



LEITFADEN ZUR ERSTELLUNG VON E-AUFGABEN FÜR FORMATIVE SELF-ASSESSMENTS – ÜBERTRAGUNG MATHEMATISCH GEPRÄGTER AUFGABEN- STELLUNGEN IN DAS ANTWORT-WAHL-VERFAHREN

Titel: Good Practice Beispiele aus dem Projekt SPATs - Entwicklung eines kompetenzorientierten Online-**Self-/ Peer-Assessments** zur selbstgesteuerten und kooperativen Prüfungsvorbereitung im Bereich **Thermodynamik** und **Supply Chain Management**

Projektleitung: Technische Universität Dresden
Fakultät Maschinenwesen
Professur für Technische Thermodynamik
Prof. Dr. Cornelia Breitkopf

Technische Universität Dresden
Internationales Hochschulinstitut (IHI) Zittau
Professur für Produktionswirtschaft und Informationstechnik
Prof. Dr. Thorsten Claus

Bearbeiter: Jana Riedel, M.A.
Dipl.-Kfm. Torsten Lorenz, M.A.
Dipl.-Ing. (FH) Ronny Freudenreich, M.A.

Datum: Dresden, März 2015

Version 1.0

ZUR NUTZUNG DIESES LEITFADENS

Im Rahmen des Projektes SPAts - Entwicklung eines kompetenzorientierten Online-Self-/Peer-Assessments zur selbst-gesteuerten und kooperativen Prüfungsvorbereitung im Bereich Thermodynamik und Supply Chain Management¹ wurden elektronische Aufgabenpools für die Fächer Technische Thermodynamik (Bereiche Energielehre und Chemische- und Mehrphasenthermodynamik) und Supply Chain Management erstellt, die den Studierenden zu Übungszwecken und für die Prüfungsvorbereitung zur Verfügung stehen. Die Entwicklung der Fragenpools sowie das didaktische Konzept der Bereitstellung werden in diesem Leitfaden als **Good-Practice-Beispiel** dokumentiert und bieten eine Anregung zur Nachnutzung durch weitere Anwender. Zunächst werden die Ziele und die didaktische Konzeption des E-Assessment-Einsatzes dargestellt. Anschließend erfolgt die Beschreibung des konkreten Vorgehens bei der Erstellung der Fragenpools einschließlich der Vorstellung von Beispielaufgaben.

Auf Anfrage kann Interessierten ein Zugang zu den erstellten Fragenpools gewährt werden. Interessierte können die Fragen zum Einsatz in einer eigenen Lehrveranstaltung verwenden.

Die Self-Assessments stehen nur eingeschriebenen Studierenden der jeweiligen Lehrveranstaltungen zur Verfügung.

WARUM E-ASSESSMENT?

Im Rahmen der folgenden Lehrveranstaltungen sollen die Studierenden neben der Wissensvermittlung in den Präsenzveranstaltungen die Möglichkeit erhalten, die **Anwendung des Wissens** durch zusätzliche Übungsaufgaben zu ermöglichen, dabei das **selbstgesteuerte Lernen zu unterstützen** und die **Semesterabschluss-Prüfung vorzubereiten**.

LEHRVERANSTALTUNG	ENERGIELEHRE	CHEM.- & MEHR-PHASENTHERMODYNAMIK	SUPPLY CHAIN MANAGEMENT
FORM (SWS)	Vorlesung und Übung (4 SWS)	Vorlesung und Übung (4 SWS)	Vorlesung und Seminar (4 SWS)
EINORDNUNG	Grundlagenveranstaltung	Vertiefungsveranstaltung	Grundlagenveranstaltung
ANZAHL STUDIERENDE	1000	250	40
SEMESTER	1. Semester (bzw. 3. im Wiederholungsfall)	5. Semester (bzw. 8. im Wiederholungsfall)	1. Semester
ABSCHLUSS	Diplom	Diplom	Master

¹ Das Projekt wurde vom 01.04.2014 bis 31.03.2015 als Lehr-Lern-Projekt im BMBF-geförderten Verbundvorhaben „Lehrpraxis im Transfer“ gefördert.

Um dies trotz steigender Studierendenzahlen bei gleichbleibender Anzahl des Betreuungspersonals realisieren zu können, sollen automatisch auswertbare elektronische Übungsaufgaben entwickelt werden, die in Form eines **formativen Assessments** zur Verfügung stehen. Als formatives Assessment wird hierbei die Bestimmung des aktuellen Lernstandes während einer spezifischen Lehr-/Lernperiode verstanden.

Zunächst soll ein Grundstock von Aufgaben als **Self-Assessment** bereitgestellt werden. Self-Assessments dienen vorrangig der Selbsteinschätzung der Lernenden.

In der Veranstaltung zum Supply Chain Management am IHI Zittau erfolgte die Aufgabenentwicklung zweistufig: Zunächst wurde ein Master-Peer-Ansatz verfolgt, bei dem ausgewählte und fachlich kompetente Studierende des vorangegangenen Semesters einen Basis-Pool an Aufgaben erstellt haben. Der Aufgabenpool wurde anschließend im Sinne eines Peer-Assessments durch die Studierenden um weitere selbst erstellte Aufgaben ergänzt. Das Peer-Assessment bezieht sich hier auf die Erstellung von Übungsaufgaben von Studierenden für Studierende. Dabei erstellen die Studierenden Übungsaufgaben in Kleingruppen und reviewen die erstellten Aufgaben gegenseitig hinsichtlich ihrer Qualität. Das Verfahren des Peer-Assessments ermöglicht es, die Aufgaben aus einer lernertypischen Sicht zu erstellen und zu gestalten.

Dieser Ansatz ließ sich aufgrund der hohen Studierendenzahlen und des damit verbundenen Betreuungsaufwandes in den Veranstaltungen zur Thermodynamik an der TU Dresden nicht identisch realisieren. Um den Peer-Ansatz weiterhin zu verwirklichen und die Aufgaben aus Lernendensicht zu gestalten, wurden ebenfalls Master-Peers (Studierende der betreffenden Veranstaltungen) ausgewählt. Diese haben zunächst gemeinsam mit den Kommilitonen die Schwerpunkte für den zu erstellenden Aufgabenpool identifiziert. Auf dieser Grundlage haben die Master-Peers Aufgaben entwickelt, die unter didaktischen und fachlichen Gesichtspunkten durch Experten am Medienzentrum und der Professur für technische Thermodynamik geprüft wurden. Eine Erstellung von Aufgaben durch alle Studierenden musste entfallen, da die Erfahrungen des IHI Zittau gezeigt haben, dass dieses Verfahren einen hohen personellen und zeitlichen Aufwand erfordert, der durch die hohe Anzahl Studierender in der Thermodynamik nicht realisierbar gewesen wäre.

Die entstandenen Fragenpools dienen den Lernenden als Übungsinstrument, sollen zu einer verstärkten Verantwortungsübernahme für den eigenen Lernprozess beitragen und das **selbstgesteuerte sowie kooperative Lernen fördern** sowie zu einer **Steigerung der Lernmotivation und Lernleistung** führen. Die Studierenden können eigene Wissenslücken erkennen, um sie zielgerichtet zu schließen. So soll sichergestellt werden, dass die Studierenden angemessen auf die nachfolgenden Lerninhalte und –aufgaben vorbereitet sind.

