



UNIVERSITÄT ULM

Einsatz von Blended-Learning in der Vorlesung “Optimierung/OR II”

Reflexion eines Lehrexperiments im Rahmen des Modul III des
Baden-Württemberg-Zertifikats für Hochschuldidaktik

Dr. Jens Maßberg
Institut für Optimierung und Operations Research

24. Februar 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Reflexion	2
2.1	Reflexion der Planung der Lehrexperimentes	2
2.1.1	Gründe für dieses Lehrexperiment	2
2.1.2	Vorteile	4
2.1.3	Erwartetes Ergebnis bei den Studierenden	5
2.1.4	Inhalte	5
2.1.5	Die Zielgruppe	6
2.1.6	Erwartungen an die Studierenden	7
2.1.7	Meine eigene Rolle	7
2.1.8	Verwendete Methoden	8
2.1.9	Rahmenbedingungen	8
2.2	Durchführung des Lehrexperiments	9
2.2.1	Ausgangs- und Planungsüberlegungen	9
2.2.2	Zielgruppe	9
2.2.3	Erwartungen, Interessen und Einstellungen der Teilnehmer	10
2.2.4	Verhältnis zu den Teilnehmern	10
2.2.5	Arbeitshaltung der Teilnehmer	10
2.2.6	Planungsänderungen	11
2.2.7	Erfahrungen bei der Umsetzung des Lehrexperiments	11
2.3	Auswertung des Vorhabens	13
2.3.1	Schlussfolgerungen	13
2.3.2	Was würde ich das nächste Mal ändern	14
2.3.3	Sichtweise der Studierenden auf das Lehrexperiment	15
2.3.4	Konsequenzen für das eigene Rollen- und Selbstverständnis	15
3	Vorlesungsplanung	17
3.1	Planung für die Onlinephase	17
3.2	Planung für die Präsenzveranstaltungen	18
3.3	Zeitplanung	19
3.4	Inhalt der Online-Vorlesungen	20
3.5	Planung Präsenzphase	21
3.6	Arbeitsblatt 1	23
3.7	Arbeitsblatt 2	25
4	Feedback der Studierenden nach der Online-Phase	27
5	Feedback der Studierenden nach der Präsenzvorlesung	29

1 Einleitung

In diesem Aufsatz dokumentiere und reflektiere ich mein Lehrexperiment, das ich im Rahmen des Modul III des Baden-Württemberg-Zertifikats für Hochschuldidaktik abgehalten habe. Das Experiment fand im Rahmen meiner englischsprachigen Vorlesung "Optimierung /OR II" statt, welche ich im Wintersemester 2013/14 an der Universität Ulm abgehalten habe. Es beinhaltete das Umsetzen einer Blended-Learning-Einheit mit Online-Vorlesung und Präsenzphasen.

In dem Lehrexperiment habe ich eine klassische Lehrwoche der Vorlesung "Optimierung /OR II" mit zwei jeweils zweistündigen Vorlesungen und einer zweistündigen Übung durch eine Blended-Learning-Einheit mit Online-Vorlesung und Präsenzphase ersetzt. Das Lehrexperiment fand vom 10.12.2013 bis zum 17.12.2013 statt.

Anstelle des üblichen wöchentlichen Übungszettels sollten die Studierenden drei Online-Videos mit einer Gesamtlänge von 25 Minuten durcharbeiten. Sie konnten ihr Verständnis der vermittelten Inhalte mit einem freiwilligen Onlinequiz überprüfen. Die beiden Vorlesungen wurden durch zwei Präsenzphasen ersetzt. In diesen haben die Studierenden jeweils einen Aufgabenzettel erhalten, der in Gruppenarbeit gelöst werden sollte und deren Ergebnisse vor dem Auditorium vorgestellt werden sollten.

Die genaue Veranstaltungsplanung mit einer Zusammenfassung der Inhalte und den ausgegebenen Aufgabenzetteln befindet sich in Abschnitt 3.

2 Reflexion

2.1 Reflexion der Planung der Lehrexperimentes

2.1.1 Gründe für dieses Lehrexperiment

Ich arbeite als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Ulm und halte im Rahmen meiner Lehrverpflichtung Vorlesungen in der Mathematik und dort insbesondere im Bereich der Optimierung ab. Vorher habe ich in Göttingen und Bonn Mathematik studiert und in Bonn im Bereich Optimierung promoviert. Meine Erfahrungen als Student, Übungsgruppen-

leiter und zuletzt als Dozent haben mir gezeigt, dass Mathematikvorlesungen in der Regel immer nach dem gleichen Muster ablaufen. In den Vorlesungen wird den Studierenden in Frontalunterricht die Inhalte der Vorlesung vermittelt. Zusätzlich werden zu den Vorlesungen Übungen angeboten. Die Studenten bekommen ein- oder zweiwöchentlich Übungszettel, die sie zu Hause lösen sollen und deren Lösungen sie schriftlich abgeben müssen. Um eine Vorlesung zu bestehen, müssen die Studierenden am Ende des Semesters eine mündliche oder schriftliche Prüfung bestehen. Um zu dieser zugelassen zu werden, müssen sie in der Regel mindestens 50 Prozent der auf den Übungszetteln erreichbaren Punkte erhalten. Falls die Übungsgruppen nicht zu groß sind, kann ein zusätzliches Kriterium sein, dass jeder Studierende mindestens eine Aufgabe innerhalb der Übungen an der Tafel vorrechnen muss. Ansonsten werden die Lösungen von den Übungsgruppenleitern vorgerechnet.

In dieser klassischen Lehrform kann man als Dozent mit den Lernenden selber kaum interagieren. Auch wenn man die Studierenden auffordert sich aktiv an der Vorlesung zu beteiligen, bekommt man selten innerhalb einer Vorlesung Fragen oder Rückmeldungen. Außerhalb der Vorlesung bieten sich auch kaum Möglichkeiten, Feedback von den Studierenden zu bekommen. So werden zum Beispiel die Sprechstunden kaum in Anspruch genommen.

Ich werde damit als Dozent in die Rolle eines von den Studierenden distanzierten Lehrers gezwungen, der die Inhalte im Frontalunterricht vorträgt und in gewisser Weise "unnahbar" ist. Die Studierenden können in den Vorlesungen kaum aktiviert werden. Eines der Hauptziele der Mathematik, sich selber mit den Inhalten und Beweisen auseinander zu setzen und selbst welche zu entwickeln, wird hauptsächlich außerhalb der Universität durch das Bearbeiten der Aufgabenzettel gefördert. Als Dozent bekommt man daher nicht mit, welche Inhalte den Studierenden Probleme bereiten und man kann in den Lernprozess nicht unterstützend eingreifen. Das hat oft zur Folge, dass Studierende, die Probleme mit den Aufgaben haben, da sie zum Beispiel bestimmte Konzepte nicht verstanden haben, die Lösungen einfach von Kommilitonen abschreiben.

Ein Ziel meines Lehrexperimentes war es deshalb, diese klassischen Lehr- und Lernstrukturen aufzubrechen. Dabei fand ich den Ansatz des Blended-Learning sehr interessant. Die neuen Inhalte der Veranstaltung werden in Online-Vorlesungen ausgelagert und

die Studierenden beschäftigen sich mit ihnen außerhalb der Universität. Stattdessen werden in Präsenzphasen gemeinsam Aufgaben bearbeitet und gelöst.

Darüber hinaus bin ich neuen Medien und Lehrformen gegenüber aufgeschlossen und wollte feststellen, welche Möglichkeiten diese bieten und sehen, ob und wie ich sie gezielt in meiner Lehre einsetzen kann.

