

# Computer Aided Engineering bei der Planung und Auslegung fördertechnischer Anlagen und Komponenten

Prof. h.c. Dr.-Ing. Rainer Hünefeld, IBH/RWTH Aachen; Dipl.-Ing. Tilman Küpper, XGraphic GmbH;  
Dipl.-Ing. Klaus-Peter Kusebauch, DSK

## **0. Abstract**

Regarding the planning and technical layout of conveying installations and transport systems in the mining industry, the use of computers is customary. To support "Computer Aided Engineering" more efficiently in this field, Deutsche Steinkohle AG has introduced the "Geometric Technical Planning System" (GTP-System). The GTP-System includes software modules which support especially the technical layout of belt conveyors, plough and drum shearer-loader equipment as well as the analysis of haulage and transport networks. In addition to the layout of technical equipment a main focus of the GTP-System is to make available all these data and information resulting from the planning and layout process to other departments and applications through a central database. This is the basis for efficient information management and current communication. Both are basic requirements for a successful processing of interdisciplinary planning tasks.

## **1. Einleitung**

Die Bearbeitung komplexer Planungsaufgaben im Bergbau ist heutzutage ohne Computerunterstützung kaum noch denkbar. In diesem vielseitigen Umfeld geht es nicht nur darum, Berechnungen und technische Auslegungen, sondern ebenso den Informationsaustausch zwischen den verschiedenen an der Planung beteiligten Fachdisziplinen wirkungsvoll zu unterstützen. Ein Beispiel für „Computer Aided Engineering“ bei der Planung im Bergbau ist das Geometrisch-Technische Planungssystem (GTP-System) der Deutschen Steinkohle AG (DSK).

Mit der Entwicklung und Einführung des GTP-Systems verfolgt die DSK das Ziel, schon bei der Planung aller technischen Einrichtungen und Vorgänge nicht nur die technisch beste, sondern auch die möglichst kostengünstigste Lösung zu finden. Das GTP-System besteht aus verschiedenen fachspezifischen Applikationen, die den Anwendern in einer homogenen Softwareumgebung den Zugriff auf die verschiedenartigen und komplexen Daten, die bei einer umfassenden Planung eines Bergwerks von Belang sind, gewährleisten sowie deren anschauliche Darstellung anhand eines dreidimensionalen Grubengebäudes ermöglichen. Bestandteil dieser Applikationen sind auch Programme bzw. Module zur Auslegung, Berechnung und Simulation von technischen Anlagen wie Gewinnungseinrichtungen, Bandanlagen oder Rohrleitungsnetze. Fördertechnische Aspekte werden insbesondere durch die Module „Bandberechnung“ und „Förderstromanalyse“ abgedeckt.

## 2. Das GTP-System

Unter dem Stichwort Geometrisch-Technische-Planung (GTP) ist in den letzten Jahren unter Zusammenarbeit der Deutschen Steinkohle AG, der XGraphic Ingenieurgesellschaft und dem Institut für Bergwerks- und Hüttenmaschinenkunde der RWTH Aachen ein multidisziplinäres, datenbankgestütztes Programmsystem entstanden. Auf der Grundlage digitaler 3D-Modelle von Grubengebäuden bieten verschiedene fachspezifische Applikationen effiziente Unterstützung bei der Planungsarbeit und der fachübergreifenden Informationsverwaltung.

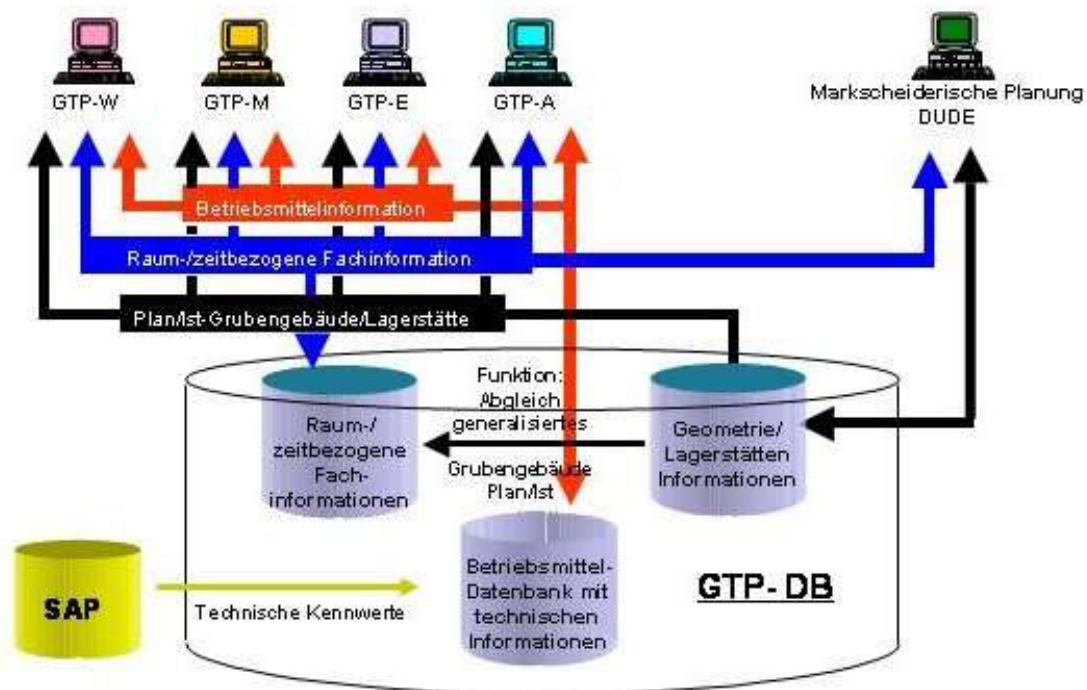


Abb. 1 Konzeptioneller Aufbau des GTP-Systems

Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist dabei die fachübergreifende Planung und der fachübergreifende Informationsaustausch auf Basis einer gemeinsamen Datenbank (GTP-DB). Grundlegende Bestandteile dieser Datenbank sind die Geometrie- und Lagerstättendaten des Grubengebäudes, mit der sämtliche Planungen aller beteiligten Fachdisziplinen und auch sonstige Informationen verknüpft werden können sowie SAP-konforme Betriebsmitteldaten.

Der Betriebsmitteldatenbankteil umfasst DSK weit standardisierte Betriebsmittel wie Motoren, Getriebe, Gurte, Ketten usw. mit den technischen Informationen, die benötigt werden, um z.B. Bandanlagen, Streckenförderer, Hobel- und Walzenbetriebe konfigurieren und berechnen zu können. Das Querschnittsmodul „Materialmanagement“ unterstützt den Anwender bei der Ermittlung des Betriebsmittelbedarfs.

Der fachübergreifende Informationsaustausch wird durch das Querschnittsmodul „Info-Manager“, ein Modul, das allen Fachbereichen zur Verfügung steht, unterstützt. Hiermit sind die logische Verknüpfung von GTP- und Office-Dateien sowie die Platzierung von Informationen

und Dateiverknüpfungen am 3D-Grubengebäude möglich. Dies trägt insbesondere den kommunikativen Belangen des technischen Planungsprozesses Rechnung.

In Abbildung 2 ist der Funktionsumfang des GTP-Systems schematisch dargestellt. Neben den Applikationen mit ihren fachspezifischen Modulen gibt es Querschnittsmodule wie den Info-Manager oder die Anlagenplanung, auf die alle Fachabteilungen zugreifen können.



Abb. 2 Funktionsumfang des GTP-Systems

Im Weiteren wird nun insbesondere auf die maschinentechnische Module „Bandanlagenplanung“, „Gewinnungsrechnung“ und „Förderstromanalyse“ eingegangen.

