

Projekte für einen anwendungsorientierten Mathematikunterricht

Christian Hartfeldt, Kerstin Lacroix, Frank Grundmann, Thomas Stahnke,
Michael Roxer und Prof. Dr. Herbert Henning

Magdeburg, den 20. Februar 2003

Inhaltsverzeichnis

Kerstin Lacroix	
Der Projektplan von William Heard Kilpatrick	3
Herbert Henning	
„Offener Unterricht“ – Projektorientierter Mathematikunterricht	15
Christian Hartfeldt	
Wir planen eine Fahrt von München nach Berlin	23
Thomas Stahnke	
Das Modell Eisenbahnprojekt	39
Frank Grundmann	
Steuerung einer Modell Eisenbahn-Anlage	46
Michael Roxer	
Vom Fundament bis zum Dach – Ein Bauprojekt	55
Christian Hartfeldt	
Geheimnisse der Fibonacci-Zahlen	71

Kerstin Lacroix

Der Projektplan von William Heard Kilpatrick

Bezeichnend für die sozialgeschichtliche Entwicklung ist die Tatsache, daß die Gesellschaft Nordamerikas – speziell in den USA – auf der Grundlage der Aufklärungsphilosophie und speziell der Deklaration der Menschenrechte in der „Virginia Bill of Right“ aus einem „melting-pot“ (Schmelztiegel) verschiedener Völker, Rassen, Weltanschauungen und Religionen und in der Herkunft aus verschiedenen Erdteilen in deren verschiedenartiger Entwicklungshöhe zu einer neuen Gesamtgesellschaft zurechtfinden mußte, wobei die Ausdehnung dieser Gesellschaft nach Westen hin und über unvorstellbar große und leere Räume verfügen konnte, die jedem wirtschaftlichen und kulturellen Fortschritt genügend Anlaß boten.

Dieser räumlichen Ausdehnung im Nebeneinander entspricht ein zeitliches Nacheinander, und dieser Vorgang raum-zeitlicher Art enthält im Vergleich zu der europäischen Entwicklung der Gesellschaft etwas Einmaliges und Neues woraus schon zu Zeiten Kilpatricks und Deweys der Wandel als die brennendste Frage der Erziehung in der USA schlechthin verständlich wird: Man mußte die aus Europa importierte Erziehung samt ihrer Organisation ablehnen.

Lehrinhalte und Unterrichtsverfahren aus der „Alten Welt“, die man nach deutschen Vorbildern übernommen hatte, mußten in dem „melting pot“ der USA – im Schmelztiegel der Völker, Rassen und Kulturen mit divergierenden Traditionen und praktischen Lebensbedürfnissen auf dem Hintergrund der einzigartigen amerikanischen sozialgeschichtlichen Entwicklung fremd wirken, sie waren nicht zu assimilieren, sie blieben erfolglos und fremd. Die Auffassungen von Schule und Unterricht waren in Europa ja auf einer völlig andersartigen sozialgeschichtlichen Voraussetzung erwachsen.

Die Gesellschaft ist zur Zeit Deweys und seines Schülers Kilpatrick nicht in der Lage, die erziehenden Funktionen zu gewährleisten und das Verhalten der nachwachsenden Generation zu steuern.

Die Schlüsselfrage des Projektplans

In der Anwendung des biologischen Entwicklungsbegriffs der modernen Naturwissenschaft – zugleich auf die Gesellschaft wie auf die Erziehung – legt Kilpatrick schöpferisch die geistigen Grundlagen für seinen „Projektplan“.

⇒ ***Schlüsselfrage für den Projektplan die Frage nach der gesellschaftlichen Entwicklung.***

⇒ gesellschaftliche Entwicklung durch pädagogische Planung

⇒ Erziehung in der Gesellschaft und für die Gesellschaft

⇒ „Leben“ und „Lernen“ in der „Schule“ sind selbst Prozesse der gesellschaftlichen Entwicklung

An die Stelle der statischen Gesellschaftsauffassung im alten Europa, ... trat in den USA schon früh eine dynamische Gesellschaftsauffassung. Unlösbar von dieser ist die „auf das praktische Leben“ bezogene Erziehung, der Pragmatismus in der Erziehung.

Von William James herkommend schafft John Dewey eine neue, eben pragmatische Erziehungsphilosophie, die im „Projektplan“ von Kilpatrick gleichsam kontrapunktisch wieder aufgenommen wird. . .

Unter der leitenden Schlüsselfrage wird nach der tatsächlichen und alltäglichen Wirkung und Bedeutung von Schule und Lernen für die sich „wandelnde Gesellschaft“ (Funktion der Erziehung) „gefragt“ . . . Sie ist auch „planbar“ und kalkulierbar, das ist für sie ebenso spezifisch wie für die Erziehung in ihr und für sie. Meßbare Funktionen führen zu meßbaren Leistungen.

Erziehung als Anpassung des Verhaltens und Verhaltensänderung in der Bereitstellung von Fertigkeiten für Leistungen in der Gesellschaft und
Lernprozess als Verhaltensänderung.

Alle Leistungen dienen der Entwicklung, dem „progress“, dem Fortschritt der Humanisierung des Menschen und der Gesellschaft. Dieser „progress“ ist die Entwicklung der freien, demokratischen und sozialen Gesellschaft.

Die erwachsene Generation ist im allgemeinen untauglich für die neue Erziehung. „Die Autorität“ hebt sich von allein auf. In der neuen Schule der Demokratie wird mit neuen Methoden des Lernens eine neue Art der Erkenntnis und der Wahrheit und ein folgerichtiges Handeln der Kinder grundgelegt. Ein neuer Führungsstil ermöglicht die Lebens- und Verhaltensformen in der Wechselbeziehung von Kind und Gesellschaft Caroline Pratt begreift das: Sie lernt von den Kindern.

Der Projektplan: Didaktik und Methodik

Leben und Lernen in der Schule – Der Plan und erste Versuche

Definition Der Projektplan im pädagogischen Prozeß ist

- *zweckvolles Handeln, kraftvolles Handeln aus ganzem Herzen in sozialer Umgebung,*
- *ist Anwendung der Gesetze des Lernens,*
- *ist Gewähren des Raumes für wesentliche Elemente der sittlichen Eigenschaft des Verhaltens.*

Ein *Projekt* ist das typische Beispiel für eine *individuelle Planung*: jeder Schüler kann ein Projekt planen. Es ist aber ebenso das typische Beispiel der *Planung von Gruppenarbeiten*. Natürlich hat all das mit Methoden oder Verfahren des sogenannten Arbeitsunterrichts im europäischen Sinne nichts zu tun. Planung und Durchführung von Projekten führen dazu, daß der Mensch, der sein Leben gewohnheitsmäßig mit Bezug auf soziale Ziele regelt, zugleich das Verlangen nach praktischer Wirksamkeit und moralischer Verantwortung erfüllt. . . . *Kinder, die so in der Schule leben und lernen, werden nicht in erster Linie angehalten, die vorgeschriebenen, verordneten Stoffpläne zu erfüllen.*

...Gleichsetzung des Erziehungsvorganges mit dem Leben selbst... So erzeugt und erzieht die Gesellschaft den sozialen und demokratischen Menschen im „*Lernen durch Tun*“, im *Planen und Handeln und in der Verantwortung für sein Handeln*.

Das Projekt macht die Gesetze des Lernens nutzbar. Im Projekt werden Verhaltensweisen als Reaktionen in und auf Situationen erworben oder gewechselt oder verknüpft. Das ist der Vorgang des Lernens. Der Plan liefert die Triebkraft, stellt die geistigen Fähigkeiten zur Verfügung, leitet den Vorgang des „Tuns, in dem man lernt“ zum vorausbedachten Ziel und befestigt gerade durch den befriedigenden Erfolg im Geist und Charakter der Lernenden die erfolgreichen Schritte, mit denen man gelernt hat. Langsam fügen sich alle diese erfolgreichen Schritte als wertvolle Bestandteile zu einem Ganzen.

Collins erster Versuch

Collins erster Versuch mit dem Projektplan deckte die Bedingungen für eine neue erfolgreiche Schularbeit auf. Vier Bedingungen sind hervorzuheben.

- a) Die Schüler müssen selbst planen, was sie tun wollen.
- b) Wirkliches Lernen darf nie isoliert – als „Stoff“ in „Fächern“ – betrieben werden.
- c) Alles Lernen, das von der Schule ermutigt wird, wird deshalb ermutigt, weil es auf der Stelle gebraucht wird, um das in Angriff genommene Projekt besser fortführen zu können.
- d) Der Lehrplan ist nichts weiter als eine Reihe geleiteter Erfahrungen, die so verbunden sind, daß das, was gelernt wird, dazu dient, den nachfolgenden Strom der Erfahrungen zu heben und zu bereichern.

Die Ergebnisse, die in einer Landschule und in kritischen Vergleichen mit anderen Schulen erzielt wurden, stellt Collins so dar:

Die Methode des Plans ist praktisch durchführbar. Wir können die Schulstoffe und die bisher geläufigen Lehrpläne beiseite legen, die neue Lehrplantheorie kann mit ihren Zielen und Verfahrensweisen gut arbeiten. Man hat Erfolg mit dem Projektplan. Die Erfolge waren derart, wie sie von der Theorie verlangt wurden. *Die Erfolge bezogen sich auf neue Einstellungen der Kinder, besonders auf eine neue Einstellung der Kinder zur Schule, zum Lernen und zum Lehrer.* Kinder zeigten einen ungewöhnlichen Eifer. Versäumnisse und Strafen waren praktisch gleich Null.

Kinder lernen im Projektplan, individuell und in Gruppen, mehr an herkömmlichen „Stoffen“ als die Kinder der Vergleichsschulen mit althergebrachten Lehrplänen und Fächern.

- Das Leben in der Versuchsschule hat sich verändert. Es gibt keine unwilligen Kinder mehr, die täglich „durch die Mühle“ gehen.

- Es gibt nicht mehr das Aufsagen der von Erwachsenen geprägten Formeln für vergangene soziale Probleme.
- Es gibt keine frühzeitige Flucht mehr aus der Schule von mehr als der Hälfte der Schüler.
- Die Kinder werden nicht mehr zu vorzeitigen Erwachsenen mit trauriger Gleichgültigkeit.
- In der Schule herrscht mehr Leben, besseres Leben!
- Die Kinder gewinnen mehr alltägliche Erfahrungen, mehr Anlässe zur Übung von Selbstbeherrschung, wie man sie in der Demokratie braucht.
- Es gibt endlich die Mitarbeit der Schüler in allen Schulangelegenheiten. Die Schüler wollen tätige, wechselvolle Arbeit im emstvollen Bemühen, und das ist das Beste, was es für die Charakterbildung gibt.
- Man findet mehr bewußtes Nachdenken, das den besten erreichbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen in bezug auf die Lernvorgänge folgt.

Situation und Forderung, Leben und Schule entsprechen einander.

Wie wird die neue Schule erreicht?

Der Projektplan baut die Schule gründlich um. Nur so wird eine neue Schule erreicht.

- a) als Schule des Lebens, des täglichen Erfahrens: das aber schließt die lebensfremden Stoffpläne aus;
- b) als Ort, an dem die Schüler tätig und Probleme des täglichen Lebens typische Einheit des Lernvorganges sind;
- c) als Erfahrungsquelle tatsächlich besserer und angemessener Verhaltensweisen im Wachsen zu wirksamer Selbstbeherrschung im gemeinsamen Leben mit den Lehrern, die mit den Kindern sympathisieren.

In dieser Schule ist **Lernen** das Erwerben neuer Verhaltensweisen bei der Losung, die sofortiges Wirken verlangen (nicht also ein späteres, gelegentliches Wirken oder eine bloße Phantasievorstellung über ein mögliches späteres Wirken). Dadurch ist ein dauernder Aufbau und Wiederaufbau von Erfahrungen nötig, und das bedeutet neues Wachstum in Erfahrungen.

In der neuen Schule des Projektplans ist der **Lehrplan** eine Abfolge von Schulaktivitäten (= Lebenserfahrungen), die am besten den Wiederaufbau der wirklichen Erfahrungen herbeiführen und begründen ... Der neue Lehrplan besteht also aus Erlebnissen, in welchen man für die augenblickliche Erfahrung bessere Verhaltensweisen erwirbt. Erlebnisse können allerdings nicht vorausbestellt werden.

Die **Lehrer** helfen den Schülern in der Schule hauptsächlich dabei, zu planen und mit dem Maximum an Selbstkontrolle Ziele zu erreichen, die so wirksam sind, daß sie das Maximum an Energie und Selbstbeherrschung hervorrufen.

Die **Inhalte des Lernens** erscheinen nicht (46) vordringlich maßgebend, wohl dagegen geeignetes Anwenden, Forschungseifer, Verantwortlichkeit. Schule setzt ein Leben voraus, das auf der Freiheit der Wissenschaft und Weltanschauung beruht.

Die Schule will einen **Schüler**, dem man vertraut. Man muß darauf vertrauen können, daß er wirklich lernen will und daß er lernt, selbständig zu denken und zu handeln und sich den Sinn für Verantwortung anzueignen. . . Im Sinne des experimentell bestätigten Denkens ist Schule selbst ständiges Experiment, von dem man nur in Grenzen, nie aber alles genau im Voraus weiß. Das betrifft auch den Erfolg.

Ziel der Erziehung in einer solchen Schule ist demnach: der Mensch, der fähig und geneigt ist, für sich selbst und für andere zu denken, zu entscheiden und zu handeln, . . . *Erziehung besteht also in dem Leben selbst wie für das Leben.* Ihr Ziel liegt im Vorgang selbst – nicht also hat der Vorgang der Erziehung ein Ziel! Dauerndes Wachstum ist ihr Wesen und Ziel.

Schule als Lernen, demokratisch zu leben

Lernen kann man nie ohne Üben. Daher muß die Demokratie, die ja gelernt sein will, auch geübt werden. Auch und gerade die Schule muß eine solche Übung sein, dadurch, daß sie . . . verantwortliches Suchen und Finden lehrt und . . . die Beteiligung des einzelnen an der gemeinschaftlichen Verantwortlichkeit steigert

der traditionelle Schulprozeß nimmt das *gegenwärtige Leben* ernst

Das *Kernproblem* ist die *Überwindung der äußeren, gesetzten, im Wortbefehl bestehenden Autorität durch die sog. innere Autorität*, die das („Warum dessen, was sich gehört“ erkennt und die gelernt und geübt werden muß „wie es geht und was resultiert, wenn man's probiert“).

Der Wandel der Autorität ist keine Preisgabe der Autorität, . . .

In Übereinstimmung mit einer besseren Einsicht in den Lernprozeß muß die *Schule der Ort* werden, wo *Leben, wo wirkliches Erfahren vor sich geht*. Das verlangt Änderungen in Schuleinrichtungen, Lehrbüchern, Leistungen und Lehrfächern. Die *gesuchten Ergebnisse sind dynamische Haltung, Einsichten und Gewohnheiten*, die es ermöglichen, „den Kurs inmitten des Wandels“ beizubehalten, damit die jungen Menschen mit zunehmendem Alter und der Fähigkeit wachsen, auf eigenen Füßen zu stehen und ihre Angelegenheiten selbst weise zu entscheiden. Die Älteren müssen ihre Souveränitätsansprüche aufgeben, weil sie die nachfolgende Generation nicht mehr an ihre Lösungen binden dürfen, da die Aufgaben eben der nachkommenden Generation noch nicht bekannt sind.

Der Wandel in der Erziehung

Gegen die intellektuell–moralische Rückständigkeit dem materiellen Fortschritt gegenüber, beim Abnehmen der autoritativen Moral, aus dem „veränderten, unbekanntem Charakter der Zukunft“, innerhalb der ständigen Gesellschaftsveränderung durch „die große Industrie“, bei nur geringen Ansätzen zu einem Wandel zur Demokratie müssen für die Erziehung also systematisch neue Forderungen erhoben werden

Die *Forderungen* an die Erziehung:

- a) eine verstandesmäßige Morallehre, bei welcher das Warum des Betragens stets dem Was angepaßt und zugrunde gelegt wird;
- b) neue Methoden für ungelöste soziale Probleme;
- c) starke Charaktere mit weitem sozialem Blick und sozialer Haltung.

Folgerungen für die Praxis des Projektplans:

In der Schule als einem Erfahrungsraum des experimentell bestätigten Denkens wird

- a) zuerst geübt, was gelernt werden soll;
- b) es wird nur gelernt, was gelingt

Erfahrung, Üben, Lernen beziehen sich auf das praktische Handeln, die intellektuelle Einsicht wie auf das sozial-ethische Gebiet.

Beste Bedingung zu lernen ist das gemeinsame Unternehmen von Schülern und Lehrern, wo jede Einzelheit und jede Bemühung danach beurteilt werden, wie sie sich im gemeinsamen Leben auswirken. Das Lernen erfolgt wie automatisch, der Erfolg muß sich wie von selbst einstellen.

- d) Im Lernen als tatsächlichem Erfahren in der sozialen Situation kommt die Übertragung (transfer) am besten zustande. Die Anwendung der erworbenen Kräfte gelingt um so besser, als das Schulleben dem Leben außerhalb der Schule ähnlich wie möglich gemacht wird.
- e) Dazu gehört das Lernen durch Assoziation, als assoziative Wechselwirkung oder Bedingtheit (Pawlow) und das Lernen vieler Dinge zugleich, in verschiedenen Phasen, Beziehungen, einschließlich der assoziativen Empfindungswerte, der mitaufsteigenden Verhaltensweisen in den begleitenden Lernvorgängen.

Anstoß für die neue Theorie von Lernen, Handeln und Schule ist die Einsicht in die Beschaffenheit einer sich wandelnden Kultur. Die entscheidende Grundlage ist das experimentell bestätigte Denken. Nicht nur die Natur kann man beherrschen, sondern auch eine neue Gesellschaft heraufführen, berechenbar, überprüfbar, besonders durch den Erfolg in der Praxis.

⇒ eine neue geistige Lage, eine neue industrielle Entwicklung und neues sittliches (soziales) Dasein des Menschen: die Demokratie. (Verlust des „Autoritativismus“)

⇒ neue Probleme, des Menschen wie der Gesellschaft

Bloße Anpassung an den Wandel ist dabei zu wenig.

Man muß unterscheiden zwischen der Erziehung als Lebensvorgang mit einem in diesem selbst ruhenden Anpassungsvorgang und einer Erziehung wie sie die Schule als Institution ermöglicht und verwirklicht. Tatsache und Eigenart des Wandels führen sogleich vor das **Kernproblem**. *Bislang war die Schule wegen der Begünstigung der Wenigen (Führerschaft durch Bildung) und wegen des Übergewichts des „Traditionalismus“ in der institutionellen Schule geradezu ein Bollwerk gegen den sozialen Wandel. Nun sollte aber die Schule den Wandel bewirken!*

Sozialer Wandel durch die Schule

Wenn das experimentell bestätigte Denken und damit das Selbstdenken der Schüler zur Grundlage wird, dann darf die intellektuelle und moralische Zukunft der Kinder nicht mehr durch die bisherigen Vorstellungen vom statischen, unwandelbaren Leben und durch die Erwachsenen,

⇒ durch unwandelbar gehaltene Traditionen

⇒ durch die Anerkennung der von außen gesetzten Autorität ... bestimmt werden.

Weil das Leben der Erwachsenen nicht länger Richtlinie der Erziehung sein kann, darf auch der Lehrplan nicht mehr von der Rückständigkeit der sozial-ethischen Unzulänglichkeiten der Erwachsenen beherrscht werden.

Neue Methoden sind überdies erforderlich. Zudem muß man bedenken, daß **der erzieherliche Einfluß der Familie schwindet**: Die Gesellschaft erscheint von der Familie her unüberschaubar und kompliziert. Somit wachsen in Art und Grad die Aufgaben der Schule. ... Sie ist der Platz, an dem sich tatsächliches Leben abspielt. ...

Schulmethoden sind Lösungsmethoden für Probleme der Lebenswirklichkeit.

Interpretation des Projektplans Erziehung als Funktion des Wandels

Die Emanzipation des Kindes

In der Auffassung der Erziehung als „Life good to life“, also in der Absicht der Verbesserung des Lebens, wie es als soziales und demokratisches Leben gemeint war, findet die Schule von Kilpatrick als gelehrigem Schüler Deweys in der praktischen Verwirklichung im Projektplan eine große Anhängerschaft. Die dreifache Eigenart und Aufgabe der Schule muß hier eigens genannt werden zum Verständnis der Folgen.

„Die **erste Aufgabe** ... daß eine vereinfachte Umwelt bereitgestellt wird. Sie wählt diejenigen Züge aus, die grundlegend sind. Ferner stellt sie eine fortschreitende Ordnung her, indem sie die zuerst angeeigneten Faktoren als Mittel verwertet, um Einsicht in verwickeltere Gegenstände zu gewinnen. Die **zweite Aufgabe** der Schule besteht darin, den Einfluß wertloser oder wertwidriger Züge der existierenden Umwelt auf die geistigen Gewohnheiten der Kinder nach Möglichkeit auszuschalten ... Wenn eine Gesellschaft aufgeklärt wird, erkennt sie, daß es ihre Pflicht ist ... ihre gegenwärtigen Leistungen weiterzugeben, ... diejenigen, die im Sinne einer besseren Gesellschaft der Zukunft wirken.

Die **dritte Aufgabe** der Schule besteht darin, die verschiedenen Faktoren in der sozialen Umgebung gegeneinander auszugleichen und dafür zu sorgen, daß jeder einzelne Gelegenheit erhält, sich den Beschränkungen derjenigen sozialen Gruppe, in die er hineingeboren ist, zu entziehen und in eine lebendige Berührung mit einer breiteren Umgebung zu kommen.“

Correll wertet dies so: „Die gemeisterte und voll durchlebte Gegenwart in der Auseinandersetzung mit einer solchen modellgenau vorbereiteten Sphäre des Lebens ist also die beste Vorbereitung auf die Zukunft. Sie soll die Schule leisten.“

„Der Mensch kann als freier Mensch nur sozialer Mensch sein, und als sozialer Mensch handelt er zugleich sittlich.“ (sittlich hier als sozial)

Nach der Emanzipation der Bürger 1789, der Arbeiter 1843, der Frauen 1865, der Jugend 1913 ereignet sich hier die Emanzipation der Kinder. Besser gesagt, die Kinder werden von den Erwachsenen emanzipiert, –denn die Kinder selbst denken nicht daran, ihre Öffentlichkeitsrechte und -funktionen zu fordern und zu verteidigen. Aber die Erwachsenen meinten, der Akt der Emanzipation sei notwendig, um die Erziehung als Funktion des Wandels zum und im sozialen und demokratischen Leben durch Erziehung zu sichern.

Demokratische und soziale Lebensform

... Erziehung

ist die Erhaltung und Fortsetzung des Prozesses ständiger Umbildung der Verhaltensformen. hat kein Ziel, sie „ist“ Entwicklungs- und Lebensprozeß, also beständige Neugestaltung, unaufhörliche Regeneration.

