

Satellitengestützte Baggereinsatzsteuerung im Tagebau

Vom GPS Empfänger zur offenen Architektur für unternehmensweit verfügbare Daten

Volker Heck, GIAnet GmbH, Peter Weber und Markus Doll, RWE Power GmbH

Der Beitrag befasst sich mit der Realisierung eines GPS gestützten Prozessdatenverarbeitungssystems, das die Positionen der innerhalb des Tagebaus befindlichen Schaufelradbagger erfasst, resultierende Positionsdaten bestimmt und Mengenerrechnungen durchführt. Diese Daten werden über Web Services nachfolgenden Anwendungen unternehmensweit zur Verfügung gestellt und ermöglichen so ein integrales Materialmanagement. Die Ausrichtung auf Web Services als Schnittstellen erfolgte im Hinblick auf eine zukünftige Service orientierte Architektur (SOA) der IT Anwendungen.

Einleitung

Die RWE Power AG ist einer der größten Stromerzeuger in Europa und ein führendes Unternehmen in der Energieerzeugung. Das Kerngeschäft umfasst die Produktion von Strom und Wärme sowie die Förderung fossiler Brennstoffe. Das Unternehmen hat unter Berücksichtigung von Strombezugsverträgen ein jährliches Stromaufkommen von rund 190 TWh. Das sind 30% der Erzeugung in Deutschland oder rund 9% der gesamten Stromerzeugung in Europa. Das Unternehmen ist weiterhin mit einer Förderung von rund 100 Mio t/a der größte Braunkohlenproduzent der Welt.

Die zur Stromerzeugung in den Kraftwerken der RWE Power AG benötigte Braunkohle unterliegt gezielten Qualitätsanforderungen. Diese sind im Wesentlichen die Anteile an Asche, Eisen, Kalium, Natrium, Schwefel und der Heizwert. Auf Grund der Auslegung der einzelnen Kraftwerkskessel ist es notwendig die benötigten gesonderten Kohlequalitäten in den Kohlebunkern in ausreichender Menge vorzuhalten. Durch die differenzierten Lagerstättenverhältnisse in den Tagebauen Hambach und Garzweiler und die daraus resultierenden wechselnden Kohlequalitäten ist es erforderlich die Kohlenströme bezüglich ihrer Menge, Qualität und zeitlichen Abfolge zu steuern. Dies bedeutet aber, dass schon auf der Tagebauseite Instrumente eingesetzt werden müssen, die eine gezielte Qualitätsansprache der Kohle und eine Prozessverfolgung gewährleisten. Durch den Einsatz solcher Instrumente wird es möglich, ein unternehmensweites integrales Materialmanagement von der Lagerstätte bis zum Kraftwerkskessel zu realisieren. Hierfür wurde das Projekt SABAS (Satellitengesteuerte Baggereinsatzsteuerung) initiiert.

Ein zentrales Element in dieser Struktur ist der nachfolgend beschriebene Positionsdatenserver. Dieser wurde so

konzipiert, dass er als Bestandteil einer Service orientierten Architektur (SOA) dienen kann.

Die Realisierung des Positionsdatenservers erfolgte durch die Firma GIA mbH, der Gesellschaft für industrielle Automatisierung aus Leverkusen. GIA ist einer der führenden Spezialisten für Prozessautomation und IT-Services. Die Umsetzung erfolgte gemeinsam mit dem auf Datenbanktechnologie und Internetanwendungen spezialisierten Tochterunternehmen GIAnet.

Motivation der automatischen Positionsdatenerfassung

Das Projekt SABAS ist Bestandteil der Prozesskette Lagerstätte - Gewinnung - Kohlebunker und unterstützt zusammen mit dem Materialmanagement (Kohle- und Abraumdistribution) das Gesamtsystem zur qualitätsorientierten Steuerung der Kohleförderung [1]. Die zentrale Aufgabe nach der Fertigstellung des Systems SABAS besteht darin, tagebauseitig eine gezielte Qualitätsansprache der Kohle zu gewährleisten. Hierfür bildet die satellitengestützte Ermittlung der Schaufelradposition der Bagger - und deren Vorhaltung in einer zentralen Datenbank (Positionsdatenserver) - die Grundlage.

