente, ggT, kgV in $\mathbb{Z}/12\mathbb{Z}$
- ggT im Ring der Gaußschen Zahlen
- Hauptideale
- Ideale
- Nullteiler bilden keinen Unterring, Beweis
- Rechnen im Körper $\mathbb{Q}[\sqrt{2}]$
- Rechnen mit Restklassen und komplexen Zahlen
- Saturierung multiplikative Menge
- Unterringe charakterisieren

3.4.1 Axiome, Verknüpfungstabellen, erste Eigenschaften

– 7 Aufgaben

- Beweis: in Ringen gilt für alle a : $(-1) \cdot a = -a$
- Lückentext (Einfache Gruppeneigenschaften)
- Körperaxiome
- RingKörper (6 × 5-MC-Auswahlmatrix)
- Körperaxiome_R

- Untersuchungen in Ringen

- Verknüpfungstafeln

3.4.2 Chinesischer Restsatz

– 2 Aufgaben

- Chinesischer Restsatz, Polynomwerte in Einheitswurzeln
- Chinesischer Restsatz, Polynomwerte modulo 1001

3.4.3 Körper- und Galoistheorie

– 13 Aufgaben

- 7-te primitive Einheitswurzeln, Teil 1
- 7-te primitive Einheitswurzeln, Teil 2
- 7-te primitive Einheitswurzeln, Teil 3
- Auflösbarkeit durch Radikale
- Endliche Körper, Polynome faktorisieren
- Endliche Körper, Polynome faktorisieren - Fortsetzung
- Galoisgruppe bestimmen
- Galoisgruppe wirkt auf Elementen
- Grade von Zerfällungskörpern
- Irreduzible Polynome über endlichen Körpern
- Kommutatorgruppe und Fixkörper
- Konstruierbarkeit, Auflösbarkeit durch reelle Radikale
- Körper isomorph zu \mathbb{F}_{16}

3.4.4 Polynome und Polynomringe

– 12 Aufgaben, 1 Test

- Aussagen über Polynome
- Beweis Produktregel für reflektierte Polynome
- ggT im Polynomring (Euklid. Alg.)
- irreduzibel vs. reduzibel
- Irreduzibilität von Polynomen
- Irreduzibilität von Polynomen_1
- Minimalpolynome bestimmen
- Polynom und Polynomfunktion
- Polynom und Polynomfunktion_randomisiert
- Polynom und Polynomfunktion (Forts.)
- Polynom-Zerlegung in irreduzible Faktoren
- Rechnen in Polynomringen - 1
..... Tests
- Polynomdivision

3.4.5 Rechnen-in- \mathbb{Z}_n / modulo-Rechnung

– 11 Aufgaben

- Berechnung multiplikativer Inverser in \mathbb{Z}_n
- Definition Restklasse
- Gleichung in endlichen Körpern lösen
- In welchem \mathbb{Z}_n rechnen wir?
- Lineare Gleichung in endlichen Ringen lösen
- multiplikative Inverse in \mathbb{Z}_n allgemein
- Rechnen im Restklassenring
- Rechnen in \mathbb{Z}_n
- SaM_Algorithmus_V2
- SaM_Anwendung_welcherRest
- Verknüpfungstafeln

4 Analysis

4.1 Analysis im \mathbb{R}^n

4.1.1 Ableitungsbegriffe (partiell, vollständig, etc.)

– 6 Unterordner

4.1.1.1 Funktionen aus \mathbb{R}^1 (Tangentialvektor)

– 5 Aufgaben

- Kurven in \mathbb{R}^2 : Berechnung des Tangentialvektors
- normale_blumenkurve_01
- tang_norm_zykloide
- tangente_angeben_01
- tangentialvektor_kurve_ebene_01

4.1.1.2 Funktionen nach \mathbb{R}^1 (Gradient/Hessematrix)

– 33 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Gradient im \mathbb{R}^2 – konkreter Punkt (2013 - A2c – mit Variation, NR-Lücke)
- Beleg 07::09 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Gradient an konkretem Punkt (BMB::2013A2c – EB, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 07::10 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Gradient eines Polynoms (leicht)
- Beleg 07::11 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Gradient eines Polynoms (mittel)
- Beleg 07::12 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Gradient von beliebigen Skalarfeldern 3
- Beleg 07::13 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Gradient von beliebigen Skalarfeldern 4
- Beleg 07::14 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Eigenschaft Gradient an Niveaulinie (SC, Feedback)
- gradient_01
- gradient_02
- gradient_radiale_funktion_01
- Gradient der Nutzenfunktion (SC, Produkt allgemeiner Potenzen)
- Gradient eines Polynoms vom Grad 2
- Gradient eines Polynoms vom Grad 6 (oder höher, zufällige Auswahl)
- hesse_matrix_01
- hesse_matrix_01 mit gradient
- hesse_matrix_02
- hesse_matrix_03
- hesse_matrix_03 mit gradient
- hesse_matrix_04
- hesse_matrix_04 mit gradient
- hesse_matrix_05
- hesse_matrix_05 mit gradient
- Hessematrix, Gradient und Richtungsableitung im \mathbb{R}^2 konkret
- Hessematrix im \mathbb{R}^2 allgemein 01
- Hessematrix im \mathbb{R}^2 allgemein 01 mit Gradient allgemein
- Hessematrix im \mathbb{R}^2 allgemein mit Gradient & Richtungsableitung konkret
- Hessematrix im \mathbb{R}^2 mit Eigenwerten konkret
- Hessematrix im \mathbb{R}^2 mit Eigenwerten konkret und Gradient allgemein
- Hessematrix im \mathbb{R}^3 allgemein 01
- Hessematrix im \mathbb{R}^3 allgemein 01 mit Gradient allgemein
- Hessematrix im \mathbb{R}^3 allgemein 02

- Hessematrix im \mathbb{R}^3 allgemein 02 mit Gradient allgemein
- Hessematrix im \mathbb{R}^3 allgemein 03 mit Gradient allgemein

4.1.1.3 Funktionen nach \mathbb{R}^n (Jacobi-Matrix)

– 6 Aufgaben

- Beleg 07::17 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Gradient, Hesse-Matrix, Jacobi-Matrix 1
- Beleg 07::18 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Gradient, Hesse-Matrix, Jacobi-Matrix 2
- Gradient, Hesse-Matrix, Jacobi-Matrix 1
- Gradient, Hesse-Matrix, Jacobi-Matrix 2
- Jacobi-Matrix_01
- Jacobi-Matrix (\mathbb{R}^2 nach \mathbb{R}^2) allgemein 01

4.1.1.4 Partielle Ableitungen

– 29 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : partielle Ableitungen 1. Ordnung (2012 - A2d – mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : partielle Ableitungen 1. Ordnung (2014 - A2c – mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : partielle Ableitungen 1. Ordnung (2016 - A2b – mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : partielle Ableitungen 1. Ordnung mit Parameter (2017 - A2b – mit leichter Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : partielle Ableitungen 1. Ordnung – Produkt von Polynompotenzen (mit leichter Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : partielle Ableitungen 1. und 2. Ordnung – Summe mit Kosinusfunktion (mit leichter Variation, Feedback, NR-Lücke)
- Beleg 07::05 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Partielle Ableitungen I (EB)
- Beleg 07::06 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Partielle Ableitungen II (EB)
- Beleg 07::07 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Partielle Ableitungen III (EB)
- Beleg 07::08 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Partielle Ableitungen IV (EB)
- partielle_ableitung_01
- partielle_ableitung_02
- partielle_ableitung_03
- partielle_ableitung_04
- partielle_ableitung_01
- Partielle Ableitungen 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Drag & Drop, zufällige Auswahl)
- Partielle Ableitungen 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Drag & Drop)
- Partielle Ableitungen 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Produkt von Polynompotenzen)
- Partielle Ableitungen 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 mit Exponentialfunktion
- Partielle Ableitungen 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 mit Logarithmus
- Partielle Ableitungen 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 mit Sinus/Cosinus
- Partielle Ableitungen 1. Ordnung im \mathbb{R}^3 (Auswahl f_x, f_z)
- Partielle Ableitungen 2. Ordnung im \mathbb{R}^2 (alle, aber ohne Matrix)
- Partielle Ableitungen 2. Ordnung im \mathbb{R}^2 (harmonische Funktionen)
- Partielle Ableitungen 2. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Produkt von Polynomen)
- Partielle Ableitungen 2. Ordnung im \mathbb{R}^2 mit Cosinus
- Partielle Ableitungen 2. Ordnung im \mathbb{R}^3 (Auswahl f_x, f_{yx}, f_{zz})
- Partielle Ableitungen 3. Ordnung im \mathbb{R}^3 (Auswahl f_{xyz} und Permutationen)
- Partielle Ableitungen höherer Ordnung

4.1.1.5 Richtungsableitungen

– 14 Aufgaben

- 1P – Richtungsableitung $\partial_n f(0,0)$ für $\frac{x^2 y}{x^2 + y^2}$ (HRO:Z5.3a - A2:2016, mit Hinweis im Feedback, Musterlsg)
- Beleg 07::15 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Richtungsableitung und Tangentialebene (Logarithmus)
- Beleg 07::16 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Richtungsableitung entlang beliebiger Geraden
- Partielle Ableitungen und Richtungsableitung
- richtungsableitung_04
- Richtungsableitung im \mathbb{R}^2 konkret (Komplettpaket) mit Logarithmus
- Richtungsableitung im \mathbb{R}^2 konkret (Komplettpaket) Version 1
- Richtungsableitung im \mathbb{R}^2 konkret (Komplettpaket) Version 2
- Richtungsableitung im \mathbb{R}^3 konkret (schrittweise) 01
- Richtungsableitung im \mathbb{R}^3 konkret (schrittweise) 02
- Richtungsableitung im \mathbb{R}^3 mit Background
- Richtungsableitung im \mathbb{R}^n (SC, Definitionsabfrage)
- Richtungsableitung und Steigung einer skalaren Funktion
- Wahr-Falsch-Aussagen zu partiellen Ableitungen, Richtungsableitungen, Tangenten und Anstiegen

4.1.1.6 Verkettete Funktionen

– 3 Aufgaben

- Beleg 07::19 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Anwendung Kettenregel
- Beleg 07::20 – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n :: Anwendung Kettenregel (radialsymmetrische Funktion)
- Gradient einer radialsymmetrischen Funktion über dem \mathbb{R}^n

4.1.2 Definitionsbereich

– 9 Aufgaben

- Definitionsbereich angeben_1
- Definitionsbereich angeben_1_1
- Definitionsbereich angeben_2
- Definitionsbereich angeben_3
- Definitionsbereich angeben_4
- Definitionsbereich angeben_5
- Definitionsbereich angeben_6
- Definitionsbereich angeben_7
- Definitionsbereich angeben_8

4.1.3 Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Extrema ohne Nebenbedingungen

– 38 Aufgaben

- 5P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Extrema im \mathbb{R}^2 (2010-A6 – mit Variation, NR-Lücke)
- 5P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Extrema/Sattelpunkt im \mathbb{R}^2 (mit Variation, NR-Lücke)

- Beleg 08::01 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: Extrema lokal mit Anleitung (CAS-Lücken)
- Beleg 08::02 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: Extrema lokal ohne Anleitung (CAS-Lücken)
- Beleg 08::03 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: Extrema lokal mit Parameter (CAS-Lücken)
- definitheit_stat_punkt_01_Vers2
- Definitheit von Hess_f im \mathbb{R}^2 an stationärem Punkt (Lückentextversion)
- Definitheit von Hess_f im \mathbb{R}^2 an stationärem Punkt (Textboxversion)
- EX::26 – Extremum ohne Nebenbedingung (SC, 1 aus 4, Feedback individuell)
- extrema_02
- extrema_1
- extrema_1 Vers 2
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (ausführlich, 2 Teilaufgaben)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (mit Anleitung)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (mit Parameter und vorgegebenem x)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (ohne Anleitung)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (Polynom)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (Polynom in Exponentialfunktion)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (Polynom mit Parameter)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (TA1: Bestimmung stationärer Punkte)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB (TA2: Untersuchung Definitheit)
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB mit Exponentialfunktion
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB mit Exponentialfunktion und Grafikanzeige
- Extrema im \mathbb{R}^2 ohne NB mit Exponentialfunktion V2
- Extremwerte ohne Nebenbedingungen für eine Funktion dreier Variabler GUT!
- Extremwerte ohne Nebenbedingungen für eine Funktion zweier Variabler GUT!
- Hinreichende Kriterien (SC, stationäre Punkte)
- Hotspot contour
- kriterien_extrema_etc_01
- kriterien_extrema_etc_02
- Sattelpunkte (Hotspot Höhenlinien)
- stationäre_punkte_01
- Stationäre Punkte im \mathbb{R}^2
- stationärer Punkt
- Stationärer Punkt im \mathbb{R}^2 mit Bestimmung der Art
- Wissensabfrage zu lokalen Extrema ohne NB (MC)
- Wissensabfrage zu lokalen Extrema ohne NB (SC, einzeln)

4.1.4 Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Extrema unter Nebenbedingungen

– 29 Aufgaben

- 5P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB – LMM schrittweise (mit Variation)
- Aussagen zu lokalen Extremstellen ohne und mit Nebenbedingungen
- Beleg 08::04 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: LMM mit Anleitung (CAS-Lücken)
- Beleg 08::05 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: LMM (Abstand einer Kurve zum Ursprung, CAS-Lücke)
- Beleg 08::06 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: LMM (Musterlösung vervollständigen)
- Beleg 08::07 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: LMM 01 (nur Ergebnisangabe, Feedback,

- CAS-Lücke)
- Beleg 08::08 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: LMM 02 (nur Ergebnisangabe, Feedback, CAS-Lücke)
- Beleg 08::09 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: Gewinnmaximierung bei Bodenallokation (CAS-Lücke)
- Beleg 08::10 – Differenzierbarkeit im \mathbb{R}^n :: Globale Extrema (Medikamentenwirkung, Musterfeedback, CAS-Lücke)
- EX::23 – Extremum [Multivariate Funktion] (Drag & Drop, 4 aus 7)
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (Abstand einer Kurve zum Ursprung)
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (Bodenallokation: maximaler Gewinn)
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (Medikamentenwirkung)
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (nur Ergebnisangabe) 01
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (nur Ergebnisangabe) 02
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (Reduktion durch Einsetzen) Prisma
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (schrittweise) 01
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (schrittweise) 02
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (schrittweise) mit Hilfestellung
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (TA1: Aufstellen der Lagrange-Funktion)
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (TA2: MC, Auswahl notwendige Bedingung)
- Extrema im \mathbb{R}^2 unter NB (TA3: Textboxauswahl, Entscheidung Minimum, Maximum)
- Extrema im \mathbb{R}^3 unter NB (Reduktion durch Einsetzen) Verpackung in Milchfabrik
- extrema mit nebenbed 01
- extrema mit nebenbed 02
- extrema mit nebenbed 03
- extrema mit nebenbed 04
- min_abstand_lagrange_01

4.1.5 Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Fehlerrechnung

– 9 Aufgaben

- 5P – Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Messunsicherheit Linse (2010 - A8 – mit leichter Variation, etwas Feedback, NR-Lücke)
- Bestimmung der absoluten Fehler (Größen im rechtwinkligen Dreieck)
- Bestimmung des absoluten und relativen Fehlers (Ersatzwiderstand)
- fehler_totales_diff_01
- fehler_totales_diff_02
- Fehlerfortpflanzung (Komplettpaket) Volumen eines Zylinders
- Fehlerfortpflanzung (linear) Funkflitzer
- Fehlerfortpflanzung (linear) Oberfläche einer Kugelschicht
- Fehlerfortpflanzung (linear) WG-Zimmerwand

4.1.6 Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Taylorformel und Taylorpolynome

– 15 Aufgaben

- linearisierung_system_2x2_01
- tangentiellebene_01
- Tangentialebene (JSXGraph)
- taylor_grad2_xyz_01
- taylor_x^y
- Taylorpolynom 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Anwendung: nichtlineares (2×2) -Gleichungssystem)
- Taylorpolynom 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Tangen-

tialebene)

- Taylorpolynom 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Tangentialebene) und 2. Ordnung (zufällige Auswahl mit Polynomen und Wurzeln)
- Taylorpolynom 1. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Tangentialebene) und 2. Ordnung (zufällige Auswahl mit Sinus, Cosinus, Logarithmus und Exponentialfunktion)
- Taylorpolynom 2. Ordnung im \mathbb{R}^2 (Markie-

rungsaufgabe, Taylorformel allgemein)

- Taylorpolynom 2. Ordnung im \mathbb{R}^2 (x^y)
- Taylorpolynom 2. Ordnung im \mathbb{R}^3 mit Sinus
- Taylorpolynom 2. Ordnung im \mathbb{R}^3 mit Sinus und Exponentialfunktion
- Taylor-Polynome 0., 1. und 2. Ordnung (zu einem Polynom)
- Taylorpolynom im \mathbb{R}^2 (Abfrage der Ordnung) und Taylorentwicklung (Abfrage des Abbruchs)

4.1.7 Differentialrechnung im \mathbb{R}^n : Vektoranalysis (Divergenz, Rotation, Potential)

– 29 Aufgaben

- Auswertung des Laplace-Operators im \mathbb{R}^3 (Divergenz, Gradient)
- div_rot_01
- divergenz_01
- divergenz_02
- Divergenz, MC Frage
- Divergenz und Rotation von Vektorfeldern 1
- Divergenz und Rotation von Vektorfeldern 2
- Gradient und Richtungsableitung von Skalarfeldern 3
- Gradient und Richtungsableitung von Skalarfeldern 4
- laplace_01
- Potential_01
- Potential_02
- Potentialfelder 1
- Potentialfelder 2
- Potentialfelder 3
- Potentialfelder 4
- rotation_01
- rotation_02
- rotation_03
- Skalarfeld im \mathbb{R}^3 (Bestimmung des Gradienten) 01
- Skalarfeld im \mathbb{R}^3 (Bestimmung von Gradient und Richtungsableitung)
- vektorfelder_zuordnen_01
- Vektorfeld im \mathbb{R}^2 (Drag & Drop, 4 Grafiken, 8 Funktionen)
- Vektorfeld im \mathbb{R}^3 (Bestimmung der Divergenz und Rotation) mit trigonometrischen Funktionen
- Vektorfeld im \mathbb{R}^3 (Bestimmung der Rotation) mit Polynomen 01
- Vektorfeld im \mathbb{R}^3 (Bestimmung der Rotation) mit Polynomen 02
- Vektorfeld im \mathbb{R}^3 (Bestimmung der Rotation) mit trigonometrischen Funktionen
- Vektorfeld im \mathbb{R}^3 (Prüfen der Integrierbarkeitsbedingung, Potenzialfeld)
- Wissensabfrage (MC, Beziehungen mit Divergenz, Rotation und Gradient)

4.1.8 Folgen im \mathbb{R}^n : Konvergenz & Divergenz

– 10 Aufgaben

- 1P – Folgen im \mathbb{R}^n : Grenzwertbestimmung 01 (mit leichter Variation, Feedback, NR-Lücke)
- Beleg 07::01 – Folgen im \mathbb{R}^n : Grenzwertbestimmung 01 (Feedback, EB, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 07::01 – Folgen im \mathbb{R}^n : Grenzwertbestimmung 02 (Feedback, EB, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 07::01 – Folgen im \mathbb{R}^n : Konvergenz

- ja/nein (Feedback)
- Grenzwert 2D rekursiv
- Grenzwert 2D rekursiv konstant
- grenzwerte_01_3d
- grenzwerte_02_3d
- Konvergenz 2D Auswahl
- Konvergenz von Folgen im \mathbb{R}^2 (MC, Auswahl)

4.1.9 Funktionen im \mathbb{R}^n : Implizite Funktionen (Niveaumengen, UMs, etc.)

– 18 Aufgaben, 1 Unterordner

- ableitung_implicit_01
- Ableitungen, Tangente und Taylor-Polynom einer implizit gegebenen Funktion 1
- Ableitungen, Tangente und Taylor-Polynom einer implizit gegebenen Funktion 2
- Einführende Aufgaben zu Impliziten Funktionen 1
- Einführende Aufgaben zu Impliziten Funktionen 2
- Gradient (SC, Eigenschaft bei implizit gegebener Funktion im \mathbb{R}^2)
- implizite_ableitung1_teil1
- implizite_ableitung1_teil2
- implizite_ableitung1_teil3
- implizite Funktionen in \mathbb{R}^3 (Plot Matching 5 aus 7, Drag & Drop)
- Kurvenbeschreibung_zuordnen (Drag & Drop, 4 aus 4, Grafiken)
- Kurvenbeschreibung_zuordnen_2 (Drag & Drop, 4 aus 4, Grafiken kleiner)
- Niveaulinien zuordnen
- Niveaumenge
- tangente_implicit_01
- tangentiellebene_implicit_01
- Untersuchung auf lokale Auflösbarkeit mit dem Satz über implizite Funktionen 1
- Untersuchung auf lokale Auflösbarkeit mit dem Satz über implizite Funktionen 1

4.1.9.1 Flächen beschriften

– 10 Aufgaben

- Flächen beschriften_1
- Flächen beschriften_2
- Flächen beschriften_3
- Flächen beschriften_4
- Flächen beschriften_5
- Flächen beschriften_6
- Flächen beschriften_7
- Flächen beschriften_8
- Flächen beschriften_9

4.1.10 Funktionen im \mathbb{R}^n : Kurven (vektorwertige Funktionen)

– 18 Aufgaben (siehe auch Ableitungsbegriffe: Funktionen aus \mathbb{R}^1 (Tangentialvektor))

- ballkurve_01 (SC, 1 aus 4, mit Feedback und Grafik)
- Grafische Darstellung in 3D (SC, 4 Raumkurven)
- krümmung_01
- krümmung_02
- krümmung_03
- krümmungskreis_01
- kurve_ebene_01 (Umformung aus Parameterform)
- kurve_ebene_02 (Umformung aus Parameterform)
- kurve_eigenschaften_01
- normalenvektor_01
- Parameterdarstellung wichtiger Kurven
- parametrisierung_zuordnen_01
- parametrisierung_zuordnen_02
- parametrisierung_zuordnen_03
- Parametrisierungen_Kurven
- Parametrisierungen_Kurven_v2
- punkte_bestimmen_01
- Verständnisfrage (SC, Zylinderkurve)

4.1.11 Funktionen über \mathbb{R}^n : Graphen erkennen

– 12 Aufgaben

- explizite Funktionen über \mathbb{R}^2 (Doppelauswahl Funktion Graph) 01
- explizite Funktionen über \mathbb{R}^2 (Doppelauswahl Funktion Graph) 02
- explizite Funktionen über \mathbb{R}^2 (Doppelauswahl Funktion Graph) 03
- explizite Funktionen über \mathbb{R}^2 (Plot Match 5 aus 8, Drag & Drop)
- explizite Funktionen über \mathbb{R}^2 (SC, 1 Graph, 5 Funktionen)
- $f(x, y)$ _graphisch_01
- $f(x, y)$ _graphisch_02
- $f(x, y)$ _graphisch_03
- $f(x, y)$ _graphisch_04
- Funktion zuordnen (JSXGraph)
- Graphen von skalaren Funktionen zweier Variabler (Plot Match 6 aus 7, Drag & Drop)
- implizite Funktionen in \mathbb{R}^3 (Plot Matching 5 aus 7, Drag & Drop)

4.1.12 Funktionen über \mathbb{R}^n : Stetigkeit

– 10 Aufgaben

- 1P – Stetigkeit im \mathbb{R}^n : Fortsetzung einer Ebene (mit leichter Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Stetigkeit im \mathbb{R}^n : Relation zur Stetigkeit entlang Geraden (mit Variation, Feedback, Grafik, NR-Lücke)
- Beleg 07::02 – Stetigkeit im \mathbb{R}^n : Fortsetzung einer Ebene (Feedback, EB, Grafik, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 07::03 – Stetigkeit im \mathbb{R}^n : Fortsetzung

- einer Fläche (Feedback, EB, Grafik, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 07::04 – Stetigkeit im \mathbb{R}^n : Relation zur Stetigkeit entlang Geraden (Feedback, EB, Grafik, CAS-Lücken, grau)
- Grenzwerte von skalaren Funktionen mehrerer Variabler
- stetigkeit_01
- Stetigkeit im \mathbb{R}^2 – Fortsetzung einer Ebene
- Stetigkeit im \mathbb{R}^2 Prüfschema (Drag & Drop)
- Stetigkeit im \mathbb{R}^2 vs. Stetigkeit entlang Geraden

4.1.13 Integration im \mathbb{R}^n : Bogenlängen

– 13 Aufgaben

- Beleg 04::05 – Anwendung bestimmtes Integral :: Bogenlängen von Kurven :: Parabel (Feedback-Graphik, CAS-Lücken)
- Beleg 04::06 – Anwendung bestimmtes Integral :: Bogenlängen von Kurven :: nach Bogenlänge parametrisiert
- Beleg 04::07 – Anwendung bestimmtes Integral :: Bogenlängen von Kurven :: Zykloide (Graphik, CAS-Lücken)
- Beleg 04::08 – Anwendung bestimmtes Integral :: Bogenlängen von Kurven :: Logarithmische Spirale (Graphik, CAS-Lücken)
- Bogenlänge (SC, Auswahl geeigneter Formel)
- Bogenlänge Helix
- Bogenlänge von Kurven im 2D (4x)
- Bogenlänge von Kurven im 2D (LängeParametrisierteKurve)
- Bogenlänge von Kurven im 3D (3x)
- Parametrisierte Kurve in 2D (Berechnung Bogenlänge)
- Parametrisierte Kurve in 2D (SC, Formelabfrage Bogenlänge)
- Unendliche Bogenlänge (SC, mit Beispielan-gabe)
- Unendliche Bogenlänge (SC, mit Beispielan-gabe und rechnerischem Nachweis)

4.1.14 Integration im \mathbb{R}^n : Kurvenintegrale

4.1.14.1 1. Art (nicht orientiert :: skalare Funktionen)

– 6 Aufgaben

- KurvenInt_ersterArt_01
- KurvenInt_ersterArt_02
- KurvenInt_ersterArt_03
- KurvenInt_ersterArt_03_zweistufigesFeedback
- Kurvenintegrale 1. Art im 2D
- Kurvenintegrale 1. Art im 3D

4.1.14.2 2. Art (tangential orientiert :: Vektorfelder)

– 12 Aufgaben

- 2D-Kurvenintegrale 2. Art 1
- 2D-Kurvenintegrale 2. Art 2
- 2D-Kurvenintegrale 2. Art 3
- 2D-Kurvenintegrale 2. Art 4
- gradientenfeld_01
- KurvenInt_zweiterArt_01
- KurvenInt_zweiterArt_02
- KurvenInt_zweiterArt_02 kurz
- KurvenInt_zweiterArt_03
- KurvenInt_zweiterArt_04
- KurvenInt 2. Art Gradientfeld Vorgehen
- KurvenInt 2. Art Vorgehen

4.1.14.3 3. Art (normal orientiert :: Vektorfelder)

– bisher 0 Aufgaben

4.1.15 Integration im \mathbb{R}^n : Normalbereiche

– 1 Aufgabe, 3 Unterordner

- parametrisierung_parallelogramm_01

4.1.15.1 Aufgabenkomplexe

– 6 Test (übergreifende Aufgaben)

- Berechnungen am Halbkreis
- Berechnungen am Kreis
- Berechnungen für einen Kreisring
- Berechnungen für ein Parallelogramm
- Berechnungen für Kardioide
- Test mit wählbarer Schwierigkeit

4.1.15.2 In 2D

– 30 Aufgaben

- 2P – Normalbereich in 2D: Parametrisierung zuordnen 01 (Drag & Drop, 4 aus 7, mit Grafik, 2-Stufen Feedback)
- 5P – Normalbereich in 2D: Beschreibung angeben (mit Variation, NR-Lücke)
- 5P – Normalbereich in 2D: Beschreibung angeben und Bereichsintegral berechnen 1.1 (mit Variation, Grafik, NR-Lücke)
- 5P – Normalbereich in 2D: Beschreibung angeben und Bereichsintegral berechnen 1.1 (mit Variation, Grafik, NR-Lücke)
- Beleg 09::01 – Normalbereich aufstellen :: Dreieck (CAS-Lücken, grau)
- Beleg 09::02 – Normalbereich aufstellen :: Einfache Kurven (CAS-Lücken, grau)
- Beleg 09::03 – Normalbereich aufstellen :: Zuordnung zur Parametrisierung 01
- Beleg 09::04 – Normalbereich mit Grafik :: Bereichsintegral bzgl. x in 2D berechnen (CAS-Lücken, grau)
- Beleg 09::05 – Normalbereich mit Grafik :: Bereichsintegral bzgl. y in 2D berechnen (CAS-Lücken, grau)
- Beleg 09::07a – Normalbereichstyp entscheiden
- Beleg 09::07b – Normalbereichstyp entscheiden
- Beleg 09::07c – Normalbereichstyp entscheiden
- Beleg 09::08 – Normalbereich mit Grafik :: Bereichsintegral in 2D krummlinig 01 (Feedbackstufen, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 09::09 – Normalbereich mit Grafik :: Bereichsintegral in 2D krummlinig 02 (Feedbackstufen, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 09::10 – Normalbereich mit Grafik :: Bereichsintegral in 2D krummlinig 03 (Feedbackstufen, CAS-Lücken, grau)
- doppelintegral_parallelogramm_01
- FlächenintegralGrenzen
- Fläche zwischen Kurven (Auswahlmatrix)
- integral_normalbereich_01
- Iteriertes Integral
- Normalbereich
- Normalbereiche und Bereichsintegrale in 2D 1.1
- Normalbereiche und Bereichsintegrale in 2D 1.2
- Normalbereiche und Bereichsintegrale in 2D 2
- Normalbereiche und Bereichsintegrale in 2D 3
- Normalbereiche zuordnen
- Normalbereichstyp
- Normalbereichstyp_2

- Normalbereichstyp_vers2

- parametrisierung_zuordnen_01 (Drag & Drop, 4 aus 7, Grafiken)

4.1.15.3 In 3D

– 7 Aufgaben

- Beleg 09::06 – Normalbereich mit Grafik :: Bereichsintegral in 3D berechnen (CAS-Lücken, grau)
- Gauss_01 (Oberflächenintegral 2. Art :: Anwendung Satz von Gauß)
- raumintegral_01 (Volumen Zylinderschnitt)
- raumintegral_02 (Trafo auf Zylinderkoordinaten)
- raumintegral_03 (Integration über Prisma)
- raumintegral_04 (Mathepilz)
- VolumenIntegralVorgehen (Reihenfolge)

Vorschlag (Abi 2019, Aufgabe 1)

- Gegeben ist die in \mathbb{R} definierte Funktion $f(x) = e^x + \frac{1}{2}x$.
 - Begründen Sie, dass der Graph von f und der Graph der in \mathbb{R} definierten Funktion $g(x) = \frac{1}{2}x - 1$ keinen gemeinsamen Punkt besitzen.
 - Für eine positive reelle Zahl c wird die in \mathbb{R} definierte Funktion $g_c(x) = \frac{1}{2}x - c$ betrachtet. [Die Abbildung zeigt die Graphen von f und g_c .] Die beiden Graphen schließen mit der y -Achse und der Gerade mit der Gleichung $x = 1$ eine Fläche mit dem Inhalt 3 ein. Berechnen Sie c .

