

Große Zahlen - Graphentheorie - S P M++

1. Große Zahlen

Frägt man ein kleines Kind, was große Zahlen sind, so erhält man Antworten wie 20, 100, 1000, je nachdem wie weit das Kind zu zählen gelernt hat. In der Schule erfährt man dann etwas über Millionen, Milliarden und Billionen.

Alle diese großen Zahlen haben etwas gemeinsam: Sie sind für den Menschen nicht mehr direkt erfassbar. Wer kann bei einem relativ kleinen Haufen von Kieselsteinen sagen, ob es sich um 20 oder 21 Steine handelt, ohne sie zu zählen?

Diese Zahlen sind aber immer noch über Vergleiche und in Bildern abschätzbar. Z.B. ist eine Million die Anzahl der Quadratmillimeter in einem Quadratmeter. Selbst astronomische Größen, wie das Alter des Universums lassen sich in den Bereich des Erahnbaren rücken. Diesen Bereich verlassen jedoch viele Zahlen aus der Kombinatorik. Sie sind zum Teil derart groß, dass es für sie keine vernünftigen und hilfreichen Metaphern mehr gibt. In einigen Fällen mussten sogar extra Schreibweisen in der Mathematik eingeführt werden, da die Zahlenriesen in der Potenzschreibweise immer noch jeglichen Platzbedarf sprengten.

Wie es um die Zahlen beim Stundenplanen bestellt ist, sollen die folgenden Überlegungen zeigen.

Zahlen für eine Klasse:

Die erste Abschätzung betrifft die Anzahl der Möglichkeiten für den Stundenplan einer einzelnen, isolierten Klasse. Dazu sollen 30 Unterrichtsstunden den Plan füllen, an fünf Schultagen der Woche je sechs Unterrichtsstunden. In Gedanken werden die Unterrichte wie auch die möglichen Positionen innerhalb des Plans mit Zahlen von 1 bis 30 durchnummeriert. Stellt man keinerlei Bedingungen an den Plan, so gibt es genau so viele Pläne wie Permutationen über eine Menge von 30 Elementen:

$$30! = 265252859812191058636308480000000 = 2,65 \cdot 10^{32}$$

Diese Zahl ist eine obere Grenze für den realen Fall, da verschiedene Bedingungen die Anzahl der Möglichkeiten drastisch einschränken.

Erste Gruppe von Einschränkungen: Die verschiedenen Stunden eines Faches sind beliebig austauschbar, ohne dass sich dabei ein neuer Stundenplan ergibt. Auch sollen die verschiedenen Stunden des einen Faches über möglichst viele Tage verteilt werden. Werden beispielsweise vier Wochenstunden Mathematik verplant, so hat man für die erste Stunde 30 Möglichkeiten, für die zweite Stunde, die nicht mehr am gleichen Tag stattfinden soll, nur noch 24 Möglichkeiten usw. Somit ergibt sich für die Anzahl der Möglichkeiten, vier Mathematikstunden in einen leeren Wochenplan zu setzen:

$$\frac{(30 \cdot 24 \cdot 18 \cdot 12)}{4!} = 6480$$

Man erkennt sehr schnell, daß die Anzahl der Möglichkeiten für 30 Unterrichtsstunden am Vormittag stark von der Häufigkeit der einzelnen Fächer abhängt. Für die nächste Abschätzung nehmen wir eine Klasse mit jeweils vier Stunden Deutsch, Englisch, und Mathematik, zwei Stunden Biologie, Erdkunde und Geschichte an. Für das zweite Fach sieht die Situation bedeutend komplizierter aus, da

hier eigentlich schon eine Fallunterscheidung gemacht werden müsste, ob die beiden Fächer einen gemeinsamen freien Tag haben sollen oder nicht. Deshalb wird nun vereinfachend angenommen, dass sich die noch freien Positionen im Stundenplan immer gleichmäßig über alle Wochentage verteilen. Das ergibt eine untere Grenze für die Abschätzung. Die oben aufgeführte Beispielklasse lässt ungefähr