Die Umsetzung der Assessments durch automatisiert auswertbare Aufgaben führt außerdem zu einer **verbesserten Objektivierbarkeit und Vergleichbarkeit der Übungsergebnisse**. Durch die Auswertung der erzielten Ergebnisse erhalten die Hochschullehrenden zudem eine **Rückmeldung zu fachlichen Verständnisproblemen** der Studierenden und können im Rahmen der Vorlesung auf diese eingehen. Sie erfahren mehr über die Perspektive der Studierenden hinsichtlich Schwierigkeiten im Rahmen der Aufgabenbearbeitung und Herangehensweisen an die Aufgabenkonstruktion und erhalten

zudem eine Rückmeldung zu den von ihnen erstellten E-Übungsaufgaben (z.B. Unklarheiten oder Verständnisprobleme).

Der **optimierte Ressourceneinsatz** in Bezug auf das Betreuungspersonal ermöglicht es, dass das wenige vorhandene Personal künftig mehr Zeit für eine persönliche Betreuung der Studierenden zur Verfügung hat als bisher, wo viel Zeit für die händische Korrektur der eingereichten (relativ umfangreichen - mathematischen) Übungsaufgaben gebraucht wurde.

DIDAKTISCHE KONZEPTION DES ASSESSMENT-EINSATZES

Die Vorlesungen „Energielehre“ und „Chemische- und Mehrphasenthermodynamik“ bestehen bisher aus dem Vortrag in der Präsenzveranstaltung, gesonderten Übungsterminen und online zur Verfügung gestellten Materialien wie Skript, Aufgaben- und Formelsammlungen sowie Übungsaufgaben. Dies entspricht einem konstruktivistischen Instruktionsdesign. Das Richtlehrziel beider Lehrveranstaltungen zielt auf die Kenntnis grundlegender mathematischer Zusammenhänge und deren Anwendung auf typische komplexe Aufgabenstellungen.

Das aus einer Vorlesung und einem Seminar bestehende Modul „Supply Chain Management“ ist in zwei Phasen unterteilt. In einer ersten Phase der Wissensvermittlung und –anwendung werden in Präsenzveranstaltungen die Grundlagen gelegt für die nachfolgende zweite Phase mit Fallstudienbearbeitung in virtueller betreuter Gruppenarbeit. Als Materialien wurden bisher neben dem Vortrag in den Präsenzveranstaltungen, E-Lectures (Vortragsaufzeichnungen), Übungsaufgaben und Vertiefungsmaterialien angeboten. Dies entspricht einem konstruktivistischen Ansatz, der Instruktions- und Problemlösedesign verbindet. Das Richtlehrziel der Veranstaltung zielt auf den Umgang mit spezifischen Methoden und die Berechnung problembezogener Aufgaben des Lieferantenkettenmanagements.

Die Übungsaufgaben werden seit dem Wintersemester 2013/14 als E-Assessment-Aufgaben im automatisiert auswertbaren Antwort-Wahl-Verfahren angeboten, die von den Studierenden freiwillig bearbeitet werden können. Teilweise erhalten sie für die erfolgreiche Bearbeitung der Aufgabenkomplexe 3 Zusatzpunkte für die Klausur. Ergänzend dazu sollen E-Assessment-Aufgaben in Form eines Self-Assessments zur Verfügung stehen. Diese dienen den Studierenden als individuell und ebenfalls freiwillig nutzbare Überprüfungsmöglichkeit ihres aktuellen Wissensstandes. Sie können so erworbenes Wissen festigen ebenso wie Wissenslücken aufdecken, welche sie anschließend mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Materialien oder durch gezieltes Nachfragen schließen können. In diesem Sinne dienen sie der Vor- und Nachbereitung der Vorlesung sowie der begleitend angebotenen Übung.

Das Self-Assessment unterstützt die Studierenden darüber hinaus bei der selbstgesteuerten Prüfungsvorbereitung und soll zu einer verstärkten Verantwortungsübernahme für den eigenen Lernprozess beitragen. Die Möglichkeit der gezielten Prüfungsvorbereitung durch die Lösung ähnlicher Aufgaben soll zu einem besseren Leistungsdurchschnitt der Klausurergebnisse führen.

In Form eines Peer-Assessments haben die Studierenden zudem die Möglichkeit, eigene Fragen zu entwerfen. Dies dient der intensiveren und aktiveren Auseinandersetzung mit dem Lernstoff und verstärkt den konstruktivistischen Ansatz der Lehrveranstaltung. Die Studierenden können ihre selbst erstellten Aufgaben und den vorbereiteten Fragenpool kommentieren und so die erstellten Aufgaben bewerten. Auf diese Weise wird das kooperative Lernen angeregt, in dem die Studierenden Probleme und Besonderheiten untereinander diskutieren und dabei voneinander lernen.

Die Studierenden nehmen in diesem Prozess drei verschiedene Rollen ein: zunächst fungieren sie als Übungsteilnehmer und können die auf der Lernplattform OPAL vorhandenen E-Übungsaufgaben lösen und kommentieren. Des Weiteren ist es ihnen als Aufgabenersteller selbst möglich, Übungsfragen zu entwickeln. Nicht zuletzt nehmen sie im Rahmen des Peer-Assessments die Rolle der Feedbackgeber ein und bewerten die erstellten Übungsaufgaben ihrer Kommilitonen.

Die Fragen für die einzelnen Themengebiete stehen den Studierenden begleitend zur Lehrveranstaltung während des gesamten Semesters zur Verfügung. Die Aufgaben können unmittelbar einzelnen Kapiteln im Vorlesungsskript zugeordnet werden, so dass die Studierenden bei Verständnisproblemen und Wissenslücken auf dieses zurückgreifen können, um Inhalte nachzuarbeiten.

Nach Lösung der Aufgaben wird den Studierenden der Thermodynamik-Veranstaltungen die richtige Lösung angezeigt. Die Studierenden sind danach aufgefordert, den Rechenweg selbstständig nachzuvollziehen. Für jeden Aufgabenkomplex gilt eine Bestehensgrenze von 40 %, wobei die Anzahl der Lösungsversuche für den Test unbegrenzt ist. Für jeden Lösungsversuch ändern sich jedoch die Aufgabenzusammenstellung und die Variablen der Berechnungsaufgaben, so dass jeder Lösungsversuch eine neue Berechnung erfordert. Für jede Aufgabe können Teilpunkte für richtige Teillösungen erworben werden.

Dieser Ansatz kam in der Veranstaltung zum Supply Chain Management leicht modifiziert zum Einsatz. So werden den Studierenden nicht die richtigen Lösungen angezeigt, sondern nur ob die gegebene Antwort richtig oder falsch ist. Die Studierenden erhalten in einem erneuten Lösungsversuch identische Aufgaben mit identischen Variablen und können den Lösungsweg dadurch trainieren.