Das bedeutet, im Zusammenspiel mit weiteren Systemen innerhalb des Geschäftsprozesses, die Möglichkeit zu schaffen, den Kohlestrom von der Lagerstätte bis zum Bunker - aber auch den Materialstrom des Abraums bis zur Kippe - abzubilden und für Planungszwecke zu modellieren.

Durch das Zusammenspiel der o.g. Systeme wird beabsichtigt, die Einsatzplanung der Großgeräte zu verbessern. Diese Verbesserung führt zu nachhaltigen Kosteneinsparungen.

Es kann festgehalten werden, dass mit SABAS im Zusammenspiel mit weiteren Systemen folgende Zielrichtungen umgesetzt werden können:

- Optimierung der Betriebssteuerung
- Optimierung der Materialdisposition
- Optimierung der Tagebauplanung

Für die Optimierung der Betriebssteuerung gilt es die Ziele der Verringerung der Fahrbewegungen der Großgeräte und die Reduzierung von Hilfsgeräteeinsätzen umzusetzen.

Im Rahmen der Optimierung der Materialdisposition wird die Bereitstellung aktueller Qualitätsinformationen, abgeleitet aus der Verschneidung der Baggerposition (Schaufelrad) mit dem Lagerstättenmodell, für die nachgeschalteten Managementsysteme (Bunkermanagement, Materialmanagement) in den Fordergrund treten. Hieraus ist eine wirtschaftlichere und sortenreine Gewinnung auch geringmächtiger Schichten in Kohle und Abraum erkennbar.

Zeitnahe Informationen über Gerätestandorte sowie Art und Menge der geförderten Materialien ermöglichen zudem eine flexible und reaktionsschnelle kurzfristige Tagebauplanung z. B. als Vorgabe für einen kurzfristig geänderten Großgeräteeinsatz. Die kontinuierliche Verschneidung der Großgeräteposition mit einem rasterorientierten digitalen Geländemodell und die Echtzeitvisualisierung der Einsatzsituation ermöglichen zusätzliche Formen der Darstellung von Planungs- und Steuerungsunterlagen. Diese werden auch im Zuge der Endböschungüberwachung zur Beurteilung des Bewegungsverhaltens beitragen.

Einbindung in die Leittechnikumgebung

Der Positionsdatenserver hat eine Sonderstellung in der Leittechnik: Einerseits stellt er eine Verbindung vom GPS-Empfänger im Feld her (Prozessdatenerfassung) und bereitet die empfangenen Daten auf (Prozessdatenverarbeitung) [2]. Dabei kommuniziert er direkt mit anderen Systemen der Leittechnik. Andererseits – und das ist das Besondere – stellt er die aufbereiteten Daten beliebigen Nutzern im gesamten Unternehmen zur Verfügung, um die Geschäftsprozesse zu unterstützen. Nutzer der Informationen in der Prozesswelt sind zum Beispiel:

- *Anlagensteuerungen:* Die Informationen, an welchen

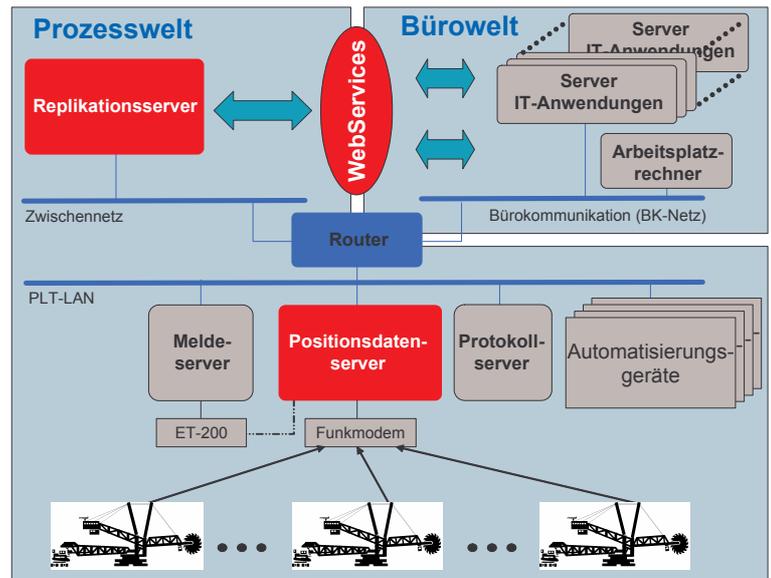


Bild 1: Leittechnikumgebung

Positionen die Bagger aktuell fördern, sind wesentlich für die Steuerung der Bandanlagen und die Materialverfolgung.