Die Schule der Demokratie ist selbst dieser Prozeß und muß die Methode des Lernens vermitteln, nicht Stoffe, um mit dem brennenden Wunsch nach Erkenntnis auch das Streben

nach der Wahrheit und entsprechendes Handeln im Kinde zu verankern.

Lernen in der Schule als Neuformung der Verhaltensweisen ist in sich Charakterbildung als Bildung neuer Lebens- und Verhaltensformen im Wechselprozeß von Kind und Welt wobei den demokratischen Verhaltensweisen der Kinder auch demokratische Führungsstile in der Schule entsprechen müssen.

Die Kritiker

Amerikanische Stimmen

Der Projektplan ist in der Wirksamkeit amerikanischer Erziehungs- und Unterrichtsmethoden teils eine Basis, teils neben anderen „Plänen“ ein praktischer Vollzug des Lernens in der Schule. Dieser Zusammenhang scheint zu bewirken, *daß die Kritiker sich in der Regel nicht auf den Projektplan allein beziehen, sondern mit ihrer – Kritik an der „progressive education“ auf den Projektplan treffen,*

... Man erkennt schließlich daß man versäumt hat, die Grundfragen nach Begabung und Leistung und entsprechender Schulorganisation gründlicher zu analysieren und den funktionellen Zusammenhang von Schule und Gesellschaft neu zu definieren.

Werner Correll

1963 erschien von Werner Correll „Die Reform des Erziehungsdenkens“. In seinem eigenen Beitrag über die psychologischen und philosophischen Grundlagen des Erziehungsdenkens John Deweys vertritt Correll *eine positive Kritik, ... (teilt die) Auffassung vom Menschen als einem Handelnden überein ... Alles Handeln und alle Anleitung zum Handeln wird als fortgesetztes Handeln in der Gemeinschaft aufgefaßt.*

Im Zusammenhang mit dem Lernen, das letzten Endes Neuformung des Verhaltens ist, ergibt sich auch für Correll die Charakterbildung „als eine entsprechende Bildung neuer Lebens- und Verhaltensformen“. *Im Wechselwirkungsprozeß zwischen Mensch und Welt wird eine Methode nötig, die an Situationen anknüpft, in denen es zumindest die Anforderungen eines objektiven Sachverhalts an ein Subjekt mit bestimmten Einstellungen gibt. „Im Erleben des sachlichen Widerstandes entwirft, ‚projektiert‘ der Mensch im Denken Lösungsversuche. Er vergleicht sie mit seinen Erfahrungen aus ähnlichen Situationen und erprobt sie schließlich mit der wirklichen Situation. Notfalls wird das Experiment mit einer anderen Hypothese wiederholt. Es handelt sich also um die Methode ‚des Denkens‘ oder, wie sie vor allem Deweys Schüler W. H. Kilpatrick genannt und ausgearbeitet hat um die Methode des ‚Projizierens‘ oder kurz: die ‚Projektmethode‘.“*

Heinz Loduchowski

Loduchowski weist daraufhin, daß *Deweys Religion nicht mehr das geringste mit einem christlichen Glauben an Gott als Schöpfer und Herrn der Welt und der Menschen zu tun*

hat, und daß er sich eindeutig von jeder Offenbarungsreligion getrennt habe und jede Hoffnung auf eine übernatürliche Hilfe als einen Selbstmord der religiösen Funktion in sich betrachtet habe. „An die Stelle der christlichen Religion gegenüber der göttlichen, absoluten Autorität setzte Dewey eine 'Religiosität' menschlicher, relativer, empirischer Sozialdemokratie. Den Glauben an eine persönliche, göttliche Wahrheit und ihre übernatürliche Offenbarung“ lehnt Dewey ab zugunsten einer 'Gläubigkeit' progressiver (natur-)wissenschaftlicher Erfahrung. „Entsprechend würde nach Loduchowski eine amerikanische und demokratische Lebensweise zum Religionsersatz gemacht. . .

. . . Zugrunde liegt die Gleichheitsformel: „Wie können wir die Allgemeinbildung den verschiedenen Altersstufen und vor allem den verschiedenen Einstellungen zum Leben so anpassen, daß sie jeden einzelnen innerlich packt und doch in ihrem Ziel und im Kern des Unterrichts für alle gleich ist?“ . . .

Auf der Gleichheitsformel basiert aber auch der Grundsatz einer klassenlosen, koedukativen, politisch unparteiischen und säkularisierten Erziehung. . . *jeder Vorschlag, verschiedene Selektionen für Schüler verschiedener intellektueller Begabung vorzusehen, wird abgelehnt als undemokratisch. . .*“ (Kritik Loducowskis) . . . *würde nach Loduchowski eine amerikanische und demokratische Lebensweise zum Religionsersatz gemacht* Zugleich würde diese Demokratische Lebensweise zum Ziel und Vollzug der Erziehung erklärt.

Hannah Ahrendt

Sie nimmt Stellung zur offenbar gewordenen Krise der Erziehung, in der sich ebenso offenbar eine gesellschaftliche Krise abzeichnet Sie deckt eine in den USA mit Pathos vorgetragene Illusion auf. Der ganze Komplex moderner Erziehungstheorien, soweit er aus Mitteleuropa stammt ist in alten Rousseauschen Vorstellungen begründet, man könne eine neue Welt dadurch herauführen, *daß man sie innerhalb der Welt der Kinder, also der Schule, gleichsam als Modellmaßstab einrichtet und hofft sie werde sich nun so natürlich und automatisch weiterentwickeln, wie die Kinder heranwachsen* “.

Aus dieser Grundlage hat sich „unter dem Banner einer Fortschrittlichen Erziehung, der progressive education, eine radikalste Revolutionierung des gesamten Erziehungssystems“ vollzogen, wobei 'gleichsam *von einem Tag zum anderen alle Traditionen und alle bewährten Lehr- und Lernmethoden über den Haufen geworfen wurden*'. Aber:

'Die Krise in der Erziehung in Amerika ist Bankrotterklärung der progressive education. Diese Krise ist aber nicht zu trennen von den Bedingungen und Anforderungen der Massengesellschaft, innerhalb deren durch den Begriff der Gleichheit „die technische Struktur des Schulsystems grundlegend verändert wurde und *jedes Kind zwangsweise die High School besuchen mußte. Die wirkliche höhere Schule fiel aus. Die Vorbereitung für ein Studium mußte bei chronischer Überlastung des Lehrplans im College geleistet werden.* Der Gleichheitsgrundsatz war praktisch ein „Ausgleich nur auf Kosten der Autorität des Lehrers und auf Kosten der Begabten unter den Schülern.

Kritik weiter: Die *drei Grundüberzeugungen*, die zu diesen „ruinösen Maßnahmen“ führten, sind:

- a) Die Welt des Kindes bzw. der Gesellschaft, welche die Kinder unter sich bilden, ist eigenständiger Art, und man muß es ihr überlassen, sich möglichst selbst zu verwalten. Die Autorität geht auf die Kindergruppe über, *Erwachsene werden dem einzelnen Kinde gegenüber hilflos und kontaktlos*. Die Welt der Erwachsenen wird den Kindern verschlossen wegen der Modellhaftigkeit der kindlichen Eigenwelt als Lebenswelt, aber in ihr herrscht die „Tyrannei der Majorität“ in der besagten Selbstverwaltung.
- b) „Unter dem Einfluß der modernen Psychologie und der Lehren des Pragmatismus hat sich die *Pädagogik zu einer Wissenschaft des Lehrens überhaupt* entwickelt und zwar so, daß sie sich völlig vom eigentlichen Lehrstoff emanzipierte.“ Die *Fachausbildung des Lehrers wurde aufs schwerste vernachlässigt*, die Autorität des Lehrers als Person kam nicht mehr zur Geltung.
- c) Der Grundsatz, der „ebenso primitiv wie einleuchtend“ ist, heißt, *das Lernen durch Tun so weit wie möglich zu ersetzen*, die Tätigkeit des Lernens dauernd neu zu produzieren. Man solle bewußt kein Wissen lehren, sondern eine Geschicklichkeit einüben, als sei *die Schule eine Lehre, in der man ein Handwerk lernt*.“ Der Unterschied zwischen Spiel und Arbeit ist verwischt.

Nun hat man aber versucht, „*aus den Kindern selbst eine Art Welt zu errichten. Zwischen diesen Kindern bildet sich eine Art Öffentlichkeit, und ganz abgesehen davon, daß dies eine Schein-Öffentlichkeit und das ganze Unternehmen eigentlich eine Art Betrug ist, liegt das Schädliche bereits darin, daß Kinder, also Menschen, die im Werden sind und noch nicht sind, gezwungen werden, sich im Lichte einer Öffentlichkeit überhaupt zu exponieren.*“ *Durch die Etablierung einer Kinderwelt werden die Bedingungen für Werden und Wachsen zerstört...*

... „*Die Autorität ist von den Erwachsenen abgeschafft worden, und dies kann nur eines besagen, daß die Erwachsenen sich weigern, die Verantwortung für die Welt zu übernehmen, in welche sie die Kinder hineingeboren haben.*“

... Gegen diese Emanzipation (der Kinder) und revolutionäre Modernität ... Hannah Arendt die These, daß die Erziehung konservativ sein müsse. „... im Wesen der erzieherischen Tätigkeit selbst zu liegen, deren Aufgabe es immer ist, etwas zu hegen und zu schützen - das Kind gegen die Welt, die Welt gegen das Kind, das Alte gegen das Neue und das Neue gegen das Alte. Auch die Pauschalverantwortung, die dabei übernommen wird für die Welt, liegt natürlich im Sinne einer konservativen Haltung“.

Aus ihrer These der konservativen Erziehung zieht sie die Konsequenz, die gleichzeitig das zusammenfassende Urteil über die progressive education und die Projektmethode darstellt: „Wir müssen das Gebiet der Erziehung von anderen, vor allem von den politisch öffentlichen Lebensgebieten entschieden scheiden ... Technisch folgt hieraus, daß man nicht versucht, Kinder zu behandeln, als ob sie Erwachsene wären ... Was uns alle angeht ... ist der Bezug zwischen Erwachsenen und Kindern überhaupt ...“

Schlußbemerkung

„Im Projektplan von William Heard Kilpatrick ist ohne Zweifel ein höchst wirksam gewordener Ansatz für die Neugestaltung industriegesellschaftlich notwendiger Formen von Bildungswesen enthalten. Schulleben, Unterrichtsformen, Methoden und Führungsstile haben erhebliche Anstöße zu Wandlungen erfahren.“

Kilpatrick erkannte

⇒ ... daß die schulorganisatorischen Veränderungen nicht ohne die Diskussion der geistigen Grundlagen erfolgen kann. (In seiner Zeit und für seine Zeit hat er im oft von ihm zitierten „Sturz des Aristoteles“ und in seinem Versuch einer pädagogischen Interpretation einer vorausgegangenen neuen Philosophie den Horizont fundamentaler geistiger Grundlagen erschüttert.

⇒ die Bedeutung von *Schule als gesellschaftliches Leben* ...

Zusammenfassung von Wilhelm Rückriem

Auf dem Hintergrund sozialgeschichtlicher Entwicklung, die in Nordamerika gegenüber anderen Verlaufsförmungen gesellschaftlicher Prozesse sich als unvergleichbar darstellt, in zeitlicher Folge wie in räumlicher Ausdehnung mit Voraussetzungen und Rückwirkungen auf Mensch und Gesellschaft bis heute, erscheint das pädagogische Problem des Projektplans als eine spezifisch gesellschaftsgebundene, zeitgebundene und zeitwirksame und zu rechtfertigende schulische Erneuerung.

Zuletzt von hier aus besteht über die Fragwürdigkeit einer sogenannten Anwendung oder allgemeinen Übertragbarkeit kein Zweifel. Töricht wäre es geradezu, wollte man in eine hoffentlich überwundene Methodengläubigkeit und Geschaftehuberei zurückfallen und sich die Analyse der geistigen Grundlagen ersparen, um dann kurzerhand didaktisch und methodisch, weil „so praktisch“ erscheinende, „brauchbare“ handwerkliche Routine zu übernehmen.

Literaturverzeichnis

- [1] Wilhelm Rückriem: *Der Projektplan von William Heard Kilpatrick*. In: „Pädagogische Pläne des 20. Jahrhunderts“ in Allgemeine Pädagogik Bd. 39, Kamps Pädagogische Taschenbücher, 4. Auflage, S. 40-72.
- [2] Ahrendt Hannah: *Die Krise in der Erziehung*, Bremen 1958.
- [3] Dewey-Kilpatrick: *Der Projektplan Grundlegung und Praxis*. Herausgegeben von Peter Petersen. Weimar 1935.
- [4] Dewey-Handlin-Correll: *Reform des Erziehungsdenkens*. Weinheim 1963.
- [5] Loduchowski, Heinz: *Pädagogik aus Amerika?* Freiburg 1961.
- [6] Volkmann-Schluck / Karl-Heinz: *Einführung in das philosophische Denken*, Frankfurt 1965

Herbert Henning

„Offener Unterricht“ – Projektorientierter Mathematikunterricht

Soziale und subjektive Momente des Mathematiklernens werden in Unterrichtskonzepten (Sozial- und Interaktionsformen des Lehrens und Lernens) künftig eine stärkere Rolle spielen, um Verantwortungsbereitschaft, Verständigung, Kooperation und Handlungskompetenz bei Schülerinnen und Schülern herauszubilden. Dabei gewinnen Konzepte eines „offenen Unterrichts“ als „Alternative“ zu einem stark lehrerorientierten, vermittelnden Unterricht an Bedeutung. Die folgende Übersicht zeigt einen möglichen Gesamtrahmen, der als Basis für die Gestaltung von Lernsituationen gelten und Grundlage für einen handlungsorientierten Unterricht sein kann.

Lehrerorientierter, vermittelnder Unterricht	Wochenplanarbeit	Freie Arbeit	Wahldifferenzierter Unterricht	Projektarbeit
<ul style="list-style-type: none"> – von der Lehrperson geplant, gesteuert, ausgeführt und ausgewertet – mit Phasen der individuellen Arbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit (Binnendifferenzierung) aufgelockert 	<ul style="list-style-type: none"> – die Aufgaben sind von der Lehrperson vorgegeben <ul style="list-style-type: none"> • Mathematik • Deutsch • Sachunterricht – es besteht ein offener Zeitrahmen (2 oder mehr Stunden in der Woche) – SchülerInnen können Reihenfolge, Zeitumfang, Kooperation selbst bestimmen – die Lehrperson kontrolliert die ausgeführten Arbeiten 	<ul style="list-style-type: none"> – die SchülerInnen können in einem vorgegebenen Zeitrahmen (1 oder mehr Stunden in der Woche) Art und Inhalt von Tätigkeiten selbst bestimmen <ul style="list-style-type: none"> • spielen • lesen • Übungen • kleinere Projekte • Materialangebote laden ein – Die Tätigkeiten bleiben in der Verantwortung der SchülerInnen. 	<ul style="list-style-type: none"> – Das Konzept gilt je für eine Unterrichtseinheit – Es gesteht aus 3 Phasen: <ul style="list-style-type: none"> – Strukturierungsphase die Thematik wird entfaltet – Differenzierungsphase die SchülerInnen können sich Teilthemen zur selbständigen Bearbeitung wählen, sie arbeiten an Teilthemen – Vermittlungs- und Reflexionsphase es wird berichtet, ergänzt, über die Arbeit reflektiert 	<ul style="list-style-type: none"> – einmal im Schuljahr oder mehrere Male werden Projektwochen in Klassen oder gemischten Gruppen durchgeführt – nach vorgegebenen Themen (wie Menschen leben z. B.) <ul style="list-style-type: none"> • nach konkreten Anlässen • nach „gefundenen Themen“ – Es kann sich auch um einzelne Projektstage handeln.



Projektorientierter Unterricht als eine Form des offenen Unterrichts hat dabei eine besondere Relevanz.

- Die Lernenden können sich an ihren Interessen orientieren und ihr Lernen mitbestimmen. Damit wird die Chance für Freude am Lernen größer.
- Die Lernenden verlassen den Lemort der Disziplinen, d. h., die Schule öffnet sich zur sozialen Umwelt und zur Natur hin.
- Die soziale und materielle Welt wird unmittelbar erfahrbar.
- Das angesteuerte Problem wird in seinem komplexen Lebenszusammenhang erfahrbar.
- Das Projekt befragt die verschiedensten Wissenschaften nach ihren Erklärungen und Lösungen und versucht, sie anzuwenden.
- Das Projekt zielt auf einen Gebrauchswert und auf Veränderung der Praxis. Handlung als Lemkategorie wird möglich, weil Projektunterricht auf aktive Teilnahme am schulischen und außerschulischen Leben zielt.
- Projektarbeit wird von den Lernenden ernst genommen. Alles, was man tut, hat plötzlich, für alle sichtbar, Folgen.
- Projektlernen läßt der Kreativität, dem Spielbetrieb, der Phantasie, dem sinnlichen und körperlichen Erleben Raum zur Entfaltung
- Lehrer- und Schülerrollen müssen sich verändern, wenn das Projekt gelingen soll.
- Lernprozeß und Produkt sind kommunikabel. Sie werden am Produkttag bzw. im Kontakt mit der Öffentlichkeit präsentiert und lassen sich in einen sozialen Prozeß einbringen.

Projektorientierter Unterricht ist nach Hänsel 1991 „Unterricht, in dem Lehrer und Schüler ein echtes Problem gemeinsam und in handelnder Auseinandersetzung mit der Wirklichkeit zu lösen suchen“.

Folgende Funktionen des Lernens beim projektorientierten Unterricht im Fach Mathematik lassen sich herausstellen:

- Anwenden des mathematischen Wissens und Könnens in außernathematischen Situationen und in anderen Fächern
- Übertragen von mathematischen Erkenntnissen auf verschiedene Situationen und Anwenden unter neuen Bedingungen
- Entdecken mathematischer Beziehungen, Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge beim Experimentieren und praktischen Handeln
- Überprüfen mathematischer Verfahren und Strategien auf Brauchbarkeit

- Motivieren für Lern- und Übungsprozesse

Im projektorientierten Unterricht lassen sich ebenso wie im lehrgangsorientierten Mathematikunterricht weitere didaktische Prinzipien verwirklichen. Auch Projektthemen können im Sinne des **Spiralprinzips** über längere Zeit hinweg immer wieder auf höherem Niveau aufgegriffen werden.

Dabei wird bereits erworbenes Wissen gefestigt und durch die Einordnung in einen größeren Rahmen übertragen und erweitert.

Die Bearbeitung von Projekten im Mathematikunterricht erfolgt unter doppelter Zielstellung. Ausgehend von der realen Situation besteht das Ziel des Unterrichts im Lösen des gekennzeichneten Problems, dies geschieht meist in Form eines konkreten Produktes. Aus pädagogischer Sicht werden durch die Projektarbeit Lernprozesse initiiert. Pädagogische Ziele der Projektarbeit im Mathematikunterricht sind: **Motivieren für Mathematiklernen, Erkennen mathematischer Zusammenhänge, Festigen und Anwenden mathematischen Wissens und Könnens** und dadurch Verbessern der mathematischen Fähigkeiten der Kinder. Bei diesen Lernprozessen können unterschieden werden:

- Kenntnisvermittlung vor der Projektarbeit
- Informations- und Übungsphasen während der Projektarbeit
- Reflexion zu Bewußtmachen, Ordnen und Vertiefen mathematischer Inhalte nach der Projektarbeit.

Zu den o. g. Aspekten der Bedeutung des projektorientierten Unterrichts einige Erläuterungen:

- ***Kooperatives, soziales Lernen***
Projekte bieten die Möglichkeit zur Arbeitsteilung, zum gemeinsamen Erarbeiten von Zielen, Inhalten und Methoden, zum Eingehen auf unterschiedliche Fähigkeiten, Möglichkeiten und Verhaltensweisen. Nicht alle machen dasselbe, sondern jeder trägt im Rahmen seiner Möglichkeiten zum gemeinsamen Erlebnis bei!
- ***Produktorientierung***
Projekte haben als Ergebnis ein gemeinsam erstelltes Produkt (im weitesten Sinne), das zunächst für die Gruppe, darüber hinaus auch für andere einen Gebrauchswert hat.
- ***Interdisziplinarität***
Der Produktunterricht überschreitet Fächergrenzen, obwohl er auch im Fachunterricht möglich ist. Es geht darum, ein Problem in seinem komplexen Lebenszusammenhang zu begreifen und sich im Schnittpunkt verschiedener Fachdisziplinen vorzustellen.

- ***Transfermöglichkeiten***
Das im Projekt Gelernte, die dort gemachten Erfahrungen bieten Möglichkeiten zur Anwendung im Alltag zur Weitervermittlung an Interessierte (Dokumentation des Projektes) und können sich verändernd auf den Schulalltag auswirken.
- ***Veränderte Lehrerrolle*** Der Lehrer ist nicht allwissender Regisseur von Lernprozessen, eher Berater, Partner, Mitlernender. Er läßt seine Projektplanung so offen, daß Schüler die Möglichkeit haben, Schwerpunkte, Ziele, Methoden . . . zu beeinflussen bzw. zu ändern. Im Projekt ist jeder Lehrender und Lernender zugleich.
- ***Alltags-, Wirklichkeitsbezug***
Projekte orientieren sich an alltagsnahen Inhalten und Problemstellungen und bieten die Möglichkeit zum Vor-Ort-Lernen, zur Öffnung der Schule nach außen.
- ***Ganzheitlichkeit*** Projekte sprechen den Menschen an!
Im Projektunterricht versuchen Schüler und Lehrer gemeinsam, etwas zu tun, zu praktizieren, zu arbeiten unter Einbeziehung möglichst vieler Sinne. Vor allem sollen geistige und körperliche Arbeit wieder vereinigt werden.
- ***Orientierung an den Interessen der Beteiligten***
Projekte greifen Schüler- und Lehrinteressenten auf und bieten Schülern Möglichkeiten zur Selbst- und Mitbestimmung bei Planung und Durchführung und Auswertung des Projektes.
- ***Erfahrungs- und handlungsbezogenes Lernen***
Projekte ermöglichen statt reproduzierendem und konsumierendem Lernen: Möglichkeiten zur Selbsttätigkeit, Selbstorganisation, Selbstverantwortung und zu forschenden, spielerischem, entdeckendem, experimentierendem, fragendem, handelndem, phantasievollem, problemlösendem, kooperativem . . . und sozialem Lernen. Dabei sind auch Fehler, Lernumwege, Irrtümer und Schwierigkeiten wichtig für den Lernprozeß. Exemplarisches Lernen hat den Vorrang vor systematischem Lernen, induktives Lernen vor deduktivem.
- ***Selbstorganisation und Selbstverantwortung***
Die Planung wird nicht von der Lehrerin oder vom Lehrer vorgegeben, sondern die Schüler werden zur Selbstorganisation und Selbstverantwortung ermutigt.

