



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/052673**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2013 004 743.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2013/062044**
(86) PCT-Anmeldetag: **26.09.2013**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **03.04.2014**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **24.09.2015**

(51) Int Cl.: **G01N 21/35 (2006.01)**
G01N 33/24 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
61/705,760 **26.09.2012** **US**

(71) Anmelder:
Panalytical Inc., Boulder, Col., US

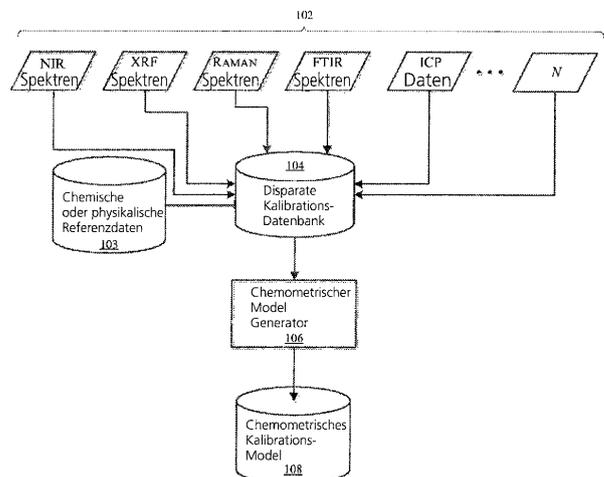
(74) Vertreter:
Lorenz & Kollegen Patentanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB, 89522
Heidenheim, DE

(72) Erfinder:
Shiley, Daniel A., Boulder, Col., US; Curtiss,
Brian, Boulder, Col., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Multi-Sensoranalyse eines komplexen geologischen Materials**

(57) Zusammenfassung: Es werden Anordnungen und Verfahren zum Analysieren eines unbekannt geologischen Musters offenbart. Die Anordnung kann wenigstens zwei analytische Unteranordnungen umfassen und jede von den wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen stellt unterschiedliche Informationen über das geologische Muster bereit. Die Datensätze von unterschiedlichen analytischen Unteranordnungen werden zur weiteren Analyse kombiniert und die Anordnung umfasst ein chemometrisches Kalibrationsmodell, das geologische Attribute von analytischen Daten, die zuvor durch wenigstens zwei analytische Techniken erhalten wurden, in Verbindung setzt. Ein Prognosemotor wendet das chemometrische Kalibrationsmodell auf die kombinierten analytischen Informationen von dem geologischen Muster an, um spezifische geologische Attribute dem unbekannt geologischen Muster zu prognostizieren.



Beschreibung

PRIORITÄTSANSPRUCH NACH 35 U.S.C. § 119

[0001] Die vorliegende Patentanmeldung nimmt die Priorität der Provisional Application No. 61/705760 mit dem Titel "SYSTEMS AND METHODS FOR MULTIVARIATE CALIBRATION USING MULTI-SENSOR DATA" in Anspruch, die am 26. September 2012 eingereicht wurde, und die auf den Rechtsnachfolger hiervon übertragen wurde und die hierin explizit durch Bezugnahme aufgenommen worden ist.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Die folgende Erfindung betrifft das Verbessern der Qualität und Quantität von Informationen, die von geologischen Mustern erhalten werden können. Insbesondere, jedoch nicht hierauf beschränkt, betrifft die vorliegende Erfindung Anordnungen und Verfahren, die Multi-Sensor Datenströme nutzen, um verbesserte qualitative und quantitative Informationen über Erz-Eigenschaften zu erhalten, die eine effiziente Minenplanung und effiziente bergbaubezogene Tätigkeiten ermöglichen können.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0003] Die Bestimmung von Mineralien ist eine komplexe Aufgabe, die eine Messung der elementaren Zusammensetzung, Mineralogie, Lithologie, des Härtegrad und anderer chemischer und physischer Parameter umfassen kann. In dem Kontext von beispielsweise bergbaubezogenen Tätigkeiten, benötigen Bergbauunternehmen Kenntnis der Erzeigenschaften sowohl zum Planen einer Mine als auch für bergbaubezogene Tätigkeiten. Die Erzmineralogie hat einen starken Einfluss auf Kosten und Effizienz der Metallerkennung. Erzmetallurgische Eigenschaften können auch das Verhalten des Erzes in Verfahrensschritten, wie beispielsweise beim Zerkleinern, Konzentrieren und Extrahieren beeinflussen.

[0004] In einem typischen Erz-Analysesystem wird ein einziger analytischer Datenstrom verwendet, um einen Parameter zu prognostizieren oder zu messen. Die Nah-Infrarot(NIR)-Spektroskopie ist eine Molekulartechnik und wurde für die qualitative und quantitative Bestimmung von mineralischen Inhalten und für bestimmte metallurgische Antwortparameter verwendet. Röntgenfluoreszenz wird typischerweise verwendet, um eine Messung von Elementarparametern zu erstellen. In ähnlicher Weise ist die Laser-Emissionsspektroskopie (laser-induced breakdown spectroscopy, LIBS) ein weiteres Verfahren, das eine Elementaranalyse bereitstellt. Die Raman-Spektroskopie, die Fourier-Transformations-Infrarot (FT-IR) Spektroskopie und die NIR-Spektroskopie sind Molekulartechniken und werden für die qualitati-

ve Schätzung mancher Mineralarten eingesetzt. Obwohl NIR-, FT-IR- und Raman-Spektroskopie Techniken zur qualitativen Einschätzung von Mineralien genutzt worden sind, ist jede für einen unterschiedlichen Satz von Mineralien nützlich. Während jede bekannte analytische Technik geeignet sein kann, eine Teilmenge der benötigten Informationen bereitzustellen, kann in vielen Fällen die Genauigkeit und Präzision der einzelnen analytischen Technik weniger als optimal sein. Dementsprechend werden eine Anordnung und ein Verfahren benötigt, um die Fehlmengen der bekannten Technologie zu adressieren und die Qualität und Quantität der benötigten Informationen zum effizienten Planen von Minen und bergbaubezogenen Tätigkeiten zu verbessern.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Aspekte der vorliegenden Erfindung umfassen ein Verfahren zum Analysieren eines unbekanntes geologischen Musters. Das Verfahren umfasst die Schritte des Erhaltens eines unbekanntes geologischen Musters und des Analysierens des unbekanntes geologischen Musters mit wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen, um zwei Sätze von analytischen Daten zu erhalten. Die zwei Sätze analytischer Daten werden dann zu einem einzigen Datensatz kombiniert und Attribute des unbekanntes geologischen Musters werden dadurch identifiziert, dass ein chemometrisches Kalibrationsmodell auf die kombinierten Daten angewandt wird, um geologische Attribute des Musters zu prognostizieren.

[0006] Andere Aspekte umfassen eine Anordnung zum Analysieren eines unbekanntes geologischen Musters. Die Anordnung umfasst wenigstens zwei analytische Unteranordnungen, die eine Nah-Infrarot-Analyse-Unteranordnung und wenigstens eine andere analytische Unteranordnung umfassen. Jede der wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen stellt unterschiedliche kompositionelle Informationen über das geologische Muster bereit. Die Anordnung umfasst auch ein zuvor erzeugtes chemometrisches Kalibrationsmodell, das auf einer Datenbank basiert, die Aufzeichnungen mit kombinierten Daten von einer Vielzahl analytischer Anordnungen umfasst, die geologische Attribute mit diesen analytischen Daten beschreiben. Ein Prognosemotor (prediction engine) verwendet das chemometrische Modell, das auf den Aufzeichnungen in der chemometrischen Datenbank basiert, um die Zusammensetzung der geologischen Attribute vorherzusagen.

[0007] Wieder weitere Aspekte umfassen ein nicht flüchtiges, greifbares prozessor-lesbares Speichermedium, das mit prozessorlesbaren Instruktionen kodiert ist, um ein Verfahren zum Analysieren eines unbekanntes geologischen Musters durchzuführen. Das Verfahren umfasst das Erhalten eines unbekanntes geologischen Musters und das Analysieren

des unbekanntes geologischen Musters mit wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen, um zwei Sätze von analytischen Daten zu erhalten. Die zwei Sätze analytischer Daten werden in einen kombinierten Datensatz zusammengefasst und Attribute des unbekanntes Musters werden dadurch identifiziert, dass ein chemometrisches Kalibrationsmodell auf die kombinierten Daten angewandt wird, um geologische Attribute des Musters zu prognostizieren.

[0008] Beispielhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die präsentiert werden, sind nachfolgend zusammengefasst. Diese und andere Ausführungsformen werden in dem Abschnitt der detaillierten Beschreibung detaillierter beschrieben. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass nicht beabsichtigt ist, die Erfindung auf die in der Zusammenfassung der Erfindung oder in der detaillierten Beschreibung beschriebenen Form zu beschränken. Der Fachmann kann erkennen, dass vielzählige Modifikationen, äquivalente und alternative Ausgestaltungen vorhanden sind, die unter den Grundgedanken und den Umfang der Erfindung fallen, wie sie in den Ansprüchen beschrieben ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0009] Verschiedene Aufgaben und Vorteile und ein vollständiges Verständnis der vorliegenden Erfindung ergeben sich und sind durch Bezugnahme auf die nachfolgende detaillierte Beschreibung und die angefügten Ansprüche ersichtlicher, wenn diese in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gesehen werden, wobei:

[0010] Fig. 1 ein Diagramm ist, das eine beispielhafte Anordnung zum Erzeugen eines chemometrischen Kalibrationsmodells zeigt;

[0011] Fig. 2 ein Diagramm ist, das eine exemplarische Anordnung zum Pognostizieren von Attributen eines unbekanntes Musters darstellt, die das chemometrische Kalibrationsmodell, das in Fig. 1 erzeugt wurde, nutzt;

[0012] Fig. 3 ein Flussdiagramm ist, das ein Verfahren zeigt, das in Verbindung mit der Ausführungsform, die in Fig. 2 gezeigt ist, durchlaufen werden kann;

[0013] Fig. 4 ein Diagramm ist, das eine weitere Ausführungsform zeigt, in der zwei oder mehr analytische Technologien in einer einzigen Einheit integriert sind;

[0014] Fig. 5 eine Zusammenfassung der unterschiedlichen Parameter des Kalibrationsmodells darstellt, die für unterschiedliche Mineralien und eine einzige metallurgische Eigenschaft unter Verwendung von ausschließlich NIR-Spektren, von ausschließ-

lich ICP-AIS-Daten und unter Verwendung von NIR-Spektren in Kombination mit ICP-AIS-Daten erzeugt wurden; und

[0015] Fig. 6 ein Blockdiagramm ist, das physikalische Komponenten darstellt, die im Zusammenhang mit dem Verwirklichen von Komponenten, wie sie hierin offenbart sind, verwendet werden kann.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0016] Mehrere Ausführungsformen, die hierin offenbart sind, stellen ein Verfahren zum Adressieren des Bedarfs zum Erhalten von verbesserten Informationen über geologische Eigenschaften bereit, indem Datenströme und/oder Ergebnisse von vielzähligen Sensoren kombiniert werden, wie beispielsweise Röntgenbeugung (X-ray diffraction, XRD), Röntgenfluoreszenz (X-ray fluorescence, XRF), Raman-Spektroskopie, Fourier-Transformations-Infrarot-Spektrometrie (FT-IR), Laser-Emissionsspektroskopie (LIBS), quantitative Evaluation von Mineralien durch Rasterelektronenmikroskopie (quantitative evaluation of minerals by scanning electron microscopy, QEMSCAN), Chemie des gesamten Gesteins (whole rock chemistry) und Nah-Infrarot (NIR) in einem einzigen multivariablen Kalibrationsmodell. Beispielsweise werden NIR, FT-IR und Raman verwendet, um Mineralien zu analysieren, jedoch ist jedes Verfahren für eine andere Liste von Mineralarten am besten geeignet. Somit ist die Kombination der NIR-, FT-IR- und Raman-Sensoren zusammen nützlich, um bessere qualitative und quantitative Ergebnisse zu erzielen.