$$\frac{(30*24*18*12)(26*20*15*10)(22*17*12*8)(18*14)(16*12)(14*11)}{(4*3*2) * (4*3*2) * (4*3*2) * 2 * 2 * 2} = 2.934421 * 10^{16}$$

verschiedene Pläne zu. Diese Beispielklasse hat bis jetzt erst 18 Unterrichtsstunden pro Woche. Die weiteren Unterrichte, die man für eine reale Klasse annehmen kann, erhöhen die bisherige Anzahl von Möglichkeiten noch um einen Faktor, der sicherlich deutlich größer als eins ist. Da es hier um eine Abschätzung geht, reicht es aus, einen Wert von ca. 10^{17} als Abschätzung für eine untere Grenze festzuhalten.

Zweite Gruppe von Einschränkungen: Häufig werden mehrere Stunden zu Stundenblöcken zusammengefasst. Dadurch erniedrigt sich die Anzahl der möglichen Pläne deutlich. Für jede Doppelstunde bleibt nur noch ein Anteil von etwa einem Fünftel bis einem Zwanzigstel. Im Durchschnitt kann man von ungefähr 10^{15} verschiedenen Plänen für eine Beispielklasse ausgehen.

Zahlen für eine Schule:

Eine Schule mit 20 Klassen vervielfacht die Anzahl der möglichen Pläne außerordentlich. Naiv berechnet, würde man die einzelnen Zahlen miteinander multiplizieren:

$$(10^{15})^{20} = 10^{300}$$

Dies setzt aber voraus, dass die einzelnen Klassen dem Stundenplan nach vollständig unabhängig voneinander sein müssten. Um auf der sicheren Seite für eine Abschätzung der unteren Grenze zu sein, kann man bei 20 Klassen von wenigstens drei echt unabhängigen Klassen ausgehen. Diese Zahl ist sicherlich deutlich zu tief gegriffen, aber es geht hier nur um eine Abschätzung. Damit ergeben sich für die drei unabhängigen Klassen

$$(10^{15})^3 = 10^{45}$$

Möglichkeiten. Der richtige Wert für alle Klassen der Schule wird noch deutlich höher liegen, vermutlich im Bereich zwischen 10^{60} bis 10^{100} .

Man kann sich von diesen großen Zahlen kaum eine Vorstellung machen, trotzdem soll es an Hand eines Beispiels für die Anzahl der kollisionsfreien Lösungen versucht werden. Von den schätzungsweise 10^{45} verschiedenen gültigen Stundenplänen sind sicherlich nur wenige Pläne gut. Die Auswahl der guten Pläne soll sehr streng sein, nämlich aus einer Billiarde ($=10^{15}$) von Plänen soll im Durchschnitt nur ein Plan ausgewählt werden. Dann gibt es also noch immer 10^{30} gute Pläne. Würde man alle diese Pläne ausdrucken, so wäre der Papierverbrauch astronomisch! Auch wenn auf die Vorder- und Rückseite je ein Übersichtsplan der gesamten Schule passen würde, und wenn man sehr dünnes Papier (500 Blatt nur ein Zentimeter dick) verwenden würde, dann wäre die Papierreihe noch

$$10^{27} \text{ cm} = 10^{25} \text{ m} = 10^{22} \text{ km} = 10^9 \text{ lj} = \text{eine Milliarde Lichtjahre}$$

lang. Das ist die Größenordnung von der Ausdehnung des bekannten Universums (10^{10} lj).

Warum ist das Stundenplanen nun so schwierig, wenn es für eine einzelne Klasse so viele Lösungen gibt?