2.1.2 Vorteile

Blended-Learning bietet meiner Meinung nach viele Vorteile gegenüber klassischen Mathematikvorlesungen. Die Studierenden können sich die Online-Vorlesungen so oft ansehen wie sie es nötig haben, um die Inhalte zu verstehen. Sobald sie etwas, zum Beispiel eine Definition oder einen Teil eines Beweises, nicht verstanden haben, können sie die entsprechende Stelle im Video direkt wiederholen. Das Problem, dass Studierende in der Vorlesung den "Faden verlieren" und den Rest der Stunde kaum noch etwas verstehen, wird so zumindest teilweise verhindert.

Ein weiterer Vorteil der Videos ist, dass man mit ihnen Beweisideen und Algorithmen wesentlich besser visuell unterstützen kann als in klassischen Vorlesungen. Dort stört oft ein ständiger Wechsel zwischen formalem schriftlichen Beweis und erklärenden Bildern durch Tafelzeichnungen oder Beamerprojektionen den Beweisfluss. Die Studierenden schreiben entweder mit und können sich nicht auf die unterstützenden Erklärungen und Darstellungen konzentrieren oder werden durch diese leicht abgelenkt und verlieren so den Gesamtüberblick über den Beweis. Bei Online Vorlesungen kann man dieses Problem umgehen. So ist es zum Beispiel einfach möglich, parallel zu einem Beweis diesen anhand von Bildern und Animationen zu visualisieren. Die Studierenden können nun selber entscheiden, ob Sie zuerst auf den formalen Beweis achten oder den visuellen Erklärungen folgen.

In der Präsenzphase bearbeiten und lösen die Studierenden dann gemeinsam Aufgaben. Dieses Vorgehen hat mehrere Vorteile. Zum einen wird garantiert, dass sich auch schwache Teilnehmer intensiv mit dem Stoff beschäftigen und nicht dazu verleitet werden, Lösungen abzuschreiben, ohne sie selber verstanden zu haben. Des Weiteren kann man als Dozent mit den Teilnehmern viel besser interagieren, was für beide Seiten Vorteile hat. Bei Problemen kann direkt der Dozent gefragt werden, der dann Tipps gibt oder die benötigten Inhalte

noch einmal genauer erklärt. Als Lehrender hat man einen viel besseren Überblick über die Lernfortschritte. Man erkennt, welche Probleme auftreten und welche Inhalte noch nicht richtig verstanden wurden. Auf diese Probleme kann direkt individuelle Hilfe gegeben werden oder, falls notwendig, der Sachverhalt noch einmal ausführlich allen Teilnehmern erklärt werden.

2.1.3 Erwartetes Ergebnis bei den Studierenden

In der Online-Lerneinheit wurde neuer inhaltlicher Stoff eingeführt, d.h. konkret, dass ein neues Optimierungsproblem und eine neue Art von Approximationsalgorithmen präsentiert wurden. Insofern sollte das Fachwissen der Studierenden erweitert werden.

Ein wichtiges Ziel der Lerneinheit war, dass die Studierenden ihr Fachkönnen erweitern indem sie selbständig einen Approximationsalgorithmus entwickelten und mit Hilfestellung seine Approximationsgüte beweisen mussten. Die Möglichkeit der Gruppenarbeit in der Präsenzphase bot aber auch die Chance, diejenigen Kompetenzen bei den Studierenden zu erweitern, die von Mathematikdozenten ansonsten kaum unterstützt werden können:

Durch die Gruppenarbeit wurde die Teamfähigkeit der Teilnehmer gefördert. Durch die kleinen Gruppen war jeder Studierende angehalten, sich selber in die Gruppe einzubringen und mit den anderen zusammen an fachlichen Inhalten zu arbeiten. Es wurden zudem die Fähigkeiten gefördert, eigene Ideen anderen Personen mathematisch verständlich zu vermitteln. Dies geschah zum einem in den Diskussionen innerhalb der Gruppen und zum anderen bei der Vorstellung der Ergebnisse am Ende der Veranstaltungen.

2.1.4 Inhalte

Inhaltlich wurde im Lehrexperiment eine abgeschlossene Einheit innerhalb der Vorlesung "Optimierung II" behandelt. Konkret wurde das "Travelling-Salesman-Problem" (TSP) eingeführt. Das Problem wurde definiert und die NP-Vollständigkeit bewiesen. Dann wurde die euklidische Variante des Problems eingeführt und anhand von zwei konkreten Praxisbeispielen motiviert. Danach wurde der "Double-Tree-Algorithmus" als erster Approximationsalgorithmus für das euklidische TSP-Problem präsentiert und seine Approximationsgüte bewie-

sen. Außerdem wurde das euklidische TSP-Problem als Spezialfall der metrischen Variante eingeführt und gezeigt, wie eine TSP-Tour mit beschränkter Länge für zufällige euklidische Instanzen konstruiert werden kann.

In der Präsenzphase sollten die Studierenden am ersten Tag selber Strategien entwickeln, wie eine gegebene Lösung für das TSP-Problem verbessert werden kann. Dazu musste das Konzept von Nachoptimierungsalgorithmen selber erarbeitet und an einem Beispiel angewendet werden.

Am zweiten Tag sollten die Studierenden sich selbständig den Christophides-Algorithmus erarbeiten, einen Approximationsalgorithmus für das metrische TSP-Problem. Mit verschiedenen Aufgaben wurden die Teilnehmer an die einzelnen Bauteile des Algorithmus herangeführt. Die einzelnen Teile mussten bewiesen werden und zu einem ganzen Algorithmus zusammengefügt werden.

Ein genauerer Überblick über die Inhalte befindet sich im Abschnitt 3 zur Vorlesungsplanung.

2.1.5 Die Zielgruppe

Die Zielgruppe der Veranstaltung waren die Studierenden der Vorlesung "Optimierung/OR II". Dies waren vor allem Studierende des Faches Bachelor Wirtschaftsmathematik im fünften Semester und einige Master-, sowie Bachelor Mathematik Studierende. Bei "Optimierung/OR II" handelte es sich um eine 4+2SWS Vorlesung, das heißt vier Stunden Vorlesung und zwei Stunden Übung pro Woche, und sie wurde von ca. 25 Studierenden besucht. Zum Zeitpunkt des Lehrexperiments Mitte Dezember lief die Vorlesung schon seit etwa zwei Monaten. Die Studierenden kannten sich schon gegenseitig und auch mich als Dozenten. Sie hatten zum Zeitpunkt des Lehrexperiments schon die Grundlagen von schweren Optimierungsproblemen und Approximationsalgorithmen kennengelernt.

Die meisten Teilnehmer hatten im vorherigen Semester bei mir "Optimierung/OR I" gehört. Einige Studierende hatten aber entweder nicht die Vorgängerveranstaltung besucht oder diese vor längerer Zeit bei einem anderen Dozenten gehört, der jedoch in der Vorlesung andere Themenschwerpunkt gesetzt hatte. Um auf die Bedürfnisse dieser Studierenden einzugehen, habe ich in der Regel die Begriffe und Verfahren aus Optimierung I wiederholt,

die ich in der aktuellen Vorlesung brauchte.

2.1.6 Erwartungen an die Studierenden

Da die beiden Präsenzveranstaltungen auf den in dem Lehrvideos vermittelten Wissen aufbauten, habe ich von den Studierenden erwartet, dass sie sich vor dem ersten Termin bereits aktiv mit den Inhalten auseinander gesetzt haben. In den Präsenzveranstaltungen habe ich eine aktive Mitarbeit erwartet. Das umschließt zum einem, dass sich alle aktiv in die Gruppenarbeit einbringen und sich zusammen mit ihren Kommilitonen mit den Aufgaben beschäftigen sollten. Außerdem habe ich erwartet, dass sich einige der Studierenden bereit erklärten, ihre Ergebnisse vor der gesamten Hörschaft zu präsentieren.

Meine Zielsetzung war, dass sich alle Teilnehmer intensiv mit den Aufgaben beschäftigen und sich konstruktivistisch die neuen Themen erarbeiteten. Es war aber nicht notwendig, dass alle Aufgaben von allen Gruppen komplett gelöst wurden.