[0017] Wie vorstehend diskutiert, arbeitet NIR gut mit einem weiten Bereich von Verfahren zur Musteraufbereitung. Somit sind NIR-Spektren, die von einem NIR-Spektrometer erhalten werden, mit Daten von "whole rock"-Mineralanalysen kombiniert (die im wesentlichen Elementaranalyse Daten darstellen, die ähnlich zu denen sind, die von XRF-Instrumenten erzeugt werden) oder anderen Formen von Elementaranalysen in eine einzige Datenmatrix für eine verbesserte chemometrische Datenanalyse und Entwicklung der Kalibration.

[0018] In dem NIR-Bereich können viele wichtige Mineralien, die mit den geologischen Bedingungen in Verbindung stehen, die indikativ für Mineralisation (Ablagerung von Metall) sind, ermittelt werden. Somit haben NIR-analytische Techniken im Allgemeinen einen hohen Anwendungsbereich in Verbindung mit dem Messen von Umwandlungsmineralien. Diese Minerale resultieren aus einer Veränderung des Muttergesteins und sind oftmals Pfadfinder für Mineralisation (Präsenz von wertvollen Metallen). Während der NIR-Bereich sensitiv für die meisten Umwandlungsminerale ist, fehlt es an Sensitivität für viele gesteinsformende Minerale und Sulfid-

minerale. Die Kenntnis über die elementare Zusammensetzung kann bei der Identifikation dieser Minerale unterstützen, jedoch ist NIR eine Molekular-technik. Daraus resultiert oftmals die Notwendigkeit, eine zusätzliche Technik anzuwenden, um die elementare Zusammensetzung des Minerals zu messen, wie beispielsweise mittels induktiv gekoppelter plasma-optischer Emissionsspektroskopie (ICP-OES) Analyse, induktiv gekoppelter Plasma-Atom-Emissionsspektroskopie (ICP-AES), induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS), Röntgenfluoreszenzspektroskopie (XRF) oder über verschiedene chemische Analysen. Darüber hinaus ist der NIR-Bereich nicht ideal für die Messung vieler gesteinsbildender Mineralien, so dass der Zusatz von entweder einer Raman-Spektroskopie oder einer Fourier-Transformations-Infrarot Spektrometrie (FT-IR) oftmals separat angewandt wird. Zusätzliche chemische oder physikalische Tests können ebenfalls angewandt werden, um eine Messung der metallurgischen Prozessparameter des Materials bereitzustellen.

[0019] FT-IR-analytische Techniken haben üblicherweise eine Anwendung zur Messung von gesteinsbildenden Mineralien und eine geringere Nützlichkeit für Umwandlungsminerale. FT-IR wird nicht für die Bestimmung der Elemente angewandt. Die Raman-Analyse ist sinnvoll für Sulfide, kristalline Materialien und manche gesteinsformende Materialien, jedoch wird sie nicht zur Bestimmung von Elementen angewandt. Eine Raman-analytische Anordnung nutzt einen Laserstrahl verschiedener Wellenlängen, um die Atome eines Musters anzuregen, durch die diese dazu veranlasst werden, sich in unterschiedliche Schwingungszustände zu bewegen. Manche dieser Schwingungszustände veranlassen einen Teil der Anregungssillumination dazu, einen Energiewechsel zu vollziehen. Raman misst die Verschiebung des Energiezustands und Materialien haben oftmals einen einzigartigen Fingerabdruck für den Raman-Shift.

[0020] Die XRF-Analyse ist sinnvoll für die Bestimmung der Elementarzusammensetzung und für die Bestimmung des Metallgehalts. XRF wird überwiegend als Schnellverfahren für eine Elementaranalyse angewandt und XRF-Anordnungen verwenden Röntgenstrahlen, um die Zusammensetzung zu ermitteln. Alle Formen von ICP werden für die Bestimmung der Elementarzusammensetzung genutzt. Im Bergbau wird ICP überwiegend zur Bestimmung des Metallgehalts angewendet.

[0021] NIR, FT-IR, Raman und XRF verwenden allesamt elektromagnetische Strahlung zum Betrieb. NIR arbeitet im Bereich von 350 bis 2500 nm, der FT-IR-Bereich umfasst längere Wellenlänge, während XRF-Instrumente in dem kürzerwelligen Bereich der Röntgenstrahlen arbeiten. Wie Fachleute aner-

kennen, gibt es eine große Überlappung zwischen FT-IR-, NIR- und Raman-Verfahren. Typischerweise wird nur eines dieser Verfahren im Bergbau verwendet, überwiegend basierend darauf, welche Technik am besten für dasjenige Mineral geeignet ist, das von größtem Interesse ist.

[0022] Unter Bezugnahme auf die Figuren, bei denen ähnliche oder gleiche Elemente mit identischen Bezugszeichen in den unterschiedlichen Ansichten angegeben sind, und unter Bezugnahme insbesondere auf **Fig. 1**, ist eine Ausführungsform einer Anordnung zum Erzeugen eines chemometrischen Kalibrationsmodells gezeigt. Wie gezeigt, werden in dieser Ausführungsform **N** Datenerfassungen **102** von **N** unterschiedlichen analytischen Techniken jeweils mit chemischen oder physikalischen Bezugsdaten in eine disparate Kalibrationsdatenbank (disparate calibration database) **104** hinein kombiniert. Diese disparate Kalibrationsdatenbank **104** wird als "disparat" bezeichnet, da sie, obwohl die Kalibrationsdaten von den unterschiedlichen analytischen Techniken zugänglich sind, bei dieser Stufe noch immer separat sind und noch nicht, wie nachfolgend erläutert, vereinheitlicht worden sind.

[0023] Wie gezeigt, können die **N** Datenerhebungen NIR-Spektren, XRF-Spektren, Raman-Spektren, FT-IR-Spektren, ICP-Daten von korrespondierenden analytischen Techniken und potenzielle andere Daten von anderen analytischen Techniken umfassen, die vorstehend und nachfolgend diskutiert werden. Die chemischen oder physikalischen Referenzdaten **103** in dieser Ausführungsform sind Daten, die ein bekanntes Attribut eines geologischen Musters darstellen, das der Natur nach eine Molekulareigenschaft oder Molekularstruktur ist. Beispielsweise können ein spezifischer Mineralgehalt, ein Elementgehalt und/oder metallurgische Eigenschaften für ein Muster in den chemischen oder physikalischen Referenzdaten **103** sitzen. Auf diese Weise wird ein bekanntes Attribut (beispielsweise die Molekularstruktur) mit der korrespondierenden Signatur des Attributs in Verbindung gebracht werden, das von der korrespondierenden analytischen Technik ermittelt wird.

[0024] Die disparate Kalibrationsdatenbasis **104** kann in Datensätzen organisiert sein und jeder Datensatz kann das bekannte Attribut und die korrespondierende Signatur, die von der korrespondierenden analytischen Technik erzeugt wird, umfassen. Wenn die disparate Kalibrationsdatenbank **104** assembliert wird, umfasst sie jedoch eine große Sammlung von unterschiedlichen Datensätzen (die durch analytische Techniken getrennt sind), so dass die disparate Kalibrationsdatenbank **104** nützlich ist, wenn analytische Techniken separat angewandt werden, jedoch schwerfällig ist, redundante Daten umfasst und nicht zugänglich zur Verwendung ist, wenn zwei oder mehr analytische Techniken (beispielswei-

se NIR und XRF) simultan verwendet werden, um ein Muster zu analysieren.

[0025] Somit repräsentiert die disparate Kalibrationsdatenbank **104** eine Sammlung von typischen Kalibrationsdaten, die verwendet werden mit dem typischen und üblichen Verfahren zur Materialienbestimmung, welches das separate Sammeln und Analysieren von Daten unter Verwendung einer Vielzahl von Instrumenten und chemischen Verfahren umfasst. Mit anderen Worten werden Daten von jeder individuellen analytischen Technik in der disparaten Kalibrationsdatenbank **104** gespeichert, ohne Rücksicht auf die anderen Daten (abgeleitete Kompositions- oder andere Materialeigenschaftswerte) von den anderen analytischen Techniken.

[0026] Es sollte bedacht werden, dass die gezeigte disparate Kalibrationsdatenbank **104** schlicht die Zugänglichkeit von Kalibrationsdaten von den N analytischen Techniken repräsentiert, und sie kann durch eine verteilte Sammlung von Datenspeichern umgesetzt sein, die gemeinsam oder nicht gemeinsam untergebracht sein können. So ist beispielsweise in Erwägung gezogen, dass NIR-Kalibrationsdaten für eine spezifische geologische Eigenschaft in einem ersten Ort gespeichert werden können und XRF-Kalibrationsdaten für die gleiche geologische Eigenschaft an einer zweiten Stelle gespeichert sein können, die NIR- und die XRF-Kalibrationsdaten jedoch durch eine Kabelverbindung und/oder kabellose Netzwerke zugänglich sind und dem chemometrischen Modellgenerator **106** zur Verarbeitung bereitgestellt werden.

[0027] Im Allgemeinen funktioniert der chemometrische Modellgenerator **106** dazu, separate Sätze von Kalibrationsdaten von der disparaten Kalibrationsdatenbank **104** (die zwei oder mehr der separaten analytischen Techniken entsprechen) zu kombinieren, um eine umfassendere, jedoch einfachere Bestimmung von geologischen Attributen eines Musters zu erzeugen.