Vergleicht man die Anzahl der Möglichkeiten (10^{300}) bei einer naiven (leichten) Planung, d.h. jede Klasse erhält einen Stundenplan unabhängig von Kollisionen mit anderen Klassen, Lehrern und Räumen, mit der Anzahl kollisionsfreier Stundenpläne (10^{45}), dann unterscheiden sich diese Zahlen nicht um einen Faktor 6 bis 7, wie man bei einem flüchtigen Blick vermuten könnte, sondern um den Faktor 10^{255} . D.h. auf 10^{255} zufällige, naive Pläne kommt ungefähr ein kollisionsfreier und konsistenter Plan! Dieser enorme Auslesedruck macht bisweilen das Planen so schwierig. Es gleicht der Suche nach einer einzigen Nadel im Heuhaufen, wobei allerdings sehr viele Nadeln unter einer gigantisch großen Zahl von Strohhalmen versteckt sind.

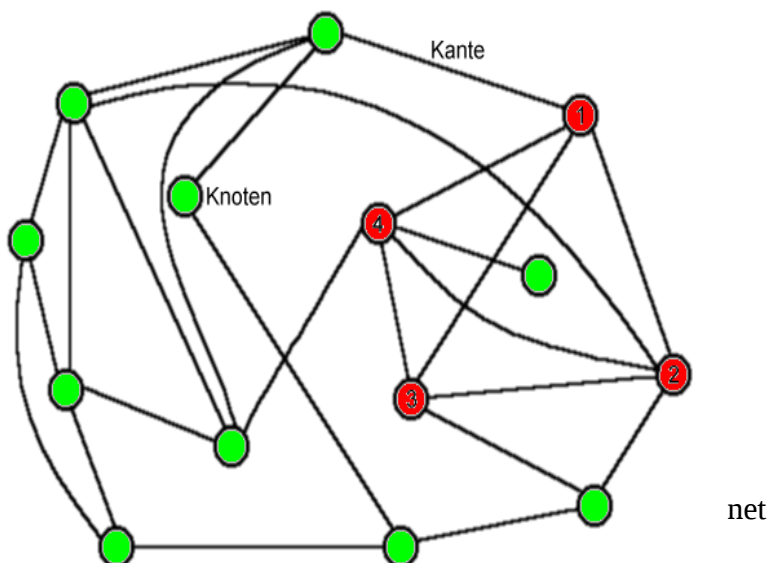
Diese Abschätzungen sollten zeigen, dass die Probleme beim Stundenplanen in der Regel nicht mit einer geringen Anzahl von Lösungen bzw. guten Plänen zusammenhängen, sondern mit der äußerst geringen Lösungsdichte. Es gibt astronomisch viele gute Pläne, jedoch ist die Anzahl der inkonsistenten Pläne unvorstellbar viel höher.

2. Graphentheorie

Viele komplexe Probleme, wie das Stundenplanen oder Optimierungsaufgaben, wie das Traveling-Salesman-Problem, lassen sich gut auf einen mathematischen Graphen abbilden. Dieses mathematische Modell erlaubt dann eine abstraktere Sicht des Problems und häufig lassen sich allgemeinere wie auch effizientere Methoden zur Aufgabenlösung einsetzen.

Ein Graph besteht aus Knoten und Kanten. Ein einfaches Beispiel soll dies veranschaulichen:

Der dargestellte Graph besteht aus 14 Knoten und 24 Kanten. Eine Besonderheit bilden die Knoten mit den Nummern 1, 2, 3 und 4. Sie sind untereinander alle direkt miteinander verbunden. Man bezeichnet diese Knoten mit den zugehörigen Kanten als vollständigen Teilgraphen. Diese Gebilde sind hier deshalb so interessant, weil jeder vollständige Teilgraph einem Gesamt- oder Teilstundenplan entspricht. Dazu muss man das Problem des Stundenplanens allerdings geeignet auf einen Graphen abbilden.



Vom Stundenplan zum Graphen

Für die Abbildung auf einen Graphen wird in einem ersten Schritt jedem Unterricht eine Menge von Knoten zugeordnet. Jeder dieser Knoten repräsentiert einen möglichen Zeitpunkt, an dem der Unterricht prinzipiell verplant werden kann. So werden beispielsweise für eine Deutschstunde, die an jedem der 5 Wochentage und zu jeder der 6 Wochenstunden stattfinden kann, $5 \cdot 6 = 30$ Knoten zugeordnet. Meist werden in einer Schulklasse 4 Deutschstunden unterrichtet: Dafür sind schon $4 \cdot 30 = 120$ Knoten notwendig. Wenn ein Unterricht in einem eingeschränkten oder erweiterten Zeitraster stattfinden soll, ändert sich die Knotenzahl für diesen Unterricht entsprechend.