### 3. Bandanlagenplanung

Zu Beginn einer Bandanlagenplanung hat der Planer zunächst die Möglichkeit, den Verlauf der Bandanlage mittels des Moduls Anlagenplanung im Grubengebäudemodell grafisch interaktiv zu markieren. Nachdem der geometrische Verlauf sowie die Position der Antriebe festgelegt wurden, kann das Bandberechnungsmodul gestartet werden. Vor Ausführen der eigentlichen Rechnung ist die Anlage zunächst weiter zu spezifizieren, beispielsweise hinsichtlich der Motor-, Trommel- und Gurtdaten.

Zur näheren Spezifizierung bzw. zur Konfiguration der Anlage stehen Auswahllisten zur Verfügung, die DSK-weit standardisierte Komponenten wie Elektromotoren, Getriebe, Trommeln, Tragrollen, Fördergurte usw. umfassen, die auch in SAP verfügbar sind.

Durch die Berechnung, die auf Grundlage der DIN 21101 erfolgt, lässt sich nun überprüfen, ob die so konfigurierte Anlage technisch machbar ist und den Anforderungen entspricht. Hier werden Fragestellungen behandelt wie: Ist die Antriebsleistung ausreichend? Muss evtl. eine andere Antriebskonfiguration gewählt werden? Bietet die gewählte Gurtqualität genügend Sicherheit gegen Riss? Die Berechnung liefert als Ergebnis z.B. die Gurtzugkräfte und die erforderlichen Antriebs- und Bremskräfte sowie Hinweise auf unzureichende technische Spezifikationen wie ein zu geringer Sicherheitsfaktor oder unrealistische Anlauffaktoren für die Antriebe.

**Gurtspannung und Sicherheit**
\_ □ ×

Keine Warnmeldungen vorhanden

Gurtspannung und Sicherheit

	Anfahren	Bremsen	Betrieb
Gurtspannung effektiv [ N / mm ]	108	48	62
Gurtspannung min. erforderlich [ N / mm ]	648	288	373
Tatsächliche Sicherheit ( nur für Gurt )	9.26	20.84	16.1
Tatsächliche Sicherheit 80.0% ( Endlosverbindung vulkanisiert )	7.41	16.67	12.88
Tatsächliche Sicherheit 70.0% Mechanische Verbindung	6.48	14.59	11.27

Referenz-Zeitfestigkeit nach DIN 22101 vom August 2002

auf die Gurtbreite bezogene gemittelte Gurtzugkraft	K	[N/mm]	61.72
auf die Gurtbreite bezogene Nennbruchkraft (Zugfestigkeit)	$K_N$	[N/mm]	1000.00
relative Referenz-Zeitfestigkeit	$K_{t,rel}$	(0,1)	0.30
Referenz-Zeitfestigkeit	$K_t$	[N/mm]	300.00
Länge des Muldungsüberganges	$l_{\ddot{u}}$	[mm]	3000.00
Bezugslänge des Muldungsüberganges	$l_{\ddot{u},c}$	[mm]	18232.13
Parameter für die Berechnung der Mindestlänge des Muldungsüberganges	$C_{\ddot{u}}$	[mm]	8.50
Mindestlänge des Muldungsüberganges	$l_{\ddot{u},min}$	[mm]	1519.09
Elastizitätsmodul sämtlicher tragender Gurteinlagen	$E_{LGk}$	[N/mm]	70000.00
Gurtzugkraft-Diff. zw. Gurtkante und Gurtmitte	$\Delta k$	[N/mm]	140.03
auf die Gurtbreite bezogene Gurtzugkraft im Mittenbereich	$K_M$	[N/mm]	18.31
auf die Gurtbreite bezogene Gurtzugkraft in der Gurtkante	$K_k$	[N/mm]	158.33
Sicherheitsfaktor zur Berücksichtigung der Beding. der Verbindungsherstellung	$S_0$		1.10
Sicherheitsfaktor zur Berücksichtigung von Betriebsbedingungen	$S_1$		1.70
erf. Mindest-Referenz-Zeitfestigkeit	$K_{t,min}$	[N/mm]	296.09

**Schließen**

Abb. 3 Ergebnisdarstellung Gurtspannung und Sicherheit

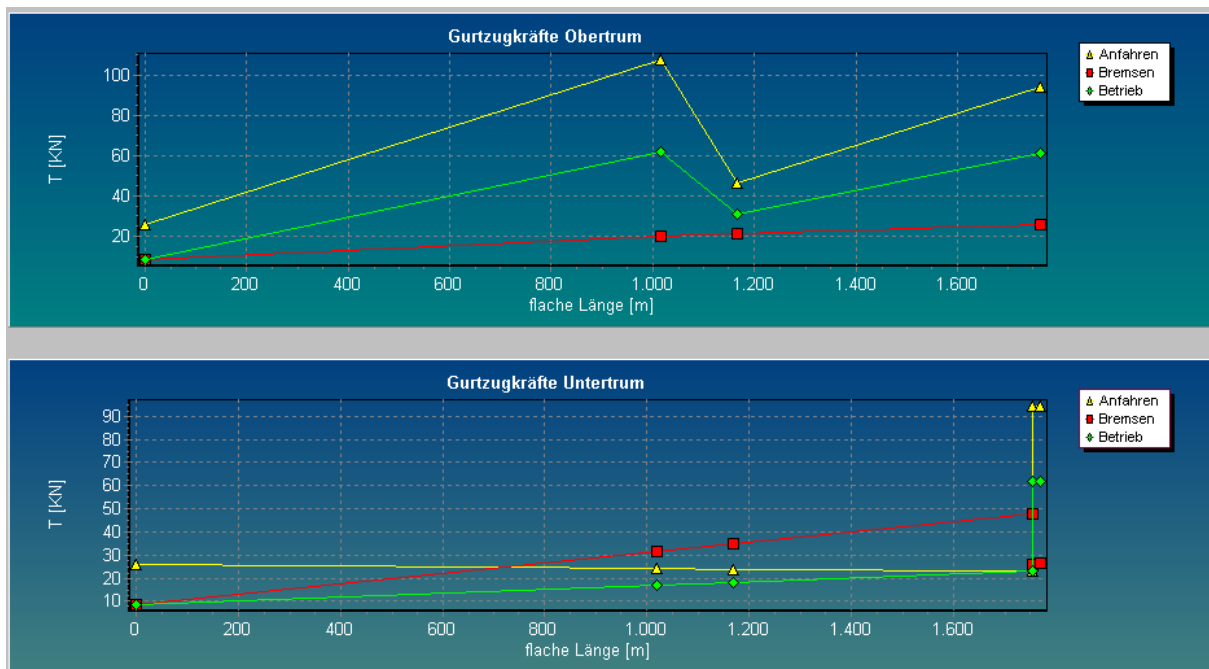


Abb. 4 Ergebnisdarstellung der Gurtzugkräfte

Die Online-Hilfe des Programms bietet neben den allgemeinen Hinweisen zur Bedienung auch spezielles Profiwissen. Dies beinhaltet z.B. die kompletten Standards zur Auswahl der Ausrüstung ebenso wie die Dichte verschiedener Materialien oder Entwurfsempfehlungen von DSK-Experten. Neben den reinen Berechnungsergebnissen lässt sich die Planung einer Bandanlage durch weitere Informationen vervollständigen. So hat der Planer die Möglichkeit, seiner Planungsvariante beliebige Informationen in einer Kommentardatei hinzuzufügen.

Darüber hinaus können WORD-Dokumente, EXCEL-Dateien oder AutoCAD-Zeichnungen, die für die jeweilige Planung relevant sind, mit dieser unmittelbar verknüpft werden. Und nicht zuletzt lassen sich mit Hilfe des Querschnittsmoduls Materialmanagement automatisch Listen erzeugen, die alle bei der Planung bzw. Berechnung verwendeten Komponenten umfassen.