4.1.16 Integration im \mathbb{R}^n : Oberflächenintegrale und Satz von Gauß/Stokes

– 1 Aufgabe, – 2 Unterordner

- Oberflächenelement

4.1.16.1 1. Art (nicht orientiert :: skalare Funktionen)

– 2 Aufgaben

- oberfläche_torus_01
- oberflächenint_1.art_01

4.1.16.2 2. Art (normal orientiert :: Vektorfelder)

– 11 Aufgaben

- FlächenelementRichtung
- oberflächenint_2.art_02_zweistufigesFeedback
- Gauss_02
- oberflächenint_2.art_03
- Gauss_02_vers2
- Oberflächenintegral 2. Art Verständnis
- Gauss_verständnis_01
- Stokes_01
- oberflächenint_2.art_01
- Stokes_02
- oberflächenint_2.art_02

4.1.17 Integration im \mathbb{R}^n : Satz von Fubini & Transformationssatz

– 19 Aufgaben

- Beleg 09::11 – Polarkoordinatentransformation :: Dynamisch synchronisierte Anpassung der Bereiche (JSXGraph)
- parametrisierung_halfkreis_01
- Bereichsintegrale (mit Grafik)
- polarkoord_normalverteilung_01
- Grenzen vertauschen
- polarkoord_normalverteilung_02
- integral_polarkoord_01
- polarkoord_normalverteilung_03
- Integrationsreihenfolge vertauschen
- polarkoordinaten_umrechnung_01
- Integrationsreihenfolge vertauschen Ver. 2
- polarkoordinaten_umrechnung_02
- koordinatentransformation_01
- Polarkoordinatentransformation
- Polarkoordinatentransformation2
- Körpervolumen
- Polarkoordinatentransformation3
- Kugelkoordinaten_01
- Polarkoordinatentransformation4

4.1.18 Integration im \mathbb{R}^n : Schwerpunkt und Masse

– 8 Aufgaben

- Beleg 04::03 – Anwendung bestimmtes Integral :: Fläche zwischen zwei Kurven (Gerade, Parabel) :: Schwerpunkt (Feedback-Grafik, CAS-Lücken)
- Beleg 04::04 – Anwendung bestimmtes Integral :: Fläche zwischen zwei Kurven (Wurzel, Parabel) :: Schwerpunkt (Feedback-Grafik, CAS-Lücken)

- GeometrischerSchwerpunkt
- Kugel_Masse_01
- MasseZylinderKoordinaten
- schwerpunkt_01
- Schwerpunkt (MC, gewichteter Kreis, qualitative Aussagen)
- Schwerpunkt (MC, Halbkreis)

4.1.19 Verschiedenes/Mix

– **7 Aufgaben** (einige von “Nicht registrierter Nutzer”)

- 6.3 partielle Elastizität
- 6.4 totales Differenzial
- Eigenschaften von Mengen (!!!)
- Flächen zuordnen 1 (!!!)
- Flächen zuordnen 2 (!!!)
- Funktionen von mehreren Variablen und vektorwertige Funktionen in Anwendungen
- Supremum, Infimum, Maximum und Minimum von skalaren Funktionen zweier Variabler

4.2 Differentialrechnung einer Veränderlichen

– 1 Aufgabe: freies Üben – Ableiten (Aufgabe zum Selbsttest), 28 Unterordner

4.2.1 Ableitung: allgemeine Regeln

– 13 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung: Ableitungsregeln (Drag & Drop, 2 aus 5, mit Variation) aus 9, Feedback)
- 1P – Differentialrechnung: Differentiationsregeln (Drag & Drop, 4 aus 7)
- AbleitenRegeln
- Ableitungsregeln (Drag & Drop, 2 aus 5, mit Variation)
- Beleg 00::01 – Differentialrechnung :: Ableitungsregeln Auswahl (Drag & Drop, 2 aus 5, mit Variation)
- Beleg 00::02 – Differentialrechnung :: Differentiationsregeln Überblick (Drag & Drop, 5
- rechenregeln_wahr/falsch_01 (SC, 1 Regel)
- rechenregeln_wahr/falsch_02 (SC, 1 Regel)
- rechenregeln_wahr/falsch_03 (SC, 1 Regel)
- rechenregeln_wahr/falsch_04 (SC, 1 Regel)
- rechenregeln_wahr/falsch_05 (SC, 1 Regel)
- rechenregeln_wahr/falsch_06 (SC, 1 Regel)

4.2.2 Ableitung: Anwendung der Definition

– 5 Aufgaben

- differenzierbarkeit_begriff (!!!) (Lückentext, 4 Lücken zur Definitionsabfrage)
- DiffquotMonom
- sinus_1/x_diff_01 (MC, 1 aus 3, $x \cdot \sin\left(\frac{1}{x}\right)$, Abbildungen im Feedback)
- sinus_1/x_diff_02 (MC, 2 aus 3, $x^2 \cdot \sin\left(\frac{1}{x}\right)$, Abbildungen im Feedback)
- sinus_1/x_diff_03 (MC, 3 aus 3, $x^3 \cdot \sin\left(\frac{1}{x}\right)$, Abbildungen im Feedback)

4.2.3 Ableitung: Beispiele Grundfunktionen

– 21 Aufgaben

- AbleitenGrundlegendeFunktionen
- ableitung_e^x/e^-x
- ableitung_elementare_funktionen_01
- ableitung_elementare_funktionen_02
- ableitung_lnx
- ableitung_log_a(x)
- ableitung_sinh x/cosh x
- ableitung_sqrt(x)
- Ableitung1
- Ableitung2
- Ableitung3
- Ableitung4
- Bestimmung von Ableitungen 1.1
- Bestimmung von Ableitungen 1.2
- Bestimmung von Ableitungen 1.3
- Bestimmung von Ableitungen 1.4

- Bestimmung von Ableitungen 1.5
- Bestimmung von Ableitungen 1.6
- Bestimmung von Ableitungen 1.7
- Bestimmung von Ableitungen 1.8
- Bestimmung von Ableitungen 1.9

4.2.4 Ableitung: Beispiele Kettenregel

– 37 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung: Anwendung Kettenregel – mit Logarithmus (mit Variation, individuellem Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung: Anwendung Kettenregel – mit Polynom (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung: Anwendung Kettenregel – mit Sinus (mit Variation, 2-Stufen-Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung: Anwendung Kettenregel – mit Sinus/Cosinus (mit Variation, 2-Stufen-Feedback, NR-Lücke)
- Beleg 00::09 – Differentialrechnung :: Anwendung Kettenregel – mit Logarithmus (Feedback individuell, CAS-Lücken)
- Beleg 00::10 – Differentialrechnung :: Anwendung Kettenregel – mit Sinus/Cosinus (EB, Feedbackstufen, CAS-Lücken)
- Beleg 00::11 – Differentialrechnung :: Anwendung Kettenregel – mit Sinus (EB, Feedbackstufen, CAS-Lücken)
- Bestimmung von Ableitungen 2.1
- Bestimmung von Ableitungen 2.2
- Bestimmung von Ableitungen 2.3
- Bestimmung von Ableitungen 2.4
- Bestimmung von Ableitungen 3.1
- Bestimmung von Ableitungen 3.10
- Bestimmung von Ableitungen 3.2
- Bestimmung von Ableitungen 3.3
- Bestimmung von Ableitungen 3.4
- Bestimmung von Ableitungen 3.5
- Bestimmung von Ableitungen 3.6
- Bestimmung von Ableitungen 3.7
- Bestimmung von Ableitungen 3.8
- Bestimmung von Ableitungen 3.9
- Kettenregel_01
- Kettenregel_02
- Kettenregel_03
- kettenregel_e^x_01 (Lineares Polynom im Exponenten, mit Variation)
- kettenregel_e^x_02 (Wurzel im Exponenten, Anwendung Additionstheorem)
- kettenregel_ln_01 (Lineares Polynom vorgeschaltet, mit Variation)
- kettenregel_ln_02 (Quadratisches Polynom vorgeschaltet, mit Variation)
- kettenregel_ln_03 (Monom vorgeschaltet, mit Variation)
- kettenregel_ln_04 (Monom und Logarithmus vorgeschaltet, mit Variation)
- kettenregel_ln_05 (Rationale Funktion vorgeschaltet, mit Variation)
- kettenregel_ln_06 $\left(f(x) = \ln \sqrt{\frac{1+x^2}{1-x^2}} \right)$
- kettenregel_ln_zsf (Aufgaben ..._01 bis ..._04 zusammengefasst)
- kettenregel_sinus_01 (SC, 1 aus 7, quadratisches Polynom vorgeschaltet, mit Variation)
- kettenregel_tangens_01 (Skaliertes Monom vorgeschaltet, mit Variation)
- kettenregel_trig_fkt_01 (4 verkettete Funktionen)
- KettenregelMC

4.2.5 Ableitung: Beispiele Logarithmisches Differenzieren

– 9 Aufgaben

- ableitung_potenzen_01
- ableitung_potenzen_02
- ableitung_potenzen_03
- ableitung_potenzen_04
- ableitung_potenzen_05
- Logarithmisches Differenzieren 1
- Logarithmisches Differenzieren 2
- Logarithmisches Differenzieren 3
- Logarithmisches Differenzieren 4

4.2.6 Ableitung: Beispiele Produktregel

– 18 Aufgaben

- ableitung_produkt_01 (Produkt von Monomen, mit Variation)
- ableitung_produkt_02 (Produkt von Monom mit Wurzel, mit Variation)
- ableitung_produkt_03 (Produkt von linearen Polynomen mit führ. Koeff. Eins, mit Variation)
- ableitung_produkt_04 (Produkt von linearen Polynomen, mit Variation)
- ableitung_produkt_05 (Produkt von aus zwei Summanden best. Polynomen, mit Variation)
- ableitung_produkt_06 (Produkt von ax und aus zwei Summanden best. Polynom, mit Variation)
- ableitung_produkt_zsf (Aufgaben ..._01 bis ..._06 zusammengefasst, mit Variation)
- Bestimmung von Ableitungen 2.5
- Bestimmung von Ableitungen 2.6
- Bestimmung von Ableitungen 2.7
- Bestimmung von Ableitungen 2.8
- produktregel_e^x_01 (SC, 1 aus 5, mit Variation)
- produktregel_e^x_02 (SC, 1 aus 5, mit Variation)
- produktregel_e^x_03 (Produkt aus Polynom 3. Grades mit Exponentialfunktion)
- produktregel_sinus_01 (SC, 1 aus 5, Anwendung Produkt **und Kettenregel**, mit Variation)
- produktregel_sinus_02 (SC, 1 aus 5, Anwendung Produkt **und Kettenregel**, mit Variation)
- produktregel_sinus_03 (Ableitung von $f(x) = (\sin(x))^2$)
- produktregel_sinus_04 (Ableitung von $f(x) = (\sin(x))^2 \cdot (\cos(x))^2$)

4.2.7 Ableitung: Beispiele Quotientenregel

– 10 Aufgaben

- Bestimmung von Ableitungen 4.1
- Bestimmung von Ableitungen 4.2
- Bestimmung von Ableitungen 4.3
- Bestimmung von Ableitungen 4.4
- quotientenregel_01 (Zähler und Nenner lineare Polynome, Eingabe: Zähler des Ergebnisses)
 - ...mit Expertenregel zur Punktebewertung!!!
- quotientenregel_02 (Zähler quadrat., Nenner lin. Polynom, Eingabe: Zähler des Ergebnisses)
- quotientenregel_03 (Zähler- und Nennerpolynom vom Grad 4, Eingabe: Zähler des Ergebnisses)
- quotientenregel_04 (Zähler und Nenner Linearkombinationen von Exponentialfunktionen)
- quotientenregel_05 (Zähler und Nenner Linearkombinationen von trigonometrischen Funktionen)
- quotientenregel_06 (Ausdruck zu Polynom in Exponentialfunktion vereinfachbar)

4.2.8 Ableitung: Beispiele zum Trainieren

– 20 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung: Ableitung an konkreter Stelle (mit Variation, NR-Lücke)
- 1P – Differentialrechnung: Ableitung konkret (mit doppelter Variation)
- 1P – Differentialrechnung: Ableitung konkret – mit Exponentialfunktion (2018 - A2c – mit Variation)
- 1P – Differentialrechnung: Ableitung konkret – mit Logarithmus (2010 - A2c – mit Variation)
- 1P – Differentialrechnung: Grundlegende Funktionen ableiten (mit Variation)
- Ableiten4VerschiedeneFunktionen
- Ableiten – freies Üben (Aufgabe zum Selbsttest)
- AbleitenVerkettetMult.Choice (MC, 4 aus 7)
- ableitung_elementar_01
- ableitung_elementar_02
- Ableitungen_bestimmen
- Ableitungen_individuelles Feedback (8 Funktionen)
- Ableitungen_zuordnen (Drag & Drop, 2 aus 8)
- AbleitungenVerketteteFunktionen
- Beleg 00::03 – Differentialrechnung :: Ableitung grundlegender Funktionen (EB)
- Beleg 00::05 – Differentialrechnung :: Exponentialfunktion (BMB::2018A2c – mit Variation, EB)

- Beleg 00::06 – Differentialrechnung :: Ableiten XXL (doppelte Variation, EB)
- Beleg 00::07 – Differentialrechnung :: Ableitung an konkreter Stelle (EB, CAS-Lücken, grau)
- Teilaufgabe Ableiten 1 (SC, 1 aus 4, Ableitung von $\cos(x^2)$)
- Teilaufgabe Ableiten 2 (SC, 1 aus 4, Ableitung von x^x)

4.2.9 Ableitung: Graph erkennen

– 14 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung: Relation von Ableitung zur Funktion (SC, 1 aus 4, mit Grafik, nur Permutation)
- ableitung_erkennen_variabel_01 (SC, 1 aus 4, mit Variation)
- ableitung_gauss_graphisch_01 (SC, 1 aus 4, $\exp(-x^2)$)
- Ableitung_grafisch_01 (SC, 1 aus 3, x^3)
- Ableitung_grafisch_02 (SC, 1 aus 3, $-x^3$)
- Ableitung_grafisch_03 (SC, 1 aus 3, $ax(x-1)$)
- Ableitung_grafisch_04 (SC, 1 aus 3, $ax(x+1)$)
- Ableitung_grafisch_05 (SC, 1 aus 3, $\sin(x)$)
- Ableitung_grafisch_06 (SC, 1 aus 3, $\cos(x)$)
- ableitung_log_graphisch_01 (SC, 1 aus 4)
- AbleitungErkennen (SC, 1 aus 4, mit Variation)
- Ableitung grafisch (SC, 1 aus 4)
- Ableitung graphisch bestimmen (JSX-Graph)
- Graphen von Funktion und zugehöriger Ableitung

4.2.10 Ableitung: höhere Ableitungen

– 15 Aufgaben

- Beleg 00::04 – Differentialrechnung :: Logarithmus (BMB::2010A2c – mit Variation, EB)
- Beleg 00::08 – Differentialrechnung :: Anwendung Kettenregel – mit Polynom (Feedbackstufen, CAS-Lücken)
- Bestimmung der n-ten Ableitung 1
- Bestimmung der n-ten Ableitung 2
- Bestimmung der n-ten Ableitung 3
- Bestimmung der n-ten Ableitung 4
- n-te_ableitung_01
- n-te_ableitung_02
- n-te_ableitung_03
- n-te_ableitung_04
- n-te_ableitung_05
- n-te_ableitung_06
- nteAbleitung
- zweite_ableitung_folgefehler
- ZweiteAbleitung (SC, 1 aus 4, mit Variation der Funktionenklasse)

4.2.11 Ableitung: Interpretationen

– 9 Aufgaben

- ableitung_begriff (MC, 3 aus 6, Charakter der Ableitung)
- ableitung_weg_zeit_01
- ableitung_weg_zeit_02
- DiffrechnungGrdl (Fehlertextaufgabe zu theoretischen Aussagen)
- Im Graph einer Funktion die Eigenschaften/Werte ihrer Ableitung markieren (JSXGraph)
- Zusammenhang zwischen Funktion und Ableitung I_Physik (SC, 1 aus 5)
- Zusammenhang zwischen Funktion und Ableitung II_Physik (SC, 1 aus 5)
- Zusammenhang zwischen Funktion und Ableitung III.Populationsdynamik (SC, 1 aus 5)
- Zusammenhang zwischen Funktion und Ableitung IV (SC, 1 aus 5)

4.2.12 Ableitung: Trigonometrische Funktionen

– 5 Aufgaben

- ableitung_cotangens
- ableitung_elementar_03 (Anwendung Additionstheoreme, ohne Variation)
- ableitung_sin(ax)_cos(ax) (Ableitung einer Funktion, mit Variation)
- ableitung_sinx/cosx (Ableitung von Sinus und Cosinus)
- ableitung_tangens

4.2.13 Ableitung: Zusammenhang mit Krümmungsverhalten

– 2 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung: Krümmungsverhalten (mit Variation, Feedback, Graphik, NR-Lücke)
- Beleg 00::14 – Differentialrechnung :: Krümmungsverhalten (Graph in Feedbackstufen, CAS-Lücken, grau)

4.2.14 Ableitung: Zusammenhang mit Tangenten

– 13 Aufgaben

- tangente_anstieg_01 (SC, 1 aus 5, mit Variation)
- tangente_anstieg_02 (SC, 1 aus 5)
- tangente_ln_01
- tangente_ln_02
- tangente_par_quad_anst
- tangente_parallel_01
- tangente_quad_funktion_01
- tangente_richtig/falsch (MC, 2 aus 4)
- tangente_schnittpunkt_01
- tangente_schnittpunkt_02
- tangente_waagrecht_01
- tangente_waagrecht_02
- Tangenten (Auswahlmatrix)

4.2.15 Differenzen- und Differentialquotienten

– 8 Aufgaben

s.a. Ableitung: Anwendung der Definition

- 1P – Differentialquotient: Berechnung an konkreter Stelle (n-tes Monom, mit Variation)
- 1P – Differentialquotient: Berechnung an konkreter Stelle (n-te Wurzel, mit Variation)
- Differenzenquotient
- Differenzenquotient_1
- Differenzenquotient_2
- Differenzenquotient_3
- lim_diff_1
- lim_diff_2

4.2.16 Differenzierbarkeit stückweise definierter Funktionen

– 3 Aufgaben

- diffbarkeit_betrag (Auswahlmatrix, 5 verschiedene Stellen sind zu überprüfen)
- Untersuchung auf Differenzierbarkeit 1
- Untersuchung auf Differenzierbarkeit 2

4.2.17 Extrema: Allgemein

– 1 Aufgabe

- ExtremaMC

4.2.18 Extrema: Am Graph erkennen

– 4 Aufgaben

- extrempunkte_01 (Hotspot, Polynom 3. Grades, hoechster Koeffizient negativ)
- extrempunkte_02 (Hotspot, Polynom 3. Grades, hoechster Koeffizient positiv)
- extrempunkte_05 (Hotspot, Polynom 4. Grades, hoechster Koeffizient positiv)
- extrempunkte_06 (Hotspot, Polynom 4. Grades, hoechster Koeffizient negativ)

4.2.19 Extrema: Textaufgaben

– 6 Aufgaben

- Getrãnkedosen_minimaler Materialverbrauch
- min_abstand_funktion_punkt
- rechteck_01
- Getrãnkedosen_minimaler Materialverbrauch v2
- rechteck_parabel_01
- zahlenrãtsel_01

4.2.20 Kurvendiskussion

– 33 Aufgaben

s.a. Wendepunkte: Am Graph erkennen

- 5P – Differentialrechnung: Kurvendiskussion (2017 – A6) (Definitions-, Wertebereich, Extrema – mit Variation, Grafik, NR-Lücke)
- 5P – Differentialrechnung: Kurvendiskussion (Definitions-, Wertebereich, Extremum, Graph – mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 5P – Differentialrechnung: Kurvendiskussion (Definitionsbereich, Extrem-, Wendestellen, Krümmung – mit Variation, etwas Feedback, Grafik, NR-Lücke)
- 5P – Differentialrechnung: Kurvendiskussion (Definitionsbereich, Pol, Extremum, Monotonie, Grenzwert – mit Variation, NR-Lücke)
- 5P – Differentialrechnung: Kurvendiskussion (Null-, Extrem-, Wendestellen, Grenzwert – mit Variation, NR-Lücke)
- Aussagen zu Anwendungen der Differentialrechnung
- Beleg 00::13 – Differentialrechnung :: Funktion vs. Ableitung (Grafik-SC, 1 aus 4, Feedbackstufen)
- Beleg 00::16 – Differentialrechnung :: Kurvendiskussion – Lückentext (2017 - A6 – Grafik, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 00::17 – Differentialrechnung :: Kurvendiskussion (Definitions-, Wertebereich, Extremum, Graph – mit Variation, Feedback, CAS-Lücken)
- Beleg 00::18 – Differentialrechnung :: Kurvendiskussion (Definitionsbereich, Extrem-, Wendestellen, Krümmung – mit Variation, etwas Feedback, Grafik, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 00::19 – Differentialrechnung :: Kurvendiskussion (Null-, Extrem-, Wendestellen, Grenzwert – mit Variation, CAS-Lücken)
- Beleg 00::20 – Differentialrechnung :: Kurvendiskussion (Definitionsbereich, Pol, Extremum, Monotonie, Grenzwert – mit Variation, CAS-Lücken, grau)
- extrempunkt_parabel_01
- extrempunkte_01 (Markierungsaufgabe, Polynom 3. Grades)
- extrempunkte_02 (Markierungsaufgabe, Polynom 3. Grades)
- extrempunkte_05 (Markierungsaufgabe, Polynom 4. Grades)
- extrempunkte_06 (Markierungsaufgabe, Polynom 4. Grades)
- Extremwerte 1
- Extremwerte 2
- Extremwerte 3
- Funktionen erkennen
- kriterien_w/f_01
- Kurvendiskussion (komplett, ohne Syntaxprüfung oder Hinweise)
- Kurvendiskussion 01: Grafische Zuordnung (3 aus 5)

- Kurvendiskussion 01: Grafische Zuordnung (3 aus 5) – ohne Anzeige
- Kurvendiskussion 01: Grafische Zuordnung (5 aus 5) – ohne Anzeige
- Kurvendiskussion mit GeoGebra (Demo für GeoGebra) Original-Link
- theorie_extrema_01
- theorie_wendepunkte_01
- wendepunkte_01 (Markierungsaufgabe, Polynom 3. Grades)
- wendepunkte_02 (Markierungsaufgabe, Polynom 3. Grades)
- wendepunkte_05 (Markierungsaufgabe, Polynom 4. Grades)
- wendepunkte_06 (Markierungsaufgabe, Polynom 4. Grades)

4.2.21 Kurvendiskussion: Aufgabensplit

– 13 Aufgaben, 3 Tests

- | | |
|--------------------------------|---|
| • $(x+1)/(x-1)$ _Teilaufgabe_A | • $x^3 \exp(-x)$ _Teilaufgabe_A |
| • $(x+1)/(x-1)$ _Teilaufgabe_B | • $x^3 \exp(-x)$ _Teilaufgabe_B |
| • $(x+1)/(x-1)$ _Teilaufgabe_C | • $x \exp(-x)$ |
| • $(x+1)/(x-1)$ _Teilaufgabe_D | Tests |
| • $(x+1)/(x-1)$ _Teilaufgabe_E | • $(x+a)/(x-b)$ _Teilaufgaben_variabel (Test mit Variablen auf Testebene) Testvariablen!!! |
| • $\exp(-x^2)$ _Teilaufgabe_A | • $a \exp(-bx^2)$ _Teilaufgaben_variabel (Test) |
| • $\exp(-x^2)$ _Teilaufgabe_B | • $a x^b \exp(-c x)$ _Teilaufgaben_variabel (Test) |
| • $\exp(-x^2)$ _Teilaufgabe_C | |
| • poly_01_Teilaufgabe_A | |
| • poly_01_Teilaufgabe_B | |

4.2.22 Modellierung/Textaufgaben

– 7 Aufgaben

- | | |
|---|--|
| • Autofahrer (Bestimmung von Parametern) | • Preiselastizität (SC,1 aus 4) |
| • Bierschaum_Ableitung und Termumformung_individuelles Feedback | • quadratisches Taylorpolynom/Minimum finden |
| • Holgers Club_Kurvendiskussion_Textaufgabe | • Verkaufszahlen_Kurvendiskussion_Textaufgabe |
| • Kruemmungskreis | |

4.2.23 Satz von Rolle/Mittelwertsatz

– 2 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung: Anwendung MWS (ohne Variation, mit ind. 3-Stufen Feedback, Grafik, NR-Lücke)
- Beleg 00::15 – Differentialrechnung :: Anwendung MWS (oV, EB, Grafik in Feedbackstufen, CAS-Lücken, grau)

4.2.24 Stetige Differenzierbarkeit

– 1 Aufgabe

- 5P – Differentialrechnung: Sachaufgabe – Straßenbau (mit Variation, Grafik, etwas Feedback, NR-Lücke)

4.2.25 Taylorpolynome bestimmen

– 24 Aufgaben

- Aussagen zur Taylor-Formel (MC)
- Beleg 00::21 – Differentialrechnung :: Taylorpolynom zu $\sin(x^2 - a) + b$ (Feedbackstufen, EB, Grafik, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 00::22 – Differentialrechnung :: Taylorpolynom zu $\exp(ax) - b$ (Feedback, EB, Grafik, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 00::23 – Differentialrechnung :: Taylorpolynom zu $\exp(ax) - b \sin(cx) + d$ (Feedbackstufen, EB, Grafik, CAS-Lücken, grau)
- EX::05 – Approximation von Funktionswerten (Drag & Drop, 3 aus 5, Formeln)
- PiApproxTaylor
- tangente_w/f
- Tangente und Taylor-Polynom 1
- Tangente und Taylor-Polynom 2
- Taylor
- taylor_funktionswert_01
- taylor_funktionswert_01_v2_Restglied
- taylor_funktionswert_01_vers2
- taylor_funktionswert_02
- taylor_polynom_01
- taylor_polynom_02
- Taylor_Vers2
- Taylor2
- taylor3_sin_cos_01
- taylor3_sqrt(x)_01
- taylor3_sqrt(x)_02
- taylor3_tanx_01
- taylor3_tanx_par
- zuordnung_polynomgrad (Drag & Drop, 3 aus 3)

4.2.26 Transfer: Grenzwertbestimmung mit L'Hospital

– 19 Aufgaben

- 1P – Differentialrechnung: Grenzwert einer Funktion via L'Hospital (mit Variation)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Beispiel 03 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Beispiel 04 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Beispiel 05 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 4P – Grenzwertberechnung ggf. mit Regel von L'Hospital: 4 Beispiele (mit Variation)
- Beleg 00::12 – Differentialrechnung :: Grenzwert via L'Hospital (4 Funktionsklassen, Graph im Feedback, CAS-Lücken, grau)
- Grenzwerte berechnen
- Grenzwerte divers (3 Berechnungen zu $x \cdot \sin\left(\frac{1}{x}\right)$, inklusive Regel von de L'Hospital)
- Grenzwerte divers (Drag & Drop, 4 aus 8, inklusive Regel von de L'Hospital)
- Grenzwerte mit der Regel von de l'Hospital (1 Berechnung, mit Exponentialfunktion)
- Grenzwerte mit der Regel von de l'Hospital (3 Berechnungen)
- Grenzwerte mit der Regel von de l'Hospital (3 Berechnungen) v2
- Regel von de l'Hospital 1 (4 Berechnungen, Grundform, mit Arcusfunktionen)
- Regel von de l'Hospital 2 (3 Berechnungen)
- Regel von de l'Hospital 3 (4 Berechnungen, Umformung zum Reziproken)
- Regel von de l'Hospital 4 (4 Berechnungen, Umformung mit Logarithmus)
- stetigkeit_ja/nein_02
- stetigkeit_ja/nein_03
- Unbestimmte Ausdrücke bei der Grenzwertberechnung

4.2.27 Transfer: Stetigkeit

– 2 Aufgaben

- stetig_und_diffbar_01
- Stetigkeit und Differenzierbarkeit (Auswahlmatrix 5x3)

4.2.28 Wendepunkte: Am Graph erkennen

– 6 Aufgaben

s.a. Kurvendiskussion

- wendepunkte_01 (Hotspot)
- wendepunkte_02 (Hotspot)
- wendepunkte_03 (Hotspot)
- wendepunkte_04 (Hotspot)
- wendepunkte_05 (Hotspot)
- wendepunkte_06 (Hotspot)

4.3 Folgen und Reihen

– 20 Unterordner

4.3.1 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 4 Aufgaben

- FolgenMC1
- FolgenMC2
- ReihenMC1
- ReihenMC2

4.3.2 Folgen: Anwendung der Definition ($N(\varepsilon)$)

– 9 Aufgaben

- 1P – Zahlenfolge: Bestimmung $N(\varepsilon)$ bei Nullfolge (mit Variation, Feedback, Bild, NR-Lücke)
- 3P – Zahlenfolge: Bestimmung Grenzwert und minimales $N(\varepsilon)$ (mit Variation, Feedback, Bild, NR-Lücke)
- 5P – Zahlenfolge: Bestimmung Grenzwert (So2022HM1-1a) – (mit Logarithmus, $N(\varepsilon)$ -Angabe, adaptivem Feedback, NR-Lücke)
- epsilon_umgebung_01
- Grenzwert einer Zahlenfolge (Epsilon)
- GW_Folge_n0
- GW_Folge_n0_2
- GW_Folge_n0_v2
- x_RingbeweisHaeufungspunktMetrischerRaum (Beweis dreier äquivalenter Aussagen)

4.3.3 Folgen: Berechnung von Grenzwerten

– 10 Aufgaben

- 1P – Grenzwert einer Folge bestimmen 01 (So2019HM1-3a) – (mit Anleitung, mit Variation)
- 1P – Grenzwert einer Folge bestimmen 02 (2010 - A2b – mit Variation, Feedback)
- 1P – Nullfolgen (mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- grenzwerte_01
- grenzwerte_01_vers2
- grenzwerte_02
- Grenzwerte von Folgen 1
- Grenzwerte von Folgen 1 (gebrochenrationale Terme I)
- Grenzwerte von Folgen 2 (gebrochenrationale Terme II)
- nullfolgen_01

4.3.4 Folgen: Bestimmung von Gliedern und Grenzwert

– 5 Aufgaben

- 1P – Zahlenfolge (Erste Glieder und Grenzwert bestimmen) (mit Variation, Feedback)
- Berechnung ausgewählter Folgenglieder anhand einer expliziten Bildungsvorschrift
- Zahlenfolge Glieder Grenzwert
- Zahlenfolge Glieder Grenzwert_2
- Zahlenfolge Glieder Grenzwert vers2

4.3.5 Folgen: Eigenschaften von Zahlenfolgen

– 19 Aufgaben

- 1P – Folgen (arithmetisch/geometrisch) erkennen (Auswahlmatrix, mit Feedback)
- 1P – Konvergenz von Folgen: Fehlertextaufgabe
- Arithmetische und geometrische Folgen
- beschränktheit_folgen
- Eigenschaften einer Zahlenfolge
- Eigenschaften einer Zahlenfolge_1 (mit Variation, Bild)
- Eigenschaften einer Zahlenfolge_2
- Eigenschaften einer Zahlenfolge_3
- Eigenschaften einer Zahlenfolge_4
- Erkennen wichtiger Eigenschaften von Folgen anhand einer bildlichen Darstellung
- folgen_wachstums_geschwindigkeit
- folgen_wachstums_geschwindigkeit v2
- Folgeninterpretation
- GRWinterpretationen
- MonotonAltern
- Monotonie_folge
- Monoton wachsende Folge
- Supremum, Infimum, Maximum und Minimum von Folgen
- Wahr-Falsch-Aussagen zur Konvergenz von Zahlenfolgen

4.3.6 Folgen: Grenzwerte – Differenz bestimmt divergenter Folgen

– 6 Aufgaben

- 1P – Grenzwerte der Differenz zweier Wurzelfolgen 01 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwerte der Differenz zweier Wurzelfolgen 02 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwerte der Differenz zweier Wurzelfolgen 03 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- grenzwert_wurzel-wurzel_01
- Grenzwerte von Folgen 3 (Differenz zweier Wurzelausdrücke)
- Grenzwerte von Folgen 4 (Differenz zweier Logarithmen)

4.3.7 Folgen: Grenzwerte mit e (Eulersche Zahl)

– 3 Aufgaben

- Grenzwerte von Folgen 5 (gegen $\exp(x)$ konvergente Folgen)
- gw_e_folge_01
- GW_Folge_efunk

4.3.8 Folgen: Grenzwerte mit n-ter Wurzel

– 5 Aufgaben

- 1P – Folgen: Untersuchung auf Konvergenz (Drag & Drop, mit 2-Stufen Feedback)
- 1P – Grenzwerte nter Wurzeln 01 (mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- Grenzwerte von Folgen 6 (Terme mit n-ter Wurzel)

- GW_Folge_Polizistenkrit
- gw_nte_wurzel_01

4.3.9 Folgen: Grenzwerte – Rechenregeln vs. unbestimmte Ausdrücke

– 4 Aufgaben

- 1P – Beweis: Konvergenz von Folgen 01 – Addition bestimmt divergenter Folgen
- Grenzwertregeln
- UnbestAusdruck
- UnbestAusdruck2

4.3.10 Folgen: Limes Inferior und Limes Superior

– 2 Aufgaben

- UngleichungenLimReihe_2 (Fehlertextaufgabe)
- x_UngleichungenLimReihe (Fehlertextaufgabe)

4.3.11 Folgen: Rekursiv definierte Folgen

– 4 Aufgaben

- Berechnung ausgewählter Folgenglieder anhand einer rekursiven Bildungsvorschrift
- CauchyBeschr
- Fibonacci :: Eigenwerte und Eigenvektoren ::
- Anwendung bei Rekursionsgleichung :: AWP lösen – manuelle Auswertung
- FibonacciDarstellungen
- implizite_vorschrift_zf_01

4.3.12 Folgen: Vorschrift angeben

– 1 Aufgabe

- explizite_vorschrift_zf_01 (mit Variation, Angabe eines konkreten Gliedes)

4.3.13 Folgen/Reihen: Grenzwertberechnungen Querbeet

– 4 Aufgaben

- 1P – Reihen: stückweise definierte Funktion (So2021HM1 - 2a) – (mit Variation)
- FolgenReihenGrw
- Konvergenz (Bestimmung des Grenzwertes von 4 Folgen und 3 geometrischen Reihen)
- Unendliche Reihen – Berechnung (Geometrische und Exponentialreihen)

4.3.14 Folgen/Reihen: Textaufgaben

– 8 Aufgaben

- Caesium-137
- Halbkreise_geometrische Reihe
- Halbkreise_geomReihe
- MaschineAbschreibung (Anwendung: Zinsrechnung)
- rekursion_geom_reihe
- Spirale (ähnlich wie die Halbkreis-Aufgabe)
- Sportler
- Stapeln (Anwendung der Gaußschen Summenformel)

4.3.15 Folgen/Reihen: Theoretisches Wissen

– 2 Aufgaben

- Eigenschaften von Folgen und Reihen
- Wahr-Falsch-Aussagen zu unendlichen Reihen

TOLL !!!

