

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50705/2018
(22) Anmeldetag: 20.08.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2019

(51) Int. Cl.: **G07D 5/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 10222771 A1
JP 2000163587 A
DE 102006052441 A1
WO 0041143 A1
JP 2005316553 A
JP 2001291137 A

(71) Patentanmelder:
Österreichische Nationalbank
1090 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Wildhack & Jellinek Patentanwälte OG
1030 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Oberflächenprüfung von Münzen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenprüfung von Münzen (1) auf Verschmutzung, insbesondere aufgrund von chemischen Prozessen, wobei

- eine zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) relativ zu einem optischen Aufnahmegerät (20) derart bewegt wird, dass sich Bereiche der Oberfläche des Münzbilds im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts (20) befinden,
- während der Bewegung der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) mit dem optischen Aufnahmegerät (20) entlang zumindest eines Oberflächenbereichs (O; O₁, O₂, O₃) und während dieser Zeit Oberflächenpunkte des Münzbilds (10; 10a, 10b) in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, wobei derart für jeden der Wellenlängenbereiche jeweils ein Profil (P; P₁, P₂, P₃) erstellt wird, das die Reflexion in dem betreffenden Wellenlängenbereich für eine Anzahl von zeitlich aufeinander folgenden Aufnahmen darstellt, die vom Münzbild (10; 10a, 10b) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) während ihrer Bewegung erstellt wurden,
- vorab zumindest ein Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃) einer Referenzmünze aufgenommen und zur Verfügung gehalten wird, das derart zentriert ist, dass die Mitte des im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts (20) erfassten Münzbilds der Mitte des erstellten Referenzprofils (R; R₁, R₂, R₃) entspricht, und das derart gestreckt oder gestaucht ist, dass die Breite des erfassten Münzbilds im erstellten Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃, R₄) einer vorgegebenen Standardbreite entspricht,

- das erstellte Profil (P; P₁, P₂, P₃) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) derart verschoben und gestreckt oder gestaucht wird, dass die Mitte des erfassten Münzbilds (10; 10a, 10b) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) in der Mitte des erstellten Profils (P; P₁, P₂, P₃) liegt und dass die Breite des erfassten Münzbilds (10; 10a, 10b) im erstellten Profil (P; P₁, P₂, P₃) der vorgegebenen Standardbreite entspricht,
- das erstellte Profil (P; P₁, P₂, P₃) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) mit dem zumindest einen Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃, R₄) der Referenzmünze verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert ermittelt wird, und
- eine Verschmutzung festgestellt wird, wenn der ermittelte Übereinstimmungsmaßwert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitende Übereinstimmung indiziert.

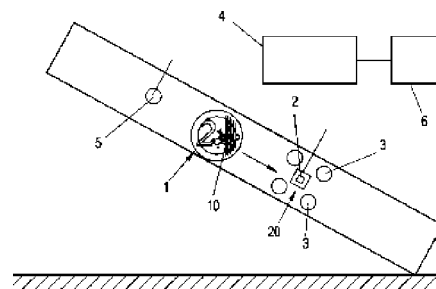


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenprüfung von Münzen (1) auf Verschmutzung, insbesondere aufgrund von chemischen Prozessen, wobei

- eine zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) relativ zu einem optischen Aufnahmegerät (20) derart bewegt wird, dass sich Bereiche der Oberfläche des Münzbilds im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts (20) befinden,
- während der Bewegung der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) mit dem optischen Aufnahmegerät (20) entlang zumindest eines Oberflächenbereichs (O; O₁, O₂, O₃) und während dieser Zeit Oberflächenpunkte des Münzbilds (10; 10a, 10b) in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, wobei derart für jeden der Wellenlängenbereiche jeweils ein Profil (P; P₁, P₂, P₃) erstellt wird, das die Reflexion in dem betreffenden Wellenlängenbereich für eine Anzahl von zeitlich aufeinander folgenden Aufnahmen darstellt, die vom Münzbild (10; 10a, 10b) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) während ihrer Bewegung erstellt wurden,
- vorab zumindest ein Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃) einer Referenzmünze aufgenommen und zur Verfügung gehalten wird, das derart zentriert ist, dass die Mitte des im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts (20) erfassten Münzbilds der Mitte des erstellten Referenzprofils (R; R₁, R₂, R₃) entspricht, und das derart gestreckt oder gestaucht ist, dass die Breite des erfassten Münzbilds im erstellten Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃, R₄) einer vorgegebenen Standardbreite entspricht,
- das erstellte Profil (P; P₁, P₂, P₃) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) derart verschoben und gestreckt oder gestaucht wird, dass die Mitte des erfassten Münzbilds (10; 10a, 10b) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) in der Mitte des erstellten Profils (P; P₁, P₂, P₃) liegt und dass die Breite des erfassten Münzbilds (10; 10a, 10b) im erstellten Profil (P; P₁, P₂, P₃) der vorgegebenen Standardbreite entspricht,
- das erstellte Profil (P; P₁, P₂, P₃) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) mit dem zumindest einen Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃, R₄) der Referenzmünze verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert ermittelt wird, und
- eine Verschmutzung festgestellt wird, wenn der ermittelte Übereinstimmungsmaßwert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitende Übereinstimmung indiziert.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenprüfung von Münzen auf Verschmutzung, insbesondere aufgrund von chemischen Prozessen gemäß Patentanspruch 1.