VORGEHEN ZUR ENTWICKLUNG DES FRAGENKATALOGES

BESONDERHEITEN ZUR UMSETZUNG TYPISCHER KOMPLEXAUFGABEN IM AUTOMATISIERT AUSWERTBAREN ANTWORT-WAHL-VERFAHREN

Die Aufgaben der vorgestellten Lehrveranstaltungen sind überwiegend durch mathematische Aufgabenstellungen abgebildet. Um diese automatisiert auswerten zu können, werden komplexe Aufgabenstellungen in mehrere Teilschritte zerlegt. Zur Überprüfung des Rechenweges und zum Nachweis der zur Lösung der Teilaufgaben nötigen Fähigkeiten gilt es, die Aufgabe in mehrere Unteraufgaben zu ergänzen, die die Lösungsschritte widerspiegeln. Die einzelnen Teilergebnisse dürfen die Lösungen der zusammenhängenden Aufgaben nicht vorwegnehmen. Eine beispielhafte Umsetzung einer Komplexaufgabe in mehreren Teilschritten findet sich am Ende dieses Leitfadens.

Zur Lösung der Aufgaben können die Studierenden notwendige Berechnungen und Teilschritte zunächst in der ursprünglichen papierbasierten bzw. softwaregestützten Form vornehmen. Diese werden in den Unteraufgaben abgefragt und erfasst. Das Verfahren erlaubt somit die automatisierte Auswertung mathematisch geprägter Übungsaufgaben unter Berücksichtigung von Teillösungen und des Lösungsweges.

FESTLEGUNG DER THEMENBEREICHE, AUFGABEN UND LERNZIELE

Die Erstellung des Fragenkataloges orientiert sich eng an den in der Vorlesung behandelten inhaltlichen Schwerpunkten (Themenbereichen). Für jeden Themenbereich variiert die Anzahl der zur Verfügung stehenden Fragen.

Der Vorlesungsstoff wurde in Themenbereiche gegliedert, die für die Bereitstellung der Aufgaben zu Aufgabenkomplexen zusammengefasst wurden, wie die folgende Übersicht zeigt.

Tabelle 1 Zuordnung von Themengebieten und Aufgabenkomplexen der Vorlesung „Energielehre“

THEMENGEBIET	UMSETZUNG UND ZUSAMMENFÜHRUNG IN AUFGABENKOMPLEXEN
1) Ausgewählte Grundbegriffe	Aufgabenkomplex 1
2) Thermisches Zustandsverhalten	(2 Komplexaufgaben mit je 4-5 Teilaufgaben und 15 separate Einzelaufgaben zu den Grundbegriffen)
3) Der Erste Hauptsatz der Thermodynamik	Aufgabenkomplex 2
4) Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik	(7 Komplexaufgaben mit je 3-5 Teilaufgaben)
5) Energetisches Zustandsverhalten	Aufgabenkomplex 3
6) Ausgewählte Diagramme zur Darstellung von Zustandseigenschaften fluider Stoffe	(6 Komplexaufgaben mit je 3-5 Teilaufgaben)
7) Thermodynamische Modelle für innerlich reversible, einfache Prozesse	Aufgabenkomplex 5 (5 Komplexaufgaben mit je 3-5 Teilaufgaben)
8) Ausgewählte einfache Prozesse mit feuchter Luft	Aufgabenkomplex 4
9) Ausgewählte irreversible Prozesse	(7 Komplexaufgaben mit je 3-5 Teilaufgaben)

Tabelle 2 Zuordnung von Themengebieten und Aufgabenkomplexen für die Vorlesung „Chemische- und Mehrphasenthermodynamik“

THEMENGEBIET	UMSETZUNG UND ZUSAMMENFÜHRUNG IN AUFGABENKOMPLEXEN
1) Grundbegriffe, theoretische Modelle und Basisgleichungen der Thermodynamik	Aufgabenkomplex 1 (7 Komplexaufgaben mit je 2-4 Teilaufgaben)
2) Thermodynamische Eigenschaften von reinen Fluiden	
3) Thermodynamische Eigenschaften von Mischphasen	Aufgabenkomplex 1 und 2
4) Thermodynamik chemischer Reaktionen.	Aufgabenkomplex 2 (6 Komplexaufgaben mit je 2-4 Teilaufgaben)
5) Phasengleichgewichte	

Tabelle 3 Zuordnung von Themengebieten und Aufgabenkomplexen für die Veranstaltung „Supply Chain Management“

THEMENGEBIET	UMSETZUNG UND ZUSAMMENFÜHRUNG IN AUFGABENKOMPLEXEN
1) Kürzeste Wege Problem und Standortplanung	Aufgabenkomplex 1 (8 Komplexaufgaben mit je 8-15 Teilaufgaben)
2) Grundlagen Logistik	Aufgabenkomplex 2 (3 Komplexaufgaben mit je 6-8 Teilaufgaben)
3) Zuordnungs-/Transportplanung	Aufgabenkomplex 3 (5 Komplexaufgaben mit je 5-10 Teilaufgaben)
4) Travelling Salesman Problem/Tourenplanung	Aufgabenkomplex 4 (6 Komplexaufgaben mit je 5-15 Teilaufgaben)

Alle erstellten Aufgaben überprüfen Lernziele auf der Taxonomie-Ebene des Wissens bzw. Erinnerns. Allgemein formuliert zielen diese daher auf folgendes Richtziel: Die Studierenden geben die vermittelten mathematischen Zusammenhänge des Themengebietetes wieder. In Vorbereitung der Klausur stehen auch einzelne Aufgaben bereit, die sich auf die Anwendung des Wissens zur Lösung fachspezifischer Berechnungsaufgaben beziehen. Das in der Klausur zu überprüfende Richtziel lautet daher folgendermaßen: Die Studierenden wenden grundlegende mathematische Zusammenhänge auf die Lösung komplexer Berechnungsaufgaben an.

ERSTELLUNG DER E-ÜBUNGSAUFGABEN

Die Erstellung der E-Übungsaufgaben erfolgt mit dem Testwerkzeug ONYX, welches innerhalb der sächsischen Lernplattform OPAL allen Lehrenden und Studierenden zur Verfügung steht. Das Testwerkzeug wird über die Auswahl „Mein Aufgabenpool“ unter der Registerkarte „Lernressourcen“ aufgerufen.

