



## DIVA Dienstplanoptimierung - ein Erfahrungsbericht bei SWM/MVG in München

Die DIVA Dienstplanoptimierung ist ein im Dienstplan integriertes Modul. Basierend auf einem bestehenden Fahr- und Umlaufplan erstellt die Optimierung automatisiert effiziente Tagesdienstpläne für das fahrende Personal von Verkehrsbetrieben.

### Wozu Dienstplanoptimierung?

Mit Hilfe von vielfältigen Möglichkeiten der Parametrierung kann der Planer Dienstpläne mit verschiedenen Interessenschwerpunkten erstellen und vergleichen. Der hohe Automatisierungsgrad macht es einfach, ohne großen Aufwand unter mehreren Alternativen die kostengünstigste und zugleich verträglichste zu finden. Änderungen im Fahrplan (beispielsweise bei Messen oder Baustellen) können somit zeitnah umgesetzt und Folgen von Änderungen an den betrieblichen Regelungen für die Tagesdienstpläne und das Personal überprüft werden (s. auch Abbildung 1).

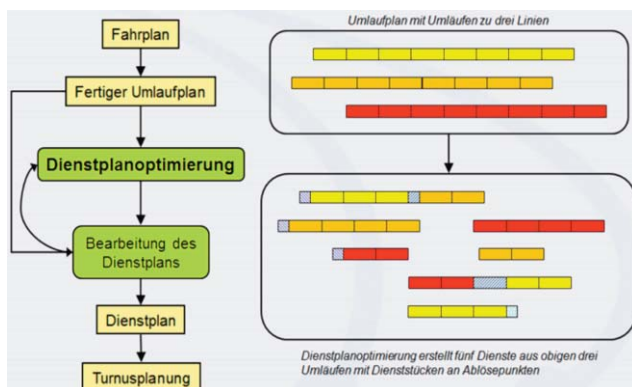


Abbildung 1: Eingliederung in den Planungsprozess

### Wie ist der Ablauf in DIVA?

In einem sogenannten Optimierungsprojekt wird die gewünschte Leistungsmasse (Umläufe) einschließlich der Ablösepunkte und Schichtvorgaben aus dem Dienstplan Arbeitsbereich übernommen. Alle Dienstplan-Grunddaten sind dem Optimierungsprojekt ebenso bekannt, so dass sämtliche gesetzlichen und arbeitsrechtlichen Randbedingungen für die Dienste gegeben sind.

Nun heißt es, die erarbeiteten Parameter für diesen Optimierungsprozess auszuwählen und schon kann der Optimierungsprozess gestartet werden. Während dieser Zeit kann sich der Dienstplaner anderen Aufgaben widmen – die Optimierung läuft völlig automatisiert und ohne Interaktion im Hintergrund ab.

Die Ergebnisse des Optimierungslaufs werden dann zunächst in das Optimierungsprojekt übernommen, geprüft und bewertet. Sind weitere Korrekturen an den Parametern erforderlich, wird der Lauf wiederholt. Entsprechen die gebildeten Dienste den Vorgaben, werden diese in den aktiven Arbeitsbereich importiert und können bei Bedarf wie üblich noch manuell überarbeitet werden (s. auch Abbildungen 2 bis 6).

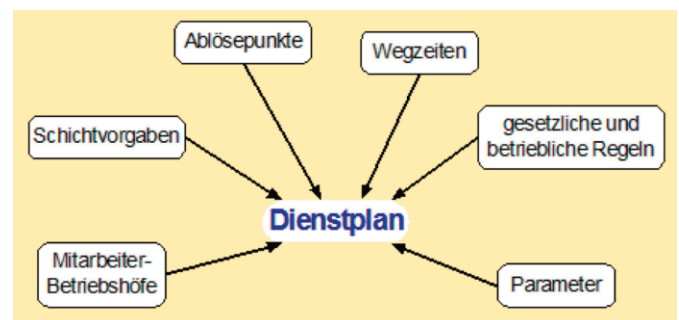


Abbildung 2: Was der Dienstplaner und die Dienstplanoptimierung alles bei der Dienstbildung beachten muss