Bei der inhaltlichen Planung von Projekten sollten die folgenden Aspekte Beachtung finden:

Zeitaspekt

Kleinprojekte

Kleinprojekte dauern möglicherweise zwei bis sechs Stunden. Die Zeit dafür bieten z. B. eine Doppelstunde, eine Block mit zwei bis drei Stunden, eine Serie von zwei bis sechs

Einzelstunden. Kleinprojekte stützen sich häufig nur auf zwei oder drei Komponenten und entsprechen daher dem projektartigen Lernen.

Mittelprojekte

Die Mittelprojekte dauern insgesamt ein bis zwei Tage, vielleicht eine Woche, verteilt auf ein Quartal.

Großprojekte

Sind in der Öffentlichkeit bekannt. Die Dauer von Großprojekten beträgt mindestens eine Woche (PROJEKT-WOCHE), oft Jahre nicht selten unter Beteiligung mehrerer Gruppen oder Institutionen.

Fachaspekt

Inner fachliche Projekte

Fachübergreifende Projekte

Überfachliche Projekte

Überfachliche Projekte lassen keinen fachgebundenen Schwerpunkt erkennen (z. B. Planung, Gestaltung und Verkauf einer Schülerzeitung; Vorbereitung einer Ausstellung)

Lerngruppenaspekt

Projekte einer Klassenstufe

Projekte im Klassenverband

Projekte mit Interessengruppen innerhalb einer Klasse, innerhalb einer Klassenstufe der Schule, klassenstufenübergreifend, schulformübergreifend

Lehreraspekt

Projekte unter Anleitung des Klassenlehrers

Projekte unter Anleitung des Fachlehrers

Projekte unter Anleitung mehrere Lehrer

Lernortaspekt

Projektunterricht in der Schule, im Klassenraum, in Fachräumen

Projektunterricht außerhalb der Schule, Studien- bzw. Klassenfahrt, Betriebs- und Sozialpraktika, Erkundungen von Betrieben, Ämtern. Theatern, Museen, Büchereien, Kinder- und Altersheimen u. a. m.

Anhand eines idealisierten Projektablaufes läßt sich nach Frey 1980 das Grundmuster der Projektmethode darstellen: Projektorientierter Unterricht ist sehr stark von der Spezifik

des unterrichtlichen Aneignungsgegenstandes abhängig. Für den Mathematikunterricht dominiert **projektorientierter Unterricht**, bei dem einzelne Elemente Projektarbeit „reduziert“ sind. Die folgende Übersicht klassifiziert Merkmale des projektorientierten Unterrichts in **1. und 2. Reduktion**. Für das Fach Mathematik dominiert dabei die **1. Reduktion**.

Elemente	Projekte engeren Sinne	Projektorientierter Unterricht		kein Projektunter- richt
		1. Reduktion	2. Reduktion	
Thema/Inhalt	Schüler (S) bestimmen das Thema und die Inhalte	S. und L. legen gemeinsam Thema fest	S. wählen nur aus Themenvorschlägen aus	Lehrer (L) legt das Thema allein fest
Materialien	S. beschaffen die Materialien	S. und L. beschaffen das Material	S. wählen aus vorgegebenem Material	Material liegt aufgearbeitet vor
Arbeitsziele	S. formulieren Problem und Ziele selbständig	S. und L. legen gemeinsam Ziele fest	S. wählen aus Lernzielkatalog	Ziele werden vom L. gesetzt
Methoden	freie Lernwegwahl durch S; Arbeit auch außerhalb der Schule	Auswahl aus angebotenen Lernwegen	Lernwegempfehlung	L. schreibt Lernweg vor
Lerngruppe	nach Interesse und Neigung / heterogen	Gruppen homogen gebildet	Lehrer nimmt Einfluß auf die Gruppenbildung	keine Gruppenarbeit
Fächer	mehrere Fächer übergreifend; mehrere L.	zwei Fächer	ein Fach und Ausblicke	eng fachspezifisch
Beurteilung der Arbeit	durch die S.; Selbstkritik des Projektverlaufs	S. und L. kritisieren gemeinsam	Bewertung durch den L. wird diskutiert	Benotung durch den L.
„Produkt“	Im Voraus geplante Lernaktivitäten realisieren sich in einem Produkt	Planung erst während der Arbeit / teilweise realisieren sich Lernaktivitäten	Produkt scheitert / wird reflektiert	keine Produktplanung
Schülerrolle	selbst- und mitbestimmen / selbständig / aktiv planend und durchführend	mitbestimmend / teilweise selbständig / aktiv	mitbestimmend / auswählend / aktive und passive Arbeitsphasen	passiver Rezipient
Lehrerrolle	integrativ; fast ganz zurücktretend / beratend auf Wunsch; jedoch Aufsicht	zurückhaltend / koordinierend / Vorschläge und Hinweise	stark strukturierend / verbindliche Empfehlungen	dominant / steuernd in allen Bereichen

Zur Vorbereitung der Projektarbeit läßt sich folgendes „Grundmuster“ aufstellen:

1. Themenbereich finden und die vom Projektthema betroffenen Fächer (Lerninhalte)

herausarbeiten

2. Projektthema in gruppendifferenzierte Themenbereiche aufgliedern
3. Einführung der Schülerinnen und Schüler in den Themenbereich
4. Festlegungen zum Ablauf (Zeitplanung, Metainteraktion, Fixpunkte)
5. Festlegung von Bewertungs- und Präsentationsformen für die Projektauswertung.

Im Ergebnis dieser Überlegungen liegt ein hypothetisches Unterrichtskonzept vor, das offen und variabel veränderlich ist und durch Ideen und Anregungen der Schülerinnen und Schüler flexibel gehalten wird.

Eine Situationsbeschreibung als Planungsgrundlage ist dabei notwendig:

Beispiel:

- Bereich: Haushalt, Leben, Persönliches
- Situation: Autoverkauf, Kreditaufnahme, Sparen/Kaufen oder Kredit/Kaufen (Kostenberechnungen)
- Mathematische Inhalte und Methoden: Verhältnisrechnung, Bruchrechnung, Zinsrechnung, Prozentrechnung, Wachstumsfunktionen.

In der Schule stehen der Verwirklichung der „Idee eines projektorientierten Mathematikunterrichts“ einige Argumente entgegen:

- Projektunterricht findet in den Rahmenrichtlinien kaum Berücksichtigung.
- Projektarbeit wird oft vom Lehrer als eine „zusätzliche“ Belastung empfunden.
- Eltern hegen eine besonders ausgeprägte Skepsis gegenüber „nicht zensurenrelevantem Unterricht, auch mit Blick auf nachfolgenden Unterricht.
- Schulorganisatorische Bedingungen (45 minütige Stunden, Koordination zwischen den Fächern, materielle Voraussetzungen) wirken sich oft hemmend aus.
- In der Ausbildung der Lehrerinnen und Lehrer spielt Projektunterricht kaum eine Rolle.
- Die fachliche Zusammenarbeit der Lehrerinnen und Lehrer (fächerübergreifende Aspekte) ist unzureichend ausgeprägt.
- Die Meßbarkeit des Unterrichtserfolges, die im wesentlichen auf kognitive Lernziele ausgerichtet ist, wird aufgehoben. Der Lernfortschritt ist schwer meßbar, Lernfortschritte im sozialen Bereich aber kaum meßbar.

- Planbarkeit des Unterrichts durch den Lehrer tritt zurück. Schülerinitiative und Schüleraktivität sind nicht planbar und bedürfen eine sehr starke Individualisierung des Einflusses des Lehrers.

Im Folgenden werden 5 Unterrichtsprojekte vorgestellt.

Dabei sind die Projekte für Lernfelder im Gymnasium (1), (2) und (5) und in berufsbildenden Schulen (3) und (4) gedacht.

1. Christian Hartfeldt

„Wir planen eine Fahrt von München nach Berlin“

2. Thomas Stahnke

„Ein Modell Eisenbahnprojekt“

3. Dipl.-Ing. Frank Grundmann

„Steuerung einer Modell Eisenbahnanlage“

4. Michael Roxer

„Vom Fundament bis zum Dach“ – Ein Bauprojekt

5. Christian Hartfeldt

„Geheimnisse der Fibonacci-Zahlen“

Christian Hartfeldt

Wir planen eine Fahrt von München nach Berlin

Aufgabenstellung

Ferdi wohnt mit seinen Eltern und seiner Schwester Friederike um die Ecke vom Marienplatz in München. In der letzten Woche wurde im Geschichtsunterricht von Ferdi über die Antike gesprochen und interessiert, wie Ferdi ist, fragte er seinen Vater Heini, um weitere Informationen zu bekommen. Vater Heini schlug vor, einen Ausflug nach Berlin ins Pergamonmuseum zu unternehmen. Ferdi und Friederike freuen sich. Nun stellt sich in der Familie die Frage, wie man von München nach Berlin kommt? Könnt Ihr der Familie helfen? Welches ist die günstigste Verbindung?

Klassenstufe

Dieses Projekt ist frühestens einsetzbar in der 8. Klasse, im Zusammenhang mit der informations – technischen Ausbildung der Schüler und Schülerinnen.

Allgemeine Lernziele

Die Schüler und Schülerinnen können

1. die komplexe Umwelt wahrnehmen.
2. das mathematische Problem der preiswertesten Reise erkennen.
3. können mit dem Internet, Tabellen und Karten umgehen.
4. können mit Präsentationsprogrammen (hier PowerPoint) umgehen.
5. können sich sozial in die Gruppe eingliedern.

Mathematische Lernziele

Die Schüler und Schülerinnen

1. können maßstäbliche Strecken in Originalstrecken umrechnen.
2. können Kosten berechnen.
3. haben ein Zahlenverständnis bekommen.

4. können Entfernungen aus Tabellen ablesen.
5. können Prozentrechnung.
6. können Diagramme erstellen.
7. können Textaufgaben lösen.
8. können mit der Tabellenkalkulation EXCEL umgehen.
9. können Mittelwerte berechnen.

Problemfelder

Fahrtkosten von Bahn, Auto und Flugkosten von München nach Berlin.

Fachbereiche

- Mathematik
- ITG
- Geographie
- Geschichte

Durchführung des Projektes

1. Es werden jeweils drei Schülergruppen gebildet (frei nach Wahl und Interessen). Diese Gruppen arbeiten unabhängig von den anderen Gruppen. Gruppe 1 beschäftigt sich mit der Fahrt mit dem Auto, Gruppe 2 mit der Fahrt mit der Bahn und Gruppe 3 mit dem Flug mit einem Flugzeug. Die Anforderungen in den einzelnen Gruppen sind gleich.
2. Geplant sind 5 Projektstage, wobei die Schüler und Schülerinnen die Zeit selbst festlegen können.
3. Die Auswertung des Projektes soll als Präsentation mit Homepagegestaltung ausfallen. Hierbei präsentiert jede Gruppe ihre Arbeitsergebnisse. Am letzten Tag werden diese Ergebnisse, in Gruppenarbeit (2 Gruppen) aufgegriffen und verglichen. Hierbei wird eine Tabellenkalkulation verwendet.
4. Der Lehrer steht den Schülern als Berater zur Verfügung und stellt die Aufgabenstellungen bereit. Das Material sollen die Schüler selbstständig finden und auswerten.

Im Folgenden wird die Durchführung des Projektes erläutert und beschrieben. Hierbei werden wegen der Übersichtlichkeit die einzelnen Gruppen einzeln dargestellt. Zunächst wird allen Schülern und Schülerinnen die Problemstellung erklärt.

Gruppe 1: Fahrt mit dem Auto

1. Tag

Der Gruppe wird der Autotyp bekanntgegeben. Da der Vater bei BMW arbeiten soll, fährt die Familie einen 5er BMW Typ 520 i Benzin. Weitere Daten über den Autotyp werden der Gruppe nicht bekanntgegeben. Die Schüler und Schülerinnen sollen sich nun technische Daten zu diesem Autotyp besorgen. Die Schüler und Schülerinnen dieser Gruppe gehen in ein Autohaus und besorgen sich dort Prospektmaterial zu dem Autotyp. Auf dem Rückweg gehen die Schüler und Schülerinnen an einer Tankstelle vorbei und notieren sich die Benzinpreise zu dem passenden Autotyp. Anschließend werten die Schüler die Daten über den Kraftstoffverbrauch aus dem Prospekt aus und notieren sich den aktuellen Preis der Benzinkosten. Dieser Preis wird im Folgenden als Grundlage verwendet.

Aufgabe 1: Informiert euch über den 5er BMW Typ 520 i Benzin bei einem BMW Autohaus!

Lösung: Daten zum Autotyp

Leistung	125 KW, 170 PS
Hubraum	2171 cm^3
Höchstgeschwindigkeit	226 km / h
Kraftstoffverbrauch EU MIX aus innerstädtischen und außerstädtischen Fahrzyklen auf 100 km	9,0 l Super bleifrei
Kraftstoffverbrauch Stadtverkehr auf 100 km	12, 6 l
Kraftstoffverbrauch außerstädtisch auf 100 km	6,9 l
Tankinhalt	70 l

Aufgabe 2: Informiert euch über die aktuellen Benzinpreise zum dem angegebenen Auto!

Lösung: Als Preis wird 1,039 € pro l Super bleifrei angenommen.

2. Tag

Nachdem die Schüler sich über den Kraftstoffverbrauch des Autos informiert haben, soll nun die Entfernung bestimmt werden. Der Wohnort ist München Marienplatz, und das Ziel ist das Pergamonmuseum in Berlin in der Bodestraße 1-3. Nun müssen die Schüler

und Schülerinnen die Lage der Standorte bestimmen. Hierbei können sie Stadtpläne von München und Berlin bzw. das Internet (Reiseplaner) verwenden. Der Lehrer gibt den Schülern eine Landkarte von Deutschland, an der die Schüler und Schülerinnen per Lineal die Entfernung messen können. Hierbei stellen die Schüler fest, dass dieses wegen der Kurven etc. sehr ungenau ist. Trotzdem bekommen die Schüler eine ungefähre Entfernung. Nun gibt der Lehrer den Schülern eine Entfernungstabelle. Hierbei müssen die Schüler und Schülerinnen erst einmal erfassen, wie man solche Tabellen liest und auswertet. Die dritte Entfernung ist der Routenplaner. Da man hier die Anschriften der Start- und Zielorte eingeben kann, müsste der Routenplaner die richtige Entfernung ausrechnen. Hierbei stellen die Schüler fest, dass einige Routenplaner sehr unterschiedliche Ergebnisse ausgeben können. Die Schüler werten die Ergebnisse aus und nehmen als weitere Grundlage einen Mittelwert.

Aufgabe 3: Die Schüler messen die Länge von München nach Berlin auf nachstehender Karte. Berechnet die Originalstrecke.

Lösung: Es ergeben sich folgende Entfernungen:

- Luftlinie: 25 cm; Maßstab beträgt 1:2000 000. Die Originalstrecke beträgt 500 km.
- Messen zu Fuß:

München – Ingolstadt	3,5 cm
Ingolstadt – Nürnberg	3,5 cm
Nürnberg – Grenze Thüringen	6 cm
Grenze zu Thüringen – Hermsdorfer Kreuz	2,5 cm
Hermsdorfer Kreuz – Dessau	5,5 cm
Dessau – Berlin	5,5 cm
<u>insgesamt</u>	29,5 cm

Die Originalstrecke beträgt also 590 km.

Die Differenz zwischen Luftstrecke und genauerer Strecke (beachtet wurden Kurven etc.) beträgt 90 km. Bei den heutigen Benzinpreisen eine beachtliche Entfernung.

Aufgabe 4: Lies in folgender Entfernungstabelle die Entfernung von München nach Berlin ab.

Lösung: Mit einer Entfernungstabelle folgt: Strecke München Berlin 584 km.

Aufgabe 5: Verwende einen Routenplaner oder auch mehrere. Bestimme die Entfernung, die die Familie zurücklegen muss!

Lösung: Mit einem Routenplaner (hier www.shellgeostar.com) ergäbe sich die Fahrtzeit mit 5 Stunden, 51 Minuten für 586 Kilometer Fahrt.

Als Streckenlauf ergibt sich

Etappe	Entfernung	Fahrtzeit	Wegbeschreibung
1	0.1km	0 Min.	Starten Sie vom Marienplatz 8 auf der Burgstrasse und fahren Sie 120 m
2	0.2km	0 Min.	Fahren Sie auf Alter Hof weiter und fahren Sie 110 m
3	0.3km	0 Min.	Fahren Sie auf Hofgraben weiter und fahren Sie 70 m
4	1.1km	2 Min.	Biegen Sie rechts ab auf Maximilianstrasse und fahren Sie 800 m
5	1.2km	3 Min.	Biegen Sie rechts ab auf Steinsdorfstrasse und fahren Sie 120 m
6	2.8km	5 Min.	Fahren Sie auf Widenmayerstrasse weiter und fahren Sie 1,5 km
7	3.7km	7 Min.	Fahren Sie auf Ifflandstrasse weiter und fahren Sie 900 m
8	4.2km	7 Min.	Fahren Sie auf Auffahrt / Abfahrt weiter und fahren Sie 500 m
9	6.0km	10 Min.	Fahren Sie auf B2R, Mittlerer Ring weiter und fahren Sie 1,8 km
10	6.6km	11 Min.	Biegen Sie rechts ab auf Auffahrt / Abfahrt beim Hinweisschild A9 bis „Nürnberg / Flughafen München“ und fahren Sie 600 m
11	536.4km	5 Std. 6 Min.	Fahren Sie auf A9 weiter und fahren Sie 530 km
12	546.2km	5 Std. 12 Min.	Fahren Sie auf A10, E30, E51, E55, Berliner Ring weiter und fahren Sie 10 km
13	546.9km	5 Std. 12 Min.	Halten Sie sich rechts auf Auffahrt / Abfahrt beim Hinweisschild „Ausfahrt 16 A115 bis Berlin-Zentrum / Berlin-Zehlendorf“ und fahren Sie 600 m
14	574.8km	5 Std. 29 Min.	Fahren Sie auf A115, E51 weiter und fahren Sie 28 km
15	575.8km	5 Std. 31 Min.	Fahren Sie auf Auffahrt / Abfahrt weiter beim Hinweisschild „Ausfahrt 1 A100 bis Flughafen Tegel / Hamburg / Wedding / Zentrum / Messedamm ICC“ und fahren Sie 1000 m
16	576.9km	5 Std. 32 Min.	Biegen Sie rechts ab auf A100, Autobahnstadtring Berlin und fahren Sie 1100 m
17	577.1km	5 Std. 32 Min.	Fahren Sie auf Auffahrt / Abfahrt weiter beim Hinweisschild „Kaiserdamm“ und fahren Sie 200 m
18	577.2km	5 Std. 32 Min.	Biegen Sie rechts ab auf Knobelsdorffstrasse und fahren Sie 100 m
19	577.5km	5 Std. 33 Min.	Biegen Sie rechts ab auf Sophie-Charlotten-Strasse und fahren Sie 300 m
20	585.2km	5 Std. 49 Min.	Biegen Sie links ab auf B2, B5 und fahren Sie 8 km
21	585.5km	5 Std. 50 Min.	Biegen Sie links ab auf Hinter Dem Giesshaus und fahren Sie 300 m
22	585.5km	5 Std. 50 Min.	Fahren Sie auf Eiserne Brücke weiter und fahren Sie 20 m
23	585.6km	5 Std. 50 Min.	Fahren Sie auf Bodestrasse weiter und fahren Sie 80 m nach Bodestr. 4

Auch den Streckenverlauf kann man sich durch einen solchen Routenplaner anzeigen lassen.



Abbildung 1: Die Wegstrecke von München nach Berlin

3. Tag

Nachdem die Schüler die notwendigen Informationen ermittelt haben, wird nun der Benzinverbrauch berechnet. Auch hier muss den Schülern klar werden, dass eine Stadtfahrt mehr Kraftstoff verbraucht als eine „freie“ Autobahnfahrt. Anschließend berechnen die Schüler und Schülerinnen die Durchschnittsgeschwindigkeit und die benötigte Zeit. Da das Ehepaar 2 Kinder besitzt, müssen in die Berechnung auch die Pausen mit einbezogen werden. Die Gesamtkosten für die Fahrt mit dem Auto hin und zurück können nun berechnet werden. Angenommen wird, dass die Familie unter gleichen Bedingungen wieder zurückfährt.

Aufgabe 6: Berechne den durchschnittlichen Benzinverbrauch, die Durchschnittsgeschwindigkeit und die durchschnittliche Zeit für die Hin- und Rückfahrt.

Lösung: Gegeben:

$$s = 584km; \quad l = \frac{9l}{100km}.$$

Gesucht sind die Benzinkosten

Als Rechenergebnis ergibt sich

$$\frac{584km}{100km} = 5,84$$

und somit

$$5,84 \cdot 9l = 52,56l.$$

Da die Tankfüllung größer ist als der Verbrauch, braucht man von München nach Berlin nicht zu tanken. Dennoch muss man, wegen der Rückfahrt, tanken. Als Preis ergibt sich, falls dieser konstant ist,

$$52,56l \cdot 1,039€/l = 54,609€ = 54,61€.$$

Aus der Entfernungstabelle kann man die benötigte Fahrtzeit ablesen. Diese beträgt 5 h 50 min. Gesucht ist die Durchschnittsgeschwindigkeit. Die Schüler kennen die Formel für die Geschwindigkeit aus der Physik,

$$v = s/t.$$

Die Schüler kennen die Größen $s=584$ km; $t=5$ h 50 min= 350 min. Es ergibt sich $v=1,669$ km/min= 100 km/h. (ohne Pause).

Mit Pause (2 h) vergrößert sich die Fahrtzeit, welche nun $t=7$ h 50 min beträgt. Als Durchschnittsgeschwindigkeit ergibt sich dann $v=74,58$ km/h. Hierbei sei aber zu beachten, dass man auf der Autobahn mit „Bleifuss“ fahren muss, um dieses einzuhalten. Mögliche Staus, Baustellen oder Regenwetter, sodass die Fahrtzeiten überschritten werden können, wurden nicht beachtet. Bei der Fahrtplanung muss dieses aber mit beachtet werden. Da sehr schnell gefahren wird, ist der Benzinverbrauch auch viel höher als angegeben. Im ungünstigsten Fall kann es passieren, dass die Familie zwischendurch auf der Autobahn (viel teurer als neben der Autobahn) tanken muss. Damit erhöhen sich freilich die angefallenen Benzinkosten.

Neben den Kosten für das Benzin, muss man auch die Kosten der Steuern bei dem Auto betrachten, welche zur Preisgrundlage hier nicht angeführt werden, da die Familie das Auto sowieso besitzt und dieses nicht extra für die Fahrt nach Berlin kauft. Dennoch sollte man dieses auch in Betracht ziehen.

Da die Familie noch nie in der Bodestraße in Berlin gewesen ist, könnte es passieren, dass sie sich mit dem Auto verfährt. Auch muss ein Stau in der Innenstadt von Berlin angenommen werden, sodass sich die Fahrtzeit verlängert.

4. Tag

Nachdem die Schüler und Schülerinnen die Gesamtkosten berechnet haben, stellen die Schüler und Schülerinnen die Arbeitsergebnisse mittels PowerPoint her und konvertieren diese in eine HTML Datei.