Aus dem Stand der Technik sind Münzbearbeitungs- bzw. Münzzählmaschinen bekannt, die technisch in der Lage sind, Fälschungen zu detektieren. Dazu werden geometrische und physikalische, z.B. elektromagnetische, Eigenschaften der Münzen bestimmt, sodass gefälschte Münzen anhand von Abweichungen von vorgegebenen geometrischen oder physikalischen Parametern detektiert werden können. Aufgrund der EU-Verordnung Nr. 1210/2010 des Europäischen Parlaments vom 15. Dezember 2010 steht es EU-Mitgliedsstaaten frei, nicht für den Umlauf geeignete Euro-Münzen, die entweder mutwillig oder durch ein Verfahren verändert wurden, bei dem eine Veränderung des Münzbilds zu erwarten war, die Erstattung abzulehnen. Derartige nicht erstattungswürdige Münzen, die durch deren optische Erscheinung eindeutig erkennbar sind, werden jedoch von den aus dem Stand der Technik bekannten Münzbearbeitungsmaschinen angenommen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, diesbezüglich Abhilfe zu schaffen und ein Verfahren bereitzustellen, das optisch veränderte bzw. verschmutzte Münzen automatisiert detektiert.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit einem Verfahren zur Oberflächenprüfung von Münzen auf Verschmutzung, insbesondere aufgrund von chemischen Prozessen, mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, dass

- eine zu untersuchende Münze relativ zu einem optischen Aufnahmegerät derart bewegt wird, dass sich Bereiche der Oberfläche des Münzbilds im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts befinden,
- während der Bewegung der zu untersuchenden Münze mit dem optischen Aufnahmegerät entlang zumindest eines Oberflächenbereichs und während dieser Zeit Oberflächenpunkte des Münzbilds in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, wobei derart für jeden der Wellenlängenbereiche jeweils ein Profil erstellt wird, das die Reflexion in dem betreffenden Wellenlängenbereich für eine Anzahl von zeitlich aufeinander folgenden Aufnahmen darstellt, die vom Münzbild der zu untersuchenden Münze während ihrer Bewegung erstellt wurden,
- vorab zumindest ein Referenzprofil einer Referenzmünze aufgenommen und zur Verfügung gehalten wird, das derart zentriert ist, dass die Mitte des im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts erfassten Münzbilds der Mitte des erstellten Referenzprofils

- entspricht, und das derart gestreckt oder gestaucht ist, dass die Breite des erfassten Münzbilds im erstellten Referenzprofil einer vorgegebenen Standardbreite entspricht,
- das erstellte Profil der zu untersuchenden Münze derart verschoben und gestreckt oder gestaucht wird, dass die Mitte des erfassten Münzbilds der zu untersuchenden Münze in der Mitte des erstellten Profils liegt und dass die Breite des erfassten Münzbilds im erstellten Profil der vorgegebenen Standardbreite entspricht,
 - das erstellte Profil der zu untersuchenden Münze mit dem zumindest einen Referenzprofil der Referenzmünze verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert ermittelt wird, und
 - eine Verschmutzung festgestellt wird, wenn der ermittelte Übereinstimmungsmaßwert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitende Übereinstimmung indiziert..

Für eine derartige Überprüfung von Münzen auf Verschmutzung mit Hilfe von in verschiedenen optischen Wellenlängenbereichen aufgenommenen Reflektionsverläufen bietet im Vergleich zu einer Überprüfung mit Hilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen den Vorteil, dass ein geringerer Rechenaufwand erforderlich ist und die Hardwarekosten für die Implementierung eines derartigen Vergleichsverfahrens deutlich niedriger sind. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, dass im Gegensatz zu einem Bildverungsverfahren mittels eines Münzbildvergleichs unterschiedliche Motive von Münzen gleicher Denomination nicht berücksichtigt werden brauchen.