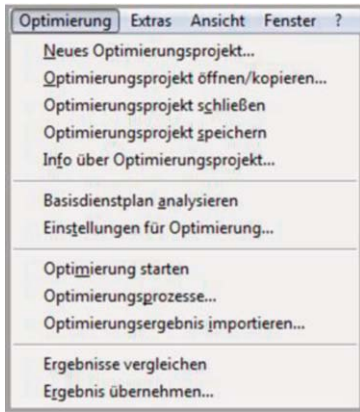


Abbildung 3: Menüpunkte in DIVA Dienstplan zur Optimierung

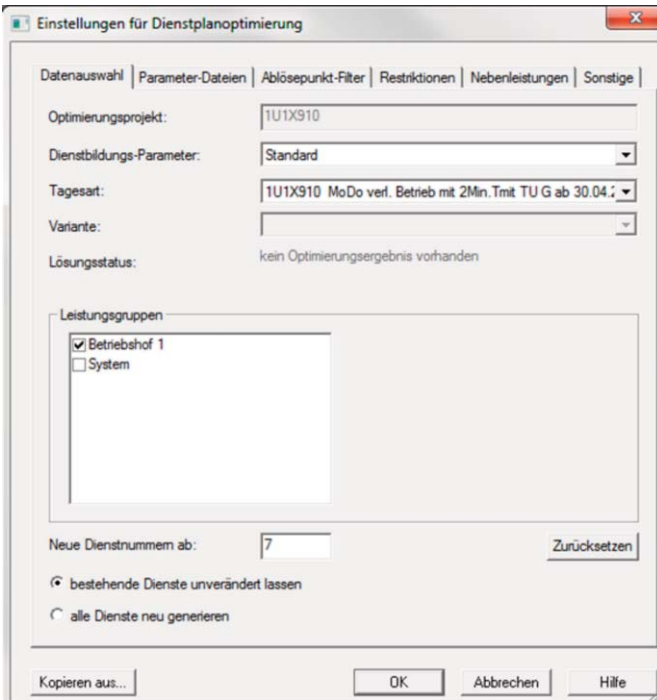


Abbildung 4: Einstellungen für die Optimierung

Position	Optimierungsprozess	Verzeichnis	Status	Lösung	Start	Server	PID
1	1U1T010BDSA	1U1T010SP-01_MoDo_16	planmäßig beendet	keine Lösung	09.01.2013 11:12	svdva02	363
2	1U1T010BDSA	1U1T010SP-01_MoDo_17	planmäßig beendet	keine Lösung	14.01.2013 13:01	svdva02	1109
3	1U1T010BDSA	1U1T010SP-01_MoDo_18	planmäßig beendet	keine Lösung	14.01.2013 13:15	svdva02	2016
4	1U1T010BDSA	1U1T010SP-01_MoDo_17	planmäßig beendet	Lösung gefunden	09.01.2013 11:49	svdva02	3084
5	1U1T010BDSA	1U1T010SP-01_MoDo_16	planmäßig beendet	Lösung gefunden	09.01.2013 11:23	svdva02	2156
6	1U1T010BDSA	1U1T010SP-01_MoDo_19	planmäßig beendet	keine Lösung	14.01.2013 13:25	svdva02	3260
7	1U1T010BDSA	1U1T010SP-01_MoDo_20	planmäßig beendet	keine Lösung	14.01.2013 13:46	svdva02	5712

Abbildung 5: Status aller Optimierungsprozesse

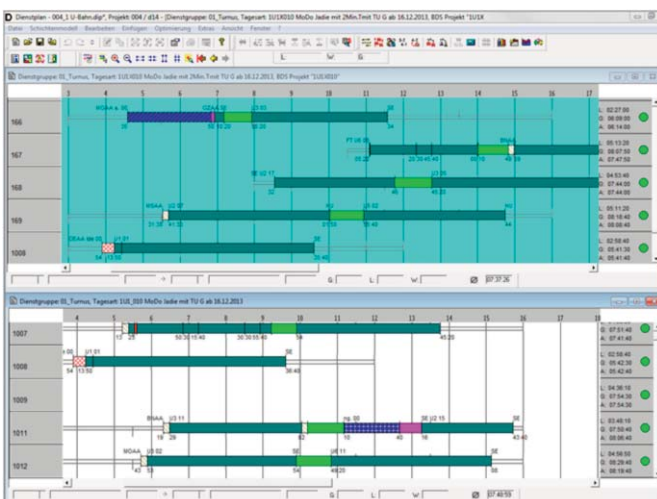


Abbildung 6: Graphische Gegenüberstellung optimierter Dienstplan (oben) und manueller Dienstplan (unten)