Aus jedem einzelnen Unterricht wird – mathematisch gesehen – eine ganze Klasse von Knoten erzeugt. Der Stundenplan ist dann eine kollisionsfreie Auswahl von je einem Knoten aus jeder Knotenklasse. Dabei ist die Auswahl unter einer großen Menge an Knoten zu treffen. Bei einer

durchschnittlichen Schule mit ca. 600 Unterrichtsstunden und damit auch ca. 600 Knotenklassen liegt die Anzahl der Knoten bei etwa 14 000.

Im zweiten Schritt der Grapherstellung werden die Kanten eingetragen, wobei jede Kante ausdrückt, dass sich die zugehörigen Knoten nicht gegenseitig ausschließen. Die Kanten sind gewissermaßen „Verträglichkeitslinien“. Daraus ergeben sich drei wichtige Eigenschaften des Graphen:

- 1) Ein Stundenplan ist eine Auswahl von Knoten, die kollisionsfrei ist. Die ausgewählten Knoten müssen deshalb paarweise verträglich, also über eine Kante verbunden sein. Das wiederum bedeutet, dass die Auswahl von Knoten ein vollständiger Teilgraph sein muss.
- 2) Zwei Knoten, die demselben Unterrichte zugeordnet sind, dürfen nicht miteinander verbunden sein, da der Unterricht nur genau einmal und d.h. nur zu einem Zeitpunkt (Knoten) stattfinden kann.
- 3) Zwei Knoten verschiedener Unterrichte dürfen nur miteinander verbunden sein, wenn sie kollisionsfrei sind. Anders ausgedrückt, die Knoten dürfen nicht verbunden sein, wenn sie gleichzeitig dieselben Ressourcen (Klassen, Klassenteile, Lehrer, Räume) verwenden.

Beispiel:

Knoten	Zeit	Klasse	Fach	Lehrer	Raum
k _A	Do3	8a	D	Huber	R206
k _B	Do3	10.Jgst	Eth	Huber	R206
k _C	Fr4	5b	M	Müller	R202
k _D	Mo1	6c	M	Müller	R104

Die Knoten k_A und k_B sind zeitgleich und verwenden beide die Ressource „Lehrer = Huber“ und „Raum = R206“. Zwischen diesen Knoten darf es keine Kante geben.

Die Knoten k_C und k_D verwenden zwar dieselbe Ressource „Lehrer = Müller“, aber die Knoten gehören zu verschiedenen Zeiten. Diese Knoten schließen sich nicht aus. Deshalb ist eine Kante zwischen k_C und k_D zu ziehen.

Wünsche und zusätzliche Bedingungen

Wie realisiert man im Graphen Sonderbedingungen, wie z.B. die Bedingung dass zweistündige Fächer nicht an aufeinanderfolgenden Tagen gehalten werden dürfen? – Das Prinzip ist einfach: Man löscht einige Kanten aus dem bisherigen Graphen. Soll die zuvor genannte Bedingung für zwei Biologiestunden gelten, so sind für jede Klasse von Knoten der beiden Unterrichtsstunden folgende Kanten zu löschen: Zwischen allen Montags-Knoten der ersten Biologiestunde und allen Dienstags-Knoten der zweiten Biologiestunde und umgekehrt, und analog für alle weiteren, aufeinanderfolgenden Paare von Tagen.

Vorteile des Graphen

Beim Planen oder auch Umplanen einer Unterrichtsstunde erkennt man sofort, mit welchen anderen Unterrichtsstunden Kollisionen auftreten können. Auch die Anzahl der Kollisionen ist schnell bestimmt. Es erübrigt sich, im herkömmlichen Sinn nachzuprüfen, ob eine Kollision mit einem Lehrer, einer Klasse oder einem Raum vorliegt. Deshalb wurde ein Graph aufgebaut, der das Verkehrsnetz darstellt. Dieses Verkehrsnetz bleibt während des Arbeitens mit SPM++ bestehen.