Eine besonders zuverlässige Detektion verschmutzter Münzen kann gewährleistet werden, wenn von der zu untersuchenden Münze entlang einer vorgegebenen Anzahl von Oberflächenbereichen jeweils Oberflächenpunkte des Münzbilds in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, wobei derart für jeden der Oberflächenbereiche jeweils ein Profil für jeden der Wellenlängenbereiche erstellt wird. Derart ist es möglich, für jede Münze Messprofile von mehreren Oberflächenbereichen bzw. Spuren zu erfassen und mit dem Referenzprofil zu vergleichen, sodass verschmutzte Münzen zuverlässig erkannt werden.

Um Verschmutzungen des Münzbilds in verschiedenen Farben zuverlässig zu detektieren, kann vorgesehen sein, dass jedes erstellte Profil einer zu untersuchenden Münze jeweils mehrere Einzelfarbprofile umfasst, wobei jedes der Einzelfarbprofile in jeweils anderen Wellenlängenbereichen aufgenommene Aufnahmen der Oberflächenpunkte desselben Oberflächenbereichs der jeweils zu untersuchenden Münze umfasst. Derart werden beispielsweise für jeden Oberflächenbereich bzw. jede Spur Einzelfarbprofile im roten, grünen oder blauen Spektralbereich erstellt, die mit dem

Referenzprofil verglichen werden können, sodass auch färbige Verschmutzungen einfach und zuverlässig erkannt werden können.

Ein besonders geringer Verarbeitungsaufwand bei der Überprüfung der zu untersuchenden Münze wird sichergestellt, wenn als Referenzmünze eine unverschmutzte Münze vorgegeben wird und bei der zu untersuchenden Münze eine Verschmutzung festgestellt wird, wenn der für das erstellte Profil der zu untersuchenden Münze ermittelte Übereinstimmungsmaßwert eine Abweichung vom Referenzprofil indiziert, die den vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

Eine besonders zuverlässige Erkennung von auf unterschiedliche Arten verschmutzten Münzen kann sichergestellt werden, wenn

- eine Anzahl von Referenzprofilen für mehrere unterschiedliche Arten von Referenzmünzen vorgegeben wird, wobei die Referenzmünzen insbesondere eine oder mehrere unverschmutzte und eine oder mehrere auf unterschiedliche Weise verschmutzte Referenzmünzen umfassen,
- das für die zu untersuchende Münze erstellte Profil mit jedem der Referenzprofile verglichen wird und derart jeweils ein Übereinstimmungsmaßwert für jedes der Referenzprofile erhalten wird, und
- die zu untersuchende Münze als unverschmutzt oder verschmutzt erkannt wird, wenn aufgrund des jeweiligen Übereinstimmungsmaßwerts eine Übereinstimmung mit einem der Referenzprofile der Referenzmünzen ermittelt wird.

Durch den Vergleich des für die zu untersuchende Münze erstellten Profils mit Referenzprofilen unterschiedlicher Arten von Referenzmünzen ist sichergestellt, dass Verschmutzungen verschiedenster Art bei der zu untersuchenden Münze erkannt werden.

Eine weitere Verbesserung der Detektion verschmutzter Münzen kann erzielt werden, wenn für jede Art von Referenzmünze jeweils ein Referenzprofil herangezogen wird, das eine Anzahl von für derartige Referenzmünzen erstellten Münzart-Referenzprofilen umfasst, wobei die Münzart-Referenzprofile jeweils einzeln zentriert und gestreckt oder gestaucht sind, und wenn das für die zu untersuchende Münze erstellte Profil mit jedem einzelnen Münzart-Referenzprofil verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert für jedes der Münzart-Referenzprofile ermittelt wird.

Derart ist sichergestellt, dass für jede Art von Referenzmünze bzw. für jede Art von Verschmutzung mehrere Münzart-Referenzprofile zur Verfügung stehen, bei denen

beispielsweise auch unterschiedliche Grade der Verschmutzung für denselben Verschmutzungstyp des Münzbilds abgedeckt sind, sodass eine Verschmutzung bei der zu untersuchenden Münze zuverlässig erkannt wird.

Für eine zuverlässige Detektion unterschiedlicher Arten von Verschmutzungen bei einer zu untersuchenden Münze kann weiters vorgesehen sein, dass jedes Referenzprofil jeweils mehrere Einzelreferenzfarbprofile umfasst, wobei jedes der Einzelreferenzfarbprofile in jeweils anderen Wellenlängenbereichen aufgenommene Aufnahmen der Oberflächenpunkte desselben Oberflächenbereichs der jeweiligen Referenzmünze umfasst. Derart ist es möglich, für eine zu untersuchende Münze ermittelte Einzelfarbprofile jeweils mit den entsprechenden Einzelreferenzfarbprofilen des jeweiligen Spektralbereichs zu vergleichen und derart zuverlässig Verschmutzungen zu erkennen.