2.1.7 Meine eigene Rolle

Wie schon weiter oben ausgeführt, sind Lehrende in der Mathematik oft in die Rolle des Dozenten gezwungen, der neuen Stoff vorträgt, ohne großen Kontakt zu den Teilnehmer zu haben und sie individuell begleiten und fördern zu können. Ich möchte mich aber mehr als Lernhelfer und Lernbegleiter verstehen, der den Studierenden bei Schwierigkeiten helfen kann Lernhindernisse zu überwinden.

In diesem Lehrexperiment konnte ich zum ersten Mal diese Rolle als Dozent ausüben. Die Gruppenarbeitsphase bot mir die Möglichkeit mich von den Lernfortschritten der einzelnen Teilnehmer selber zu überzeugen und gegebenenfalls Hilfestellungen zu geben. Dies geschah zum Beispiel, indem ich einzelne Sachverhalte wie Definitionen noch einmal genauer erklärte oder kleine Hilfestellungen gab, damit die Studierenden daraus eigene Ideen entwickeln konnten.

2.1.8 Verwendete Methoden

Die wichtigste didaktische Methode, die in diesem Lehrexperiment getestet werden sollte, war das Blended-Learning. An Stelle des üblichen Frontalunterrichts und Übungsbetriebs wurden die neuen Inhalte mit Hilfe von Online-Videos vermittelt. In den beiden Präsenzveranstaltungen sollten die Studierenden dann die Inhalte wiederholen und anwenden.

Eine weitere zentrale Methode war die Gruppenarbeit in Kleingruppen. Diese sollte den Teilnehmern die Möglichkeit geben, gemeinsam Beweise zu erarbeiten, sich gegenseitig bei Schwierigkeiten zu unterstützen und in der Fachsprache zu kommunizieren. Die Ergebnisse der Gruppenarbeitsphase wurden in Kurzpräsentationen von den Teilnehmern vorgestellt.

Beim Erstellen der Videos habe ich darauf geachtet, dass deren Laufzeiten an die Aufmerksamkeitsspanne der Studierenden angepasst sind. So wurde keines der Videos länger als 10 Minuten. Außerdem habe ich darauf Wert gelegt, zwei Praxisbeispiele in den Videos zu zeigen. Dies sollte die Motivation, sich mit dem neuen Thema "Travelling-Salesman-Problem" zu beschäftigen, erhöhen.

Die Gruppenarbeitsphase bot die Möglichkeit, dass die Studierenden jeweils in ihrem eigenen Arbeitstempo die Aufgaben bearbeiten konnten. Ich habe deshalb darauf verzichtet, während der jeweils etwa 45-minütigen Gruppenarbeitsphase zusätzliche Unterbrechungen wie Lernstopps einzubauen. Um auf den Fall vorbereitet zu sein, dass einige Gruppen sehr früh fertig werden, habe ich jeweils eine Zusatzaufgabe gestellt, die gegebenenfalls noch bearbeitet werden konnte.

Zur Evaluation des Lehrexperiments und um die Teilnehmer zur eigenen Reflexion anzuregen, habe ich zwei Feedbackbögen entworfen. Den ersten sollten die Studierenden direkt nach dem Durcharbeiten der Videos online ausfüllen. Den zweiten habe ich nach der zweiten Gruppenarbeitsphase verteilt. Die Ergebnisse der Evaluation befinden sich in den Abschnitten 4 und 5.

2.1.9 Rahmenbedingungen

Die Rahmenbedingungen für das Lehrexperiment waren nicht optimal. Die Vorlesungen fanden Montag und Dienstag früh von 8:30 Uhr bis 10:00 Uhr statt. Zu dieser Zeit waren die

Studierenden noch sehr müde und deshalb noch recht unkonzentriert, oft kamen einige zu spät. Zudem fand die Vorlesung in einem typischen Hörsaal statt. Dieser ist zwar für Frontalunterricht geeignet, aber weniger für Gruppenarbeiten mit Gruppen aus mehr als drei Personen. Diese Rahmenbedingungen konnte ich leider nicht ändern, da auf Grund des vollen Stundenplans der Teilnehmer und den innerhalb der Vorlesungszeit fast durchgehend belegten Hörsälen und Seminarräumen eine Verschiebung des Termins und des Ortes nicht möglich war.

Ein weiteres Hindernis war, dass die Vorlesung in englischer Sprache abgehalten wurde, was für die Teilnehmer, die überwiegend deutsch als Muttersprache haben, eine zusätzliche Kommunikationshemmschwelle war. Ich hatte mich deshalb entschlossen, die Online-Videos und die Aufgabenzettel zwar auf Englisch aufzuzeichnen und zu stellen, die Diskussionen innerhalb der Gruppenarbeit und die anschließende Präsentation der Ergebnisse durften die Studierenden aber auf deutsch abhalten.

2.2 Durchführung des Lehrexperiments

2.2.1 Ausgangs- und Planungsüberlegungen

Im Wesentlichen haben sich meine Ausgangs- und Planungsüberlegungen bestätigt. Die Zeitplanung für die Präsenzphasen war anscheinend gut gewählt. Die Einführungs- und Wiederholungsphase am ersten Tag wurde etwas kürzer, da keiner der Teilnehmer Fragen zum Inhalt der Videos hatte. Dafür habe ich die Auswertung am Ende des Termins mit der Präsentation der Ergebnisse etwas verlängert. In der Gruppenarbeitsphase haben fast alle Teilnehmer alle Aufgaben in der vorgegebenen Zeit gelöst. Dabei scheint der Zeithorizont für die Bearbeitung der Aufgaben und deren Schwierigkeitsgrad für die Veranstaltung genau richtig gewesen zu sein.

2.2.2 Zielgruppe

Da es sich um eine Vorlesung mit den konstanten Hörerkreis handelte, entsprach die Zielgruppe den Planungserwartungen.

2.2.3 Erwartungen, Interessen und Einstellungen der Teilnehmer

Die Teilnehmer waren dem Lehrexperiment gegenüber sehr aufgeschlossen. Die Ankündigung und Erläuterungen zum Experiment wurden mit großem Interesse aufgenommen. Trotzdem hatten sich von den vierzehn Teilnehmern hatten vier sich nicht im Vorfeld die Online-Vorlesungen angesehen und waren entsprechend schlecht auf die Gruppenarbeitsphase vorbereitet (siehe Feedback der Studierenden, Seite 29).

Die Teilnehmer waren an den beiden Präsenzterminen sehr motiviert. Hierbei half wahrscheinlich, dass das behandelte Optimierungsproblem sehr anwendungsbezogen ist und zu einem der bekanntesten Probleme der kombinatorischen Optimierung zählt.

2.2.4 Verhältnis zu den Teilnehmern

Wie ich erhofft hatte, gab es einen engen Kontakt zu den Studierenden, wie er in der Regel bei Frontalunterricht nicht vorkommt. Ich konnte direkt auf die Fragen der Studierenden eingehen und Ihnen Tipps zum Bearbeiten der Aufgaben geben. Das Angebot der individuellen Betreuung während der Gruppenarbeitsphase wurde gut angenommen.

Einige Studierende empfanden es als sehr positiv, dass sie mir direkt Fragen stellen konnten und ich bei Problemen weiterhelfen konnte. Andererseits empfand aber auch mindestens einer meiner Studierenden meine Tipps als zu umfangreich.

2.2.5 Arbeitshaltung der Teilnehmer

Die Arbeitshaltung in Bezug auf die Online-Vorlesung war recht unterschiedlich. So haben sich, wie oben erwähnt, vier der vierzehn Teilnehmer nicht die Online-Videos angesehen, obwohl ich alle Teilnehmer sowohl mehrfach in der Vorlesung als auch im Internet darauf aufmerksam gemacht hatte. Aus den Moodle-Statistiken war zu erkennen, dass nur wenige Studierende an dem freiwilligen Online-Selbsttest teilgenommen haben. Dieser sollte ihnen eigentlich ermöglichen, den eigenen Lernfortschritt festzustellen. Dafür schienen aber die Teilnehmer, die den Test gemacht hatten, sich intensiv damit beschäftigt zu haben. So haben alle Teilnehmer den Test mehrfach wiederholt, bis sie alle Fragen richtig beantworten konnten.