Dieser Aufbau kostet Zeit und Speicherplatz. Die Zeit für den Aufbau des Graphen und der Speicherplatz hängen etwa linear von der Zahl der Unterrichtsstunden ab. Erfahrungsgemäß benötigt ein Computer mit einem Pentium 800 MHz zum Aufbau des Graphen, je nach Schulgröße, ca. 1 bis 4 Sekunden. Der Speicherhunger lässt sich in Megabyte messen; typischer Weise liegt der Bedarf bei 4 MB bis 16 MB. Diese 1 bis 4 Sekunden und 4 MB bis 16MB Speicherbedarf sind gut investiert. Sie rentieren sich tausendfach bei der Planung, da der Graphaufbau nur einmal diese Zeit benötigt und nur einmal den Speicher anfordert, während die Planungsvorteile bei jedem einzelnen Planungsschritt zum Tragen kommen.

Den aufgebauten Graphen kann man in seiner Wirkungsweise mit einer Kuchenform vergleichen. Jede Lösung, d.h. jeder Stundenplan, hat die Form bzw. die Eigenschaften, die man vorher durch die Wünsche und Bedingungen festgelegt hat. Ausnahmen gibt es hier nicht. Das mag sehr unflexibel klingen, ist es aber im Endeffekt überhaupt nicht, im Gegenteil: Der Graph bildet die Form, die auf keinen Fall verlassen werden darf. Wünsche, die erfüllt werden sollen, wenn es planungstechnisch möglich sein sollte, werden auf eine andere Art umgesetzt. Dazu dienen zwei andere Techniken, nämlich die Pseudounterrichte und die Optimierung. Pseudounterrichte sind unsichtbare Unterrichte, die andere Unterrichte von bestimmten Positionen verdrängen. Die Pseudounterrichte sind in gewissem Sinn flexible Elemente im starren Graphen. Die Optimierung, die im Kapitel 3 kurz beschrieben wird, operiert nur innerhalb der strengen Form und versucht ein Maximum an Wünschen zu realisieren. Somit wird hier genau zwischen Bedingungen und Wünschen unterschieden.

Mit dem Graphen hat man den gesamten Lösungsraum im Speicher, d.h. innerhalb eines Bruchteils einer Sekunde kann man bei einem vorliegenden Stundenplan entscheiden, ob der Plan ein zulässiger Stundenplan ist oder nicht. Ohne Graph müsste man auf Kollisionsfreiheit prüfen, und das nimmt mehr Zeit in Anspruch, als der Aufbau des Graphen.

3. SPM++

Der Stundenplanmanager SPM++ ist ein Stundenplanprogramm, das in C und C++ entwickelt worden ist. Die Daten werden wie zuvor beschrieben auf einen Graphen abgebildet, um die Planungsschritte schnell und effizient ausführen zu können. Auch wenn die Software sehr leistungsstark ist, so bleibt doch noch einiges an Arbeit für den Stundenplaner übrig. Es ist häufig nicht sinnvoll, alle Planungsvorgänge zu automatisieren. Der Stundenplaner sieht unter Umständen Fehler in den Eingabedaten oder er beobachtet Entwicklungen während der Planung, die nicht wünschenswert sind. Gegebenenfalls kann der Stundenplaner dann, z.B. durch die Änderung von Datenstrukturen, eingreifen und hat damit eine größere Flexibilität als das Programm selbst.

Um einen Plan zu erstellen sind in der Regel folgende Schritte notwendig:

- Datenvorbereitung
- Graphaufbau
- Erste Planung (Erstellung eines ersten Stundenplans)
- Manuelle und automatische Optimierung
- Ausgabe der Daten

Datenvorbereitung

Die Daten werden in einer Reihe von Dateien abgelegt. Dazu gehören nicht nur die Listen von Klassen, Lehrern, Räumen, Fächern und Unterrichten, sondern auch Zusatzinformationen, wie Zeittafeln (Zeitmaske, die zulässige Unterrichtszeiten festlegt) und Bedingungen für Unterrichte.