Dem GTP-Konzept entsprechend werden alle für eine Auslegung relevanten Eingabe- und Ergebnisdaten in der GTP-Datenbank abgelegt und stehen somit unmittelbar anderen GTP-Anwendern zur Ansicht bzw. anderen GTP-Applikationen zur Weiterverarbeitung zur Verfügung.

#### **4. Gewinnungsrechnung**

Das Modul Gewinnungsrechnung unterstützt die technische Auslegung von Strebbetrieben und Streckenförderern. Dabei steht insbesondere das Zusammenspiel von Hobel oder Walzenlader mit dem Strebförderer im Vordergrund.

Analog zur Vorgehensweise bei der Bandanlagenplanung kann zunächst der geometrische Verlauf der Gewinnungsanlage anhand von fiktiven Strebständen, die von der Markscheiderei für die ausgewählte Bauhöhe in die GTB-Datenbank eingestellt wurden, am Grubengebäude definiert werden.

Die Gewinnungsrechnung als solche ist praktisch in die drei Submodule „Hobelbetrieb“, „Walzenladerbetrieb“ und „Streckenförderer“ gegliedert, die sich in ihrem Aufbau sehr ähneln. In allen Submodulen sind die benötigten Eingabedaten gleichermaßen strukturiert. Es gibt Masken zur Beschreibung des Strecken- bzw. Strebverlaufs und dessen Eigenschaften, zur Eingabe der maschinentechnischen Daten des Streb- oder Streckenförderers und Masken zur Definition der maschinen- und verfahrenstechnischen Parameter für den Hobel- oder Walzenladerbetrieb. Dem zunehmenden Einsatz von Umrichter gesteuerten Antrieben Untertage Rechnung tragend, bietet die Gewinnungsrechnung die Möglichkeit, auch derartige Antrieb zu berücksichtigen.

Die maschinentechnischen Angaben zum Förderer umfassen z.B. die technischen Daten der eingesetzten Rinnen, Motoren, Getriebe, Kettenräder und des Kettenbandes sowie Widerstands- und Reibungswerte.

Die Eingabemaske für die maschinen- und verfahrenstechnischen Daten des Walzenladers berücksichtigt neben der minimalen und maximalen Marschgeschwindigkeit, dem Portalquerschnitt und dem Walzendurchmesser auch das Schnittverfahren mit den gewünschten Marschgeschwindigkeiten und den erforderlichen Rück-/Rüstzeiten.

Hobeltyp <input type="text" value="5.7 1180-1380"/>		Haupt- und Hilfsantrieb	
Hobelmasse [kg]	<input type="text" value="0"/>	Motorart	<input checked="" type="radio"/> konventionell <input type="radio"/> Umrichter
min. Bauhöhe [mm]	<input type="text" value="0"/>	Motortyp	<input type="text" value="DKL 135/400kW 1kV 492/1485 U I"/>
max. Bauhöhe [mm]	<input type="text" value="1380"/>	Leistung [kW]	* min <input type="text" value="135"/> * max <input type="text" value="400"/>
Hobelhöhe [m]	<input type="text" value="1.38"/>	Motordrehzahl [1/min]	* langsam <input type="text" value="490"/> * schnell <input type="text" value="1485"/>
Widerstandsbeiwert Hobelkörper	<input type="text" value="0.2"/>	Kippmomentfaktor	<input type="text" value="2.5"/>
Betriebszeit [min/d]	<input type="text" value="1440"/>	Trägheitsmoment [kg m²]	<input type="text" value="0"/>
Ausnutzungsgrad [%]	<input type="text" value="30"/>	installierte Gesamtleistung [kW]	
Hobelverfahren		* Talfahrt	<input type="text" value="800"/>
<input type="radio"/> konventionell <input type="radio"/> kombiniert <input checked="" type="radio"/> überholen <input type="radio"/> benutzerdefiniert		* Bergfahrt	<input type="text" value="800"/>
<input type="button" value="Verfahren bearbeiten"/>		Kupplungs-Bremsscheibe	
Flächenvertriebewirkungsgrad [%] <input type="text" value="70"/>		Trägheitsmoment [kg m²]	<input type="text" value="0"/>
Hobelkette		Getriebetyp	<input type="text" value="KPL 25/2 LA"/>
Hobelkette	<input type="text" value="38x137"/>	Getriebeübersetzung	<input type="text" value="16.054"/>
Durchmesser des Kettengliedes [mm]	<input type="text" value="38"/>	max. übertragbare Leistung [kW]	<input type="text" value="400"/>
Teilung der Kette [mm]	<input type="text" value="137"/>	Trägheitsmoment [kg m²]	<input type="text" value="0"/>
Bruchkraft der Kette [kN]	<input type="text" value="1810"/>	Kettenradtyp	<input type="text" value="Hobelkettenrad 38Kette Z=7 DBT"/>
Masse der Kette [kg/m]	<input type="text" value="29"/>	Zähnezahl des Kettenrades	<input type="text" value="7"/>
Metergewicht der Kette [N/m]	<input type="text" value="284.49"/>	passend zu Kettentyp	<input type="text" value="38x137"/>
EKAk-Wert [kN]	<input type="text" value="117948"/>	Betriebsdrehzahl (Motor) [1/min]	* langsam <input type="text" value="490"/> * schnell <input type="text" value="1485"/>
Reibungswert (b. Abwinklung)	<input type="text" value="0.3"/>	Hobelgeschwindigkeit [m/s]	* langsam <input type="text" value="0.9757"/> * schnell <input type="text" value="2.9569"/>
Widerstandsbeiwert	<input type="text" value="0.4"/>	* Talfahrt	<input type="text" value="2.9569"/>
Schnittiefe		* Bergfahrt	<input type="text" value="2.9569"/>
<input type="button" value="Berechne optimale Schnittiefe (ohne Berücksichtigung des Bergeanteils)"/>		Wirkungsgrad des Antriebes	<input type="text" value="0.8"/>
<input type="button" value="Schnittiefe Bergfahrt [mm]"/>		Schnittiefe Bergfahrt [mm]	<input type="text" value="40"/>
<input type="button" value="Schnittiefe Talfahrt [mm]"/>		Schnittiefe Talfahrt [mm]	<input type="text" value="40"/>

Abb. 5 Eingabemaske für den Hobelbetrieb

In der Maske zur Definition eines Hobelbetriebes sind u. a. Angaben über Hobeltyp, Hobelkette, Kettenradtyp, Getriebetyp sowie Motortyp zu machen. Verfahrenstechnisch kann der Planer eins von drei vordefinierten Hobelverfahren auswählen oder auch selbst ein Verfahren definieren.

Bei den vordefinierten Verfahren gibt es die Möglichkeit, die optimalen Schnittiefen, die bei Berg- und Talfahrt unterschiedlich sein können, zu ermitteln. Die „optimale Schnittiefe“ erfüllt folgende Bedingungen:

- sie überschreitet die *erreichbare Schnittiefe* auf der jeweiligen Fahrt nicht,
- die Förderrinne wird zu keinem Zeitpunkt überfüllt,

- der Förderer wird zu keinem Zeitpunkt überlastet,
- die Tagesförderung wird maximiert.

Beim benutzerdefinierten Verfahren kann der Planer neben der Hobel- und Förderergeschwindigkeit auch die Hobelschnitttiefe beliebig vorgeben.