Gruppe 2: Fahrt mit dem Zug

1. Tag

Die Schüler und Schülerinnen dieser Gruppe beschäftigen sich zunächst einmal damit, wo sich der Marienplatz in München und die Bodestraße in Berlin befinden. Hierbei verwenden die Schüler und Schülerinnen Stadtpläne bzw. Straßenplaner. Der Sinn besteht darin, da der Hauptbahnhof von München nicht in der Nähe des Marienplatzes liegt und die Schüler und Schülerinnen nicht wissen, an welchem Fernbahnhof man in Berlin aussteigen muss.

Aufgabe 1: Informiert euch über die Lage des Marienplatzes in München und der Bodestraße in Berlin.

2. Tag

Nachdem die Schüler dieses herausgefunden haben, versuchen sie eine Zugverbindung herauszufinden. Hierbei gibt es 3 mögliche Strecken:

- Direkte Strecke (ICE ohne Umsteigen) via Nürnberg, Leipzig. Dieser Zug hält auch in Berlin Ostbahnhof und Berlin Zoologischer Garten.
- Schnellfahrstrecke über Würzburg, Göttingen mit mindestens einmal umsteigen. Dieser Zug fährt auch über die Berliner Stadtbahn.
- Große Tour über Stuttgart, Frankfurt am Main. Dieser Zug fährt auch über die Berliner Stadtbahn.

Die Zugverbindungen ermitteln die Schüler und Schülerinnen über das Internet (www.bahn.de) bzw. per Kursbuch. Sicherlich werden die Schüler und Schülerinnen am Anfang nicht herausfinden, dass es eine Komfortauskunft gibt. Hierbei kann man die Straßennamen eingeben und es werden alle Verbindungen mit öffentlichen Verkehrsmitteln sogar inklusive Fußwege und Taxirouten bestimmt. Falls letzteres nicht benutzt wird, müssen die Schüler und Schülerinnen sich bei den Münchener Verkehrsbetrieben und bei der S-Bahn Berlin Gesellschaft erkundigen. Die Internetadressen finden die Schüler und Schülerinnen über eine Suchmaschine. Auch sollten einige Schüler über das Kursbuch die Verbindungen heraussuchen, da die elektronische Reiseverbindung nur die schnellsten Verbindungen herausucht, sodass es vorkommen kann, dass benötigte Zeit zum Umsteigen sehr knapp bemessen ist.

Aufgabe 2: Sucht mit Hilfe des Internet und des Kursbuches eine Bahnverbindung von München Marienplatz nach Berlin Bodestraße und retour heraus.

Lösung: Im Internet findet man eine Übersicht, welche folgende Gestalt hat.

1. Verbindung:	Datum	Zeit	Gleis	Fahrt	Hinweis
M. Marienplatz (Mitte)	7.02.03				FUSS 2 min
M. Marienplatz	ab	8:37	2	S 5	
M. Hbf tief	an	8:40	2		
M. Hbf tief	ab				FUSS 9 min
M. Hbf	an				
M. Hbf	ab	8:49	15	ICE 1610	
Berlin Ostbahnhof	an	15:22	7		
Berlin Ostbahnhof	ab	15:27		S 5	
Berlin Hackescher Markt	an	15:33			
Berlin Hackescher Markt				FUSS	8 min
Berlin Bodestraße (Mitte)					

Fahrtzeit: 7:06; fährt Montag - Freitag; Preis: ab 75,20 € Erwachsener ohne BahnCard.

2. Verbindung:	Datum	Zeit	Gleis	Fahrt	Hinweis
M. Marienplatz (Mitte)	7.02.03				FUSS 2 min
M. Marienplatz	ab	8:47	2	S 6	
M. - Pasing	an	8:59	6/7		
M. - Pasing	ab	9:04	9	ICE 680	
Fulda Hbf.	an	11:59	6		
Fulda Hbf.	ab	12:12	6	ICE 276	
Berlin ZOO	an	15:17	2		
Berlin ZOO	ab	15:21		S 7	
Berlin Hackescher Markt	an		15:32		
Berlin Hackescher Markt					FUSS 8 min
Berlin Bodestraße (Mitte)					

Fahrtzeit: 6:55; fährt täglich; Preis: ab 99 € Erwachsener ohne BahnCard.

3. Tag

Nachdem die Schüler eine Zugverbindung herausgefunden haben, berechnen sie den Preis. Es werden verschiedene Preise verglichen. Dieses geschieht mittels Preistabellen, die Pro-

spekte werden den Schülern gegeben oder besorgen sich im Internet, kann dieses Problem gelöst werden. Des Weiteren müssen die Schüler und Schülerinnen abwägen, welches Preis - Leistungs - Verhältnis am Besten ist. Wenn die Schüler und Schülerinnen eine Verbindung und den Preis berechnet haben, berechnen sie die Durchschnittsgeschwindigkeit und die Fahrzeit. Hierbei müssen die Schüler und Schülerinnen die reine Fahrtgeschwindigkeit und die Geschwindigkeit mit Stopps berechnen.

Aufgabe 3: Berechnet für die Familie (bestehend aus 2 Erwachsenen und 2 Kindern (Alter 12 Jahre)) den Preis für Hin- und Rückfahrt!

Für die Verbindung via Bamberg, also Direktverbindung, ergibt sich

Ihre Verbindung
 Von: München | Nach: Berlin | Am 09.02.03, mit ICE | Mehr...

Können Sie sich auf Ihre Reiseverbindung festlegen?
 Nein, spontane Reiseplanung.
 Ja, einen Tag im Voraus.
 Ja, drei Tage im Voraus.
 Ja, sieben Tage im Voraus mit Wochenendbindung.

Benötigen Sie Hin- und Rückfahrt?
 Einfache Fahrt. Hin- und Rückfahrt.

Wieviele Personen verreisen?
 4 Person(en) insgesamt, davon 2 Kind(er) 6 bis einschl. 14 Jahre in Begleitung der Eltern oder Großeltern

Wieviele Reisende nutzen die neue BahnCard?
 0 Personen über 14 Jahre.

Unsere Empfehlung
Normalpreis
 • Nutzung aller Züge der gewählten Produktkategorie
 • Bietet volle Flexibilität für den Reisenden
 • Umtausch oder Erstattung jederzeit möglich, vor dem 1. Geltungstag kostenlos
 • Keine Vorkaufsfrist, keine Zugbindung

Zusätzliche Ermäßigungen
 • 50% **Mitfahrer-Rabatt** für die 2. Person
 • Kinder bis einschließlich 14 Jahre fahren in Begleitung der Eltern oder Großeltern kostenlos (Kinder müssen auf der Fahrkarte eingetragen sein).

Ihr individueller Fahrpreis (einfache Fahrt)

	Normalpreis	Ermäßigungen			Fahrpreis
	2. Klasse	Plan&Spar	Mitfahrer	BahnCard	2. Klasse
1. Person	83,60 EUR	(möglich)	---	(möglich)	83,60 EUR
2. Person	83,60 EUR	(möglich)	50%	(möglich)	41,80 EUR
2 Kinder	(kostenlos)	---	---	---	0,00 EUR
Gesamtpreis					125,40 EUR
Ihre Ersparnis gegenüber dem Normalpreis					41,80 EUR
Ersparnis in Prozent (gerundet)					25%

NOCH FRAGEN | BEGRIFFE A-Z | DRUCKEN

➔ **Noch nicht genug gespart?**

Man erhält folgende Preisbeispiele für eine Hin- und Rückfahrt bei zwei Erwachsenen und zwei Kindern bei einer festen Zugbindung:

- Spontane Reiseplanung: 250,80 €
- Buchung einen Tag im Voraus: 225,60 €
- Buchung drei Tage im Voraus: 188,40 €
- Buchung sieben Tage im Voraus: 150,60 €

Mit Umsteigen via Göttingen erhält man

Die Bahn DB

Intro | Faustregeln | **Preis-Berater**

Ihre Verbindung
 Von: München | 1. Klasse
 Nach: Berlin | 2. Klasse
 Am 09.02.03, mit ICE, ICE [Mehr...]

Können Sie sich auf Ihre Reiseverbindung festlegen?
 Nein, spontane Reiseplanung.
 Ja, einen Tag im Voraus.
 Ja, drei Tage im Voraus.
 Ja, sieben Tage im Voraus mit Wochenendbindung.

Benötigen Sie Hin- und Rückfahrt?
 Einfache Fahrt. Hin- und Rückfahrt.

Wieviele Personen verreisen?
 4 Person(en) insgesamt, davon
 2 Kind(er) 6 bis einschl. 14 Jahre in Begleitung der Eltern oder Großeltern

Wieviele Reisende nutzen die neue BahnCard?
 0 Personen über 14 Jahre.

Unsere Empfehlung
Normalpreis
 • Nutzung aller Züge der gewählten Produktkategorie
 • Bietet volle Flexibilität für den Reisenden
 • Umtausch oder Erstattung jederzeit möglich, vor dem 1. Geltungstag kostenlos
 • Keine Vorkaufsfrist, keine Zugbindung

Zusätzliche Ermäßigungen
 • 50% Mitfahrer-Rabatt für die 2. Person
 • Kinder bis einschließlich 14 Jahre fahren in Begleitung der Eltern oder Großeltern kostenlos (Kinder müssen auf der Fahrkarte eingetragen sein).

Ihr individueller Fahrpreis (einfache Fahrt)

	Normalpreis	Ermäßigungen			Fahrpreis
	2. Klasse	Plan&Spar	Mitfahrer	BahnCard	2. Klasse
1. Person	110,00 EUR	(möglich)	---	(möglich)	110,00 EUR
2. Person	110,00 EUR	(möglich)	50%	(möglich)	55,00 EUR
2 Kinder	(kostenlos)	---	---	---	0,00 EUR
Gesamtpreis					165,00 EUR
Ihre Ersparnis gegenüber dem Normalpreis					55,00 EUR
Ersparnis in Prozent (gerundet)					25%

NOCH FRAGEN | BEGRIFFE A-Z | DRUCKEN

Noch nicht genug gespart?

Man erhält folgende Preisbeispiele für eine Hin- und Rückfahrt bei zwei Erwachsenen und zwei Kindern bei einer festen Zugbindung:

Spontane Reiseplanung: 330,00 €
 Buchung einen Tag im Voraus: 297,00 €
 Buchung drei Tage im Voraus: 247,80 €
 Buchung sieben Tage im Voraus: 198,00 €

Aufgabe 4: Berechnet die Durchschnittsgeschwindigkeit, die Fahrtzeit und die Zeit für eure gewählte Strecke.

Lösung: Die Strecke von München Hbf nach Berlin Ostbahnhof beträgt 704 km mit einer Fahrtzeit von 408 min im ICE. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt

$$v = \frac{s}{t} = \frac{704 \text{ km}}{393 \text{ min}} = 0,7913 \text{ km/min} = 107,48 \text{ km/h.}$$

4. Tag

Nachdem die Verbindung berechnet wurde, werden die Arbeitsergebnisse mittels Power-Point erstellt und diese werden in eine HTML Datei konvertiert.

Gruppe 3: Der Flug von München nach Berlin

1. Tag

Die Schüler und Schülerinnen dieser Gruppe informieren sich zunächst mittels Kartenmaterial, wo die Flughäfen München und Berlin liegen. Hierbei stellen sie fest, dass der Flughafen von München außerhalb der Stadt liegt. Sie berechnen die Entfernung.

Aufgabe 1: Erkundigt euch, wo die Flughäfen von München und Berlin liegen!

Lösung: Die Schüler und Schülerinnen stellen fest, dass der Flughafen ausserhalb liegt. Man benötigt mit der S-Bahn ca. 45 Minuten vom Marienplatz bis zum Flughafen. Der Berliner Flughafen ist Tegel. Auch hier benötigt man ca. 45 Minuten, bis man an der Bodestraße ist.

Aufgabe 2: Berechnet die Weglänge, die man vom Marienplatz zum Flughafen München zurücklegen müsste!

Lösung: Flughafen München: 38,5 km vom Marienplatz entfernt. Flughafen Berlin Tegel: 16 km von Bodestraße entfernt.

Der Münchner Flughafen liegt außerhalb der Stadt München und der Flughafen Tegel sehr weit entfernt vom Zielort.

Lösung: Wegstrecke Marienplatz nach Flughafen:

2. Tag

Nachdem die Schüler und Schülerinnen herausgefunden haben, wo die Flughäfen liegen, suchen sie nun die möglichen Fluggesellschaften, mittels Internet oder Reisebüro, heraus.

Aufgabe 3: Sucht mögliche Fluggesellschaften heraus, welche von München nach Berlin fliegen!

Lösung: Die Fluggesellschaften sind Lufthansa, Deutsche BA;

3. Tag

Nachdem die Fluggesellschaften herausgefunden wurden, werden nun die Preise der entsprechenden Linien verglichen. Hierbei müssen die Schüler und Schülerinnen Sparpreise beachten, sowie die Kosten für den Anfahrtsweg zum Flughafen und dem Abfahrtsweg. Die Preisinformationen gewinnen die Schüler und Schülerinnen über Preistabellen bzw.

Internet. Sicherlich werden die Schüler über die Flugpreise überrascht sein. Anschließend berechnen die Schüler und Schülerinnen die Durchschnittsgeschwindigkeit und die benötigte Zeit, um von München nach Berlin zu gelangen. Hierbei müssen aber auch die Zeiten für den Anfahrtsweg, Einchecken, Flug, Auschecken und Abfahrtsweg beachtet werden.

Aufgabe 4: Informiert euch über die Preisangebote einzelner Fluggesellschaften, welche von München nach Berlin fliegen und findet das beste Angebot heraus.

Lösung: Bei der Lufthansa kostet pro Person und Richtung 324,00 € plus 25,00 € Steuern und Gebühren. Dieses macht zusammen 349,00 €. Für 2 Erwachsene und 2 Kinder ergibt sich 1396,00 € .

An einigen Wochentagen gelten aber auch Sparpreise. An einem Sonnabend und bei vierzehntägiger Vorbuchung kostet der Flug von München nach Berlin für eine Person bei der Lufthansa ca. 100 €.

Aufgabe 5: Berechnet die Zeit, um vom Marienplatz zum Flughafen von München zu gelangen.

Lösung:

Aufgabe 6: Berechne für eure Verbindung die benötigte Zeit und die Geschwindigkeit, um von München nach Berlin zu kommen.

Lösung: Folgende Flüge gibt es. Dabei steht DI für Deutsche BA und LH für Lufthansa:

München	Berlin	Fluggesellschaft	Verkehrstage
6:45	7:55	LH 1603	täglich außer Samstag und Sonntag
7:15	8:25	LH 1045	täglich
7:45	8:55	LH 2329	tgl. außer Sonntag
	9:20	DI 7010	DI 7010
9:05	10:15	LH 1289	täglich außer Samstag und Sonntag
9:55	11:05	DI 7012	DI 7012
11:00	12:10	LH 2339	täglich
12:50	14:00	LH 2305	täglich
13:30		DI 7010	DI 7010

Die reine Flugzeit beträgt 1:10 h bei beiden Fluglinien. Die Entfernung (Fluglinie) berechnen die Schüler mit Hilfe des Atlanten. Luftlinie: 25 cm; Maßstab beträgt 1:2000 000. Die Originalstrecke beträgt 500 km. Die Durchschnittsgeschwindigkeit ergibt sich:

$$v = \frac{s}{t}; t = 70min; s = 500km.$$

$$v = \frac{500km}{70min} = 7,14km/min = 428,6km/h.$$

4. Tag

Die Arbeitsergebnisse werden mittels PowerPoint erstellt und eine HTML Datei konvertiert.

Die gemeinsame Arbeit

5. Tag

Nachdem jede Gruppe ihre Arbeitsergebnisse vorgestellt hat, werden die gesammelten Daten graphisch ausgewertet, interpretiert und die ausgewählten Daten ins Verhältnis gesetzt, mittels EXCEL. Hierbei werden die Zeiten und Preise verglichen und der prozentuale Anteil berechnet. Als Ergebnis sollte herauskommen:

- Flugzeug am schnellsten, aber am teuersten
- Bahn langsamer, erholsamer aber auch nicht so preiswert
- Auto am preiswertesten, da es sich um eine Familie handelt, wenn man vom Kaufpreis, Steuern etc. hierfür erst einmal absieht. Es handelt sich aber nicht um die bequemsten Angelegenheiten, da man sehr oft in Staus kommen kann und in Großstädten immer Parkplatznot hat.

Mittels Excel werten die Schüler die Untersuchungen aus. Als Arbeitsergebnis ergibt sich dann

Mittels 3d Diagramm ergibt sich

Zur Bewertung

Die Projektnote ergibt sich aus mehreren Teilnoten:

Schriftliche Arbeit:

- mathematische Korrektheit
- Folgerichtigkeit, Begründung des Vorgehens
- Beherrschung der deutschen Sprache

Präsentation:

- Art und Weise des Vortrages
- Begründungen / Verständlichkeit

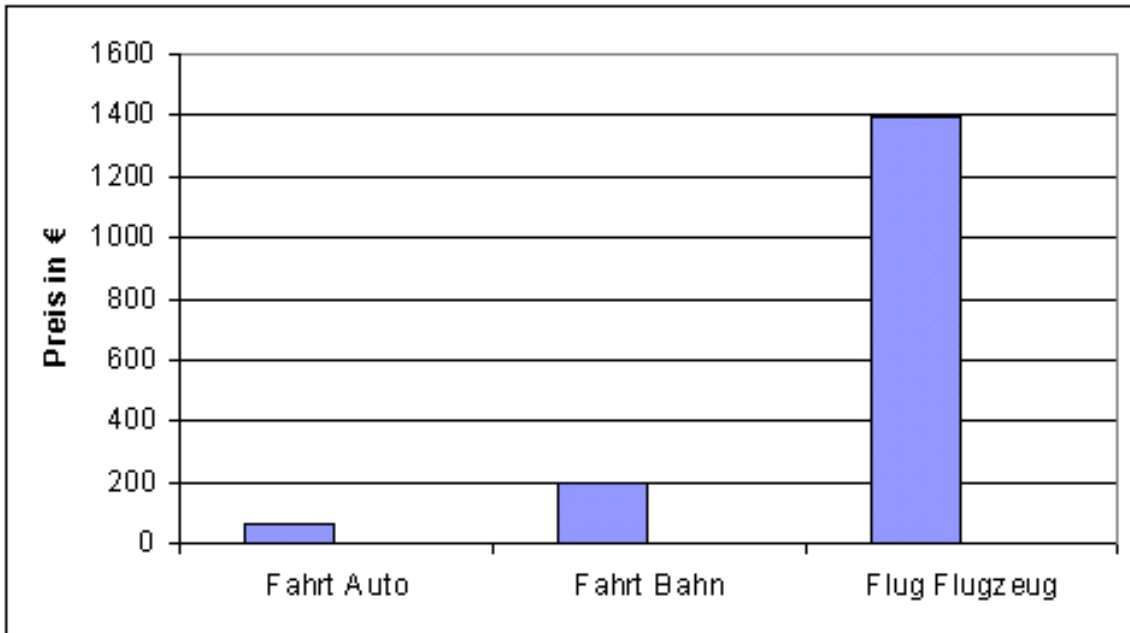


Abbildung 2: Auswertung (1) mit EXCEL

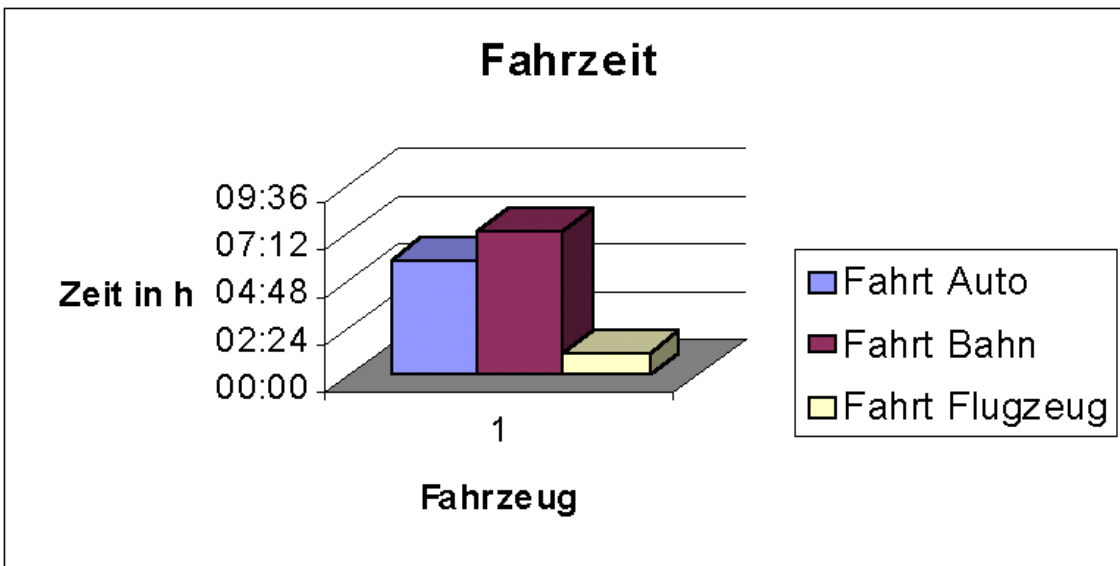


Abbildung 3: Auswertung (2) mit EXCEL

- Reaktion auf Fragen
- Gebrauch der Fachsprache

- Qualität der Kurzfassung
- Darstellung der Präsentation (optische Gestalt)
- HTML Seite

Erarbeitungsphase:

- Planung des Vorgehens und der einzelnen Arbeitsschritte
- Arbeitsteilung
- Berücksichtigung der notwendigen Hilfen

Internetadressen

Mögliche Internetadressen können sein (Stand: 20. Februar 2003):

- Fahrplanauskunft:
 - www.bahn.de
- Stadtpläne:
 - www.berlin.de
 - www.muenchen.de
- Routenplaner:
 - www.shellgeostar.com

Thomas Stahnke

Das Modell Eisenbahnprojekt

Vorbemerkungen

Jedes Kind hat in seinem Leben schon eine Eisenbahn gesehen und weiß das es Modell-eisenbahnen gibt. Viele Kinder hatten bestimmt auch einmal eine Eisenbahn auf ihren Wunschzettel und vielleicht auch Sie liebe Kollegen/innen. Dieser Gedanke war für mich die Grundlage mein Projekt „Eisenbahn“ in Leben zu rufen. Das Projekt entstand unter dem Motto „Wie kann man den Mathematikunterricht durch Projektunterricht bereichern.“ Bei der Erarbeitung des Projektes stellte sich heraus, dass es stark ausbaufähig ist. Ich möchte im folgenden Beitrag nur auf die Kerngebiete (Gleisplanung, Modellbau, Landschaftsgestaltung) eingehen. Dieses Projekt kann viele Teilnehmer aufnehmen. Es ist denkbar das mehrere Gruppen in jedem Aufgabengebiet tätig werden. Probleme bei der Durchführung kann es auf finanzieller Ebene geben. Die Lokomotiven, Hänger und Schienen sind verhältnismäßig teuer. Einige denkbare Lösungen wären z. B. dass einige Schüler selber eigene Teile von zu Hause mitbringen oder es gibt ein Fachgeschäft, dass die Teile sponsert oder ausleiht. Bei meinen Recherchen in einem Fachgeschäft traf ich auf hohes Entgegenkommen. Sollte aber keine Möglichkeit bestehen, dann wäre denkbar entweder nur die Planungsphase durchzuführen, aber intensiver oder die Schienen werden nur angedeutet und es werden nur die Modelle und die Landschaft gebaut. Dieses Problem muss im Vorfeld mit den Schülern geklärt werden. Danach richtet sich auch die Ausdehnung der Planungsphase bzw. die Komplexität der Schienenanlage.