Die Erstellung der Eingabedaten kann mit Hilfe des Stundenplaneditors SPE geschehen oder durch die Datenübernahme mit SPE aus der bayerischen Lehrerdatei und anschließender Bearbeitung durch SPE, das, wie auch SPM++, ein Teil des Stundenplanoffice SPO ist.

Graphaufbau

Wenn die Daten auf der Festplatte vorliegen und lokalisiert worden sind, dann ist der Graphaufbau mit einem Klick in wenigen Sekunden geschehen.

Erste Planung

Das Programm bietet einen sogenannten Planungsdialog, der viele Möglichkeiten hat, um zu einer ersten Lösung zu gelangen. Der Stundenplaner bestimmt die Reihenfolge in der die Unterrichtsstunden verplant werden. Dabei können Unterrichtsstunden einzeln verplant werden, genauso wie eine Menge von Unterrichten als Gruppe. Zu einer Unterrichtsgruppe können die Unterrichte von Klassen, Lehrern, Räumen oder Fächern zusammengefasst werden. Zusätzlich gibt es einige Gruppen von Unterrichten, die eine besondere Rolle spielen und ebenfalls als Gruppe verplant werden können:

- Elementarzeiten : Unterrichte, die nur zu einem Zeitpunkt stattfinden können.
- Pseudounterrichte : „Unsichtbare“ Unterrichte, die andere Unterrichte verdrängen sollen. So kann z.B. einem Referendar ein freier Tag über Pseudounterrichte eingeplant werden.
- Gleichbedingungen : Eine Gruppe von Unterrichten, die zeitgleich stattfinden müssen, gelegentlich als Kopplung bezeichnet.
- Mehrfachstunden : Alle Unterrichte, die länger als eine Stunde andauern.

Die Strategie der Verplanung ist, die Unterrichtsstunden, die keine oder kaum Planungsfreiheiten haben, als erstes zu verplanen. Dies sind die Elementarzeiten, meist auch die Pseudounterrichte und gelegentlich die Gleichbedingungen oder Mehrfachstunden. Als nächstes werden die Unterrichte, die aufgrund von Erwartungen oder auch Erfahrungen am schwersten zu verplanen sind, verplant.

Der Suchumfang, mit dem ein Planungsversuch unternommen wird, wird durch die Planungstiefe gesteuert, die mit den Schwierigkeitsgraden eines Schachcomputers zu vergleichen ist. Je grösser die Planungstiefe ist, um so wahrscheinlicher wird die Unterrichtsmenge verplant werden. Der Preis ist eine längere Planungsdauer.

Natürlich können Sie jeden beliebigen Zwischenstand abspeichern und den letzten Planungsschritt bzw. Planungsvorgang rückgängig machen. Bleiben bei einem Planungsvorgang Unterrichte unverplant, so kann man auf einem früheren Planungsstand aufsetzen und die Teilmengen an Unterrichten zuerst verplanen, bei denen es Probleme gegeben hat. Alternativ oder auch zusätzlich kann die Planungstiefe erhöht werden.

Ein solch flexibler Planungsdialog ermöglicht es Ihnen im allgemeinen alle Stunden zu verplanen.

Manuelle und automatische Optimierung

Die Idee der Optimierung ist, alle Wünsche oder „Soll-Bedingungen“, also alle Bedingungen, die nicht starr in die Struktur des Graphen projiziert werden, durch Umplanung so weit als möglich zu realisieren. Dazu berechnet das Programm eine Zielfunktion aus den verschiedenen Kategorien, nach denen optimiert werden kann, einen Wert, der die Güte eines Stundenplans ausdrückt. Dabei entspricht ein niedriger Wert einem guten Plan. Dieser Wert wird durch Umplanungen beim Optimieren minimiert. Die verschiedenen Kategorien können individuell gewichtet werden.