4.3.16 Reihen: Anwendung von Konvergenz- und Divergenzkriterien

– 19 Aufgaben

- 1P – Anwendung Majoranten / Minorantenkriterium 01 (mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Anwendung notwendiges Kriterium 01 (mit Variation, Feedback)
- 1P – Anwendung Quotientenkriterium 01 (mit Variation, Feedback)
- 1P – Anwendung von Konvergenzkriterien (So2019HM1-4a) – (MC, mit ind. Feedback)
- 1P – Anwendung Wurzelkriterium 01 (mit Variation, Feedback)
- CauchyReihe
- Konvergenzkriterien für Reihen (Textbox-Aufgabe) **TOLL !!!**
- LeibnizKriterium_01
- majorantenkriterium_01
- notwendiges_kriterium_01
- quotientenkriterium_01
- QuotWurzelKrit
- reihen_konvergenz_kriterien
- Reihenkrit
- Reihenkrit_EN
- Unendliche Reihen – Konvergenzuntersuchung
- Verallgemeinerte harmonische Reihe
- VerglKrit
- wurzelkriterium_01

4.3.17 Reihen: Spezialfall geometrische Folge/Reihe

– 12 Aufgaben

- 1P – Geometrische Reihe 01 (2012 - A2a – mit Variation, Feedback) (mit adaptivem Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Geometrische Reihe 02 (mit Variation, Feedback)
- 2P – Grenzwert geometrische Reihe (dynamisch)
- geometrische_reihe_02
- geometrische_reihe_komplex_01
- GeometrischeReihe
- Geometrische Reihe 01
- Geometrische Reihe 02
- ArithGeomReihe
- ArithGeomReihe_EN
- geometrische_reihe_01
- geometrische_reihe_01+02

4.3.18 Reihen: Teleskopreihen

– 2 Aufgaben

- Teleskop
- teleskopsumme_01

4.3.19 Reihen: Vorschrift angeben

– 4 Aufgaben

- 1P – Reihendarstellung finden + Konvergenz 01 (mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Reihendarstellung finden + Konvergenz 02 (mit Variation, Feedback)
- reihe_angeben_01
- reihe_angeben_02

4.3.20 Reihen: Zusammenhang Dezimaldarstellung

– 2 Aufgaben

- 1P – Geometrische Reihe erkennen (periodischer Dezimalbruch) (mit Variation, Feedback)
- Periodischer Dezimalbruch

4.4 Funktionen: Funktionen von \mathbb{R} nach \mathbb{R}

– 19 Unterordner

4.4.1 Definitions- und Wertebereich

– 14 Aufgaben

- 1P – Definitionsbereich 01 (SC, 1 aus 5, mit Variation, Feedback, Graph)
- 1P – Definitionsbereich 02 (SC, 1 aus 5, mit Variation, Feedback, Graph)
- 1P – Definitionsbereich 03 (SC, 1 aus 5, mit Variation, Feedback, Graph)
- 1P – Funktionen: Definitions- und Wertebereich 01 (Drag & Drop, 2 aus 7, mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Funktionen: Definitions- und Wertebereich 02 (Drag & Drop, 2 aus 7, mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Funktionen: Definitions- und Wertebereich 03 (Drag & Drop, 2 aus 7, mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Funktionen: Definitions- und Wertebereich 04 (Drag & Drop, 2 aus 7, mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Funktionen: Definitions- und Wertebereich 05 (Drag & Drop, 2 aus 7, mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- Definitions- und Wertebereich (Drag & Drop, 2 aus 7)
- Definitions- und Wertebereich_1 (Drag & Drop, 2 aus 7)
- Definitions- und Wertebereich_2 (Drag & Drop, 2 aus 7)
- Definitions- und Wertebereich_3 (Drag & Drop, 2 aus 7)
- Definitions- und Wertebereich_4 (Drag & Drop, 2 aus 7)
- Definitions- und Wertebereich_5 (Drag & Drop, 2 aus 7)

4.4.2 Eigenschaften von Funktionen

– 15 Aufgaben

- 1P – Funktionen: Eigenschaften (3x2 Auswahlmatrix, mit Variation, Feedback)
- 1P – Funktionen: Eigenschaften (3x3 Auswahlmatrix, mit Variation, Definitionen im Feedback)
- 1P – Funktionen: Eigenschaften (5x5 Auswahlmatrix, mit Variation, Definitionen im detaillierten Feedback, Graph)
- 1P – Funktionen: Verschiebung 01 (mit Variation, Feedback, Graph)
- 1P – Funktionen: Verschiebung 02 (mit Variation, Feedback, Graph)
- 1P – Funktionen: Verschiebung Kombination 01+02 (mit Variation, Feedback, Graph)
- 1P – Funktionen: Verschiebung mit Wertetabelle in x und y (mit Variation)
- 1P – Funktionen: Verschiebung mit Wertetabelle in x und y komplett (nur x^3)
- 1P – Funktionen: Verschiebung Stauchung Streckung qualitativ (mit Variation, Feedback, animierter Graph)
- 1P – Schnittpunktablesung (2012 - A2d – mit Feedback, ohne Variation, Zeichnung extra bewertet)
- Aussagen zu wichtigen Eigenschaften reeller Funktionen
- Funktionsbegriff
- Gerade und ungerade Funktionen
- KonvexitätMC
- MonotonieMC

4.4.3 Funktionenfolgen

– 4 Aufgaben

- GrenzwertregelnFkt
- Punktweise & gleichmäßige Konvergenz (MC, $\sqrt[n]{x}$)
- Punktweise & gleichmäßige Konvergenz (MC, x^n)
- Punktweise & gleichmäßige Konvergenz (Reihenfolgeaufgabe – Angabe der formalen Definition)

4.4.4 Grafiken

– 8 Aufgaben

- 1P – Funktionen: Graph zuordnen 01 (Drag & Drop, 6 aus 6, mit Feedback)
- 1P – Funktionen: Graph zuordnen 02 (Drag & Drop, 5 aus 8, mit Feedback)
- 1P – Funktionen: Graph zuordnen 03 (Drag & Drop, 4 aus 5, mit Variation)
- 1P – Funktionen: Konvexität erkennen (Textbox, mit Variation, Feedback)
- AnstiegGerade (MC, 2 aus 6)
- AnstiegGerade_EN
- Funktionsgleichung anhand Graph ermitteln (JSXGraph)
- Funktionsskizzen (Aufgabe zur Selbstüberprüfung, mit Variation)

4.4.5 Grenzwerte: Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 8 Aufgaben

- 10.1 Grenzwerte (6 konkrete Grenzwerte, mit Variation)
- funktionsgrenzwerte_01 (6 konkrete kompliziertere Grenzwerte, ohne Variation)
- Grenzwerte an hebbaren Unstetigkeitsstellen und Polstellen gebrochen rationaler Funktionen
- Grenzwerte divers (5 Berechnungen zu einer rationalen Funktion, inklusive unbestimmter Divergenz)
- Grenzwerte divers (Untersuchung auf Existenz, 2 konkrete Beispiele an 3 Stellen)
- Grenzwerte gebrochen rationaler Funktionen (einseitig)
- Grenzwerte und Stetigkeit von Funktionen (Auswahlmatrix)
- Unstetigkeiten_bestimmen (Betrag eines kubischen Polynoms im Nenner)

4.4.6 Grenzwerte: Anwendung Rechenregeln

– 13 Aufgaben

- 1P – Grenzwert einer Funktion: Anwendung Rechenregeln (2012 - A2b – mit leichter Variation, Feedback)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Anwendung Rechenregeln (2016 - A2c – mit Variation – alle Fälle, ind. Feedback)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Beispiel 01 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Existenz bei hebbarer Lücke (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Existenz – rationale Funktion 01 ja/nein (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- Funktionsgrenzwerte 2 (SC, 1 aus 4)
- Grenzwerte von Funktionen
- GW_rational_01
- GW_rational_02 (SC, 1 aus 4, mit Variation)
- lim_calc (Berechnung von 4 Grenzwerten – ggf. auch mit L'Hospital möglich)
- limit_1 (Berechnung des Differentialquotienten der Funktion $\sqrt[n]{x}$ an konkreter Stelle)
- limit_2 (Berechnung des Differentialquotienten der Funktion x^n an konkreter Stelle)
- Untersuchung auf Stetigkeit 2

4.4.7 Grenzwerte: Asymptoten bei Differenzen von Funktionen

– 2 Aufgaben

- Grenzwerte im Unendlichen (Differenz zweier Logarithmen, 3 konkrete Beispiele)
- Grenzwerte im Unendlichen (Differenz zweier Wurzelausdrücke, 3 konkrete Beispiele)

4.4.8 Grenzwerte: Asymptoten bei rationalen Funktionen

– 15 Aufgaben

- 1P – Grenzwert einer Funktion: Beispiel 02 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Beispiel 06 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Existenz – rationale Funktion 02 ja/nein (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Existenz – rationale Funktion 03 ja/nein (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- asymptote_parabel_01
- asymptote_waagerecht_01*
- asymptote_waagerecht_02
- Asymptoten rationaler Funktionen (SC, qualitative Fragen, individuelles Feedback)
- Grenzwerte im Unendlichen (gebrochen rationale Funktion, diagonale Asymptote) 01
- Grenzwerte im Unendlichen (gebrochen rationale Funktion, diagonale Asymptote) 02
- Grenzwerte im Unendlichen (gebrochen rationale Funktion, diagonale Asymptote) 03
- Grenzwerte im Unendlichen (gebrochen rationale Funktion, diagonale Asymptote) 04
- Grenzwerte im Unendlichen (gebrochen rationale Funktion, waagerechte Asymptote) 01
- Grenzwerte im Unendlichen (gebrochen rationale Funktionen, 4 konkrete Beispiele)
- Grenzwerte im Unendlichen (gebrochen rationale Funktionen, Verständnisfragen & Parameterbestimmung)

4.4.9 Grenzwerte: Produkt beschränkter Funktion mit in 0 stetiger Funktion

– 1 Aufgabe

- Grenzwert bei Null (SC, x mal $\sin(1/x)$, mit Grafik, ind. Feedback)

4.4.10 Grenzwerte: Stückweise definierte Funktionen

– 3 Aufgaben

- 1P – Grenzwert einer Funktion: Existenz – stückweise definierte Funktion 01 ja/nein (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Existenz – stückweise definierte Funktion 02 ja/nein (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Grenzwert einer Funktion: Existenz – stückweise definierte Funktion 03 ja/nein (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)

4.4.11 Stetigkeit: Anwendung der Definition

– 4 Aufgaben

- StetDef
- stetigkeit_ja/nein_01
- StetigkeitMC2
- StetigDiffbarGraph
- StetigkeitMC1
- StetigSumme

4.4.12 Stetigkeit: Anwendungsaufgaben – z.T. mit Differenzierbarkeit

– 4 Aufgaben

- Straßenbau I
- Straßenbau I v2
- Straßenbau II
- Straßenbau II v2

4.4.13 Stetigkeit: Arten von Unstetigkeiten

– 8 Aufgaben

- Aussagen zur Stetigkeit und zu Unstetigkeitsstellen
- Nullstellen, Polstellen, Lücken gebrochener rationaler Funktionen
- Betrag]
- Unstetigkeitsstellen (Drag & Drop, 4 aus 5, mit Grafik)
- lim_cont_1
- Unstetigkeiten
- lim_cont_2
- Unstetigkeiten bestimmen [stückweise Definition einer Funktion mit Absolut-
- Untersuchung auf Stetigkeit 1 (4 Grenzwerte sind zu überprüfen)
- lim_cont_3
- lim_cont_4

4.4.14 Stetigkeit: Gleichmäßige Stetigkeit

– 3 Aufgaben

- DefStetGlm
- glm_stetigkeit_ja/nein_sqrt(x)
- glm_stetigkeit_ja/nein_x^2

4.4.15 Stetigkeit: Grundfunktionen

– 1 Aufgabe

- 1P – Stetige Funktionen: Standardbeispiele (MC)

4.4.16 Stetigkeit: Sätze über stetige Funktionen

– 10 Aufgaben

- 1P – Funktionen: Existenz der Umkehrfunktion ja/nein 01 (SC, $x \cdot \text{abs}(x)$, mit Feedback, Graph)
- 1P – Funktionen: Existenz der Umkehrfunktion ja/nein 02 (SC, $\sin(x) \cdot \text{abs}(x)$, mit Feedback, Graph)
- 1P – Funktionen: Existenz der Umkehrfunktion ja/nein 03 (SC, $\cos(x) \cdot \text{abs}(x)$, mit Feedback, Graph)
- 1P – Satz vom Minimum/Maximum: Anwendung abstrakt 01 (mit NR-Lücke)
- 1P – Satz vom Minimum/Maximum: Anwendung abstrakt 02 (mit NR-Lücke)
- 1P – Satz vom Minimum/Maximum: Anwendung konkret 01 (mit Variation, NR-Lücke)

- 1P – Satz vom Minimum/Maximum: Anwendung konkret 02 (mit Variation, NR-Lücke)
- 1P – Stetige Funktionen: Anwendung Sätze abstrakt (mit leichter Variation)
- 1P – Zwischenwertsatz: Anwendung abstrakt (So2019HM1-4b) – (SC, mit Feedback)
- 1P – Zwischenwertsatz: Anwendung auf Polynom 3. Grades (mit Variation, 2-Stufen Feedback, Grafik, NR-Lücke)

4.4.17 Stetigkeit: Stetige Fortsetzbarkeit

– 6 Aufgaben

- 1P – Stetige Fortsetzbarkeit – Parameter bestimmen (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Stetige Fortsetzbarkeit – Parameter bestimmen (ohne Variation, NR-Lücke)
- 1P – Stetige Fortsetzbarkeit – Parameterpaar bestimmen (mit leichter Variation, ind. 2-Stufen Feedback, Graphik, NR-Lücke)
- fortsetzung_01
- fortsetzung_02
- fortsetzung_03

4.4.18 Stetigkeit: Stückweise definierte Funktionen

– 4 Aufgaben

- (Un-) Stetigkeit (Angabe der Polstellen, Lücken und Sprungstellen)
- 10.4 Stetigkeit
- 4P – Stetigkeitsuntersuchung: stückweise definiert (mit Variation, NR-Lücke)
- Untersuchung auf Stetigkeit 2

4.4.19 Verkettung und Umkehrfunktion

– 15 Funktionen

- 1P – Funktionen: Komposition am Graph erkennen (mit Variation, Feedback)
- 1P – Funktionen: Komposition graphisch erkennen 01 (SC, x^2 , \sqrt{x} , mit Feedback)
- 1P – Funktionen: Komposition graphisch erkennen 02 (SC, x^2 , \sqrt{x} , mit Feedback)
- 1P – Funktionen: Komposition mehrfach erkennen (Textboxaufgabe, mit Variation, Feedback)
- komposition_sinus_01
- komposition_sinus_02
- komposition_sinus_03
- komposition_sinus_04
- komposition_sinus_05
- KompositionGraph
- umkehrfunktion_ja/nein_01
- umkehrfunktion_ja/nein_02
- umkehrfunktion_ja/nein_03
- verkettung_quadrat_wurzel_01
- verkettung_quadrat_wurzel_02

4.5 Funktionenreihen (Potenzreihen, Taylorreihen, etc.)

4.5.1 Fourierreihen

– 31 Aufgaben

- 2P – Fourierreihe: Reihen zuordnen 01 (Drag & Drop, 4 aus 5, mit 2-Stufen Feedback)
- 5P – Fourierreihe: stückweise konstant 01 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 5P – Fourierreihe 2π -periodisch 01 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- AbschätzungFehlerPartialsommen
- amplitude_phase_01
- Beleg 05::01 – Fourieranalyse :: Nutzung eines Schiebereglers statt Rechnen (JSX-Graph)
- Beleg 05::02 – Fourieranalyse :: 2π -periodisches Fourierpolynom (CAS-Lücken)
- Beleg 05::03 – Fourieranalyse :: Fourierpolynom für stückweise konstante Funktion mit variabler Periodenlänge (CAS-Lücken)
- Beleg 05::04 – Fourierbehauptung (w/f, 16 Variationen)
- Beleg 05::05 – Fourierreihen anhand Eigenschaften zuordnen (Drag & Drop, 4 aus 8, Graphik, 2 Feedbackstufen)
- Beleg 05::06 – Trigonometrische Polynome in Exponentialterme umschreiben :: Fouriersumme real2complex (CAS-Lücken)
- Beleg 05::07 – Exponentialterme in Sinus/Kosinus umschreiben (CAS-Lücken)
- Beleg 05::08 – Umwandlung Fourierreihen :: Reell-Komplex-Phase (CAS-Lücken)
- effektive Spannung
- fourier_reihe_additionsthrm
- Fourierbehauptung (SC, ja/nein)
- fourier_reihe_2-pi-periodisch_01
- fourierreihe_komplex_reell_01
- fourierreihe_komplex_reell_02
- fourier_reihe_stückw_konstant_01 (Lücken für reelle Koeffizienten bis $n = 4$, mit doppelter Variation)
- Fourierreihen (mit Grafik, Lücken für reelle Koeffizienten bis $n = 6$, Variation)
- Fourierreihen_periode_bestimmen (mit Grafik, Variation)
- Gleichanteil
- Hochpassfilter
- Oberschwingung
- Oberton
- reihe_zuordnen_01
- ScheibenRot
- UmwandlungFourierreihen
- x_FourierKonvergenzSprung (Hotspot)
- x_FourierONB **mit Schieberegler (jss)**

4.5.2 Funktionenreihen: punktweise und gleichmäßige Konvergenz

– 1 Aufgabe

- GlnFolgReih

4.5.3 Potenzreihen

– 30 Aufgaben

- 1P – Konvergenzradius bestimmen 01 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Konvergenzradius bestimmen 01 (mit Variation, 3-Stufen Feedback)
- 1P – Konvergenzradius bestimmen 02 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Konvergenzradius bestimmen 02 (mit Variation, 3-Stufen Feedback)
- 1P – Konvergenzradius bestimmen 03 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Konvergenzradius bestimmen 03 (mit Variation, 3-Stufen Feedback)
- 1P – Konvergenzradius bestimmen 04 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, Verschiebung, NR-Lücke)
- 1P – Konvergenzradius bestimmen 04 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, Verschiebung)
- berechnung_konvergenzradius_01
- berechnung_konvergenzradius_02
- berechnung_konvergenzradius_03
- berechnung_konvergenzradius_04
- ElemReihen (mit Variation) TOLL!!!
- Ermittlung des Konvergenzbereichs von Potenzreihen 1
- Ermittlung des Konvergenzbereichs von Potenzreihen 2
- Ermittlung des Konvergenzbereichs von Potenzreihen 3
- Ermittlung des Konvergenzradius von Potenzreihen
- konvergenzradius_quadrat
- konvergenzradius_wurzel
- konvergenzradius_wurzel_Vers2
- KonvergenzradiusEigenschaften_Vers2
- Konvergenzverhalten von Potenzreihen
- potenzreihe_herleiten_01
- potenzreihe_herleiten_02
- potenzreihe_herleiten_03
- potenzreihe_herleiten_03_Vers2
- potenzreihe_herleiten_03_Vers2_EN
- potenzreihe_herleiten_04
- potenzreihe_herleiten_zsf
- Potenzreihen 12

4.5.4 Taylorreihen

– 11 Aufgaben

- formel_taylor (SC, 1 aus 3)
- reihe_erkennen_01
- reihe_erkennen_02
- reihe_erkennen_02_EN
- restglied_sin_01
- restglied_sin_02
- taylor_konvergenz (MC, 3 aus 5, mit wechselnden Aussagen)
- taylor_sinx_01
- Taylorbehauptung (SC, ja/nein, mit wechselnden Aussagen)
- Taylor – freie Eingabe zum Üben
- Taylor-Reihen zu ausgewählten Funktionen (Drag & Drop, 7 aus 7)

4.6 Höhere Analysis: Funktionalanalysis

4.6.1 Gram-Schmidt-Orthogonalisierung

– 1 Aufgabe

- Gram-Schmidt Orthogonalpolynome (Orthogonalisierung von $1, x, x^2, x^3$, Gewicht & I variabel)

4.6.2 Lineare Operatoren

– 1 Aufgabe

- Lineare Abbildung ja/nein (MC, 4 Kandidaten auf $C([0, 1])$)

4.6.3 Normen und norminduzierte Metriken

– 5 Aufgaben

- Beleg 01::01 – Zuordnung von Normen (Drag & Drop)
- Beleg 01::02 – Berechnung von Normen
- Beleg 01::03 – Durch Normen induzierte Metriken (CAS-Lücken)
- Beleg 01::04 – Einheitskugeln im \mathbb{R}^2 erkennen (Textboxauswahl)
- Beleg 01::07 – Gleichungen und Ungleichungen (Drag & Drop)

4.7 Höhere Analysis: Funktionentheorie

4.7.1 Grundbegriffe und Definitionen

– 29 Aufgaben

- AbleitungPotenzreihe
- gebiete_einfach_zush
- holomorph_harmonisch
- holomorphie_stammfkt_ganzefkt_meromorph
- IdentitätssatzPotenzreihen
- KartesischePolarKoordinatenUmwandlung
- KonvergenzradiusEigenschaften
- KonvergenzradiusMC
- KonvergenzradiusPotenzreihe
- kurve_rektifizierbar_weg
- LHopitalKomplexeVersion
- LineareHomogeneDGL
- Polarkoordinaten
- Polarkoordinaten – Umrechnung kartesische Koordinaten – \rightarrow Polarkoordinaten
- Polarkoordinaten – Umrechnung Polarkoordinaten (Winkel im Bogenmaß) – \rightarrow kartesische Koordinaten
- Polarkoordinaten – Umrechnung Polarkoordinaten (Winkel im Gradmaß) – \rightarrow kartesische Koordinaten
- Potenzen
- potenzreihe_holomorphie
- QuadratischeGleichungKomplexeKoeffizienten
- QuadratischeGleichungReelleKoeffizienten
- Taylor1 • Taylor3 • Taylor5
- Taylor2 • Taylor4
- WertPotenzreihe1
- WertPotenzreihe2
- WertPotenzreiheDurchIntegrationDifferentiation
- Wurzeln

4.7.2 Komplexe Differentialrechnung

– 10 Aufgaben

- AbleitenKomplexBasics
- CauchyRiemann2
- CauchyRiemannVerifizierung
- diffbarkeit_komplex_01
- diffbarkeit_komplex_02
- diffbarkeit_komplex_03
- diffbarkeit_komplex_04
- diffbarkeit_komplex_05
- diffbarkeit_komplex_Re_Im
- KomplexDifferenzierbar

4.7.3 Komplexe Funktionen

– 31 Aufgaben

- behauptung_cos(x-iy)
- behauptung_cosh²+sinh²
- behauptung_cosh(iz)_01
- behauptung_cosh(iz)_02
- behauptung_cosh+sinh
- behauptung_exp_log_01
- behauptung_exp_log_02
- behauptung_exp_log_03
- behauptung_Im(cos)
- behauptung_Im(sin)
- behauptung_Re(cos)
- behauptung_Re(sin)
- behauptung_sin(x-iy)
- behauptung_sinh(iz)_01
- behauptung_sinh(iz)_02
- ExpSinCosBeziehungen
- log_berechnen_01
- log_berechnen_0123

- log_berechnen_02
- log_berechnen_03
- log_berechnen_04
- log_exp_beispiele_zuordnen
- log_injektivität
- LogarithmusHauptwert
- nat_log_komplex_01
- Re_Im_funktion_01
- Re_Im_sin(h)_cos(h)
- sin(a i) (SC, 1 aus 6)
- sinh(iz)_cosh(iz)_01 (SC, w/f, mit 4 Variationen)
- Windungszahl Archimedische Spirale
- WindungszahlKreis

4.7.4 Komplexe Integration

– 2 Unterordner

4.7.5 Komplexe Integration: Integralsatz und -formel von Cauchy

– 14 Aufgaben

- CauchyFormel0
- CauchyFormel1
- CauchyFormel2
- gültigkeit_integralsatz
- gültigkeit_integralsatz_01 (3x2-Auawahlmatrix)
- integral_cauchy_01
- integral_cauchy_02
- integral_cauchy_03
- integral_cauchy_04
- IntegralSatzCauchy (MC, 4 aus 8)
- IntegralsatzCauchyAllgemein (MC, 1 aus 4)
- IntegralsatzCauchyAnwendung
- Stammfunktion1
- Stammfunktion2

4.7.6 Komplexe Integration: Kurvenintegrale, Stammfunktionen

– 12 Aufgaben

- integral_polynomdivision_01
- integral_polynomdivision_02
- kurvenintegral_01
- kurvenintegral_02
- kurvenintegral_03
- kurvenintegral_04
- kurvenintegral_05
- Kurvenintegral1
- Kurvenintegral2
- Kurvenintegral3
- Kurvenintegral4
- Kuvenlänge

4.7.7 Singularitäten und Residuen

– 28 Aufgaben

- def_singularitäten_polstellen
- integral_residuensatz_01
- IsolierteSingularität1
- IsolierteSingularität2
- LaurentReihe_konvergenz_01
- LaurentReihe0
- LaurentReihe1
- LaurentReihe2
- NullstellenZählen
- polstelle_ordnung_01
- polstelle_ordnung_02
- Residuen1
- Residuen2
- Residuen3
- Residuen4
- ResiduenSatzAnwendung1
- ResiduenSatzAnwendung2
- ResiduenSatzAnwendung3
- ResiduenSatzAnwendung4
- ResiduenSatzAnwendung5
- residuum_1/z+exp(1/z)_z=0
- residuum_rationale_fkt_01
- singularität_art_bestimmen_01
- singularität_art_bestimmen_02
- singularität_art_bestimmen_03
- singularität_art_bestimmen_04
- singularität_art_bestimmen_05
- singularität_log(z)

4.8 Integralrechnung einer Veränderlichen

4.8.1 Allgemeines/Mix/Tipps/Verschiedenes

– 24 Aufgaben

- 1P – Integralrechnung: Integrationstechnikenauswahl (5x2 Auswahlmatrix, mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- Aussagen zur Integralrechnung
- BestimmungIntegraltyp
- ElementarIntegrand
- EX::70 – Substitutionsregel [Integration im \mathbb{R}^1] (Drag & Drop, 3 aus 5, Beweis)
- Exponentialverteilung
- integral_sinus_01
- Integral + Symmetrie
- Integralbehauptung
- Integraleigenschaften
- IntegralMC1
- IntegralMC2
- Integrationstechniken
- Integration - Zerlegung
- IntRechnungFunktionAusAbleitung
- IntSym
- MethodeZuordnen
- Partielle Integration
- Rechentricks I
- rms_effektivwert
- velocity_integral_and_derivative_01
- x_PartuellSchema
- x_SubstitutionSchema
- Zerlegungssummen

4.8.2 Bestimmte Integrale/Anwendung Hauptsatz

– 39 Aufgaben

- 1P – Integralrechnung: Eigenschaften des bestimmten Integrals (Drag & Drop, 2 aus 3)
- 1P – Integralrechnung: Eigenschaften des bestimmten Integrals (Drag & Drop, 5 aus 5)
- 1P – Integralrechnung: Hauptsatz anwenden 01/02 (mit Variation, Feedback)
- 1P – Integralrechnung: Hauptsatz anwenden 03 (mit Variation, Feedback)
- 1P – Integralrechnung: Hauptsatz anwenden 04 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Integralrechnung: Hauptsatz anwenden 06 (mit Variation, Feedback)
- 1P – Integralrechnung: Stückweise definierter Integrand (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 5P – Integralrechnung: Anwendung HS auf $\max(1, x^2)$ (mit Variation, Grafik, NR-Lücke)
- Beleg 03::07 – Integration :: Bestimmte Integrale – Einstieg (CAS-Lücken)
- Beleg 03::08 – Integration :: Bestimmte Integrale – Fortsetzung (CAS-Lücken)
- Beleg 03::09 – Integration :: Bestimmte Integrale – Fortsetzung II (CAS-Lücken)
- Bestimmte Integrale_1
- Bestimmte Integrale 1
- Bestimmte Integrale 2
- Bestimmte Integrale 3
- Bestimmte Integrale 4
- Bestimmte Integrale 5
- Hauptsatz
- HauptsatzMC1
- HauptsatzMC2
- integral_betrag_01
- integral_betrag_02
- integral_betrag_03
- integral_p/(mx+n)
- integral_p*(mx+n)^q
- integral_p*cos(mx+n)
- integral_p*sin(mx+n)
- integral_pe(mx+n)
- integral_pxe^(qx)
- integral_x^q*ln(x)
- Integral-Stückweise
- Integral-Stückweise 2
- IntRechnungBestimmteIntegrale
- IntRechnungTextaufgabeBestimmtesIntegral
- Partielle_Integration_2mal_leicht
- Partielle Integration, I
- Partielle Integration, II
- Teilaufgabe Rechenregeln Integrale 1
- Teilaufgabe Rechenregeln Integrale 2

4.8.3 Bogenlängen

– 8 Aufgaben

(siehe auch **Integration im \mathbb{R}^n : Bogenlängen**)²

- 1P – Integralrechnung: Bogenlänge berechnen 01 (mit Variation, 2-Stufen Feedback, Graphik, NR-Lücke)
- Beleg 04::05 – Anwendung bestimmtes Integral :: Bogenlängen von Kurven :: Parabel (Feedback-Graphik, CAS-Lücken)
- Beleg 04::06 – Anwendung bestimmtes Integral :: Bogenlängen von Kurven :: nach Bogenlänge parametrisiert
- Beleg 04::07 – Anwendung bestimmtes Integral :: Bogenlängen von Kurven :: Zykloide (Graphik, CAS-Lücken)
- Beleg 04::08 – Anwendung bestimmtes Integral :: Bogenlängen von Kurven :: Logarithmische Spirale (Graphik, CAS-Lücken)
- Bogenlänge
- Bogenlänge eines Funktionsgraphen
- bogenlänge_funktion_01

4.8.4 Flächenberechnungen

– 19 Aufgaben

- 1P – Integralrechnung: Zerlegung des Integrationsbereichs (mit Variation, Feedback)
- Beleg 03::06 – Integration :: Bestimmtes Integral und Fläche (SC, 1 aus 5)
- Beleg 04::01 – Anwendung bestimmtes Integral :: Fläche zwischen Kurve und x -Achse (CAS-Lücken)
- Beleg 04::02 – Anwendung bestimmtes Integral :: Fläche zwischen zwei Kurven (Grafik, CAS-Lücken)
- Bestimmtes Integral und Fläche
- fläche_2parabeln_01
- fläche_cosinus_[0,pi]
- fläche_parabel_gerade_01
- flächeninhalt_kardioide
- Flächen zwischen Graphen
- FlächePolynomGrad4
- FlächeSchnittkurven
- Fläche unter quadrat. Funktion
- Fläche unter quadrat. Funktion - Vers. 2
- Fläche unter quadrat. Funktion - Vers. 3
- Fläche zwischen Funktionsgraph und x -Achse 1
- Fläche zwischen Funktionsgraph und x -Achse 2
- Fläche zwischen Kurven
- Zusammenhang zwischen bestimmten Integralen und Flächeninhalten (Auswahl-Matrix)

²Hier befinden sich nur die Aufgaben, bei denen die Bogenlänge vom Graph einer Funktion berechnet werden soll. Die Aufgaben mit parametrisierten Kurven befinden sich im Ordner **Integration im \mathbb{R}^n : Bogenlängen**

4.8.5 Rationale Funktion/Partialbruchzerlegung

– 10 Aufgaben

- integral_partialbruch_01
- log_partialbruch_01
- Partialbruchzerlegung 1
- Partialbruchzerlegung 2
- Partialbruchzerlegung A1 Teil 1
- Partialbruchzerlegung A1 Teil 2
- Partialbruchzerlegung A2 Teil 1
- Partialbruchzerlegung A2 Teil 2
- Stammfunktionen 8 (Gebrochen rationale Funktionen)
- Stammfunktionen 9 (Gebrochen rationale Funktionen mit Potenzen von Sinus und Kosinus)

4.8.6 Rotationskörper

– 10 Aufgaben

- 5P – Integralrechnung: Rotationskörper bzgl. x und y – Volumen exakt (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- Fass
- mantelfläche_01
- rotationskörper_01
- rotationskörper_02
- Rotationskörper – Ansatz
- Rotationskörper Vorgehen
- VolumenRotKörperX-Achse
- VolumenRotKörperY-Achse
- Volumen und Mantelfläche von Rotationskörpern

4.8.7 Sachaufgaben

– 6 Aufgaben

- 5P – Integralrechnung: Sachaufgabe – Antikörper (mit Variation, Graph, NR-Lücke)
- 5P – Integralrechnung: Sachaufgabe – Gini-Koeffizient (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 5P – Integralrechnung: Sachaufgabe – Streifen I (mit Variation, NR-Lücke)
- 5P – Integralrechnung: Sachaufgabe – Streifen II (mit Variation, NR-Lücke)
- Antikörper [Originalaufgabe]
- Beleg 03::10 – Integration :: Antikörper (CAS-Lücken)

4.8.8 Schwerpunkt & Masse

– 5 Aufgaben

- 5P – Integralrechnung: Schwerpunkt zwischen Gerade und Parabel (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 5P – Integralrechnung: Schwerpunkt zwischen Wurzel und Parabel (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- Beleg 04::03 – Anwendung bestimmtes Integral :: Fläche zwischen zwei Kurven (Gerade, Parabel) :: Schwerpunkt (Feedback-Grafik, CAS-Lücken)
- Beleg 04::04 – Anwendung bestimmtes Integral :: Fläche zwischen zwei Kurven (Wurzel, Parabel) :: Schwerpunkt (Feedback-Grafik, CAS-Lücken)
- Masse

4.8.9 Spezielle Substitutionen

– 24 Aufgaben

- Bestimmung von Stammfunktionen mittels Substitution
- IntrechnungSubstitution
- Lineare Substitution
- Logarithmische Integration, I
- Logarithmische Integration, II
- Nichtlineare Substitution, I
- Nichtlineare Substitution, II
- Polynomiale Substitution
- Stammfunktionen 2.1 (lineare Substitution)
- Stammfunktionen 2.2 (lineare Substitution)
- Stammfunktionen 2.3 (lineare Substitution)
- Stammfunktionen 2.4 (lineare Substitution)
- Stammfunktionen 2.5 (lineare Substitution)
- Stammfunktionen 2.6 (lineare Substitution)
- Stammfunktionen 2.7 (lineare Substitution)
- Stammfunktionen 2.8 (lineare Substitution)
- Stammfunktionen 3 (nichtlineare Substitution I)
- Stammfunktionen 4 (nichtlineare Substitution II)
- substitution_01
- substitution_sin^n_cos^n
- Substitutionen
- Substitutionsmethode (Einsteiger)
- Substitutionsmethode (Fortgeschrittene)
- Substitutionsmethode (Profis)

4.8.10 Unbestimmte Integrale/Stammfunktionen

– 45 Aufgaben

- 1P – Integralrechnung: Integrationstechnikenauswahl (5x2 Auswahlmatrix, mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Integralrechnung: Stammfunktion erkennen 01 (SC, 1 aus 4, mit Variation, Grafiken, Feedback)
- 1P – Integralrechnung: Stammfunktion erkennen 02 (SC, 1 aus 4, mit Variation, Grafiken, Feedback)
- 5P – 20082009:Ueb09:6:abc (Ba WiWi) – Ableitung, Stammfunktion, bestimmtes Integral (mit Variation, FF-Berücksichtigung, NR-Lücke)
- Beleg 03::01 – Integration :: Substitutionsmethode – Einstieg (EB, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 03::02 – Integration :: Substitutionsmethode – Fortgeschrittene (EB, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 03::03 – Integration :: Substitutionsmethode – Profis (CAS-Lücken)
- Beleg 03::04 – Integration :: Partielle Integration – Einstieg (CAS-Lücken)
- Beleg 03::05 – Integration :: Partielle Integration – Fortsetzung (CAS-Lücken)
- integral_(x+1)^2
- integral_x*cos/sin(a*x^2+b)
- IntrechnungPartielleIntegration
- Linearität des Integrals (6 Anwendungsbeispiele)
- partielle_integration_cos(ax)*cos(bx)_01
- partielle_integration_e^(ax)*sin(bx)
- partielle_integration_log(x)*x^n
- partielle_integration_sin^2_cos^2
- partielle_integration_sin(ax)*sin(bx)_01
- Partielle Integration (Einsteiger)
- Partielle Integration (Fortgeschrittene)

- Partielle Integration – Geeignete Festlegung von u und v'
- Spezielle Stammfunktion I (Anpassung der Integrationskonstante, 1 Bedingung)
- Spezielle Stammfunktion II (Anpassung der Integrationskonstanten, 2 Bedingungen)
- stammfkt_grafisch_variabel_01
- stammfkt_grafisch_variabel_02
- stammfunktion_graphisch_01
- stammfunktion_graphisch_02
- stammfunktionen_lin_subst_01
- stammfunktionen_ln_subst
- stammfunktionen_sehr_einfach_01
- Stammfunktionen 1.1
- Stammfunktionen 1.2
- Stammfunktionen 1.3
- Stammfunktionen 1.4
- Stammfunktionen 1.5
- Stammfunktionen 1.6
- Stammfunktionen 1.7
- Stammfunktionen 1.8
- Stammfunktionen 1.9
- Stammfunktionen 5 (Partielle Integration I)
- Stammfunktionen 6 (Partielle Integration II – Funktionen mit Logarithmen)
- Stammfunktionen 7 (Partielle Integration für Arcusfunktionen)
- Stammfunktionen zuordnen
- UnbestimmteIntegrale2
- UnbestimmteIntegraleEinfach

4.8.11 Uneigentliche Integrale

– 14 Aufgaben

- 1P – Integralrechnung: Uneigentliches Integral bestimmen 01 (mit Variation, 3-Stufen Feedback)
- Aussagen zu uneigentlichen Integralen
- Beleg 03::11 – Integration :: Uneigentliche Integrale (CAS-Lücken)

4.9 Integral-Transformationen

4.9.1 Fourier-Transformation

– 14 Aufgaben

4.9.2 Laplace-Transformation

– 8 Aufgaben

- Existenz
- Laplace_invers_01
- laplace_rechenregeln
- laplace_trafo_01
- laplace_trafo_02
- laplace_trafo_03
- laplace_trafo_stückw_konstant_01
- laplace_zuordnen

4.10 Verschiedenes

– 0 Aufgaben

5 Data-Science (Maschinelles Lernen)

5.1 Clustering

– 1 Aufgabe

- kmeans

5.2 Gradienten-Verfahren

– 3 Aufgaben

- Logistische Regression mit Gradient-Descent
- MC zum stochastischen Gradientenverfahren
- Stochastisches Gradienten-Verfahren

5.3 Grundlegendes

– 6 Aufgaben

- Aktivierungsfunktionen
- Aufteilung Daten
- Einteilung 2
- Aktivierungsfunktionen 2
- Einteilung
- ReLU

5.4 Klassifikation

– 6 Aufgaben

- Bewertungskriterien Klassifikation
- Softmax
- Bewertungsmaße Klassifikation 2
- Softmax_Einfach
- Lineare Klassifikation und logistische Regression
- Softmax_Implementierung

5.5 Matrixmethoden, SVD, PCA

– 2 Aufgaben

- SVD, numerischer Rang, PCA
- SVD, numerischer Rang, PCA 2

5.6 neuronale Netzwerke

– 8 Aufgaben

- Backpropagation
- Grafiken-Zielfunktion
- Neuronales Netz 3
- Faltungs-NN in Tensor-flow/Keras
- Neuronales Netz
- Overfitting
- Neuronales Netz 2
- VanishingGradients

5.7 Regression, kleinste Quadrate

– 2 Aufgaben

- Lineare Kleinste-Quadrate, Regularisierung, Iterative Lösung
- Lineare Kleinste-Quadrate mit Regularisierung

6 Differentialgleichungen

6.1 Differentialgleichungen 1. Ordnung

6.1.1 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 23 Aufgaben

-

6.1.2 Anfangswertprobleme

– 25 Aufgaben

-

6.1.3 Bernoulli- und Ricatti-DGL

– 5 Aufgaben

-

6.1.4 Exakte Differentialgleichungen

– 14-2 Aufgaben

- Vollständiges Differential (Überprüfung der Exaktheit) 1 - weg?
- Vollständiges Differential (Überprüfung der Exaktheit) 2 - weg?

