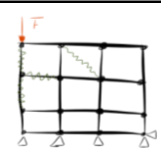
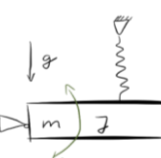
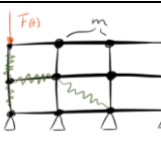
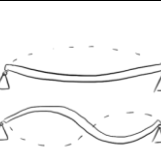
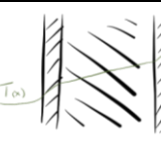
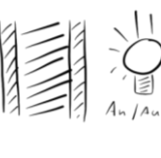
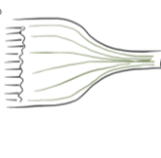
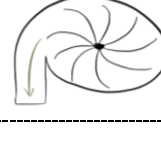
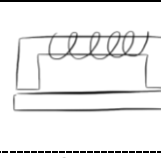



Zusammenfassung SISO 2013/14

	Typ	Math. Problem	Num. Methode	Software	Last/RB/Anf.B.	Input-Parameter (Werkstoff)	Lösung, gesuchte Zustandsgrößen	Bild / Bsp.	Aufg. 2013/14	Bemerkungen
A	Elastostatik [Elastostatics] Strukturmechanik [Static structural] Festigkeitsprobleme	RWP Randwertproblem: Part. DGL der Elastizität z.B. in der "Navier'schen Form mit Lamé'schen Konstanten"	FEM [FEA] -> lin. Gl-System $\underline{K}^* \underline{u} = \underline{F}$	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys (Mechanical) • Abaqus • MSC.Patran/Nastran • Comsol • Z88 	VerschiebungsRB $u = \dots$ Kräfte $F = \dots$ Momente, Drücke, Streckenlasten, Thermische Lasten	Werkstoff: Einfachst. Werkst.: lin-elast. isotrop: 2 Param.: Elast.-Modul [Young's modulus] E u. Querkontraktionszahl [Poisson's ratio] ν ; Orthotrop: 9 Param.	Primär: Knotenverschiebg. [nodal displacements] $\underline{u}(\underline{x})$. Sekundär: Spannungstensor [stress tensor] $\underline{\sigma}(\underline{x})$; Dehnungstensor [strain tensor] $\underline{\epsilon}(\underline{x})$.		Linear: 1, 2, 3 (Kragbalken) Nichtlinear: 4 (Plastizität), 5 (Geom. NL), 6 (Kontakt)	Nichtlineare (NL) Erweiterungen möglich, aber nicht einfach: <ul style="list-style-type: none"> • Geom NL • Werkstoff NL • Kontakt NL-Lösungsverfahren: iterativ
B	MKS (Mehr-Körper-Simulation) [Multi Body Simulation] Dynamik d. starren Körper Vorwärts-Dynamik	AWP Anfangswertprobleme: System v. gewöhnl. DGL 2. Ordnung: Z.B. lin. Bewegungsgl. $\underline{M}\underline{x}'' + \underline{B}\underline{x}' + \underline{K}\underline{x} = \underline{F}(t)$, aber auch nicht-lin.	Num. Ingeration z.B. Euler-Ein-Schritt (schlecht), besser: z.B. Runge-Kutta ("RK45") mit autom. Schrittweitensteuerung	<ul style="list-style-type: none"> • MSC.ADAMS • Ansys (Rigid Dynamics) • Matlab/Simulink 	Anfangsorte \underline{x}_0 u. Anfangsgeschw. \underline{v}_0 und Lasten $\underline{F}(t)$ und Bindungen (Gelenke [joints], Antriebe [driver constrains])	Diskrete Massenparameter, Masse und Massenmomente m, \underline{I} und evtl. diskrete Steifigkeiten/Drehsteifigk. k, c	Bewegung $\underline{x}(t)$ der starren Körper		Einleitung (Pendel) 11 (Garagentor)	<ul style="list-style-type: none"> • Einbau von NL i.R. kein Problem. • Für bel. Zeitverläufe (= transient)
C	Transient, Hochdynamisch: Expliziter FEM Hochgeschw. Dynamik (Crash) v. verformbaren Körpern	AWP , riesiges Wie B, aber i.R. viel größeres System	Num. Ingeration z.B. mit Runge-Kutta-Verfahren "RK45" i.R. mit höherer Ordnung und autom. Schrittweiten-Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> • LS Dyna • Abaqus Explizit • Ansys (Explicit Dynamics) 	Anfangsorte \underline{x}_0 und -geschw. \underline{v}_0 , $\underline{F}(t)$ u. andere Lasten (vgl. A)	Verteilte Massen -> Dichte $\rho(\underline{x})$ und verteilte Steifigkeit -> E, ν	Bewegung $\underline{x}(t)$ aller Knoten (= hochfreq. "Gezitter")		9 (Gummizylinder) 10 (Dosenpresse)	<ul style="list-style-type: none"> • Einbau von NL i.R. kein Problem. • Schallwellenausbreitung muss berücksichtigt werden, daher -> sehr kleine Schrittweiten nötig • Für bel. Zeitverläufe • Masse auf Knoten verteilt
D	Transient, langsam-dynamisch: Implizite FEM Langsame (i.Vergl. zur Schallgeschw.) Dynamik v. verformbaren Körpern	ARWP Anfangs-Randwert- Problem: In jedem Zeitschritt wird ein RWP gelöst.	Außen: Num. Integration Innen: FEM	Wie A	Anfangsorte \underline{x}_0 und -geschw. \underline{v}_0 , $\underline{F}(t)$ u. andere Lasten (vgl. A)	Verteilte Massen -> Dichte ρ und verteilte Steifigkeit -> E, ν	Zeitabhäng. Verschiebungsfeld $\underline{u}(\underline{x}, t)$	Wie oben, nur ohne Schallwellen-ausbreitung, dafür: -> stehende Wellen	8 (Gummizylinder)	<ul style="list-style-type: none"> • Einbau von NL i.R. kein Problem. • Für bel. (transiente) Zeitverläufe
E	Modalanalyse Schwingungsanalyse Harmonische (= sinusförmige) Dynamik	EWP Eigenwertproblem	Lösen v. EWP mit FEM-Diskretisierung <ul style="list-style-type: none"> • Lösung im Frequenzbereich und nicht im Zeitbereich 	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys (Modal) • Abaqus 	Einspannungen $u = 0$ Lasten (Prestress) nur bedingt möglich.	Verteilte Massen: Dichte ρ und verteilte Steifigkeit E, ν	Eigenschwingungs-Formen u. zugehörige Eigenfrequenzen		7 (Schraubenschwingung)	<ul style="list-style-type: none"> • Nur für lineare Systeme • Nur harmonische Zeitverläufe angenommen • Physikalisch: Kontinuumschw. M. unendlich vielen E.Schw.-Formen u. immer höherer E.Freq. • Mit FEM gibt es nur endlich viele E.-Freq.