Während der Präsenzphase war die Arbeitshaltung der Studierenden sehr gut. Anstandslos haben sie die Arbeitsaufträge angenommen und sich selbst schnell in Gruppen aufgeteilt. In allen Gruppen wurde sehr intensiv an den Aufgabenstellungen gearbeitet und über Lösungswege diskutiert.

Am Ende der Gruppenarbeitsphasen sollte jeweils ein Freiwilliger die Hauptergebnisse vorne an der Tafel allen Anwesenden präsentieren. Ich hatte dazu im Vorfeld ein paar Studierende aus den stärkeren Gruppen angesprochen, ob sie sich dazu bereit erklären würden. Erfreulicherweise hat sich jeweils eine Person gefunden um die Ergebnisse vorzustellen. Das fand ich insofern bemerkenswert, da solche spontanen Vorträge von Teilnehmern in der Mathematik nur selten vorkommen. Die Situation war für die Vortragenden neu und es erfordert einiges an Überwindung, frei vor einem größeren Publikum zu sprechen.

2.2.6 Planungsänderungen

Insgesamt haben sich nur kleine Planungsänderungen ergeben. In meinem ersten Entwurf für das Lehrexperiment hatte ich geplant, einen weiteren Algorithmus in der Online-Vorlesung zu besprechen und dessen Approximationsgüte und Laufzeit zu beweisen. Bei der Vorbereitung der Vorlesung habe ich jedoch festgestellt, dass damit die zu vermittelnde Menge an neuem Stoff zu umfangreich geworden wäre. Ich habe deshalb den Algorithmus aus der Online-Vorlesung genommen. Stattdessen sollten die Studierenden diesen Algorithmus selber in der Präsenzphase erarbeiten.

Am ersten Präsenztag habe ich meine Zusammenfassung am Anfang der Stunde kürzer gehalten als geplant. Ursprünglich hatte ich ein paar Minuten eingeplant, in denen ich auf Verständnisfragen der Teilnehmer eingehen wollte. Zu dem Zeitpunkt wurden jedoch keine Fragen gestellt. Dieses haben die Studierenden teilweise in der Gruppenarbeitsphase nachgeholt.

2.2.7 Erfahrungen bei der Umsetzung des Lehrexperiments

Die Vorbereitung der Online-Vorlesungen war sehr zeitintensiv. Zum einem musste ich mich in die Bedienung des Programms Camtasia einarbeiten. Es waren meine ersten selbst auf-

genommenen Videos und so musste ich sehr viele Probeaufnahmen erstellen und bearbeiten, bis ich ein Ergebnis bekommen habe, mit dem ich einigermaßen zufrieden war. Insgesamt hat die Aufnahme und Bearbeitung der Online-Videos mehrere Tage in Anspruch genommen. Mit mehr Erfahrung in der Programmbedienung und im Aufnehmen von Online-Videos könnte wahrscheinlich in wesentlich kürzerer Zeit zu vergleichbaren oder besseren Ergebnissen kommen.

Um die Vorteile des Mediums Video auszunutzen, habe ich versucht, zu allen Inhalten möglichst passende erklärende Bilder zu erzeugen. So habe ich zum Beispiel für die präsentierten Algorithmen Animationen erstellt, die zeigen, wie die Algorithmen auf bestimmten Instanzen arbeiten. Die Erstellung der Animationen und Bilder beanspruchten viel Zeit, die bei herkömmlichen Vorlesungen nicht anfallen, da man dort diese Beispiele direkt an der Tafel zeigen kann. Andererseits kann ich sie in Zukunft leicht wiederverwenden.

Da in einer mathematischen Präsenzvorlesung der Tafelanschrieb recht lange dauert und zusätzliche Pausen durch das Wischen der Tafel entstehen, habe ich erwartet, dass meine Videos etwa halb so lang dauern würden wie die Zeit, die ich sonst für den gleichen Inhalt benötige. Es hat mich sehr überrascht, dass die Videos letztendlich noch einmal wesentlich kürzer geworden sind. Insgesamt haben die drei Videos eine Laufzeit von ungefähr 25 Minuten. Sie behandeln eine Stoffmenge, für die ich in einer herkömmlichen Präsenzvorlesung ungefähr 3 Vorlesungsstunden, also 135 Minuten, benötige. Ursprünglich hatte ich geplant, dass jedes Video etwa 20 Minuten lang wird. Auf Grund der hohen Informationdichte habe ich mich dann jedoch dazu entschlossen, dass jedes Video höchstens 10 Minuten lang werden soll anstatt den Stoff in nur einen oder zwei Videos zu präsentieren.

Es war für mich ungewohnt, eine so intensive Interaktion mit den Studierenden zu haben wie in der Präsenzphase. Trotzdem empfand ich diese Phase als sehr angenehm und positiv, da ich so direktes Feedback von den Teilnehmer bekam und deren Lerntempo und -probleme direkt mitbekam. Es ist aber fraglich, ob man eine individuelle Betreuung wie in diesem Lehrexperiment auch in größeren Vorlesungen umsetzen kann. In mittelgroßen Veranstaltungen könnte unter Umständen der Übungsgruppenleiter die Präsenzphase unterstützen und für Fragen bereitstehen.

2.3 Auswertung des Vorhabens

Im Großen und Ganzen habe ich die mir gesteckten Ziele erreicht. Die gesamte Veranstaltung mit der Online- und Präsenzphase hat sehr gut funktioniert. Die Zeitplanung wurde genau eingehalten und die Teilnehmer haben intensiv mitgearbeitet. Ich bin auch der Meinung, dass die Studierenden einen echten Lernfortschritt erzielt haben, indem sie einmal selber einen Approximationsalgorithmus unter Anleitung entwickelt haben.

Ich empfand es als schade, dass nicht alle Studierenden die Online-Videos durchgearbeitet hatten. Wahrscheinlich muss man aber immer damit rechnen, dass einige Studierende schlecht vorbereitet sind, nur fällt mir das als Dozent bei klassischen Mathematikvorlesungen nicht auf.

Meine anfängliche Sorge, dass einige Studierende technische Probleme beim Abspielen der Videos haben könnten, hat sich glücklicherweise nicht bewahrheitet. Ein Problem der Videos war aber die schlechte Tonqualität, was an einem qualitativ schlechten Ausnahmemikrophon lag.

Mich hat es gefreut, dass bei der Präsenzphase die anwesenden Studierenden sehr engagiert mitgearbeitet haben. Obwohl der Hörsaal für die Gruppenarbeit nicht sehr geeignet war, hat die Gruppenarbeitsphase sehr gut funktioniert. Die Teilnehmer haben selbständig Gruppen mit jeweils fünf oder sechs Personen gebildet. Die Möglichkeit, mir Fragen zu stellen und sich weiterhelfen zu lassen, wurde von vielen Teilnehmer genutzt.

Die Auswertungen der Feedbackbögen hat gezeigt, dass das Experiment auch von den Studierenden überwiegend positiv aufgenommen worden ist.

2.3.1 Schlussfolgerungen

Es hat sich gezeigt, dass das Prinzip des Blended-Learnings sich gut in der Vorlesung umsetzen ließ.

Ein Problem bleibt, dass sich nicht alle Teilnehmer die Online-Vorlesungen angesehen haben. Da ich die Gründe dafür nicht kenne, ist nicht klar, wie man alle Teilnehmer dazu bewegen könnte, diesen wichtigen Teil des Blended-Learning nicht auszulassen.