- *Protokollierungsserver:* Der Protokollierungsserver bereitet die berechneten Fördermengen zu Protokollen auf, die dem Betriebspersonal zur Kontrolle und Steuerung des Prozesses dienen.
- *Meldeserver:* Die vom Positionsdatenserver generierten Meldungen werden an einen zentralen Meldeserver weitergeleitet, der diese dem Leitstandspersonal anzeigt und so eine für den Tagebau einheitliche Störungskette ermöglicht.

Für den Informationsaustausch im Bereich der Leittechnik gelten hohe Anforderungen hinsichtlich Verfügbarkeit, Sicherheit und Echtzeitverhalten. So ist zur Sicherstellung des dreischichtigen kontinuierlichen Förderbetriebes eine Verfügbarkeit von 99,8% erforderlich. Die Fördergeschwindigkeit der Bandanlagen liegt bei etwa 7,5 m/s. Dementsprechend sind für eine metergenaue Materialverfolgung, die auf der Position der Schaufelradbagger basiert, Antwortzeiten im 100 ms Bereich erforderlich.

Im Gegensatz dazu gelten für die Nutzer des Positionsdaten-systems in der Bürowelt andere bzw. abgeschwächte Anforderungen. Diese sollen aus zwei Gründen nicht direkt auf die Datenbank zugreifen:

- Zeitintensive Auswertungen könnten die sichere Erfassung der Prozessdaten beeinträchtigen, damit wäre die geforderte Rückwirkungsfreiheit der Büroanwendungen auf die Prozessleitsysteme nicht mehr gegeben.
- Anwender der im Positionsdatenserver erfassten Daten sollen diese nutzen können, ohne dass sie sich intensiv mit den internen Datenstrukturen befassen müssen.

Der ersten Anforderung wurde durch die Einführung eines zusätzlichen Replikationsservers Rechnung getragen (siehe auch Bild1): Die eigentliche Erfassung sowie die zeitintensive Filterung und Vorverarbeitung erfolgt auf dem Positionsdatenserver. Von dort aus werden die Daten dann zeitnah auf einen Replikationsserver übertragen. Auf diese Weise werden die beiden Prozesse "Verarbeitung der Daten" entkoppelt von dem Prozess "Bereitstellung der Daten"; auf dem Replikationsserver steht dessen volle Rechenleistung zur Verfügung, wenn diese für Benutzerabfragen benötigt wird.

Und noch ein weiterer Effekt wird dadurch erreicht, dass Positionsdatenserver und Replikationsserver in verschiedenen Netzen arbeiten: Der Positionsdatenserver steht im PLT-LAN (PLT: Prozessleittechnik), an das sehr hohe Anforderungen in Bezug auf seine Verfügbarkeit gestellt werden. Direkte Zugriffe auf Server in diesem Netz aus dem Bürokommunikationsnetz (BK-LAN) heraus sind daher nicht zulässig. Dadurch, dass der Replikationsserver nicht in diesem PLT-LAN, sondern im BK-LAN aufgestellt ist, konnten die Anforderungen im Hinblick auf einen Schutz des PLT-LAN erfüllt werden.

Die zweite Anforderung (Zugriff ohne Kenntnis der internen Datenstrukturen) wird durch den Einsatz von Web Services als Schnittstellen zu nachgelagerten IT Prozessen erreicht. Die gesamte Logik für die Abfrage der internen Datenstrukturen wird in den Web Services gekapselt; auf diese Weise brauchen sich die Verbraucher nicht mit den Speicherstrukturen innerhalb der Datenbank des Positionsdatenservers auseinanderzusetzen.