6.1.5 Inhomogene DGL/Variation der Konstanten

– 21 Aufgaben

- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 1. Ordnung – Ansatz Störglied 01 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 1. Ordnung – Ansatz Störglied 02 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 1. Ordnung – Ansatz Störglied 03 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 1. Ordnung – Ansatz Störglied 04 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 1. Ordnung – Ansatz Störglied 05 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 5P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten – 1. Ordnung: 3 mal Variation der Konstanten (mit Variation, etwas Feedback, NR-Lücke)
- ansatz_störglied_01
- ansatz_störglied_02
- ansatz_störglied_03
- ansatz_störglied_04
- ansatz_störglied_05
- Bestimmung einer partikulären Lösung einer linearen DGL 1. Ordnung
- lin_dgl_stromstärke
- Lineare DGLn erster Ordnung
- superposition_01
- superposition_02
- superposition_03
- superposition_lösungen_01
- variation_konstanten_01
- variation_konstanten_02
- Vorgehen Inhomogen 1. Ordnung

6.1.6 Lösung per Laplace-Transformation

– 5 Aufgaben

- dgl_integro_laplace_01
- dgl_laplace_1.ordn_01
- dgl_laplace_1.ordn_02
- dgl_laplace_1.ordn_03
- dgl_laplace_1.ordn_04

6.1.7 Lösung per Potenzreihenansatz

– 1 Aufgabe

- Potenzreihenansatz

6.1.8 Richtungsfelder

– 16 Aufgaben

- DGL zuordnen
- richtungsfeld_01
- richtungsfeld_01a
- richtungsfeld_02
- richtungsfeld_02a
- richtungsfeld_03
- richtungsfeld_03a
- richtungsfeld_04
- richtungsfeld_04a
- richtungsfeld_graphisch_01
- Richtungsfeld einer DGL 1. Ordnung
- richtungsfelder_zuordnen_01
- richtungsfelder_zuordnen_02
- Richtungsfeld erkennen 1
- Richtungsfeld erkennen 2
- Richtungsfelder zuordnen

6.1.9 Sonderfall $y' = f(x)$ – einmal integrieren

– 1 Aufgabe

- $y' = a_1x + a_0$ (mit intelligenter Expertinnenregel) !!!

6.1.10 Substitutionen / Ähnlichkeits-DGL

– 8 Aufgaben

- Ähnlichkeits-DGLn
- DGLn, die sich durch eine geeignete Substitution lösen lassen I
- DGLn, die sich durch eine geeignete Substitution lösen lassen II
- substitution_01
- substitution_02
- substitution_03
- substitution_04
- substitution_05

6.1.11 Trennung der Variablen

– 22 Aufgaben

- 1P – Differentialgleichungen: 1. Ordnung – Trennung der Variablen 01 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialgleichungen: 1. Ordnung – Trennung der Variablen 02 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialgleichungen: 1. Ordnung – Trennung der Variablen 03 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- DGLTrennung der Variablen
- Eine weitere Aufgabe zur Trennung der Variablen
- Ist lösbar mit TdV?
- Können alle Lösungen mit TdV?
- Lösung einer DGL mittels Trennung der Variablen bei unterschiedlichen Anfangsbedingungen
- Nichteindeutigkeit begründen
- Trennung der Variablen, I
- Trennung der Variablen, II
- Trennung der Variablen, III
- Trennung der Variablen, IV
- Trennung der Variablen, I-VI
- Trennung der Variablen, V
- Trennung der Variablen, VI
- Trennung der Variablen - Exponentialfunktion
- Trennung der Variablen - Sinus-/Cosinusfunktion
- variabeltrennung-01
- variabeltrennung-02
- variabeltrennung-02a
- Variablenentrennung_Schritte_ordnen

6.1.12 Überprüfung auf Lösungseigenschaft

– 3 Aufgaben

- DGL-Lösung 1
- DGL-Lösung 2
- Parameter bestimmen, damit Lösung einer DGL

6.2 Differentialgleichungen 2. Ordnung

6.2.1 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 2 Aufgaben

- Existenz_begründen(linear)
- Struktur_der_Lösungsmenge

6.2.2 Linear mit konstanten Koeffizienten homogen

– 15 Aufgaben

- 2.ordnung_homogen_01
- 5P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten – 2. Ordnung rückwärts als AWP (mit Variation, etwas Feedback, NR-Lücke)
- DGL_aus_Fundamentalsystem_erstellen
- DGL mit konst. Koeff. 1 (Berechnungsaufgabe)
- DGL mit konst. Koeff. 1 (Formelvergleich)
- DGL mit konst. Koeff. 1 Vers2
- DGL mit konst. Koeff. 2
- DGL mit konst. Koeff. 2
- DGL mit konst. Koeff. 2 Vers2
- DGL mit konst. Koeff. 3
- DGL mit konst. Koeff. 3
- DGL mit konst. Koeff. 3 Vers2
- Hat genau eine Lösung?
- schwinggl_federpendel
- Wronski-Determinante_01

6.2.3 Linear mit konstanten Koeffizienten inhomogen

– 23 Aufgaben

- 5P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten – 2. Ordnung mit 2 Störgliedern (mit Variation, etwas Feedback, NR-Lücke)

6.2.4 Lösung per Laplace-Transformation

– 2 Aufgaben

-

6.2.5 Sonderfall $y'' = f(x, y')$ – Substitution

– 3 Aufgaben

-

6.2.6 Sonderfall $y'' = f(x)$ – Zweimal integrieren

– 0 Aufgaben

-

6.2.7 Sonderfall $y'' = f(y)$ – Energiemethode

– 0 Aufgaben

-

6.3 Differentialgleichungen n. Ordnung

6.3.1 Konstante Koeffizienten homogen

– 13 Aufgaben (2 Doppelte ?)

- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 2. Ordnung – Angabe FS (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 2. Ordnung – Falldiskussion (mit Variation, Feedback)
- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 3. Ordnung – Angabe FS (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten 4. Ordnung – Angabe FS (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- Homogene DGLn höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten 1 (2020)
- Homogene DGLn höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten 1 (2016)
- Homogene DGLn höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten 2 (2020)
- Homogene DGLn höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten 2 (2016)
- Homogene DGLn höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten 3
- Konstante Koeffizienten Ordnung n TA 1.1
- Konstante Koeffizienten Ordnung n TA 1.2
- Konstante Koeffizienten Ordnung n TA 1.3
- n-Ordnung homogen - konstKoeff

6.3.2 Konstante Koeffizienten inhomogen

– 6 Aufgaben

- 1P – Differentialgleichung: konstante Koeffizienten 3. Ordnung – Störgliedansätze wiedererkennen (Drag & Drop, 6 aus 12, mit Feedback)
- 5P – Differentialgleichungen: konstante Koeffizienten – 3. Ordnung rückwärts mit 1 Störglied (mit Variation, etwas Feedback, NR-Lücke)
- DGLOrdnung3InHomogenPartikuläreLsg.
- Inhomogene DGLn höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten 1
- Inhomogene DGLn höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten 2
- n-Ordnung inhomogen Ansatz

6.4 Differentialgleichungssysteme

6.4.1 DGLS: Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 7 Aufgaben

6.4.2 DGLS: Aufstellen

– 4 Aufgaben

6.4.3 DGLS: AWP konstante Koeffizienten homogen

– 5 Aufgaben

6.4.4 DGLS: AWP konstante Koeffizienten inhomogen

– 0 Aufgaben ?

6.4.5 DGLS: Konstante Koeffizienten homogen

– 2 Aufgaben

6.4.6 DGLS: Konstante Koeffizienten inhomogen

– 4 Aufgaben

6.4.7 DGLS: Räuber-Beute-Modelle

– 1 Aufgabe (von Melanie Kircheis)

6.4.8 DGLS: Überführung aus DGL n. Ordnung

– 3 Aufgaben

6.4.9 DGLS: Überführung in DGL n. Ordnung

– 3 Aufgaben

6.5 Partielle Differentialgleichungen

6.5.1 Aufstellen/Erkennen/Klassifizieren/Zuordnen

– 6 Aufgaben

6.5.2 Methode der Charakteristiken

– 7 Aufgaben

6.5.3 Separationsansatz

– 6 Aufgaben

6.6 Typklassifikation

– 12 Aufgaben

- 1P – Differentialgleichungen: Erkennen von DGL Typen (6x3-Auswahlmatrix, mit Variation)
- DGL Typen
- dgl_typ_01
- dgl_typ_02
- dgl_typ_03
- dgl_typ_04
- dgl_typ_05
- dgl_typ_06
- DGLTyp (inklusive Bernoulli/Ricatti)
- Ist_homogen_linear1Ordnung?
- Ist_inhomogen_linear1Ordnung?I
- Ist_inhomogen_linear1Ordnung?II

7 Englischsprachige Aufgaben

7.1 E: Algebra

7.1.1 E: Algebra_Day

7.1.2 E: Algebra: Project-ELearning

7.1.2.1 E: 1. Introduction

– 0 Aufgaben

7.1.2.2 E: 2. Group Theory

– 3 Unterordner

7.1.2.3 E: 3. Rings

– 4 Unterordner

7.1.2.4 E: 4. Field Extensions

– 3 Unterordner

7.1.2.5 E: 5. Galois Theory

– 3 Unterordner

7.1.3 E: MS-Aufgaben

7.2 E: Analysis

7.2.1 E: Differentialgleichungen

– 2 Unterordner

7.2.1.1 E: Anfangswertprobleme

– 5 Aufgaben

7.2.1.2 E: Exakte Differentialgleichungen

– 5 Aufgaben

7.2.2 E: Differentialrechnung einer Veränderlichen

– 1 Aufgabe, 3 Unterordner

7.2.2.1 E: Ableitungen und Tangenten

– 55 Aufgaben

7.2.2.2 E: Extremwertaufgaben

– 2 Aufgaben

7.2.2.3 E: Kurvendiskussion

– 20 Aufgaben

7.2.3 E: Folgen und Reihen

– 22 Aufgaben

7.2.4 E: Fourieranalysis und Laplacetransformation

– 20 Aufgaben

7.2.5 E: Funktionen

– 4 Unterordner

7.2.5.1 E: Grenzwerte

– 11 Aufgaben

7.2.5.2 E: Stetigkeit

– 12 Aufgaben

7.2.5.3 E: vektorwertige Funktionen

– 1 Aufgabe

7.2.5.4 E: Verkettung und Umkehrfunktion

– 10 Aufgaben

7.2.6 E: Funktionentheorie

– 10 Unterordner

7.2.6.1 E: Differenzierbarkeit

– 4 Aufgaben

7.2.6.2 E: Elementare Funktionen

– 2 Aufgaben

7.2.6.3 E: Integralsatz und -formel von Cauchy

– 13 Aufgaben

7.2.6.4 E: Komplexe Zahlen

– 15 Aufgaben

7.2.6.5 E: Kurvenintegrale

– 12 Aufgaben

7.2.6.6 E: Laurent-Reihen & Singularitäten

– 5 Aufgaben

7.2.6.7 E: Logarithmus und Windungszahl

– 3 Aufgaben

7.2.6.8 E: Potenzreihen

– 13 Aufgaben

7.2.6.9 E: Residuen/Residuensatz

– 10 Aufgaben

7.2.6.10 E: simpleMixed

– 30 Aufgaben

7.2.7 E: Integralrechnung einer Veränderlichen

– 20 Aufgaben

7.2.8 E: Potenzreihen und Taylorreihen

– 15 Aufgaben

7.2.9 E: Vektoranalysis

– 19 Aufgaben

7.3 E: Differentialgleichungen

7.4 E: Grundlagen

7.4.1 E: Funktionen

– 2 Unterordner

7.4.1.1 Verschiedenes/Mix

– 2 Aufgaben

7.4.1.2 Winkelfunktionen

– 9 Aufgaben

7.4.2 E: Gleichungen

– 18 Aufgaben

7.4.3 E: Grundbegriffe und Definitionen

– 7 Aufgaben

7.4.4 E: Komplexe Zahlen

– 22 Aufgaben

7.4.5 E: Mengen und Zahlenbereiche

– 18 Aufgaben

7.4.6 E: Potenzen und Logarithmen

– 16 Potenzen

7.4.7 E: Proportionen, Einheiten etc.

– 7 Aufgaben

7.4.8 E: Termumformungen etc.

– 10 Aufgaben

7.4.9 E: Ungleichungen und Beträge

– 11 Aufgaben

7.5 E: Lineare Algebra

7.5.1 E: Analytische Geometrie

– 46 Aufgaben

7.5.2 E: Eigenwerte und Eigenvektoren

– 15 Aufgaben

7.5.3 E: Lineare Gleichungssysteme

– 11 Aufgaben

7.5.4 E: Matrizen, Determinanten

– 26 Aufgaben

7.5.5 E: Quadriken

– 3 Aufgaben

7.5.6 E: Vektorräume

– 7 Aufgaben

7.6 E: Numerik

7.7 E: Optimierung

7.8 E: Vector calculus

8 Geometrie

8.1 Affine und projektive Geometrie

– 22 Aufgaben

8.2 Differentialgeometrie

8.2.1 Flächen

– 18 Aufgaben

8.2.2 Kurven

– 15 Aufgaben

(zu Bogenlängen siehe auch **Integration im \mathbb{R}^n : Bogenlängen**)
(siehe auch **Funktionen im \mathbb{R}^n : Kurven (vektorwertige Funktionen)**)

9 Grundlagen

9.1 Abbildungen

9.1.1 Injektivität/Surjektivität

– 47 Aufgaben

- 1P – Beweis: Komposition bijektiver Abbildungen ist bijektiv (JMUW-WiSe0708-B00-1c)
- 1P – Beweis: Komposition injektiver Abbildungen ist injektiv (JMUW-WiSe0708-B00-1b-d2)
- 1P – Beweis: Komposition surjektiver Abbildungen ist surjektiv (JMUW-WiSe0708-B00-1a-d1)
- 1P – Definition: Injektivität, Surjektivität, Bijektivität (Drag & Drop, 3 aus 8)
- Bijektivität - Definition
- Eigenschaften von Abbildungen - Hotspot-aufgabe I
- Eigenschaften von Abbildungen - Hotspot-aufgabe II
- Eigenschaften von Abbildungen - Hotspot-aufgabe III
- Eigenschaften von Abbildungen I
- Eigenschaften von Abbildungen II
- Eigenschaften von Abbildungen III
- Eigenschaften von Abbildungen IV
- Eigenschaften von Abbildungen V
- Eigenschaften von Abbildungen - Zuordnungsaufgabe
- EX:::71 – Surjektive Abbildung (TB, je 1 aus 3, Feedback)
- inj_surj_ja/nein_01
- inj_surj_ja/nein_02
- inj_surj_ja/nein_03
- inj_surj_ja/nein_04
- inj_surj_ja/nein_05
- inj_surj_ja/nein_06
- inj_surj_ja/nein_07
- inj_surj_ja/nein_08
- injectiv_def_01
- injektiv_surjektiv_zuordnen
- injektiv_surjektiv_zuordnen
- injektiv,surjektiv, bijektiv I
- injektiv,surjektiv, bijektiv II
- injektiv,surjektiv, bijektiv III
- injektiv,surjektiv, bijektiv IV
- injektiv,surjektiv, bijektiv V
- Injektivität/Surjektivität der Quadratfunktion auf versch. Bereichen
- Injektivität - Beweis I
- Injektivität - Beweis II
- Injektivität - Darstellungen
- Injektivität - Definition
- Injektivität prüfen I
- Injektivität prüfen II
- Injektivität prüfen III
- InjSurj_Urbild
- surj_Abb_def_01
- Surjektivität - Beweis
- Surjektivität - Darstellungen
- Surjektivität - Definition
- Surjektivität prüfen I
- Surjektivität prüfen II
- Surjektivität prüfen III

9.1.2 Linearität

– 6 Aufgaben

9.2 Finanzmathematik

– 39 Aufgaben

9.3 Funktionen

9.3.1 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 16 Aufgaben

- ChemReaktionGeschw (Textaufgabe, Hintereinanderausführung)
- elementare Funktionseigenschaften (Auswahlmatrix, 5 Funktionen, 5 Eigenschaften, mit Var.)
- FktEig2 (Auswahlmatrix, 3 Funktionen, 2 Eigenschaften, mit Variation)
- Funktionseigenschaften (Auswahlmatrix, 3 Funktionen, 3 Eigenschaften, mit Variation)
- graph_zuordnen_01
- graph_zuordnen_02 (Drag & Drop, 5 aus 5, einfache trigonometrische Funktionen)
- graph_zuordnen_03 (Drag & Drop, 4 aus 7, verkettete trigonometrische Fkt./Exp./Ln)
- Standardgraphen (Drag & Drop, 4 aus 5, Grundformen)
- Verschiebung (SC, 1 aus 4, mit Variation)
- verschiebung_01 (SC, 1 aus 5, $(x - *)^2$, mit Variation)
- verschiebung_01+02 (SC, 1 aus 5, $(x \pm *)^*$ oder $x^* \pm *$, mit Variation)
- verschiebung_02 (SC, 1 aus 5, $x^5 + *$, mit Variation)
- verschiebung_stauchung_streckung_01 (SC, 1 aus 4, zweites Bild animiert)
- verschiebung_xy (4 Wertetabellen je 5 Einträge, Angabe der Änderung, x^3)
- verschiebung_xy_variabel (2 Wertetabellen je 4 Einträge, Angabe der Änderung, Fkt. variiert)
- x_FktFortsetzen (Variation eines Java-Script-Files, Variation der Fortsetzungsart)

9.3.2 Exponential- und Logarithmusfunktionen

– 3 Aufgaben

(siehe auch **Potenzen und Logarithmen**)

9.3.3 Hyperbelfunktionen

– 2 Aufgaben

9.3.4 Komposition/Verkettung

– 2 Aufgaben

- Komposition (Textboxauswahl, Verkettung von 3 Funktionen, mit Variation)
- Komposition von Funktionen (SC, 1 aus 5, Verkettung von 3 Funktionen, ohne Variation)

9.3.5 Lineare Funktionen

– 13 Aufgaben

- gleichung_lin_fkt_angeben_01 (Geradengleichung angeben, ohne Variation)
- gleichung_lin_fkt_angeben_02 (Geradengleichung angeben, ohne Variation)

9.3.6 Polynome

– 9 Aufgaben, 1 Test

(zu Polynomdivision siehe auch **Termumformungen etc.**)

9.3.7 Potenzfunktionen

– 10 Aufgaben

9.3.8 Quadratische Funktionen

– 6 Aufgaben

- GleichungIrrat (Angabe eines bel. c , so dass $x^2 = c$ zwei verschiedene rat. Lösungen besitzt)
- Kugelstoßen (Bestimmung des Interpolationspolynoms – Lösen eines 3x3-LGS)
- Nullstellen und Scheitelpunkt quadratischer Funktionen
- parabel_fit_01 (Bestimmung des Interpolationspolynoms – Lösen eines 3x3-LGS)
- parabel_scheitelpunkt_01 (separate Lückeneingabe der Koordinaten von S) !!!
- parabel_scheitelpunkt_02 (separate Lückeneingabe der Koordinaten von S + ob Min/Max)

9.3.9 Rationale Funktionen

– 7 Aufgaben

(zu Partialbruchzerlegung siehe auch **Termumformungen etc.**)

- SmartphoneGebrochenRational (Drag & Drop, 5 aus 9)

9.3.10 Winkelfunktionen

– 36 Aufgaben

9.4 Geometrie: Elementare Geometrie

– 34 Aufgaben

9.5 Gleichungen

9.5.1 Allgemeines/Mix

– 6 Aufgaben

9.5.2 Geradengleichungen

– 2 Aufgaben

9.5.3 Gleichungen mit allg. Potenz (a^x)

– 3 Aufgaben

9.5.4 Gleichungen mit Beträgen

– 5 Aufgaben

9.5.5 Gleichungen mit Brüchen

– 8 Aufgaben

9.5.6 Gleichungen mit Exponentialfunktion

– 5 Aufgaben

9.5.7 Gleichungen mit Logarithmus

– 3 Aufgaben

9.5.8 Gleichungen mit Wurzeln

– 2 Aufgaben

9.6 Graphen

– 9 Aufgaben

9.7 Grundbegriffe und Definitionen

– 9 Aufgaben + 1 Test (Dummy)

9.8 Gruppen, Ringe, Körper

– 10 Aufgaben

9.9 Induktion

– 8 Aufgaben

9.10 Komplexe Zahlen

9.10.1 Addition von komplexen Zahlen

– 7 Aufgaben

- EX::01 – Addition komplexer Zahlen (SC, 1 aus 4, mit Variation)

9.10.2 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 20 Aufgaben

9.10.3 Bestimmung des Quadranten

– 5 Aufgaben

9.10.4 Betrag und Argument

– 10 Aufgaben

- 1P – Komplexe Zahlen: Erkennen in Gaußscher Ebene - $\operatorname{Re}(x)$, $\operatorname{Im}(x)$, Betrag, Argument (mit Grafik, Variation, NR-Lücke)

9.10.5 Darstellung in der Gaußebene

– 41 Aufgaben

- 1P – Komplexe Zahlen: Eintragen in Gaußsche Ebene TA_01 (5 Hotspots, ohne Variation)
- 1P – Komplexe Zahlen: Eintragen in Gaußsche Ebene TA_02 (5 Hotspots, ohne Variation)
- 1P – Komplexe Zahlen: Eintragen in Gaußsche Ebene TA_03 (5 Hotspots, ohne Variation)
- 1P – Komplexe Zahlen: Eintragen in Gaußsche Ebene TA_04 (5 Hotspots, ohne Variation)
- 1P – Komplexe Zahlen: Eintragen in Gaußsche Ebene TA_05 (5 Hotspots, ohne Variation)

9.10.6 Division/Inverse

– 12 Aufgaben

9.10.7 Einheitswurzeln etc. ($z^n = r > 0$)

– 10 Aufgaben

9.10.8 Gleichungen/Systeme (ggf. nichtlinear)

– 5 Aufgaben

9.10.9 Koordinatenwechsel

– 9 Aufgaben

- 1P – Koordinaten: Umrechnung kartesisch in Polarkoordinaten (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Koordinaten: Umrechnung Polarkoordinaten (Bogenmaß) in kartesisch (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Koordinaten: Umrechnung Polarkoordinaten (Gradmaß) in kartesisch (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)

9.10.10 Mengenbeschreibungen

– 10 Aufgaben

9.10.11 Multiplikation/Potenzieren

– 10 Aufgaben

9.10.12 Nullstellen von Polynomen

– 22 Aufgaben

- 1P – Komplexe Nullstellen bei Polynomgrad 2 (2015 - A2b – mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Komplexe Nullstellen bei Polynomgrad 2 (2017 - A2a – mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Komplexe Nullstellen bei Polynomgrad 2: Eintragen in Gaussebene (2 Hotspots, mit Grafik, ohne Variation)
- 1P – Komplexe Nullstellen bei Polynomgrad 3: Eintragen in Gaussebene (3 Hotspots, mit Grafik, ohne Variation)

9.10.13 Regeln

– 17 Aufgaben

- 1P – Rechenregeln für komplexe Zahlen 1 (Drag & Drop, 5 aus 5, ohne Variation)
- 1P – Rechenregeln für komplexe Zahlen 2 (Drag & Drop, 5 aus 5, ohne Variation)
- 1P – Rechenregeln für komplexe Zahlen 3 (Drag & Drop, 5 aus 5, ohne Variation)

9.10.14 Zugang über Vektoren

– 4 Aufgaben, 1 Test

- 1P – Vektorrechnung: Komplexe Zahlen – Potenzen von i (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektorrechnung: Komplexe Zahlen – Produkt (mit Variation, ind. Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektorrechnung: Komplexe Zahlen – Quotient (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektorrechnung: Komplexe Zahlen – Summe und Differenz (mit Variation, ind. Feedback, NR-Lücke)

T: Komplexe Zahlen als Elemente des Vektorraums \mathbb{R}^2

9.11 Logik

– 2 Aufgaben (+9 Unterordner)

9.11.1 Grundlegende Begriffe

– 5 Aufgaben

- EX::07 – Aussagenverknüpfung (Drag & Drop, 5 aus 8)
- EX::08 – Aussagenverknüpfung (MC, 3 aus 4, mit Variation)
- EX::31 – Gleichung (SC, 1 aus 4)
- EX::32 – Gleichung [Aussage] (MC, 1 aus 4)
- EX::40 – Implikation (TB, 1 aus 6, Feedback)

9.11.2 Grundlegende Beweisansätze

– 1 Aufgabe

- Grundlegende Beweisideen, Implikationen, Mengengleichheit

9.11.3 Logik: Textaufgaben

– 11 Aufgaben

- 5P – 20070207A1 (Ba Wi-Wi): Aussagenlogik – Jobvergabe (mit Feedback, NR-Lücke)
- textaufgabe_abc_xx
- textaufgabe_familie_01
- textaufgabe_familie_02
- textaufgabe_familie_03
- textaufgabe_mordfall_01
- textaufgabe_mordfall_02
- textaufgabe_mordfall_03
- textaufgabe_studenten_01
- textaufgabe_studenten_02
- textaufgabe_studenten_03

9.11.4 Quantoren

– 9 Aufgaben

- Freie Variablen, Äquivalenz von Aussageformen
- negation_menge_01
- negation_menge_02
- negation_menge_03
- negation_menge_04
- Quantoren
- Verneinung All-Aussage SET78
- Verneinung von Quantoren, Elefanten und Äpfel
- x_FormelstellungZahleig

9.11.5 Tautologien

– 2 Aufgaben

- 1P – Tautologien (A 1.1.1 – mit Lsg. im Feedback)
- Tautologien

9.11.6 Terme und Aussagen

– 1 Aufgabe

- 1P – Terme und Aussagen (A 1.1.11)

9.11.7 Transfer formale/natürliche Sprache

– 4 Aufgaben

- ArchimedesÜbersetzen
- aussagen_symbole_zuordnen_01
- AussageAngaben
- Logische Negation

9.11.8 Wahrheitsgehalt von Aussagen

– 7 Aufgaben

- 1P – Logische Verknüpfungen (20 Variationen, 2-Stufen Feedback)
- logik_janein_3
- logik_janein_4
- logik_janein_1
- logik_janein_5
- logik_janein_2
- logik_janein_6

9.11.9 Wahrheitstabellen

– 16 Aufgaben

- 1P – Aussagenlogik: Wahrheitstabelle $(p \text{ or } q) \text{ and } \text{not}(q \text{ implies } p)$ – (mit Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Aussagenlogik: Wahrheitstabelle $(q \text{ or } p) \text{ implies } \text{not}(q \text{ and } p)$ – (mit Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Aussagenlogik: Wahrheitstabelle $\text{not}(p \text{ and } q) \text{ implies } (p \text{ implies } q)$ – (mit Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Aussagenlogik: Wahrheitstabelle $\text{not}(p \text{ iff } q) \text{ iff } (q \text{ and } p)$ – (mit Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Aussagenlogik: Wahrheitstabelle $\text{not}(p \text{ or } q) \text{ iff } (q \text{ implies } p)$ – (mit Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Aussagenlogik: Wahrheitstabelle $\text{not}(q \text{ implies } p) \text{ or } (p \text{ or } q)$ – (mit Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Wahrheitstabelle: Anzahl Zeilen (A 1.1.3 – mit Variation, Feedback)

9.12 Maßtheorie

– 0 Aufgaben ?

9.13 Mengen und Zahlenbereiche

9.13.1 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 6 Aufgaben

9.13.2 Infimum & Supremum von Teilmengen von \mathbb{R}

– 1 Aufgabe

9.13.3 Kartesisches Produkt von Mengen

– 2 Aufgaben

9.13.4 Mengenoperationen auf endlichen Mengen

– 2 Aufgaben

- 1P – Mengenoperationen (2010 - A2a – mit 4 Variationen, 2-Stufen Feedback)
- 1P – Mengenoperationen (mit doppelter Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)

9.13.5 Mengenoperationen auf Intervallen

– 4 Aufgaben

- 1P – Differenz und Durchschnitt von Intervallen (2018 - A2a) – (Drag & Drop, 2 aus 6, mit Variation, 2-Stufen-Feedback)
- 1P – Mengenoperationen auf Intervallen 01 (Drag & Drop, 4 aus 9, mit Variation, Feedback, Grafik)
- 1P – Mengenoperationen auf Intervallen 02 (Drag & Drop, 4 aus 9, mit Variation, Feedback, Grafik)
- mengenoperationen_intervalle_01
- mengenoperationen_intervalle_zuordnung_01
- mengenoperationen_intervalle_zuordnung_02

9.13.6 Potenzmenge

– 4 Aufgaben

- potenzmenge_01
- potenzmenge_kardinalität_01
- potenzmenge_kardinalität_02
- potenzmenge_kardinalität_03

9.13.7 Venn-Diagramme

– 18 Aufgaben

- 1P – Mengen kennzeichnen I (einfaches Feedback)
- Mengen kennzeichnen I
- Mengen kennzeichnen II
- ...
- venndiagramme_zuordnung_01
- Venn-Diagramme I
- Venn-Diagramme II
- Venn-Diagramme III
- Venn-Diagramme IV
- x_Mengeninklusionen

9.13.8 Zahlbereiche/Mengen von Zahlen

– 11 Aufgaben

9.14 Metrik

– 10 Aufgaben

-

9.15 Nullstellenberechnungen

– 14 Aufgaben

- 1P – Reelle Nullstellen bei Polynomgrad 2 (2016 - A2a – mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)

9.16 Potenzen und Logarithmen

– 43 Aufgaben

- 1P – Rechenregeln: Logarithmen (SC, 1 aus 3, mit Variation, Permutation)
- 1P – Termumformung: Bruch mit Potenz (2014 - A2a – ohne Variation, mit Feedback)
- 3P – Rechenregeln: Logarithmen und Wurzeln (3 konkrete Umformungen, mit Variation, Erinnerungsbox, ind. 2-Stufen Feedback)
- 3P – Rechenregeln: Logarithmen und Wurzeln (3 konkrete Umformungen, mit Variation, ind. 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 3P – Rechenregeln: Potenzen mit negativem Exponenten (3 konkrete Umformungen, mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 3P – Rechenregeln: Potenzen und Wurzeln (3 konkrete Umformungen, mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 3P – Rechenregeln: Potenzen unter Wurzeln (3 konkrete Umformungen, mit Variation, ind. 2-Stufen Feedback)
- 3P – Rechenregeln: Potenzen unter Wurzeln (3 konkrete Umformungen, mit Variation, ind. 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- Logarithmen (3 konkrete Umformungen, mit Variation, ind. 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- Wurzeln und Potenzen (3 konkrete Umformungen, mit Variation, ind. 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)

9.17 Proportionen, Einheiten etc.

– 19 Aufgaben

9.18 Relationen

– 9 Aufgaben

9.19 Spieltheorie

– 3 Aufgaben

9.20 Termumformungen etc.

9.20.1 Ausmultiplizieren

– 0 Aufgaben ?