## Parametrierung – was heißt das?

Neben dem eigentlichen Optimierungsziel sind weitere Parameter für die Fahrbarkeit eines Dienstplans relevant, die für verschiedene Optimierungsläufe unterschiedlich vorgegeben werden können. Hier wird unterschieden zwischen 'harten' und 'weichen' Vorgaben:

- Harte Vorgabe = Muss-Bedingung, keine Verletzung erlaubt
- Weiche Vorgabe = Soll-Bedingung, Verletzung erlaubt, aber mit 'Strafkosten'

Beispiele:

- Vorgabe der minimalen / maximalen Anzahl an Diensten einer Schichtvorgabe
- Vorgabe / Ausschluss bestimmter Linienkombinationen
- Minimale / maximale Dauer von Dienstteilen
- Dauer und Lage der Pausen
- Angestrebter Arbeitszeitdurchschnitt

Diese Vorgaben werden in Parameter-Dateien hinterlegt, die mit Hilfe des Moduls 'DIVA Grunddaten Dienstplanoptimierung' bearbeitet werden können.

## Das Projekt bei SWM/MVG:

Die Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG) als Betreiberin von U-Bahn, Bus und Tram in München setzt aus dem Fuhrpark der MVG Muttergesellschaft Stadtwerke München GmbH (SWM) 572 U-Bahnwagen, 106 Straßenbahnzüge und 246 Busse ein. Dazu kommen 189 Busse der privaten Partnerunternehmen. Das Streckennetz umfasst über 600 Kilometer und wird täglich von über 1,4 Millionen Fahrgästen genutzt.

Im Rahmen einer europäischen Ausschreibung hat sich die SWM 2009 für DIVA als neues Planungssystem zur Fahr-, Umlauf- und Dienstplanung entschieden. Die Einführung DIVA 3 fand mit dem Fahrplanwechsel 2010 zunächst für die Aushangfahrpläne und Mitte 2011 für die komplette betriebliche Planung sämtlicher Verkehrsträger (U-Bahn, Bus und Tram) sowie die Versorgung der Folgesysteme wie Leitsysteme und Disposition statt. Die Tramdienstpläne werden ab diesem Zeitpunkt mit der DIVA Dienstplanoptimierung erstellt. Die Optimierung für die Betriebszweige U-Bahn und Bus wurde im Anschluss daran bis zum Sommer 2013 eingeführt. Die erste Bewährungsprobe bei der täglichen Arbeit überstand die U-Bahn mit der Optimierung der Dienste für die 'Wiesn' 2013 und im Anschluss daran mit dem Fahrplanwechsel 2013/2014. Auch die Dienstpläne eines Kooperationspartners wurden zwischenzeitlich teilweise auf die Optimierung umgestellt.

Die Einführung der DIVA Dienstplanoptimierung bei den SWM gestaltete sich insbesondere für die U-Bahn als spannendes und herausforderndes Projekt, das sowohl auf Kundenseite als auch bei mdv einiges an Ausdauer abverlangte. Es zeigte sich insbesondere, dass auch ein sehr erfahrener Dienstplaner in die Logik und Parameter des Optimierungs-Algorithmus 'eintauchen' muss, um die Ergebnisse anschließend bewerten und korrigieren zu können.

mdv unterstützte hier von Anfang an bei der Aufnahme der Anforderungen und führte selbst zahlreiche Optimierungs-Testläufe mit Umlaufdaten der SWM durch, um die Optimierungsziele anzunähern. Die vielfältigen und komplexen Möglichkeiten, das Optimierungsergebnis zu beeinflussen, erforderten eine enge und intensive Abstimmung und Zusammenarbeit. Der Informationsaustausch zur Wirkungsweise von Parametern gehörte ebenso dazu wie eine umfassende Schulung für das Handling der Dienstplanoptimierung im DIVA Dienstplan.