Folgende Aufgabentypen und dazugehörige Bewertungsmöglichkeiten stehen derzeit in ONYX zur Verfügung:

Tabelle 4 Aufgabentypen und Bewertungsmöglichkeiten im Testwerkzeug ONYX

AUFGABENTYP	BEWERTUNGSMÖGLICHKEITEN
Auswahlaufgabe (Single und Multiple Choice)	Bewertung auf Aufgabenebene, individuelle Bewertung einzelner Antworten
Lückentext	Bewertung auf Aufgabenebene, individuelle Bewertung einzelner Antworten
Fehlertext	Bewertung auf Aufgabenebene, individuelle Bewertung einzelner Antworten
Numerische Eingabe (spezielle Form eines Lückentextes)	Bewertung auf Aufgabenebene, individuelle Bewertung einzelner Antworten
Berechnungsaufgabe (spezielle Form eines Lückentextes)	Bewertung auf Aufgabenebene, individuelle Bewertung einzelner Antworten
Formelvergleich (spezielle Form eines Lückentextes)	Bewertung auf Aufgabenebene, individuelle Bewertung einzelner Antworten
Freitextaufgabe	Manuelle Bewertung, teilautomatisierte Bewertung anhand von Stichworten/Mustertexten
Reihenfolgeaufgabe	Bewertung auf Aufgabenebene
Einfache Zuordnungsaufgabe	Bewertung auf Aufgabenebene
Zuordnungsaufgabe (Matrix)	Bewertung auf Aufgabenebene, individuelle Bewertung einzelner Antworten
Hotspot	Bewertung auf Aufgabenebene
Uploadaufgabe Typ 1: Dieser Aufgabentyp ermöglicht das Hochladen von Bild-Dateien.	Bewertung auf Aufgabenebene
Uploadaufgabe Typ 2: Für diesen Aufgabentyp muss eine Stylesheet-Datei (CSS) extern erstellt und in ONYX hochgeladen werden. Damit ist es grundsätzlich möglich, Lücken auf Hintergrundgrafiken anzuordnen.	Bewertung auf Aufgabenebene

Zu jeder Aufgabe ist es möglich, Feedback für richtige oder falsche Antworten sowie individuelle Feedbackregeln zu erstellen.

Genauere Beschreibungen und Einsatzmöglichkeiten liefert das ONYX-Handbuch, welches über die Hilfe innerhalb der ONYX Testsuite erreichbar ist. Für die Erstellung und Integration einer Uploadaufgabe existiert ein eigener Leitfaden.

EVALUATION UND QUALITÄTSSICHERUNG

Die Qualität der durch studentische Hilfskräfte und Master-Peers erstellten Fragen wird sowohl aus fachlicher als auch aus didaktischer Sicht durch Mitarbeiter des Projektes SPAts geprüft. Zusätzlich haben auch die Studierenden, die Möglichkeit, die Verständlichkeit, Schwierigkeit oder Unterstützungsfähigkeit der Aufgaben zu bewerten. Dies entspricht einem 2-stufigen Review-Verfahren.

Die Studierenden können für ihr Feedback einerseits die Kommentarfunktion, die auf Aufgabenebene zur Verfügung steht, nutzen. Andererseits steht am Ende jedes Self-Assessment-Komplexes eine Befragung über den Komplex zur Verfügung, in der die Studierenden ebenfalls allgemeine Hinweise zu den Aufgaben geben können.

Mit Hilfe einer umfassenden Befragung in UniPark wird außerdem der komplette Self-Assessment-Prozess aus Sicht der Studierenden evaluiert. Der Online-Fragebogen wird dabei an die Studierenden versandt und enthält Fragen zu folgenden Bereichen: Zuverlässigkeit der Testzusammenstellung auch im Hinblick der Schwierigkeitsgrade der Self-Assessment-Einheiten, Nützlichkeit des Self-Assessments für den Lernprozess und die Prüfungsvorbereitung, sowie Verständnisaspekte in Bezug auf Technik, Fragen, Fragenaufbau, Aufgabenformate etc..

Die Ergebnisse am IHI Zittau zeigen, dass die Studierenden die zeit- und ortsunabhängige Bearbeitung der Aufgaben schätzen und diese vorrangig zur Übung im Semesterverlauf und zur Vorbereitung der Klausur nutzen. Vorteilhaft bewerten sie die schnelle Ergebnisrückmeldung und das bessere Zeitmanagement im Rahmen der Prüfungsvorbereitung. Dennoch vermissen sie den Kontakt zu den Übungsleitenden und Kommilitonen.

BEISPIELAUFGABE ENERGIELEHRE: UMSETZUNG ÜBUNGSAUFGABE 3.3 IN ONYX

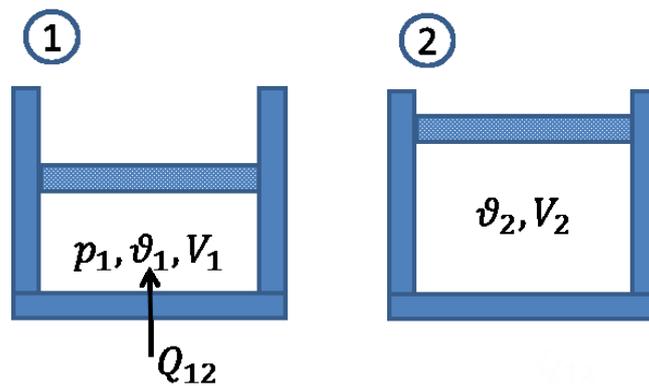
Ausgangssituation

Ein vertikal positionierter Zylinder wird von einem reibungsfrei beweglichen Kolben abgeschlossen. Im System befindet sich ein Gemisch perfekter Gase bestehend aus Stickstoff (N_2) und Kohlendioxid (CO_2 , Molanteil ψ_{CO_2}) bei einem konstanten Druck p . Anfangstemperatur ϑ_1 und Anfangsvolumen V_1 sind bekannt. Während einer Wärmezufuhr an das Gasgemisch (1) expandiert dieses quasistatisch bis zum Endvolumen V_2 (2).

Folgende spezielle Werte sind gegeben:

$$p = 1,025 \text{ bar} \quad \vartheta_1 = 15 \text{ °C} \quad V_1 = 0,2 \text{ m}^3 \quad V_2 = 0,217 \text{ m}^3 \quad \psi_{CO_2} = 0,3$$

Schemata:



Aufgabenstellung vorher:

Mit diesen gegebenen speziellen Werten sind zu berechnen:

- die Masse des Gasgemisches m_M ,
- Endtemperatur ϑ_2 .

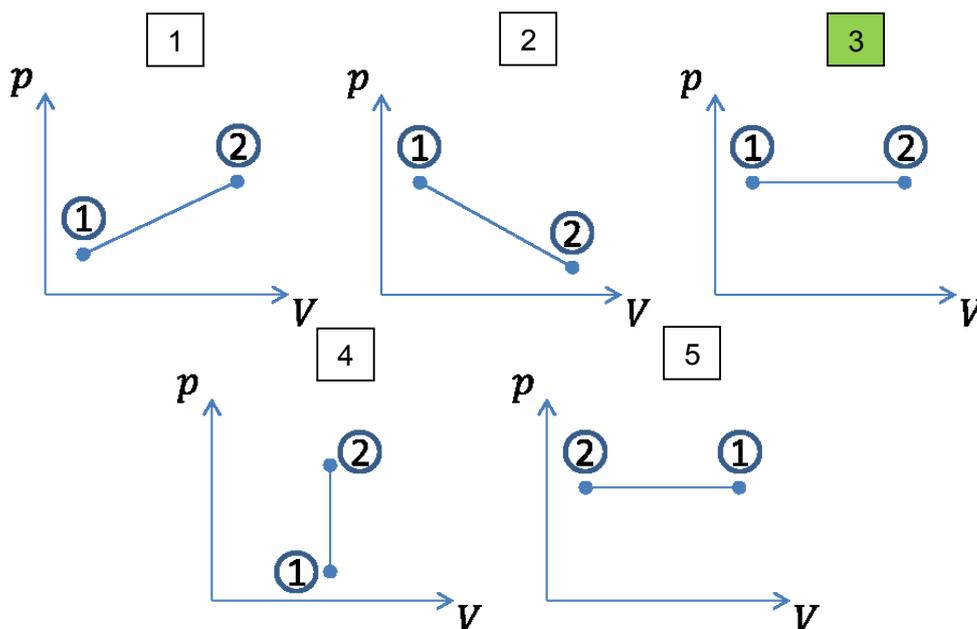
Umsetzung in ONYX

Bemerkung:

Vor jeder Teilaufgabe wird nun die komplette Sachaufgabe inkl. Schemata gestellt.