Allgemeine Lernziele

1. Die Schülerinnen und Schüler sollen das Arbeiten in einem Team erfahren und somit ihrer Teamfähigkeit ausbauen.
2. Die Schülerinnen und Schüler sollen die auftauchenden Probleme weitestgehend selbstständig lösen lernen.
3. Die Schülerinnen und Schüler sollen ihre Kreativität in der Gestaltung entfalten.
4. Die Schülerinnen und Schüler sollen zur Nutzung des Computers (Internet) ermutigt werden.
5. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Vor- und Nachteile von Modellen erkennen und ihre Grenzen.
6. Die Schülerinnen und Schüler sollen fachübergreifendes Wissen nutzen und anwenden.

Mathematische Lernziele

1. Die Schülerinnen und Schüler sollen die erlernten ebenen Figuren (Kreis, Kreisbogen, Gerade, Rechteck) erkennen und mit ihnen arbeiten.
2. Die Schülerinnen und Schüler sollen die räumlichen Figuren (Quader, Pyramide, Prisma) anwenden und somit üben.
3. Die Schülerinnen und Schüler sollen das Rechnen mit Maßstäben erlernen bzw. üben
4. Die Schülerinnen und Schüler sollen das Messen von Körpern üben.
5. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen Lagepläne zu lesen und selber zu erstellen.
6. Die Schülerinnen und Schüler sollen spielerisch an logische Verknüpfungen (z. B. EXOR) herangeführt werden.

Problemfelder

1. Steuerung von technischen Abläufen
2. Beschaffungsproblem (Internet, Kataloge, Zeitschriften)
3. Kreatives Gestalten

Einordnung

5-7 Klasse (auch gemischt möglich)

Zeitplanung

Eine Projektwoche

Spezifik des Projektes

Hauptsächlich soll in der Schule am Thema gearbeitet werden. Die außerschulische Zeit wird vor allem zum Datensammeln genutzt. Die Gruppenanzahl richtet sich nach der Anzahl der teilnehmenden Schüler und ihrem schulischen Vorkenntnissen. Das Projekt kann beliebig erweitert werden und es können alle Schüler in kleinen Gruppen (2-4 Schüler) zusammen arbeiten. Ein mögliches Ziel kann sein, detailgetreue Modelle von Häusern, Bäumen, Zäunen im Maßstab der Spur (z. B. H0) der Lokomotiven zu basteln oder eine Gleisanlage zu planen mit dem dazugehörigem Gelände.

Projektbeschreibung

Ein möglicher Einstieg in das Projekt könnte wie folgt aussehen. Der Lehrer gibt eine Fläche vor, auf der die Eisenbahn erst nur in Gedanken gebaut werden soll oder besser noch die Schüler sollen diskutieren wie viel Platz sie selber zuhause hätten, um eine Eisenbahnplatte zu stellen. (z. B. $2,5 \times 1,5\text{m}$) In diesem Zusammenhang stellt der Lehrer Eisenbahnkataloge zur Verfügung aus denen die Schüler (kleinere Gruppen) die möglichen Spuren herausfinden sollen mit dem dazugehörigen Maßstab. Es können aber dafür auch andere Medien (z. B. Internet) genutzt werden. Hierbei sollte das Problem der Darstellungsfähigkeit von Details z. B. an Häusern auftauchen. Nun wird gemeinsam die Plattengröße und die Spur (Maßstab) diskutiert und bestimmt. Dann soll jeder Schüler bzw. jede Gruppe seine Gedanken zur Schienenführung auf ein Blatt Papier zeichnen. Dazu soll dann eine 2. Zeichnung erstellt werden, die die Landschaft darstellt. (Berge, Häuser, Tunnel, Straßen) Nun sollte jeder Schüler bzw. jede Gruppe seine Zeichnungen nach der Realisierbarkeit prüfen.

Besonders interessant wird dabei der Schienenverlauf aussehen, da es vorgeschriebene Schienenstücke gibt, die nicht alle Kurven ermöglichen. Die Informationen über die Schienenstücke sollten entweder über das Internet oder über Kataloge gefunden werden. Dabei oder auch schon vorher wird das Problem der Signale und Weichen auftauchen bzw. die Steuerung dieser Bauteile. An dieser Stelle müsste eine Diskussion über die Einsatzmöglichkeiten bzw. die Funktionsweise stattfinden. Weiterhin können auch zwei oder mehrere Stromkreise geplant werden, um zwei Züge mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten fahren zu lassen.

Sind nun die realisierbaren Entwürfe fertig, so finden sich alle Schüler zur gemeinsamen Diskussion zusammen, um das beste Projekt zu finden oder besser noch, aus den einzelnen Projekten ein gemeinsames Projekt zu machen. Die Planungsphase ist nun beendet und man könnte nun anfangen die Eisenbahnplatte zu bauen.

Um den Bezug zum Mathematikunterricht herzustellen werden im Anhang mögliche Fragestellungen aufgeführt, die die Schüler in der Gruppe oder auch alleine im Laufe der Planungsphase zu beantworten haben. Das Aulbauen der Schienen und Weichen ist nicht so schwierig, wenn die Planung der Schienen richtig war.

Größere Probleme sind zu erwarten, wenn mit Signalen und elektrisch gesteuerten Weichen gearbeitet wird. Ich denke aber das dieses den Rahmen sprengen würde und kaum in einer Projektwoche zu realisierten wäre, da alle elektrischen Geräte auch gesondert verkabelt werden müssen. In meinen weiteren Betrachtungen gehe ich nun von dem Fall aus, dass kein oder nicht genügend Material zur Verfügung steht, um die geplante Schienenführung realisieren zu können, aber noch genügend Zeit zu Verfügung steht, um einige Modelle zu bauen.

Daraus ergibt sich, dass zwei große Arbeitsgruppen gebildet werden. Innerhalb dieser großen Arbeitsgruppen sollten sich mehrere kleine Teams bilden. Hierbei ist es jedem Schüler freigestellt, welche Arbeitsgruppe er wählt. Die 1. Gruppe ist für die Landschaftsgestaltung zuständig und die 2. Gruppe für die Modelle.(z. B. eine 3. Gruppe wäre mit dem Aulbau der Schienen und des Schotterbetts beschäftigt.)

Es empfiehlt sich die Aufgabenstellung der Teams einer Arbeitsgruppe genau von einander abzugrenzen, um einen reibungslosen Arbeitsablauf zu ermöglichen.

Mögliche Aufgabenstellungen der Teams wären z. B.:

1. Gruppe Landschaft:

- Modellieren von Bergen
- Herstellen von Straßen, Tunneln
- Herstellen von Grünflächen und Schotterbett der Schienen

2. Gruppe Modellbau:

- Herstellen von maßstabsgetreuen Gebäuden (Bahnhof, Schule,...)
- Herstellen von Bäumen, Laternen, Schildern,...

Natürlich gibt es Bausätze für Häuser und Materialien für Landschaftsgestaltung z. B. Streugut für den Rasen, Bäume, Sträucher, selbst Autos und noch viel mehr. Gekaufte Bausätze fördern beim Zusammenbauen vielleicht die Geschicklichkeit, aber nicht die Kreativität der Schülerinnen und Schüler.

Eine große Herausforderung ist es für die Schüler aus alten nicht mehr gebrauchten Gegenständen ihre Modelle zu basteln. Bei der Oberflächengestaltung der Modelle wäre auch der Einsatz des Computers denkbar. Mit dessen Hilfe können z. B. die Oberflächen der Häuser gestaltet werden. Hierzu müssten zum Beispiel die 4 Ansichten eines Hauses in einem Zeichenprogramm maßstabgerecht erstellt und ausgedruckt werden. Anschließend werden diese dann auf die hergestellten Grundkörper geklebt. Denkbar wäre auch Einzelteile auszudrucken und sie nacheinander aufzukleben. Das gleiche gilt auch für das Dach.

Eine mögliche Lösung für die Herstellung eines Rasens wäre alte grüne Wollreste mit einer Schere zu zerkleinern und diese Fusseln dann mit Klebstoff oder Tapetenleim zu befestigen oder Holzspäne in Wäschefarbe grün zu färben. Berge könnten aus in Tapetenleim eingeweichten Zeitungen entstehen.

Nach Beendigung der Einzelarbeiten werden diese auf ihren vorbestimmten Platz gestellt und die Eisenbahnplatte ist fertig gestellt. Es ist empfehlenswert sich die genauen Standorte im Vorfeld auf der Platte zu vermerken.

Bei sehr vielen Teilnehmern könnte man sogar über eine Aufteilung der Eisenbahnplatte in Modulen nachdenken, wobei jedes Modul wiederum von 2 Gruppen bearbeitet wird und in jeder Gruppe wieder mehrere Teams arbeiten. Hierfür ist aber eine gute Planung nötig.

Ergebnisse des Projektes

Als Ergebnis wäre eine komplette Eisenbahnplatte denkbar, die als Endprodukt präsentiert werden könnte. Doch der Weg ist das Ziel. Die Planungsarbeit mit der entsprechenden geistigen Anstrengung bilden eigentlich das wahre Ziel. Somit gehört zu der Endpräsentation

auch eine Dokumentation des Werdeganges der Entwicklung die zum Endprodukt führten. Hierfür könnte ein Bildband mit Fotos, Skizzen und Entwürfen entstehen der in Form einer Wandzeitung oder eines Vertrages präsentiert werden könnte. Die Schüler selber sollen erfahren, welchen Probleme bei der Planung und Durchführung von Projekten auftauchen, die vergleichbar sind mit der Arbeit eines Architekten oder eines Landschaftsgestalters. Darüber hinaus werden auch die Probleme der Miniaturisierung angesprochen und wo ihre Grenzen liegen.

Anlage

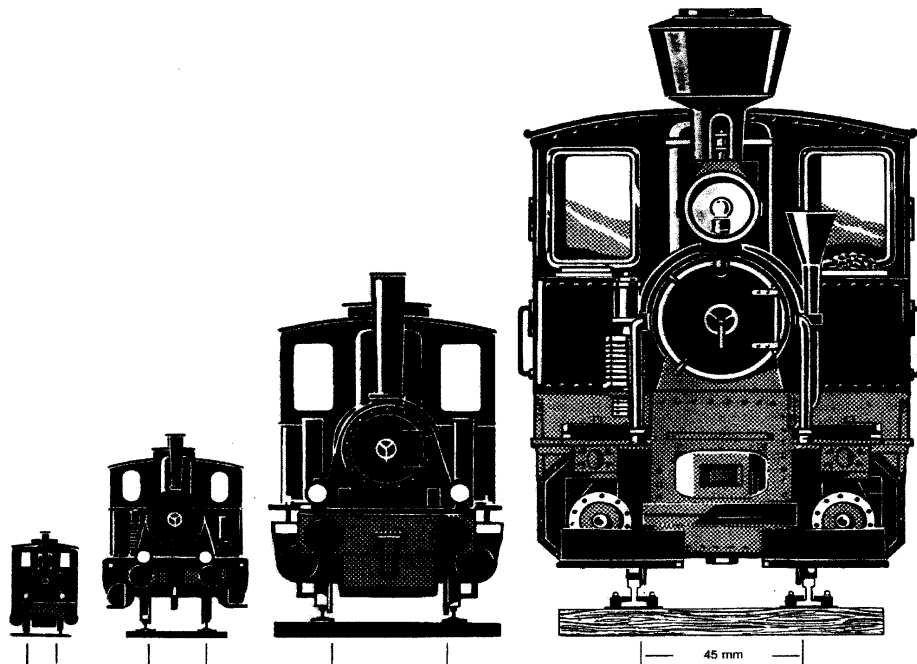
Eine Aufstellung von Fragen die neben der Stoffsammlung als Orientierungshilfe für die Schüler genutzt werden kann.

1. Welche Eisenbahnschienen hast du gefunden? Stelle die Beziehung und den dazugehörigen Maßstab und die Spurweite in einer Tabelle dar.

Mögliche Antwort:

Spur	Maßstab	Spurweite
N	1:160	9 mm
H0	1:87	16,5 mm
TT	1:120	12 mm
G/2m	1:22,5	45 mm
0	1:45	32 mm

2. Ordne die Spur den Maßstab und die Spurweite den Bildern zu!



3. Füge eine weitere Spalte an die Tabelle an. In dieser Spalte trage nun die Größe eines Mannes im Modell ein. Der Mann soll im Original 1,8 m groß sein. [Möglich wäre auch: Messe deine Familie aus und berechne ihre Größe im entsprechendem Maßstab der Spuren. Trage diese in eine Tabelle ein.]

Spur	Maßstab	Spurweite	Größe eines Mannes
N	1:160	9 mm	11,3 mm
H0	1:87	16,5 mm	20,7 mm
TT	1:120	12 mm	15 mm
G/2m	1:22,5	45 mm	80 mm
0	1:45	32 mm	40 mm
Original	1:1	1435 mm	

4. Sortiere nun die Spuren nach ihrer Größe. Fange dabei mit der Spur an in der die Modelle am größten sind. Trage in die 2. Spalte den entsprechenden Maßstab ein. Was fällt dir auf?

Spur	Maßstab
G	1:22,5
0	1:45
HO	1:87
TT	1:120
N	1:160

5. Eine Parkbahn hat eine Spurweite von 381 mm. In welchen Maßstab befindet sich diese im Verhältnis zu der Originalspurweite der DB.

$$\frac{381}{1435} = \frac{3 \cdot 127}{5 \cdot 7 \cdot 41} \approx \frac{3 \cdot 3}{5 \cdot 7} \approx \frac{9}{35} \approx \underline{\underline{1:4}}$$

6. Nimm dir ein gebogenes Gleis. Suche aus dem richtigen Katalog die nötigen Größen für das Gleisstück heraus um die Länge der äußeren Schiene und die Länge der inneren Schiene zu berechnen.

Z. B.: Katalog „Fleischmann 2000-2001“ Spur H0

Gleisbezeichnung:	6020
Außendurchmesser:	530 mm
Spurbreite:	16,5 mm
Innendurchmesser:	497 mm

Umfängsformel: $u = \pi d$

$$u_a = 1665 \text{ mm}, u_i = 1561,4 \text{ mm}$$

Verhältnisgleichung:

$$\frac{60^\circ}{360^\circ} = \frac{\ell_a}{u_a}, \quad \frac{60^\circ}{360^\circ} = \frac{\ell_i}{u_i}$$

Ergebnis:

Schienenlänge außen = 277,5 mm

Schienenlänge innen = 260,2 mm

7. Berechne die gesamte Schienenstrecke der Eisenbahn. (Weichen werden als gerades bzw. gebogenes Gleisstücke gerechnet)
8. Suche mit Hilfe des Internets bzw. Fachgeschäft die aktuellen Preise der verwendeten Gleisstücken heraus und berechne den Gesamtpreis der Schienenanlage. (Preise: www.euromodellbahn.com/modelleisenbahn.html)
9. Um eine Eisenbahnstrecke in unterschiedlichen Höhen fahren zu lassen müssen die Schienen eine Steigung besitzen. Finde die Durchschnittlichen Steigungsverhältnisse heraus und berechne die Länge der Steigungsstrecke die benötigt wird, um einen Höhenunterschied von 81,6mm zu überwinden.

durchschnittliche Steigungsverhältnisse: 1:33 oder 1:25 aber immer \leq 1:20

Z. B.:

$$1000 \text{ mm} : 25 = 40 \text{ mm}$$

$$81,6 \text{ mm} \cdot 25 = 2040 \text{ mm}$$

10. Berechne die Geschwindigkeit einer Lokomotive. Benutze deine Kenntnisse aus dem Physikunterricht. Führe nun den Versuch mit mehreren Hangern durch. Was stellst du fest ?
11. Messe einen realen Baum mit Hilfe des Försterdreiecks aus und berechne seine Höhe im Modell. (Försterdreieck: Gleichschenkliges rechtwinkliges Dreieck)
12. Stelle die Außenmaße eines Hauses fest und berechne die Abmessungen des Modells. Anschließend berechne die Mantelflächen des Gebäudes und des Modells.

Diese Aufgaben sollen nur Anregungen für ein mögliches Arbeitsblatt darstellen. Es kann beliebig erweitert bzw. verändert werden. Praktische Unterstützung bei der Vorbereitung des Projektes werden Sie sicherlich auch bei einem Fachhändler erhalten. Ich hoffe, ich konnte Sie für mein Projekt interessieren und es würde mich freuen, wenn Sie es an Ihrer Schule in die Tat umsetzen.

Literaturverzeichnis

- [1] Fleischmann „Die Modellbahn der Profis“ 2000-2001 S. 149 ff
- [2] ROCO EINE „Das H0-Gleissystem“ Anlagenfibel, Anlagenentwürfe zum Fahren und Rangieren

Frank Grundmann

Steuerung einer Modell Eisenbahn-Anlage

Vorbemerkungen

Das hier vorliegende Projekt beschäftigt sich mit der Planung und Inbetriebnahme einer Steuerung für eine Eisenbahn – Anlage.

Hierfür muss das Projekt in zwei Teile gegliedert werden. Im ersten Teil sind die Hardware - Voraussetzungen zu schaffen, d. h. die Eisenbahn ist zu errichten (Gleise mit elektrischen Anschlüssen, Weichen, Häuser, Lampen, . . .). Dieser Teil kann in Verbindung mit einem von Herrn Thomas Stahnke am Lehrstuhl von Herrn Prof. Henning angefertigten Arbeit „Das Eisenbahnprojekt“ verknüpft werden. In diesem Projekt wird auf die Gestaltung im Sinne der Bautechnik mit eingegangen. Im zweiten Teil, der dann mit verschiedenen Gruppen wiederholt werden kann, ist dann die Steuerungstechnik der Schwerpunkt.

Das Projekt umfaßt dabei neben der Festlegung der Schienen - Topologie, der notwendigen elektrischen Anschlüsse auch die Steuerung in Form einer SPS. Damit das Projekt keine theoretische Abhandlung wird sollten die für eine praktische Realisierung notwendigen Komponenten entweder bereits vorhanden sein oder als Teil eines vorgelagerten Projektes organisiert werden. Dies ist notwendig um die erzielten Lösungen auch praktisch überprüfen zu können und somit den Lernerfolg zu überprüfen. Gleichzeitig können dabei diverse Probleme in der Realisierung von derartigen und vergleichbaren Anlagen sehr gut dargestellt werden.

Für die Durchführung dieses Projektes ist eine gezielte Informationsbeschaffung notwendig. Diese erfolgt entweder durch den Lehrenden selber (z. B. Arbeitsblätter oder Dokumentationen (Seitenangaben für wichtige Sachverhalte)) oder besser durch die Schüler selber. Bei dieser Informationsrecherche sollten alle zur Verfügung stehenden Mittel (vom Händler (vorbeigehen und fragen) bis hin zu Hersteller (E - Mail Anfrage bei Problemen)) genutzt werden. Bei der Programmierung einer SPS sind einige Vorleistungen durch den Lehrenden zu erbringen (Einrichtung der SPS) da dies mit einigen Schwierigkeiten verbunden sein kann. Sollte dieser Teil von Auszubildenden bereits während des Unterrichtes nachgefragt worden sein, kann dies in einem vorgelagerten Thema von diesen unter Mithilfe des Lehrenden erarbeitet werden.

Die Durchführung von Teilprojekten sollte als mittelfristiges Projekt angelegt sein (eine Woche = Mittelprojekt). Um allerdings eine „schöne“ Bahnanlage erarbeiten zu können ist gleichfalls eine langfristige Planung notwendig. Die Dokumentation muß die Einarbeitung folgender Gruppen ermöglichen (Großprojekt). Hierbei wird gleichzeitig das „korrekte“ Arbeiten und das Anfertigen von Unterlagen nebenher mit vertieft.

Die fachliche Gestaltung ist teilweise innerfachlich möglich. Der gesamte Bereich der Steuerung (Teil II) und Elektrifizierung (Teil I) ist im Rahmen der Elektroinstallateure möglich.

Der Bereich der Komplettierung der „nackten“ Schienen zu einer Bahnanlage ist allerdings mit Ausbildungsgängen zu koordinieren die künstlerische Elemente in der Ausbildung enthalten. Hier könnte von fächerübergreifender Arbeit gesprochen werden, dies kann aber nach der Festlegung der Grobstruktur in separaten Gruppen parallel erfolgen (2 × innerfachlich).

Die Gruppeneinteilung kann zum einen nach inhaltlichen Gesichtspunkten (wer interessiert sich wofür?) erfolgen, hier erhält man gemischte Gruppen über die Lehrjahre hinaus (Achtung: evtl. Wissensproblem). Bei der Anordnung innerhalb der Lehrjahre besteht zwar ein relativ einheitliches Wissensniveau aber das Wissen der älteren Jahrgänge kann bei bestimmten Fragen notwendig sein. Bezüglich der Mitarbeit der beteiligten Fachlehrer sollten diese bei der Erarbeitung der Grundstruktur richtungsweisend mitarbeiten, da dieser Part sonst zeitlich aufwendig und im Ausbildungssinne unproduktiv ist. Während der Projektarbeit sollten die Lehrer als Hilfsmittel bei „unlösbaren“ Problemen zur Verfügung stehen, aber ansonsten den Auszubildenden freie Hand geben (evtl. Richtlinien vorgeben).

Allgemeine Lernziele

- Gruppenarbeit
- Soziale Kompetenzen
- Humankompetenz
- Fachkompetenz erwerben
- Umgang mit Medientechnik
- Strategien zum Lösen von Problemen entwickeln

Teil 1: Aufbau der Eisenbahn

Mathematische Ziele

keine

Elektrotechnische Ziele

- Funktionsweise von Baugruppen
- Motor in Eisenbahn
- Anschluß von Schienen (GS - Netzen, Energieübertragung)
- Lampen (Typen, Besonderheiten)

- Steuerungen
- Sicherheitsvorschriften
- Spannungsebenen
- Netzformen
- Arbeitsschutz
- Sicherheitsschaltungen

Inhalte

- Aufbau von Gleichspannungssystemen
- Sensorik
- Gezielte Informationsbeschaffung

Vorkenntnisse

Leistung im GS - Netz (2. LJ)

Einordnung

1. - 4. LJ

Teil 2: Steuerung

Mathematische Ziele

- logische Funktionen
 - Vertiefung Grundzusammenhänge (Und / Oder / Negation)
 - Aufstellen von Gleichungen
 - Vereinfachung von Gleichungen (De Morgansche Gesetze)
- Graphentheorie (SFC)

Eine Frage der Sicherheit: Wie kann verhindert werden, dass es zu Zusammenstößen kommt?