9.20.2 Binomische Formeln / Quadratische Ergänzung

– 8 Aufgaben

- 1P – Binomische Formeln (7x6-Auswahlmatrix, mit Permutation)
- 1P – Binomische Formeln: Erkennen und analysieren (MC, 3 aus 7, mit Variation, etwas Feedback)
- 1P – Binomische Formeln: Quadratische Ergänzung (Variation, mit 2-Stufen Feedback, Grafik)
- Binomische Formeln
- binomische_formeln_01
- Quadratische Ergänzung
- Quadratische Ergänzung_1
- x_BinomErkennen

9.20.3 Partialbruchzerlegungen

– 5 Aufgaben

- Partialbruchzerlegung_01
- Partialbruchzerlegung_02
- Partialbruchzerlegung_03
- Partialbruchzerlegung_04
- Partialbruchzerlegung_05

9.20.4 Polynomdivision/Hornerschema

– 18 Aufgaben

- HornerSchemaGrad5
-

9.20.5 Summen- und Produktzeichen & Fakultät

– 33 Aufgaben

- 1P – Binomialkoeffizient (einfache Angabe)
- 1P – Darstellung mittels Summenzeichen (mit Variation – BM4SEaD:Ue1:13a)
- 1P – Darstellung mittels Summenzeichen (mit Variation – BM4SEaD:Ue1:13b)
- 1P – Fakultät (einfache Angabe)
- 1P – Fakultät (einfache Angabe – BM4SEaD:Ue1:15a)
- 1P – konkretes Produkt (MC, 2 aus 3, inkl Indextransformation – ABM4ING:1-T1:6)
- 1P – Produktdarstellung mittels Fakultäten (mit Variation, ind. Feedback, Strafpunkten – BM4SEaD:Ue1:15b)
- 1P – Produkt Einzelaufgabe 01 (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Produktformel (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Produkt von Summen (mit doppelter Variation – ABM4ING:1-Ue1:5b)
- 1P – Produktzeichen einfach (mit animierter Grafik, Variation)
- 1P – Summenformel (2011 - A2a – mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Summenformel (2015 - A2a – mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Summenzeichen einfach (mit animierter Grafik, Variation)
- 1P – Summe von Produkten (ABM4ING:1-Ue1:4d)
- 1P – Summe von Summen (ABM4ING:1-Ue1:5c)
- 1P – Summe von Summen (inkl negativer Index – BM4SEaD:Ue1:14)
- 6P – Summenzeichen (6 konkrete Formeln auswerten, mit Variation)
- 7P – Summen und Produktzeichen (7 konkrete Formeln mittels Wertetabelle auswerten, mit Variation, 2-Stufen Feedback)
- Produkt_Einzelaufgabe_01

9.20.6 Vereinfachen von Brüchen

– 20 Aufgaben

- brüche_addieren_01 (4 Terme)
- brüche_addieren_02 (4 Terme, Ergebniseingabe jeweils als Tupel)
- vereinfachung_brüche_01 (1 Term, Kürzen mittels 3. binomischer Formel)
- vereinfachung_brüche_02 (1 Produkt aus Dreitermssumme und Bruch)
- vereinfachung_brüche_03 (1 Term, Kaskade 1. Stufe, sehr ausführlicher Rechenweg im Feedback)
- vereinfachung_brüche_04 (1 Term, Kürzen aus Summen)

Expertenbewertung

9.21 Ungleichungen und Beträge

9.21.1 Allgemeines/Mix

– 5 Aufgaben

9.21.2 Eigenschaften des Betrages

– 10 Aufgaben

9.21.3 Eigenschaften von Kleiner-oder-gleich

– 5 Aufgaben

9.21.4 Ungleichungen mit Beträgen

– 11 Aufgaben

9.21.5 Ungleichungen ohne Beträge

– 17 Aufgaben

9.22 Verschiedenes

– 10 Aufgaben (ist hier eventuell eine geeignetere Einsortierung sinnvoll?)

9.23 Volatilität

– 4 Aufgaben

9.24 Zahlentheorie

– 16 Aufgaben

10 Kombinatorik

– 1 Aufgabe, 2 Unterordner

- kombinatorik_zuordnung_01 (Drag & Drop, 6 aus 11)

Alle Use Cases

10.1 Kombinatorik: Berechnungsaufgaben

– 4 Aufgaben

- Binomialkoeffizient
- binomialkoeffizienten_01
- binomialkoeffizienten_02
- Fakultät und Binomialkoeffizient

10.2 Kombinatorik: Textaufgaben

– 18 Aufgaben

- 5P – 20080725A1 (Ba WiWi): Kombinatorik – Regierungsbildung (mit Variation, NR-Lücke)
- 5P – 20080725B1 (Ba WiWi): Kombinatorik – Film-Casting (mit Variation, NR-Lücke)
- 5P – 20080725C1 (Ba WiWi): Kombinatorik – Stellenbesetzung (mit Variation, NR-Lücke)
- 5P – 20080725D1 (Ba WiWi): Kombinatorik – Musicalrollen (mit Variation, NR-Lücke)
- 5P – 20080725E1 (Ba WiWi): Kombinatorik – Komparsen-Casting (mit Variation, NR-Lücke)
- einfache_kombination_01
- einfache_kombination_02
- einfache_kombination_03
- Grundaufgaben der Kombinatorik 1 (Auswahlmatrix, umfangreich)
- Grundaufgaben der Kombinatorik 2 (SC, Formel auswählen für Urnenmodell ohne Zurücklegen)
- gruppeneinteilung_schüler
- gäste_hotelzimmer_01
- kombination_kinder_geschenke
- kombination_lotto_01
- KombinatorikGrundformeln
- permutation_mit_wdhlg_01
- reihenfolge_n_personen
- variation_scheinwerfer
- variation_scheinwerfer

11 Lernstandserhebungen

11.1 Lernstandserhebung_01 (alt)

– 28 Aufgaben, 1 Test

11.2 Lernstandserhebung_02

– 29 Aufgaben, 1 Test

11.3 Lernstandserhebung_03 (inklusive Abfrage Brückenkurs)

– 3 Aufgaben

12 Lineare Algebra

12.1 Analytische Geometrie

– 1 Test

T: Rechnen mit Vektoren – Grundlagen (Link)

12.1.1 Abstandsaufgaben

– 12 Aufgaben

- abstand_geraden_parallel_01
- abstand_geraden_schneidend_01
- abstand_geraden_windschief_01
- abstand_punkt_gerade_01
- abstand_punkt_punkt_01
- Abstand Punkt-Ebene
- Abstand Punkt-Gerade
- Abstand zwischen zwei Punkten
- lotfusspunkt_ebene_01
- lotfusspunkt_ebene_01 und Abstand
- Punkt-Ebene_01
- Punkt-Gerade_01

12.1.2 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 13 Aufgaben

- Dreieck
- Dreieck und Gerade
- Grundlagen der Vektorrechnung 1
- Grundlagen der Vektorrechnung 2
- Koordinatendarstellung des Vektors zwischen zwei Punkten
- Kräfte
- Kraft und Arbeit
- OrthogonalProjektion-R3
- Projektion, Vektorprodukte
- Summe, Differenz und Vielfache von Vektoren (Drag & Drop, 6 aus 11)
- Vektoraddition
- vektorrechnung_ge
- Wahr-Falsch-Aussagen zur Vektorrechnung und Analytischen Geometrie

12.1.3 Darstellungen von Ebenen

– 13 Aufgaben

- ebene_4punkte
- Ebene_aus_3_Punkten_01
- ebene_parameterfrei_01
- ebene_parameterfrei_02
- ebenengleichung_weg_teil1
- ebenengleichung_weg_teil2
- ebenengleichung_weg_teil3
- ebenengleichung_weg_teil4
- ebenengleichung_weg_teil5
- geraden_zu_ebene_01
- Gleichung der Ebene durch drei Punkte
- Hesse-Normalform_01
- punkt_in_ebene_01

12.1.4 Darstellungen von Geraden

– 5 Aufgaben

- Geraden im \mathbb{R}^2 Geraden • Verbindungsgerade
- Parameterdarstellung von • punkt_auf_gerade_01 • winkelhalbierende

12.1.5 Lagebeziehungen von Ebenen

– 3 Aufgaben

- Lagebeziehung Ebene - Ebene und Ebene - Gerade
- Lagebeziehung Ebene - Punkt und Ebene - • Lagebeziehungen_Ebenen

12.1.6 Lagebeziehungen von Geraden

– 24 Aufgaben

- ebene_gerade_orthogonal_01
- ebene_gerade_orthogonal_02
- ebene_gerade_orthogonal_03
- ebene_senkrecht_zu_gerade
- geraden_orthogonal_01
- geraden_orthogonal_02
- geraden_orthogonal_03
- geraden_orthogonal_04
- geraden_parallel_01
- geraden_parallel_02
- geraden_parallel_03
- geraden_schneidend_01
- geraden_schneidend_02
- geradengleichung_01
- geradengleichung_02
- Geradengleichung in der Ebene
- lagebeziehung_geraden_identisch
- lagebeziehung_geraden_parallel
- lagebeziehung_geraden_schneidend
- lagebeziehung_geraden_windschief
- lagebeziehungen_geraden_01
- lagebeziehungen_theorie_01
- Lagebeziehung zweier Geraden
- Vorgehen zur Untersuchung der Lagebeziehung zweier Geraden

12.1.7 Lineare Unabhängigkeit

– 10 Aufgaben

- 1P – Vektoren: linear abhängig – Parameter bestimmen (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektoren: linear unabhängig (Anzahl wahr/falsch 01 (SC, mit Feedback)
- 1P – Vektoren: linear unabhängig ja/nein 01 (SC, mit Feedback)
- Lineare Unabhängigkeit von Vektoren
- un-/abhängigkeit_01
- un-/abhängigkeit_02
- un-/abhängigkeit_03
- vektoren_abhängigkeit_01
- vektoren_unabhängigkeit_01
- Vektorrechnung 2 - Lineare Abhängigkeit zweier Vektoren

12.1.8 Linearkombinationen

– 13 Aufgaben

- 1P – Vektoren: Linearkombination 01 (mit Variation, Feedback)
- 1P – Vektoren: Linearkombination 02 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektoren: Linearkombination 03 (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektoren: Linearkombination ausführen (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektoren: Linearkombination graphisch erkennen (Drag & Drop, 4 aus 4, mit Graphiken im Feedback)
- BasisR3MC
- linearkombination_01
- linearkombination_02
- linearkombination_03
- linearkombination_03 - vereinfacht
- vektoraddition_graphisch_01
- Vektoraddition graphisch (JSXGraph)
- Vektorrechnung 1 - Einfache Linearkombination

12.1.9 Normen/Vektorlängen

– 8 Aufgaben

- 1P – Vektorrechnung: Betrag eines Vektors (mit Variation, Feedback, CAS-Lücken)
- 1P – Vektorrechnung: Betrag eines Vektors – Parameter bestimmen (mit Variation, Feedback, CAS-Lücken)
- betrag_vektor_01
- betrag_vektor_02
- betrag_vektor_02_EN
- Normen
- Vektorrechnung 1 - Betrag eines Vektors
- Vektorrechnung 2 - Betrag mit Parameter

12.1.10 Projektion & Spiegelung

– 9 Aufgaben

- Beleg 01::10 – Eigenschaften orthogonale Projektion (MC, 2 aus 6)
- Beleg 01::11 – Bestimmung orthogonale Projektion (CAS-Lücken, grau)
- orthogonale_projektion_01
- Projektion (SC)
- Projektion 01
- Projektion kurz (SC)
- spiegelung_ebene_01
- spiegelung_ebene_02
- spiegelung_gerade_ebene_01

12.1.11 Schnitte

– 9 Aufgaben

- gerade_in_ebene_01
- Gerade-Ebene_01
- schnitt_ebene_ebene
- schnittgerade_ebenen_01
- schnittgerade_ebenen_02
- schnittpunkt_ebene_gerade_01
- schnittpunkt_ebene_gerade_02
- schnittwinkel_ebenen
- Zwei Ebenen

12.1.12 Vektorrechnung: Allgemeines/Mix

– 10 Aufgaben

- 1P – Vektoren: Wissensfragen (Drag & Drop, 4 aus 5, mit Feedback)
- Kreuz- und Spatprodukt_01
- Produkte im \mathbb{R}^3
- skalar_kreuz_01
- skalar_kreuz_02
- Skalarprodukt und Vektorprodukt (SC-Auswahlmatrix)
- Vektorbeziehungen 1
- Vektorbeziehungen 1 vers2
- Vektorbeziehungen 2
- Vektorbeziehungen 2 vers2

12.1.13 Vektorrechnung: Kreuzprodukt

– 24 Aufgaben

- 1P – Vektorrechnung: Kreuzprodukt – Anwendung (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektorrechnung: Kreuzprodukt – Berechnung (mit Variation, komponentenweisem Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektorrechnung: Kreuzprodukt – Definition (mit Feedback)
- 1P – Vektorrechnung: Kreuzprodukt – Eigenschaft (SC, 1 aus 3, mit Feedback)
- 1P – Vektorrechnung: Kreuzprodukt – Fläche eines Parallelogramms (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektorrechnung: Kreuzprodukt – Normierung (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- Beleg 01::12 – Kreuzprodukt Definition I (MC::3)
- Beleg 01::13 – Kreuzprodukt Definition II (Feedback, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 01::14 – Kreuzprodukt Definition III (Feedback, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 01::15 – Kreuzprodukt Definition IV (Feedback, EB, CAS-Lücken, grau)
- Beleg 01::16 – Flächeninhalt eines Parallelogramms
- Das Vektorprodukt zur Flächeninhaltsberechnung eines Dreiecks im \mathbb{R}^3
- fläche_parallelogramm
- inhalt_dreieck_01
- inhalt_parallelogramm_01
- kreuzprodukt_def_01 (SC)
- kreuzprodukt_def_02
- kreuzprodukt_def_03
- kreuzprodukt_def_04
- kreuzprodukt_def_05
- Vektorprodukt (MC)
- Vektorprodukt: Eigenschaften-Auswahl (MC)
- Vektorprodukt im \mathbb{R}^3 **NICE!**
- Vektorrechnung 1 - Vektorprodukt

12.1.14 Vektorrechnung: Skalarprodukt

– 19 Aufgaben

- 1P – Vektorrechnung: Skalarprodukt – Anwendung: Orthogonalität – Parameter bestimmen (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektorrechnung: Skalarprodukt – Anwendung: Winkel zwischen 2 Vektoren (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)

- 1P – Vektorrechnung: Skalarprodukt – Anwendung: Winkel zwischen 2 Vektoren – nur Kosinus (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Vektorrechnung: Skalarprodukt – Berechnung (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- Beleg 01::05 – Einstieg Vektorrechnung (CAS-Lücken)
- Beleg 01::06 – Eigenschaften des Skalarprodukts (MC, 4 aus 9)
- Beleg 01::08 – Skalarprodukt mit Parameter (CAS-Lücken, grau)
- Beleg 01::09 – Parameterbestimmung (linear abhängig, orthogonal)
- skalar mit parameter
- Skalarprodukt (SC)
- skalarprodukt_def_01 (SC)
- skalarprodukt_def_02
- skalarprodukt_def_03
- Skalarprodukt: Eigenschaften-Auswahl (MC)
- Vektorrechnung 1 - Skalarprodukt
- Vektorrechnung 1 - Winkel zwischen 2 Vektoren
- Vektorrechnung 1 - Winkel zwischen 2 Vektoren (Kosinus)
- Vektorrechnung 2 - Orthogonalität mit Parameter
- Winkel zwischen zwei Vektoren

12.1.15 Vektorrechnung: Spatprodukt

– 6 Aufgaben

- Beleg 01::17 – Volumen eines Spats
- Beleg 01::18 – Komplanarität von Vektoren im Raum
- Das Spatprodukt zur Volumenberechnung eines Spates
- Spatprodukte im \mathbb{R}^3
- volumen_spat_01
- volumen_tetraeder_01

12.2 Aufgabenkomplexe

– 1 Test

- Aufgaben mit wählbarer Schwierigkeit

12.3 Dualraum, Tensorprodukt

– 4 Aufgaben

- Annulator im \mathbb{R}^3
- Dualbasis mit Polynomen
- duale Basis im \mathbb{R}^2
- Rechnen mit Tensoren

12.4 Eigenwerte und Eigenvektoren

12.4.1 Allgemeine Aussagen

– 11 Aufgaben

- aussagen_ew_ev_01
- Beleg 02::01 – Eigenwerte und Eigenvektoren: Aussagen (MC, mit ind. Feedback)
- Beleg 02::08a – Eigenwerte und Eigenvektoren: Einzelaussage (SC, mit Feedback)
- Beleg 02::08b – Eigenwerte symmetrischer Matrizen (SC, 5 Versionen, mit Feedback)
- Eigenschaften Eigenvektoren und Eigenräume
- eigenwerte_symm_matrix_w/f_01
- eigenwerte_symm_matrix_w/f_02
- eigenwerte_symm_matrix_w/f_03
- Eigenwerte: Eigenschaften-Auswahl (inkl. Diagonalisierung)
- eigenwertgleichung_01
- vielfachheiten_w/f_01

12.4.2 charakteristisches Polynom und Minimalpolynom

– 4 Aufgaben

- Ausdrücke mit Minimalpolynom vereinfachen
- Beleg 02::15 – Jordansche Normalform :: Minimalpolynomentsprechung (MC, 4 aus 6)
- charakteristisches Polynom und Minimalpolynom
- Minimalpolynome berechnen

12.4.3 Diagonalisierbarkeit und Jordansche Normalform

– 15 Aufgaben

- Beleg 02::13 – Diagonalisierung einer 2×2 -Matrix mit Eigenvektorbasis (CAS-Lücke)
- Beleg 02::14 – Diagonalisierbarkeit einer 3×3 -Matrix :: Eigenwerte und Eigenraum (CAS-Lücke)
- Beleg 02::15 – Diagonalisierbarkeit (SC, w/f - 10 Einzelaussagen, Feedback individuell)
- diagonalisierbarkeit_01
- Diagonalisierung 3×3 -Matrix
- Diagonalisierung - Klausuraufgabe
- Diagonalisierung - Wahr oder falsch? (s.a. Beleg 02::15)
- EW-Diagonalisierung-02
- Körperabhängigkeit von Zahlen/Polynomen berechnet aus Matrix
- Matrix diagonalisieren und potenzieren
- Matrix-Diagonalisierung (3×3 , Eigenwerte vorgegeben, Eigenräume und ONB bestimmen)
- Matrix-Diagonalisierung_1
- Matrix-Diagonalisierung_2
- Schmidt-Orthonormalisierung
- Schmidt-Orthonormalisierung_1

12.4.4 Eigenwerte und Vektoriteration

– 2 Aufgaben

- vektoriteration_01
- vektoriteration_02

12.4.5 Eigenwertproblem in \mathbb{R}^2

– 6 Aufgaben

- Eigenwerte_2x2_01
- Eigenwerte, 2x2, voll besetzt
- Eigenwerte 2x2-Matrix_randomisiert
- Eigenwerte einer 2x2-Matrix
- matrix_bestimmen_01
- matrix_bestimmen_02

12.4.6 Eigenwertproblem in \mathbb{R}^3

– 26 Aufgaben

- 3x3MatrixEigenwerte
- 3x3MatrixEigenwerte (4NNE, CAS-Lücken)
- Beleg 02::02 – Eigenwerte quadratischer Matrizen (2x2 und 3x3, CAS-Lücken)
- Beleg 02::03a – Eigenwerte, Determinante und Regularität: obere Dreiecksmatrix (mit Variation, Feedback)
- Beleg 02::03b – Eigenwerte, Determinante und Regularität: untere Dreiecksmatrix (mit Variation, Feedback)
- Beleg 02::05 – Eigenvektoren quadratischer Matrizen :: Parameter der Matrix bestimmen (CAS-Lücken)
- Beleg 02::06 – Eigenraum einer 3x3-Matrix (CAS-Lücken)
- Bestimmung des Eigenraumes bei vorgegebenem Eigenwert
- Bestimmung des Eigenwertes bei vorgegebenem Eigenvektor 1
- Bestimmung des Eigenwertes bei vorgegebenem Eigenvektor 2
- definitheit_3x3_01
- Eigenräume, 3x3
- Eigenräume, 3x3_1
- Eigenräume, 3x3 vers2
- Eigenwerte_3x3_01
- Eigenwerte, 3x3
- Eigenwerte, 3x3, schwach besetzt
- Eigenwerte, 3x3, voll besetzt
- Eigenwerte einer 3x3-Matrix
- ev_bestimmen_01
- ew_3x3_01 (3x3, Blockdiagonalmatrix)
- ew_3x3_02 (3x3, Rang-Eins-Matrix)
- ew_3x3_03 (3x3, Blockdiagonal-Rang-Eins-Matrix)
- ew_3x3_04 (3x3, dünnbesetzt)
- ew_dreiecksmatrix_01 (3x3, obere Dreiecksmatrix)
- ew_dreiecksmatrix_02 (3x3, untere Dreiecksmatrix)

12.4.7 Eigenwertproblem in \mathbb{R}^4

– 8 Aufgaben

- Beleg 02::04 – Eigenwerte einer 4x4-Matrix :: aufsteigend angeben (CAS-Lücken)
- Beleg 02::07 – Eigenräume einer 4x4-Matrix (CAS-Lücken)

- Eigenräume, 4x4
- Eigenräume, 4x4_1
- Eigenwerte, 4x4
- Eigenwerte, 4x4, schwach besetzt
- Eigenwerte, 4x4 voll besetzt
- ew_4x4_01 (4x4, Blockdiagonal-Rang-Zwei-Matrix)

12.4.8 Eigenwertproblem mit Anwendungsbezug

– 4 Aufgaben

- Ev + Gesetz Angebot/Nachfrage
- Ev + Gesetz Angebot/Nachfrage_1
- Wachstum Ökonomie
- Wachstum Ökonomie (Neu)

12.5 Euklidische und unitäre Vektorräume

– 16 Aufgabe

s.a. Vektorräume ODER Dualraum, Tensorprodukt?

- Annulator, orthogonale Komplemente und LGS
- Basiswechsel Sesquilinearform
- Bestapproximation
- Bilinearform und Sesquilinearform, Eigenschaften
- Eigenschaften in unitärem \mathbb{C} -Vektorraum
- Gram-Schmidt-Verfahren in \mathbb{R}^3
- Gram-Schmidt-Verfahren in \mathbb{C}^3
- Gram-Schmidt-Verfahren in \mathbb{R}^2 und \mathbb{C}^2
- Gram-Schmidt-Verfahren mit Integral
- Matrix in Blockdiagonalgestalt für positive Definitheit
- orthogonale Zerlegung in \mathbb{R}^3
- Orthogonalität und Selbstadjungiertheit mit alternativem Skalarprodukt
- Orthogonalprojektion in \mathbb{R}^2
- Orthogonalraum im \mathbb{R}^3
- Quadratische Form hat nur positive/nichtnegative Werte?
- Zerlegung in hermitesche und schieferhermitesche Matrix

12.6 Lineare Abbildungen

– 18 Aufgaben, 2 Unterordner

- Ableitungsoperator trigonometrische Polynome
(besser in **DGLS: Konstante Koeffizienten homogen**)
- behauptung_bildraum_matrixspalten_01
 - Wissenabfrage, Single Choice ja/nein, Zusammenhang Spalten einer Matrix und Bildraum
- Beweis: Lineare Abbildungen bewahren lineare Abhängigkeit
- bijektiv_quadratisch
 - Wissensabfrage, Single Choice, 5 Antwortmöglichkeiten, Bedingung an Bijektivität
- Kern-Bild-Rangssatz-für-lineare-Abbildung
- Koordinatenvektoren berechnen
- Lineare Abbildung, gegebene Werte, andere Werte berechnen
- Lineare Abbildung 2D
- Lineare Abbildung 3D
- Lineare Abbildung 3D Bildvektoren
- Lineare Abbildung 3D Bildvektoren 2
- Lineare Abbildung 3D Kern

- Lineare Abbildung 3D Koordinatentransformation
- Lineare Abbildung 4D
- lineare-Abbildungen_Definition_randomisiert
- lineare-Abbildungen_eindeutige-Festlegung-durch-Bilder-einer-Basis
- Linearität, Injektivität, Surjektivität prüfen
- Zyklische Unterräume

12.6.1 Darstellungs- und Transformationsmatrizen

– 10 Aufgaben

- Aussagen über Transformations-/ Darstellungsmatrizen
- Bilder einer linearen Abbildung mit Darstellungsmatrix berechnen
- Darstellungs-/Transformationsmatrizen, abstrakt rechnen
- Darstellungsmatrizen _ Klausuraufgabe
- Eigenschaften der linearen Abbildung/Darstellungsmatrix
- Lineare Abbildungen \mathbb{R}^2
- Besondere Abbildungen benennen/erkennen können (Drag & Drop, 4 auf 4)
- **Lineare Fkt Matrix**
 - Für die angegebene Abbildung soll die Matrix zur Standardnormalbasis angegeben werden.
- spezielle-Abbildungsmatrizen_2x2
- Transformationsmatrix/Darstellungsmatrix mit Polynomen berechnen
- Transformationsmatrizen

12.6.2 Orthogonale Abbildungen

– 1 Aufgabe

- orthogonale Abbildungen in \mathbb{R}^2

12.7 Lineare Gleichungssysteme

12.7.1 2x2-Matrizen

– 3 Aufgaben

- cramer_2x2
- lgs_komplex_2x2
- Lineare Gleichungssysteme 1.1

12.7.2 3x3-Matrizen

– 16 Aufgaben

- cramer_3x3
- erweiterte Koeffizientenmatrix
- erweiterte Koeffizientenmatrix vers2
- Gauß-Algorithmus_Folgefehler Matrixform
- Gauß-Algorithmus_mehrdeutig Matrixform
- Gauß-Algorithmus 3x3
- Gauß-Algorithmus 3x3_vers2
- Gauß-Algorithmus 3x3_vers3
- Gauß-Jordan 3x3
- Gauß-Jordan 3x3_vers2
- Gauß-Jordan 3x3 Inverse
- Lineares Gleichungssystem (3x3)
- LGS mit Cramerscher Regel lösen (3x3, Feedback, CAS-Lücken)
- Lineare Gleichungssysteme 1.2
- Lineare Gleichungssysteme 1.3
- Lineares Gleichungssystem (3x3)

12.7.3 3xn-Matrizen und andere Rechteck-Matrizen

– 7 Aufgaben

- Gleichungssystem_3: Dimension der Lösungsräume
- Gleichungssystem_3: Lösungsmenge
- Gleichungssystem_4: Dimension der Lösungsräume
- Gleichungssystem_4: Lösungsmenge
- LGS mit gegebener Lösungsmenge bestimmen
- Lineare Gleichungssysteme 2
- Lineare Gleichungssysteme und lineare Abbildungen – Klausuraufgabe

12.7.4 4x4-Matrizen

– 1 Aufgabe

- Gauß-Elimination und Angabe der Lösungsmenge von linearen Gleichungssystemen mit unendlich vielen Lösungen

12.7.5 elementare Zeilenumformungen und Zeilenstufenform

– 6 Aufgaben, 1 Test

- Berechnung Zeilenstufenform 3x4
- Berechnung Zeilenstufenform 4x5
- Elementare Zeilenumformungen_Auswahl
- Gauss Verfahren Vorbereitung
- Invarianten bei Zeilen-/Spaltenumformungen
- reduzierte Zeilenstufenform 2x4 mit Lösungsmenge_nicht-randomisiert
- TEST: Zeilenumformungen-und-ZSF

12.7.6 Formen und Lösbarkeit

– 13 Aufgaben

- 7.2 lösbarkeitLGS (3x3, 3 Matrizen $A(\alpha)$)
- lösbarkeit_LGS.02 (3x3, SC, 1 aus 3) !!
- **7P – Lineares Gleichungssystem: unterbestimmt + Bild von A (So2019HM1Alt-1a,b) – (mit Variation, Test auf LU, NR-Lücke)**
- lösbarkeit_lgs_parameter.01 (Parameter zweimal anpassen)
- Komplexaufgabe_LGS-mit-Parameter
- lösbarkeit_lgs_svd.01
- LGS an Zeilenstufenform diskutieren
- Lösbarkeit von Gleichungssystemen (Auswahlmatrix, 5mal 3x3, 1 mal 2x2, z.T. mit Parameter)
- LGS Lösbar? – Ergänzen Matrixform (3x3, inhomogen, 4 Lücken ergänzen, 3 Variationen)
- überbestimmt/unterbestimmt.01 (SC, 1 aus 2 – Bedingung an m und n)
- LGS Lösungsbedingungen (Drag & Drop)
- Untersuchung der Lösbarkeit von linearen Gleichungssystemen anhand der Zeilenstufenform
- lösbarkeit_LGS.01 (2x2, SC, 1 aus 3)

12.7.7 Matrixgleichungen

– 4 Aufgaben

- Matrixgleichung 2x2 mit Lösbarkeit (2x2, umstellen, separate Lückenabfrage)
- Matrixgleichung 2x2 mit Lösbarkeit_zweistufigesFeedback (2x2, umstellen, separate Lücken)
- Matrixgleichung 3x2 (direkt, separate Lückenabfrage)
- Matrizengleichung (von Marie)

2 more in question to realize:

- A.9 (5P.) Gegeben sind die Matrizen

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad C = \begin{pmatrix} 2 & -3 & 4 \\ 2 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

und die Matrizengleichung $A \cdot X + B = C$.

Welche Dimension hat die Matrix X ? Wenn rechnerisch möglich, bestimmen Sie X .

- A.9 (5P.) Berechnen Sie

$$\begin{pmatrix} 3 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & 1 \end{pmatrix} + 3 \cdot \begin{pmatrix} -2 & -1 \\ 4 & 3 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 3 & -1 \\ 2 & -1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}^T$$

Hinweis: Die Inverse einer 2×2 Matrix berechnet sich durch $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{ad-bc} \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix}$

12.7.8 Parameterabhängige LGS

– 6 Aufgaben

- LGS Lösen
- LGS Lösen*

- LGS mit Parameter (JSXGraph)
- LGS mit Parameter - Wann unendliche Lsgmenge?
- Parameterabhängige lineare Gleichungssysteme 1
- Parameterabhängige lineare Gleichungssysteme 2

12.7.9 Textaufgaben

– 12 Aufgaben

- anbot_nachfrage_linGLS (3x3, $N_i = A_i, i = 1, 2, 3$)
- anbot_nachfrage_linGLS(korrigierte Anzeige) (3x3, $N_i = A_i, i = 1, 2, 3$)
- Druckplatten_unterbestimmtes lineares Gleichungssystem
- Räuber und Piraten_Textaufgabe lineares Gleichungssystem (Berechnung, LGS, $n=2$)
- textaufgabe_2x2_hasen-und-fasane_mit-Koeffizientenmatrix
- textaufgabe_2variablen_01 (2x2, Spinnen und Käfer – Beine)
- textaufgabe_2variablen_02 (2x2, Hasen und Fasane – Köpfe und Füße)
- textaufgabe_2variablen_03 (2x2, Räuber und Piraten – Hühnchen und Bier)
- textaufgabe_2variablen_03_vers2 (2x2, Räuber und Piraten, Vorbereitung: Aufstellen des LGS)
- textaufgabe_familie (2x2, Töchter und Söhne – Schwestern und Brüder) (Auswahl String!!!)
- textaufgabe_studenten (2x2, Frauen und Männer – Raucher und Nichtraucher)
- zahlenrätsel (3x3, Systemmatrix aufstellen und LGS lösen)

12.7.10 Transfer :: Analytische Geometrie (Punkt Schnittgerade Ebene)

– 2 Aufgaben

- punkt_ebene_lgs_01
- schnittgerade_ebenen_01_lgs

12.8 Matrizen (Determinanten, Inverse, Normen)

12.8.1 Determinanten (Eigenschaften)

– 16 Aufgaben

- DetBerechnungsFormeln (MC, 4 aus 8)
- Determinante1MC
- DeterminanteGrundlagen1 (zu überarbeiten !!!)
- DeterminanteGrundlagen1kurz (MC, 5 aus 8, Wissensabfrage)
- Determinanten: Eigenschaften-Auswahl
- Determinante und LGS – Lösbarkeit (MC, 3 aus 6 Möglichkeiten, allgemeine Form)
- Determinante von Blockmatrix
- Eigenschaften von Determinanten (7 Determinanten bestimmen, mit Berücksichtigung von FF)
- Permutationen, Fehlstände, Vorzeichen, Permutationsmatrix
- Rechenregeln für Determinanten
- richtig/falsch_determinante_01 (Invarianz der Determinante unter Transponieren)
- richtig/falsch_determinante_02 (Beziehung der Determinanten einer Matrix und ihrer Inversen)
- richtig/falsch_determinante_03 (Auswirkung von Skalierungen)
- richtig/falsch_determinante_04 (Beziehung der Determinanten vom Produkt und Faktoren)
- richtig/falsch_determinante_05 (Determinante von Differenzen, mit Gegenbeispiel)
- Schlussfolgerungen aus dem Wert der Determinante (12x2 Matrixauswahl) SEHR GUT!