Eine Aufgabe lautete, die Leistungsmasse für alle U-Bahnlinien an einem Werktag mit ca. 125 Leistungsteilen (Umläufe) und einer Lenkzeit von ca. 800 Stunden nach den Vorgaben des Betriebsrats

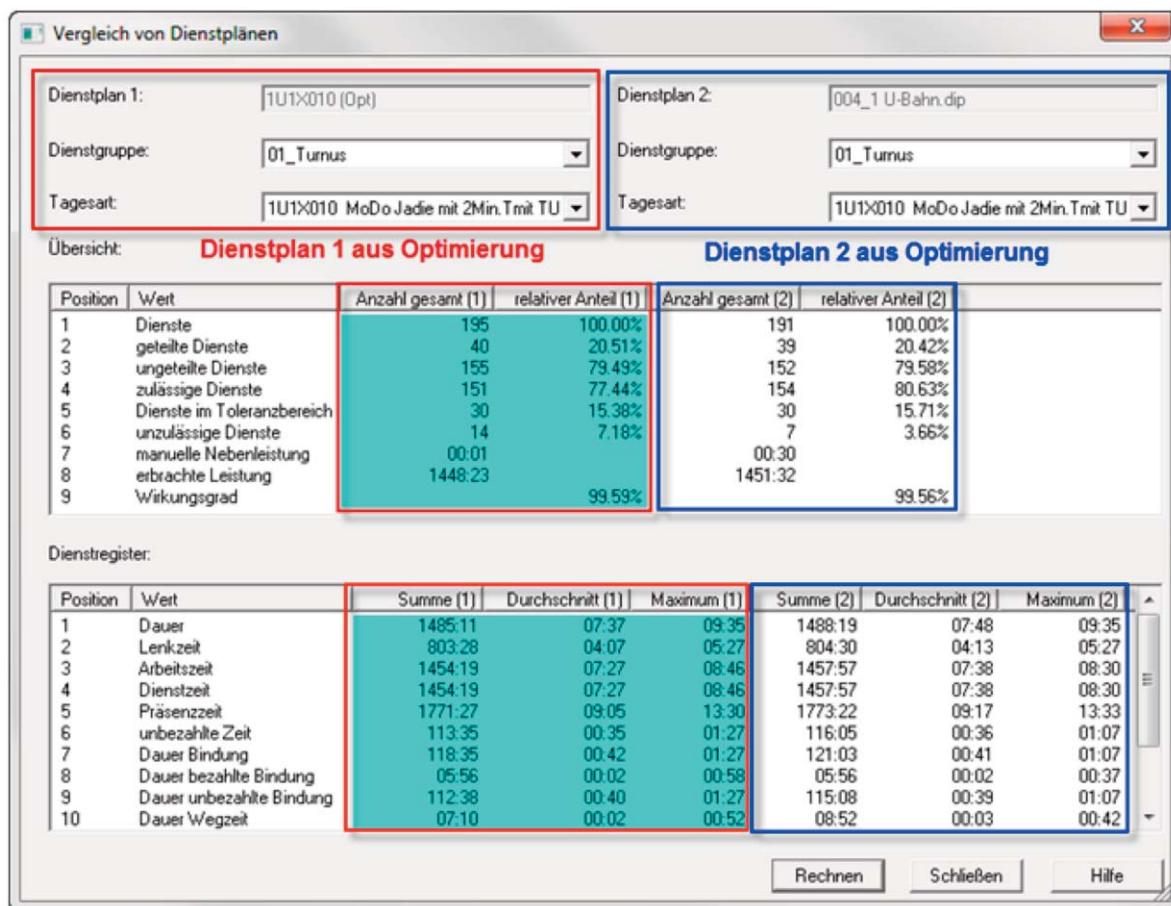


Abbildung 7: Vergleich der Optimierungsergebnisse mit der manuellen Dienstplanung

der SWM automatisiert in gültige Dienste zu schneiden. Die Dienstplanoptimierung berechnete hierfür über 190 Dienste mit einer Dauer von ca. 1.450 Stunden. Dem gegenüber stand stets eine manuelle Dienstplanung als Maßstab, die sukzessive immer besser angenähert wurde (s. Abbildung 7).

Anforderungen an die Parametrierung zur Optimierung wie Vor- und Nachbereitungszeiten mit der Einschränkung auf Dienstelementarten (z.B. Reserve, Rangierdienst) und Wegzeiten-Bezahlung analog zur Pausen-Bezahlung erforderten eine Erweiterung des Optimierungskerns durch die Firma MAIOR. Anforderungen wie ein gewünschter Arbeitszeitdurchschnitt von 7:49 Stunden und die vollständige Verplanung der Umlaufmasse konnten dagegen durch eine Vielzahl von Testläufen, Parameteranpassungen und Analysen der Optimierungsergebnisse erreicht werden.