[0028] Obwohl jede erdenkliche Untersuchung ein Material nicht ideal identifizieren kann, kann ein Teil des Rohsignals oder des interpretierten Ergebnisses nützlich sein, um andere Eigenschaften des Materials zu ermitteln. Somit kann das Material in einem höheren Maße dann, wenn dieses in einem multivariaten Modell mit anderen zugänglichen Daten kombiniert wird, in einem höheren Maße bestimmt werden als dies mit jeder individuellen Datenquelle möglich ist. Die Kombination aller relevanten Daten (von zwei oder mehr der analytischen Techniken) in dem chemometrischen Kalibrationsmodell **108** ermöglicht eine bessere übergreifende Bestimmung eines geologischen Musters als mit einer einzigen Informationsquelle. Darüber hinaus ist das chemometrische Kalibrationsmodell **108** eine leicht umzusetzende Form,

die einfach für die Implementierung in bergbaubezogenen Tätigkeiten anpassbar ist, wo eine schnelle Analyse des geologischen Materials gewünscht wird.

[0029] In manchen Ausführungsformen wird der Output (der abgeleitete Kompositionswert oder andere Materialeigenschaftswerte) von jeder Nicht-NIR-Datenquelle zu der übergeordneten Datenbank zusammen mit den NIR-Spektren hinzugefügt. Beispielsweise erzeugt XRF ein Spektrum, das von der XRF genutzt wird, um die elementare Zusammensetzung eines Musters zu bestimmen. In diesen Ausführungsformen werden die Elementarwerte mit den NIR-Spektraldaten in die Datenbank hinein kombiniert, um ein multivariates Kalibrationsmodell zu erzeugen, das in dem chemometrischen Kalibrationsmodell **108** verwendet wird. In anderen Ausführungsformen werden die rohen Nicht-NIR-Daten (das XRF-Spektrum, Raman-Spektrum, IR-Spektrum, etc.) (eher als abgeleitete Kompositionswerte oder andere Materialeigenschaftswerte) mit dem NIR-Spektrum kombiniert, um ein multivariates Kalibrationsmodell zu schaffen, das in dem chemometrischen Kalibrationsmodell **108** verwendet wird.

[0030] In vielen Fällen führt das resultierende vereinfachte Modell, das von den zwei Quellen (beispielsweise einer NIR-Quelle und einer ICP-Quelle) stammt, zu einer Bestimmung, die umfassender ein geologisches Attribut bestimmt als die Summe der zwei separaten Kalibrationssätze für die Quellen.

[0031] In manchen Implementierungen wird der chemometrische Modellgenerator **106** durch prozessorbasierte Hardware umgesetzt, die nicht-flüchtige, prozessorausführbare Instruktionen ausführt, um zwei oder mehr Sätze von Kalibrationsdaten in ein vereinheitlichtes Kalibrationsmodell zu kombinieren, das der Anwendung zugänglicher ist (beispielsweise um die Komponentenstruktur eines Musters und/oder Komponenten zu prognostizieren). In manchen Varianten verwendet der chemometrische Modellgenerator **106** beispielsweise die Hauptbestandteilsanalyse (principle component analysis, PCA), um zu einem Modell mit einer Anzahl von Hauptbestandteilen zu gelangen, die geringer ist als die Anzahl von Variablen in den Quelldaten von der disparaten Kalibrationsdatenbank **104**, jedoch ist vorgesehen, dass andere Ansätze, wie beispielsweise der Partial Least Squares(PLS)-Ansatz genutzt werden.

[0032] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** ist eine Anordnung zum Identifizieren von Attributen eines geologischen Musters **204** gezeigt. Während auf die **Fig. 2** Bezug genommen wird, wird zugleich auch auf **Fig. 3** verwiesen, die ein Flussdiagramm ist, das ein Verfahren zeigt, das in Verbindung mit der Ausführungsform, die in **Fig. 2** gezeigt ist (zusätzlich zu anderen Ausführungsformen, die hierin beschrieben sind), durchgeführt werden kann. Wie gezeigt,

umfasst die Anordnung **200** eine Analysekomponente **202** zum Analysieren eines geologischen Musters (beispielsweise Erz), wobei zwei oder mehr von N analytischen Technologien (auch als analytische Unteranordnungen bezeichnet), wie beispielsweise NIR, XRF, Raman, FT-IR, ICP und potenzielle andere Technologien verwendet werden. Obwohl viele analytische Techniken verwendet werden können, wie vorstehend hierin diskutiert, werden in vielen Ausführungsformen nur zwei analytische Technologien angewandt.

[0033] Im Betrieb wird zuerst ein unbekanntes geologisches Muster zur Analyse erhalten (Block **300**). Beispielsweise kann das Muster ein Erzmuster sein, das während der Entwicklung einer neuen Bergmine oder während der andauernden Extraktion von Material aus einer bestehenden Bergmine erhalten wird. In manchen Minen sind beispielsweise die Ablagerungen räumlich voneinander verschieden und eine fortwährende Analyse ist wichtig zum Sortieren des Erzes oder zur Verbesserung der Erzverarbeitung. Wie dargestellt, wird das unbekannte Muster mit wenigstens zwei der N analytischen Technologien analysiert (Block **302**) und jede der wenigstens zwei analytischen Technologien erzeugt einen korrespondierenden Datenstrom, der wenigstens zwei Datenströme **206**, wenn das Muster analysiert wird.

[0034] Die Daten von diesen Strömen **206** werden dann in einer Datensammelkomponente **208** gesammelt, bevor sie verarbeitet werden (Block **304**). In manchen Implementierungen werden die Daten von jeder analytischen Technologie erzeugt und zu der Datensammelkomponente **208** im Wesentlichen simultan gesendet. Jedoch in anderen Implementierungen analysieren die Analysetechnologien das Muster nicht zur gleichen Zeit und die Datensammelkomponente **208** wartet, bis sie die Daten von jeder Analysetechnologie erhalten hat, ehe sie diese kombiniert und die Daten zu der gemeinsamen Datenbank entlässt.

[0035] Wie gezeigt, ist ein Prognosemotor **212** mit der kombinierten Datenbank **210** und dem chemometrischen Kalibrationsmodell **108** (das, wie unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben, erzeugt ist) gekoppelt, und der Prognosemotor **212** arbeitet im Wesentlichen, um eine Identifikation der Attribute des Musters **204** bereitzustellen, indem das chemometrische Kalibrationsmodell **108** auf die gesammelten und kombinierten Daten angewandt wird (Block **306**). Typischerweise umfasst das Kalibrationsmodell einen Satz von Vektoren, die in Anwendung mit den korrespondierenden Datenvektoren multipliziert werden, um bei einem prognostizierten Ergebnis anzukommen.

[0036] Dazu soll erwähnt sein, dass die analytischen Unteranordnungen dieselben Arten von Anordnungen

sind, die verwendet wurden, um das chemometrische Kalibrationsmodell zu erzeugen. Wenn beispielsweise die analytischen Unteranordnungen NIR und XRF Anordnungsarten sind, dann müssen die analytischen Anordnungen, die verwendet werden, um das chemometrische Kalibrationsmodell zu erzeugen, auch NIR und XRF Anordnungen sein. Ein Fachmann erkennt, dass dann, wenn die analytischen Unteranordnungen von einem anderen Hersteller erstellt wurden als die analytischen Anordnungen, die verwendet werden, um das chemometrische Kalibrationsmodell zu erzeugen, Produkte verfügbar sind, um die Daten, die von den analytischen Unteranordnungen erzeugt wurden, zu konvertieren, so dass das chemometrische Kalibrationsmodell auf die kombinierten Daten, die von den analytischen Subsystemen erzeugt wurden, angewendet werden kann.

[0037] In manchen Varianten der Ausführungsform, die in **Fig. 2** gezeigt ist, werden die analytischen Technologien durch vollständig separate Maschinen umgesetzt, die von separaten Einheiten hergestellt sein können. In diesen Ausführungsformen kann die Datensammelkomponente **208** Hardware oder Hardware in Verbindung mit Software zusätzlich zu Verbindungsleitungen umfassen, die für Fachleute bekannt sind, um mit den unterschiedlichen Protokollen zu kommunizieren, die von den unterschiedlichen Maschinen verwendet werden. Zusätzlich werden Daten von den unterschiedlichen Datenformaten extrahiert und die Daten können zu unterschiedlichen Maßeinheiten konvertiert werden. Ein Fachmann erkennt auch, dass die unterschiedlichen in **Fig. 2** gezeigten Konstrukte durch Kabelleitungen oder kabellose Technologien miteinander verbunden sein können und gemeinsam untergebracht oder auf verschiedene Standorte verteilt sein können.

[0038] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** ist eine weitere Ausführungsform gezeigt, in der zwei oder mehr analytische Unteranordnungen in eine einzige Analyseeinheit **400** integriert sind. Es sind eine NIR-Unteranordnung und eine ergänzende Unteranordnung **404** gezeigt, die mit der Datensammelkomponente **208** gekoppelt sind, die, wie unter Bezugnahme auf **Fig. 2** und **Fig. 3** beschrieben, arbeitet, um Daten zu sammeln und zu kombinieren, die dann in der kombinierten Datenbank **210** zur Analyse durch die Prognosekomponente **210** gespeichert werden, wie vorstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 2** und **Fig. 3** beschrieben. Wie dargestellt, umfasst die Analyseeinheit **400** in dieser Ausführungsform eine Komponente zur Netzwerkverbindung **420**, um zu ermöglichen, dass die Analyseeinheit **400** chemometrische Kalibrationsdaten über ein Netzwerk **422** erhält, um zu ermöglichen, dass das lokale chemometrische Kalibrationsmodell **408** auf den neuesten Stand gebracht wird.

[0039] Obwohl die Analyseeinheit **400**, die in **Fig. 4** gezeigt ist, nur zwei analytische Unteranordnungen umfasst, verwenden andere Ausführungsformen mehr als zwei analytische Unteranordnungen. Die gezeigte Verwendung einer NIR-Unteranordnung **402** (in Verbindung mit wenigstens einer anderen Art einer analytischen Unteranordnung) ist jedoch eine Implementierung, die einen vielfältigen Nutzen hat. Genauer gesagt, arbeitet NIR gut mit einem weiten Bereich von Mustervorbereitungsansätzen und die Konsequenz hiervon ist es ein attraktives Verfahren, um mit anderen Techniken kombiniert zu werden. Insbesondere ist die NIR-Unteranordnung **402** geeignet, unregelmäßige Oberflächen genauso einfach zu prüfen wie ein sorgfältig vorbereitetes Muster, NIR ist nicht zerstörend und die NIR-Analyse erfordert nur wenig oder keine Vorbereitung des Musters. NIR kann auch verwendet werden, um mehrere Bestandteile in einem einzigen Scan zu analysieren. Kombiniert mit einer anderen Art einer analytischen Unteranordnung ist die NIR-Analyse ein besonders wirkungsvolles Werkzeug für eine Vielzahl von Anwendungen.