Als Berechnungsergebnisse werden im Rahmen der Gewinnungsrechnung z.B. für die Förderer die Kettenzugkräfte, erforderliche Leistung, Kettenlängung, Kettensicherheit, erforderliche Vorspannkraft, Austrag und erforderlicher Füllquerschnitt ermittelt. Eine Besonderheit hierbei ist im Vergleich zu anderen Programmen die Berechnung der Kettenzugkräfte für abgewinkelten Kettenverlauf. Da an den Abwinklungen zusätzliche innere Kräfte in der Kette entstehen, können sich bei abgewinkeltem gegenüber geradlinigem Kettenverlauf u. U. erhebliche Unterschiede für die erforderliche Zugkraft/Leistung ergeben.

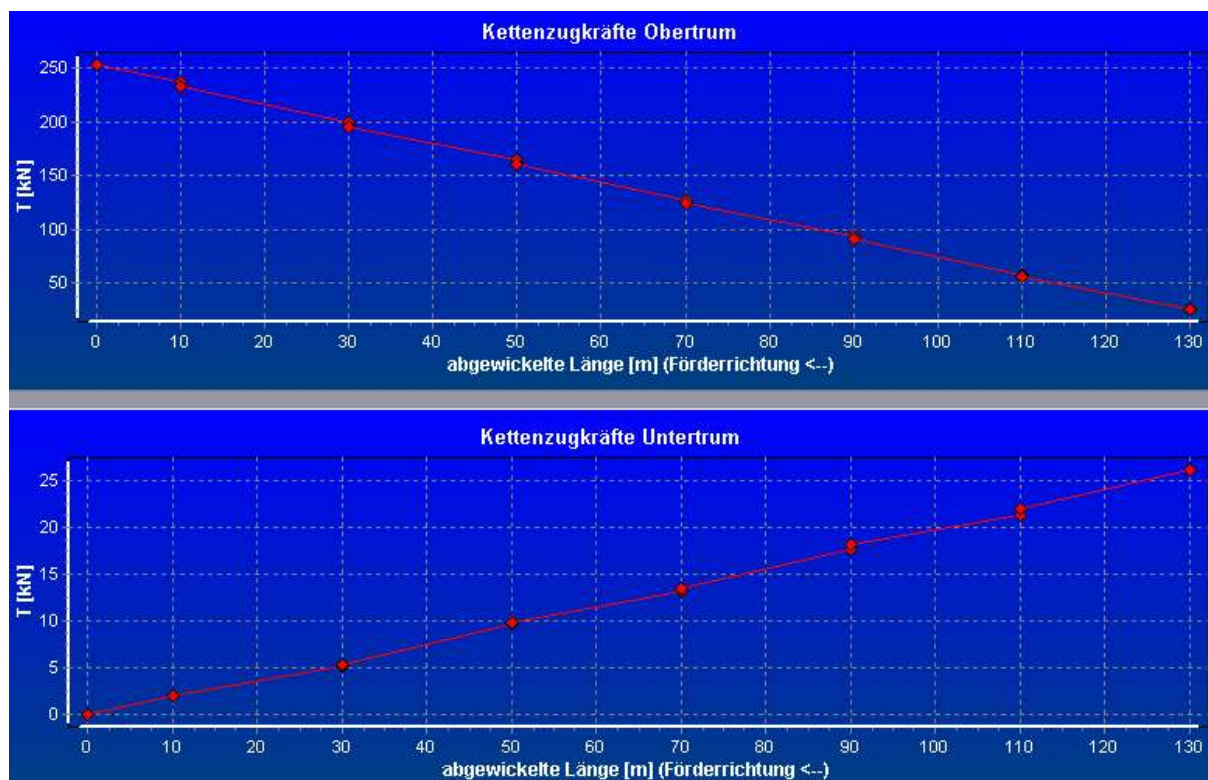


Abb. 6 Ergebnisdarstellung von Kettenzugkräften in einem abgewinkelten Förderer

Bei der Berechnung eines Walzenstrebs wird zunächst geprüft, ob der Materialzufluss, der durch die gewählten Marschgeschwindigkeiten erreicht wird, den Förderer überlastet. Ist das der Fall, wird das Geschwindigkeitsprofil über den gesamten Zyklus derart berechnet, das der Förderer möglichst aus- aber nicht überlastet ist. Unter Zugrundelegung dieses berechneten Geschwindigkeitsprofils werden nun außer den fördererspezifischen Daten weitere Ergebnisse wie Austrag, Flächenverhieb, Schneidleistung, Tagesförderung, Abbaugeschwindigkeit und Fahrzeiten ermittelt.



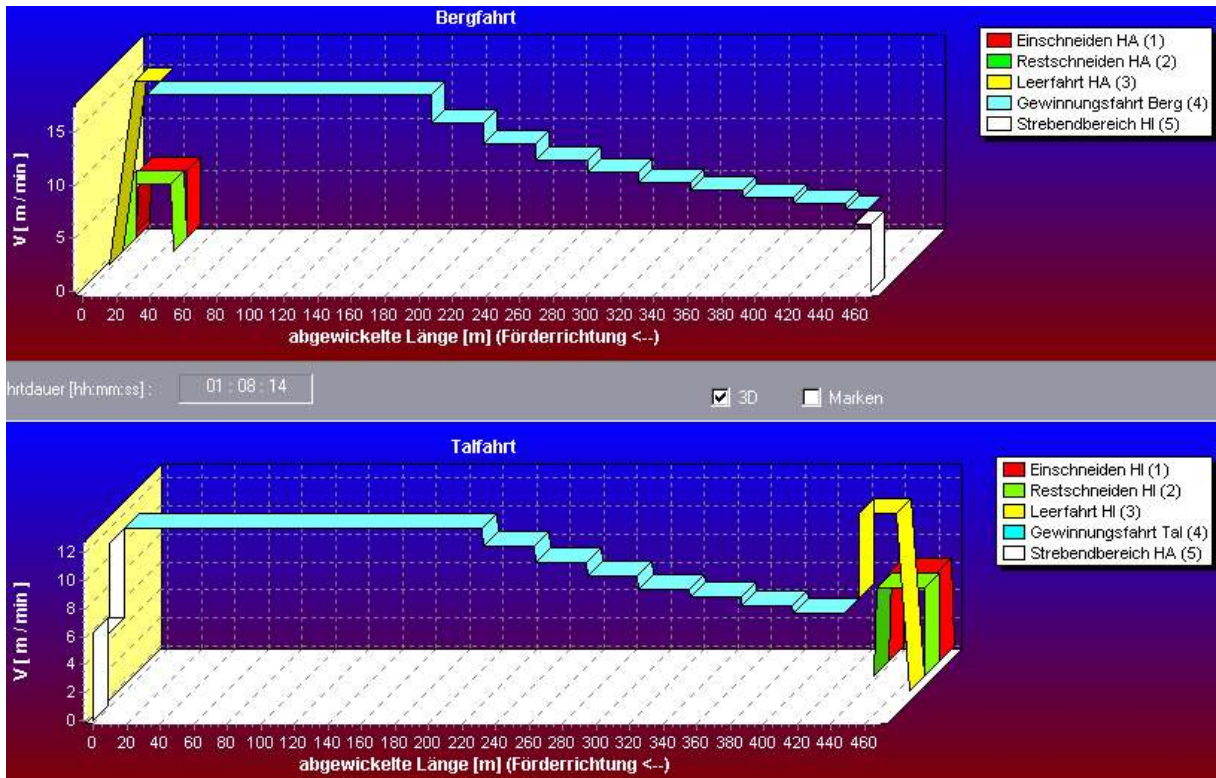


Abb. 7 Ergebnisdarstellung für ein berechnetes Geschwindigkeitsprofil

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, für den Hobel- und den Walzenladerbetrieb einen Gewinnungszyklus dynamisch zu simulieren. Das bedeutet, der zeitabhängige Verlauf von z. B. der Hobelgeschwindigkeit, dem Austrag oder der Fördererleistung lässt sich „online“ berechnen und darstellen.