Elektrotechnische Ziele

- Programmierung von SPS
- Aufbau, Funktionsweise
- I/O - Gruppen
- Programmiermöglichkeiten (Kontaktplan, SFC, höhere Programmiersprache)

Inhalte

- Steuerungen
- Logik (Funktionslogik, Bauelemente)

Eine Frage der Steuerung: Welcher Zug befindet sich gerade auf der Anlage und wo?

Vorkenntnisse

- Automatisierungstechnik (4. LJ) \Rightarrow SPS (Hard- und Software)
- AND / OR - Gatter (2. LJ)
- Realisierung von logischen Funktionen über Gatter

Einordnung

4. Lehrjahr (Bereich Automatisierungstechnik 140 h)

Problemfelder

Realisierung von Steuerungsaufgaben in den verschiedenen Darstellungsformen

- Nutzung von Speicherelementen
- Darstellungsformen
- Kontaktplan (konventionelle Relaisstechnik)
- Realisierung mit / ohne Speicherelementen (Zustände)
- Speicher als FF (Hardware)
- Speicher als Variablen (Software)

- Logikgatter
- NAND
- NOR

Erarbeitung der verschiedenen Ausführungsformen über mathematische Umformungen oder Vereinfachungen bzw. über Graphen

- Erstellung von logischen Aussagen
- Reduktion der Elemente
- Erstellung von Graphen
- Reduktion der Zustände
- Codierung von Zuständen
- Wahrheitstabellen
- Problemlösungsmethoden

Abgrenzung von Aufgaben, Schaffung von Schnittstellen

- Schaffung „klarer“ Verhältnisse
- Begrenzung des eigenen Arbeitsaufwandes
- Festlegung der Beurteilungsverfahren / -kriterien zur Abnahme
- Sicherung der Variabilität der eigenen Leistungen
- Nutzung von bereits vorhandenen Lösungen

⇒ Vorbereitung auf spätere eigenständige Auftragsabwicklung

Zeitplanung (Mindestzeit je Teilprojekt)

5 Tage a 6 h

1. Tag Planung, Problemerkfassung
2. / 3. Tag Realisierung
4. / 5. Tag Dokumentation / Feinabstimmung / Problembeseitigung

Gesamter Projektumfang für Grobplanung

- mind. 6 Monate bis zur ersten „fertigen“ Bahnanlage
- das Teilprojekt II kann jederzeit unabhängig von anderen Vorhaben neu aufgelegt werden
- Erweiterungen sind ebenfalls jederzeit möglich

Spezifik des Projektes

Berücksichtigung der Komponenten des handlungsorientierten Unterrichtes (GUDJONS 1980):

- Aktivierung der Sinne: Neben dem logischen Verstehen der Problematik müssen die Probleme der anderen Gruppen mit betrachtet werden, da Schnittstellen festzulegen sind. Hier ist teilweise auf die Ganzheitlichkeit hinzuwirken, wobei eine Spezialisierung notwendigerweise erfolgt.
- Zielsetzung des Handelns: Die mit dieser spielerischen Auseinandersetzung gewonnenen Kenntnisse können im späteren Berufsleben bei der Planung von Projekten und der immer häufiger vorkommenden Notwendigkeit zur Implementierung von Steuerungen genutzt werden.
- Vermittlung von Interessen: Die Gruppeneinteilung sollte nach Interessen erfolgen. So werden die Grundkenntnisse erweitert und vertieft und zwar auf einem Gebiet wo dies gewünscht ist.
- Erfahrungsbezug: Jeder Auszubildende hat mit Sicherheit schon einmal eine Eisenbahn in mehr oder weniger großer Form zusammengebaut und sich daran erfreut. Diese Grundkenntnisse und auch die aufgetretenen Probleme bilden jetzt die Basis für weitergehende Handlungen.
- Offenheit, Handlungsziele: Die Lehrer sollen zwar eine grobe Richtlinie (Handlungsziele) vorgeben, die weitere Konkretisierung ist aber von den Auszubildenden vorzunehmen (Offenheit). Hier kann der Lehrer bei Bedarf helfen.
- Produktorientierung: Die Funktionsfähigkeit und der damit verbundene Lernerfolg ist praktisch sichtbar. Die Dimension von Problemen wird anhand von vorkommenden Situationen (z. B. Zusammenstöße von Zügen wegen fehlender Verriegelung) wird sichtbar.
- Kooperation: Die Zusammenarbeit muß gewährleistet werden, da die einzelnen Projektbestandteile nicht von einer Person bewältigt werden können. Kooperation, Kommunikation und gegenseitiger Respekt müssen deshalb zwangsweise eintreten, wenn das Projekt Erfolg haben soll.

- Handeln und Denken: Die Grundlage für die weiterführenden Planungen wird ein verbaler Ablaufplan sein (Wenn der Zug dort angekommen ist, dann muß . . . passieren), der aus dem praktischen Verständnis für das Problem erarbeitet wurde.
- Grenzen: Unter Berücksichtigung der Struktur müßte eine systematische Wissensaneignung möglich sein. Zufälliger Wissenserwerb wird sich trotzdem einstellen, da Fehler meist zufällig auftreten. Und aus Fehlern läßt sich ja bekanntlich am besten lernen. Grenzen aus dem mathematischen Verständnis z. B. für die logischen Funktionen ergeben sich selbständig auf Grund der möglichen Komplexität der Funktionen und der damit verbundenen immer schwieriger werdenden Implementierung (Vereinfachung).

Projektbeschreibung (Erstprojekt)

Die Grundstruktur der Anlage ist von allen Gruppen gemeinsam zu erstellen, wobei die 1. Gruppe (Schienenbau) die Führung hat (was ist nötig). Gruppe 2 (Verdrahtung) und 3 (Steuerung) müssen überprüfen, ob man mit den Möglichkeiten etwas sinnvolles anfangen kann (was ist möglich). ⇒ Festlegung der I/O - Signale

Danach kann jede Gruppe „separat“ arbeiten. Zwischenstände sind abzugleichen. Während Gruppe 1 mit dem Bau der Anlage beginnt (unabhängig von allen anderen) kann Gruppe 2 mit den Planungen für die Ablaufsteuerung beginnen. Gruppe 3 macht sich in der Zwischenzeit mit den Unterlagen für die Steuerung vertraut.

Um zeitliche Engpässe zu verhindern sollte Gruppe 3 die Simulation der Signale möglich sein (Ausgang = Lampe, Eingang = z. B. 24 V - Quelle über Schalter).

Wenn der Grobaufbau der Gleisanlage fertig ist, kann Gruppe 2 den geplanten Ablauf über Schalter und Taster simulieren und testen. Gruppe 1 kann dabei ihre Arbeit am Bau der Anlage fortsetzen. Gruppe 3 bekommt kontinuierlich die Zwischenstände von Gruppe 2 und kann diese in der Steuerung implementieren.

Am Ende erstellt Gruppe 1 den Funktionsplan (welche Ader ist wofür zu gebrauchen), Gruppe 2 die Kontaktpläne (welche Ader an welcher Klemme) und Gruppe 3 erstellt eine Übersicht über die verwendete Steuerung und die ersten Fortschritte bei der Implementierung der Signale.

Die für die Abarbeitung der einzelnen Schritte notwendigen Informationen müssen aus den vorliegenden Quellen gewonnen werden oder von anderen Stellen (Hersteller, Anwender, Händler, . . .) eingeholt werden.

Projektbeschreibung (Folgeprojekte)

Nachdem im ersten Projekt die Voraussetzungen für weiterführende Arbeiten geschaffen wurden, ist es jetzt möglich sich auf die Steuerungen zu konzentrieren. Die Auszubildenden

sollen sich mit der Fragestellung beschäftigen, wie eine problemfreie und möglichst elegante Steuerung zu realisieren ist.

Ausgehend von einer verbalen Beschreibung sind die entsprechenden Funktionsgleichungen zu erstellen. Diese Gleichungen sind dann auf Grund der Beschränktheit mancher Software - Produkte zu vereinfachen. Neben der reinen Software - Lösung ist zudem die Realisierung über Gatter möglich. Hier stehen im Wesentlichen die NAND und NOR - Gatter zur Verfügung. Die bereits gewonnenen Gleichungen müssen für diese Form der Realisierung entsprechend umgeformt werden.

Durch eine Betrachtung der Gatter - Lösung und der Software - Lösung läßt sich die Flexibilität mit der Sicherheit gut vergleichen.

Gleichzeitig werden die Unterschiede in den verschiedenen Programmiersprachen deutlich. Von der klassischen Variante des Kontaktplanes (Relaistechnik) bis zur „moderneren“ Variante des SFC (sequential function chart) können die Fehleranfälligkeit, die Bedienerfreundlichkeit, die Modularität und die Übersichtlichkeit eingehend diskutiert werden.

Themen- und Gruppenfindung

Im wesentlichen sind die Punkte

- Aufbau des Gleissystems
- Verdrahtung
- Dokumentation

im ersten Teilprojekt abzuarbeiten.

Im zweiten Teilprojekt verbleibt dann

- Programmierung der Steuerung
- Dokumentation

Dokumentationen sind zu jedem der vorgenannten Problempunkte anzufertigen.

Gruppeneinteilung: (Erstprojekt)

1. fachlicher Aspekt:

- 1. LJ baut Schienensystem
- 2. LJ plant Fahrregime, Beleuchtung (Realisierung über Schalter), Sensorik
- 3. LJ projiziert Steuerung
- 4. LJ Realisierung der Steuerung
- Lehrer = Leitung

2. inhaltlicher Aspekt:

- wen interessiert „praktische Arbeit“? ⇒ Schienenbau
- wen interessiert Logistik? ⇒ Planung von Regime
- wen interessieren Steuerungen? ⇒ SPS
- wer kann gut organisieren? ⇒ Projektleitung / Informationsbeschaffung
- Lehrer = Hilfe bei Problemen

Vorteile / Nachteile:

- Einsatz im Interessengebiet (2.)
- Notwendiges Wissen vorhanden (1.)
- Gruppenarbeit über die LJ hinaus (2.)
- Bekannte Gruppenhierarchie (1.)
- Selbständige Koordination / Kontrolle (2.)

Da sich die Folgeprojekte im Wesentlichen nur noch auf die Realisierung der Steuerung beschränken, ist die Gruppeneinteilung nur noch bedingt über die vorgenannten Kriterien erfüllbar. Es wird hierbei wahrscheinlich auf eine gruppeninterne Festlegung auf Grund der verschiedenen Neigungen und damit bevorzugten Betätigungsfeldern (Bastler [Gatter], Programmierer [SPS], Mathematiker [Funktionsgleichungen]) kommen.

Michael Roxer

„Vom Fundament bis zum Dach“ – Ein Bauprojekt

Einleitende Bemerkungen

Basis des Projektes ist ein Zeichensatz und eine Baubeschreibung von einem Bauwerk (Bürogebäude).

Durchzuführen ist das Projekt bei Lehrlingen des letzten Lehrjahres. Die Klasse wird dabei in Gruppen zu 4 - 6 Personen aufgeteilt, welche dann jeweils die Aufgabenstellung bearbeiten.

Als Bearbeitungszeitraum werden drei nicht aufeinanderfolgende Projektstage mit je 8 Stunden) als angemessen betrachtet. Die Ausgabe der Aufgabenstellung und die Auswertung erfolgen an zwei weiteren Tagen. Für die Auswertung gibt es zwei grundlegende Varianten:

- Auswertung durch einen Fachlehrer in Absprache mit den beteiligten Fachlehrern
- Auswertung der Teilaufgaben in den jeweiligen Fächern durch die Fachlehrer

An den Projekttagen sind die Fachlehrer in der Berufsschule und sind Ansprechpartner für die Gruppen bei Problemen. Empfohlen wird am zweiten Projekttag eine Pflichtkonsultation der Gruppen (ca. 1 Stunde) um eine Zwischenpräsentation der bis dahin erreichten Ergebnisse zu geben. Dadurch besteht auch die Möglichkeit, von Seiten der Lehrer, korrigierend auf die jeweiligen Gruppen einzuwirken.

Aufgabenstellung

Das dargestellte Bürogebäude ist an den Außenwänden auszumauern. Die in der Zeichnung nicht bemaßten Stahlbetondecken haben jeweils eine Stärke von 18 cm. Mit Hilfe der beiliegenden Unterlagen sind die für die weitere Berechnung erforderlichen Maße und Angaben zu ermitteln. Nicht eindeutige Materialangaben sind von Ihnen sinnvoll zu wählen! Alle Fragen sind schriftlich zu beantworten (auch tabellarische Form)! Sämtliche Quellen sind anzugeben! Hinweise und zusätzliche formale Forderungen (z. B. Abgabe von Disketten mit Dateien o. a.) sind den Fragen zu entnehmen und abzuarbeiten.

- a) Berechnen Sie das Volumen der zu mauernden Außenwände!
- b) Entnehmen Sie die erforderlichen Daten den Zeichnungen und zeichnen Sie die Außenwand im Schnitt. Die Materialien sind anzugeben und zu bemessen! Ist die in der Aufgabenstellung vorgesehene Ausführung der Außenwände bauphysikalischen

Gesichtspunkten sinnvoll? Überprüfen sie die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2! Wenn der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2 nicht erfüllt wird sind durch die Gruppe konstruktive Änderungen vorzuschlagen und diese zu überprüfen.

- c) Wählen Sie eine alternative Variante bei der Ausführung der Außenwände! Die Wand ist im Schnitt zu zeichnen (mit Materialangaben, Schichtstärken, Rohdichten u. s. w. Überprüfen sie die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2 für die Alternativ-Variante! Ändern Sie bei Bedarf die detaillierte Außenwandkonstruktion!
- d) Ermitteln Sie die anfallenden Materialkosten der Varianten die den Mindestwärmeschutz erfüllen.
- Informieren Sie sich dabei bei verschiedenen Baustoffhändlern.
 - Nutzen Sie auch das Internet!
 - Hinterfragen Sie Rabatte bei den Händlern.
 - Versuchen Sie in Erfahrung zu bringen, welche Rabatte, bzw. welche weiteren Konditionen (Skonto u. a.) Ihr Ausbildungsbetrieb erhält.

Stellen Sie die hinterfragten Quellen graphisch dar. Vergewissern Sie sich, daß Sie die Zahlen verwenden dürfen (wichtig beim Ausbildungsbetrieb)!

- e) Stellen Sie Ihren Materialkostenvergleich in Form einer Tabelle und graphisch in geeigneter Form dar (Nutzung von Excel empfohlen). Die Tabellen und die Graphiken sind auszudrucken und zusätzlich auf Diskette abzugeben.
- f) Vergleichen Sie weitere Kostenfaktoren E (Hinweis: Sind unterschiedliche Arbeitsleistungen (z. B. zusätzliche Dämmung) erforderlich um den Wandaufbau in der von Ihnen gewählten Form fertig zu stellen?
- g) Interpretieren Sie Ihre Ergebnisse! Stellen Sie sich vor, Sie sind der Architekt und müssen sich für eine Variante entscheiden. Begründen Sie Ihren Standpunkt!

Mögliche Lösungsansätze

- a) Kelleraußenwände sind nicht zu mauern - bestehen aus Stahlbeton Treppenhausaußenwände sind aus Beton.
- Berechnung der Fläche der zu mauernenden Außenwand eines Feldes der Achse 1/1 bzw. der Achse 4/4 je Geschöß*
- Höhe Geschöß: 3,75 m
 - abzgl. Unterzüge (45/30): 45 cm – 18 cm (Platte) = 27 cm

- Systemmaß je Feld (System Stütze/Stütze): 5,00 m
- Innenmaß je Feld (5,00 – 2 × 0,15 cm): 4,70 m
- Fläche je Feld (4,70 m × (3,75 m – 0,27 m): **16,356 m²**

Berechnung der Fläche der zu mauernden Außenwand eines Feldes der Achse A/A bzw. der Achse F/F je Geschoß

- Höhe Geschoß: 3,75m
- abzgl. Unterzüge (45/30): 45 cm – 18 cm (Platte) = 27 cm
- Systemmaß je Feld (System Stütze/Stütze): 6,00 m
- Innenmaß je Feld (5,00-2×0,15 cm): 5,70 m
- Fläche je Feld (5,70 m × (3,75 m – 0,27 m): **19,836m²**

Anzahl der Felder:

Achse A/A - 3 Felder	= 3 × 19,836 m ²	= 59,508 m ²
Achse F/F - 2 Felder	= 2 × 19,836 m ²	= 39,672 m ²
Achse 1/1-4 Felder	= 4 × 16,356 m ²	= 65,424 m ²
Achse 4/4 - 5 Felder	= 5 × 16,356 m ²	= 81,780 m ²

Außenwand je Geschoß (mit Fensterfläche) = 246,384 m²

Berechnung der Fensterflächen/Türflächen je Geschoß

A - Fenster:	1,76 m × 1,39 m = 2,4464 m ²
B - Fenster:	1,51 m × 1,39 m = 2,0989 m ²
C - Balkon-Fenster:	2,36 m × 1,39 m = 3,2804 m ²
D - Balkon-Tür:	0,86 m × 2,01 m = 1,7286 m ²

Anzahl der Fenster:

Achse A/A:	6 × B	- Fenster	= 6 × 2,0989 m ²	= 12,5934 m ²
Achse B/B:	1 × B	- Fenster	= 1 × 2,0989 m ²	= 2,0989 m ²
Achse 1/1:	7 × A	- Fenster	= 7 × 2,4464 m ²	= 17,1248 m ²
Achse 4/4:	5 × A	- Fenster	= 5 × 2,4464 m ²	= 12,2320 m ²
Achse 4/4:	2 × C	- Balkon-Fenster	= 2 × 3,2804 m ²	= 6,5608 m ²
Achse 4/4:	2 × D	- Balkon-Tür	= 2 × 1,7286 m ²	= 3,4572 m ²

Fensterfläche je Geschoß: 54,0671 m²

Außenwand (Mauerwerk je Geschoß:

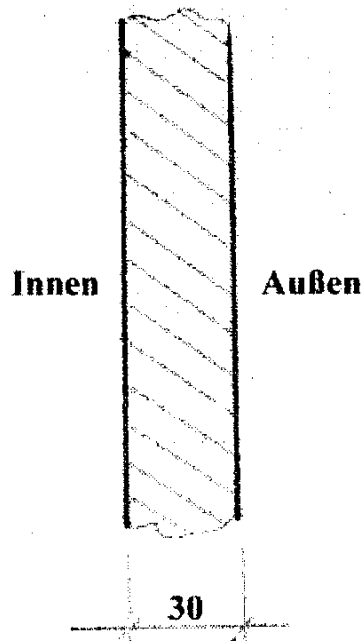
$$24,384 \text{ m}^2 - 54,0671 \text{ m}^2 = 192,3169 \text{ m}^2$$

Da Erdgeschoß = 1. Obergeschoß = 2. Obergeschoß = 192,3169 m² Mauerwerk ergibt sich: 3 × 192,3169 m² = **576,9607 m²**

Somit beträgt das Volumen des zu vermauernden Mauerwerks:

$$576,9607 \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m} = 173,0852 \text{ m}^3$$

- b) *Überprüfen der Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2!*
Porenbeton als Material in der Aufgabenstellung nicht eindeutig vorgegeben. Es gibt verschiedene Rohdichtklassen. Diese gilt es zu überprüfen.



Schnitt durch Porenbeton-Mauerwerk

Berechnungsvariante: Tabellen dienen als Grundlagen

Anforderungen für Ziel A (Mindestwärmeschutz)

Mindestwerte der Wärmedurchlaßwiderstände $1/A$, gleichbedeutend Maximalwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten k , von Bauteilen nach DIN 4108 Teil 2, Tabelle 1.

Spalte	1	2				3			
		2.1		2.2		3.1	3.2		
		Wärmedurchlaßwiderstand $1/A$		Wärmedurchgangskoeffizient k					
Zeile	Bauteile	im Mittel		an der ungünstigsten Stelle		im Mittel		an der ungünstigsten Stelle	
		$m^2 \cdot K/W$		$W/(m^2 \cdot K)$					
1	1.1	Außenwände ¹⁾	allgemein		0,55	1,39; 1,32 ²⁾			
	1.2		für kleinflächige Einzelbauteile (z. B. Pfeiler) bei Gebäudestandort ≤ 500 m über NN		0,47	1,56; 1,47 ²⁾			
2	2.1	Wohnungstrennwände ³⁾ und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	in nicht zentralbeheizten Gebäuden		0,25	1,96			
	2.2		in zentralbeheizten Gebäuden ⁴⁾		0,07	3,03			
3		Treppenraumwände ⁵⁾			0,25	1,96			
4	4.1	Wohnungstrenndecken ³⁾ und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen ⁶⁾ ⁷⁾	allgemein		0,35	1,64 ⁸⁾ ; 1,45 ⁹⁾			
	4.2		in zentralbeheizten Bürogebäuden ⁴⁾		0,17	2,33 ⁸⁾ ; 1,96 ⁹⁾			
5	5.1	Unterer Abschluß nicht unterkellerten Aufenthaltsräume ⁶⁾	unmittelbar an das Erdreich grenzend		0,90	0,93			
	5.2		über einen belüfteten Hohlraum an das Erdreich grenzend			0,81			
6		Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen ¹⁰⁾	0,90	0,45	0,90	1,52			
7		Kellerdecken ⁶⁾ ¹¹⁾	0,90	0,45	0,81	1,27			
8	8.1	Decken, die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen ⁹⁾	nach unten ¹²⁾	1,75	1,30	0,51; 0,50 ²⁾	0,66; 0,65 ²⁾		
	8.2		nach oben	1,10	0,80	0,79	1,03		

⁸⁾ Für Wärmestromverlauf von unten nach oben. ⁹⁾ Für Wärmestromverlauf von oben nach unten.
¹⁰⁾ Die Zeile 6 gilt auch für Decken, die unter einem belüfteten Raum liegen, der nur bekriechbar oder noch niedriger ist, sowie für Decken unter belüfteten Räumen zwischen Dachschrägen und Absseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen (bezüglich der erforderlichen Belüftung siehe DIN 4108 Teil 3).
¹¹⁾ Die Zeile 7 gilt auch für Decken, die Aufenthaltsräume gegen abgeschlossene, unbeheizte Hausflure o. ä. abschließen.
¹²⁾ Die Zeile 8.1 gilt auch für Decken, die Aufenthaltsräume gegen Garagen (auch beheizte), Durchfahrten (auch verschließbare) und belüftete Kriechkeller abgrenzen.