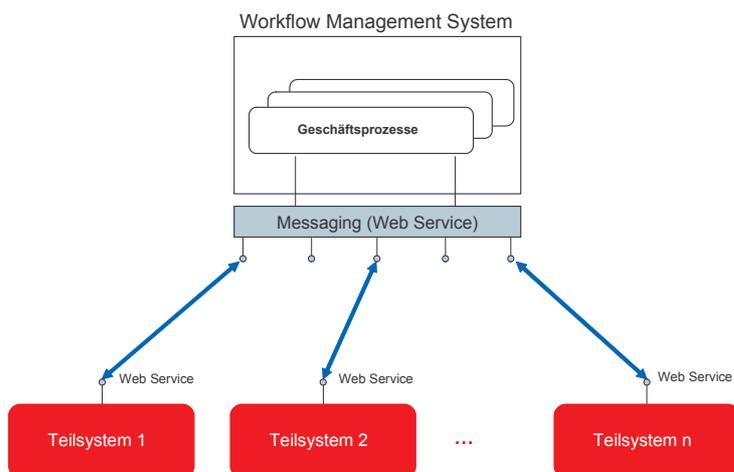


Bild 2: Service orientierte Architektur

Leittechnik und Büro - zwei Welten wachsen zusammen

Das Konzept zeichnet sich durch den Einsatz der .NET Technologie von Microsoft aus. Damit wurden folgende Ziele erreicht:

- Die effiziente Unterstützung des Entwicklungsprozesses durch die Entwicklungsumgebung Visual Studio .NET ermöglichte eine besonders kostengünstige Realisierung der Software.
- Die Bereitstellung der Daten für nachgelagerte Prozesse erfolgt über Web Services, die mit Visual Studio .NET sehr einfach zu realisieren sind. Diese kristallisieren sich immer mehr als der führende System und Hersteller übergreifende Kommunikationsstandard heraus.

Die Ausrichtung auf Web Services als Schnittstellen erfolgte darüber hinaus auch im Hinblick auf den Aufbau einer Service orientierten Architektur (SOA), die es systemübergreifend ermöglicht, dass Teilprozesse (wie beispielsweise die Positionsdatenerfassung) in größere, unternehmensweite und sogar unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse integriert werden. Das Prinzip ist im Bild 2 dargestellt.

Web Services als universelle Schnittstelle haben sich im IT Bereich auf breiter Front durchgesetzt, da sie zwei ganz wesentliche Kriterien erfüllen:

- Sie sind unabhängig vom Betriebssystem, von der Programmiersprache und vom Hersteller. Dies ist möglich, da alle übertragenen Informationen nach dem XML Standard codiert werden. So können Brücken zwischen allen nur denkbaren Computersystemen geschlagen werden.
- Die Datenübertragung erfolgt zumeist über das HTTP Protokoll, das von jedem Web Browser im Internet genutzt wird. Daher ist es in jedem Netzwerk problemlos verfügbar und erfordert in der Regel keinen zusätzlichen Administrationsaufwand.

Die theoretischen Grundlagen für die Koordination der Geschäftsprozesse und die erforderlichen Standards wurden bereits Branchen- und Hersteller- übergreifend in internationalen Gremien unter Begriffen wie "Orchestrierung", "Business Process Modelling" oder "Workflow Management" erarbeitet [3]. Der Markt bietet bereits ein breites Spektrum von Orchestrierungs Servern und Workflow Management Systemen, mit denen die Geschäftsprozesse effizient abgebildet und gesteuert werden können.

SABAS Positionsdaten
Tagebau Hambach

Bandanlagen

Förderweg: 84 Bandanlage: 1401 Kennung SABAS: 1401 Kennung BÜ: 1401

von	bis	Lage	Rechtswert Kopfstation	Höchstwert Kopfstation	Höhe Kopfstation	Rechtswert Heckstation	Höchstwert Heckstation	Höhe Heckstation
29.06.2004 17:36:19	29.06.2004 17:38:04	1	34605,81	39342,54	7	37047,67	39531,27	60
25.11.2003 17:54:35	29.06.2004 17:36:19	0	34605,81	39342,54	8	37047,67	39531,27	72,2

aktuelle Lage: 2 geplante Lage:

neue Bandanlage Rücken durchgeführt speichern

Bild 3: Web Oberfläche

Einfache Administration dank Web Oberfläche

Durch die offene, objektorientierte Architektur der .NET Umgebung konnte die Benutzeroberfläche (Bild 3) der Positionsdatenerfassung problemlos als Web Anwendung ausgeführt werden. Auf diese Weise können berechtigte Mitarbeiter nun von jedem beliebigen Arbeitsplatz im Unternehmen mit ihrem Internet Browser auf die wesentlichen Informationen für die Betriebsüberwachung und auf die statistischen Auswertungen zur Qualität der GPS Daten zugreifen.