12.8.2 Determinanten 2x2 (Bestimmung)

– 5 Aufgaben

- 1P – Determinante (2x2) (mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Determinante (2x2) mit Parameter (2010–A.2e–M1) – (mit Variation, 3-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- determinante_2x2_komplex (mit Variation)
- **Determinante2x2** (1 Matrix mit Variation, Feedback) (super zum Üben)
- Teilaufgabe Determinante 1 (SC, 1 aus 4, 2x2 – ohne Variation)

12.8.3 Determinanten 3x3 (Bestimmung)

– 15 Aufgaben

- 3x3DetGleichung (Nullstellen eines in NR zu ermittelnden charpol(x), mit Variation)
- 4P – Matrixmultiplikation/Determinante 3x3/Existenz Inverses
- 4P – Matrixmultiplikation/Determinante 3x3/Existenz Inverses – KOPIE (Folgefehler gelber Haken hinzugefügt)
- 5P – Determinante (3x3): Produkte (mit Variation, indiv. Feedback, FF, NR-Lücke)
- 5P – Determinanten – Anwendung von Rechenregeln am abstrakten Beispiel (5 mal 3x3, mit Variation, NR-Lücke, Maxima-Befehlen)
- 5P – Determinanten – Anwendung von Rechenregeln am konkreten Beispiel (5 mal 3x3, mit Variation, NR-Lücke, Maxima-Befehlen)
- 5P – Determinanten – Ausnutzen/Erkennen von Eigenschaften (mit NR-Lücke, Maxima-Befehlen, Feedback, Berücksichtigung von FF)
- **Determinante3x3** (1 Matrix mit Variation, Feedback) (super zum Üben)
- Determinante einer 3x3-Matrix
- Determinanten (super zum Üben)
(eine 3x3, eine 2x2, Abfrage, wie viele der Matrizen invertierbar sind, mit Variation)
- Determinanten von Produkten
- Dreireihige Determinante: Dreiecksmatrix
- Dreireihige Determinante: Vertauschen1
- Dreireihige Determinante: Vertauschen1+Transponieren
- entwicklungssatz 3x3
(3x3, Reduktion auf 3 Determinanten von 2x2-Matrizen, mit Variation) (zum Üben)

12.8.4 Determinanten 4x4 (Bestimmung)

– 21 Aufgaben

- 4.1 Determinanten (jeweils eine 2x2,3x3,4x4 Determinante ist zu bestimmen)
- 4P – Determinante 4x4 mit Gauß-Algorithmus
- 4x4Determinantengleichung (Charpol(x) bestimmen, dann Charpol(x)=d lösen, mit Variation)
- 4x4DeterminanteUndExistenzInverse (Charpol(s) und Nullstellen bestimmen, mit Variation, Musterlösung im Feedback)
- 5P – Determinante (4x4) – Umformen auf Dreiecksgestalt
- Berechnung einer vierreihigen Determinante
- determinante_entwicklungssatz_ansatz (SC, 1 aus 6, ohne Variation)
- Determinante (4x4) mit Anleitung (mit Variation)
- Determinante (4x4) ohne Anleitung
- entwicklungssatz_4x4_01 (4x4, Reduktion auf 3 Determinanten von 3x3-Matrizen, mit Variation)
 - Die Spalte bzw. Elemente zum Entwickeln ist/sind vorgegeben.
- entwicklungssatz_4x4_02 (4x4, Reduktion auf 2 Determinanten von 3x3-Matrizen, mit Variation, Feedback)
- Teilaufgabe Determinante 2 (SC, 1 aus 4, 4x4-Diagonalmatrix – ohne Variation)
- Vierreihige Determinante: Addieren
- Vierreihige Determinante: Dreiecksmatrix
- Vierreihige Determinante: Entwickeln nach Zeile oder Spalte_1
- Vierreihige Determinante: Entwickeln nach Zeile oder Spalte_1_1
- Vierreihige Determinante: Entwickeln nach Zeile oder Spalte_2
- Vierreihige Determinante: Entwickeln nach Zeile oder Spalte_2_1
- Vierreihige Determinante: Vertauschen1
- Vierreihige Determinante: Vertauschen1+Transponieren
- Vierreihige Determinante: Vertauschen2

12.8.5 Determinanten 5x5 (Bestimmung)

– 9 Aufgaben

- 5x5Determinante (Blockdiagonalmatrix, zufällig erzeugt)
- Determinante schiefsymmetrischer Matrizen (5x5, Feedback)
- Fünfreihige Determinante: Addieren
- Fünfreihige Determinante: Entwickeln nach Zeile oder Spalte_1
- Fünfreihige Determinante: Entwickeln nach Zeile oder Spalte_1_1
- Fünfreihige Determinante: Entwickeln nach Zeile oder Spalte_2
- Fünfreihige Determinante: Entwickeln nach Zeile oder Spalte_2_1
- Fünfreihige Determinante: Gemischt
- Fünfreihige Determinante: Vertauschen2

12.8.6 Determinanten 6x6 (Bestimmung)

– 3 Aufgaben

- 6x6Determinante (mit Variation, nur grober Hinweis auf Lösungsweg)
- Sechsstufige Determinante: Addieren
- Sechsstufige Determinante: Dreiecksmatrix

12.8.7 Inverse (Regularität)

– 16 Aufgaben

- 3x3MatrixInverseBerechnen
- Determinante und Inverse einer 2x2-Matrix
- inverse_2x2
- inverse_3x3_01
- inverse_3x3_unimodular
- inverse_drehmatrix
- Inverse 2x2
- Inverse Matrizen
- Inverse Matrizen vers2
- invertierbarkeit_matrizen_01 (MC)
- Matrix-Inversion
- MatrixInvertierbarMC
- Matrixmultiplikation/Inverses
- Reguläre Matrizen_Eigenschaften (MC, 3 aus 5, mit Begründungen)
- Singuläre Matrix_vervollständigen
- Verschlüsseln mit Matrizen

12.8.8 Jordan- und Frobenius-Normalform

– 6 Aufgaben

- Beleg 02::15 – Jordansche Normalform :: Minimalpolynomsprechung (MC, 4 aus 6)
- Dimension der Kerne bei Matrix in Jordanscher Normalform
- Frobenius-Normalform

- Jordan-Normalform_3x3
- Jordannormalform nilpotente Matrix, Dimension Kerne gegeben
- Zwei Jordannormalformen mit vielen identischen Invarianten finden

12.8.9 Matrixnormen

– 5 Aufgaben

- Matrixnormen berechnen (2x2-Matrix, Zeilensummen-/Spaltensummen-/Frobenius-/Spektralnorm)
- Matrixnorm Grundlagen (MC, 3 aus 5, Operatornormungleichungen)
- Matrizen_Kennzahlen (Matrixauswahl)
 - Zusammenhang von EWen zu/r Kondition, Spektralnorm, Determinante
- Norm 2x2 symmetrisch (2x2, Spektralnorm einer symmetrischen Matrix)
- Spektralnorm Diagonalmatrix (5x5, mit Variation)

12.8.10 Operationen (Ausführung)

– 32 Aufgaben

- 1P – Multiplikation von Matrizen 01 (2x2 mal 2x2, separate Lücken – mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Multiplikation von Matrizen 02 (3x2 mal 2x3, separate Lücken – mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Multiplikation von Matrizen 03 (2x3 mal 3x2, separate Lücken – mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Multiplikation von Matrizen 04 (3x2 mal 2x2, separate Lücken – mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Multiplikation von Matrizen 05 (3x1 mal 1x3, separate Lücken – mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Multiplikation von Matrizen 06 (1x2 mal 2x2, separate Lücken – mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke)
- 1P – Multiplikation von Matrizen 07 (1x3 mal 3x1 – mit Variation, 2-Stufen Feedback, NR-Lücke) – Spezialfall Skalarprodukt
- 1P – Multiplikation von Matrizen – Falksches Schema (mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- 5P – Matrizenoperationen: Ausführen (Mix, separate Lücken – mit Variation, Feedback, NR-Lücke)
- Aufwandsmatrix_Produkt_01
- Aufwandsmatrix_Rohstoffe_01
- Falksches Schema_Matrizenmultiplikation (3x2 mal 2x2, 16 separate Lücken)
- Illustrierte_Übergangsmatrix (2 mal Multiplikation mit 3x3-Matrix, Textaufgabe)
- Matrix-Addition
- Matrix-Multiplikation (3 Multiplikationen, n/m variabel, zeitaufwendig)
- matrixmultiplikation_01 (2x2 mal 2x2, separate Lückenabfrage – mit Variation)
- matrixmultiplikation_02 (3x2 mal 2x3, separate Lückenabfrage – mit Variation)
- matrixmultiplikation_03 (2x3 mal 3x2, separate Lückenabfrage – mit Variation)
- matrixmultiplikation_04 (3x2 mal 2x2, separate Lückenabfrage – mit Variation)
- matrixmultiplikation_05 (3x1 mal 1x3, separate Lückenabfrage – mit Variation)
- matrixmultiplikation_06 (1x2 mal 2x2, separate Lückenabfrage – mit Variation)
- matrixmultiplikation_07 (1x3 mal 3x1, Spezialfall Skalarprodukt – mit Variation)
- Matrixmultiplikation 2x2 komplex (2x2 mal 2x2, komplexe Zahlen als Einträge, mit Variation)
- Matrix-Summe-Produkt-Inverse
- Matrix-Transposition
- Matrix-Vektor-Multiplikation_1
- Matrizenmultiplikation über $\mathbb{Q}, \mathbb{C}, \mathbb{Z}/5\mathbb{Z}$
- Matrizenmultiplikation und Matrix-Vektor-Multiplikation 1.2
- Matrizenmultiplikation und Matrix-Vektor-Multiplikation 2.1
- Matrizenmultiplikation und Matrix-Vektor-Multiplikation 2.2
- Rechnen mit Matrizen (Bestimmung zweier Einträge einer 4x3-Ergebnis-Matrix)
- Summen und Vielfache von Matrizen (6 Operationen, 3 Matrizen, n/m variabel, zeitaufwendig)

12.8.11 Operationen (Eigenschaften)

– 20 Aufgaben

- 1P – Multiplikation von Matrizen – Eigenschaften (MC, 2 aus 5, mit ind. Feedback)
- 1P – Multiplikation von Matrizen – möglich: ja/nein (Auswahlmatrix, mit Feedback)
- Beweis: Matrix kommutiert mit allen Matrizen äquiv. zu Vielfaches der Einheitsmatrix
- binomische_formel_matrizen_w/f (SC, ja/nein, Quadrat einer Summe von Matrizen)
- Eigenschaften Matrizenoperationen I_Addition (MC, 3 aus 5)
- Eigenschaften Matrizenoperationen II_Multiplikation (MC, 2 aus 5)
- Eigenschaften von Matrizen
- invertierbarkeit_A_transpose (SC, ja/nein, Transponierte invertierbarer Matrizen)
- invertierbarkeit_A*B (SC, ja/nein, Produkt invertierbarer Matrizen)
- invertierbarkeit_A+B (SC, ja/nein, Summe invertierbarer Matrizen)
- Matrix Eigenschaften
- matrixmultiplikation_ja/nein (Auswahlmatrix, 4 links, 5 rechts, von 2x2 bis 3x3)
- Matrixoperationen (Bestimmung des Formats)
- Matrizen: Eigenschaften-Auswahl
- Matrizenmultiplikation und Matrix-Vektor-Multiplikation 1.1
- Rechnen mit Matrizen (allgemeine Regeln anwenden)
- richtig/falsch_transponierte_01 (SC, ja/nein, Transponieren eines Produkts)
- richtig/falsch_transponierte_02 (SC, ja/nein, zweifach Transponieren)
- richtig/falsch_transponierte_03 (SC, ja/nein, Transponieren einer Summe)
- symmetrie_transpose(A)*A (SC, ja/nein, Transponieren von $A^T A$)

12.8.12 Rangbestimmung

– 13 Aufgaben

- 3.1 Rang von Matrizen (3x2, 4x4, 4x3 mit Test auf lineare Unabhängigkeit)
- rang_2x2_01 (Rang gleich 1, mit Variation)
- rang_2x2_02 (Rang gleich 2, mit Variation)
- rang_3x3_01
- rang_3x3_02
- rang_3x3_03
- rang_3x4_01
- rang_3x4_02
- Rang1MC
- Rang berechnen
- Rang – Eigenschaften (MC, 4 aus 5, ranginvariante Manipulationen) !!!
- Rang einer Matrix (Variation hinsichtlich n/m – unterschiedlicher Schwierigkeitsgrad)³
- Rang und Kern einer Matrix

12.8.13 Singulärwertzerlegung – s.a. Eigenwerte (quadratisch)

– 6 Aufgaben

- behauptung_det_singulärwerte_01 (SC, ja/nein, Produkt der Singulärwerte)
- Singulärwertzerlegung_Matrix_2x2 (2x2, separate Lückenabfrage)

³Zum Üben super, aber nicht für die Prüfung geeignet, da Schwierigkeitsgrad stark variiert

- Singulärwertzerlegung_Matrix_2x2_ganzzahlig (2x2, separate Lückenabfrage)
- Singulärwertzerlegung_Matrix_2x2_simpel
- Singulärwertzerlegung_Matrix_2x2_symm (2x2, separate Lückenabfrage, Spezialfall $A^T = A$)
- Singulärwertzerlegung_Matrix_2x2_symm_exakt (2x2, separate Lückenabfr., Spezialfall $A^T = A$)

12.8.14 Spezielle Matrizen/Eigenschaften

– 19 Aufgaben

- basistrafo_orth_01 (3x3-Basiswechselformel bestimmen, separate Lückenabfrage)
- Beleg 09::10 – Determinante abstrakte Matrix 01
- Beleg 09::10 – Determinante abstrakte Matrix 02
- Beleg 09::10 – Determinante abstrakte Matrix 03
- Beleg 09::10 – Determinante abstrakte Matrix 04
- Beleg 09::10 – Determinante abstrakte Matrix 05
- construct_orth_matrix_01
- Definition symmetrisch etc (Drag & Drop, 4 aus 6, Matrix über $\mathbb{C}^{n \times n}$, unitär, (schief)hermitisch)
- det_rot_matrix2x2 (Bestimmung der Determinante einer 2x2-Drehmatrix)
- matrix_mc_01 (SC, ja/nein, Orthogonalität einer Rotationsmatrix, mit Begründung)
- matrix_mc_02 (SC, ja/nein, Symmetrie einer Spiegelungsmatrix, mit Begründung)
- matrix_mc_03 (SC, ja/nein, Invertierbarkeit von Objekttransformationen, mit Begründung)
- matrixdarstellungen_2x2_01 (Drag & Drop, 6 aus 10, spezielle 2x2-Matrizen)
- orthogonale_matrizen_01
- richtig/falsch_inverse_diagonalmatrix (SC, ja/nein, mit Begründung)
- richtig/falsch_inverse_tridiagonalmatrix (SC, ja/nein, mit Gegenbeispiel)
- spiegelung_an_gerade_2d (2x2-Spiegelungsmatrix bestimmen, separate Lückenabfrage)
- Spur invariant unter zyklischer Vertauschung
- Spur unter Permutationen nicht invariant

12.8.15 Transfer Eigenwerte :: Definitheit (Satz von Sylvester)

– 7 Aufgaben

- 8.1 definitheit (Textlücken, 4 zufällig erzeugte 2x2-Matrizen) Lücken)
- Beleg 02::09 – Definition zu quadratischen Formen
- Beleg 02::10 – Anwendung Satz von Sylvester (Abfrage Zwischenergebnisse, CAS-Beleg 02::11 – Anwendung des Satzes von Sylvester mit Erläuterung (mit Variation, Feedback, CAS-Lücken)
- Beleg 02::12 – Definitheit von 4 einfachen 2x2-Matrizen bestimmen (Textboxauswahl)

- Definitheit_bestimmen (Textlücken, 3 zufällig erzeugte 3x3-Matrizen und 2x2 Matrix)
 - Ausführliche Musterlösungen (Hauptminorendefinition, Kriterium von Sylvester)
- kriterium_sylvester_2x2_01 (Lückenabfrage, zufällig erzeugte 2x2-Matrix, pos./neg./indefinit)

12.9 Quadriken

– 12 Aufgaben

- hauptachsentransfo_2d_grundtypen_01
- hauptachsentransfo_2d_grundtypen_02
- quadriken_2d_zuordnung
- Quadriken 3D erkennen
- Quadriken 3D plots
- Quadriken im Dreidimensionalen: Haupttypen
- Quadriken im Dreidimensionalen: Haupttypen, Kegel und Zylinder
- Quadriken im Zweidimensionalen: alle Typen
- Quadriken im Zweidimensionalen: Haupttypen
- Quadriken im Zweidimensionalen: Haupttypen und Geradenmengen
- Quadriken in Normalform überführen
- Symmetrische Matrix diagonalisieren

12.10 Vektorräume

– 18 Aufgaben, 5 Unterordner

- Beweis: Assoziativität direkte Summe (nicht elegant)
- Beweis: Bild von Quotientenabbildung (Teil von Isomorphiesatz)
- Direkte Summe
- Elemente als Linearkombinationen schreiben
- linearkombination_R2 (Lösen eines inhomogenen 2x2-LGS)
- linearkombination_R2_zweistufigesFeedback (Lösen eines inhomogenen 2x2-LGS)
- linearkombination_R3 (Lösen eines inhomogenen 3x3-LGS)
- linearkombination_R4 (Lösen eines inhomogenen 4x4-LGS)
- Linearkombination/ linear (un)abhängig/ lineare Hülle vergleichen
- Linear unabhängig/Erzeugendensystem, Beispiele und Nichtbeispiele
- orthogonalbasis_R4 (Ergänzen des vierten Basisvektors, Lösen eines hom. 3x4-LGS)
- Rechnen in Quotientenräumen
- Rechnen in Vektorräumen
- vektorraum_wf_01 (SC, ja/nein, lineare Unabhängigkeit, Vereinigung von Mengen)
- vektorraum_wf_02 (SC, ja/nein, lineare Unabhängigkeit, Bedingung an Anzahl der Elemente)
- vektorraum_wf_03 (SC, ja/nein, Erzeugendensystem, Bedingung an Anzahl der Elemente)
- vektorraum_wf_04 (SC, ja/nein, Dimension von Unterräumen)
- Wie viele Elemente/ Basen/ Unterräume haben endliche Vektorräume?

12.10.1 _Beweisaufgaben (Rohmaterial)

– 13 Aufgaben

- VRE 001 – manuelle Auswertung (4mal Begründung: kein Vektorraum)
- VRE 002 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Dimension und Basis eines Teilraumes)
- VRE 003 – manuelle Auswertung (Beweis: Entstehung Parallelogramm)
- VRE 004 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Dimension und Basis ueber \mathbb{C})
- VRE 005 – manuelle Auswertung (Beweis: Auswahl Basiselemente)
- VRE 087 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Dimension und Minimalabstand in \mathbb{F}_2^9)
- VRE 097 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Lotpunkt zu Raundiagonalen im Würfel)
- VRE 098 – manuelle Auswertung (Bestimmung: Beziehung Kreuzprodukte)
- VRE 099 – manuelle Auswertung (Beweis: Vektorsumme verschwindet)
- VRE 100 – manuelle Auswertung (3mal Bestimmung: Spatprodukt)
- VRE 101 – manuelle Auswertung (Physikalische Berechnung: Richtung und Geschwindigkeit)
- VRE 102 – manuelle Auswertung (Physikalische Berechnung: Volumendurchfluss)
- VRE 105 – manuelle Auswertung (4mal begründete Entscheidung: Vektorraum ueber \mathbb{R} ja/nein)

12.10.2 Basis

– 12 Aufgaben

- Anzahl der Basen von $\text{GF}(2)^3$
- Anzahl der Basen von $\text{GF}(p)^k$
- Basen im $\text{GF}(2)^3$
- basis_linearkombination_R3_01
- Basis_R3/ja-vs-nein_randomisiert
- basis_R4_ja/nein_01 (SC, ja/nein, Bestimmung der Determinante zu einer 4x4-Matrix)
- basis_R4_ja/nein_02 (SC, ja/nein, Vektor zu wenig, Dimension zu klein)
- basis_R4_ja/nein_03 (SC, ja/nein, Vektor zu wenig, Dimension zu klein)
- basis_R4_ja/nein_xx_EN (SC, ja/nein, Vektor zu wenig, Dimension zu klein, zweisprachig)
- Basis+Dimension_R3_randomisiert
- Basis+Dimension_R4_randomisiert
- Basis bei gegebenen Relationen nachprüfen/finden

12.10.3 Eigenschaften

– 11 Aufgaben

- 1P – Herleitung: Eindeutigkeit des additiven Inverses (manuelle Auswertung)
- 1P – Herleitung: Multiplikation mit Skalarrem 0 (manuelle Auswertung)
- 1P – Vektorraum (Überprüfung)
- 1P – Vektorräume: Eigenschaften 1 (Drag & Drop, 4 aus 4)
- 1P – Vektorräume: Eigenschaften 2 (Drag & Drop, 4 aus 4)
- 1P – Vektorräume: Eigenschaften 3 (Drag & Drop, 4 aus 4)
- 1P – Vektorräume: Eigenschaften 4 (Drag & Drop, 4 aus 4)

Drop, 4 aus 4)

- Definition Vektorraum: Welche Eigenschaft gilt nicht?

- Eindeutigkeit der Inversen in Vektorräumen
- Rechnen in Vektorräumen
- Unterräume des \mathbb{R}^2 _randomisiert

12.10.4 lineare Unabhängigkeit und Erzeugendensysteme

– 4 Aufgaben

- Definition linear (un)abhängig diskutieren, für Familien
- Lineare Unabhängigkeit in \mathbb{C}^2 über \mathbb{C} und \mathbb{R}
- Linear unabhängig/ Erzeugendensystem, Implikationen
- lin-Unabh-in- \mathbb{R}^3

12.10.5 Unterräume

– 13 Aufgaben

- 1P – Echte Untervektorräume des \mathbb{R}^2 :
- 1P – Unterräume des \mathbb{R}^2 (Auswahlmatrix, 6x4, mit Feedback)
- 1P – Unterräume des \mathbb{R}^3 : Vereinigung und Schnitt (MC, 2 aus 6)
- 1P – Unterräume des \mathbb{R}^4 : 01 (MC, 2 aus 4)
- Basis von UVR/ Schnitt von Untervektorräumen
- Beweis: echte Vereinigung zweier Unterräume kein Unterraum
- Definition Untervektorraum, Eigenschaften überprüfen
- Rechnen mit Dimensionen von Untervektorräumen
- unterräume_R4_01 (MC, 2 aus 4, Prüfen der Unterraumbedingungen, HNF)
- Unterräume des \mathbb{R}^2
- Unterräume des \mathbb{R}^2 _randomisiert
- UnterraumR3 (MC, 2 aus 4, Prüfen der Unterraumbedingungen, inkl. S^1)
- Vereinigung_Schnitt_Unterraum (MC, 2 aus 6)

13 Lineare Optimierung

– 1 Aufgabe

- Anzahl der Lösungen eines linearen Optimierungsproblems

13.1 Dualität

– 8 Aufgaben

- Anwendung_LOA_03
- Anwendung_LOA_1
- Anwendung_LOA_2
- Anwendung_LOA_4
- Dualität_Komplementarität
- Dualität_Sensitivität_01
- Dualität_Sensitivität_02
- Sensitivität_Parameter

13.2 Ganzzahlige Probleme

– 1 Aufgabe

- Gomory-Schnitt hinzufügen (von Martin Grüttmüller)

13.3 Graphisches Lösungsverfahren

– 56 Aufgaben, 1 Test, 1 Unterordner

- graphisch_2variablen_bäckerrei_01
- graphisch_2variablen_bäckerrei_02
- graphisch_2variablen_kiesgruben_01
- graphisch_2variablen_kiesgruben_02
- graphisch_2variablen_xx
- Graphische Lösung – 3 Ungleichungen
- Korrekte Nebenbedingungen auswählen JM1_1 (SC, 1 aus 3)
- Korrekte Nebenbedingungen auswählen JM1_2 (SC, 1 aus 3)
- Korrekte Nebenbedingungen auswählen JM1_3 (SC, 1 aus 3)
- Korrekte Nebenbedingungen auswählen JM2_1 (SC, 1 aus 3)
- Korrekte Nebenbedingungen auswählen JM2_2 (SC, 1 aus 3)
- Korrekte Nebenbedingungen auswählen JM2_3 (SC, 1 aus 3)
- Korrekte Nebenbedingungen auswählen JM3_1 (SC, 1 aus 3)
- Korrekte Nebenbedingungen auswählen JM3_2 (SC, 1 aus 3)
- lin_opt_gph_max_1
- lin_opt_gph_max_1 ver 2
- lin_opt_gph_max_2
- lin_opt_gph_max_3
- lin_opt_gph_max_4
- lin_opt_gph_min_1
- lin_opt_gph_min_2
- Lösung eines linearen Optimierungsproblems
- Lösungsmenge eines linearen Ungleichungssystems
- punkte_zulässigkeit_01 (MC, 2 aus 5)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_01 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_02 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_03 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_04 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_05 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_06 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_07 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_08 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_09 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_10 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_11 (Hotspots)
- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_12 (Hotspots)

- Zielfunktion und Optimum grafisch LT2_13 (Hotspots)
- zulässige_menge_erkennen_01
- zulässige_menge_erkennen_02
- Zulässigen Bereich bestimmen 01 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 02 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 03 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 04 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 05 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 06 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 07 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 08 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 09 (Hotspots)
- Zulässigen Bereich bestimmen 10 (Hotspots)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 (Hotspots)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 (Hotspots)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 3 (Hotspots)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 4 (Hotspots)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 5 (Hotspots)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 6 (Hotspots)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 7 (Hotspots)
- Tests
- LOP graphisch lösen mit händischem Zeichnen (GeoGebra)

13.3.1 Zulässiger Bereich, Zielfunktionen, Optimum Variante A

– 27 Aufgaben (alle von M. Grüttmüller)

- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 III max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 III min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 II max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 II min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 I max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 I min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 IV max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 1 IV min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 III max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 III min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 II max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 II min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 I max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 I min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 IV max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 2 IV min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 3 I max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 3 I min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 4 II max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 4 II min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 5 III max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 6 IV max (Hotspot)

- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 6
IV min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 7
I max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 7
I min (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 8
II max (Hotspot)
- Zulässiger Bereich, Zielfunktion, Optimum 8
II min (Hotspot)

13.4 Modellierung von Optimierungsaufgaben

– 11 Aufgaben

- modellierung_luderer_a5_3
- modellierung_luderer_a5_4
- modellierung_luderer_a5_5
- modellierung_luderer_a5_7
- Modellierung als lineares Optimierungsproblem
- Modellierung Erdgasmischung
- Modellierung Fuhrparkplanung
- Modellierung LOP Graphenzerlegung
- Modellierung LOP Zuordnung Wege in einem Graphen
- Modellierung Produktionsprogramm Fenster-Türen
- Modellierung Strom-Mix

13.5 Simplexverfahren

– 13 Aufgaben

- Charakterisierung von Ecken
- Durchführung eines Schrittes des Simplex-Verfahrens
- normalform_01
- Normalform eines linearen Optimierungsproblems
- Optimalitätstest für Ecken
- Simplexschritt 2x2
- Simplexschritt 2x3
- Simplexschritt 3x2
- Simplexschritt 3x3
- Simplexschritt 4x4
- Typische Notationen im Zusammenhang mit der Charakterisierung von Ecken
- umformulierung_min/max_01
- Wahr-Falsch-Aussagen zu Ecken und deren Bedeutung für die lineare Optimierung

14 Numerik

14.1 Approximation

– 1 Aufgabe

- EX::05 – Approximation von Funktionswerten (Drag & Drop, 3 aus 5, Formeln)

14.2 Computerarithmetik

– 30 Aufgaben

- Auslöschung (SC)
- bin2dez_fixpunktzahlen_01
- bin2dez_integers_01
- BinaryFix2Dec
- BinaryInt2Dec
- BinaryNonNeg2Dec
- Computerzahlen_Zahlenstrahl
- Dec2BinaryFix
- Dec2BinaryInt
- Dec2BinaryNonNeg
- dez2bin_integers_01
- FlptError
- FlptHoles (MC)
- FlptRange
- FlptUnique (MC)
- mantisse4_exp2_darstellbare_zahlen_01 (MC)
- mantisse4_exp2_darstellbare_zahlen_02 (MC)
- mantisse4_exp2_fehler_01
- mantisse4_exp2_fehler_02
- mantisse4_exp2_fehler_03
- mantisse4_exp2_fehler_04
- mantisse4_exp2_fehler_05
- mantisse4_exp2_grenzen
- Maschinenzahlen (MC)
- Populations-Varianz Formeln (SC)
- Rechengesetze Computerzahlen (SC)
- Rundungsfehler beim Rechnen mit dem Computer
- Rundungsfehler Patriot
- Stabilität von Algorithmen (SC)
- UNIX-Zeit

14.3 Fehlerrechnung

– 4 Aufgaben, 1 Unterordner

- Fehlerfortpflanzung
- Fehlerrechnung
- rel_abs_Fehler (Auswahlmatrix)
- rel_abs_Fehler_Rechnung

14.3.1 Kondition

– 10 Aufgaben

- behauptung_kondition_01 (SC)
- behauptung_kondition_02 (SC)
- fehler_linGS_01 (SC)
- Kondition_Definitionen (Textbox)
- Kondition_Geraden
- Kondition 2x2

- Kondition orthogonale Matrix (SC)
- Kondition und Stabilität (MC)
- Konditionszahl 1D
- Konditionzahl einer Matrix und Störung linearer Gleichungssysteme; Parametrisiert

14.4 FFT

– 10 Aufgaben

- Beleg 06::01 – Diskrete Fouriertransformierte $-\pi \dots \pi$:: Abtaststellen und Bedeutung c_0
- Beleg 06::02 – Diskrete Fouriertransformierte $-\pi \dots \pi$:: Transformationsmatrix
- Beleg 06::03 – Diskrete Fouriertransformierte $n = 3, -\pi, \dots, \pi$ (CAS-Lücken)
- dft_match_01 (Drag & Drop)
- dft_match_02 (Drag & Drop)
- dft_match_03 (Drag & Drop)
- Diskrete Fouriertransformierte $n = 3, -\pi \dots \pi$
- FFT_Algorithmus
- sampling_aliasing_dft_01
- shannon_nyquist_01 (SC)

14.5 Interpolation

– 9 Aufgaben, 7 Unterordner

- Interpolation baryzentrisch 4 Punkte
- interpolation_4punkte_auswertung_01
- interpolation_4punkte_auswertung_02
- interpolation_4punkte_auswertung_03
- interpolation_4punkte_auswertung_04
- Vandermonde 2D singularär
- Vandermonde-Matrix aufstellen
- Interpolation_Neville Tableau
- Verfahren grafisch zuordnen (Drag & Drop)

14.5.1 Hermite

– 1 Aufgabe (von J. Sternkopf)

- Hermite-Interpolation

14.5.2 Lagrange

– 11 Aufgaben

- lagrange_polynome_graphisch_01 (MC)
- lagrange_polynome_graphisch_02 (MC)
- lagrange_polynome_graphisch_03 (MC)
- lagrange_polynome_graphisch_04 (MC)
- lagrange_polynome_graphisch_05 (MC)
- lagrange_polynome_graphisch_06 (MC)
- Lagrangeinterpolation_Grad_1
- Lagrangeinterpolation_Grad_2
- Lagrange-Polynom berechnen 4 Punkte
- Lagrange-Polynom Grundlagen
- Runges_Phänomen

14.5.3 Newton ganzzahlig/einfach

– 19 Aufgaben

- 1P – Interpolation: Grad 2 mit einfachen Werten
- 1P – Interpolation: Grad 2 mit einfachen Werten (mit Variation, Feedback, CAS-Lücken, grau)
- 1P – Interpolation: Grad 2 nur Koeffizienten (ohne Variation, CAS-Lücken, grau)
- 1P – Newton Interpolation :: exakte Werte (4 Punkte – mit Variation, CAS-Lücken)
- 1P – Newton Interpolation mit Schema (2010 - A5 – 3 Punkte – ohne Variation)
- 1P – Newton Interpolation mit Schema (2011 - A5 – 3 Punkte – ohne Variation)
- Interpolationspolynom in der Newton-Darstellung (4 Datenpaare)
- newtoninterpolante_3punkte_01
- newtoninterpolante_3punkte_02
- newtoninterpolante_3punkte_03
- newtoninterpolante_3punkte_04
- newtoninterpolante_3punkte_05
- newtoninterpolante_3punkte_06
- Newton Interpolation (4 Punkte)
- Newton-Interpolation Dividierte Differenzen (9 Punkte)
- Newtonsches Interpolationsschema
- Newtonsches Interpolationsschema (ganzzahlig, einfach)
- Newtonsches Interpolationsschema (ganzzahlig)
- Polynominterpolation – Variation des Polynomgrads

14.5.4 Newton Gleitkommazahlen

– 2 Aufgaben

- Gaußsche Glocke_Newtonsches Interpolationspolynom
- InterpolationspolynomNewtonGrad3

14.5.5 Nichtpolynomiale Basisfunktionen

– 1 Aufgabe (von M. Demmler)

- Interpolation_beliebige_Funktionen

14.5.6 Splines

– 24 Aufgaben

- Aussagen zu kubischen C2-Splines (MC)
- Beleg 00::24 – Differentialrechnung :: Splin-einterpolation – Straßenbau (Grafik, Feedback, CAS-Lücken, grau)
- Bestimmung der Glattheit eines Splines
- Bestimmung kubischer C2-Interpolationssplines
- bspline_graphik_01 (SC)
- bspline_graphik_02 (SC)
- cspline differenzierbar (SC)
- cspline optimal (SC)
- cspline Randbedingungen (Drag & Drop)
- Eigenschaften kubischer Spline (MC)
- Interpolation mit kubischen Splines
- Interpolationsfehler bei Interpolation mit linearen Splines
- Kubische C2-Splines
- Kubische Interpolations-Splines: ja/nein
- Kubische Interpolations-Splines (4 Stützstellen, nicht-äquidistant, nahezu komplett ganzzahlig)
- Lineare Interpolationssplines