Derzeit stehen folgende Kategorien zur automatischen Optimierung zur Verfügung:

- Lehrerhohlstunden : Die tolerierbare Hohlstundenzahl sowie deren Häufung an einem Tag können für jeden einzelnen Lehrer differenziert festgelegt werden.
- Tagesleistungen : Für jeden Lehrer kann eine gewünschte minimale und maximale Stundenzahl pro Tag bestimmt werden.
- Fächerschnitt : Häufig ist es unerwünscht, wenn der Unterricht eines Faches in einer Klasse sehr spät am Tag (z.B: 2 * 6. Stunde und 2 * 5. Stunde) stattfindet. Hier kann nach der mittleren Stunde eines Faches für eine Klasse optimiert werden. Zusammen mit differenzierten Zeittafeln kann für eine ausgewogene zeitliche Verteilung der Stunden gesorgt werden.
- Raumoptimierung : Optimiert den Stundenplan hinsichtlich einer optimalen Raumausnutzung, so dass Schulen mit Raumknappheit den Unterricht so weit wie möglich in den eigenen Räumen abhalten können.

Jeden automatischen Optimierungsvorgang kann man jederzeit abbrechen. Die bisher erzielte Optimierung bleibt erhalten und steht für weitere Bearbeitungen zur Verfügung. Z.B. können manuelle Optimierungen durch Verschieben oder Umplanung per Drag & Drop erfolgen. Über die Vergleiche-Funktion erhält man stets Auskunft über die vollzogenen Änderungen.

Der Stundenplanmanager SPM++ bietet auch die Möglichkeit, zu einer vorgegebenen Unterrichtsstunde alternativ Planungsvorschläge zu unterbreiten. Falls gewünscht kann dann ein Vorschlag per Klick realisiert werden.

Ausgabe der Daten

Wenn ein Stundenplan erstellt ist, dann bietet SPM++ drei Wege, den Plan auszugeben:

- 1) Ausgabe in eine Textdatei als Semigraphik,
- 2) Ausgabe in eine CSV-Datei, die mit einem Tabellenkalkulationsprogramm wie Excel der Firma Microsoft formatiert werden kann.
- 3) Ausgabe als HTML-Dateien, die mit einem Internetbrowser betrachtet werden können.

Was ist ein guter Stundenplan?

Stellt man die Frage, was ein guter Stundenplan ist, dann wird man, je nachdem, welchen Personenkreis man fragt, unterschiedliche Antworten erhalten.

Aus pädagogischer Sicht wird ein Stundenplan gut sein, wenn in einem Fach der Unterricht gut verteilt ist. In einem Fach sollte pro Woche höchstens eine Stunde in die sechste Stunde fallen. Zweistündige Fächer sollten nicht an aufeinanderfolgenden Tagen sein. Kernfächer oder Nebenfächer sollen sich nicht überdurchschnittlich an einem Tag häufen.

Die Vorstellungen der Lehrer, was ein guter Stundenplan ist, werden sehr individuell sein. Manche Lehrer wollen ihren Stundenplan kompakt, d.h. ihr Plan soll wenig Hohlstunden enthalten, andere Lehrer wollen eine gleichmäßigere Verteilung der Belastungen über den Tag. Manche Lehrer bevorzugen frühe Vormittagsstunden, andere Lehrer wollen eher etwas später den Tag beginnen.

Lehrerehepaare bringen weitere Kriterien für einen guten Stundenplan mit. Soll der eigene Nachwuchs möglichst gut von den Eltern versorgt werden, dann sind für die beiden Lehrkräfte kompakte Stundenpläne wünschenswert, die möglichst wenig zeitliche Überschneidungen besitzen.

Die Verwendung eines Graphen als Datenmodell bietet in allen Arbeitsphasen des Stundenplanens wesentliche Vorteile. Durch schnelle Planung und flexible Optimierung können sehr viele dieser vielfältigen Vorstellungen und individuellen Wünsche mit den Werkzeugen, die SPM++ bietet, verwirklicht werden.