Eine für mich unerwartete Erfahrung zum Schwierigkeitsgrad meiner Vorlesung habe

ich bei der Auswertung des Online-Quizzes gemacht, welches ich als freiwilliges Angebot zur Selbstkontrolle angeboten habe. Ich war sehr überrascht, dass die Studierenden mit für mich selbstverständlichen Zusammenhängen teilweise große Probleme hatten. Ich werde deshalb in Zukunft über das ganze Semester Online-Quizze anbieten. Diese können zum einen den Studierenden helfen, eigene Schwachpunkte und Wissenslücken zu erkennen und daran zu arbeiten. Zum anderen hilft es auch mir als Lehrendem, den Schwierigkeitsgrad meiner eigenen Veranstaltung besser einzuschätzen und die Inhalte zu erkennen, die den Studierenden Probleme bereiten. So kann ich auf diese Inhalte am folgenden Vorlesungstermin noch einmal genauer eingehen und zukünftige Vorlesungen verbessern.

2.3.2 Was würde ich das nächste Mal ändern

Von der technischen Seite her würde ich mich das nächste Mal um eine bessere Ausstattung bemühen. Insbesondere würde ich ein qualitativ hochwertigeres Mikrofon verwenden, um eine besser Aufnahmequalität zu erhalten.

Von der Ausgestaltung der Veranstaltung waren die beiden Präsenztermine an zwei aufeinander folgenden Tagen meiner Meinung nach etwas zu umfangreich. Dies liegt zum großen Teil daran, dass weder die Studierenden noch ich an dieses Konzept gewöhnt waren und sich beide Seiten auf das Blended-Learning erst einstellen mussten. Insbesondere die Gruppenarbeit war für die (Wirtschafts-)Mathematik Studenten ungewohnt. Ich würde deshalb das nächste Mal die Gruppenarbeitsphase auf einen Tag verkürzen. Eine andere Möglichkeit wäre, die Gruppenarbeitsphase auf zwei Termine zu verteilen. In diesem Fall würde ich an jedem Termin einen Teil als klassische Vorlesung abhalten, in dem die Inhalte der Online-Vorlesung vertieft werden. In der zweiten Hälfte jedes Termins könnte dann eine Gruppenarbeitsphase abgehalten werden, die auf diesen Inhalten aufbaut.

Zusätzlich zu dem Aufgaben für die Gruppenarbeitsphase würde ich das nächste Mal auch einen (kurzen) klassischen Übungszettel ausgeben. Damit hätten die Teilnehmer zusätzlich die Möglichkeit, sich auch alleine ohne Zeitvorgabe mit Aufgaben zu beschäftigen und sie könnten gegebenenfalls fehlenden Vorwissen in Ruhe nachholen.

2.3.3 Sichtweise der Studierenden auf das Lehrexperiment

Das Lehrexperiment wurden von den Studierenden überwiegend positiv aufgenommen. Den Teilnehmer gefiel die persönlich Betreuung, bei der ich auf die individuellen Fragen und Probleme eingehen konnte (siehe Feedback der Studierenden im Abschnitt 5). Es wurde als positiv hervorgehoben, dass sie in der Gruppenarbeitsphase die Möglichkeit hatten, einen eigenen Algorithmus zu entwickeln und sie so in einer angeleiteten Umgebung den mathematischen Prozess von den Grundideen zum fertigen Algorithmus zum Beweis nachvollziehen konnten.

Den Umfang und den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben empfanden die Teilnehmer für den vorgesehenen Zeitrahmen als genau richtig. Der Wunsch nach mehr Zeit für das Bearbeiten der Aufgaben wurde nur von Teilnehmern geäußert, die sich die Online-Vorlesungen nicht angesehen hatten.

Einige der Studierenden haben vermutet, dass die Stoffmenge geringer als bei herkömmlichen Vorlesungen ist, was sowohl als Vorteil als auch als Nachteil empfunden wurde. Dieses trifft jedoch nicht zu, da in den Videos die gleiche Stoffmenge in wesentlich kürzerer Zeit präsentiert werden kann.

2.3.4 Konsequenzen für das eigene Rollen- und Selbstverständnis

Das Blended-Learning-Konzept bietet eine gute Möglichkeit, die gewohnten Strukturen von Mathematikvorlesungen aufzubrechen. Es wird kein Frontalunterricht abgehalten, sondern die Teilnehmer können in kleinen Gruppen zusammen unter Anleitung und mit individueller Betreuung Lösungsansätze erarbeiten. Wie ich schon weiter oben erläutert habe, sehe ich meine Rolle als Lernbegleiter der Studierenden. In klassischen Vorlesungen kann ich dieser Wunschrolle nur schwer gerecht werden. Das Blended-Learning bietet hingegen eine gute Möglichkeit zur direkten Kommunikation und Interaktion mit den Teilnehmern. Der kognitiv-stische Teil der Vorlesung wird ausgelagert und es bietet sich mir die Möglichkeit, auf die Studierenden in der Präsenzphase individuell einzugehen und sie bei Ihren Lernprozess zu begleiten.

Aus diesen Gründen werde ich in zukünftigen Vorlesungen vermehrt Blended-Learning

einsetzen.

3 Vorlesungsplanung

In diesen Abschnitt befindet sich die Planung zum Lehrexperiment.

3.1 Planung für die Onlinephase

Die Onlinephase und die Präsenzveranstaltungen behandeln das (in sich abgeschlossene) Themengebiet “Travelling Salesman Problem (TSP)” innerhalb der Vorlesung “Optimierung/OR II”.

In der Onlinephase werden die Studierenden mit Hilfe von drei Videos in das Thema eingeführt und lernen erste Approximationsalgorithmen kennen. Im ersten Video wird das Problem definiert und an Praxisbeispielen motiviert. Dann wird bewiesen, dass das Problem in der ursprünglichen Formulierung nicht approximiert werden kann, d.h. dass es keinen k -Approximationsalgorithmus für das Problem geben kann für alle $k > 1$. Diese Tatsache und die Praxisbeispiele motivieren das metrische TSP. Diese metrische Variante wird definiert und es wird gezeigt, dass auch sie NP-schwer ist, dafür aber approximiert werden kann.

Im zweiten Video wird der erste Algorithmus für das TSP-Problem vorgestellt: Der “Double-Tree-Algorithmus”. Zuerst wird er formal dargestellt und dann an einem Beispiel erklärt. Schließlich wird bewiesen, dass der Algorithmus ein 2-Approximationsalgorithmus ist.

Im dritten Video wird auf einen weiteren Spezialfall des TSP eingegangen: das euklidische TSP. Dieses Problem wird definiert und es wird motiviert, warum es interessant ist. Dann wird ein Satz bewiesen der zeigt, dass man für zufällige Instanzen eine TSP-Tour konstruieren kann, deren Länge im Durchschnitt relativ nahe an der optimalen Lösung liegt. Mit Hilfe dieses Satzes und der Konstruktion solch eine TSP-Tour wird die Idee von probabilistischen Approximationsgütern erklärt und weitere Beispiele dazu gegeben.

Die Videos werden mit Camtasia aufgenommen und auf die zur Vorlesung gehörende Moodleseite gestellt. Zusätzlich werden die in den Videos gezeigten Folien online gestellt.

In Moodle wird zudem eine Kurzevaluation zu der Online-Phase stattfinden, welche die Studierenden nach dem Durcharbeiten der Videos ausfüllen sollen.

3.2 Planung für die Präsenzveranstaltungen

In den beiden Präsenzveranstaltungen soll das in der Online-Phase erworbene Wissen wiederholt und angewendet werden. Zusätzlich sollen die Studierenden selbständig an den Problemen weiterarbeiten, unter Hilfestellung eine eigene Nachoptimierungsheuristik erarbeiten und einen verbesserten Approximationsalgorithmus entwickeln.