1. Aufgabe (a)

Welches unten dargestellte p,v-Diagramm beschreibt den oben dargestellten Prozess?
 Kreuzen Sie das richtige Diagramm an (1 Punkt)!



2. Aufgabe (b)

Wie kann der oben dargestellte Prozess charakterisiert werden? Kreuzen Sie die richtige Antwort an (1 Punkt)!

- isotherm
- isobar
- isochor
- isentrop

3. Aufgabe (c)

Welche Beziehung ist für die Berechnung der Masse heran zu ziehen? Kreuzen Sie die richtige Antwort an (1 Punkt)!

- thermische Zustandsgleichung idealer Gase
- thermische Zustandsgleichung realer Gase
- Masse kann aus dem spezifischen Volumen mittels Stoffdatentabellen ermittelt werden

4. Aufgabe (d)

Welche Gleichung in der Formelsammlung ist für die Berechnung der Masse zu nutzen? Kreuzen Sie die Nummer der Formel an (1 Punkt)!

Auswahlmöglichkeiten:

- 19
- 23
- 36
- 20
- 24

5. Aufgabe (e)

Mit der in Aufgabe 4 (d) ermittelten Formel: $pV_1 = m_M R_M T_1$ kann die Masse des Gasmisches berechnet werden. Alle für die Berechnung notwendigen speziellen Werte haben Sie gegeben, außer R_M . Wer oder Was beschreibt R_M und aus welcher Formel kann dieser Wert akquiriert werden? Kreuzen Sie die richtigen Antworten an (2 Punkte)!

Auswahlmöglichkeiten:

- $R_M = \frac{R}{M_M}$
- (scheinbare) universelle Gaskonstante
- $R_M = \bar{R} * M_M$
- $R_M = \frac{\bar{R}}{M_M}$
- (scheinbare) normierte Gaskonstante

- $R_M = R * M_M$
- (scheinbare) spezifische Gaskonstante

6. Aufgabe (f)

Für die Berechnung der spezifischen Gaskonstante benötigen Sie bei richtig gewählter Formel den Wert der universellen Gaskonstante und den Wert der molaren Masse des Gasgemisches. Während der Wert der universellen Gaskonstante gegeben ist, müssen Sie die molare Masse des Gasgemisches berechnen. Wie können Sie die molare Masse des Gasgemisches berechnen? Kreuzen Sie die richtige Formel an (1 Punkt)!

Auswahlmöglichkeiten:

- $M_M = \sum_{i=1}^k \psi_i M_i$
- $M_M = \sum_{i=1}^k \phi_i M_i$
- $M_M = \sum_{i=1}^k \epsilon_i M_i$
- $M_M = \sum_{i=1}^k \xi_i M_i$

7. Aufgabe (g)

Mit der in Aufgabe 6 (f) gewählten Formel können Sie nun die molare Masse des Gasgemisches berechnen. Geben Sie die molare Masse des Gasgemisches in der geforderten Maßeinheit an (3 Stellen nach dem Komma, 1 Punkt)!

Die molare Masse M_M des Gasgemisches beträgt 32,810 $\frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$.

8. Aufgabe (h)

Zur Berechnung der spezifischen Gaskonstante wird die universelle Gaskonstante benötigt. Welcher Wert inkl. richtiger Einheit entspricht der universellen Gaskonstante? Kreuzen Sie die richtige Antwort an (1 Punkt)!

- $\bar{R} = 8,3145 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$
- $\bar{R} = 8,3415 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$
- $\bar{R} = 8,3541 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$
- $\bar{R} = 8,3145 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol } ^\circ\text{C}}$

9. Aufgabe (i)

Mit dem in Aufgabe 7 (g) ermittelten Wert und der vorgegebenen universellen Gaskonstante – Aufgabe 8 (h) – können Sie die spezifische Gaskonstante errechnen. Geben Sie die spezifische Gaskonstante in der geforderten Maßeinheit an (3 Stellen nach dem Komma, 1 Punkt)!

Die spezifische Gaskonstante R_M beträgt 0,253 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$.

10. Aufgabe (j)

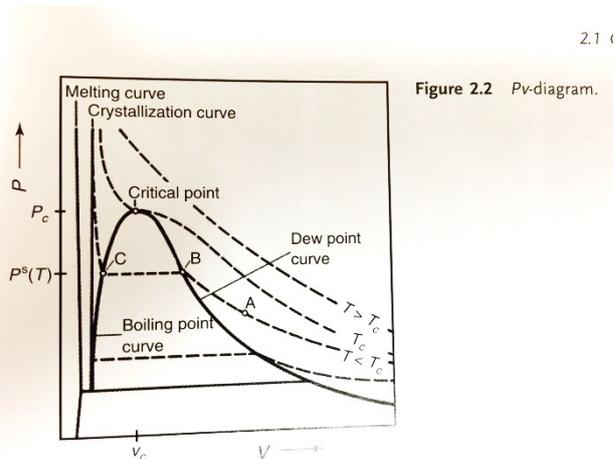
Mit den gegebenen speziellen Werten aus der Ausgangssituation und dem in Aufgabe 9 (i) ermittelten Wert für R_M können Sie unter zu Hilfenahme der in Aufgabe 4 (d) ermittelten Formel die Masse m_M des Gasgemisches errechnen. Geben Sie den errechneten Wert für die Masse m_M in der geforderten Maßeinheit an (3 Stellen nach dem Komma, 1 Punkt)!

Auswahlmöglichkeiten:

Die Masse m_M des Gasgemisches beträgt 0,281 kg.

BEISPIELAUFGABE CHEMISCHE- UND MEHRPHASENTHERMODYNAMIK: UMSETZUNG ÜBUNGSAUFGABE „UMSETZUNG p-V-DIAGRAMM“ (DEUTSCH)

Quelle: „Chemical Thermodynamics for Process Simulation, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1st Reprint 2012, Seiten 5-9“