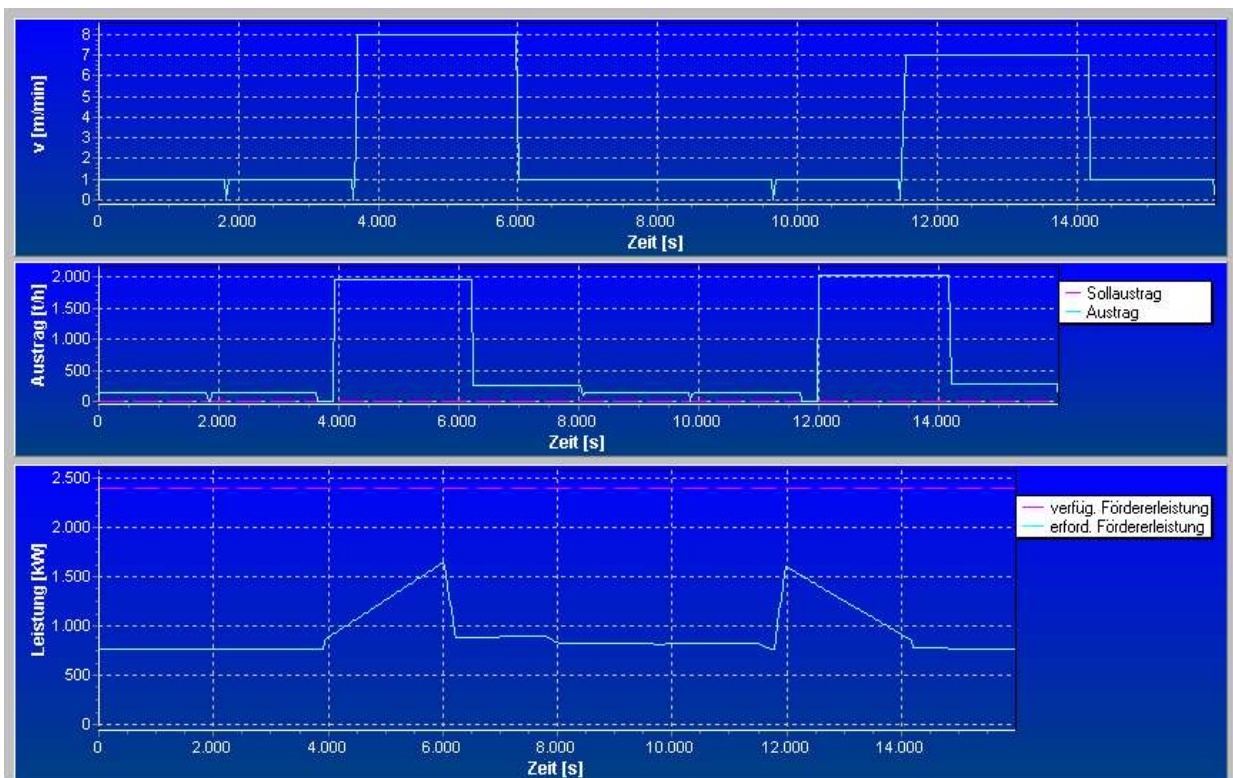


Abb. 8 Ergebnisdarstellung der dynamischen Simulation eines Gewinnungsbetriebes

## 5. Förderstromanalyse

Das Modul Förderstromanalyse (GTP-F) ermöglicht die einfache Berechnung stationärer Förderströme unter Tage. Stationär bedeutet in diesem Zusammenhang, dass im Rahmen einer Berechnung die Schüttgutströme an allen betrachteten Positionen des Förderstromnetzes als zeitlich konstant angenommen werden, wodurch sich sowohl die Eingabe der technischen Kennwerte als auch die eigentliche Durchführung der Förderstromberechnung wesentlich vereinfacht. In diesem Punkt unterscheidet sich das Modul im Wesentlichen von speziellen und i.a. sehr komplexen Programmen, die die Simulation dynamischer Vorgänge ermöglichen.

Als einfaches Beispiel für eine Förderstromberechnung sei ein einzelner Hobelstreb betrachtet. Der hier beginnende Förderstrom ( $500 \text{ m}^3/\text{h}$ ) wird über eine Bandanlage (ausgelegt für maximal  $1000 \text{ t/h}$  Massenstrom bzw.  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  Volumenstrom) zu einem Bunker geführt. Aus dem Bunker, der zu Beginn der Berechnung zu  $50\%$  gefüllt ist ( $1000 \text{ m}^3$ ), werden kontinuierlich  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  abgezogen

Abbildung 9 zeigt die grafische Benutzeroberfläche von GTP-F, nachdem die Berechnung der Förderströme abgeschlossen ist. Man erkennt, dass der Bunkerfüllstand innerhalb von zwei Stunden von  $50\%$  auf  $0\%$  absinkt. Ebenfalls angezeigt wird die Auslastung der Bandanlage ( $75\%$  Auslastung bezüglich des maximal zulässigen Massenstroms und  $50\%$  Auslastung bezüglich des maximal zulässigen Volumenstroms).

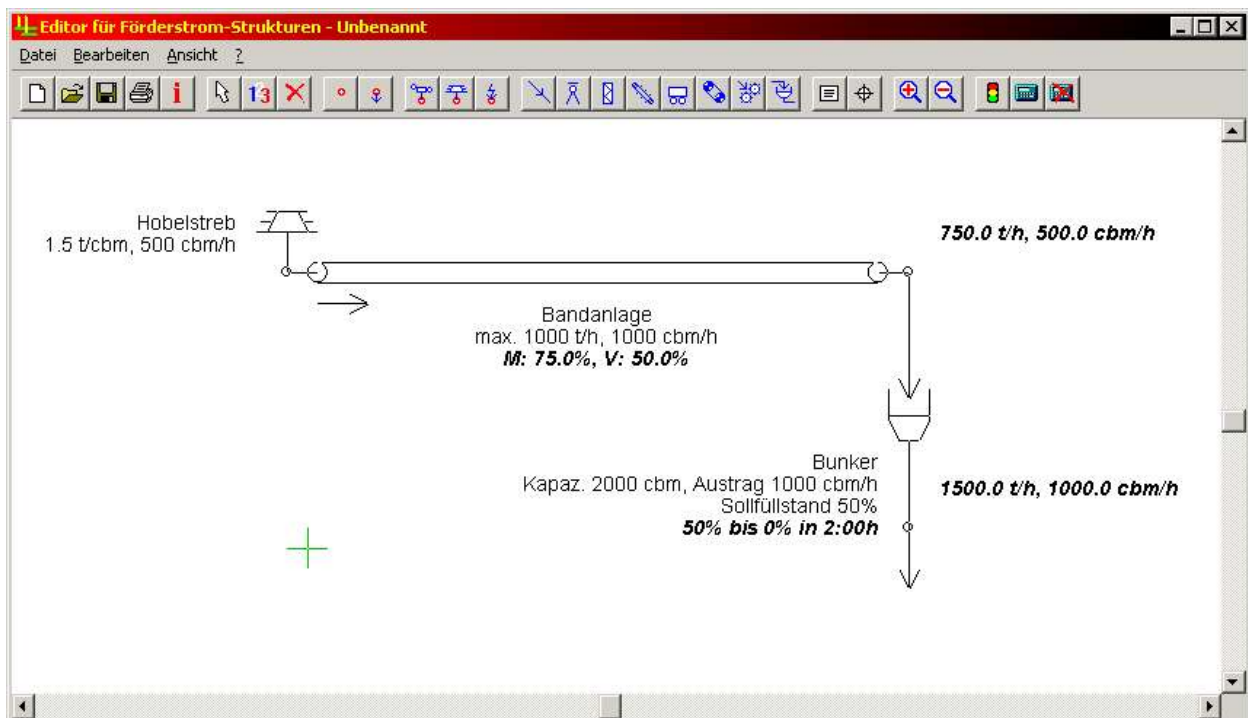


Abb. 9 Förderstromberechnung mit GTP-F

Die Berechnung von Förderströmen geschieht durch einen rekursiv implementierten Algorithmus vom Ende des Förderstromnetzes ausgehend in Richtung seiner Quellen (Hobel-/Walzenstreb, Streckenvortriebe). Die maximale Größe eines Netzes ist dabei lediglich durch den Arbeitsspeicher des eingesetzten Rechners begrenzt.