Dazu bekommen die Studierenden in jeder Präsenzübung einen schriftlichen Arbeitsauftrag mit mehreren Aufgaben, die sie innerhalb von 45 Minuten bearbeiten sollen. Im Arbeitsblatt sollen die Studierenden in Gruppenarbeit den in der Online-Phase vorgestellten Double-Tree-Algorithmus auf zwei Instanzen ausführen und die berechneten TSP-Touren bewerten. Hierbei soll ihnen auffallen, dass eine der Instanzen keine metrische Kostenfunktion besitzt und man daher keine Aussage über die Kosten der berechneten Tour im Bezug zur optimalen Lösung machen kann, bzw. dass sie mehr als doppelt so lang wie eine optimale Tour ist.

Des Weiteren sollen sie sich überlegen, ob die für die metrische Instanz berechnete Tour 'gut' ist oder ob man sie noch verbessern kann. Die Überlegungen sollen zu der Einsicht führen, dass man mit einer Nachoptimierung bestehende Touren verbessern kann. Daraufhin sollen die Studierende eigene Nachoptimierungsmethoden entwickeln und schriftlich in Pseudocode formulieren. Ich werde während der Gruppenarbeitsphase herumgehen um eventuelle Fragen zu beantworten und gegebenenfalls Hilfestellungen zu geben. Am Ende der Gruppenarbeitsphase soll eine Gruppe ihre Ideen kurz vorstellen. Anschließend werde ich eine bekannte Nachoptimierungsmethode (k -Opt) kurz vorstellen und analysieren.

Am zweiten Termin sollen die Studierenden wieder in Gruppenarbeit einen eigenen verbesserten Algorithmus für das metrische TSP-Problem erarbeiten. Dieser Algorithmus soll den Double-Tree-Algorithmus verbessern. Daher sollen die Studierenden zuerst die Hauptidee des Algorithmus herausarbeiten. Als weitere Hilfestellung bekommen sie mehrere kleine Theoreme, die sie beweisen sollen und dessen Aussagen vernünftig kombiniert die Idee für einen besseren Algorithmus liefern. Ich werde wieder während der Gruppenarbeitsphase herumgehen, um eventuelle Fragen zu beantworten und gegebenenfalls Hilfestellungen zu geben. Nach der Gruppenarbeitsphase soll wieder eine Gruppe Ihre Ideen vorstellen.

Anschließend werde ich Christophides Algorithmus formal vorstellen, auf einem Beispiel

laufen lassen und die Approximationsgüte beweisen. Am Ende des Termins werde ich eine schriftliche Kurzevaluation abhalten.

Da es sich um den letzten Vorlesungstermin in diesem Jahr handelt und das Themengebiet "kombinatorische Optimierung" abgeschlossen wird, werde ich einen kurzen Überblick über die bisherigen Inhalte der Vorlesung und einen Ausblick für das nächste Jahr geben.

3.3 Zeitplanung

Datum	Event
Mo. 2.12.2013	Vorlesung Optimierung II, Thema: Ende Bin Packing und Start Network Design
Di. 3.12.2013	Vorlesung Optimierung II, Thema: Network Design, Seifenblasenexperiment
Do. 5.12.2013	Übung Optimierung II (Dr. Löwenstein) Besprechung von Zettel 7 und Ausgabe von Zettel 8
Mo. 9.12.2013	Vorlesung Optimierung II, Thema: Network Design
Di. 10.12.2013	Vorlesung Optimierung II, Thema: Ende von Network Design Ankündigung: Keine neuer Übungszettel, Konzept für nächste Woche erklären, auf Online-Vorlesung hinweisen. Online Vorlesung in Moodle einstellen
Do. 12.12.2013	keine Übung, Abgabe von Zettel 8
Mo. 16.12.2013	Blended Learning, Gruppenphase
Di. 17.12.2013	Blended Learning, Gruppenphase
Do. 19.12.2013	Übung, Besprechung von Zettel 8

3.4 Inhalt der Online-Vorlesungen

erste Online Vorlesung: (6:40 Minuten lang)

Definition des Travelling Salesman Problems

Satz und Beweis: es existiert kein k -Approximationsalgorithmus für alle $k > 1$

⇒ Definition metrische TSP

Praxis Beispiele für metrische TSP

zweite Online Vorlesung: (6:30 Minuten lang)

Ein erster Approximationsalgorithmus: Double Tree Algorithmus

- Formaler Algorithmus
- Algorithmus an Beispiel erklären
- Beweis der Gütegarantie

dritte Online Vorlesung: (10:00 Minuten lang)

Motivation und Definition von Euklidischen TSP

Konstruktion einer guten Tour für zufällige Instanzen.

Anmerkung zur probabilistischen Analyse von Algorithmen

3.5 Planung Präsenzphase

Vorlesungsplanung für Montag, den 16.12.2013

Zeit	Ziele	Inhalt	Methoden/Medien/Material
15 min	Zusammenfassung und Wiederholung der Inhalte der Online Phase und Fragen und Probleme beantworten	Def. Travelling Salesman, NP-hardness, Metric TSP, Double-Tree-Algorithm, Euclidean TSP	Tafel/Beamer
5 min		Erklärung der Gruppenarbeitsphase, Ausgabe der Aufgaben, mathematische Probleme in Gruppe bearbeiten	
45 min	Wiederholung und Anwendung des Stoffes der Online Phase, vertiefendes Verständnis für das TSP-Problem entwickeln, Problematik bei nicht-metrischen Instanzen selber erkennen, eigene Ideen für Verbesserungen der Algorithmen entwickeln, Eigene Algorithmen formal richtig aufschreiben	Double-Tree Algorithmus auf zwei Instanzen anwenden Eigene Ideen für Post Optimierung entwickeln	Gruppenarbeit
10 min	Studierende lernen die eigenen mathematischen Ideen vor Publikum zu präsentieren	Studierende präsentieren ihre Ergebnisse/Ideen	Tafel / freier Vortrag
15 min	Zusammenfassung/ Inhalte aus eine korrekte mathematische Basis bringen	Post Optimization for TSP k -OPT Algorithmus und Ausblick	Tafel / Beamer

Vorlesungsplanung für Dienstag, den 17.12.2013

Zeit	Ziele	Inhalt	Methoden/Medien/Material
10 min	Wiederholung und Vorwissen für diesen Termin auffrischen	Wiederholung, was haben wir gestern getan?, Perfect Matching Problem vorstellen, Arbeitsaufträge ausgeben	Tafel/ Beamer
45 min	selbständige Arbeit an einem Problem	Arbeitsphase, ein paar Sätze beweisen und aus den Sätzen Ideen für verbesserten Algorithmus entwickeln	Gruppenarbeit
10 min	Studierende lernen die eigenen mathematischen Ideen vor Publikum zu präsentieren	Studierende präsentieren ihre Ergebnisse/Ideen	Tafel / freier Vortrag
15 min	Zusammenfassung/ Inhalte aus eine korrekte mathematische Basis bringen	Christophides Algorithm mit Beweis und Beispiel	Beamer
5 min		Evaluation der letzten zwei Termine und Online-Phase	Feedback-Bogen
5 min		Abschluss, Kurzurückblick auf erste Teil des Semesters, Vorausschau auf letzte Teil des Semesters	

3.6 Arbeitsblatt 1

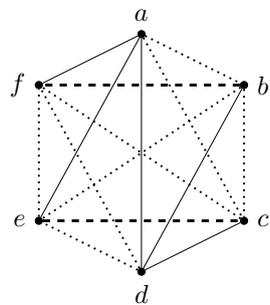


Work Sheet for Mo. 16.12.2013

Solve the following tasks in groups.

Task 1:

Let I be the TSP instance shown below. The table on the right hand side shows the costs of the edges.



	a	b	c	d	e	f
a	99	99	99	1	1	1
b	99	99	99	1	99	2
c	99	99	99	1	2	99
d	1	1	1	99	99	99
e	1	99	2	99	99	99
f	1	2	99	99	99	99

Figure 1: The TSP instance I . Dotted edges have cost 99, the normal ones have cost 1 and the dashed ones have cost 2.