[0040] Unter Bezugnahme auf **Fig. 5** ist eine Tabelle gezeigt, die eine Zusammenfassung von Ergebnissen einer exemplarischen Implementierung zeigt, in der zwei analytische Techniken – NIR-Spektroskopie und Atom-Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) – verwendet werden, um vier Mineralien und eine metallurgische Eigenschaft (beispielsweise den Verbrauch von Mineralsäure) zu analysieren. Wie gezeigt, wurden die vier Mineralien und die eine metallurgische Eigenschaft (beispielsweise der Verbrauch von Mineralsäure) modelliert unter Verwendung einer Kombination von NIR-Spektren und ICP-AES-Daten, bzw. unter Verwendung von ICP-AES-Daten allein, bzw. unter Verwendung von NIR-Spektren allein.

[0041] Spektraldaten von einem (ASD) NIR LabSpec 5000 Spectrometer von Analytical Spectral Devices, Inc. mit einer Wellenlänge im Bereich von 350 bis 2500 nm wurden mit Daten der Analyse der ganzen Felswand der Atom-Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) kombiniert. ICP-AES bringt Elementardaten hervor, die ähnlich den Daten sind, die von XRF-instrumenten erzeugt werden. Bei üblichen bergbaubezogenen Tätigkeiten verursacht der Verzug zwischen dem Sammeln des Musters und der Bestimmung der traditionellen ICP-AES-Daten Produktivitätseinbußen. Ein Nachteil des Ansatzes besteht darin, dass er keine Echtzeit Prozessoptimierung der Metallextraktionsparameter ermöglicht. Somit kann die Einbindung von mehreren nicht-zerstörenden Techniken auch eine Erzanalyse und Techniken zur Bergbauverbesserung ermöglichen, die zuvor nicht erreichbar waren.

[0042] Die Spalte, die mit "PC" bezeichnet ist, umfasst die Anzahl von Hauptbestandteilen (principle components, PC), die in den Modellen, die entwickelt wurden, verwendet wurden. Die PCs sind simplifizierte Vektoren, die durch unterschiedliche chemometrische Werkzeuge erzeugt werden, um eine Datenmatrix zu beschreiben. Ein komplexer Datensatz, der nicht gut durch die Daten beschrieben ist, kann eine höhere Anzahl von PCs benötigen, während der gleiche Datensatz, der besser beschrieben ist, eine geringere Anzahl von PCs benötigen wird. Idealerweise sollten die Modelle die geringstmögliche Anzahl von Hauptbestandteilen umfassen, während sie den geringstmöglichen Fehler erzeugen.

[0043] Die Anzahl von PCs sollte so gering wie möglich sein und ein Modell mit weniger PCs weist auf eine einfachere Lösung hin. Weniger PCs sind bevorzugt, da dann, wenn PCs hinzugefügt werden, um eine Datenmatrix zu beschreiben, die Menge an störendem Rauschen (amount of noise) in den PCs dazu neigt, anzusteigen. Modelle, die unter Verwendung einer größeren Anzahl von Faktoren erzeugt werden, sind anfälliger für Rauschen in den Daten, und Rauschen in den Daten kann Prognosefehler von den Modellen erzeugen. Wenn das Modell jedoch auf einer vergleichsweise geringen Anzahl von Faktoren basiert, sind die Modelle im Wesentlichen robuster und weniger anfällig für Prognosefehler in Reaktion auf Rauschen in den Daten.

[0044] Ein Fehler des Kalibrationssatzes wird als Standardfehler der Cross-Validierung (standard error of cross-validation, SECV) angegeben, der einer Schätzung des Prognosefehlers entspricht, die auf neue Muster treffen würde. Es ist nicht eine Messung des tatsächlichen Fehlers, da die Muster in dem Kalibrationssatz verwendet wurden, jedoch iterativ entfernt wurden und prognostiziert wurden unter Verwendung einer Kalibrierung, die alle verbleibenden Kalibrationssatzmuster umfasst. Das Muster wird dann in den Kalibrationssatz zurückaddiert und das nächste Muster wird entfernt, und es wird ein Fehler basierend auf dem weggelassenen Muster berechnet. Schließlich wird der Fehler über alle Muster gemittelt, um den SECV-Wert zu erstellen. Dies ist eine automatisierte Funktion aller chemometrischen Programme, die in Verbindung mit den Ausführungsformen, die hierin offenbart sind, verwendet werden können. Ein echter Fehler, wie er über den Standardprognosefehler (standard error of prediction) gemessen werden kann, wird unter Verwendung eines Satzes von Mustern berechnet, die nicht in dem Kalibrationssatz enthalten sind. Dies ist die Quadratwurzel der quadrierten Differenzen dividiert durch die Anzahl von Mustern in dem Testsatz. Dieser wahre Fehler wird oft verwendet, um zu bestimmen, ob die Kalibrierung in der Weise funktionieren wird, wie der SECV-Wert angibt, dass sie sollte. Wie in **Fig. 5** gezeigt, wurde die Anzahl von Hauptbestandteilen in vielen

Fällen vorteilhaft reduziert, während die kombinierte Verwendung von zwei analytischen Techniken (NIR und ICP) eine umfassendere Analyse des geologischen Musters bereitstellte.

[0045] Es sei angemerkt, dass Quarz und Pyrit beide eine sehr geringe oder keine (NIR) Spektralsignatur haben und somit ihre Kalibrationsmodelle, die nur mittels NIR-Spektren erzeugt wurden, schlecht waren. Die Hinzunahme der zusätzlichen ICT-AES-Daten erlaubt das Erzeugen von signifikant verbesserten Modellen für diese Mineralien. Zu beachten ist der höhere Wert des Koeffizienten der Bestimmung bei der Kalibrierung (R^2 – dargestellt durch RSQ), der geringere Wert des Standardfehlers in Cross-Validierung (SECV) und der geringere Wert des Standardprognosefehlers (SEP). Zusätzlich konnte das Kalibrationsmodell, das für Muskovit (eines der Schlüssel-Umwandlungsminerale) in dem Fall der NIR-Spektren alleine erhalten wurde (RSQ-Wert von 0,73 und ein SECV-Wert von 7,85) durch die Verwendung von NIR-Spektren zusammen mit ICP-Daten (RSQ-Wert von 0,95 und ein SECV-Wert von 3,34) dramatisch verbessert werden, wie in **Fig. 5** zu sehen ist.

[0046] Mineralmodelle und metallurgische Modelle für den Bergbau können gleichsam signifikant durch die Kombination von NIR-Daten mit XRF-Daten, Raman-Spektren oder (Fourrier-Transformations-Infrarot) FT-IIR-Spektren verbessert werden. Alle diese Techniken erzeugen unterschiedliche Datenströme, die mit NIR-Spektren (oder Daten) kombiniert werden können, so dass jede einen Zusatz zu den NIR-Spektren darstellt. Obwohl NIR-, Raman-, XRF- und FT-IR-Anordnungen üblicherweise als voneinander separate Anordnungen in bergbaubezogenen Anwendungen verwendet werden, ist die Kombination von Daten von diesen Anordnungen (wie sie von den unterschiedlichen Ausführungsformen, die hierin offenbart sind, durchgeführt werden) in ein einziges Prognosemodell für bergbaubezogene Anwendungen neu. Zusätzlich sind auch Kombinationen dieser Techniken in einem einzigen Messinstrument neu.

[0047] Aspekte der Anordnungen und Verfahren, die hierin beschrieben sind, können in Verbindung mit einer Computeranordnung zusätzlich zu spezifischen physischen Vorrichtungen, die hierin beschrieben sind, implementiert werden. **Fig. 6** zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Computeranordnung, in der ein Satz nicht-flüchtiger, prozessorausführbarer Instruktionen ausgeführt werden kann, um eine Vorrichtung dazu zu veranlassen, einen oder mehrere der Aspekte und/oder Methodologien der vorstehenden Offenbarung durch- oder auszuführen. So kann beispielsweise der chemometrische Modellgenerator **106**, der unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben ist, teilweise durch eine Rechenvorrichtung umgesetzt sein, wie dies in **Fig. 6** dargestellt ist. Zusätzlich kann der Prognose-

semotor **210**, wie er unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben ist (zumindest teilweise) durch Komponenten umgesetzt sein, wie sie in **Fig. 6** dargestellt sind, und das Verfahren, das unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben ist, kann (zumindest teilweise) durch nichtflüchtige, prozessorausführbare Instruktionen bewirkt werden, die von einer Anordnung in der Weise ausgeführt werden, wie dies in **Fig. 6** gezeigt ist. Die Komponenten in **Fig. 6** sind nur Beispiele und grenzen nicht den Umfang der Verwendung oder der Funktionalität irgendeiner Hardware, einer Hardware, die mit Software kombiniert ist, von Firmware, von eingebetteten Rechenkomponenten (logic component) oder einer Kombination von zwei oder mehr solcher Komponenten ein, die insbesondere Ausführungsformen dieser Offenbarung implementieren. Manche oder alle der dargestellten Komponenten können Teil der Computeranordnung **600** sein. Beispielsweise kann die Computeranordnung **600** als ein Universalcomputer (beispielsweise ein Laptop-Computer) als eine mobile Vorrichtung (beispielsweise ein Tablet oder Smartphone) oder als eine eingebettete Rechenvorrichtung (beispielsweise ein FPGA) implementiert sein, um nur zwei nicht beschränkende Beispiele zu nennen.