GTP-F unterstützt die einfache Selektion von Berechnungsvarianten: Zu allen Quellen können so genannte „Worst-Case“-Faktoren angegeben werden, die bei der Durchführung der Förderstromberechnung – sofern der Anwender dies wünscht – zu einer entsprechenden Erhöhung der eingespeisten Massen- und Volumenströme führen. Ebenso ist es durch einfaches Anklicken mit der Maus möglich, einzelne Bunkerausträge auszuschalten und dadurch Leerlaufsituationen in nachfolgenden Bereichen des Netzes zu provozieren.

Zur Definition realistischer Förderstromnetze stellt GTP-F die folgenden Bausteine zur Verfügung. Diese können über die grafische Benutzeroberfläche miteinander kombiniert werden:

- Hobelstreb, Walzenstreb, Streckenvortrieb,
- Bandanlage, Streckenförderer,
- sonstige Elemente wie Brecher, Bunker, Förderturm, Wendel, Wagenförderung,
- freie Beschreibungstexte.

Komfortfunktionen unterstützen den GTP-F-Anwender bei der Definition und Berechnung seiner Förderstromnetze:

- Der grafische Editor zur Definition des Förderstromnetzes verfügt über ein Fangraster; damit ist es leicht möglich, alle Elemente des Netzes präzise auszurichten.
- Eine Zoom-Funktion gestattet die Vergrößerung (bzw. Verkleinerung) beliebiger Ausschnitte der Bildschirmansicht.
- Die einzelnen Elemente der Bildschirmansicht können in Abhängigkeit der berechneten Förderströme automatisch eingefärbt werden; überlastete Elemente werden dann rot, hoch beanspruchte Elemente gelb, normal belastete Elemente grün dargestellt. Die Einfärbungsschwellen können für jeden Elementtyp separat bestimmt werden.
- Eine Online-Hilfe im HTML-Format beschreibt alle zur Verfügung stehenden Funktionalitäten in einer übersichtlichen Form.

Schließlich bietet GTP-F dem Anwender auch bezüglich des Imports und Exports des erstellten Förderstromnetzes verschiedene Möglichkeiten:

- GTP-F-Projekte werden standardmäßig in der Geometrisch-Technischen Planungsdatenbank (GTP-DB) abgelegt. Dort können sie mit Kommentaren versehen und über den GTP-Info-Manager verwaltet werden.
- Das Speichern und Laden von GTP-Projekten in Dateiform stellt eine Alternative zur Speicherung in der GTP-DB dar. Von GTP-F erstellte Dateien sind reine Textdateien, die

sich durch eine geringe Dateigröße auszeichnen. Durch das Textformat eignen sie sich zudem zur problemlosen Übermittlung per E-Mail.

- Auch der Ausdruck von Ansichten auf Windows-Druckern wird von GTP-F unterstützt. Zur Kontrolle des Seitenlayouts vor dem Ausdruck steht eine Druckbildvorschau zur Verfügung.
- GTP-F-Ansichten können als Bitmap-Dateien oder im DXF-Format auf der Festplatte abgespeichert werden. Besonders das DXF-Format eignet sich zur weiteren Bearbeitung der Ansicht in CAD-Programmen.

Abbildung 10 zeigt eine solche von GTP-F erstellte DXF-Datei. Dargestellt ist das reduzierte Förderstrom-Prozessbild eines vollständigen Bergwerks einschließlich der berechneten Förderströme, wobei zur Verbesserung der Übersichtlichkeit an zwei Stellen mehrere separate Streckenvortriebe zu Ersatzorten zusammengefasst wurden. Es ist leicht möglich, die exportierte DXF-Datei unter Nutzung von CAD-Programmen (zum Beispiel AutoCAD) um Zeichnungsrahmen und Schriftfelder zu ergänzen und auf diesem Weg zu ausdrückbaren Übersichtsplänen zu gelangen.