Somit konnten für den Betriebszweig U-Bahn im Ergebnis folgende Vorgaben erfüllt werden:

- Vor- und Nachbereitungszeiten ✓
- Wegzeiten ✓
- Arbeitszeitdurchschnitt 7:49 bzw. 7:42 Stunden ✓
- Umlaufmasse komplett verplant ✓
- Dienste alle gültig ✓
- Anfangs- und Endort nahe beieinander ✓

Offene Anforderungen aus dem Projekt konnten vorerst zurückgestellt werden und sind im weiteren Verlauf der Nutzung der Dienstplanoptimierung auf den Prüfstand zu stellen, z.B.

- Blockpause abhängig von Haltestelle/Steig
- Wegzeiten zeitabhängig
- Fahrzeugtypreine Dienste
- Verbot von Ablösungen zu bestimmten Zeiten
- Erstes Dienstteil länger als zweites Dienstteil (als 'weiche' Regel mit Kosten hinterlegt)

Im Verlauf des Optimierungsprojekts bei den SWM wurde immer deutlicher, dass die Optimierungsziele von Anfang an klar festzulegen sind. Werden die Optimierungsziele nicht erreicht, müssen die Regeln 'gelockert' werden, somit wird ein Vorgehen 'vom Groben ins Feine' als sinnvoll betrachtet. Jede Anpassung an den einzelnen Regeln kann immer nur im Zusammenspiel mit allen verwendeten Regeln betrachtet werden.

Die im Projekt gemachten Vorgaben für die Optimierung stehen direkt in Bezug zur aktuellen Umlaufmasse. Ändert sich die Umlaufmasse, erfordert dies eine erneute Überprüfung der Optimierungsparameter sowie neue Testläufe. Trotz der Komplexität des Themas konnte gerade dieser Sachverhalt die SWM dabei unterstützen, die notwendige Erfahrung und Sicherheit mit der Dienstplanoptimierung und deren Steuerung zu gewinnen. Unerlässlich dabei ist eine vollständige Dokumentation zu den gemachten Testläufen, um Vergleiche zu ermöglichen.

Mit dem Fahrplanwechsel 2013/2014 ist die Dienstplanoptimierung bei den SWM für alle vier Betriebszweige U-Bahn, Tram, Bus und einigen Kooperationspartnern im Einsatz. Um insbesondere in diesem Zeitraum Engpässe auf dem Optimierungsserver zu vermeiden und parallel je Betriebszweig sechs Optimierungsläufe starten zu können, haben die SWM den bisher virtuellen Optimierungsserver mit 8 Prozessoren durch einen neuen, leistungsfähigeren Server mit 24 Prozessoren ersetzt. Dadurch konnten die Laufzeiten der Optimierung für die U-Bahn von bisher zum Teil über 20 Stunden auf durchschnittlich 8 Stunden reduziert werden – jedes Ergebnis steht somit zur Prüfung bereits am Morgen des nächsten Arbeitstags zur Verfügung und ermöglicht einen effizienten Arbeitsablauf.

## Fazit

Mit der DIVA Dienstplanoptimierung werden die Dienstpläne der SWM wesentlich schneller und dennoch entsprechend den Vorgaben an die Dienstregeln erstellt. Änderungswünsche des Betriebsrats an die Parametrierung können zeitnah mit der Optimierung umgesetzt und die Ergebnisse für einen Vergleich der Dienstpläne 'vorher – nachher' präsentiert werden. Für die SWM bedeutet dies eine große Arbeitserleichterung und Kostenersparnis in der täglichen Praxis (s. Abbildungen 8 und 9).