[0048] Die Computeranordnung **600** umfasst wenigstens einen Prozessor **601**, wie beispielsweise eine zentrale Recheneinheit (central processing unit, CPU) oder FGPA, um nur zwei nicht beschränkende Beispiele zu nennen. Die Computeranordnung **600** kann auch einen Speicher (memory) **603** und eine Speicherung (storage) **608** umfassen, wobei beide miteinander und mit anderen Komponenten über einen Bus **640** kommunizieren. Der Bus **640** kann auch eine Anzeige **632** verbinden, eine oder mehrere Eingabevorrichtungen **633** (die beispielsweise ein Tastenfeld, eine Tastatur, eine Maus, einen Stift, etc. umfassen können), eine oder mehrere Ausgabevorrichtungen **634**, eine oder mehrere Speichervorrichtungen **635** und verschiedene nichtflüchtige, greifbare, computerlesbare Speichermedien **636** miteinander oder mit einer oder mit mehreren Komponenten des Prozessors **601**, des Speichers **603** und der Speicherung **608**. Alle diese Elemente können sich direkt oder über eine oder mehrere Schnittstellen oder Adapter mit dem Bus **640** verbinden. Beispielsweise können die verschiedenen nicht-flüchtigen greifbaren computerlesbaren Speichermedien **636** sich mit dem Bus **640** über eine Speicherungsmedium-Schnittstelle **626** verbinden. Die Computeranordnung **600** kann eine geeignete physische Form haben, die einen oder mehrere integrierte Schaltkreise (integrated circuits, ICs), Leiterplatten (printed circuit boards, PCBs), mobile Handgeräte (wie beispielsweise Mobiltelefone oder PDAs), einen Laptop- oder Notebook-Computer, verteilte Computeranordnungen, Rechnernetze oder Server umfasst, jedoch nicht hierauf beschränkt ist.

[0049] Der bzw. die Prozessor(en) **601** (oder zentrale Recheneinheit(en) (CPU(s))) enthält bzw. enthalten optional eine Zwischenspeichereinheit **602** zur zeitweisen lokalen Speicherung von Instruktionen, Daten oder Computeradressen. Der bzw. die Prozessoren) **601** sind ausgebildet, um in der Ausführung von computerlesbaren Instruktionen zu unterstützen, die auf wenigstens einem nicht-flüchtigen, greifbaren computerlesbaren Speichermedium gespeichert sind. Die Computeranordnung **600** kann als ein Ergebnis des bzw. der Prozessor(en) **601**, die Software ausführen, die in einem oder mehreren nicht-flüchtigen, greifbaren computerlesbaren Speichermedien aufgenommen ist, wie beispielsweise in dem Speicher **603**, der Speicherung **608**, der Speichervorrichtung **635** und/oder der Speichermedium **636** (beispielsweise einem Festwertspeicher (read only memory, ROM)) bereitstellen. Beispielsweise kann das Verfahren, das unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben ist, in einem oder mehreren nicht-flüchtigen, greifbaren computerlesbaren Speichermedien verkörpert sein. Die nicht-flüchtigen, greifbaren computerlesbaren Speichermedien können Software speichern, die besondere Ausführungsformen implementiert, und der bzw. die Prozessor(en) **601** kann bzw. können die Software ausführen. Der Speicher **603** kann die Software von einer oder mehreren nicht-flüchtigen greifbaren computerlesbaren Speichermedien (wie beispielsweise von Massenspeichervorrichtung(en) **635**, **636**) oder von einer oder mehreren anderen Quellen über eine geeignete Schnittstelle, wie beispielsweise eine Netzwerkschnittstelle **620**, auslesen. Die Software kann den Prozessor bzw. die Prozessoren **601** dazu veranlassen, einen oder mehrere Verfahren oder einen oder mehrere Schritte der einen oder mehreren Verfahren, wie hierin beschrieben oder dargestellt, auszuführen. Das Ausführen solcher Verfahren oder Schritte kann das Bestimmen von Datenstrukturen umfassen, die in dem Speicher **603** gespeichert sind und das Modifizieren der Datenstrukturen, wie durch die Software vorgegeben. In manchen Ausführungsformen kann ein FPGA Instruktionen zum Ausführen einer Funktionalität, wie in dieser Offenbarung beschrieben, speichern. In anderen Ausführungsformen umfasst die Firmware Instruktionen zum Ausführen einer Funktionalität, wie sie in dieser Offenbarung beschrieben ist (beispielsweise das Verfahren, wie unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben).

[0050] Der Speicher **603** kann unterschiedliche Komponenten umfassen (beispielsweise nicht-flüchtige, greifbare computerlesbare Speichermedien), eine Arbeitsspeicherkomponente (random access memory, RAM **604**) (beispielsweise einen statischen RAM "SRAM", einen dynamischen RAM "DRAM", etc.), eine Festwertspeicherkomponente (beispielsweise ROM **605**) und jegliche Kombinationen davon, wobei er nicht hierauf beschränkt ist. Der Festwertspeicher ROM **605** kann zum Kommunizieren von

Daten und Instruktionen unidirektional zu dem Prozessor bzw. den Prozessoren **601** wirken und der Arbeitsspeicher RAM **604** kann zum Kommunizieren von Daten und Instruktionen bidirektional mit dem Prozessor bzw. den Prozessoren **601** wirken. ROM **605** und RAM **604** können jegliche geeignete, nicht flüchtige greifbare computerlesbare Speichermedien, wie sie vorstehend beschrieben sind, umfassen. In manchen Fällen umfassen ROM **605** und RAM **604** nicht-flüchtige, greifbare computerlesbare Speichermedien zum Ausführen der Verfahren, wie sie hierin beschrieben sind. In einem Beispiel kann ein Basic Input/Output System **606** (BIOS) in dem Speicher **603** gespeichert sein, der Grundprogramme umfasst, die die Übertragung von Informationen zwischen den Elementen innerhalb der Computeranordnung **600**, wie beispielsweise beim Start, unterstützen.

[0051] Eine feste Speicherung **608** ist bidirektional mit dem bzw. den Prozessor(en) **601** verbunden, optional durch die Speicherungssteuereinheit **607**. Die feste Speicherung **608** stellt zusätzliche Datenspeicherkapazität bereit und kann auch jegliche geeigneten, nicht-flüchtigen, greifbaren computerlesbaren Medien, wie hierin beschrieben, umfassen. Die Speicherung **608** kann verwendet werden, um das Betriebssystem **609**, EXECs **610** (executables), Daten **611**, API-Applikationen (**612**) (application programs), und dergleichen zu speichern. Beispielsweise können unterschiedliche Instanzen der Speicherung **608** zur Speicherung der disparaten Kalibrationsdatenbank **104** implementiert sein, des chemometrischen Kalibrationsmodells **108**, der Datensammelkomponente **208** und der kombinierten Datenbank **210**, wie in **Fig. 1**, **Fig. 2** und **Fig. 4** beschrieben. Oftmals, jedoch nicht immer, ist die Speicherung **608** ein Sekundärspeichermedium (wie beispielsweise eine Festplatte), die langsamer ist als der Primärspeicher (beispielsweise Speicher **603**). Die Speicherung kann auch ein optisches Laufwerk (optical disc drive), eine Festkörperspeichervorrichtung (flashbasierte Anordnungen) oder eine Kombination des vorstehenden umfassen. Informationen in der Speicherung können in geeigneten Fällen als virtuelle Speicherung in der Speicherung **603** enthalten sein.

[0052] In einem Beispiel kann bzw. können die Speichervorrichtungen **635** lösbar mit der Computeranordnung **600** über eine Speichervorrichtungsschnittstelle **625** verbunden sein (beispielsweise über einen externen PortVerbinder (port connector) (nicht dargestellt)). Insbesondere kann bzw. können die Speichervorrichtung(en) **635** und ein assoziiertes maschinenlesbares Medium eine nicht-flüchtige und/oder flüchtige Speicherung von maschinenlesbaren Instruktionen, Datenstrukturen, Programmmodul und/oder anderen Daten der Computeranordnung **600** bereitstellen. In einem Beispiel kann Software vollständig oder teilweise innerhalb eines maschinenlesbaren Mediums oder Speichervorrichtungen) **635** ent-

halten sein. In einem anderen Beispiel kann Software vollständig oder teilweise in Prozessor(en) **601** enthalten sein.

[0053] Der Bus **640** verbindet eine große Vielzahl von Unteranordnungen. Hierin kann die Bezugnahme auf einen Bus eine oder mehrere digitale Signalleitungen umfassen, die gegebenenfalls einer üblichen Funktion dienen. Der Bus **640** kann jede erdenkliche Art einer Busstruktur sein, umfassend, jedoch nicht darauf beschränkt, einen Speicherbus, eine Speichersteuerung, einen Peripheralbus, einen Lokalbus und jegliche Kombinationen hiervon, die eine einer Vielzahl von Busarchitekturen verwendet. Als ein Beispiel, das jedoch nicht beschränkend ist, umfassen solche Architekturen einen Industry Standard Architecture(ISA)-Bus, einen verbesserten ISA(enhanced ISA, EISA)-Bus, einen Micro Channel Architecture(MCA)-Bus, einen Lokalbus der Video Electronics Standards Association (VLB), einen Peripheral Component Interconnect(PCI)-Bus, einen PCI-Express(PCI-X)-Bus, ein Accelerated Graphics Port(AGP)-Bus, einen Hyper Transport(HTX)-Bus, einen Serial Advanced Technology Attachment(SATA)-Bus und jegliche Kombinationen davon.

[0054] Die Computeranordnung **600** kann auch eine Eingabevorrichtung **633** umfassen. In einem Beispiel kann ein Anwender einer Computeranordnung **600** Befehle und/oder andere Informationen in eine Computeranordnung **600** über Eingabeanordnung(en) **633** eingeben. Beispiele einer Computeranordnung bzw. Computeranordnungen **633** umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, eine alphanumerische Eingabevorrichtung (beispielsweise eine Tastatur), ein Zeigegerät (beispielsweise eine Maus oder ein Touchpad), ein Touchpad, einen Touchscreen, einen Joystick, ein Gamepad, eine Audio-Eingabevorrichtung (beispielsweise ein Mikrofon, ein Sprachdialogsystem, etc.), einen optischer Scanner, eine Videovorrichtung oder eine Vorrichtung zur Aufnahme von Standbildern (beispielsweise eine Kamera) und jegliche Kombinationen davon. Die Eingabevorrichtung(en) **633** kann bzw. können sich mit dem Bus **640** über jede einer Vielzahl von Eingabeschnittstellen **623** (beispielsweise Eingabeschnittstelle **623**) verbinden, umfassend, jedoch nicht hierauf beschränkt, einen seriellen Port, einen parallelen Port, einen Gameport, USB, Firewire, Thunderbolt oder jede Kombination davon.