Fußnoten zu Tafel 10.4

- ¹⁾ Die Zeile 1 gilt auch für Wände, die Aufenthaltsräume gegen Bodenräume, Durchfahrten, offene Hausflure, Garagen (auch beheizte) oder dergleichen abschließen oder an das Erdreich angrenzen. Zeile 1 gilt nicht für Absseitenwände, wenn die Dachschräge bis zum Dachfuß gedämmt ist.
- ²⁾ Dieser Wert gilt für Bauteile mit hinterlüfteter Außenhaut.
- ³⁾ Wohnungstrennwände und -trenndecken sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
- ⁴⁾ Als zentralbeheizt gelten Gebäude, deren Räume an eine gemeinsame Heizzentrale angeschlossen sind, von der ihnen die Wärme mittels Wasser, Dampf oder Luft unmittelbar zugeführt wird.
- ⁵⁾ Die Zeile 3 gilt auch für Wände, die Aufenthaltsräume von fremden, dauernd unbeheizten Räumen trennen, wie abgeschlossenen Hausfluren, Kellerräumen, Ställen, Lagerräumen usw. Die Anforderung nach Zeile 3 gilt nur für geschlossene, eingebaute Treppenräume; sonst gilt Zeile 1.
- ⁶⁾ Bei schwimmenden Estrichen ist für den rechnerischen Nachweis der Wärmedämmung die Dicke der Dämmschicht im belasteten Zustand anzusetzen.
Bei Fußboden- oder Deckenheizungen müssen die Mindestanforderungen an den Wärmedurchlaßwiderstand durch die Deckenkonstruktion unter- bzw. oberhalb der Ebenen der Heizfläche (Unter- bzw. Oberkante Heizrohr) eingehalten werden.
- ⁷⁾ Die Zeile 4 gilt auch für Decken unter Räumen zwischen gedämmten Dachschrägen und Absseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen.

Quelle: Schneider, Klaus-Jürgen (Hrsg): Bautabellen für Ingenieure; Werner, 1994, S. 10.3-10.4

Für Außenwände kann man ein erforderliches $\frac{1}{\Lambda} \geq 0,55 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ oder (umgerechnet zum k -Wert)

$$\frac{1}{k} = (0,13 + 0,55 + 0,04 \leq 1,39) \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

ablesen.

Das ist nun zu überprüfen. Dazu kann z. B. folgende Tabelle genutzt werden. Materialangaben von Herstellern sind ebenfalls verwendbar.

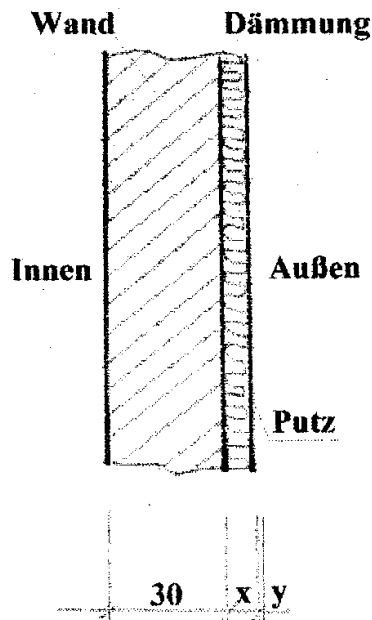
4.5	Mauerwerk aus Betonsteinen			
4.5.1	Hohlblöcke aus Leichtbeton (Hbl) nach DIN 18 151 mit porigen Zuschlägen nach DIN 4226 Teil 2 ohne Quarzsandzusatz ¹⁾			
4.5.1.1	2 K Hbl. Breite $\leq 240 \text{ mm}$ 3 K Hbl. Breite $\leq 300 \text{ mm}$ 4 K Hbl. Breite $\leq 365 \text{ mm}$ 5 K Hbl. Breite $\leq 490 \text{ mm}$ 6 K Hbl. Breite $\leq 490 \text{ mm}$	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,35 0,39 0,44 0,49 0,60 0,73	5/10
4.5.1.2	2 K Hbl. Breite = 300 mm 3 K Hbl. Breite = 365 mm	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,34 0,39 0,46 0,55 0,64 0,76 0,90	5/10
4.5.2	Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton nach DIN 18 152			
4.5.2.1	Vollsteine (V)	500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,32 0,34 0,37 0,40 0,43 0,46 0,54 0,63 0,74 0,87 0,99	5/10 10/15
4.5.2.2	Vollblöcke (Vbl) (außer Vollblöcken S-W aus Naturbims nach Zeile 4.5.2.3 und aus Blähton oder aus einem Gemisch aus Blähton und Naturbims nach Zeile 4.5.2.4)	500 600 700 800 900 1000 1200	0,29 0,32 0,35 0,39 0,43 0,46 0,54	5/10

Quelle: Schneider, Klaus-Jürgen (Hrsg): Bautabellen für Ingenieure; Werner, 1994, S. 10.14

Wir aus den Tabellen ein Porenbetonstein mit einer Rohdichte von $< 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ gewählt ist der Mindestwärmeschutz nicht erfüllt. Dann ist entweder ein Material mit einer höheren Rohdichte zu wählen, oder es müssen zusätzliche Maßnahmen (Dämmung) ergriffen werden. Diese sind dann ebenfalls nachzurechnen.

c) *Alternativvariante:*

Eine Alternativvariante kann wie folgt aussehen:



Hierbei wird ein 30 cm dickes Mauerwerk mit einer Dämmschicht (der Dicke x cm) versehen. Zusätzlich wird noch eine Putzschicht aufgebracht. Für diese Wandkonstruktion ist der k -Wert zu berechnen.

Das Ergebnis ist offen.

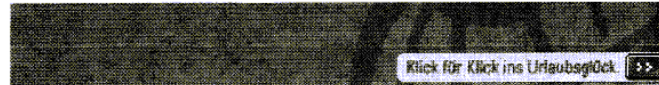
d) *Materialkostenermittlung:*

Zur Ermittlung der Materialkosten können örtliche Baustoffhändler abgefragt werden. Selbstverständlich können auch die Materialpreise der ausbildenden Firma erfragt werden (Problem: Geheimhaltung beachten).

Die Lehrlinge sollen vor allem auch elektronische Medien nutzen. So lassen sich mit gängigen Suchmaschinen im Internet Baustoffhändler in ganz Deutschland finden. Eine kleine Darstellung der möglichen Vielfalt ist den folgenden Internetseiten zu entnehmen:



Finden - Reden - Kaufen



Suchergebnisse für im deutschspr. Raum ®
 Neue Suche Profi-Suche

Deutschsprachiger Raum: 1 - 10 von 1058 deutschsprachigen Internetseiten

- 1. BAULINKS.de - Baustoffhersteller, Baustoffhändler, Baumaterial, Baumaterialien, ...**
 herstellerverzeichnis, bauelement, baustoff BAULINKS.de Webkatalog, Übersicht für den Baubereich /Architektur Diese Site setzt Fra...
<http://www.archmatic.com/links/index.htm>
 www.archmatic.com
- 2. www.katenland.de-Ihr Baustoffhändler**
 Preisliste 1/2000 Kunststoffrecyclingprodukte gültig vom 01.01.2000 bis 31.12.2000
 Unsere Verkaufs-, Liefer- und Zahlungsbedingung...
<http://www.katenland.de/preisliste.html>
 www.katenland.de
- 3. BAULINKS.de: Baumärkte, Baustoffhandel, Baustoffhändler, Baumarkt, Großhandel: B...**
 für Hochbau, Tiefbau, Innenausbau, Trockenbau, Trockenausbau Baumärkte
<http://www.baulinks.de/links/adr-baumarkt.htm> Shop: Sch...
<http://www.baulinks.de/links/adr-baumarkt.htm>
 www.baulinks.de
- 4. www.katenland.de-Ihr Baustoffhändler**
 abel Baustoff-Vertriebs GmbH Eutiner Str.21 23823 Seedorf Tel.: 04555/ 71 10-0
 Fax:04555/ 71 71-11 eMail: info@katenland.de eMail:...
<http://www.katenland.de/index2.html>
 www.katenland.de
- 5. www.katenland.de-Ihr Baustoffhändler**
 Produkte aus Recyclingkunststoff sind: leicht zu bearbeiten (sägen, bohren, fräsen)
 leichter als Beton, haltbarer als Holz widerst...
<http://www.katenland.de/produkte.html>
 www.katenland.de
- 6. www.katenland.de-Ihr Baustoffhändler**
 abel Baustoff-Vertriebs GmbH Eutiner Str.21 23823 Seedorf Tel.: 04555/ 71 71-0
 Fax:04555/ 71 71-11 (Wie Sie uns finden!) Herzlich ...
<http://www.katenland.de/firma.html>
 www.katenland.de
- 7. Baustoffe Mayer, Ihr Baustoffhändler in Weingarten und Vogt**
 HochbauWerkzeugeTiefbauInnenausbauDach/FassadeFliesenIsolierungNaturbaustoffePflast
 für ...
<http://www.baustoffe-mayer.de/werkzeug1.htm>
 www.baustoffe-mayer.de
- 8. Baustoffe Mayer, Ihr Baustoffhändler in Weingarten und Vogt**
 Hochbau Pflaster Tiefbau Terrassenbeläge Innenausbau Dach/Fassade Fliesen Isolierung
<http://www.lycos.de/cgi-bin/pursuit?matchmode=and&mtemp=main&etemp=error&quer...> 02.02.01

BOL-Schnäppchen:
 Bücher&CDs nur 10DM



Naturbaustoffe Pflaster Werkzeuge Brennstoffe...
<http://www.baustoffe-mayer.de/pflaster1.htm>
www.baustoffe-mayer.de

- 9. **Baustoffe Mayer, Ihr Baustoffhändler in Weingarten und Vogt**
HochbauFliesenTiefbauInnenausbauDach/FassadeFliesenIsolierungNaturbaustoffePflasterW
- und Bodenfliese...
<http://www.baustoffe-mayer.de/fliesen1.htm>
www.baustoffe-mayer.de
- 10. **Baustoffe Mayer, Ihr Baustoffhändler in Weingarten und Vogt**
HochbauBrennstoffeTiefbauInnenausbauDach/FassadeFliesenIsolierungNaturbaustoffePflas
Koks, A...
<http://www.baustoffe-mayer.de/brenn1.htm>
www.baustoffe-mayer.de

Mehr Ergebnisse für die Suche nach **Baustoffhändler** ...

Weitere Kataloge: Probieren Sie doch auch eine Suche in folgenden Katalogen

Weltweite Internetseiten Bilder

Sounds

Lycos Rubriken

FINANZEN: Infos & Kurse

FINANZEN:

Diskussionsbeiträge

Homepages bei **TRIPOD**

Wörterbuch

Bücherkatalog

WOW Top 1000

Fernsehprogramm

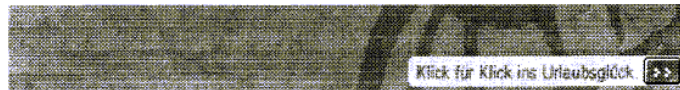
Suchen Sie eine 2. Meinung? Dann suchen Sie doch auch bei **FIREBALL**

Suche verfeinern ?

Baustoffhändler im deutschspr. Raum Suche in diesen Ergebnissen

alle Wörter in beliebiger Reihenfolge Ergebnisse

[Neue Suche](#) [Profi-Suche](#)



[Über uns](#) | [Investor Relations](#) | [Presse](#) | [Jobs@Lycos](#) | [Werben](#) | [Service](#) | [Seite anmelden](#) | [Kontakt](#) | [Hilfe](#)



Copyright © 2001 Lycos, Inc. All Rights Reserved.
Lycos® is a registered trademark of Carnegie Mellon University.

Es gibt im Internet auch elektronische Angebotabfragen, s. g. elektronische Märkte:



Der elektronische Marktplatz

Bitte geben Sie hier Ihre Angebotsanfrage ein.
Wir versenden Ihre Anfrage automatisch per e-mail oder Fax an alle von Ihnen ausgewählten Firmen.

Aktuell ausgewählte Firmen

Geben Sie die Auswahl an:

Angaben zum Produkt

Produkt/Dienstleistung:

Beschreibung (optional):

Menge (optional):

Einheit (optional):

Angebot bis (optional):

Gewünschter Liefertermin (optional):

Gewünschte Versandart (optional):

Bitte geben Sie hier Ihre Anschrift ein

Firma:

Z. Hd.:

Strasse:

PLZ, Ort:

<http://www.wlw.de/servlet/Marktplatz?firmaid=600296&klobjid=0&sprache=de&anzeige> 02.02.01

Wer bereit war: WLW-MARKET

Seite 2 von 4

Land (optional):

Telefon:

Telefax (optional):

E-Mail (optional):

Ich bin mit den Nutzungsbedingungen des WLW-MARKET einverstanden.

Angebote anfordern

Eingaben zurücksetzen

Tip: Nach dem Absenden erhalten Sie die Möglichkeit, sich ein Protokoll dieser Anfrage auszudrucken.

Das Ergebnis der Materialkostenanalyse ist offen.

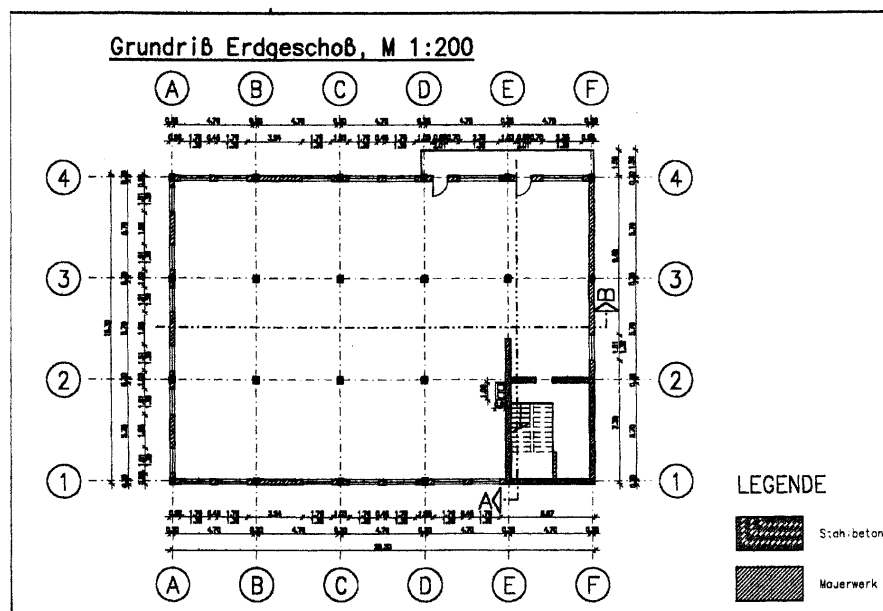
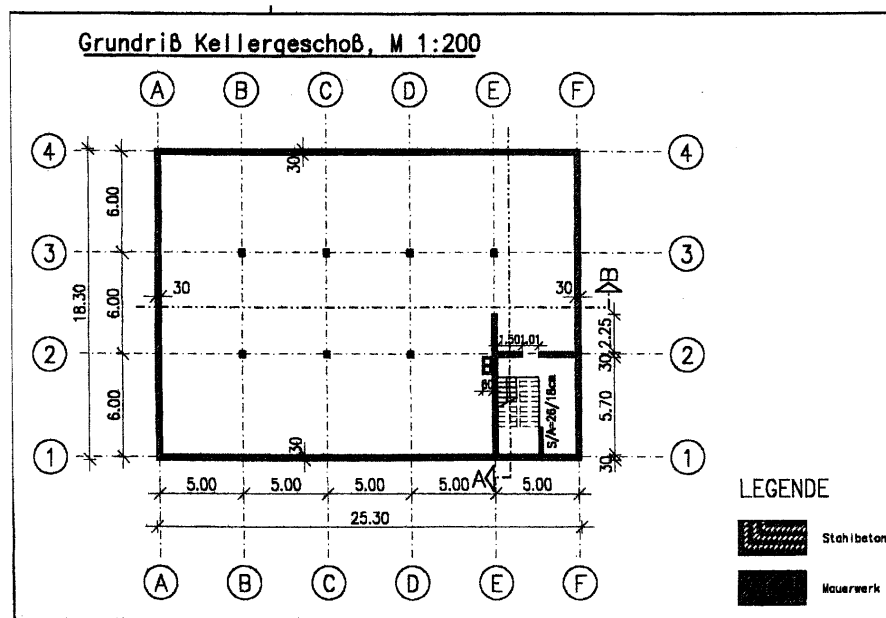
- e) Die Ergebnisse der Materialkostenermittlung sind in tabellarischer Form und graphisch darzustellen. Dazu wird das Programm Excel von Microsoft empfohlen. Die Form und der Inhalt der Tabellen und Graphiken ist den Lehrlingen überlassen und offen.
- f) Hier werden weitere Kostenfaktoren bei der Kostenermittlung berücksichtigt. So ist z. B. eine Außenwand mit zusätzlicher Dämmung und Putz neben den Materialkosten, nur mit erheblich höheren Aufwendungen für den Lohn herzustellen bzw. zu fertigen. Ein weiterer Aspekt der Kostenerhöhung kann die längere Bauzeit sein. Hier sollen sich die Lehrlinge vor allem in ihren Ausbildungsbetrieben die Zusammenhänge erläutern lassen und für ihr Beispiel anwenden. Mögliche Zusammenhänge wie z. B. geringe Herstellungskosten aber schlechte Wärmedämmung usw. werden erwartet.
- g) Die Lehrlinge sollen nachdem sie sich umfangreich informiert haben, für eine Ausführungsvariante entscheiden. Dies ist aus der Sicht des Architekten zu begründen (Rollenwechsel). Erwartet werden eine schlüssige Argumentation mit den ermittelten Zahlenwerten

Schlußbetrachtungen

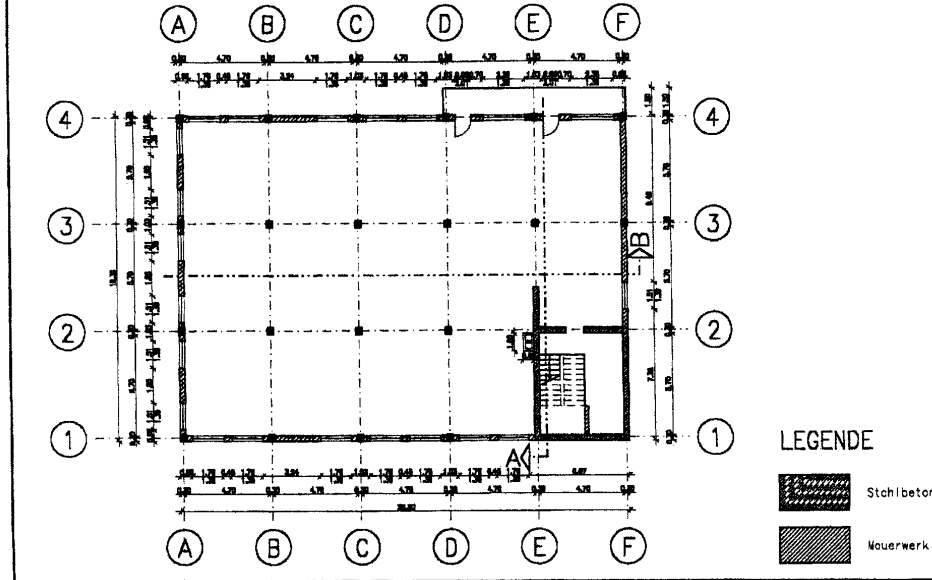
Die Lehrlinge sollen sich einer Aufgabenstellung auf den verschiedensten Wegen nähern. Dabei werden neben mathematischen Fähigkeiten (Flächen-, Volumenberechnung) auch Fähigkeiten und Fertigkeiten auf folgenden Gebieten verlangt:

- Lesen einer Zeichnung, Ermittlung vom Materialbedarf
- Lesen von Tabellen
- Kenntnisse in der Bauphysik
- Kenntnisse mit Textverarbeitungs- und Tabellenkalkulationsprogrammen
- Nutzung des Internet
- Kostenermittlung für eine konkrete Aufgabenstellung
- Erstellung von alternativen Varianten in der Mauerwerksausführung
- Rückschlüsse auf Änderungen der Kosten
- Kommunikation
- Kreativität

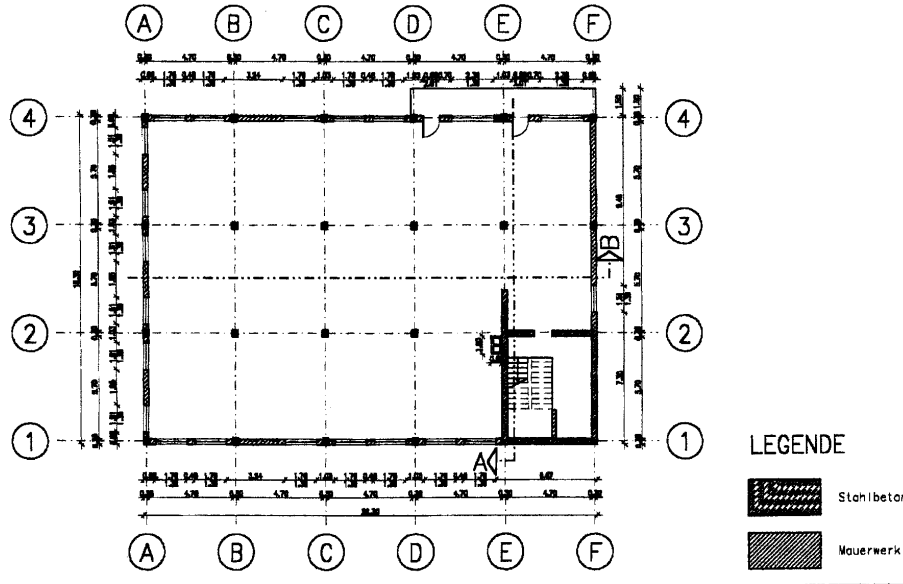
- Organisationsfähigkeit
- Problemerkennung und Problembeseitigung
- Rollenwechsel (Sicht des Architekten)
- Argumentation zu Sachverhalten durch Analyse der Rahmenbedingungen