F1	Wärmeleitung stationär (zeitunabhängige Lsg.) [heat conduction] Konvektion [convection] u. Strahlung [radiation] als RB möglich	RWP	FEM -> lin. Gl-System ähnlich zu $\underline{K}^* \underline{u} = \underline{F}$	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys(Stady-State Thermal) • Abaqus • Comsol 	Randtemp. T , Wärmequellen/senken Q Konvektion u. Strahlung als RB möglich	Spezif. Wärmeleitungs- widerstände λ und ggf. W.- Übergangskoeff. α und Emissionsfaktoren ϵ	Temperaturverteilung $T(\underline{x})$ und Wärmeflussdichte $\underline{Q}(\underline{x})$ (in drei Raumrichtungen)		12 (Schraubenschlüssel) 15 (Raumklima)	<ul style="list-style-type: none"> • Z.B. Warmedurchgang durch Wand mit zeitl. konstanter Temperaturverteilung
F2	Wärmeleitung instationär (Einschaltvorgänge)	ARWP	Außen: Num. Integration Innen: FEM	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys (Transient Thermal) • Abaqus • Comsol 	Zeitabh. Randtemp. $T(t)$, Wärmequellen/senken $Q(t)$, Anfangstemp. im Feld $T(0)$	Wie F1 plus Wärmekapazitäten κ	Wie F2, allerdings nun auch zeitabhängig: $T(\underline{x}, t)$ $\underline{Q}(\underline{x}, t)$		-	<ul style="list-style-type: none"> • Mit z.B. zeitveränderlicher Wärmequelle oder Außentemperatur
G1	CFD stationär	NL RWP nichtlinear	FVM = Finite Volumen Methode oder FEM oder Differenzenmeth.	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys (CFX) • Ansys (Fluent) • Comet/Star CD • Open Foam 	Massenfluss \dot{m} an Ein- oder Auslass Druckdifferenz p zw. Ein- u. Auslass	Dichte ρ Viskosität ν Turbulenzmodelle	Druckverteilung $p(\underline{x})$ Geschwindigk.-Vert. $\underline{v}(\underline{x})$		14 (Rohrströmung) 15 (Raumklima)	Turbulente Strömung bei großen Geschw. u. großen Strömungsgebieten -> winzige Wirbel. Diese können geom. im Gitter nicht abgebildet werden. Ausweg: Turbulenzmodelle (Wirbelenergie als gemittelte Zustandsgröße)
G2	CFD instationär	NL ARWP nichtlinear	Außen: Num. Integration Innen: FEM	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys (CFX) • Ansys (Fluent) • Comet/Star CD • Open Foam 	Wie G1, aber nun zeitveränderl.	Wie G1	Wie G1, aber nun zeitabh. $p(\underline{x}, t)$ $\underline{v}(\underline{x}, t)$		14 (Rohrströmung, Bonus)	Turbomaschinen müssen i.A. mit sich gegenseitig bewegenden Gittern modelliert werden und deshalb auch mit transienten Übergangsbedingungen
G3	CFD überschall	Riesiges AWP	Num. Integration	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys (CFX) • Ansys (Fluent) 	Wie G2	Wie G2	Wie G2	Überschall- Flugzeuge	-	Überschall heißt, dass die Information über Randbeding., die sich max. mit Schallgeschw. ausbreitet, nicht mehr stromauf ankommt: es kann zu Druckstößen kommen. Analogie: Straßenverkehr bei kleiner (Über-) bzw. großer Dichte (Unterschall).
H1	Elektrischer Fluss / EM-Felder stationär (oder langsam transient)	RWP	FEM -> lin. Gl-System analog zu $\underline{K}^* \underline{u} = \underline{F}$	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys (Magnetostatic / Electric) 	Spannungen U Ströme i	μ, ϵ spezif. elektr./magn. Widerstand bzw. Permeabilitäten	Elektrische und magnetische Flüsse und Feldlinien $\underline{\Phi}(\underline{x}), \underline{E}(\underline{x}), H(\underline{x}), B(\underline{x})$,		12 (Schraubenschlüssel) 13 (Elektromagnet)	
H2	EM-Felder hochfrequent	EWP Lösung der Maxwell'schen Gleichung	Lösen v. EWP , durch FE diskretisiert	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys + "Maxwell"-Paket • Comsol + EM-Paket 	Wie H2, aber auch hochfrequent	Wie H1	EM-Welle $\underline{\Phi}(\underline{x}, t), \underline{E}(\underline{x}, t), \dots$		-	