[0055] In besonderen Ausführungsformen, bei denen die Computeranordnung mit dem Netzwerk **630** (wie dem Netzwerk **422** in Fig. 4) verbunden ist, kann die Computeranordnung **600** mit anderen Vorrichtungen kommunizieren, wie beispielsweise Mobilgeräten und Unternehmenssystemen, die mit dem Netzwerk **630** verbunden sind. Kommunikationen von und zu der Computeranordnung **600** können durch die Netzwerkschnittstelle **620** gesendet werden. Beispiels-

weise kann die Netzwerkschnittstelle **620** eingehende Kommunikationen (wie beispielsweise Anfragen oder Antworten von anderen Vorrichtungen) in der Form von einem oder mehreren Paketen (wie beispielsweise Internetprotokoll(IP)-Paketen) von dem Netzwerk **630** erhalten und die Computeranordnung **600** kann die eingehenden Kommunikationen in dem Speicher **603** zur Bearbeitung speichern. Die Computeranordnung **600** kann in gleicher Weise ausgehende Kommunikationen speichern (wie beispielsweise Anfragen oder Antworten an die anderen Vorrichtungen) in der Form von einem oder mehreren Paketen in dem Speicher **603** und die zu dem Netzwerk **630** von der Netzwerkschnittstelle **620** kommuniziert wurden. Der bzw. die Prozessor(en) **601** kann bzw. können auf diese Kommunikationspakete, die in dem Speicher **603** zur Bearbeitung gespeichert sind, zugreifen.

[0056] Beispiele der Netzwerkschnittstelle **620** umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, eine Netzwerkschnittstellenkarte, ein Modem und jede Kombination davon. Beispiele eines Netzwerks **630** oder eines Netzwerksegments **630** umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, ein Wide Area Network (WAN) (beispielsweise das Internet, ein Arbeitsnetzwerk), ein Local Area Network (LAN) (beispielsweise ein Netzwerk, das mit einem Büro assoziiert ist, einem Gebäude, einem Campus oder einem vergleichsweise kleinen geografischen Raum), ein Telefonnetzwerk, eine direkte Verbindung zwischen zwei Rechenvorrichtungen und jegliche Kombinationen davon. Ein Netzwerk, wie beispielsweise ein Netzwerk **630**, kann eine kabelgebundene oder kabellose Art der Kommunikation umfassen. Im Allgemeinen kann jede Netzwerktopologie verwendet werden.

[0057] Informationen und Daten können durch eine Anzeige **632** angezeigt werden. Beispiele für eine Anzeige **632** umfassen, sind jedoch nicht hierauf beschränkt, eine Flüssigkristallanzeige (LCD), eine organische Flüssigkristallanzeige (OLED), eine Kathodenstrahlröhre (CRT), eine Plasmaanzeige und jegliche Kombinationen hiervon. Die Anzeige **632** kann sich mit dem bzw. den Prozessor(en) **601**, dem Speicher **603**, der festen Speicherung **608** wie auch anderen Vorrichtungen, wie beispielsweise Eingabevorrichtungen) **633** über den Bus **640** verbinden. Die Anzeige **632** ist mit dem Bus **640** über eine Videoschnittstelle **622** verbunden und die Übertragung der Daten zwischen der Anzeige **632** und dem Bus **640** kann über die Graphiksteuerung **621** gesteuert werden. Die Ergebnisse, die von dem Prognosemotor **210** präsentiert werden, können von der Anzeige angezeigt werden.

[0058] Zusätzlich zu einer Anzeige **632** kann die Computeranordnung **600** eine oder mehrere andere periphere Ausgabevorrichtungen **634** umfassen, umfassend, jedoch nicht hierauf beschränkt, einen

Audiolautsprecher, einen Drucker und jegliche Kombinationen hiervon. Solche peripheren Ausgabegeräten können mit dem Bus 640 über eine Ausgabeschnittstelle 624 verbunden sein. Beispiele für eine Ausgabeschnittstelle 624 umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, einen seriellen Port, eine parallele Verbindung, einen USB-Port, einen Firewire-Port, einen Thunderbolt-Port und jegliche Kombinationen davon.

[0059] Zusätzlich oder alternativ kann die Computeranordnung 600 die Funktionalität als eine Logikverknüpfung (result of logic) bereitstellen, die fest verdrahtet oder anders in eine Schaltung eingebettet ist, die anstelle von oder zusammen mit Software arbeitet, um eines oder mehrere Verfahren oder einen oder mehrere Schritte des einen oder der mehreren Verfahren, wie hierin beschrieben oder dargestellt, auszuführen. Die Bezugnahme auf Software in dieser Offenbarung kann Logik umfassen, die Bezugnahme auf Logik kann Software umfassen. Ferner kann die Bezugnahme auf ein nicht-flüchtiges, greifbares computerlesbares Medium eine Schaltung (wie beispielsweise eine IC) umfassen, die Software zur Ausführung speichert, eine Schaltung, die Logik zur Ausführung verkörpert oder gegebenenfalls beides. Die vorliegende Offenbarung umfasst Hardware oder Hardware in Verbindung mit Software.

[0060] Innerhalb dieser Beschreibung werden dieselben Bezugszeichen verwendet, um auf Terminals, Signalleitungen, Kabel, etc. und ihre korrespondierenden Signale zu verweisen. In dieser Hinsicht können die Begriffe "Signal", "Kabel", "Verbindungen", "Terminal", und "Stift", innerhalb dieser Beschreibung von Zeit zu Zeit austauschbar verwendet werden. Es sollte auch beachtet werden, dass die Begriffe "Signal", "Kabel" und dergleichen eines oder mehrere Signale repräsentieren können, beispielsweise die Übermittlung eines einzelnen Bits durch ein einzelnes Kabel oder die Übermittlung mehrerer paralleler Bits durch mehrere parallele Kabel. Ferner kann jedes Kabel oder jedes Signal eine bidirektionale Kommunikation zwischen zwei oder mehr Komponenten repräsentieren, die durch ein Signal oder ein Kabel verbunden sind, sofern dies der Fall ist.

[0061] Die verschiedenen illustrativen Logikblöcke, Module und Schaltungen, die in Verbindung mit den Ausführungsformen, welche hierin offenbart sind, beschrieben sind, können mit einem Universalprozessor, einem digitalen Signalprozessor (DSP), einem anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (application specific integrated circuit, ASIC), einem Field Programmable Gate Array (FPGA) oder einer anderen programmierbaren Logikvorrichtung, einem diskreten Gate oder einer Transistorlogik, diskreten Hardwarekomponenten oder jeder Kombination davon implementiert oder durchgeführt werden, die designt sind, um die hierin beschriebenen Funk-

tionen durchzuführen. Ein Universalprozessor kann ein Mikroprozessor sein, jedoch alternativ kann der Prozessor auch jeder konventionelle Prozessor, jede Steuerung, jede Mikrosteuerung oder jeder Zustandsautomat sein. Ein Prozessor kann auch als eine Kombination von Rechen-Vorrichtungen implementiert sein, beispielsweise als eine Kombination eines DSP- und eines Mikroprozessors, einer Vielzahl von Mikroprozessoren, eines oder mehrerer Mikroprozessoren in Verbindung mit einem DSP-Kern oder jeder anderen Konfiguration.

[0062] Die vorstehende Beschreibung der offenbarten Ausführungsformen ist bereitgestellt, um einen Fachmann in die Lage zu versetzen, die vorliegende Erfindung herzustellen oder zu verwenden. Verschiedene Modifikationen dieser Ausführungsformen sind offensichtlich für den Fachmann und die generischen Prinzipien, die hierin definiert sind, können auf andere Ausführungsformen angewandt werden, ohne von der Grundidee oder dem Umfang der Erfindung abzuweichen. Somit soll die vorliegende Erfindung nicht auf die Ausführungsformen, die hierin gezeigt sind, beschränkt sein, sondern es soll der breiteste Umfang angenommen werden, der mit den Prinzipien und neuen Merkmalen, die hierin offenbart sind, konsistent ist.

[0063] Schlussendlich können Verbesserungen in der Präzision und Genauigkeit der Erz-Eigenschaftskalibrierung erreicht werden, wenn zwei oder mehr analytische Techniken miteinander, wie vorstehend beschrieben, kombiniert werden. Das Ergebnis ist ein kombiniertes System, das eine akkurate und präzise Analyse von so vielen der erzmineralogischen und metallurgischen Eigenschaften bereitstellt, wie möglich. Zusätzlich sind viele Varianten der Anordnung zum Erhalten der Daten schnell und erfordern nur ein einziges vorbereitetes Erzmuster. Zusätzlich zu der Auswahl der optimalen analytischen Technologien kann die Softwareanordnung, die die Kalibrierung unter Verwendung des kombinierten Datensatzes optimiert, auf die Mineralogie der Erzablagerung maßgeschneidert sein.

Patentansprüche

1. Anordnung zum Analysieren eines unbekanntes geologischen Musters, wobei die Anordnung umfasst:
 wenigstens zwei analytische Unteranordnungen, umfassend eine Nah-Infrarot-Spektralanalyse-Unteranordnung und wenigstens eine andere analytische Unteranordnung, wobei jede der wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen unterschiedliche Informationen über das geologische Muster bereitstellt;
 eine Datensammelkomponente zum Sammeln und Kombinieren der unterschiedlichen Informationen von jeder analytischen Unteranordnung, um kombinierte analytische Informationen zu erzeugen;

eine chemometrische Kalibrationsdatenbank, die Aufzeichnungen umfasst, die geologische Attribute zu Daten in Verbindung setzt, die zuvor mit wenigstens zwei analytischen Anordnungen erzeugt wurden, die vom gleichen Anordnungstyp sind, wie die wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen; und

ein Prognosemotor, der die Aufzeichnungen in der chemometrischen Kalibrationsdatenbank auf die kombinierten analytischen Informationen anwendet, um spezifische geologische Attribute in dem unbekanntem geologischen Muster zu identifizieren.

2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen innerhalb eines einzelnen Gehäuses aufgenommen sind.

3. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen diskrete und voneinander unabhängig betreibbare Einheiten sind.

4. Anordnung nach Anspruch 1, umfassend eine Netzwerkverbindungskomponente, um die chemometrische Kalibrationsdatenbank mit einer entfernten chemometrischen Kalibrationsdatenbank zu verbinden.

5. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die geologischen Attribute ausgewählt werden, aus der Gruppe umfassend:

Elementarattribute, Molekularattribute, Mineralgehalt und metallurgische Attribute.

6. Anordnung nach Anspruch 1, wobei wenigstens eine andere analytische Unteranordnung eine Technologie ist, die aus der Gruppe ausgewählt wird, umfassend:

Röntgen-Diffraktometrie (XRD), Röntgen-Fluoreszenz (XRF), Raman, laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIBS), Fourier-Transformations-Infrarot (FT-IR), quantitative Evaluation von Mineralien durch Rasterelektronenmikroskopie (QEMSCAN), optische Emissionsspektroskopie mittels induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)-Analyse, Atom-Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) und induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS).