Darüber hinaus ermöglicht das Web Interface auch die Pflege der Bandkoordinaten: Die Koordinaten der Bandanlagen müssen alle paar Tage verändert werden, denn im Tagebau gibt es nur wenige ortsfeste Elemente. So werden die Bandanlagen, mit denen Abraum und Kohle gefördert werden, regelmäßig in Abbaurichtung weiter gerückt. Dazu müssen zwei Abteilungen koordiniert zusammenarbeiten:

Zunächst bestimmen die Markscheider (Vermessungsingenieure) die neue Lage der Bänder. Diese werden mit Pflocken im Tagebau markiert.

Anschließend werden die einzelnen Rückvorgänge von der Abteilung Infrastruktur mit deren Hilfsgeräten durchgeführt.

Für beide Abteilungen dient das Web Interface als Benutzeroberfläche. Nach jedem Rückvorgang ist eine Kommunikation mit dem Hilfsgeräteleitstand, einem anderen Serversystem, erforderlich. Auch an dieser Stelle erfolgt die Kommunikation zwischen den beiden Systemen über eine Web Service Schnittstelle.

Beispiele zur Unterstützung der Geschäftsprozesse

Über die mit den Web Services geschaffene einheitliche Kommunikationsschnittstelle können beliebige Geschäftsprozesse im gesamten Unternehmen mit Positionsinformationen der Bagger unterstützt werden. Als Beispiele seien nachfolgend zwei konkrete Anwendungen genannt.

Abbauplanung

In Bild 4 werden zwei Geschäftsprozesse dargestellt, die im Zusammenhang mit der Abbauplanung stehen. Das ist einerseits das Verschneiden des Tagebauaufmaßes mit den Koordinaten des Schaufelradraumes und – darauf aufbauend – die eigentliche Abbauplanung [4].

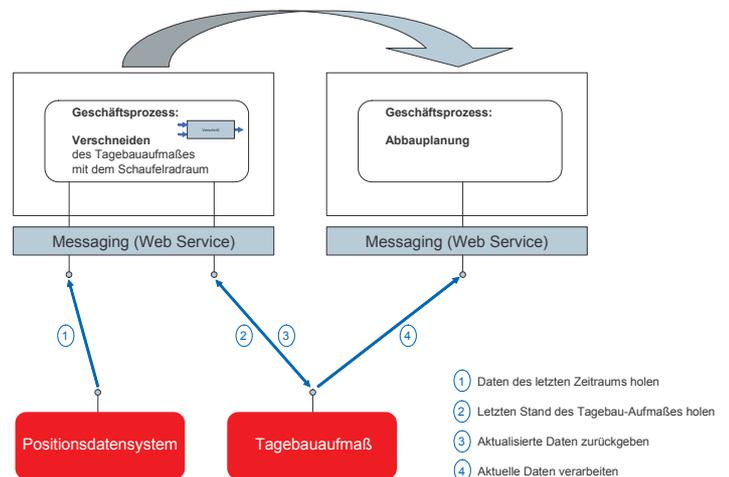


Bild 4: Geschäftsprozess Abbauplanung

Von der Markscheiderei wird in regelmäßigen Abständen die Oberfläche des Tagebaus (das so genannte Tagebauaufmaß und daraus abgeleitet das Risswerk und die Betriebsrisse) vermessen. Das Positionsdatensystem liefert über die Positionen des Baggers und dessen Geometrie die Position des Schaufelrades. An der Stelle, wo das Schaufelrad Material abträgt, entsteht eine neue Oberfläche. Diese Oberfläche kann durch Verschnitt mit dem Gelände und dem Raum, den das Schaufelrad während einer bestimmten Zeit durchfährt, berechnet werden.

Das so aktualisierte Tagebauaufmaß bildet dann eine Grundlage für die Abbauplanung.

Materialdisposition

Ein anderer wesentlicher Geschäftsprozess im Tagebaubereich ist die Materialdisposition (Bild 5), deren Basis die aktuellen Positionen der Bagger sind.