1 Originaldiagramm (Quelle: siehe oben)

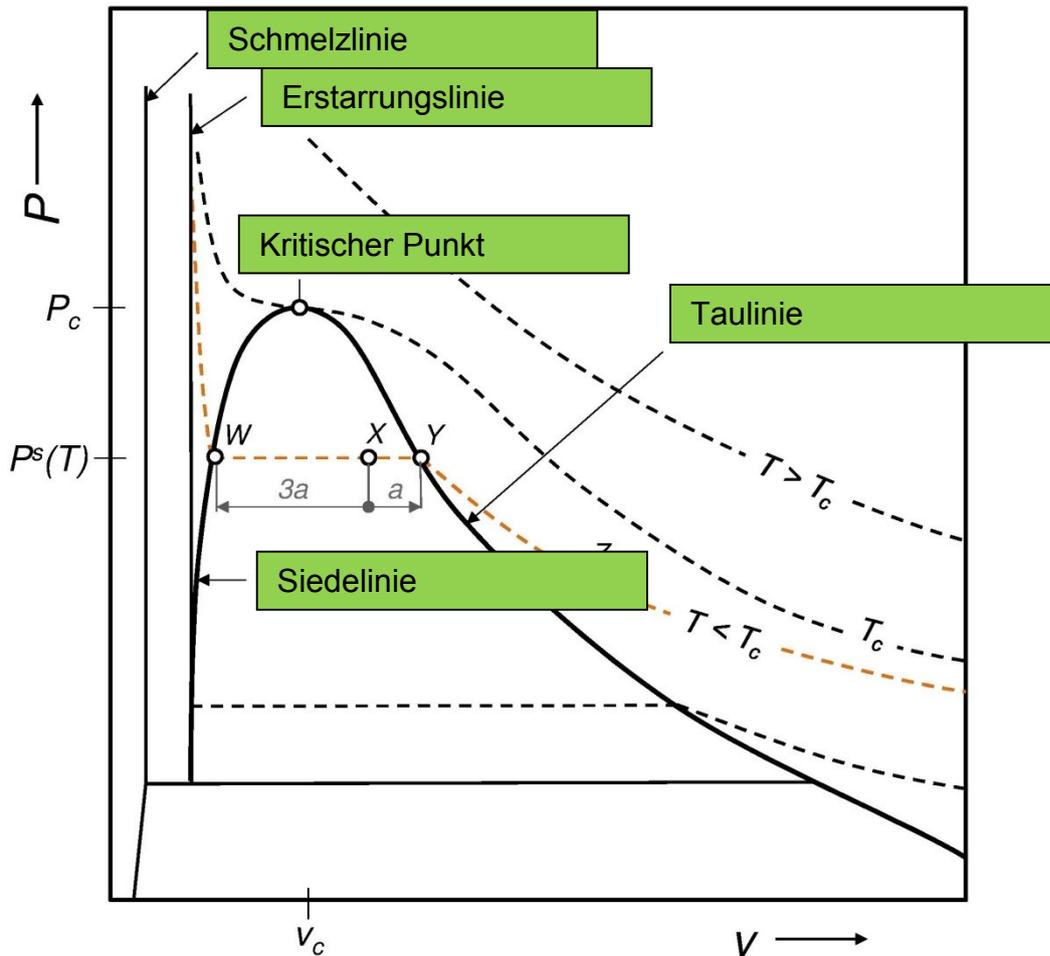
Im Folgenden sind etwaige deutsche Übersetzungen in Klammern im Fettdruck gekennzeichnet, z.B. (**Schmelzlinie**).

Umsetzung in ONYX

1. Aufgabe

Vervollständige die Lücken im untenstehenden p-V-Diagramm mit den richtigen, im Folgenden gegebenen Begriffen:

Begriffe: Melting Curve (**Schmelzlinie**); Boiling Point Curve (**Siedelinie**), Crystallization Curve (**Erstarrungslinie**); Dew point curve (**Taulinie**) and Critical Point (**Kritischer Punkt**)



2. Aufgabe

Beschreibe die verschiedenen Phasen die ein reiner Stoff durchläuft, wenn er bei einer konstanten Temperatur ($T < T_c$, orange Isotherme) verdichtet wird.

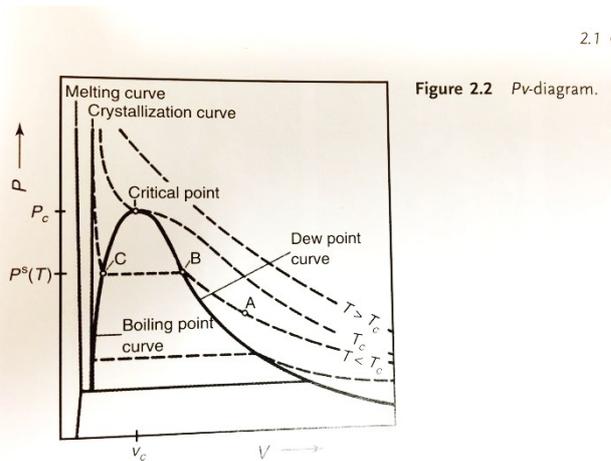
Ordne hierfür die gegebenen Ausdrücke den Punkten (W , X , Y oder Z) im Diagramm zu und vervollständige die gegebenen Lücken mit den gesuchten Termen!

Achtung: Ausdrücke in loser Reihenfolge!

- Im Punkt **X** auf der Kurve koexistieren die flüssige und feste Phase. Wie groß ist der Anteil der flüssigen Phase in diesem Punkt? Antwort: **25** % der Masse ist flüssig.
- Die ersten Flüssigkeitstropfen treten im Punkt **Y** auf der Taulinie auf.
- Durch Kompression bis zur **Solidus** linie beginnt die Substanz im Punkt **W** zu kristallisieren.
- In Punkt **Z** ist die betrachtete Substanz rein **gasförmig**.
- Über dem **Kritischen Punkt** ist ein gleichzeitiges Vorkommen von flüssiger und gasförmiger Phase nicht mehr möglich.

**BEISPIELAUFGABE - CHEMISCHE UND MEHRPHASENTHERMODYNAMIK:
UMSETZUNG ÜBUNGS-AUFGABE „CONCEPT FOR Pv-DIAGRAM“ (ENGLISH)**

Source: „Chemical Thermodynamics for Process Simulation, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1st Reprint 2012, pages 5-9“