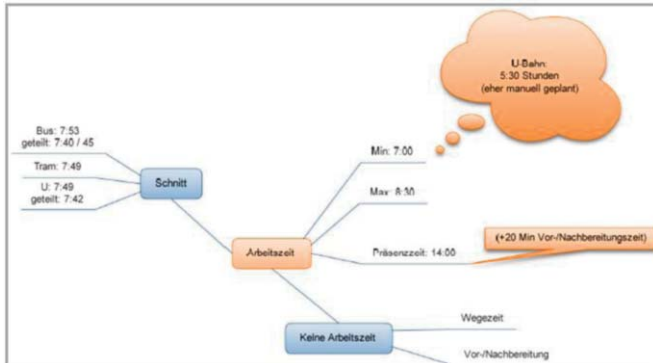


Abbildung 8: Workshop zur Parametrierung der DIVA Dienstplanoptimierung - Arbeitszeit

```
REGEL_ARBEITSZEIT_EINFACH
08:20
#(
  REGEL_ARBEITSZEIT_SUMME_DIENSTEILE
  0 0 round
  #(
    RegelZusatzArbeitszeit_AbzugVorNachbereitung
    0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0
  )
#)
#)
#)
REGEL_PRAESENZZEIT_EINFACH
13:30
#(
  REGEL_GESETZPAUSEN_MOV_MIT_DIENSTEIL_FLAG
  05:20 05:20 09:01 05:20 00:35 00:50 00:25 00:20 0 0 0
#)
#(
  REGEL_ESSENSPAUSE_LEER
#)
#(
  REGEL_DIENSTEILE_ALT_LEER
#)
#(
  REGEL_LENKZEIT_LEER
#)
#(
  VEREINBARE_GEBIETE
  1 0
#)
#(
  REGELSATZ_VORSCHRIFTEN
  ATAnzTeile 1 3
  ATZdauerTeil 02:00 13:30
  ATZdauerLaengstePause 00:00 01:00
  ATZdauerPauseZwischenFahrstuecken 00:00 01:15
  ATZpraesenzzeit 04:00 13:30
  ATPProDienststueck 1 1 ATEWennDannBedingung 1 1 0 ATBenhaltLine 1 1 010U4 ATZdauerLaengstesDienststueck 0:00 05:00
  ATPProDienststueck 2 1 ATEWennDannBedingung 1 1 0 ATBenhaltLine 1 1 010U4 ATZdauerLaengstesDienststueck 0:00 05:00
  ATPProDienststueck -1 1 ATEWennDannBedingung 1 1 0 ATBenhaltLine 1 1 010U4 ATZdauerLaengstesDienststueck 0:00 05:00
#)
#)
#)
```

Bild 9: Parameterdatei DutyRules für den Optimierungskern



Frau Klasiene, zuständig für die Fahr- und Dienstplanung der Stadtwerke München für den U-Bahnbetrieb der Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG) war so freundlich uns einige Fragen zum Thema zu beantworten.

**Frau Klasiene, Sie haben sowohl das DIVA 3 Einführungsprojekt als auch das Optimierungsprojekt für die U-Bahn von Anfang an begleitet. Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen?**

Bei der Einführung von DIVA 3 war eine meiner Hauptaufgaben, alle Fahr- und Dienstpläne in das neue System einzugeben. Mit dieser Fleißarbeit konnten bisherige Fehler korrigiert und gleichzeitig erste Erfahrungen mit DIVA gesammelt werden. Fehlende Funktionalitäten wurden gemeinsam mit mdv bewertet und notwendige Anpassungen beauftragt. Dies führte u.a. zum 'DIVA 3 Sekundenrelease', das speziell für die SWM entwickelt wurde und Fahrplandaten in Sekunden zulässt. Somit fühlten wir uns mit DIVA immer besser vertraut dank der guten Zusammenarbeit mit mdv, die unsere Wünsche an die Software stets mit einem offenen Ohr aufnahm.

Im Optimierungsprojekt habe ich den Betriebszweig U-Bahn verantwortet. Ich konnte ja bereits auf die Parameter der Tram zugreifen und schaute zunächst einfach mal, was dabei mit den Umläufen der U-Bahnlinien passierte. Es zeigte sich schnell, dass die Komplexität der Optimierung und deren Parameter eine Vielzahl an Testläufen erforderte. Mit der guten Unterstützung von mdv konnte ich die Parameter dann im Projektverlauf so abbilden, dass die Dienste für die U-Bahn nach den Vorgaben fahrbar waren.