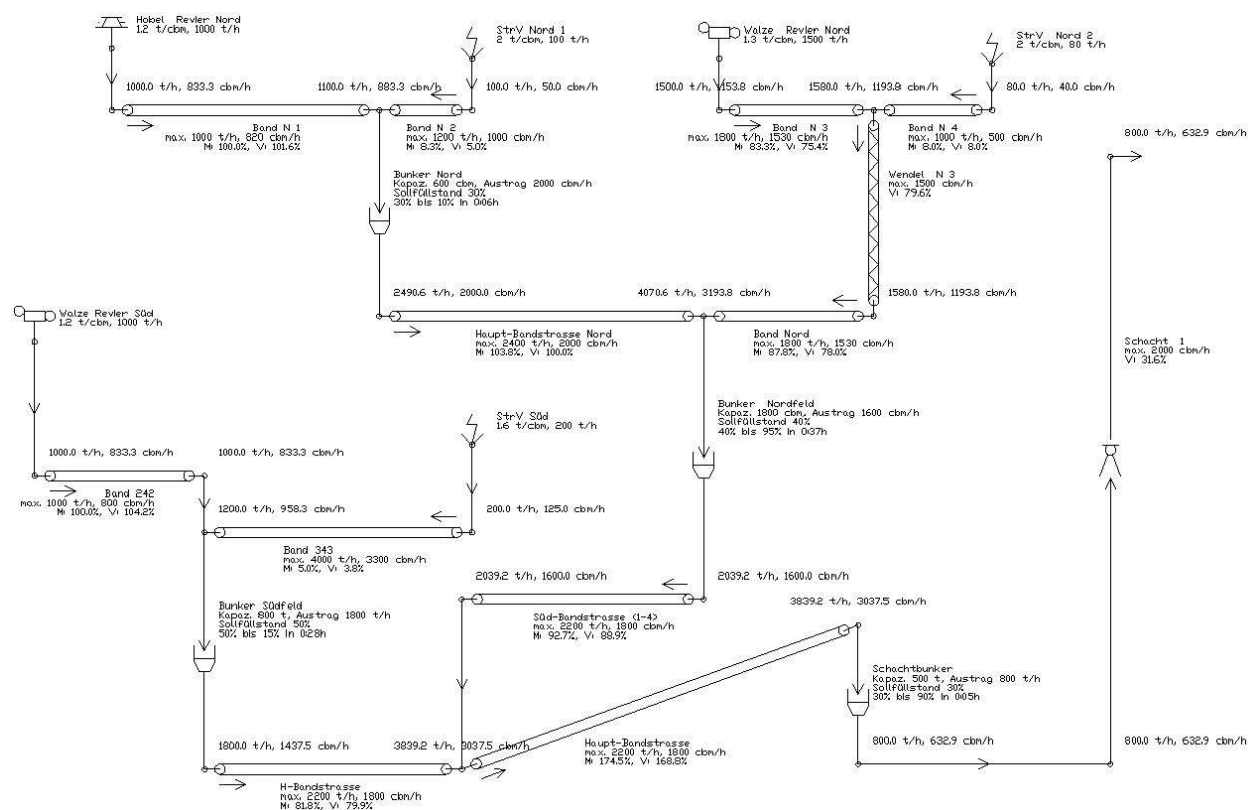


Abb. 10 Förderstrom-Prozessbild eines Bergwerks

## 6. Das Informationssystem ProNet

ProNet entspricht vom grundlegenden Ansatz her dem GTP-Querschnittsmodul Info-Manager, das Unterstützung beim fachübergreifenden Informationsaustausch bietet. Der Info-Manager basiert hinsichtlich der grafischen Komponente auf AutoCAD und ermöglicht den Zugriff auf Daten ausschließlich im GTP-Umfeld. ProNet hingegen ist weitaus universeller. Zunächst gedacht zur anschaulichen und übersichtlichen Darstellung von wettertechnischen Prozessdaten anhand eines 3D-Grubengebäudemodells, hat es sich mittlerweile zu einem vielseitigen Informationssystem entwickelt, das ebenfalls die GTP-Datenbank nutzt, jedoch unter Einsatz von Internettechnologie über Webbrowser systemunabhängig, unternehmensweit den Zugriff bzw. die Visualisierung von Daten aus unterschiedlichsten Quellen erlaubt. Durch beliebig kombinierbare Informationsschichten aus den verschiedenen Bereichen eines Bergwerks können nun sicherheitsrelevante Informationen mit aktuellen Daten aus den Bereichen Abbau, Vorleistung, Gewinnung und auch SAP in einer einheitlichen Oberfläche visualisiert werden.

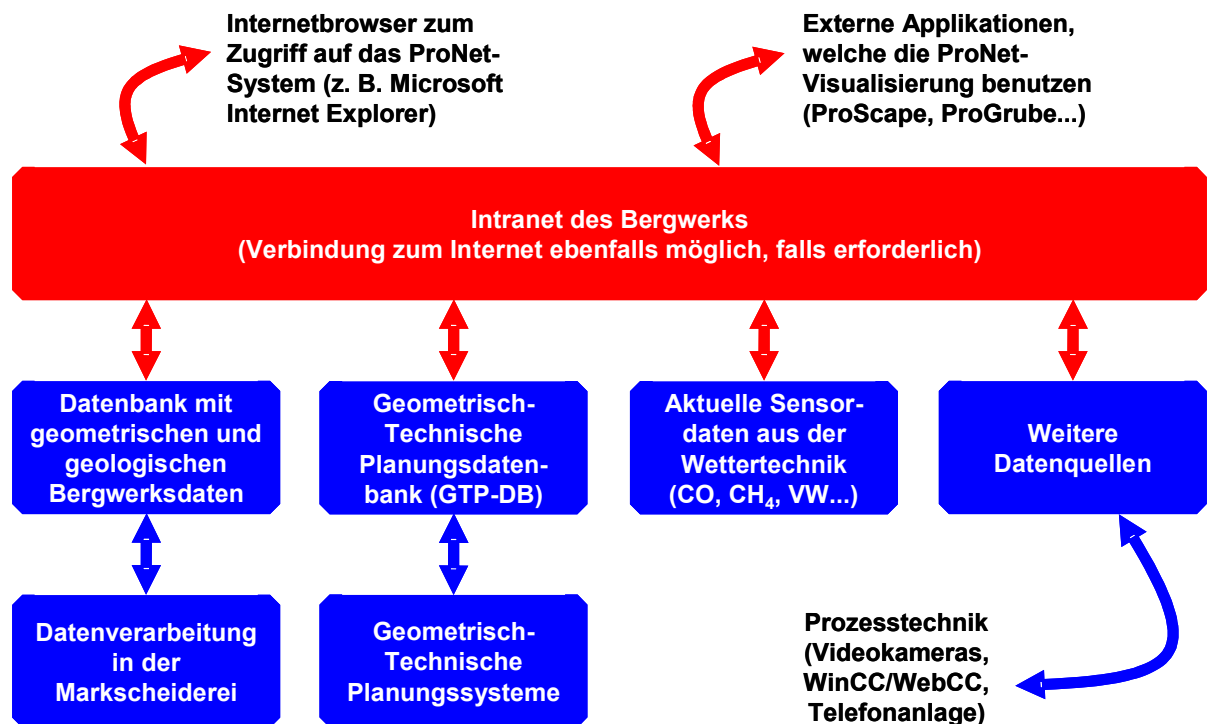


Abb. 11 ProNet-Konzept

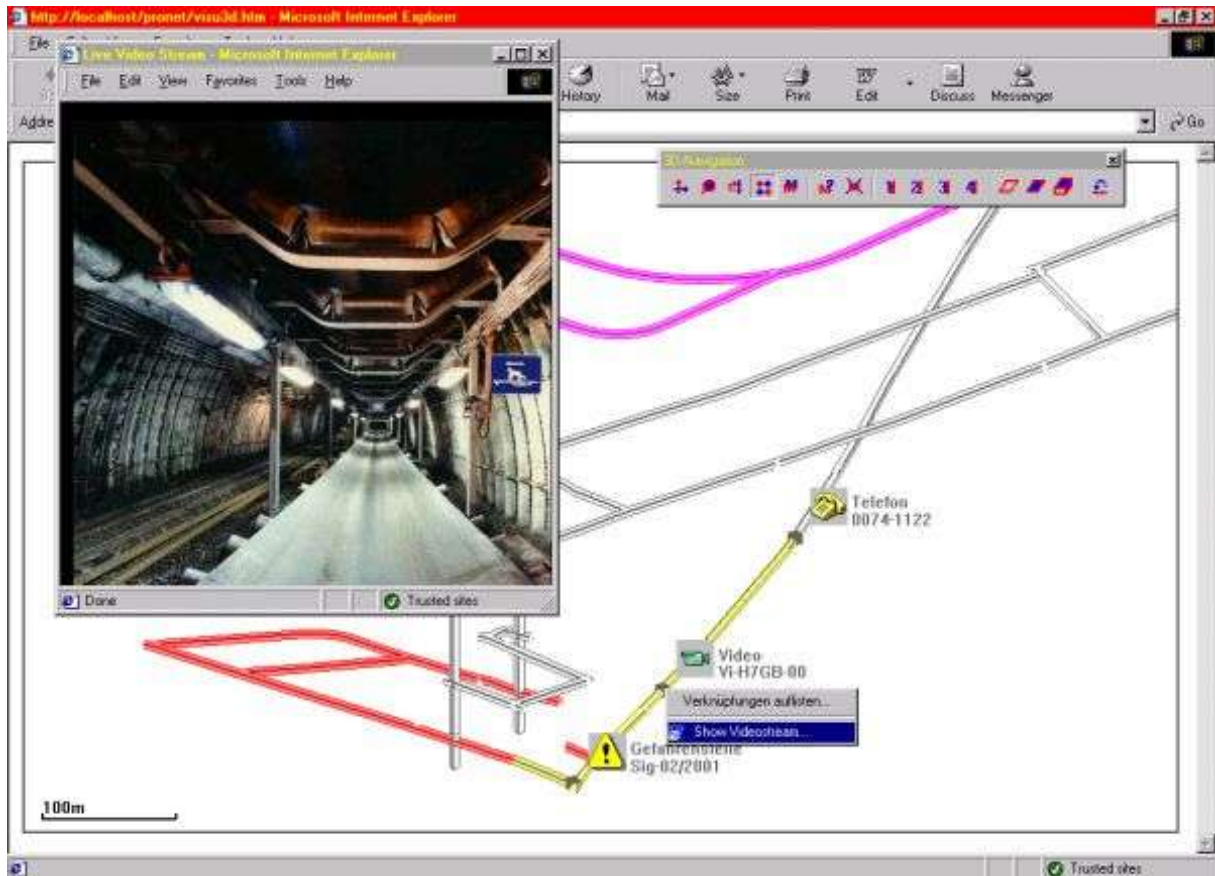


Abb. 12 ProNet-Screenshot

Hierzu zählen selbstverständlich auch die Daten und Informationen, die im Zuge einer Bandanlagenplanung, Gewinnungsrechnung oder Förderstromanalyse generiert wurden.