- Compute a MINIMUM SPANNING TREE for I . (Hint: it has cost 5)
- Apply the DOUBLE-TREE ALGORITHM on I .
- Find an optimal tour for I .
- Let $C(I)$ be the cost of the tour you have found and $OPT(I)$ be the optimum cost. What is $C(I)/OPT(I)$? Explain your result.

Task 2:

Apply the DOUBLE-TREE ALGORITHM on the following Euclidean instance shown in Figure 2.

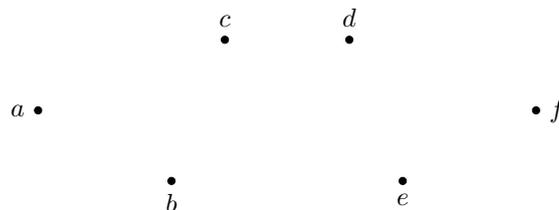


Figure 2: Euclidean TSP instance.

Is the tour you have computed a shortest tour?

Task 3:

Consider the tour you have computed in Task 2 and the tour we have computed in the online lecture (see Figure 3).

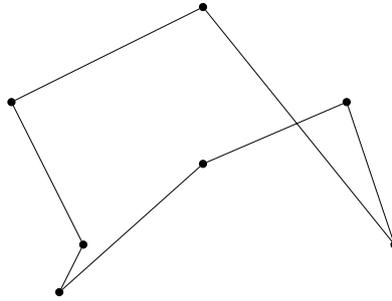


Figure 3: TSP tour computed by the Double-Tree Algorithm.

These tours are not optimal, as there are edges that “cross” each other. In such cases it is good to apply a “post-optimization” on the computed solution in order to improve it, even if we cannot prove an approximation guarantee for the post optimization. A common post optimization heuristic is to improve a solution by iteratively applying some small (local) changes.

- Show that in an optimal tour for an Euclidean TSP instance there cannot be two edges that “cross” each other.
- How can you shorten the tour computed in Task 2 and the tour in Figure 2 by local changes?
- Generalize your idea to *metric* TSP instances.

Algorithmus 1 (Double-Tree Algorithm for METRIC TSP).

Input: A METRIC TSP instance $I = (K_n, c)$.

Output: A Hamiltonian Cycle C in K_n .

- 1 $T \leftarrow$ MINIMUM SPANNING TREE for I ;
- 2 Double all edges in T and construct a Hamiltonian Cycle C out of an Eulerian walk E in the resulting graph G ;
- 3 return C ;

3.7 Arbeitsblatt 2



Work Sheet for Tue. 17.12.2013

Solve the following tasks in groups.

Today we want to use the ideas of the Double-Tree Algorithm in order to construct an even better approximation algorithm.

Definition 1. Let G be a graph with an even number of vertices. $M \subseteq E(G)$ is a PERFECT MATCHING in G if and only if every vertex $v \in V(G)$ is incident to exactly one edge in M .

Note, that it is necessary that G has an even number of vertices in order to contain a perfect matching, but not sufficient. If G is a complete graph it is sufficient that G has an even number of vertices in order to contain a perfect matching.

In the following we can use (without proof) the fact that there exists a polynomial time algorithm that computes a minimum cost perfect matching in a graph if one exists.

Task 1: What is the main idea in the proof of the approximation factor of the Double-Tree Algorithm? Formulate it in one sentence.

Task 2: Show that every tree has an even number of vertices of odd degree.

Task 3: Let $I = (K_n, c)$ be a metric TSP instance. Let $S \subset V(K_n)$ a subset of vertices and let $I' = (K_S, c')$ be the TSP instance restricted to the vertices of S , i.e. we want to find a shortest TSP-tour through the vertices of S . Show that $OPT(I') \leq OPT(I)$.

Task 4: Let $I = (K_n, c)$ be a metric TSP instance with an even number of vertices, T be an optimal TSP-tour and M be a minimum cost perfect matching in K_n . Show that $c(M) \leq \frac{1}{2}c(T)$. (Hint: Decompose the tour T into perfect matchings.)

Task 5: In the Double-Tree Algorithm we construct a TSP tour out of an Eulerian walk that is at most 2 times longer than an optimal tour. Combine the observations from Task 1 to Task 4 in order to get an approximation algorithm with an approximation factor 1.5.

Write down your approximation algorithm and a sketch of the proof of the approximation factor.

Task 6: Compute a TSP tour for the Euclidean instance shown in Figure 1 by applying your algorithm from Task 5. (You do not need to compute a minimum perfect matching, just guess it by eye)

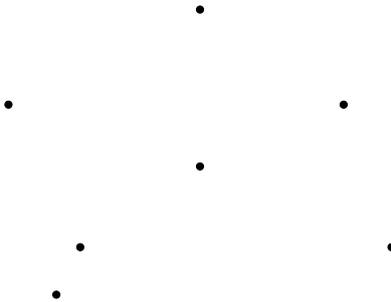


Abbildung 1: Euclidean TSP instance.

Bonus Task: In the last online-video we have considered the case where n points $\{p_1, \dots, p_n\}$ are randomly chosen from the unit square $[0, 1] \times [0, 1]$. Then we have constructed a tour for $\{p_1, \dots, p_n\}$ of cost at most $2\sqrt{n} + 3$.
Construct an instance $I = \{p_1, \dots, p_n\} \subseteq [0, 1] \times [0, 1]$ for which the tour we get by this construction is much longer than an optimal tour for I .

4 Feedback der Studierenden nach der Online-Phase

Im Folgenden befindet sich die Auswertung des Online-Feedbacks, welches die Studierenden im Anschluss an die Online-Phase ausfüllen sollten. Insgesamt wurden 8 Feedback Formulare ausgefüllt.

Die Skala geht von 1: *trifft gar nicht zu* bis 6: *trifft voll zu*

(1) Ich konnte ohne Probleme auf die Dateien (Video und Folien) zugreifen.

1:		0 (0%)
2:		0 (0%)
3:		0 (0%)
4:		0 (0%)
5:		0 (0%)
6:	<input type="text" value="8"/>	8 (100%)

(2) Die Vermittlung der Inhalte ist klar und verständlich.

1:		0 (0%)
2:		0 (0%)
3:		0 (0%)
4:		0 (0%)
5:	<input type="text" value="7"/>	7 (87,5%)
6:	<input type="text" value="1"/>	1 (12,5%)

(3) Ich habe jetzt ein grundlegendes Verständnis des behandelten Themengebietes.

1:		0 (0%)
2:		0 (0%)
3:		0 (0%)
4:	<input type="text" value="2"/>	2 (25%)
5:	<input type="text" value="4"/>	4 (50%)
6:	<input type="text" value="2"/>	2 (25%)

(4) In fand die Online-Lernphase insgesamt sehr gut.

1:		0 (0%)
2:		0 (0%)
3:	<input type="text" value="1"/>	1 (12,5%)
4:	<input type="text" value="1"/>	1 (12,5%)
5:	<input type="text" value="1"/>	1 (12,5%)
6:	<input type="text" value="5"/>	5 (62,5%)

(5) Ich sehe Online-Lernphasen wie diese hier als sinnvolle Ergänzung zu Präsenzveranstaltungen.

1:		0 (0%)
2:	<input type="checkbox"/>	1 (12,5%)
3:		0 (0%)
4:	<input type="checkbox"/>	1 (12,5%)
5:	<input type="checkbox"/>	2 (25,0%)
6:	<input type="checkbox"/>	3 (37,5%)

(6) Ich würde in der Zukunft weitere Online-Vorlesungen begrüßen:

1:		0 (0%)
2:		0 (0%)
3:	<input type="checkbox"/>	2 (25,0%)
4:	<input type="checkbox"/>	1 (12,5%)
5:	<input type="checkbox"/>	2 (25,0%)
6:	<input type="checkbox"/>	3 (37,5%)

(7) Was war besonders gut an der Online-Lernphase/den Videos?