7. Verfahren zum Analysieren eines unbekanntem geologischen Musters, wobei das Verfahren umfasst: Erhalten eines unbekanntem geologischen Musters; Analysieren des unbekanntem geologischen Musters mit wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen für geologische Eigenschaften, um zwei Sätze von analytischen Daten zu erhalten; Sammeln der zwei Sätze von analytischen Daten, um kombinierte Daten zu bilden; und Identifizieren von Attributen des unbekanntem geologischen Musters durch Anwendung eines chemome-

trischen Kalibrationsmodells auf die kombinierten Daten, um geologische Attribute des Musters zu prognostizieren, wobei das Kalibrationsmodell von den gesammelten Daten von den analytischen Anordnungen abgeleitet wird, die vom gleichen Typ sind wie die analytischen Unteranordnungen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, umfassend: Erhalten des chemometrischen Kalibrationsmodells von einem entfernten Standort über ein Netzwerk.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Analysieren des unbekanntem geologischen Musters das Analysieren des unbekanntem geologischen Musters mit einer Nah-Infrarot-Spektralanalyse-Unteranordnung umfasst, um Daten zu erhalten, die indikativ für einen Molekulargehalt des geologischen Musters sind.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Analysieren des unbekanntem geologischen Musters das Analysieren des unbekanntem geologischen Musters mit einer analytischen Technologie umfasst, die eine Indikation für den Elementargehalt des geologischen Musters bereitstellt.

11. Nicht-flüchtiges, greifbares prozessorlesbares Speichermedium, das mit prozessorlesbaren Instruktionen kodiert ist, um ein Verfahren zum Durchführen einer Analyse eines unbekanntem geologischen Musters durchzuführen, wobei das Verfahren umfasst: Erhalten eines unbekanntem geologischen Musters; Analysieren des unbekanntem geologischen Musters mit wenigstens zwei analytischen Unteranordnungen zur Analyse der geologischen Eigenschaft, um zwei Sätze von analytischen Daten zu erhalten; Sammeln der zwei Sätze analytischer Daten, um kombinierte Daten zu bilden; und Identifizieren von Attributen des unbekanntem geologischen Musters durch Anwenden eines chemometrischen Kalibrationsmodells auf die kombinierten Daten, um geologische Attribute des Musters zu prognostizieren, wobei das Kalibrationsmodell von den Daten abgeleitet wird, die von den analytischen Anordnungen gesammelt wurden, die vom gleichen Typ sind wie die analytischen Unteranordnungen.

12. Nicht-flüchtiges, greifbares prozessorlesbares Speichermedium nach Anspruch 11, wobei das Verfahren umfasst: Erhalten des chemometrischen Kalibrationsmodells von einem entfernten Standort über ein Netzwerk.

13. Nicht-flüchtiges, greifbares prozessorlesbares Speichermedium nach Anspruch 11, wobei das Analysieren des unbekanntem geologischen Musters das Analysieren des unbekanntem geologischen Musters mit einer Nah-Infrarot-Spektralanalyse-Unteranordnung umfasst, um Daten zu erhalten, die indikativ für den Molekulargehalt des geologischen Musters sind.

14. Nicht-flüchtiges, greifbares prozessorlesbares Speichermedium nach Anspruch 13, wobei das Analysieren des unbekanntes geologischen Musters das Analysieren des unbekanntes geologischen Musters mit einer Analysetechnik umfasst, die eine Indikation für den Elementargehalt des geologischen Musters bereitstellt.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