## 7. Aktuelle Entwicklungen

Unter Nutzung von ProNet-Technologie sind auch einige eigenständige Applikationen entstanden. Hierzu zählen z.B. ProScope, ein Programm zur Ermittlung von Fluchtwegen oder ProKlima, zur Erfassung und Darstellung der verschiedenen Klimazonen im Grubengebäude. In diese Kategorie fällt auch die jüngste Entwicklung ProTrans. Dieses Programm dient der Simulation von untertägigen Transporten von Stückgütern mittels Eisenbahn oder EHB. ProTrans erlaubt die grafisch interaktive Ableitung von Transportnetzen am Grubengebäude inklusive aller notwendigen Definitionen hinsichtlich Transportmittel und sonstiger Randbedingungen. Zwischenergebnis ist zunächst eine Eingabedatei für das Simulationsprogramm DOSIMIS, eine Entwicklung des Instituts Materialfluss und Logistik der Fraunhofer-Gesellschaft. Nach Durchlauf des Programms können nun die Simulationsergebnisse, oder ausgewählte Teile davon, wieder am Grubengebäude dargestellt werden. Hierzu zählen z.B. Auslastungen von Strecken, Bahnhöfen oder Transporteinheiten oder die Dauer von Transporten.

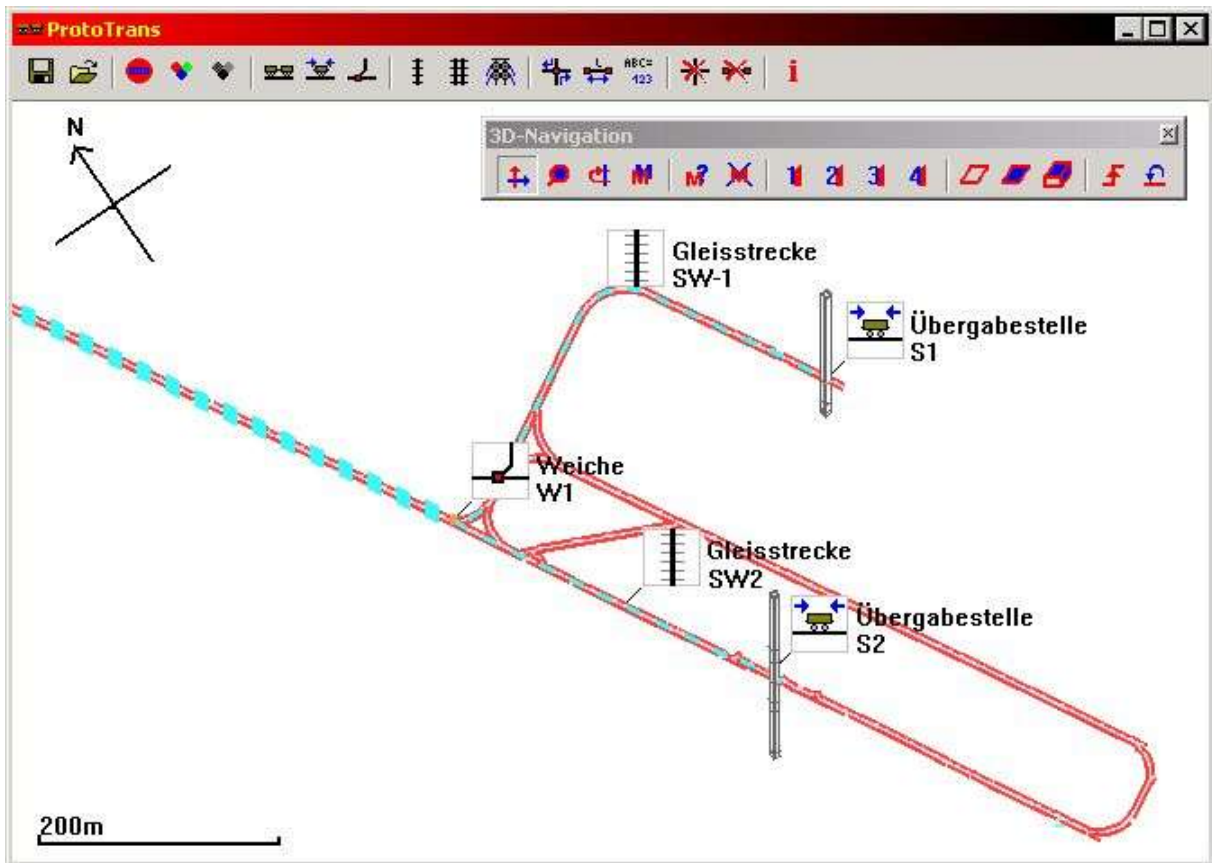


Abb. 13 ProTrans-Screenshot

In ProTrans werden Transportnetze als Verknüpfungen von Netz-Elementen abgebildet. Dabei ist grundsätzlich zwischen Knoten-Elementen (z. B. Weichen, Übergabepunkte) und Zweig-Elementen (z. B. Eingleis- oder Doppelgleisstrecken) zu unterscheiden. Bei der Definition von Transportnetzen durch den Anwender sind zunächst die Positionen der Knoten-Elemente und anschließend deren Verbindungen durch die Zweig-Elemente festzulegen. Die Ermittlung des genauen Zweigverlaufs sowie der Zweiglänge kann automatisch von der integrierten ProNet-Visualisierungskomponente übernommen werden. Neben der eigentlichen Definition der Netztopologie sind verschiedene Randbedingungen zu berücksichtigen wie Fahrpläne, verfügbare Transporteinheiten und Startzustände, die den einzelnen Netz-Elementen zugeordnet werden. Diese Zuordnung führt zu einer hierarchischen Datenstruktur, die zwischen der ProTrans-Benutzeroberfläche und dem Simulationskern übermitteln wird. Hierzu kommt das XML-Datenformat zum Einsatz, das eine flexible Anbindung des Simulationskerns wie auch eine leichte Erweiterbarkeit der ProTrans-Oberfläche gewährleistet.

Insgesamt bietet ProTrans eine einfache Möglichkeit zur grafisch interaktiven Definition von Transportnetzen direkt am 3D-Grubengebäudemodell des Bergwerks und ermöglicht die Nutzung einer spezialisierten Simulationssoftware über eine intuitiv anzuwendende Benutzeroberfläche.

## **8. Zusammenfassung**

Der Einsatz von Computern bei der Planung und Auslegung förder technischer Anlagen und Komponenten ist heutzutage selbstverständlich. Im Rahmen des Geometrisch-Technischen Planungssystems stehen Module zur Verfügung, die die Planung und Auslegung von Bandanlagen, Gewinnungsbetrieben und Fördersystemen wirkungsvoll unterstützen. Dabei steht nicht allein die technische Berechnung einzelner Anlagen im Vordergrund, sondern auch die Bereitstellung aller damit im Zusammenhang stehenden Daten und Informationen in der zentralen GTP-Datenbank zur weiteren Verarbeitung durch anderer Module bzw. Fachdisziplinen. Diesem äußerst wichtigen Aspekt des Informationsmanagement und der Kommunikationsunterstützung wird innerhalb des GTP-Systems u. a. durch das Modul „Info-Manager“ Rechnung getragen. Das System ProNet bietet darüber hinaus die Möglichkeit, auf diese Informationen, neben vielen anderen, plattformunabhängig im Intranet zuzugreifen. In diesem EDV-Umfeld lassen sich nicht nur technische Daten ablegen, sondern auch Vorschriften, Empfehlungen, Erfahrungen und Know How verankern. Somit sind neben der Datenvisualisierung und –verwaltung auch Aspekte des „Knowledge-Managements“ abgedeckt.