**Was waren die Hintergründe und Ziele für die SWM, das DIVA Optimierungsmodul einzusetzen?**

Hauptziel war natürlich, die Dienstpläne schneller fertigstellen zu können – ein manuell erstellter Dienstplan erforderte ca. eine Woche Arbeit. Die bisherigen Faktoren 'Zeit' und 'Mensch' ließen es außerdem nicht zu, Änderungen und Ideen an den Dienstplänen einfach mal auszuprobieren. Analysen haben ergeben, dass jeder Dienstplaner immer auf die gleiche Weise an die Erstellung 'seiner' Dienstpläne herangeht – dadurch sind Varianten nicht umsetzbar. Und auch unsere Fahrer spürten den Unterschied (kürzere Präsenzzeit, andere Linienkombinationen, weniger Wege zwischen den Dienstteilen), als die Optimierung die Dienste bildete und nicht mehr der Dienstplaner selbst.

**Wie haben Sie den Weg von der Aufnahme der Anforderungen bis zur ersten produktiven Dienstplanoptimierung erlebt? Was waren Ihre Erfahrungen?**

Es war eine sehr spannende Zeit und mein Ehrgeiz war geweckt, mit Hilfe des Optimierungs-Tools für Fahrer und Betrieb möglichst gute Lösungen zu erreichen.

Dabei war insbesondere auch der Austausch mit Kollegen aus anderen Betriebszweigen und aber auch anderen Unternehmen sehr wichtig und hilfreich. Die unterschiedliche Herangehensweise des einzelnen an die doch oft gleichartigen Fragestellungen zeigte in vielen Fällen neue Lösungswege auf. Ebenso konnten Lösungsansätze anderer Unternehmer für die eigene Arbeit eingebracht werden – es lohnt sich also immer, 'über den Tellerrand hinauszuschauen'.

**Konnten die gemachten Ziele für die SWM erreicht werden und wie sieht Ihre tägliche Praxis heute aus im Vergleich zu früher?**

Mittlerweile werden fast alle Dienstpläne mit der Optimierung gemacht. Einzige Ausnahme sind Tekturen wie beispielsweise zusätzliche Fahrten in einem bereits genehmigten Dienstplan aufgrund einer Abendveranstaltung im Olympiastadion. Da auch die Turnusse kopiert werden können, sind nur wenige Dienste neu zu erstellen.

Wenn dagegen an einem normalen Sonntag ein verlängerter Betrieb zu fahren ist, kann dies mit der manuellen Dienstbildung nur sehr schwer umgesetzt werden. In diesem Fall ist eine Lösung mit der Optimierung wesentlich schneller und besser. Diese beiden Fälle zu entscheiden ist mittlerweile gängige Praxis bei all meinen Dienstplan-Kollegen.

Die Arbeit als Dienstplaner hat sich insofern wesentlich verändert, dass weniger das Dienste schneiden im Vordergrund steht sondern mehr das Analysieren der Optimierungsergebnisse. Dazu gehören Themen wie Parameter prüfen und anpassen, Optimierungsläufe starten, Optimierungen auswerten sowie manuelle Nacharbeiten. Dazu kommt, neue Anforderungen und Ideen auszuprobieren, zu testen und die Resultate den Anfordernden zu präsentieren.

Tauchen dabei Fragen, Probleme oder neue Anforderungen auf, bin ich zentrale Anlaufstelle für meine Dienstplan-Kollegen aller Betriebszweige und ich koordiniere auch die Kommunikation mit mdv über das SAP-Supporttool.

***Betrachtet man die Vielzahl an Sonderdienstplänen der SWM, dann gehört vermutlich die Anpassung der Optimierungsparameter mittlerweile zu Ihrem Alltag. Benötigen Sie hierfür oftmals noch Unterstützung von mdv?***

Im Normalfall kann ich die aufkommenden Fragen alle selbst klären oder halte zunächst Rücksprache mit meinen Kollegen. Nur bei tiefergehenden Fragen wende ich mich an den Support bei mdv.

***Frau Klasen, vielen Dank für die Beantwortung unserer Fragen und die Zeit, die Sie sich für uns genommen haben.***



Mentz Datenverarbeitung GmbH  
Grillparzerstraße 18  
D-81675 München  
Tel.: +49 (0)89 41 868-0  
Fax: +49 (0)89 41 868-160  
E-mail: [mdv@m.mentzdvd.de](mailto:mdv@m.mentzdvd.de)  
Internet: [www.mentzdvd.de](http://www.mentzdvd.de)

Ihr Ansprechpartner:  
Frau Anja Schröpfer  
Tel. 089 41868-178  
mail: [schroepfer@mentzdvd.de](mailto:schroepfer@mentzdvd.de)