- Natürlicher kubischer C2-Interpolations-Spline (äquidistant, 4 Intervalle)
- Smoothing Splines (SC)
- spline_3_stützstellen_01
- spline_3_stützstellen_02
- spline_3_stützstellen_03
- spline_3_stützstellen_04
- Spline berechnen linear
- zusatzannahmen_kub_splines_01 (SC)

14.5.7 Theoretische Fragen

– 20 Aufgaben

- 1P – Interpolationspolynom bestimmen (Papula: A12 – Beschreibung über Mix von Eigenschaften, mit Variation, CAS-Lücken)
- Existenz einer Interpolierenden bei gleichen Stützstellen (SC)
- gleichungssysteme_interpolation_01 (Drag & Drop)
- Interpolationsfehler bei der Polynominterpolation 1 (MC)
- Interpolationsfehler bei der Polynominterpolation 2
- Interpolationsfehler bei der Polynominterpolation 3
- komplexität_auswertung_interpolante_01
- komplexität_koeffizienten_01
- Konvergenz äquidistant (SC)
- Konvergenz Tschebyscheff (MC)
- Polynomdivision_Rest_Funktionswert
- Polynome_Ableitung
- Polynome_Grad_Komposition
- Polynome_Grad_Relation (SC)
- Polynome_Gradrechnung
- Polynomgleichheit (SC)
- Polynominterpolation eindeutig (SC)
- Polynominterpolation Grad (SC)
- Unterschiedliche Interpolierende zu vorgegebenen Datenpaaren (MC)
- Zuordnung Verfahren **NICE!**

14.6 Iterationsverfahren (Bisektion, Newton, Regula Falsi)

– 6 Aufgaben, 5 Unterordner

- Durchführung der Fixpunktiteration
- Konvergenzgeschwindigkeit bei der Fixpunktiteration 1
- Konvergenzgeschwindigkeit bei der Fixpunktiteration 1
- Konvergenzgeschwindigkeiten
- Konvergenzuntersuchung der Fixpunktiteration
- Umformulierung eines Nullstellenproblems als Fixpunktproblem

14.6.1 Intervallhalbierung/Bisektionsverfahren

– 6 Aufgaben, 1 Test

- 5P – Intervallhalbierung (4 Schritte, Fehlerabschätzung, Folgefehlerberücksichtigung, Variation, CAS-Lücken)
- Anwendbarkeit des Bisektionsverfahrens (MC)
- Bisektion
 - Nullstelle einer Funktion der Gestalt $f(x) = a^x - bx$, 4 Iterationen, separate Lückenabfrage
- Bisektion_erkennen_01 (Interaktive Grafik veranschaulicht Bisektionsverfahren) !!!
- Durchführung des Bisektionsverfahrens
- Intervallhalbierung
 - verschobene und skalierte Exponentialfunktion, 3 Iterationen, Startintervallauswahl (1/2)
 - separate Lückenabfrage
- Tests
- Bisektionsverfahren
 - Test, Linearkombi von einer trigonometrischen und linearen Funktion, 1 Iteration
 - separate Lückenabfrage, mit Zeitbegrenzung

14.6.2 Newtonverfahren (mehrdimensional)

– 5 Aufgaben

- Das Newton-Verfahren für lineare Funktionen (SC)
- Durchführung eines Schrittes des 2D-Newton-Verfahrens
 - Polynome, eine Iteration, separate Lückenabfrage
- Gauß-Newton-Verfahren (Lückentext)
- Konvergenzeigenschaften des 2D-Newton-Verfahrens 1
 - Vorgabe von 3 Kandidaten, Voraussetzungsüberprüfung
- Konvergenzeigenschaften des 2D-Newton-Verfahrens 2
 - Direktes Lösen, separate Lückenabfrage
 - Test auf Singularität/Regularität der Nullstellen, Angabe in Mengenschreibweise

14.6.3 Newtonverfahren (Tangentenverfahren)

– 9 Aufgaben, 2 Tests

- 5P – Newtonverfahren (3 Schritte, Fehlerabschätzung, Folgefehlerberücksichtigung, Variation, CAS-Lücken)
- 5P – Newtonverfahren (3 Schritte mit Fehlerabschätzung und Folgefehler) !!
- Durchführbarkeit eines Newton-Schrittes
- Durchführung eines Schrittes des Newton-Verfahrens
- Durchführung eines Schrittes des Newton-Verfahrens 2
- Geeigneter Startpunkt für das Newton-Verfahren
- Newton_erkennen_01 (Interaktive Grafik veranschaulicht Newtonverfahren) !!!
- newton_wurzel_01 ($f(x) = x^2 - a$, 3 Iterationen, 4 Lücken)
- Newton doppelte Nullstelle !!!
 - freie Eingabe einer Funktion, explizite Iterationsvorschrift, Konvergenzverhalten
- Newton Konvergenz 01 (MC, 5 aus 6 möglichen Situationen)
- Newtonverfahren (2 Iterationen mit Fehlerabschätzung, 13 Lücken)
- Newton-Verfahren Tabelle (Vorgabe von x_3 , 7 Lücken, Polynom 3. Grades, mit FF)
- Newton-Verfahren version2 (Hinführung zur ersten Iteration, 1 Funktion, mit Variation)
- Quadratische Konvergenz des Newton-Verfahrens
- Reihenfolge Newtonverfahren (Drag & Drop, 8 Schritte in die richtige Reihenfolge bringen)
.....Tests
- Newton-Raten (Gamification, mit Punkte-Verlust und Angabe von f und f' , zeitbegrenzt)
- Newtonverfahren_1 (Tabelle mit 3 Lücken, 1 Iteration, mit Variation, zeitbegrenzt)

14.6.4 Regula Falsi (Sekantenverfahren)

– 4 Aufgaben, 1 Test

- 5P – Regula Falsi (5 Schritte, mit Variation, mit Folgefehler)
- 5P – Regula Falsi für Exp (5 Schritte, Fehlerabschätzung, Folgefehlerberücksichtigung, Variation, CAS-Lücken)
- 5P – Regula Falsi für Pol 1 (5 Schritte, Fehlerabschätzung, Folgefehlerberücksichtigung, ohne Variation, CAS-Lücken)
- Regula Falsi
 - verschobene und skalierte Exponentialfunktion, 3 Iterationen, Entscheidung Startwerte
.....Tests
- Sekantenverfahren (1 Iteration, mit Variation, 4 Lücken, zeitbegrenzt)

14.6.5 Vorabprüfung mittels ZWS, etc.

– 7 Aufgaben

- 1P – Nullstellenverfahren (Vor. erfüllt ja/nein, Anwendung ZWS, Variation, Feedback)
- 1P – Nullstellenverfahren (Vor. erfüllt ja/nein, Krümmungsverhalten, Variation, Feedback)
- 5P – Startwerte festlegen Newton/Regula Falsi (4 Funktionen, Variation, NR-Lücke)
- Existenz und Eindeutigkeit von Nullstellen
- Startwerte festlegen Newtonverfahren/Regula Falsi (4 Regula falsi, 4 Newton, 12 Lücken)
- Voraussetzungen I für Nullstellenexistenz in Intervallen (MC, Polynom 4. Grades, 6 Mögl.)
- Voraussetzungen II für numerische Nullstellenbestimmung
(MC, Polynom 3. Grade, 4 Möglichkeiten, Krümmungsverhalten)

14.7 Lineare Ausgleichsrechnung

– 19 Aufgaben

- Ausgleichsgerade
- Aussagen zur Linearen Ausgleichsrechnung (MC)
- Bestimmung einer Ausgleichsgerade
- lin_ausgleichsproblem_ja/nein_01 (SC)
- Lineares Ausgleichsprobleme Ja/Nein (MC)
- Methode der kleinsten Fehlerquadrate
- Methode der kleinsten Fehlerquadrate 1 (Ausgleichsgerade)
- Methode der kleinsten Fehlerquadrate 2
- Methode der kleinsten Fehlerquadrate 3
- Regression $a+b/x$
- Regression Linear
- Regression Linear Vers 2
- Regression Sinus
- Regression Sinus Vers 2
- Regressionsparabel
- Regressionsproblem Transformation in x (SC)
- Regressionsproblem Transformation in y (SC)
- zuordnung_normalgleichungen_01
- zuordnung_normalgleichungen_02

14.8 Nichtlineare Ausgleichsrechnung

– 0 Aufgaben

14.9 Numerische Differentiation

– 4 Aufgaben

- ErsteAbleitungDiskret
- Numerische Differentiation_Vergleich
- zentrale Differenz via Interpolation
- ZweiteAbleitungDiskret

14.10 Numerische Integration

14.10.1 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 14 Aufgaben

- Exakte Berechnung gewisser Integrale durch Näherungsformeln
- Integration_Quadratur
 - Textboxaufgabe in tabellarischer Form, Stützstellen und Berechnungsvorschriften
- mittelpunkt_trapez_simpson_01 (Bsp. $\int_0^2 (3x^2 - 2x + 1)$, $n = 1$, alle drei Regeln, ohne Feedback)
- mittelpunkt_trapez_simpson_02 (Bsp. $\int_0^2 (2 - 3x^2 + 4x)$, $n = 1$, alle drei Regeln, ohne Feedback)
- mittelpunkt_trapez_simpson_03 (Bsp. $\int_0^2 (3x^2 + x + 5)$, $n = 1$, alle drei Regeln, ohne Feedback)
- mittelpunkt_trapez_simpson_04 (Bsp. $\int_0^2 (6 - 3x^2 + x)$, $n = 1$, alle drei Regeln, ohne Feedback)
- NumIntRechteckTrapezFehlerrechnung (Bsp. $\int_{-1}^1 \sqrt{x^2 + V} dx$, $V \in \{1, \dots, 25\}$, 4 Lücken)
- Reihenfolge num. Integration (Drag & Drop, 5 aus 5)
- Simpson-Formel und zusammengesetzte Trapezformel
- trapez_simpson_01
 - Abfrage des exakten Integrals, sowie Trapez- und Simpsonregel für $n = 4$
 - variables Intervall, variables Polynom 2. Grades
- trapez_simpson_02 ($n = 4$ **und** $n = 8$, Trapez- und Simpsonregel, variables Intervall/ a , a^{-x^2})
- trapez_simpson_03 ($n = 4$, Trapez- und Simpsonregel, variables Intervall/ a , a^{-x^2})
- trapez_simpson_04 (Trapez und Simpson mit $n = 4$, variables Intervall, variabler Integrand)
- trapez_simpson_05
 - Abfrage des exakten Integrals, sowie Trapez- und Simpsonregel für $n = 1$
 - variables Intervall, variabler Integrand

14.10.2 Extrapolationsverfahren (Romberg, etc.)

– 2 Aufgaben

- Romberg_Integration (separate Lückenabfrage, Schrittweise Hinführung)
- Romberg-Quadratur (separate Lückenabfrage übersichtlich in gewohnter Dreiecksform)

14.10.3 Quadraturverfahren (Gauss, etc.)

– 6 Aufgaben

- Anwendung der Gaußschen Quadraturformel für $n = 1$
- Erreichbare Genauigkeit bei einer Quadraturformel
- gauss-quadratur_01 (Lückentext, 2 Lücken)
- Gauss-Quadratur nicht exakt (mit Variation, $n \in \{2, 3\}$)
 - Angabe eines frei wählbaren Polynoms vom Grad $2n$, so dass $Q_n(p_{2n}) \neq I(p_{2n})$
- Gaußsche Quadraturformel für $n = 2$
- maximaler_exaktheitsgrad_01
 - allgemeine Form einer Quadraturformel, 1 Lücke, mit Variation, noch ohne Feedback

14.10.4 Rechteckregel/Mittelpunktregel

– 5 Aufgaben

- 5P - Zusammengesetzte Rechteckregel für Polynome (links/Mitte/rechts sowie exakt, mit Fehlerschranke, Variation, Lückentipps)
- Mittelpunktregel_02 (fester Integrand, $n = 1$)
- Mittelpunktregel_03 (fester Integrand, $n = 1$)
- Mittelpunktregel quadratisches Polynom (variabler Integrand, $n = 1$, mit Musterlsg, NR-Lücke)
- Rechteckregel (alle drei Varianten plus exaktes Integral, mit Variation, ohne Fehlerabschätzung)

14.10.5 Simpsonregel/Keplersche Fassregel

– 9 Aufgaben

- Aussagen zur Simpson-Formel
- Fehlerabschätzung für die Simpson-Formel
- Simpson-Formel
- Simpsonregel (Vorgegebene Wertetabelle, $n = 10$, Weg aus Geschwindigkeit berechnen, 1 Lücke)
- Simpsonregel_01 (fester Integrand, $n = 1$)
- Simpsonregel_02 (fester Integrand, $n = 1$)
- Simpsonregel_03 (fester Integrand, $n = 1$)
- simpsonregel_exaktheitsgrad_01 (Polynomgradabfrage, bis zu dem Simpson exakt integriert)
- Simpsonregel (zusammengesetzte Keplersche Fassregel mit Fehlerbetrachtungen)

14.10.6 Trapezregel

– 10 Aufgaben

- Anwendung der zusammengesetzten Trapezformel
- Aussagen zur Trapezformel
- Fehlerabschätzung für die Trapezformel
- Fehlerabschätzung für die zusammengesetzte Trapezformel
- NumIntTrapezRegel (separate Lückenabfrage, $n = 6$, Dichte der Standardnormalverteilung)
- Trapezformel
- Trapezregel_01 (fester Integrand, $n = 1$)
- Trapezregel_02 (fester Integrand, $n = 1$)
- Trapezregel_03 (fester Integrand, $n = 1$)
- Zusammengesetzte Trapezregel für variables Polynom 3. Grades ($n=6$, mit Fehlerbetrachtungen sowie exaktem Integral)

14.11 Numerisches Lösung linearer Gleichungssysteme

– 5 Aufgaben/3 Unterordner

- komplexität_verfahren_01
- komplexität_verfahren_02
- Relativer Fehler vs. Residuum
- Verfahren Anwendbarkeit
- Verfahren Anwendbarkeit symmetrisch

14.11.1 Direkte Löser

– 10 Aufgaben

- Cholesky-Zerlegung Auswahl. Parametrisiert. Individual-Feedback
- Gaußsches Eliminationsverfahren_Pivotisierung
- LR_zerlegung_ja/nein_01
- LR-Zerlegung berechnen
- LR-Zerlegung berechnen 4x4
- LR Zerlegung mit Pivotisierung zuordnen; Parametrisiert
- LR-Zerlegung Schritte
- LR-Zerlegung Vorteile
- Thomas-Algorithmus
- Zerlegungen Zuordnung

14.11.2 Iterative Löser

– 15 Aufgaben

- CG und GMRES
- CG-Verfahren
- CG-Verfahren Anzahl Schritte
- Einzelschrittverfahren_6Schritte_implizite_Programmieraufgabe
- Gauss-Seidel-Verfahren 3x3
- Gesamtschrittverfahren_7Schritte_implizite_Programmieraufgabe
- Gradientenverfahren
- Iterationsverfahren stationär
- iterative_Verfahren_Konvergenz
- Jacobi-Verfahren 2x2
- Jacobi-Verfahren 3x3
- Konjugierte Gradienten Konvergenz
- Relaxiertes Einzelschrittverfahren (SOR)
- SOR_6Schritte_implizite_Programmieraufgabe_1
- Streng diagonaldominant

14.11.3 Nichtquadratische Gleichungssysteme

– 5 Aufgaben (alle M. Quellmalz)

- Linksinverse
- Rechtsinverse
- Unterbestimmt
- Überbestimmt
- Überbestimmt/Unterbestimmt Zuordnen

14.12 Numerisches Lösung von Differentialgleichungen

– 13 Aufgaben

- Einschrittverfahren (für DGL 2. Ordnung)
- Einschrittverfahren (für DGL 2. Ordnung) mit Abfrage Umformung
- Explizit_Euler_01
- Explizit_Euler_02
- Explizite Mittelpunktsregel, DGL höherer Ordnung
- FDM für RWP, LGS ergänzen, mit Variation 1
- FDM für RWP, LGS ergänzen, mit Variation 2
- FEM für eindimensionales RWP
- Finite-Differenzen für Randwertproblem
- Implizit_Euler
- Lineares DGL-System und Heun
- Runge-Kutta-Verfahren RK4
- Verfahren_Heun_01

14.12.1 partielle DGL)

– 6 Aufgaben

- FEM_Poisson2D, Komplexaufgabe, wenig Variation
- FEM_Poisson2D Komplexaufgabe 2, wenig Variation
- FE Triangulierung, Auswahl Unzulässiges
- MC zu schwacher Formulierung
- PDGL und Methode anhand Quellcode erkennen
- PDGL und Methode anhand Quellcode erkennen, Textbox-Auswahl

14.13 Numerische Lösung von Eigenwertproblemen

14.13.1 Potenzmethode (Von-Mises-Iteration)

– 2 Aufgaben

- Eigenwert 2x2 Potenziteration (Angabe der 2. Iteration und des Rayleigh-Quotienten, 3 Lücken)
- Inverse Iteration

14.14 Numerische Lösung von Optimierungsaufgaben

– 3 Aufgaben (alle von P. Kürschner)

- Abstiegsverfahren (Gradientenrichtung)
- Newtonverfahren Minimierung
- Quadratische Approximation, SQP

14.15 Programmieraufgaben

– 15 Aufgaben

- De Boor Algorithmus
- Finite Differenzen (Poisson-Gleichung)
- Finite Elemente 1D
- Gauß-Seidel / Einzelschritt-Verfahren implementieren OCTAVE/MATLAB
- Inverse Iteration
- Jacobi/Gesamtschritt-Verfahren implementieren; OCTAVE/MATLAB
- Klassisches RK4-Verfahren
- Kubische finite Elemente (1D)
- OctaveLRZerlegungAlsFunktion
- Polynominterpolation
- Richardson-Iteration
- SolveDirichletBVP Aufgabe
- Sparse Matrizen, eigs in Matlab, keine autom. Bewertung
- Thomas-Algorithmus-Octave
- Thomas-Algorithmus-Octave_nur-endergebnis

15 Optimierung

– 7 Aufgaben, – 2 Unterordner

(s.a. 4.1.4 und 17.1.4)

- optimization_multivariate_eqconst_01
- optimization_multivariate_eqconst_02
- optimization_multivariate_eqconst_03
- optimization_multivariate_ineqconst_01
- optimization_multivariate_ineqconst_02
- optimization_multivariate_ineqconst_03
- optimization_multivariate_ineqconst_04

15.1 KKT-Bedingungen

– 4 Aufgaben

- Optimierung_Ungleichung_KKT_01
- Optimierung_Ungleichung_KKT_02
- Optimierung_Ungleichung_KKT_auflösen_01
- Optimierung_Ungleichung_KKT_auflösen_02

15.2 Kombinatorische Optimierung

– 2 Aufgaben vom Typ Zeichnen

- MaxFlowMinCut obere Kapazitätsbeschränkungen
- MaxFlowMinCut untere und obere Kapazitätsbeschränkungen

16 Programmierung

– 1 Aufgabe, 3 Ordner (s.a. 14.15)

- compiletest_w/f

16.1 Grundlagen (Kontrollstrukturen)

– 6 Aufgaben

- For Schleife 1
- For Schleife 2
- Verzweigung (if-else) 1
- While Schleife 1
- While Schleife 2
- While Schleife mit Verzweigung 1

16.2 Komplexität von Algorithmen

– 5 Aufgaben

- Groß-O (Drag & Drop, 4 aus 4)
- Matrix-Vektor-Multiplikation (SC, 1 aus 4)
- Matrix-Vektor-Operationen (Auswahlma-
- trix, 4x4)
- Selection sort (SC, 1 aus 4)
- Suchalgorithmus (SC, 1 aus 4)

16.3 Template

– 3 Aufgaben

- Fakultät mit Template
- Fakultät mit Template (rekursiv)
- Fakultät ohne Template (naiv)

17 Stochastik: Statistik

17.1 Deskriptive Statistik

17.1.1 Grundbegriffe der Statistik

– 21 Aufgaben

- diagramm_ablesen_01 (Füllmenge eines Tanks korrekt interpretieren können)
- diagramm_ablesen_02 (Werte an einem Balkendiagramm richtig interpretieren)
- diagramm_ablesen_03 (Verschwundenen Balken, der zu 100% fehlt, finden)
- diagrammarten_01 (Drag & Drop) (6 Zuordnungen nach Diagrammtypen)
- HA-Kap01 Aufgabe 009 Grundlagen (MC) (6 Aussagen, vorlesungsspezifisch)
- HA-Kap01 Aufgabe 010 Zuordnung Messbarkeit (Zuordnungsmatrix) (Skalenauswahl)
- häufigkeitsdichte_01 (Aufstellen des Histogramms)
- häufigkeitstabelle_01 (Notenstatistik, kumulative abs. und relative Hkt.)
- intervall_vs_verhältnis_01 (Zuordnungsmatrix 4x4 zufällig) (Haarlänge, Pegelstand, etc.)
- intervallskala_01 (SC, wahr/falsch) (Rangfolge, intervallskalierte Daten)
- klassen_01 (MC, 5 Möglichkeiten, zufällig) (Zulässige Klasseneinteilungen)
- kreisdiagramm_auswahl_01 (SC, 4 Möglichkeiten, zufällig, Prozent) (korrekt darstellen)
- kreisdiagramm_auswahl_02 (SC, 6 Möglichkeiten, zufällig, absolute Zahlen) (Zahlen ablesen)
- Kreisdiagramm zeichnen (JSXGraph)
- nominalskala_01 (SC, wahr/falsch) (Rangfolge, Nominalskala)
- ordinalskala_01 (SC, wahr/falsch) (Rangfolge, Ordinalskala)
- quantitativ_qualitativ_01 (MC, Zuordnungsmatrix 6x2) (Einordnung Merkmalsausprägungen)
- verhältnisskala_01 (SC, wahr/falsch) (Nullpunkt, verhältnisskalierte Daten)
- winkel_kreisdiagramm_01 (Umrechnung in ganzzahlige Winkelgrad des zu erwarteten Sektors der relativen Häufigkeit, 5x)
- winkel_kreisdiagramm_02
- Zuordnung Messbarkeit (SC, Zuordnungsmatrix 7x3) (Skalen: ordinal, nominal, metrisch)

17.1.2 Histogramme und Verteilungsfunktionen

– 16 Aufgaben

- Emp_Verteilungsfunktion_unterschiedliche_Klassenbreite
- Empirische Verteilungsfunktion Kennzahlen v1
- Empirische Verteilungsfunktion Kennzahlen v2
- Empirische Verteilungsfunktion Kennzahlen v3
- Empirische Verteilungsfunktion Kennzahlen v4

- EmpVF_angeben
- Histogramm_und_empVF
- Histogramm_unterschiedliche_KB_Fleisch
- Histogramm_unterschiedliche_KB_Sport
- Histogramm_unterschiedliche_KB_Wohnen
- Histogramm_unterschiedliche_Klassenbreite_v1
- Histogramm_unterschiedliche_Klassenbreite_v2
- Histogramm_unterschiedliche_Klassenbreite_v3
- Histogramm1
- Lage- und Streuungsmaße und Stamm-Blatt-Diagramm
- Stamm-Blatt-Diagramm

17.1.3 Konzentrationsmasse

– 10 Aufgaben

- Gini_Koeffizient v1
- Gini_Koeffizient v2
- Gini_Koeffizient v3
- HA-Kap02 Aufgabe 010 Ginikoeffizient (MC, 2 von 3 richtig)
- HA-Kap02 Aufgabe 012 Gini Koeffizient (Lückentext, Berechnung, 6x) (vorlesungsspezifisch)
- Lorenzkurve_interpretation
- Lorenzkurve_interpretation_v2
- Lorenzkurve_interpretation_v3
- Lorenzkuve_gegeben v1
- Lorenzkuve_gegeben v2

17.1.4 Lineare Regression

– 22 Aufgaben

- 14.1 Regression (Lückentext, 5 Datenpunkte, linear und quadratisch, 2 Prognosen, Vergleich)
- 5P – Regressionsgerade (2012 – A7 – mit Variation, FF-Berücksichtigung, ind. Feedback, Grafik, NR-Lücke) – z.T. manuelle Bepunktung
- 5P – Regressionsgerade (Anzahl Absolventen Regelstudienzeit DE 2012-2023 – mit uhrzeitabhaengeriger Variation, FF-Berücksichtigung, incl. Feedback, Grafik, NR-Lücke) – z.T. manuelle Bepunktung
- 5P – Regressionsgerade (Anzahl Informatik-Absolventen DE 2011-2022 – mit Variation, FF-Berücksichtigung, ind. Feedback, Grafik, NR-Lücke) – z.T. manuelle Bepunktung

- 5P – Regressionsgerade (Anzahl ITK-Unternehmen DE 2014-2020 – mit Variation, FF-Berücksichtigung, ind. Feedback, Grafik, NR-Lücke) – z.T. manuelle Bepunktung
- 5P – Regressionsgerade (Anzahl Promovierende Informatik DE 2018-2023 – mit uhrzeitabhaengeriger Variation, FF-Berücksichtigung, incl. Feedback, Grafik, NR-Lücke) – z.T. manuelle Bepunktung
- 5P – Regressionsgerade (Ausgaben IT-Sicherheit DE 2016-2021 – mit Variation, FF-Berücksichtigung, ind. Feedback, Grafik, NR-Lücke) – z.T. manuelle Bepunktung
- 5P – Regressionsgerade (Digitalisierung 2015-2020 – mit Variation, FF-Berücksichtigung, ind. Feedback, Grafik, NR-Lücke) – z.T. manuelle Bepunktung
- 7.1.3 Lineare Regression (Sonnenaufgang, 5 Datenpunkte, 2 Prognosen, 1 Wertung)
- 7.2 Regression (Lückentext, 4 Datenpunkte, linear und quadratisch, je 1 Schätzung)
- 7.2 Regression (exponentieller Ansatz)
(Lückentext, 4 Datenpunkte, linear und exponentiell, je 1 Schätzung)
- 7.3 Lineare Regression (Sonnenaufgang, 5 Datenpunkte, 2 Prognosen, 1 Wertung)
- Ausgleichsgerade
- HA-Kap02 Aufgabe 009 Lineare Regression (MC, 5 Möglichkeiten) (vorlesungsspezifisch)
- HA-Kap02 Aufgabe 011 Lineare Regression (Lückentext, 15 Datenpunkte, $y = f(x)$, $x = f(y)$)
- Hasen_Regression_FF
- Lineare Regression Medientechnik
- LVZ-Auflage_lineare Regression_mit Grafik (Lückentext, 8 Datenpunkte, Prognose $f(x) = 0$)
- Regression_ablesen
- Regression_Kinder_FF
- Regression_Textauswahl
- Regressionsgerade (Lückentext, 5 Datenpunkte, 1 Prognose) (Klausuraufgabe MG ?)

17.1.5 Statistische Maßzahlen

– 27-27 Aufgaben (wo hin????)

- arithm_teilmenge (Lückentext, Berechnung) (Gleichungssystem in zwei Gleichungen) - weg?
- arithm_zuordnen_01 (SC, 4 Histogramme, Abschätzung des arithmetischen Mittels) - weg?
- arithm_änderung (SC, 5 Möglichkeiten, Einschätzung Größenveränderung) - weg?
- berechnung_mittelwerte_01 (Lückentext, arithmetisches Mittel, Median, Modus (mengenwertig)) - weg?

17.2 Induktive Statistik

17.2.1 Konfidenzintervall

– 18 Aufgaben

- 4P – Konfidenzintervall (Stahlbleche, Normalverteilung, bekannte Varianz, mit Variation, NR-Lücke, Teilpunkte, Feedback)
- 5P – Äpfel – Konfidenzintervall bei bekannter Varianz
- 5P – Konfidenzintervall – Mittelwert bei bekannter Varianz
- Konfidenzintervall_exakt_unbek_WK
- Konfidenzintervall_mit_FF_v1
- Konfidenzintervall_mit_FF_v2
- Konfidenzintervall_mit_FF_v3
- Konfidenzintervall_mit_FF_v4
- konfidenzintervall_normalverteilung_bekannteVarianz
- Konfidenzintervall (MC)
- KonfidenzintervallBinomial
- Konfidenzintervalle Normalverteilung
- KonfidenzintervallErwartungswert
- KonfidenzintervalleVarianzUndErwartungswert (Initialisierungsfehler?)
- Konfidenzintervall für den Mittelwert bei bekannter Varianz

17.2.2 Punktschätzung

– 2 Aufgaben

- Erwartungstreue
- Erwartungstreue und Konsistenz von Punktschätzern

17.2.3 Spezielle Verfahren

– 13 Aufgaben

- Einfaktorielle Varianzanalyse (Fernsehdauer)
- Einfaktorielle Varianzanalyse (Lebensqualität)
- Einfaktorielle Varianzanalyse (Lebensqualität II)
- Faktorenanalyse

17.2.4 Statistischer Test

– 37 Aufgaben

- Äpfel und Birnen pWert
- Ausschuss_pWert_mit_FF
- Auswahl_Schaezter_Tests
- Binomialtest
- Bleistift_t-Test
- Brezel_pWert_kurz_mit_FF
- Brezel_pWert_lang_mit_FF
- Chi2_Anpassung_ff
- Chi2_Test_2mal2 (Original von 2021)
- Chi2-Anpassungstest
- HypothesenTestDoppelt_t (Original von 2021)
- HypothesentestErwartungswertVarUnbekannt (Original von 2021)
- Pappstifte (Original von 2021)
- Prinzessinnenrolle (Original von 2021)
- Schallplattentest (Original von 2021)
- t-Test_Kälber (Original von 2021)
- Zugfestigkeit Carbonbeton (Original von 2021)

18 Stochastik: Wahrscheinlichkeitsrechnung

18.1 Allgemeine Rechenregeln

– 13 Aufgaben

- 1P – Rechenregeln unabhängig Ereignisse (MC)
- 1P – Rechenregeln unvereinbare Ereignisse (MC, mit Feedback)
- 1P – Rechenregeln Wahrscheinlichkeiten (MC, mit Feedback)
- mc_wahrscheinlichkeit_01 (MC, 2 aus 5)
- Rechenregeln_Ereignisse_mit_WK23
- Rechenregeln_Teilmenge
- Rechenregeln_unabhängig_Ereignisse
- Rechenregeln_unvereinbare_Ereignisse
- Rechenregeln_Wahrscheinlichkeiten_beliebige_Ereignisse
- Rechenregeln unabhängig (MC, 2 aus 6)
- Rechenregeln unvereinbar (SC, 3 aus 6)
- Rechenregeln Wahrscheinlichkeiten (MC, 3 aus 6)
- Wahrscheinlichkeit von Verknüpfungen von Ereignissen

18.2 Allgemeines/Mix/Verschiedenes

– 26 Aufgaben

- 1P – Ereignisse (Textbox, Eigenschaften, mit Variation) – (MG:2009–A.1d–M2)
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 01
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 02
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 03
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 04
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 05
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 06
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 07
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 08
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 09
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 10
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 11
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 12
- Aussagen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung 13
- BernoulliExperiment
- Binomialkoeffizient und Fakultät
- Ereignisalgebra
- Kugeln_aus_der_Urne
- Platonische_Wuerfel_Gleichvert_Bi
- p-Quantile und Median (Diskrete und Stetige Zufallsgrößen)
- Venn-Diagramm
- Venndiagramm
- Venn-Diagramm_v2_(gekuerzt)
- Venndiagramm2
- VerknüpfteEreignisseWürfel
- Zwei Wuerfel_Ereignisse

18.3 Bedingte Wkt/Stoch. Unabhängigkeit

18.3.1 Additionssatz: einfache Rechenaufgaben

– 2 Aufgaben

- 1P – Rechenregeln anwenden (2 Wkt, stochastisch unabhängig ja/nein, mit Variation, NR-Lücke)
- Ereignisse (Anwendung des Additionssatzes, ohne Feedback)

18.3.2 BAYESsche Formel: Textaufgaben

– 10 Aufgaben

- 5P – Satz von Bayes (Maschinen, mit Variation, Feedback, NR-Lücke, FF-Punkte) – (MG:2009–A.6–M2)
- bedingte_WK_2Lose (Lose, Gewinnchancen, Test auf stoch. Unabh., mit Musterlsg. im Feedback)
- Bedingte_WK_Autoreifen (Mängel an Autoreifen, detaillierte Hinweise im Feedback)
- bedingte_WK_Dopingtest (Dopingtest, mit Musterlösung im Feedback)
- bedingte_WK_Serie (Pilotserie/Zuschaueralter, mit Musterlösung im Feedback)
- bedingte_WK_urnen_01 (4 bedingte Wkt., mit Musterlösung im Feedback)
- Bedingte Wahrscheinlichkeit 1 (Glühlampen aus 3 Werken, detaillierte Hinweise im Feedback)
- Bedingte Wahrscheinlichkeit 2 (Ausschuss Haushaltsgeräte, detaillierte Hinweise im Feedback)
- BedingteWahrscheinlichkeit3 (schlecht editiert!!!)
- Satz zur totalen Wahrscheinlichkeit und Formel von Bayes

18.3.3 Bedingte Wkt: einfache Rechenaufgaben

– 4 Aufgaben

- 1P – Ereignisse (SC, ja/nein, stochastisch unabhängig, mit Variation, Feedback)
- bedingte_wk_teilbarkeit_01 (Urnenziehung, 3 Ereignisse, alle bed. Wkt., mit Musterlsg. im Feedback, mit Variation)
- bedingte_wk_teilbarkeit_02 (SC, stoch. unabhängig, mit Musterlsg. im Feedback, 2 Settings) !!!
- BedingteWahrscheinlichkeit1

18.3.4 Pfadregeln: allgemeine Aussagen

– 2 Aufgaben

- 1P – Aussagen zu Rechenregeln für Wahrscheinlichkeiten (SC-Matrix, Feedback)
- bedingte_wk_aussagen_01 (Auswahlmatrix 6x2, mit detaillierten Begründungen im Feedback)

18.3.5 Pfadregeln: Textaufgaben

– 7-5 Aufgaben

- 5P – Stochastische Unabhängigkeit (Schneller Teller, 4 Ereignisse, Variation, detailliertes Feedback, NR-Lücke)
- 5P – Stochastische Unabhängigkeit (Schneller Teller, 4 Ereignisse, Variation, detailliertes Feedback, NR-Lücke) – große Schrift
- pfadregeln_urnen_01 - weg?
- unabhaengigkeit_01 - weg?