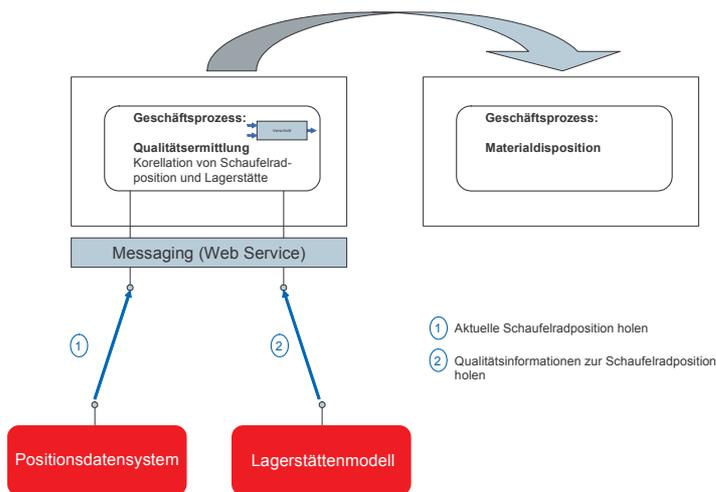


Bild 5: Geschäftsprozess Materialdisposition

In der Lagerstättenverwaltung (LAVA) sind in einem dreidimensionalen Datenformat Informationen über die Lagerstätte erfasst. Diese Informationen basieren auf Probebohrungen und beschreiben die Beschaffenheit des unbearbeiteten Gebirges. Über die Information des Positionensystems, an welcher Stelle das Schaufelrad des Baggers aktuell in die Lagerstätte eingreift, können durch Korrelation mit den Lagerstättendaten die Qualitätsmerkmale des zurzeit geförderten Materials bestimmt werden. So gibt es neben der grundsätzlichen Unterscheidung "Kohle" oder "Abraum" noch viele weitere Qualitätsmerkmale, nach denen eine Einstufung des Fördergutes erfolgt.

Mit diesen wesentlichen Informationen erfolgt in deren Abhängigkeit die Materialdisposition, um so eine optimale Gewinnung des Fördergutes zu bewirken.

Umsetzung

Als Server dienen zwei baugleiche Rechner mit jeweils einem Intel Prozessor und dem Betriebssystem Windows 2000. Auf jedem der beiden Server ist eine Oracle 9i Datenbank installiert.

Während der knapp bemessenen Realisierungs- und Testphase standen echte Testdaten (also Daten, die im laufenden Betrieb von den GPS-Systemen geliefert wurden) nur über einen Zeitraum von wenigen Wochen zur Verfügung. So war es nicht verwunderlich, dass während des vier Monate andauernden Probetriebes auf Grund der während dieser Zeit angefallenen Datenmengen (bis zu 300.000 Datensätze/d) verschiedene Optimierungen an Parametern des Datenbankservers durchgeführt werden mussten. Hier erwies es sich als vorteilhaft, dass die

Oracle Datenbank ein intensives Feintuning ermöglicht. Schließlich konnte trotz der beachtlichen Datenmenge der Bedarf an Rechenleistung sogar so weit reduziert werden, dass im Gegensatz zu der ursprünglichen Planung auch noch die Software zur Messwerterfassung auf dem Positionsdatenserver untergebracht werden konnte. Auf diese Weise konnte im Vergleich zur ursprünglichen Planung ein kompletter Server eingespart werden.

Inzwischen enthält die Datenbank deutlich mehr als 30 Millionen Datensätze. Dennoch liegt die Zeit für alle erforderlichen Datenbankoperationen durchweg jeweils unter einer Sekunde.

Auch bei der Einrichtung des Replikationsmechanismus zwischen Positionsdaten- und Replikationsserver waren die Erfahrungen mit der eingesetzten Version 9i des Datenbanksystems von Oracle durchweg positiv. Weil die Replikation immer nur in einer Richtung erfolgt, konnte das konfliktfrei arbeitende Konzept der "Materialized Views" angewendet werden. Sowohl bei der Einrichtung als auch beim Betrieb gab es keine nennenswerten Probleme.

Die Entwicklungsumgebung "Visual Studio .NET" von Microsoft begeisterte durchweg die beteiligten Softwareentwickler. Die "Werkbank" zur Programmentwicklung überzeugte durch weitestgehend fehlerfreie Funktion und unterstützte die Entwickler in jeder Phase. Auch in diesem Projekt bestätigte sich der Eindruck, dass die Klassenbibliothek der .NET Umgebung nicht nur mächtig, sondern vor allem auch sehr klar strukturiert – und damit auch handhabbar – ist.

Schwierigkeiten gab es hingegen bei der Umsetzung des Datensicherungskonzepts. Der hier vorgesehene Einsatz der Sicherungssoftware Veritas BackupExec mit dem Oracle Agent konnte erst nach erheblichem Aufwand zum Laufen gebracht werden. Ursache hierfür war ein Problem bei der Rücksicherung, vor allem aber der fehlende Support von Veritas für ihren Oracle Agent.