- Die Beispiele, die die Konstruktion veranschaulicht haben.
- tolle Beispiele, man kann die Vorlesung unterbrechen und mit dem Nebensitzer darüber diskutieren
- Das kleine Testquiz am Ende. Vermeidet Misskonzepte und deckt Schwachstellen auf.
- Wenn es einem zu schnell geht, kann man auf Pause drücken und/oder es sich nochmal anhören.
- Gute Erklärung

(8) Was könnte verbessert werden? (ggf. Verbesserungsvorschläge nennen)

- Die Erklärung zur letzten Folie, mit dem durchschnittlichen Verhalten des Algorithmus, war nicht ganz klar
- Wöchentliche Quizes auch zu Vorlesungen
- War zu viel Stoff - annähernd so viel wie in einer vollen Vorlesungswoche.

- Aussprache.
- Mehr Platz in diesen Feldern!!!

5 Feedback der Studierenden nach der Präsenzvorlesung

Im Folgenden befindet sich die Auswertung der Feedbackbögen, die die Studierenden unmittelbar nach der zweiten Präsenzveranstaltung ausgefüllt haben. Insgesamt wurden 14 ausgefüllte Feedbackbögen abgegeben.

(1) Ich habe mir die Online-Videos zum ersten Mal

vor der Vorlesung am Montag angesehen	<input type="text" value="10"/>	10 (71,4%)
zwischen Montag und Dienstag angesehen	<input type="text" value="0"/>	0 (0%)
überhaupt nicht angesehen	<input type="text" value="4"/>	4 (28,6%)

(2) Für die zur Verfügung stehende Zeit war der Umfang der zu bearbeitenden Aufgaben

zu kurz	<input type="text" value="0"/>	0 (0%)
eher zu kurz	<input type="text" value="2"/>	2 (14,3%)
genau richtig	<input type="text" value="6"/>	6 (42,9%)
eher zu lang	<input type="text" value="5"/>	5 (37,7%)
zu lang	<input type="text" value="1"/>	1 (7,1%)

(3) Der Schwierigkeitsgrad der zu bearbeitenden Aufgaben war

zu niedrig	<input type="text" value="0"/>	0 (0%)
eher zu niedrig	<input type="text" value="0"/>	0 (0%)
genau richtig	<input type="text" value="12"/>	12 (92,9%)
eher zu hoch	<input type="text" value="1"/>	1 (7,1%)
zu hoch	<input type="text" value="0"/>	0 (0%)

(4) Ich habe jetzt ein grundlegendes Verständnis des behandelten Themengebietes

trifft gar nicht zu	<input type="text" value="0"/>	0 (0%)
trifft nicht zu	<input type="text" value="0"/>	0 (0%)
trifft kaum zu	<input type="text" value="0"/>	0 (0%)
trifft eher zu	<input type="text" value="5"/>	5 (35,8%)
trifft zu	<input type="text" value="8"/>	8 (57,1%)
trifft voll zu	<input type="text" value="1"/>	1 (7,1%)

(5) Die Arbeitsatmosphäre in der Gruppenarbeitsphase war gut

trifft gar nicht zu		0 (0%)
trifft nicht zu		0 (0%)
trifft kaum zu		0 (0%)
trifft eher zu	<input type="text"/>	2 (14,2%)
trifft zu	<input type="text"/>	6 (42,9%)
trifft voll zu	<input type="text"/>	6 (42,9%)

(6) Ich würde weitere Vorlesungstermine in dieser Veranstaltungsform begrüßen

trifft gar nicht zu		0 (0%)
trifft nicht zu	<input type="text"/>	1 (7.2%)
trifft kaum zu	<input type="text"/>	3 (21.4%)
trifft eher zu	<input type="text"/>	3 (21.4%)
trifft zu	<input type="text"/>	3 (21.4%)
trifft voll zu	<input type="text"/>	4 (28.6%)

(7) Welche Vorteile sehen Sie in der in den letzten Tagen praktizierten Veranstaltungsform (Onlinephase + Präsenzveranstaltung) gegenüber gewöhnlichen mathematischen Vorlesungen?

- Dozent steht für Fragen bereit
- Entlastung, da die Vorlesung nicht weiterläuft → mehr Zeit für Übungsaufgaben → mehr Übungen
- Man bereitet sich vor der Vorlesung vor.
- Videos kann man anhalten / wiederholt sehen und so besser nachvollziehen als in der Vorlesung
- Durch die Gruppenarbeit beschäftigt man sich intensiver mit der Thematik
- besseres Verständnis
- selber nachdenken
- machbare Aufgaben (teilweise)
- Besseres Stoffverständnis, dafür (vermutlich) langsames Tempo (bin mir nicht sicher ob positiv oder negativ)

- Man versteht den Stoff besser, da man selbst aktiv arbeiten muss
- Ideen bleiben viel besser im Gedächtnis wenn man sie selber entwickelt.
- selbständiges Ausarbeiten
- Gruppenarbeit
- Intensiveres Lernen des Stoffes
- Intensivere Auseinandersetzung mit dem Thema
- Während der online Vorlesung an für persönlich schwierigen Stellen Pause machbar und überlegen können
- Vorlesung anhören bis verstanden
- Fragen zu Aufgaben können gestellt werden
- Arbeit mit viel Spaß
- Man wird selbst zu noch stärkeren Mitdenken motiviert.
- Eigene Gedanken werden besser weiterverarbeitet.
- Die Behandlung des Stoffes ist intensiver.
- Die Onlinephase kann man sich selbst gut einteilen.
- Man nimmt mehr mit und schreibt nicht nur von der Tafel ab, ohne Zeit zu haben darüber nachzudenken.
- man bekommt ein besseres Verständnis des Stoffes schon in der Vorlesung

(8) Welche Nachteile sehen Sie in der in den letzten Tagen praktizierten Veranstaltungsform (Onlinephase + Präsenzveranstaltung) gegenüber gewöhnlichen mathematischen Vorlesungen?

- Wenn man nicht dazu kommt die Online Inhalte anzusehen, lohnt sich die Präsenz nicht.
- vielleicht etwas zu wenig Stoff als bei normaler Vorlesung
- Es dauert länger den selben Stoff zu vermitteln als "normal"

- Gruppenarbeit kann auch schwierig/schlecht sein
- weniger Stoff (oder Vorteil)
- Nicht so sehr die Möglichkeit, sich länger mit den Übungsaufgaben zu beschäftigen und "Verständnisblockaden" selber zu lösen
- Man kann keine Fragen direkt zur Vorlesung stellen
- Auf verschiedene Arbeitstempos bei der Bearbeitung der Aufgaben kann nicht eingegangen werden

(9) Was war besonders gut an der Veranstaltung?

- Die Veranstaltung war sehr praktisch und besser zu verstehen.
- Vertiefung, hat nicht nur den aktuellen Stoff behandelt
- Interessante Algorithmen
- Vertiefung von den ganzen Graphentheoretischen Sachen.
- Zielorientierte Aufgabenstellung
- Interaktiver Austausch mit Dozent
- Online -Videos
- Videos
- Interaktiv
- Der Dozent ist sehr nett.
- Die Aufgaben sind eigentlich nicht so schwer.
- Zu den Videos gab es die passenden Folien.
- man hat gesehen wie man auf die Algorithmen kommt
- übersichtliche Materialien (Folien und Arbeitsblätter)

(10) Was könnte verbessert werden? (ggf. Verbesserungsvorschläge nennen)

- Tipps zu Aufgaben anschreiben

- Fällt mir gerade nichts ein
- weniger helfen und etwas mehr Zeit
- Mehr Zeit für die Übungen
- Zeit zur Bearbeitung der Aufgaben
- eventuell etwas besserer Ton auf den Videos
- Kommen die Aufgabenblätter der Präsenzveranstaltungen online?