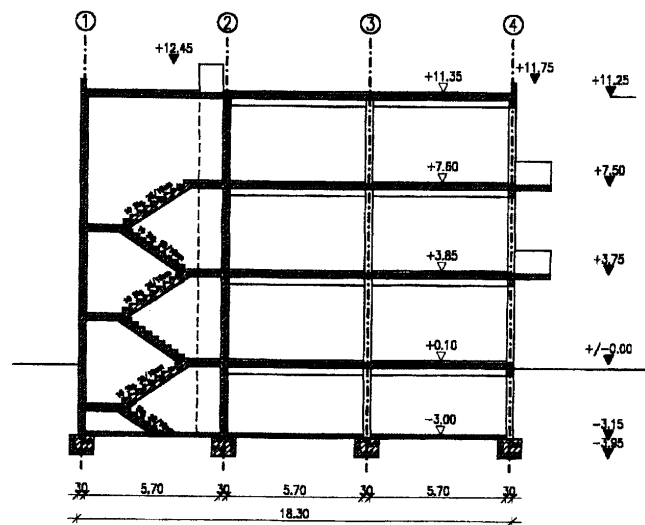
Grundriß 1.Obergeschoß, M 1:200

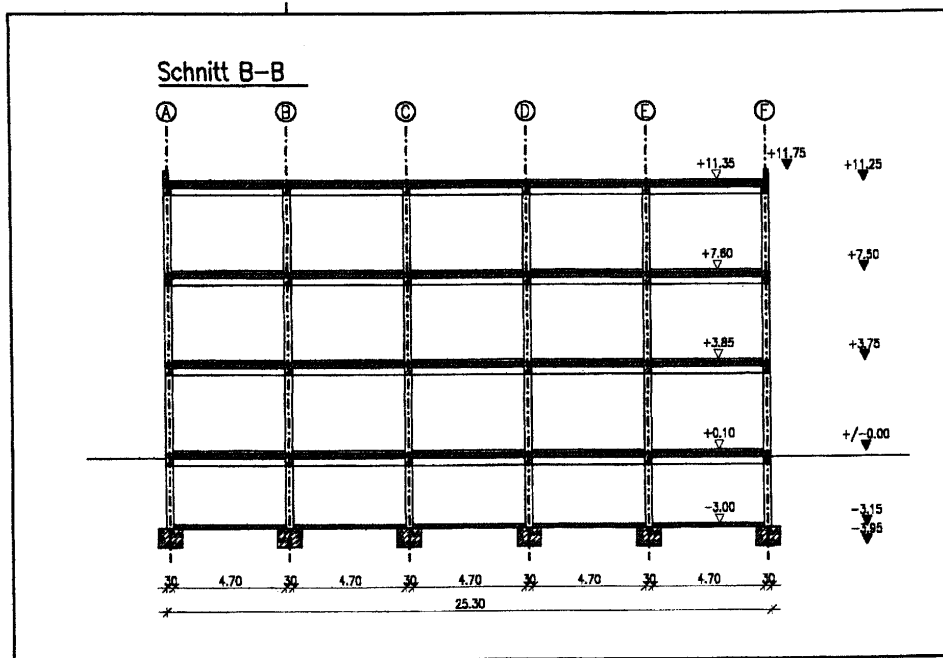


Grundriß 2.Obergeschoß, M 1:200



Schnitt A-A





Beschreibung des Bauwerkes

1. Standort und Nutzung

- Magdeburg
- Bürogebäude

2. Wände

- Außenwände Porenbeton $h = 30$ cm
- Innenwände als leichte Trennwände in Trockenbauweise
- Treppenhauswände in Stahlbeton $h = 30$ cm
- Kellerwände in Stahlbeton $h = 30$ cm

3. Decken

- Alle Geschoßdecken in Stahlbeton als Ortbetondecken
- Dachdecke mit Abdichtung und Kiesschüttung
- Abgehängte Decken
- Schwimmender Estrich
- Balkone mit Stahlbetonplatte und umlaufendem Stahigefänder, Anschluß mit Schöck-Isokörben

4. Stützen

- Durchlaufende quadratische Ortbetonstützen 30/30 cm

5. Unterzüge

- Plattenbalken in Ortbeton $h/b = 45/30$ cm
- Stürze als Fertigteilstürze

6. Treppen

- Ortbetontrepperi $h = 18$ cm, Steigung 26/18 cm
- Treppenbelag in 3 cm Kunststein, Unterseite verputzt
- Monolitische Verbindung mit den Geschößdecken

7. Gründung

- Flachgründung, alternativ Einzel-, Streifenfundamente oder Bodenplatte

8. Baustoffe

- Beton B 25
- Stahl BStSOO
- Einbauteile nach Zulassung

9. Baugrund

- Schluffiger Sand mitteldicht gelagert
- Kein GW oberhalb der Sohle

Christian Hartfeldt

Geheimnisse der Fibonacci-Zahlen

Einsatz und Lernziele des Projektes

Der früheste Einsatz des Projektes ist in der Sekundarstufe II eines Leistungskurses im Fach Mathematik und nach Behandlung der Folgen, Grenzwerte und vollständige Induktion anzusetzen. Mathematische Voraussetzungen der Schüler und Schülerinnen ist der sichere Umgang mit den Begriffen

- Folge, explizite Beschreibung von Folgen,
- Begriff Rekursion,
- Beweisverfahren der vollständigen Induktion,
- Eigenschaften von Folgen.

Allgemeine Lernziele sind

- sicherer Umgang mit Rekursionsgleichungen,
- aus einer Rekursionsformel eine geschlossene Formel rechnerisch ermitteln können.

Rekursion

Falls man den Begriff der Rekursion einführen möchte, bieten sich die Fibonacci-Zahlen als Motivierung an. Den Schülern kann folgende Definition der Rekursion verdeutlicht werden: *Eine Folge (a_n) wird rekursiv beschrieben, wenn jedes Folgenglied a_{n+1} durch einen Term gegeben ist, der mindestens eines der vorangehenden Folgenglieder a_n, a_{n-1}, \dots enthält* Mathematischer Hintergrund dieser Definition ist das Rekursionstheorem, was im Folgenden behandelt werden soll.

Satz 1 (Rekursionstheorem)

Sei \mathcal{S} eine Menge und $\phi : \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{S}, a \in \mathcal{S}$ eine Abbildung. Dann gibt es genau eine Abbildung $g : \mathbb{N} \rightarrow \mathcal{S}$ mit

$$g(0) = a \text{ und } g(n+1) = \phi(g(n)).$$

Schauen wir uns dieses an einem Beispiel an.

Beispiel 1 (Fibonacci – Zahlen)

Sei $\mathcal{S} : \mathbb{N} \times \mathbb{N}, a = (1, 1)$. Dann ist

$$\phi(x, y) = (y, x + y).$$

Es ergibt sich

$$\begin{aligned} g(0) &= (1, 1) \\ g(1) &= \phi(1, 1) = (1, 2) \\ &= \quad \quad \quad \swarrow \\ g(2) &= \phi(1, 2) = (2, 3) \\ &\vdots \quad \quad \quad \vdots \\ g(n) &= (a_n, a_{n+1}) \end{aligned}$$

wobei a_n, a_{n+1} die Fibonacci – Zahlen darstellen.

Bemerkung 1

1. Die Abbildung $g : \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{T}$ ist Teilmenge von $\mathcal{S} \times \mathcal{T}$ mit folgenden Eigenschaften:

- (A 1) Zu jedem $s \in \mathcal{S}$ gibt es ein $t \in \mathcal{T}$ mit $(s, t) \in g$.
(A 2) $(s, t), (s, t') \in g \Rightarrow t = t'$.

2. **Die Rekursion ist etwas anderes als die Induktion!** Eine Menge $\mathcal{N} \neq \emptyset$ erfüllt die PEANO-Axiome, falls es ein Element $0 \in \mathcal{N}$ gibt und eine Abbildung $\text{succ} : \mathcal{N} \rightarrow \mathcal{N}$ mit folgenden Eigenschaften¹:

- (P 1) $0 \neq \text{succ}(a) \forall a \in \mathcal{N}$.
(P 2) succ ist injektiv.
(P 3) (Induktionsprinzip). Wenn $\mathcal{A} \subseteq \mathcal{N}$ mit $0 \in \mathcal{A}$ und $a \in \mathcal{A} \Rightarrow \text{succ}(a) \in \mathcal{A}$, dann muss $\mathcal{A} = \mathcal{N}$ gelten.

Die Menge der natürlichen erfüllt die PEANO-Axiome.

Wenden wir uns nun einem Beispiel zu, welches den Unterschied zwischen Induktion und Rekursion noch einmal verdeutlichen soll.

Beispiel 2

Sei $\mathcal{N} = \{0, 1\}$ und $\text{succ}(0) = 1$ und $\text{succ}(1) = 0$. Wie man leicht sieht sind (P_1) und (P_3) erfüllt. (P_2) ist aber nicht erfüllt. Die Induktion kann durchgeführt werden, aber nicht das Rekursionsaxiom und somit gilt das Rekursionstheorem für \mathcal{N} nicht. Wie kann man das zeigen? Na ja. Setze $\mathcal{S} = \mathcal{N}$ und $\phi : \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{S}$ und $a = 0$, sowie $0 \mapsto 1$ und $1 \mapsto 0$. Es ergibt sich $g(0) = 0, g(1) = g(\text{succ}(0)) = \phi(g(0)) = \phi(0) = 1, g(\text{succ}(1)) = g(1) = \phi(g(1)) = \phi(1) = 0$, welches einen Widerspruch zur Definition von ϕ darstellt.

¹ succ kommt von *successor* und dieses bedeutet soviel wie *Nachfolger*.

Dieses Beispiel zeigt, dass wir nun das Rekursionstheorem beweisen müssen. Aussagen, man müsse das Rekursionstheorem nicht beweisen, da es nichts zu beweisen gäbe, sind Unsinn. Unser Beispiel konnte es zeigen, dass es auch schief gehen kann.

Beweis des Rekursionstheorems: Ziel ist: Finde g so, dass $g \subseteq \mathbb{N} \times \mathcal{S}$.

Setze $\Gamma = \{\mathcal{U} \subset \mathbb{N} \times \mathcal{S}\}$ mit folgenden Eigenschaften:

- (i) $(0, a) \in \mathcal{U}$
- (ii) $(n, b) \in \mathcal{U} \Rightarrow (n + 1, \phi(b)) \in \mathcal{U}$.

Die Menge $\mathbb{N} \times \mathcal{S}$ ist Element von Γ , also ist $\Gamma \neq \emptyset$.

Definiere:

$$g = \bigcap_{\mathcal{U} \in \Gamma} \mathcal{U}.$$

Wir zeigen, dass g die gewünschte Abbildung ist.

(A 1) Zu jedem $n \in \mathbb{N}$ gibt es ein $b \in \mathcal{S}$ mit $(n, b) \in g$. Das folgt aus dem Induktionsprinzip. Definiere

$$A = \{n \in \mathbb{N} : \exists b \text{ mit } (n, b) \in g\}.$$

Dann ist $0 \in A$ und $n \in A$ und daraus folgt $n + 1 \in A$. Benutze $\text{succ}(n) = n + 1$, also $A = \mathbb{N}$. ✓

(A 2) Zu jedem $n \in \mathbb{N}$ gibt es genau ein b mit $(n, b) \in g$.

Beweis:

$$A := \{n \in \mathbb{N} : (n, b), (n, b') \in g \Rightarrow b = b'\}.$$

Zu zeigen ist $A = \mathbb{N}$ mit Induktionsprinzip (P_3).

I: $0 \in A$: Andernfalls gibt es ein $b \neq a$ mit $(0, b) \in g$. Dann erfüllt auch $\{(0, b)\}$ die Bedingungen (i) und (ii) (wegen P_1).

II: $n \in A \Rightarrow n + 1 \in A$. Andernfalls $r \in A$. Sei $(r, g) \in g$, also $(r + 1, \phi(b)) \in g$ und es gibt $\boxed{c \neq \phi(b)}$ mit $(r + 1, c) \in g$. Dann erfüllt auch $g' = g \setminus \{(r + 1, c)\}$ die Bedingungen (i) und (ii).

(i) ist klar. (ii) mit (P_2) gilt sicherlich immer für $n \neq r$. Angenommen (ii) gilt für $n = r$ nicht, dann gäbe es ein $(r, b') \in g'$ mit $(r + 1, \phi(b')) \notin g'$, also $(r + 1, \phi(b')) = (r + 1, c)$. Aber $b = b'$ wegen $r \in A$, also $\phi(b') = \text{phi}(b) \neq c$. Dieses ist aber ein Widerspruch zum Kasten.

I und II und (P_3) zeigt, dass g eine Abbildung ist. Die Eindeutigkeit ist klar. Angenommen f hat die gleichen Eigenschaften wie g ; f ist aber eine Abbildung und somit muss f die einzige Abbildung sein. □

Wichtig hierbei ist, dass man den Schülern verdeutlichen muss, wo der Unterschied zwischen Rekursion und Induktion liegt.

Ablauf des Projektes

Für das Projekt sind 3 Tage vorgesehen, wobei die Anzahl der Tage je nach Wissensstand der Schüler auch erhöht werden kann:

- 1. Tag:** Einführung der Fibonacci-Zahlen und Rekursion.
- 2. Tag:** Einige Aussagen über die Fibonacci-Zahlen werden mittels vollständiger Induktion bewiesen.
- 3. Tag:** Zu bestimmten Rekursionsgleichungen werden geschlossene Formeln gefunden.

Im Folgenden werden die einzelnen Projektstage vorgestellt.

Tag 1 – Einführung der Fibonacci-Zahlen

Gegenstand dieses Tages ist die Einführung der Fibonacci-Zahlen, deren Geschichte und die Rekursionsgleichung.

Im mathematisch dunklen Mittelalter lebte der bedeutendste Mathematiker Leonardo von Pisa (1170-1240) oder „Fibonacci“ genannt. Fibonacci bedeutet zu deutsch Sohn des Gutmütigen und er verwendete den Übernamen 'bonaccio' seines Vaters. Leonardo von Pisa hat u. a. wesentlichen Anteil an der Durchsetzung des Dezimalsystems, welches er auf seinen weiten Reisen als Kaufmann kennenlernte. Kaiser Friedrich II. schenkte, aufgrund seiner Werke ihm Aufmerksamkeit, sodass er wiederholt am kaiserlichen Hof weilte. Im Jahre 1202 veröffentlichte er sein 459 Seiten starkes Liber Abad, einem einzigartigen Sammelwerk der Rechenkunst. Dieses Buch enthält eine Fülle von Aufgaben über Folgen, Reihen, quadratische Gleichungen, Kubikwurzeln usw. und bildete Jahrhunderte lang ein Standardwerk unter den Mathematiklehrbüchern.

In diesem Werk behandelte Fibonacci die „Kaninchenaufgabe“, wie viele Kaninchenpaare im Laufe eines Jahres aus einem Paar entstehen. Annahme war, dass jedes Paar allmonatlich ein neues Paar zeugt, welches selbst vom 2. Monat an zeugungsfähig wird, während Todesfälle nicht auftreten sollten. Hat man im 1. Monat ein neugeborenes Paar (N), so wird im 2. Monat ein zeugungsfähiges Paar (Z), im 3. Monat sind es 2 Paare (P), nämlich $1N$ und $1Z$, im 4. Monat $3P$, nämlich $1N$ und $2Z$. Bezeichnet man die Zahl der Kaninchenpaare im n -ten Monat mit F_n , so ist

$$F_{n+1} = F_n + F_{n-1} \text{ für } n = 1, 2, \dots, F_0 = 0, F_1 = 1.$$

Diese Fibonacci-Zahlen (F_n) sind das älteste bekannte und nichttriviale Beispiel einer induktiv definierten Zahlenfolge. Zahlreiche Anwendungen finden sich in der Mathematik und Naturwissenschaft, u. a. in der Botanik bei der Beschreibung der Schuppenbelegung von Tannenzapfen und Ananasfrüchten und in der mathematischen Theorie zur Vererbung. Soviel zur Motivation des Stoffgebietes.

Die Folge $(a_n)_{n \geq 0}$ mit $a_0 = 0$, $a_1 = 1$ und

$$a_{n+2} = a_{n+1} + a_n$$

heißt *Fibonaccifolge*, benannt nach FIBONACCI (1170-1240, Pisa), die a_n bezeichnen wir mit Fibonacci Zahlen. Diese Zahlen sehen so aus:

$$\begin{array}{c|cccccccccccc} n & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & \dots \\ \hline a_n & 0 & 1 & 1 & 2 & 3 & 5 & 8 & 13 & 21 & 34 & 55 & \dots \end{array}$$

Die Frage, die sich stellt, ist, ob man die a_n **direkt** berechnen kann. Diese Frage kann mit ja beantwortet werden. Lösung der Rekursionsgleichung:

Setze $a_n = q^n$ für $q \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$. Dann ist

$$a_{n+2} = q^{n+2} = a_{n+1} + a_n = q^{n+1} + q^n.$$

Durchdividieren dieser Gleichung mit q^n liefert

$$q^2 = q + 1 \Rightarrow q^2 - q - 1 = 0$$

und somit

$$q_{1;2} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}.$$

Damit erhält man

$$s(n) = a_1 q_1^n + a_2 q_2^n = a_1 \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} \right)^n + a_2 \left(\frac{1 - \sqrt{5}}{2} \right)^n.$$

Setzt man die ersten Werte der Rekursion ein, so erhält man

$$\begin{aligned} 0 &= s(0) = a_1 + a_2 \\ 1 &= s(1) = a_1 \frac{1 + \sqrt{5}}{2} + a_2 \frac{1 - \sqrt{5}}{2} \end{aligned}$$

Multiplikation der ersten Gleichung mit $-\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ und Addition der zweiten Gleichung liefert

$$\begin{aligned} 1 &= a_2 \left(-\frac{1 + \sqrt{5}}{2} + \frac{1 - \sqrt{5}}{2} \right) \\ &= a_2 \left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{2} - \frac{\sqrt{5}}{2} \right) \\ &= -a_2 \sqrt{5} && \Rightarrow a_2 = -\frac{1}{\sqrt{5}}, \\ \Rightarrow a_1 &= \frac{1}{\sqrt{5}} \end{aligned}$$

Damit erhält man

$$s(n) = \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\left(\frac{\sqrt{5}+1}{2} \right)^n - \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^n \right).$$

Dies ist eine **geschlossene Gleichung**.

Beispiel 3

Ausrechnen der zweiten Fibonacci-Zahl, also für $n = 2$:

$$\begin{aligned} s(2) &= \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\left(\frac{\sqrt{5}+1}{2} \right)^2 - \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1}{4} + \frac{5}{4} + 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{2} \right) \right) \\ &\quad - \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1}{4} + \frac{5}{4} + 2 \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{2} \right) \right) \\ &= \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{3}{2} + 1 + \sqrt{5} \right) - \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{3}{2} + 1 - \sqrt{5} \right) \\ &= 2. \end{aligned}$$

Die Zahl

$$\frac{1 + \sqrt{5}}{2}$$

bezeichnen wir mit dem *Goldenen Schnitt*.

Tag 2 – Vollständige Induktion

Gegenstand dieses Tages ist die Anwendung des Beweisverfahrens vollständiger Induktion auf die Fibonacci-Zahlen.

Aufgabe 1

Es sei $F(n)$ die n -te Fibonacci-Zahl und $F(1) = 1, F(2) = 1, F(n) = F(n-1) + F(n-2)$
Zeigen Sie

- $F(n) \cdot F(n+1) = F(n-1) \cdot F(n+2) + (-1)^{n-1}$
- $F(n) = F(k+1) \cdot F(n-k) + F(k) \cdot F(n-k-1)$ für $k = 1, \dots, n-2$.

Lösung

a) **Behauptung:** Für jedes $n \in \mathbb{N}$ gilt:

$$F(n) \cdot F(n+1) = F(n-1) \cdot F(n+2) + (-1)^{n-1}$$

Beweis durch vollständige Induktion nach n:

Induktionsanfang: Die Aussage gilt für $n = 2$, da

$$F(2) \cdot F(3) = 2 = F(1) \cdot F(4) + (-1)^1 = 3 - 1 = 2$$

Induktionsvoraussetzung: Wir setzen voraus, dass die Behauptung für ein beliebiges aber festes $n \in \mathbb{N}$ gilt und zeigen, dass sie dann auch für $n + 1$ gilt.

$$\begin{aligned} F(n+1) - F(n+2) &= F(n+2)(F(n) + F(n-1)) \\ &= F(n+2)F(n) + F(n+2)F(n-1) + (-1)^{n-1} + (-1)^n \\ &= F(n)(F(n+2) + F(n+1)) + (-1)^n \\ &= F(n)F(n+3) + (-1)^n. \end{aligned}$$

b) **Behauptung:** Für jedes $k \in \mathbb{N}$ gilt:

$$F(n) = F(k+1) \cdot F(n-k) + F(k) \cdot F(n-k-1) \text{ für } k = 1, \dots, n-2$$

Beweis durch vollständige Induktion nach k:

Induktionsanfang: Die Aussage gilt für $k = 2$, da

$$k = 1 : \quad F(n) = F(2)F(n-1) + F(1)F(n-2) = F(n-1) + F(n-2)$$

Induktionsvoraussetzung: Wir setzen voraus, dass die Behauptung für ein beliebiges aber festes $k \in \mathbb{N}$ gilt und zeigen, dass sie dann auch für $k + 1$ gilt.

$$\begin{aligned} F(n) &= F(k+2)F(n-k-1) + F(k+1)F(n-k-2) \\ &= (F(k) + F(k+1))F(n-k-1) + F(k+1)(F(n-k) + F(n-k-1)) \\ &= F(k)F(n-k-1) + F(k+1)F(n-k-1) \\ &\quad + F(k+1)F(n-k) \\ &\quad - F(k+1)F(n-k-1) \\ &= F(k)F(n-k-1) + F(k+1)F(n-k). \end{aligned}$$

Jetzt muss Double-Induction angewandt werden für $\leq n$ und $\forall k$, also $n, k \rightarrow n, k+1$.
 Fahre mit Double-Induction so fort. □

Tag 3 – Geschlossene Formeln

Hierbei geht es um die explizite Darstellung von Rekursionen.

Aufgabe 2

Finde eine geschlossene Formel für

$$s(n) = 19s(n-2) + 30s(n-3)$$

$$s(0) = 1, s(1) = 2, s(2) = 3$$

Lösung: Lösung: Setze $s(n) = q^n, q \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$. Dann ergibt sich

$$s(n) = q^n = 19s(n-2) + 30s(n-3) = 19q^{n-2} + 30q^{n-3},$$

also

$$q^3 = 19q + 30 \Leftrightarrow 0 = q^3 - 19q + 30 = (q-5)(q+3)(q+2).$$

Die Nullstellen sind $q_1 = 5, q_2 = -3$ und $q_3 = -2$. Mache nun linearen Ansatz

$$s(n) = a_1q_1^n + a_2q_2^n + a_3q_3^n = a_15^n + a_2(-3)^n + a_3(-2)^n.$$

Also

$$\begin{aligned} 1 &= s(0) = a_1 + a_2 + a_3 \\ 2 &= s(1) = 5a_1 - 3a_2 - 2a_3 \\ 3 &= s(2) = 25a_1 + 9a_2 + 4a_3 \end{aligned}$$

Dieses Gleichungssystem kann man lösen (z. B. mittels Gaußalgorithmus) und erhält

$$a_1 = \frac{19}{56}, a_2 = -\frac{13}{8}, a_3 = \frac{48}{21}.$$

Die geschlossene Formel ergibt sich in der Form

$$s(n) = \frac{19}{56}5^n - \frac{13}{8}(-3)^n + \frac{48}{21}(-2)^n.$$

Ausblick

In der Codierungstheorie und Informatik spielen Rekursionen eine wichtige Rolle. So untersucht man z. B. lineare Schieberegisterfolgen um Informationen zu übertragen. Einfache Schieberegisterfolgen sind die Fibonacci-Zahlen. Andere Schieberegisterfolgen, welche in der Informatik verwendet werden, basieren auf der Theorie der Endlichen Körper und Algebraischer Theorien.

Literaturverzeichnis

- [1] Farn and Darnell: *Sequence Design for communications applications*, Wiley, New York 1996.
- [2] *Lambacher-Schweizer Analysis Leistungskurs*, Ausgabe für Baden- Württemberg, Ernst Klett-Verlag, 2000, pp. 68-105.
- [3] Walter, W.: *Analysis 1*, 6. Aufl., Springer, 2001, pp. 33.