Fazit

Die über GPS erfassten Positionen der Schaufelradbagger im Tagebau sind wesentliche Informationen, sowohl für die Steuerungen innerhalb der Leittechnik, als auch für die in der IT Umgebung der Bürowelt dargestellten Geschäftsprozesse. In dem hier beschriebenen Projekt wird ein Konzept präsentiert, das sowohl den Anforderungen der Leittechnik hinsichtlich Sicherheit und Echtzeitverhalten, als auch den Anforderungen der IT-Umgebung hinsichtlich offener Strukturen und Standards gerecht wird. So ist dieses Projekt auch ein typisches Beispiel für nachhaltige Ver-

änderungen in der Automatisierungstechnik: Neue Technik ermöglicht bei relativ geringen Kosten die Erfassung wesentlich größerer Datenmengen als bislang und damit ein erheblich weiter gehendes Ausmaß der Automatisierung. Davon ist nicht mehr nur die reine Produktion betroffen, sondern in immer stärkeren Ausmaß auch die Administration / Instandhaltung und die Bürowelt.

Die Anforderung, Prozessdaten auch in der Büroumgebung verfügbar zu machen, wurde mit Web Services als Grundlage einer Service orientierten Architektur erfüllt. So werden die Geschäftsprozesse des Unternehmens wirksam unterstützt, damit sie einen optimalen Beitrag zur Wertschöpfungskette leisten.

Die Autoren sehen in dem vorliegenden Ansatz eine generelle Möglichkeit auch für andere Unternehmen bzw. Branchen einen Datenaustausch zwischen der Leittechnik und den Geschäftsprozessen der Bürowelt zu realisieren. Dieser Ansatz stellt dabei eine auf Standards basierende Lösung dar, die eine zu Enge Kopplung verhindert und die Leittechnik als autarkes System beibehält.

Literatur + Links

- [1] Weber, P.: SABAS ein Baustein zur Prozesssteuerung im Tagebau. Vortrag Tagung Ring Deutscher Bergingenieure (RDB), März 2003, Niederzier.
- [2] Weber, P.; Bulowski, Th.: Maschinensteuerungshilfe mit GPS im Rheinischen Braunkohlenrevier. Vortrag Trimble-Symposium, November 2003, Fulda.
- [3] Organisation for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS): www.oasis-open.org
- [4] Guder, W.; Weber, P.; Holzheim, M.; Schulte, R.: Konzept zur Nutzung automatisch generierter SABAS-Gerätepositionsdaten im Rahmen der Fortführung des Gewinnungsrissses (Betriebsrissses) am Beispiel des Tagebaus Hambach. In: MARKSCHEIDEWESSEN, Jahrgang 111 (2004), Heft 2, Seite 52 ff.



Dipl.-Ing. *Volker Heck* (41 Jahre) ist Geschäftsführer der GIANet GmbH. Dort leitet er die Entwicklung kundenspezifischer Softwareanwendungen. Schwerpunkte: Projektmanagement, Datenbanken, Internet Technologien.

Adresse: GIANet GmbH, Dönhoffstraße 39, D-51373 Leverkusen,
Tel. (0214) 83067-38
E-Mail: v.heck@gianet.de



Dipl.-Ing. *Peter Weber* (40 Jahre) ist Projektingenieur im Tagebau Hambach der RWE Power AG. Als Projektleiter ist er Verantwortlich für die Umsetzung des SABAS Projektes.

Adresse: RWE Power AG, Tagebau Hambach, Stab, Heideweg, 52382 Niederzier,
Tel. (02428) 950-54300
E-Mail: peter.weber@rwe.com



Dr.-Ing. *Markus Doll* (34 Jahre) ist Mitarbeiter der Abteilung Projekte und Komplexkauf in der RWE Power AG. Dort leitet er Projekte zu den Bereichen Prozessdatenverarbeitung, Prozessoptimierung, IT-Anwendungen.

Adresse: RWE Power AG, Technikzentrum Tagebaue, Frechener Straße, 50226 Frechen,
Tel. (02234) 935-69641
E-Mail: markus.doll@rwe.com

Dieser Beitrag wurde veröffentlicht in der Zeitschrift atp 46 (2004) Heft 11, S. 42 ff.