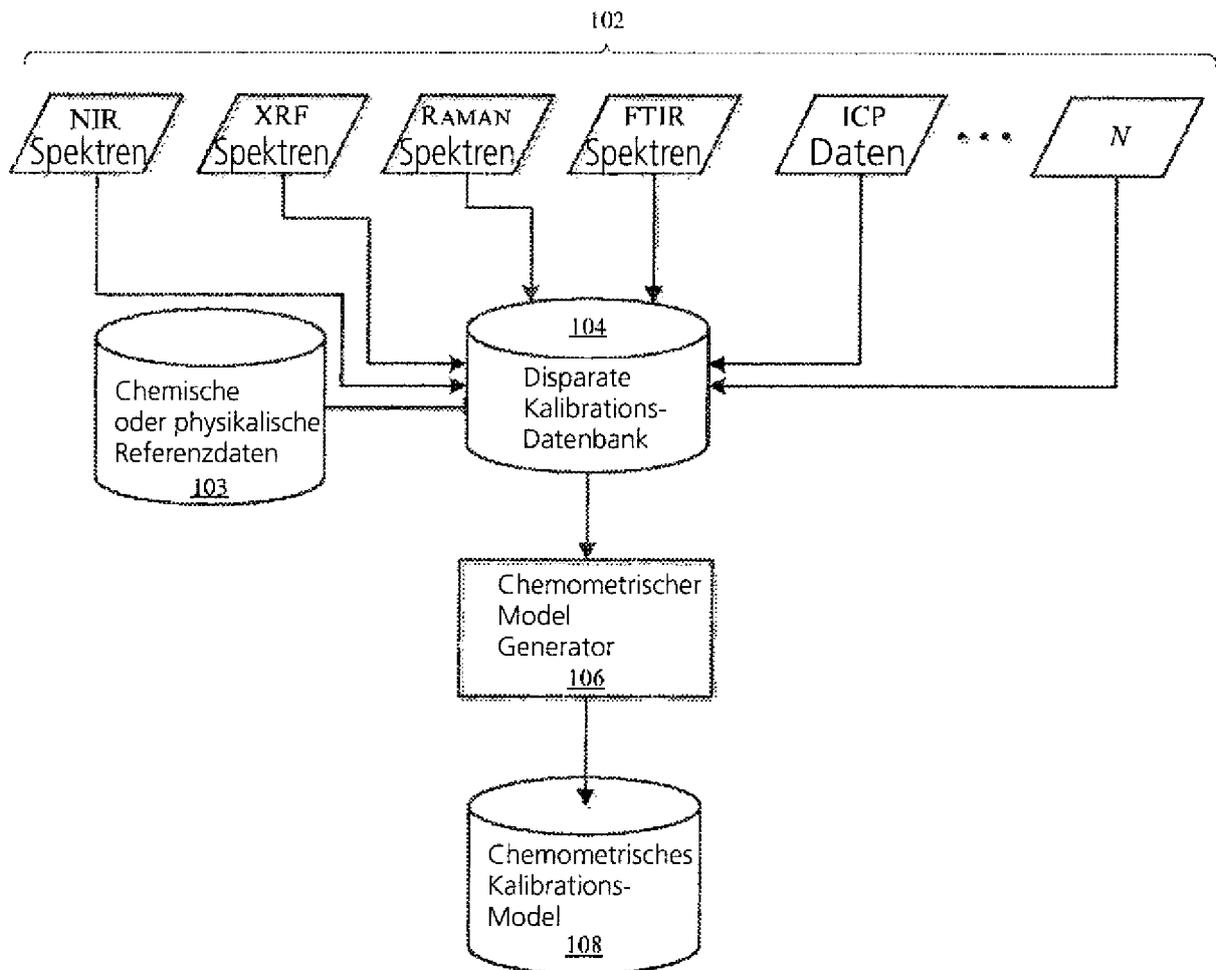


FIG. 1

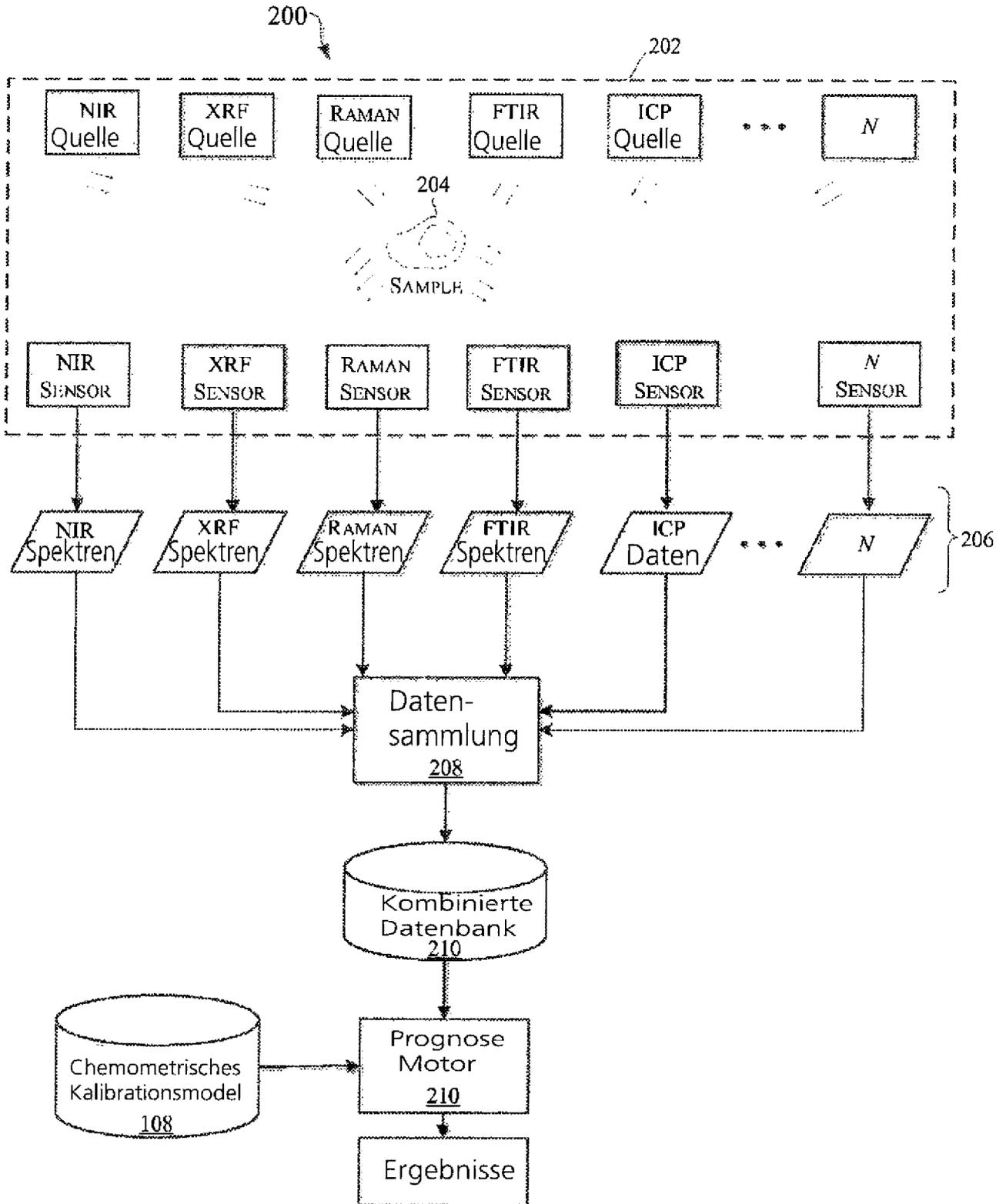


FIG. 2

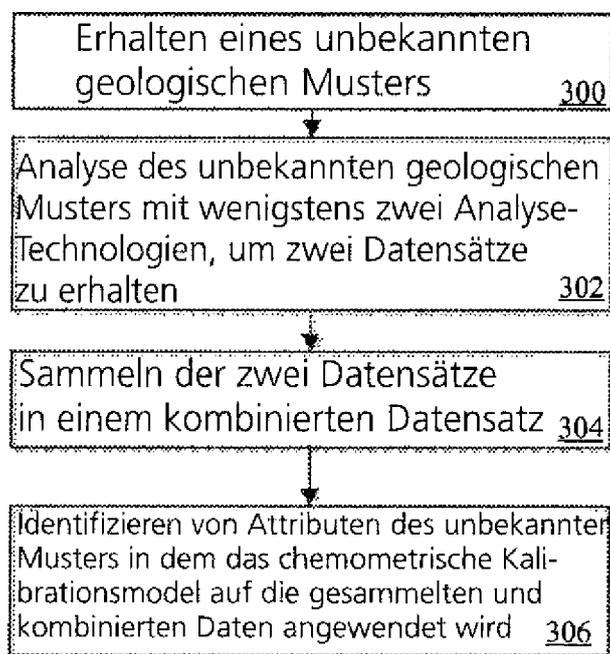


FIG. 3

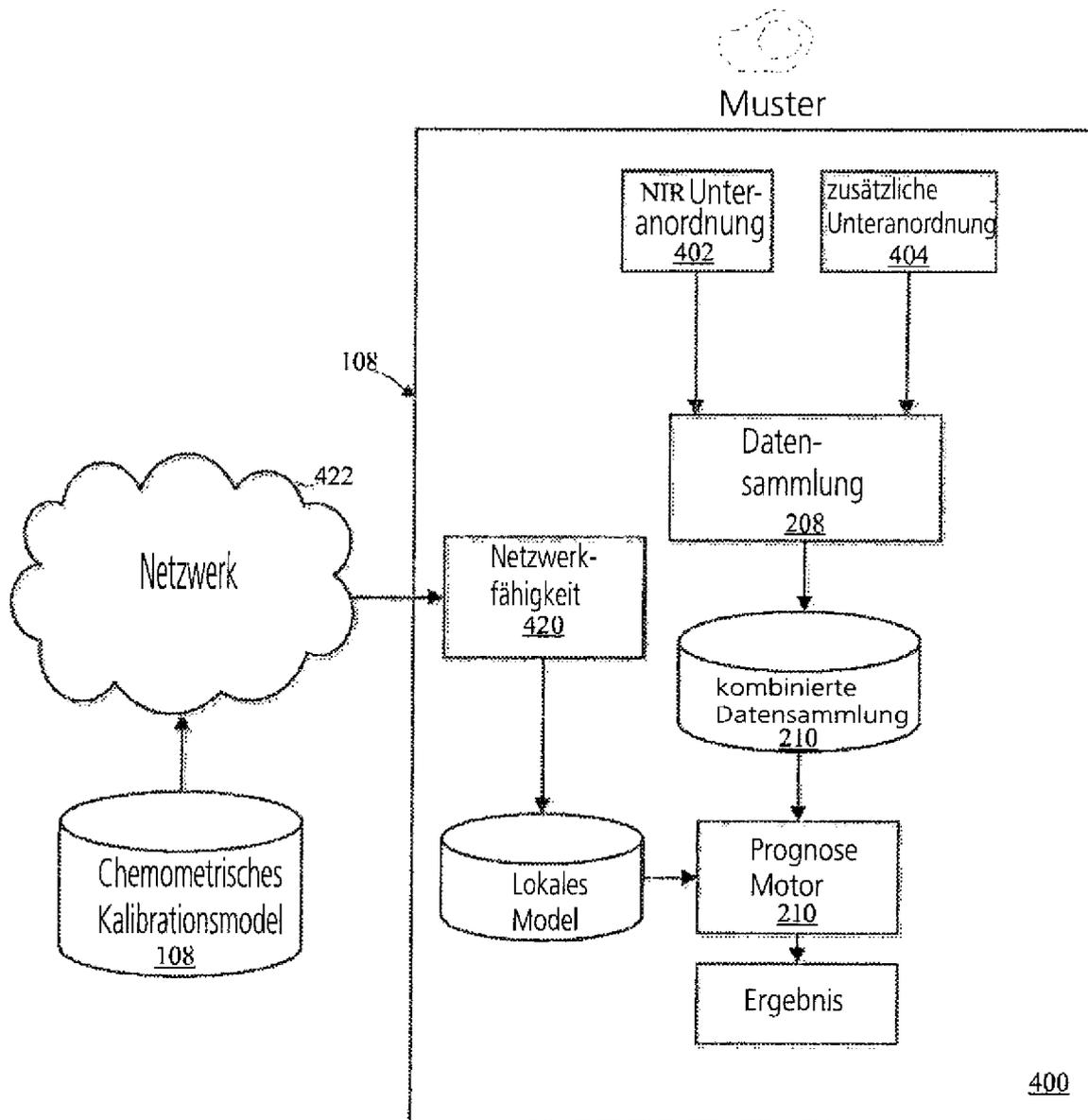


FIG. 4

Mineral	Data set	Calibration Set			Test Set	
		PC	RSQ	SECV	RSQ	SEP
Muscovite	Spectra + ICP	4	0.95	3.34	0.96	3.02
Muscovite	ICP	8	0.94	3.62	0.96	2.98
Muscovite	Spectra only	5	0.73	7.85	0.78	6.62
Kaolinite	Spectra + ICP	5	0.79	2.38	0.68	2.19
Kaolinite	ICP	8	0.63	3.15	0.48	2.89
Kaolinite	Spectra only	7	0.68	2.92	0.71	2.01
Pyrite	Spectra + ICP	6	0.94	1.22	0.95	0.90
Pyrite	ICP	7	0.95	1.15	0.96	0.83
Pyrite	Spectra only	6	0.40	3.89	0.53	2.89
Quartz	Spectra + ICP	9	0.91	3.63	0.92	3.23
Quartz	ICP	10	0.92	3.45	0.93	3.13
Quartz	Spectra only	7	0.58	7.92	0.56	7.89
Mineral acid consumption	Spectra + ICP	9	0.90	7.17	0.91	7.31
Mineral acid consumption	ICP	8	0.55	15.02	0.72	12.88
Mineral acid consumption	Spectra only	13	0.62	13.79	0.75	12.07

FIG. 5

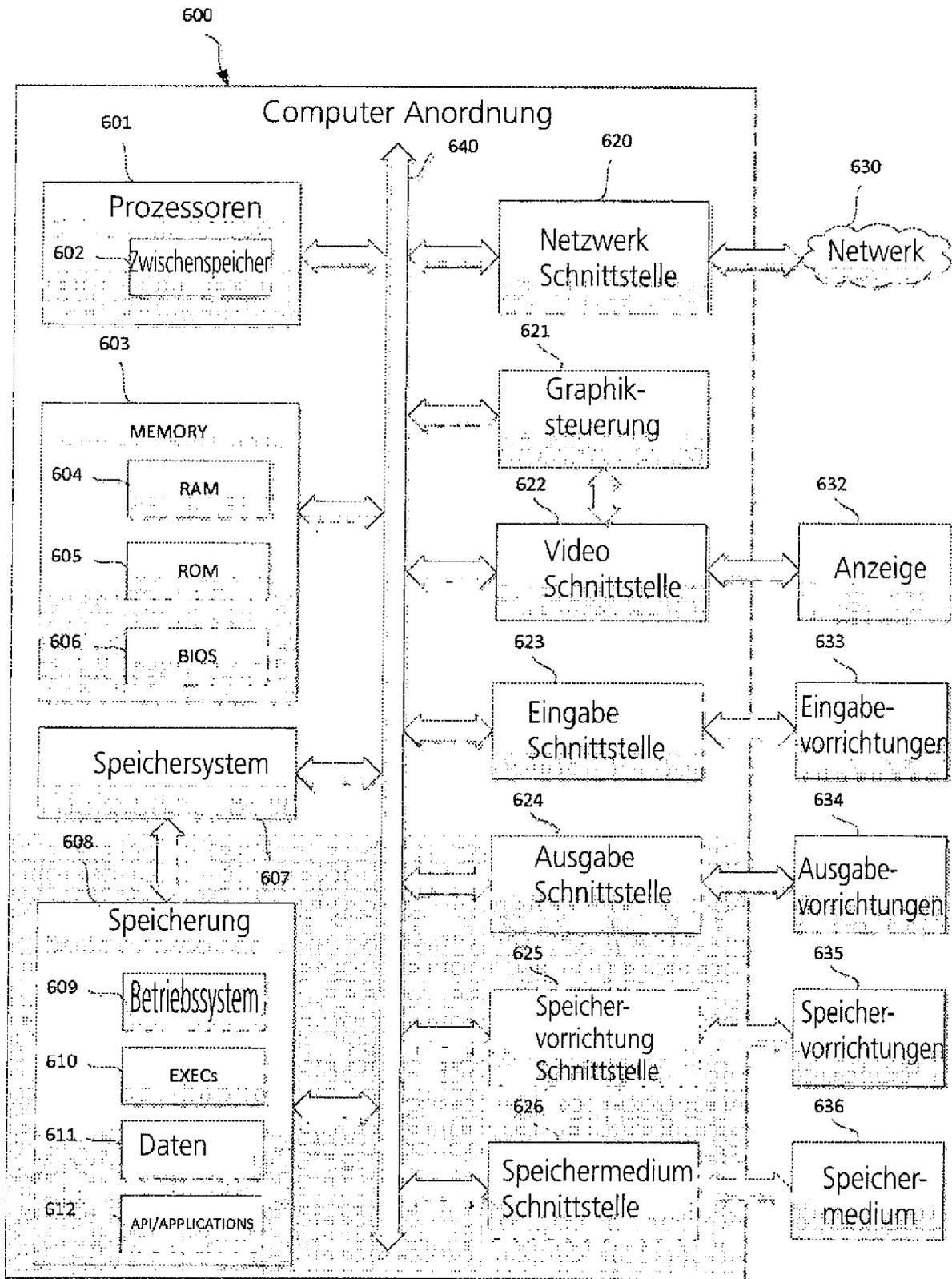


FIG. 6