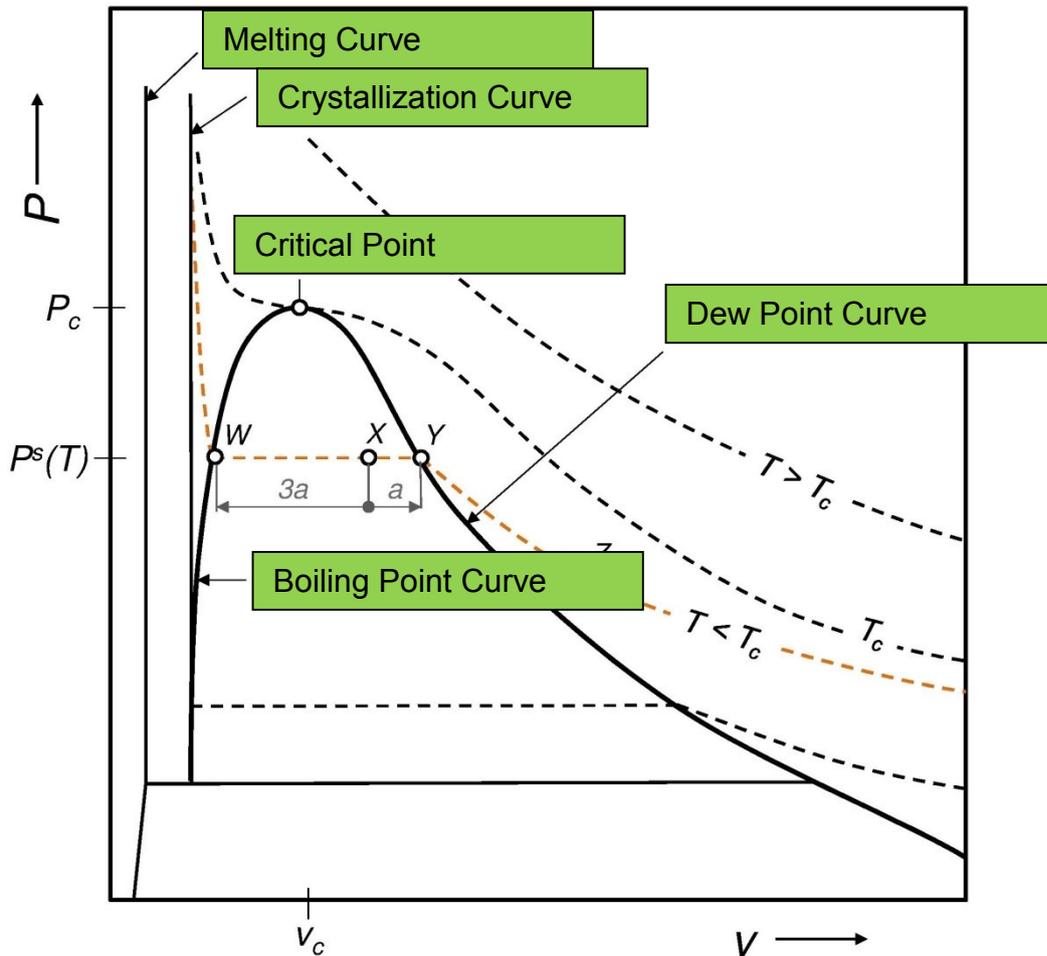
1 Original diagram (source as given prior to picture)

Umsetzung in ONYX

1st Task

Complete the shown Pv-diagram by filling in the missing terms in the designated gaps on the graph.

Given terms: Melting Curve; Boiling Point Curve, Crystallization Curve; Dew Point Curve and Critical Point



2nd Task

Describe the various states of a pure component being compressed at a constant temperature T ($T < T_c$, orange isotherm). Therefore match the given expressions with the corresponding points (W, X, Y or Z) in the Pv-diagram and fill in the missing terms!

Caution: Expressions are in lose order!

- At Point **X** on the curve the liquid phase and the vapor phase coexist. What is the amount of liquid at the chosen point? Answer: **25** % of the mass is in liquid state.
- The first liquid drop appears at Point **Y** on the dew-point curve.
- With compressing the substance to the **solid** line the substance begins to crystallize at Point **W**.
- In Point **Z** the regarded substance exists solely as **vapor**.
- Above the **Critical Point** no coexistence of liquid and vapor is possible.

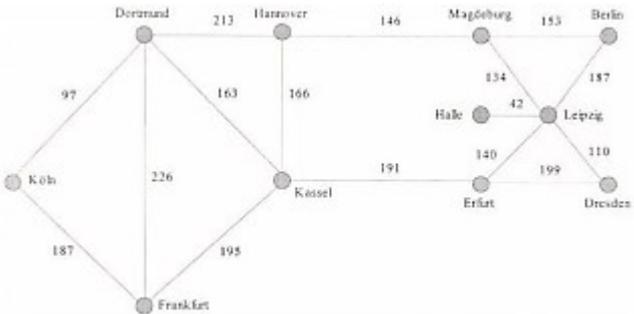
BEISPIELAUFGABE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: KÜRZESTE-WEGE-PROBLEM UND STANDORT-PLANUNG

Im Kopf der Tabelle befindet sich die Aufgabenstellung. Hier werden die Rahmenbedingungen beschrieben, die damit verbundenen Fragestellungen dargestellt und das Vorgehen zur Bearbeitung der Aufgabe (blau) erläutert. In der linken Spalte ist die schrittweise Lösung, die der Studierende wie gewohnt zunächst papierbasiert bzw. softwaregestützt erarbeitet, dargestellt. Die rechte Spalte zeigt die in ONYX zu lösenden Unteraufgaben (Frage 1-5). Die parallele Darstellung der zur Lösung nötigen Teilaufgaben (links) und die daraus abgeleiteten Unteraufgaben (rechts) verdeutlichen das Vorgehen bei der Erstellung kompetenzorientierter E-Assessment-Aufgaben zur Bewertung des Lösungsweges mathematisch geprägter Aufgaben.

Tabelle 5 Beispielaufgabe

Aufgabenstellung:

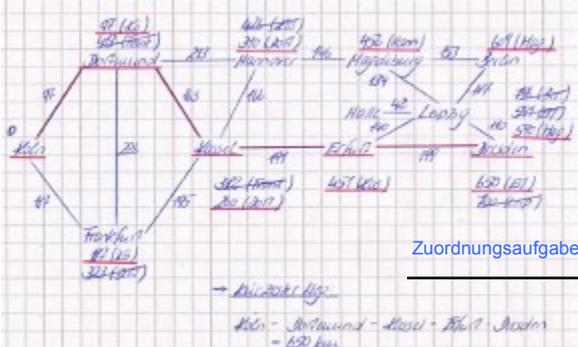
Gegeben sei folgendes Autobahnnetz (bei den Kantenangaben handelt es sich um Entfernungskilometer).



Bearbeiten Sie zunächst die folgenden Aufgaben:

- Ermitteln Sie mit Hilfe des Label-Setting-Verfahrens den kürzesten Weg von Köln nach Dresden!
- Ein Unternehmen möchte in Deutschland ein Service-Center für seine Kunden errichten. Das Center soll möglichst zentral erstellt werden, d. h. die Maximalentfernung der Kunden zu dem Center soll minimiert werden. Wo würden Sie das Center errichten, wenn nur die Städte in der obigen Karte als Standort in Frage kommen?

Nach der Bearbeitung der Aufgaben beantworten Sie folgende Fragen:

<p>Schritt 1 Papierbasierte bzw. Software-gestützte Lösung der Aufgaben</p>	<p>Schritt 2 Abfrage des Rechenweges und der Ergebnisse in ONYX</p>																																																																																																																																																												
<p>a)</p>  <p>Zuordnungsaufgabe</p> <p>Numerisches Freifeld</p> <p>Auswahlantwort zur Methode</p>	<p>Frage 1 Geben Sie kürzesten Weg von Köln nach Dresden! (Ordnen Sie die Felder entsprechend an.)</p> <table border="1" data-bbox="925 403 1276 660"> <tr> <td>Frankfurt</td> <td>Köln</td> <td>Startpunkt</td> </tr> <tr> <td>Berlin</td> <td>Erfurt</td> <td>Punkt 4</td> </tr> <tr> <td>Magdeburg</td> <td>Dortmund</td> <td>Punkt 2</td> </tr> <tr> <td>Halle</td> <td>Dresden</td> <td>Punkt 5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kassel</td> <td>Punkt 3</td> </tr> </table>	Frankfurt	Köln	Startpunkt	Berlin	Erfurt	Punkt 4	Magdeburg	Dortmund	Punkt 2	Halle	Dresden	Punkt 5		Kassel	Punkt 3																																																																																																																																													
Frankfurt	Köln	Startpunkt																																																																																																																																																											
Berlin	Erfurt	Punkt 4																																																																																																																																																											
Magdeburg	Dortmund	Punkt 2																																																																																																																																																											
Halle	Dresden	Punkt 5																																																																																																																																																											
	Kassel	Punkt 3																																																																																																																																																											
<p>b)</p> <table border="1" data-bbox="204 884 782 1131"> <thead> <tr> <th></th> <th>Köln</th> <th>Dortmund</th> <th>Frankfurt</th> <th>Kassel</th> <th>Hannover</th> <th>Magdeburg</th> <th>Halle</th> <th>Erfurt</th> <th>Berlin</th> <th>Leipzig</th> <th>Dresden</th> <th>Größe Entfernung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Köln</td> <td>0</td> <td>97</td> <td>127</td> <td>290</td> <td>310</td> <td>456</td> <td>632</td> <td>451</td> <td>609</td> <td>590</td> <td>650</td> <td>650</td> </tr> <tr> <td>Dortmund</td> <td>97</td> <td>0</td> <td>226</td> <td>283</td> <td>213</td> <td>358</td> <td>535</td> <td>356</td> <td>512</td> <td>493</td> <td>553</td> <td>553</td> </tr> <tr> <td>Frankfurt</td> <td>127</td> <td>226</td> <td>0</td> <td>395</td> <td>361</td> <td>507</td> <td>563</td> <td>356</td> <td>660</td> <td>526</td> <td>585</td> <td>660</td> </tr> <tr> <td>Kassel</td> <td>290</td> <td>283</td> <td>395</td> <td>0</td> <td>366</td> <td>312</td> <td>373</td> <td>281</td> <td>665</td> <td>331</td> <td>390</td> <td>665</td> </tr> <tr> <td>Hannover</td> <td>310</td> <td>213</td> <td>361</td> <td>366</td> <td>0</td> <td>148</td> <td>322</td> <td>357</td> <td>299</td> <td>230</td> <td>390</td> <td>390</td> </tr> <tr> <td>Magdeburg</td> <td>456</td> <td>358</td> <td>507</td> <td>312</td> <td>148</td> <td>0</td> <td>176</td> <td>274</td> <td>153</td> <td>354</td> <td>244</td> <td>507</td> </tr> <tr> <td>Halle</td> <td>632</td> <td>535</td> <td>563</td> <td>373</td> <td>322</td> <td>176</td> <td>0</td> <td>182</td> <td>299</td> <td>42</td> <td>152</td> <td>632</td> </tr> <tr> <td>Erfurt</td> <td>451</td> <td>356</td> <td>356</td> <td>281</td> <td>357</td> <td>274</td> <td>182</td> <td>0</td> <td>327</td> <td>340</td> <td>199</td> <td>511</td> </tr> <tr> <td>Berlin</td> <td>609</td> <td>512</td> <td>660</td> <td>665</td> <td>299</td> <td>153</td> <td>229</td> <td>327</td> <td>0</td> <td>187</td> <td>297</td> <td>660</td> </tr> <tr> <td>Leipzig</td> <td>590</td> <td>493</td> <td>526</td> <td>331</td> <td>230</td> <td>154</td> <td>42</td> <td>340</td> <td>187</td> <td>0</td> <td>110</td> <td>590</td> </tr> <tr> <td>Dresden</td> <td>650</td> <td>553</td> <td>585</td> <td>390</td> <td>390</td> <td>244</td> <td>152</td> <td>199</td> <td>297</td> <td>110</td> <td>0</td> <td>650</td> </tr> </tbody> </table> <p>Numerisches Zwischenergebnis</p> <p>Auswahl der gesuchten Antwort</p>		Köln	Dortmund	Frankfurt	Kassel	Hannover	Magdeburg	Halle	Erfurt	Berlin	Leipzig	Dresden	Größe Entfernung	Köln	0	97	127	290	310	456	632	451	609	590	650	650	Dortmund	97	0	226	283	213	358	535	356	512	493	553	553	Frankfurt	127	226	0	395	361	507	563	356	660	526	585	660	Kassel	290	283	395	0	366	312	373	281	665	331	390	665	Hannover	310	213	361	366	0	148	322	357	299	230	390	390	Magdeburg	456	358	507	312	148	0	176	274	153	354	244	507	Halle	632	535	563	373	322	176	0	182	299	42	152	632	Erfurt	451	356	356	281	357	274	182	0	327	340	199	511	Berlin	609	512	660	665	299	153	229	327	0	187	297	660	Leipzig	590	493	526	331	230	154	42	340	187	0	110	590	Dresden	650	553	585	390	390	244	152	199	297	110	0	650	<p>Frage 2 Geben Sie die kürzeste Entfernung zw. Köln und Dresden an. Antwort: Die kürzeste Entfernung beträgt [????] km.</p> <p>Frage 3 Welche Typologie von Graphen liegt in diesem Fall vor? (Kreuzen Sie die richtige Antwort an.) Antwort: a) gerichtete Graphen b) ungerichtete Graphen c) bewertete Graphen</p> <p>Frage 4 Geben Sie die Maximalentfernungen von jedem Standort an. Antwort: Köln [????] km Dresden [????] km Hannover [????] km Halle [????] km Berlin [????] km</p> <p>Frage 5 Geben Sie den Standort für das Servicecenter an. (Kreuzen Sie die richtige Antwort an.) Antwort: a) Hannover b) Dresden c) Berlin</p>
	Köln	Dortmund	Frankfurt	Kassel	Hannover	Magdeburg	Halle	Erfurt	Berlin	Leipzig	Dresden	Größe Entfernung																																																																																																																																																	
Köln	0	97	127	290	310	456	632	451	609	590	650	650																																																																																																																																																	
Dortmund	97	0	226	283	213	358	535	356	512	493	553	553																																																																																																																																																	
Frankfurt	127	226	0	395	361	507	563	356	660	526	585	660																																																																																																																																																	
Kassel	290	283	395	0	366	312	373	281	665	331	390	665																																																																																																																																																	
Hannover	310	213	361	366	0	148	322	357	299	230	390	390																																																																																																																																																	
Magdeburg	456	358	507	312	148	0	176	274	153	354	244	507																																																																																																																																																	
Halle	632	535	563	373	322	176	0	182	299	42	152	632																																																																																																																																																	
Erfurt	451	356	356	281	357	274	182	0	327	340	199	511																																																																																																																																																	
Berlin	609	512	660	665	299	153	229	327	0	187	297	660																																																																																																																																																	
Leipzig	590	493	526	331	230	154	42	340	187	0	110	590																																																																																																																																																	
Dresden	650	553	585	390	390	244	152	199	297	110	0	650																																																																																																																																																	

SCHLUSSFORMEL

Dieser Leitfaden dient der Dokumentation der Erfahrungen aus dem Projekt SPATs. Er erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und allgemeine Gültigkeit. Er bietet lediglich einen möglichen Lösungsvorschlag zur Umsetzung ähnlicher Lehrszenarien in den vorgestellten Fachbereichen und zur Realisierung mathematisch geprägter Aufgabenstellungen im Antwort-Wahl-Verfahren.