- VerknüpfteEreignisse - weg?
- wk_gegenereignis_würfel_01 - weg?
- wk_parameter_aufgabe_01 - weg?

18.3.6 Unsortiert: Textaufgaben

– 2-2 Aufgaben

- BedingteWahrscheinlichkeit2 - weg?
- Schaltung_mit_bedingter_WK - weg?

18.4 Einfache Zufallsexperimente

– 2 Aufgabe, 4 Unterordner

- anzahl_ereignisse_01
- laplace_bernoulli_01

18.4.1 Lotterien

– 1 Aufgabe

- wk_lotto_01

18.4.2 Münzwurf

– 0 Aufgaben

18.4.3 Urnenmodell: mit Zurücklegen

– 0 Aufgaben, s.a. 18.2

18.4.4 Urnenmodell: ohne Zurücklegen

– 0 Aufgaben, s.a. 18.2

18.4.5 Würfelexperimente

– 6 Aufgaben

- 4P – diskrete ZV: Tetraederdoppelwurf (EW, Varianz, mit Variation, Feedback, NR-Lücke) – ohne FF
- ereignisse_würfel_01 (MC, 6 aus 9, Erkennen von möglichen Ereignissen)
- wahrscheinlichkeit_würfel_01
- wahrscheinlichkeit_würfel_02
- WahrscheinlichkeitAugenzahl3Würfel
- wk_2würfel_01

18.5 Gesetz der großen Zahlen

– 10 Aufgaben

- Approx_Binomial_durch_Normal
- Gesetz der großen Zahlen abstrakt
- Poisson_Approximation_Corona_FF
- Zentraler_Grenzwertsatz_abstrakt_FF
- Zentraler_Grenzwertsatz_Ahorn_FF
- Zentraler_Grenzwertsatz_Bier_FF
- Zentraler_Grenzwertsatz_Kaffee_FF
- Zentraler_Grenzwertsatz_Spargel_FF
- Zentraler Grenzwertsatz
- ZGWS_Auswahl (MC, Aussagenbeispiele zum zentralen Grenzwertsatz)

18.6 Modelle erkennen

– 16 Aufgaben

- Erkennen Binom/Hyper/Geom 01
- Erkennen Binom/Hyper/Geom 02
- Erkennen Binom/Hyper/Geom 03
- Erkennen Binom/Hyper/Poisson 01
- Erkennen Binom/Hyper/Poisson 02
- Erkennen Binom/Hyper/Poisson 03
- Erkennen Binomial1
- Erkennen Binomial2
- Erkennen Binomial3
- Erkennen Hypergeom1
- Erkennen Hypergeom2
- Erkennen Hypergeom3
- Erkennen Poisson1
- Erkennen Poisson2
- Erkennen Poisson3
- Welche_Verteilung

18.7 Zufallsvariable: Diskrete ZV

– 2 Aufgaben, 7 Unterordner

- Beispiele für diskrete Zufallsgrößen
- Wichtige Verteilungen diskreter Zufallsgrößen (Drag & Drop, 4 aus 4)

18.7.1 Erwartungswert und Varianz

– 12 Aufgaben

- 2P – diskrete ZV (EW, Varianz, mit Variation, Feedback, NR-Lücke, Maxima-Hinweis)
- 2P – diskrete ZV (Wkt-Tabelle vervollständigen, EW, mit Variation, 2-Stufen-Feedback, NR-Lücke)
- 4P – diskrete ZV: Tetraederdoppelwurf (EW, Varianz, mit Variation, Feedback, NR-Lücke) – ohne FF
- 5P – diskrete ZV (EW, Varianz, Standardabweichung, mit Variation, NR-Lücke)
- Diskrete ZG
- Diskrete ZG Vers2
- Diskrete Zufallsgrößen (Komplexere Aufgabe, auch mit Erwartungswert von verknüpften Zufallsgrößen)
- Erwartungswert, Varianz, Standardabweichung einer Zufallsvariablen 1
- Erwartungswert, Varianz, Standardabweichung einer Zufallsvariablen 2
- EX_D2X_diskret_01 (Original von Tetraederdoppelwurf)
- Verteilungsfunktion, Erwartungswert und Varianz einer diskreten Zufallsgröße
- Zwei Wuerfel

18.7.2 Spezielle Verteilung: Binomialverteilung

– 13 Aufgaben

- 1P – Binomialverteilung (Wkt, mit Variation, 2-Stufen-Feedback, NR-Lücke) – (MG:2009–A.2(d)–M2)
- 3P – spezielle ZV: Binomialverteilung (mit 2-Stufen-Feedback, NR-Lücke, Maxima-Befehle)
- 5P – spezielle ZV: Drei Würfel (mit Feedback, Variation, NR-Lücke) – (MG:2009–A.7–M2) – noch ohne FF
- Bernoulli-Experiment
- Binomial_Intervall
- binomial_schütze
- Binomial_standard
- Binomial_Tischler
- Binomial_Versicherung
- binomialvert_Glücksrad
- Binomialverteilte Zufallsgrößen
- Binomialverteilung
- Binomialverteilung_Münze

18.7.3 Spezielle Verteilung: Geometrische Verteilung

– 1 Aufgabe

- geometrisch_Ü-Eier

18.7.4 Spezielle Verteilung: Gleichverteilung

– 1 Aufgabe

- Gleichverteilte ZV :: Beispiele

18.7.5 Spezielle Verteilung: Poissonverteilung

– 11 Aufgaben

- Poisson_Brände
- Poisson_Oldtimer
- Poisson_OnlineShop_FF
- Poisson_Produktionsfehler
- Poisson_Sternschnuppen
- Poissonsche_Anzuege
- Rechnerstart
- Poisson_Drillinge_FF
- Poisson_Eilaufträge_FF
- Poisson_Notrufe
- Poisson_Radioaktivität_FF

18.7.6 Verteilungsfunktion/Wahrscheinlichkeiten

– 9 Aufgaben

- 1P – diskrete und stetige ZV: Verteilungsfunktion erkennen (MC, mit Feedback) back)
- 1P – diskrete ZV: Verteilungsfunktion auswählen (SC, mit Feedback, ohne Variation)
- 1P – diskrete ZV: Werte der Verteilungsfunktion (mit Variation, Feedback, NRIücke)
- 5P – diskrete ZV: Verteilungsfunktion mit Grafik (Werte ablesen, mit Variation, Feed-
- Bestimmung der Einzelwahrscheinlichkeiten einer diskreten Zufallsgröße aus ihrer Verteilungsfunktion
- verteilungsfunktion_diskret_01
- verteilungsfunktion_diskret_02
- Verteilungsfunktion_diskret_mit_Graphik
- Zufallsvariablen

18.7.7 Zusammensetzung/Verknüpfung von ZV

– 1-1 Aufgaben

- Diskrete Zufallsgrößen [nach 18.7.1 verschoben]

18.8 Zufallsvariable: Stetige ZV

– 5 Aufgaben, 7 Unterordner

- Normal_Exponential_Quantile
- Stetige Zufallsgrößen 2
- Stetige Zufallsgrößen 3
- Stetige Zufallsgrößen 4
- Stetige Zufallsgrößen 5

18.8.1 Dichte und Verteilungsfunktion

– 18 Aufgaben

- 1P – Stetige und diskrete ZV: Verteilungsfunktion erkennen (MC, mit Feedback)
- 1P – Stetige ZV: Dichte-Eigenschaften prüfen (ja/nein, mit Variation, Feedback inkl. Abb., NR-Lücke, Maxima-Befehle)
- 1P – Stetige ZV: Dichtefunktionen erkennen (MC, mit Feedback)
- 1P – Stetige ZV: Dichte zuordnen_4 (Drag & Drop, 2 aus 5, $N(1,1)$ und $GV([-1,2])$), mit Feedback)
- 1P – Stetige ZV: Dichte zuordnen_5 (Drag & Drop, 2 aus 5, $N(0,1)$ und $GV([-1,2])$), mit Feedback)
- 5P – stetige ZV: Dichte_mit_Graphik (Parameter, 4 x Wkt, mit Variation, Feedback, NR-Lücke, Maxima-Befehle)
- 5P – stetige ZV: Dichte, Verteilungsfunktion, Kenngrößen (mit Variation, Feedback, NR-Lücke, Maxima-Befehle) – z.T. mit FF)
- 7P – Stetige Zufallsvariable (Dichte, Verteilungsfunktion, Wkt) – Meister20140721A01
- dichte_ja/nein (stückweit definierte Sinusfunktion, mit Variation)
- Dichte_mit_Graphik (lin. Spline, Anpassung Parameter, 3 mal Wkt, 1 mal Verteilungsfunktion) – Original von 5P
- Dichte_WK_mit_FF
- Dichte zuordnen (Drag & Drop, 6 aus 6)
- Eigenschaften der Dichte- und der Verteilungsfunktion einer stetigen Zufallsgröße
- Identifizierung von Dichte- und Verteilungsfunktionen stetiger Zufallsgrößen
- Quantil_bestimmen
- Verteilungsfkt_angeben_stetig
- Verteilungsfunktion erkennen (MC, 3 aus 6, mit Bildern)
- VF_gegeben_WK_berechnen

18.8.2 Erwartungswert und Varianz

– 3 Aufgaben

- Erwartungswerte_mit_FF
- Erwartungswert_und_Varianzregeln
- Stetige_Verteilung_E_und_V

18.8.3 Spezielle Verteilung: Exponentialverteilung

– 9 Aufgaben

- Exponential_min_max_Varianten (Statistik?)
- Exponential_Quantil
- Exponential_Wartezeiten
- Exponential_Wartzeit_Aktien_FF
- ExponentialMitQuantilen (Mix mit
- exponentialverteilung_01
- exponentialverteilung_02
- Exponentialverteilung Laptops
- Exponentialverteilung Reihenschaltung

18.8.4 Spezielle Verteilung: Gleichverteilung

– 1 Aufgabe

- Gleichverteilte ZV :: Erwartungswert und Varianz berechnen

18.8.5 Spezielle Verteilung: Normalverteilung

– 18 Aufgaben

- MC_normal
- mc_normalverteilung_01 (MC, 2 aus 4, Abfrage zu Eigenschaften der Standardnormalverteilung)
- Normalverteilte_Blaubeeren
- Normalverteilte_Kartoffeln_FF
- Normalverteilte_Kartoffeln_lang_FF
- Normalverteilter_Tisch_und_Stuhl_FF
- Normalverteilter Weitsprung
- Normalverteilte Zufallsgrößen 1 (ohne Variabilität)
- Normalverteilte Zufallsgrößen 2 (ohne Variabilität)
- normalverteilung_01 (6 mal Wkt zur Standard-Normalverteilung berechnen)
- normalverteilung_02 (3 mal Wkt zur param. Normalverteilung, mit Variation)
- Normalverteilung (mit Variabilität)
- NormalverteilungGrundlagen
- NormalverteilungMeßvorgang
- NormalverteilungMeßvorgang2 (Werkstück im Betrieb)
- NormalverteilungSumme
- NormalverteilungVerpackungstechnik
- Standardnormalverteilung, Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses markieren (JSXGraph)

18.8.6 Wahrscheinlichkeiten

– 4 Aufgaben

- Dreiecksverteilung_01
- StetigeVerteilungAllgemein
- Stetige Zufallsgrößen 1 (mit bedingter Wkt)
- Verteilungsfunktion_stetig_mit_Graphik

18.8.7 Zusammensetzung/Verknüpfung von ZV

– 2 Aufgaben

- 5P – stetige ZV: Dichte vorgegeben (EW, Varianz, auch von Linkombi, mit Variation, Feedback, NR-Lücke, Maxima-Befehle)
- Erwartungswert und Varianz von Linearkombinationen unabhängiger Zufallsgrößen

18.9 Zufallsvariable: Zufallsvektor

– 6 Aufgaben

- Diskret_2d_Summe_und_bed_WK
- Gemeinsame Dichte, Randdichte und Un-
abhaengigkeit
- Kovarianz_diskret_FF
- Mehrdimensionale diskrete Zufallsgrößen
- Rechenregeln für Kenngrößen eines Zufalls-
vektors bzw. einer Linearkombination zweier
Zufallsgrößen
- Unabhängigkeit und Unkorreliertheit von
Zufallsgrößen

- 2011/04/14 – [Mathematik] Erste Schritte in WxMaxima – Version 0.8.5

```
s:12; s; %i1; %o1; f(x):= 2*x^3+2*x^2+1; f(7); genmatrix(lambda([i,j], i*j), 3, 3);
diff(f(x),x,1); wxplot2d([f(x)], [x,-5,5]);
```

Menüpunkte:

<p>Gleichungen</p> <ul style="list-style-type: none"> · Gleichung lösen ... · Gleichung lösen (to_poly_solver) ... · Numerische Nullstelle ... · Nullstellen eines Polynoms · Nullstellen eines Polynoms (bfloat) · reelle Nullstellen eines Polynoms · Löse lineares System ... · Löse algebraisches System ... · Variable eliminieren ... · Löse Differentialgleichung ... · Anfangswertproblem (1) ... · Anfangswertproblem (2) ... · Randwertproblem ... · GDG mit Laplacetransformation lösen ... · Randbedingung setzen ... <p>Algebra</p> <ul style="list-style-type: none"> · Matrix erzeugen ... · Matrix aus Ausdruck erzeugen ... · Matrix eingeben ... · Matrix invertieren · Charakteristisches Polynom ... · Determinante · Eigenwerte · Eigenvektoren · Adjungierte Matrix · Matrix transponieren · Liste erzeugen ... · Auf Liste anwenden ... · Auf Liste abbilden ... · Auf Matrix abbilden ... <p>Plotten</p> <ul style="list-style-type: none"> · Plot 2D ... · Plot 3D ... · Plot format ... 	<p>Rechnen</p> <ul style="list-style-type: none"> · Integrieren ... · Integrieren (Risch) ... · Variable ersetzen ... · Differenzieren ... · Grenzwert suchen ... · Minimum suchen ... · Reihenentwicklung ... · Pade-Approximation ... · Summe berechnen ... · Produkt berechnen ... · Laplace Transformation ... · Inverse Laplacetransformation ... · GGT ... · KGV ... · Polynome dividieren ... · Partialbruchzerlegung ... · Kettenbruch ... <p>Vereinfachen</p> <ul style="list-style-type: none"> · Ausdruck vereinfachen · Wurzeln vereinfachen · Ausdruck faktorisieren · Ausdruck faktorisieren (komplex) · Ausdruck expandieren · Logarithmen expandieren · Logarithmen zusammenfassen · Fakultät und Gamma · Winkelfunktionen vereinfachen · Komplexe Ausdrücke · Substituieren ... · Noun-Formen auswerten · Algebraic ein/aus · Algebraische Gleichheit hinzufügen ... · Setze Modulo ...
--	--

* Editieren (Kapitel anlegen mittels Menüpunkt "Zellen")

* Exportieren in html- oder pdf- (pdflatex kompatible tex-) Datei mittels Menü "Datei"

oder Ausdruck markieren, rechte Maustaste + Als L^AT_EX kopieren: $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 6 \\ 3 & 6 & 9 \end{pmatrix}$

- o 2017/05/28 – wxMaxima: Grundlagen
- o 2017/05/28 – wxMaxima: Funktionen plotten und ableiten
- o 2017/05/28 – wxMaxima: Gleichungen lösen
- o 2017/05/28 – wxMaxima: Gleichungssysteme lösen
- o 2017/05/28 – wxMaxima: Differentialgleichungen lösen
- o 2017/05/28 – wxMaxima: Integrieren

Video-Links zu wxMaxima (spanisch)

- o 2014/01/16 – Tutorial 1 Maxima

- * Descarga. / Instalación.

<http://maxima.sourceforge.net>

- * Estructura. (Interfaz del programa.)

- * Funcionamiento.⁴

- `4+5;`⁵

- `? float; ? sqrt; describe(taylor); describe(taylor,inexact);`

- `4^3 /* 4 elevado al cubo */`

- `load("eigen"); columnvector([a,b,c]); %; 5*6; %i7;`

- `load("log10")$ %pi; %e; %alpha; %beta; %gamma; %pi, numer; %e; float(%);`

- `1/3, bfloat; fpprec:4; 1/3, bfloat;`

- `inf; minf; %i; %i^3; 3*%i+4; realpart(%); imagpart(%o5);`

- o 2014/01/16 – Tutorial 2 Maxima

- * Funciones Matemáticas.

- `sqrt(6); sqrt(6.0);`

- `log(10.0); log(50)/log(3),numer;`

- `sin(%pi/4); atan(1);`

- `round(2.3456); random(100); max(3/4,5/6,7/8); min(%pi,%e,sqrt(2));`

- `ifactors(50);`

-

- .

- * Definición de Variables.

- `a:3; b:9; c:2; a+3*b+c^(a+b); values; kill(a,b); kill(all); kill(values);`

- `a:3$ b:9$ c:2$ a+3*b+c^(a+b);`

- `ejemplo1:45; Ejemplo1:38; values;`

Otras Funciones Trigonómicas:

acosh(x) ... Hyperbolic Arc Cosine.
acot(x) ... Arc Cotangent.
acoth(x) ... Hyperbolic Arc Cotangent.
acsc(x) ... Arc Cosecant.
acsch(x) ... Hyperbolic Arc Cosecant.
asec(x) ... Arc Secant.
asech(x) ... Hyperbolic Arc Secant.

⁴Los comentarios usados en Maxima, son similares a los que se usa en Lenguaje C

⁵SHIFT + ENTER

- ```

'integrate(3*x^2,x,0,5);

```
- \* Cálculos Algebraicos.

```

(x+4)^2*(y+3); expand(%); factor(%); %,expand; %,factor;
x:3; y:5; (x+4)^2*(y+3); kill(values); ev((x+4)^2*(y+3),x=3,y=5);
(x+4)^2*(y+3),x=4,y=6;

```
  - \* Expresiones Algebraicas.

```

ejemplo:(x^(a/2)+1)^2*(x^(a/2)-1)^2/(x^a-1);
rat(ejemplo); ratsimp(ejemplo); fullratsimp(ejemplo); 6
q:sin(x)^2+cos(x)^2; trigsimp(%); trigreduce(q);
cos(2*b); trigexpand(%); sin(a+b); trigexpand(%);

```
- o 2014/01/16 – Tutorial 3 Maxima
    - \* Límites:

```

limit(expresion,x,0);
limit(tan(x),x,%pi/2,minus);
limit(tan(x),x,%pi/2,plus);

```
    - \* Diferenciación:

```

diff(x^n,x);
expr:2/(x+1)^2; diff(expr,x); diff(expr,x,2);

```
    - \* Integración:

```

expresion:(2/x)*(1/(x+a)); integrate(expresion,x); logcontract(%);
expresion:(2*x^2-1)/(x+5); ratprint:false; integrate(expresion,x,0,2), numer;
integrate(integrate((y^2+x),y,2,1-x),x,0,3);

```
    - \* Operadores lógicos

```

compare(15,2); %pi#%e,pred; 15^2<=100,pred; 6<8 and 8<10, pred;
if 6*5^2 <= 100 then 3+4 else 7+8;

```
    - \* Series de potencias:

```

f(x):=exp(x) taylor(f(x),x,1,4);

```
    - \* Transformada de Laplace

```

laplace(t*exp(t-1),s); ilt(%,s,t);

```
  - o 2013/04/05 – Video - Trabajando matrices con wxMaxima
  - o 2017/06/05 – Vectores y Matrices en Maxima – wxMaxima 16.04.02

```

load(vect);
v1: [1,0,-1]; v1: [1,0,-1]; v1+v2; v1-v2; v1*v2; v1.v2; v1~v2; express(%);
sqrt(apply("+",v1^2)); float(%); v1^2;
kill(all); A:matrix([1, 2, 3],[-1, 0, 3],[2, 1, -1]); A:matrix([1, 2, 3],[-1, 0, 3],[2, 1, -1]);
a: [1, 2, 1]; b: [0, 1, -1]; A+B; A-B; A.B; A^2; A^^2; A.a; a.A; 3*A;
determinant(A); invert(A); transpose(A); minor(A, 2,1); triangularize(A);

```
  - o 2017/06/06 – Calculo Vectorial en Maxima, Gráfico de campos vectoriales
  - o 2017/06/11 – Funciones y Gráficos en Maxima (Functions and Graphics in Maxima)
  - o 2015/04/26 – Integración numérica con Maxima: Método de Simpson

```

f(x):=%e^x; a:1.1; b:1.5; h:(b-a)/2; x0:a; x1:a+h; x2:b; h/3*(f(x0)+4*f(x1)+f(x2));
float(integrate(f(x),x,1.1,1.5)); ratprint:false;

```

---

<sup>6</sup>El comando RAT convierte la expresión al formato canónico racional, expandiendo y combinando todos los términos sobre un denominador común y cancelando el máximo común divisor del numerador y denominador.

## 0. Maxima – a Tutorial

### 1. Auswerten allgemein und Auswerten von Zellen vs. Zeilenumbrüche:

- \* Beginnen Sie die Arbeit mit wxMaxima einfach mit einer ersten Eingabe. Es erscheint dann automatisch die erste Eingabezelle. Mit dem Tastenbefehl **'Umschalt-Eingabe'** wird Ihre Eingabe von Maxima ausgewertet.
- \* Standardmäßig wird mit **'Umschalt-Eingabe'** eine Zelle ausgewertet, wogegen **'Eingabe'** die Eingabe mehrerer Zeilen in einer Zelle erlaubt.
- \* Wenn Ihre Berechnung zu lange braucht, ohne dass Sie ein Ergebnis erhalten, können Sie mit dem Menübefehl **'Maxima → Unterbrechen'** oder **'Maxima → Maxima neustarten'** die Berechnung abbrechen.
- \* Mit dem Menübefehl **'Bearbeiten → Zelle → Alle Zellen neu auswerten'** oder dem entsprechenden Tastenkürzel können Sie das ganze Dokument neu berechnen. Die Zellen werden nacheinander in der Reihenfolge berechnet, wie sie im Dokument erscheinen.

### 2. Definition von Variablen und Funktionen

- \* Maxima verwendet den **Operator ':'**, um Werte zu setzen, z. B. erhält die **Variable 'a'** den Wert 3 mit **'a : 3'**.
- \* Der **Operator ':='** definiert **Funktionen**, z. B. **'f(x) := x^2'**.

### 3. Wiederverwendung von Ergebnissen/Zugriff auf Ausgaben

- \* Maxima speichert die Ergebnisse aller Auswertungen ab.
  - Das letzte Ergebnis wird mit der Variable **'%'** abgerufen.
  - Auf vorhergehende Ergebnisse kann mit den Marken **'%on'** zur+ckgegriffen werden, wobei n die Nummer des Ergebnisses ist.
- \* Bei Eingabe eines Operators (+, \*, /, ^ oder =) als erstes Symbol einer Zelle wird automatisch ein % eingefügt, so dass sich das Programm wie ein graphischer Taschenrechner verhält. Diese Funktion kann über die Konfiguration (erreichbar über **'Bearbeiten → Einstellungen'**) abgeschaltet werden.
- \* Werden Funktionen mit einem Argument von einem **Menü** ausgewählt, ist das Standardargument **'%'**. Wollen Sie die Funktion auf einen anderen Wert anwenden, können Sie diesen im Dokument markieren und dann den Menübefehl ausführen.

### 4. Umstellen von Gleichungen & Anwendungsmöglichkeiten des at()-Befehls

- \* Die Stärken von Maxima sind das Umformen von Gleichungen und das Rechnen mit Formelbuchstaben. Es macht daher Sinn, Funktionen nur spärlich zu verwenden und stattdessen benannte Gleichungen vorzuziehen. Ebenfalls macht es Sinn, die konkreten Werte von Variablen in einer Liste zu speichern und nur in das Ergebnis einzusetzen, wo Zahlenwerte benötigt werden:

```
/* We keep the actual values in a list, so we can use them later on */
Values:[a=10,c=100];
Pyth:a^2+b^2=c^2;
solve(%,b); result:%[2];
at(result,Values); float(%);
```

- \* Gleichungen haben gleich mehrere Vorteile gegenüber Funktionen.
  - Sie werden stets in einer menschenlesbaren 2D-Form ausgegeben.
  - Sie können mit **factor()**, **expand()** und ähnlichen Funktionen umgeformt werden.
  - Sie können ineinander eingesetzt werden:

```
ohm:U=R*I;
r_parallel:R=R_1*R_2/(R_1+R_2);
result:at(ohm,r_parallel);
```

- \* Mit der “at”-Funktion können beliebige Variablen aus einer Resultatliste extrahiert werden:

```
g1:a*x+y=0; g2:b*y+x*x=1; solve([g1,g2],[a,b]);
%[1]; result_b:b=at(b,%);
```

- \* **Die Funktion at() eignet sich außerdem hervorragend dafür, Polynome an verschiedenen Stellen auszuwerten:**

```
at(21*x^3+23*x^2-459*x+753,x=2);
```

bzw.

```
p:21*x^3+23*x^2-459*x+753; at(p,x=1);at(p,x=2);at(p,x=3);
```

## 5. Weitere nützliche Befehle

- \* Der **rhs()** (steht für “right hand side”)-Befehl erlaubt es, das Ergebnis einer Gleichung in das Format zu konvertieren, das eine Funktion zurückgeben würde:

```
Values:[m=1.2*10^3, v=100*10^3/(60*60)]; /* m=1.2 tons and v=100 km/h*/
Energy:W=1/2*m*v^2;
at(Energy,Values);
W_mech:rhs(%);
```

- \* Der Befehl **table\_form** schreibt die Elemente einer Liste untereinander:

```
table_form([1,2,3,4,5]);
```

- \* wxMaxima kann als Animation visualisieren, wie sich eine Funktion mit einem Parameter ändert. Hierfür stellt es mit “with\_slider\_” beginnende Kommandos zur Verfügung:

```
with_slider_draw(a,[-16,-9,-4,-2,0,1,2,3,4,5,6,7],
title=concat(\ " a \ ",a), grid=true,
explicit(x^2-a*x,x,-10,10));
```

## 6. Grenzen von Maxima: Maxima kann mit drei Typen von Zahlen umgehen:

- \* exakten Brüchen (diese können beispielsweise als 1/10 eingegeben werden),
- \* IEEE-Fließkommazahlen (0.2 und ähnliche)
- \* und Fließkommazahlen einer frei wählbaren Länge (1b-1).
  - Da diese Fließkommazahlen als Binärzahlen abgebildet werden, ist dabei zu beachten, dass es bei einigen Zahlen (ein Beispiel wäre 0,1) keine Möglichkeit gibt, sie exakt in einer Fließkommazahl abzubilden.
  - Falls Maxima Fließkommazahlen verwenden soll, muss es daher in diesem Fall stattdessen etwas wie 3602879701896397/36028797018963968 statt 0.1 verwenden, was einen (allerdings sehr kleinen) Fehler in die Rechnung einführt.

## 7. Zugriff auf und Laden von Bibliotheken

- \* Wo das Benutzerverzeichnis liegt, wird mit dem Maxima-Befehl **maxima\_userdir**; angezeigt.
- \* Wenn im Benutzerverzeichnis eine Textdatei mit dem Namen wxmaxima.rc liegt, führt wxMaxima alle darin befindlichen Befehle automatisch bei jedem Start aus.
- \* Auf Bibliotheken, die im Benutzerverzeichnis von Maxima abgelegt sind, kann man von jedem Verzeichnis aus zugreifen.
- \* In Maxima-Versionen >5.38 akzeptiert die load()-Funktion .wxm-Dateien als Bibliotheken mit Maxima-Befehlen.

## 8. Tipps zum Plotten in Maxima

- \* Um in Polarkoordinaten zu plotten, können Sie im Eingabefeld ‘Optionen’ des Dialogs ‘2D Plotten’ die Option ‘set polar’ auswählen. Entsprechend können Sie im Dialog ‘3D Plotten’ zylindrische und sphärische Koordinaten für den Plot auswählen.
- \* Diagramme können eingebettet werden, indem an den Beginn des Namens des Zeichenbefehls ein “wx” angehängt wird. “draw” wird so zu “wxdraw”, plot zu “wxplot” etc.

- \* Seit wxMaxima 0.8.2 können Sie auch Bilder in ein Dokument einfügen. Nutzen Sie dazu den Menübefehl ‘Bearbeiten → Bild einfügen’. Beachten Sie, dass Sie das Dokument als ‘wxMaxima XML Dokument’ speichern müssen, wenn das Bild mit dem Dokument gesichert werden soll.

## 9. Tipps zu Dialogen mit wxMaxima

- \* Dialoge in wxMaxima haben oft Standardeinträge in den Eingabefeldern, wie zum Beispiel ‘%’ für das letzte Ergebnis. Haben Sie im Dokument einen Bereich markiert, wird dieser als Standardwert in das Eingabefeld übernommen.
- \* Es ist möglich, der ”Symbole”-Seitenleiste mehr Symbole hinzuzufügen: Im Konfigurationsdialog befindet sich ein entsprechendes Feld, in das sie kopiert werden können.
- \* Sie erhalten **Hilfe zu einer Maxima-Funktion**, indem Sie die Funktion im Dokument markieren oder doppelklicken und dann F1 drücken. wxMaxima öffnet das Maxima-Manual und sucht im Index den markierten Begriff.
- \* Markieren Sie im Ausgabebereich der Zelle einen Bereich, dann erhalten mit einem Rechtsklick ein Kontextmenü, das Funktionen zeigt, die auf die Auswahl angewendet werden können.
- \* **Strg+Leertaste** oder **Strg+Tabulator** startet eine Auto-Vervollständigungs-Funktion, die nicht nur über in Maxima eingebaute Funktionen und Variablen informiert ist, sondern auch die von externen Paketen nachgeladenen Befehle in Erfahrung bringt sowie die im aktuellen Arbeitsblatt definierten Funktionen.

## 10. Tipps zum Editieren mit wxMaxima

- \* Seit wxMaxima 0.8.0 steht ein **horizontaler Cursor** zur Verfügung, der zwischen den Zellen als eine horizontale Linie erscheint. Der horizontale Cursor zeigt an, wo z. B. die nächste neue Zelle eingefügt wird.  
Der horizontale Cursor arbeitet wie ein normaler Cursor, der jedoch auf Zellen wirkt. Mit den Pfeilen abwärts und aufwärts wird der horizontale Cursor zwischen den Zellen bewegt. Wird dabei die Umschalt-Taste gehalten, werden die Zellen markiert. Mit der Entf-Taste oder Rücktaste wird die nächste oder vorhergehende Zelle gelöscht.
- \* Sie können **mehrere Zellen** mit der Maus oder der Tastatur **auswählen**. Ziehen Sie dazu mit gedrückter linker Maustaste über die linken Zellklammern oder halten Sie ‘Umschalt-Taste’ fest und bewegen sich mit dem Cursor über die auszuwählenden Zellen. Dies ist nützlich, wenn Sie mehrere Zellen auf einmal löschen oder auswerten wollen.
- \* Sie können **Klammern um einen Ausdruck einfügen**, indem Sie diesen markieren und dann entweder ‘(’ oder ‘)’ drücken, je nachdem, wo der Cursor nach der Eingabe stehen soll.
- \* Durch einen **Klick in das linke obere Dreieck einer Zelle** können Sie den Ausgabebereich der Zelle ausblenden. Das funktioniert auch für Textzellen.
- \* Titel-, Kapitel- und Unterkapitelzellen können zugeklappt werden, um den Inhalt zu verbergen. Mit einem Klick in das linke obere Quadrat der Zelle wird die Zelle auf- oder zugeklappt. Wird beim Klicken die Umschalt-Taste gehalten, werden **alle Ebenen unterhalb der Zelle** ebenfalls auf- oder zugeklappt.
- \* wxMaxima bietet zwei Funktionen, die **Änderungen rückgängig** machen können:
  - Steht der Cursor zwischen zwei Zellen, macht die Tastenkombination **Strg+Z** Änderungen am Arbeitsblatt rückgängig.
  - Steht er innerhalb einer Zelle, ist Strg+Z mit einer sehr feinkörnigen Rückgängigmach-Funktion verbunden, die sich nur um Änderungen innerhalb der aktuellen Zelle kümmert und den Rest des Arbeitsblattes ignoriert.
- \* Die Tastenkombination **Shift+Space** erzeugt ein Leerzeichen, das nicht vom automatischen Zeilenumbruch in Zeilen umgebrochen wird.

- \* Sie können verschiedene Zelltypen in ein wxMaxima-Dokument einfügen. Diese Typen finden Sie im Menü unter ‘Bearbeiten → Zelle’. Beachten Sie, dass nur Eingabezellen von Maxima ausgewertet werden. Die anderen Zelltypen dienen dazu, das wxMaxima-Dokument zu strukturieren und mit Kommentaren zu versehen.
- \* In Textzellen können **Aufzählungen** dargestellt werden, indem Zeilen mit der Zeichenkombination ”\*” begonnen werden. Die Anzahl der Leertasten vor dem ”\*” bestimmt dabei, wie weit die Zeile eingerückt wird. Absätze in Aufzählungen werden dadurch realisiert, dass eine Zeile mit Leertasten eingerückt wird.
- \* **Zitate** können in Textzellen dadurch markiert werden, dass sie mit ”>” begonnen werden. Wie auch bei Aufzählungen können sie durch zusätzliche Leertasten eingerückt werden.

## 11. Tipps zum Speichern in wxMaxima

- \* Wenn im Konfigurationsdialog die **Automatisches Speichern**-Funktion aktiviert wird, verhält sich wxMaxima wie die meisten Apps auf mobilen Geräten, indem es die Datei beim Schließen und davor **alle paar Minuten speichert**.
- \* Im Dialog ‘Bearbeiten → Einstellungen’ können Sie angeben, ob Ort und Größe des wxMaxima-Fensters gespeichert werden sollen.
- \* Mit wxMaxima 0.8.2 wurde ein neues Format für Dokumente eingeführt. Dieses sichert nicht nur die Eingaben, sondern auch die Ergebnisse der Berechnungen. Wenn Sie Ihr Dokument speichern, können Sie dazu das Format ‘wxMaxima-XML-Dokument’ auswählen.