Um einen rechnerisch einfachen Vergleich des für die zu untersuchende Münze ermittelten Profils mit dem Referenzprofil zu gewährleisten, kann vorgesehen sein, dass zur Ermittlung des Übereinstimmungsmaßwerts beim Vergleich des zumindest einen für die zu untersuchende Münze erstellten Profils mit dem zumindest einen Referenzprofil ein Ähnlichkeitsmaß, insbesondere die Kreuzkorrelation oder die Summe der quadratischen Abweichungen oder die Summe der absoluten Abweichungen, berechnet wird und/oder ein Vergleich basierend auf einer Merkmalsextraktion durchgeführt wird.

Um mit möglichst großer Sicherheit zu verhindern, dass Münzen für fehlerfrei befunden werden, die auf irgendeine Weise verschmutzt sind, kann vorgesehen sein, dass sofern Profile für eine Anzahl von Oberflächenbereichen der zu untersuchenden Münze zur Verfügung stehen, beim Vergleich des für die zu untersuchende Münze erstellten Profils mit dem zumindest einen Referenzprofil bei der zu untersuchenden Münze bereits eine Verschmutzung festgestellt wird, wenn der für das Profil eines einzigen der Oberflächenbereiche ermittelte Übereinstimmungsmaßwert eine Verschmutzung indiziert.

Um das für die zu untersuchende Münze erstellte Profil nicht mit allen zur Verfügung stehenden Referenzprofilen vergleichen zu brauchen, kann vorgesehen sein, dass die Denomination der zu untersuchenden Münze festgestellt wird und das zumindest eine Referenzprofil anhand der festgestellten Denomination ausgewählt wird. Derart ist es möglich, den Vergleich auf Referenzprofile einzuschränken, die für die festgestellte Denomination zur Verfügung stehen, sodass der mit dem Vergleich verbundene Rechenaufwand minimiert wird.

Um zu verhindern, dass Profile erstellt werden, obwohl sich während der Bewegung der zu untersuchenden Münze kein Bereich des Münzbilds der zu untersuchenden Münze im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts befindet, kann vorgesehen sein, dass die Aufnahme vorgegebener Oberflächenbereiche mit dem optischen Aufnahmegerät inaktiviert wird, wenn die festgestellte Denomination indiziert, dass sich Oberflächenbereiche der zu untersuchenden Münze außerhalb des Aufnahmebereichs des Aufnahmegeräts befinden.

Auf diese Art wird vermieden, dass Profile erstellt werden, in denen nur Hintergrundmesswerte enthalten sind, die aufgenommen werden, ohne dass sich Bereiche des Münzbilds einer Münze im Aufnahmebereich befinden.

Zur besonders zuverlässigen Detektion von Verschmutzungen bei einer zu untersuchenden Münze kann weiters vorgesehen sein, dass

- für jede Münzseite der zu untersuchenden Münze für zumindest einen Oberflächenbereich Oberflächenpunkte des Münzbilds in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, wobei derart für jeden der Wellenlängenbereiche jeweils ein Profil erstellt wird,
- das für die zweite Münzseite erstellte Profil zentriert und gestreckt oder gestaucht wird, sodass die Mitte des erfassten Münzbilds in der Mitte des erstellten Profils liegt und dass die Breite des erfassten Münzbilds im erstellten Profil der vorgegebenen Standardbreite entspricht, und
- das zumindest eine für die zweite Münzseite erstellte Profil mit zumindest einem Referenzprofil verglichen wird und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert ermittelt wird.

Auf diese Weise wird sichergestellt, dass Verschmutzungen, die sich nur auf einer Seite der zu untersuchenden Münze befinden, zuverlässig erkannt werden, da beide Münzseiten der zu untersuchenden Münze aufgenommen werden.

Um den Rechenaufwand bei der Verarbeitung der erstellten Profile zu minimieren, wenn jeweils beide Münzseiten einer zu untersuchenden Münze überprüft werden, kann vorgesehen sein, dass das zumindest eine für die zweite Münzseite erstellte Profil mit demselben Referenzprofil verglichen wird, wie das für die erste Münzseite erstellte Profil und/oder dass das zumindest eine für die zweite Münzseite der zu untersuchenden Münze erstellte Profil gemäß der Zentrierung und/oder Streckung oder Stauchung, die für

das entsprechende für die erste Münzseite erstellte Profil ermittelt wurden, zentriert und/oder gestreckt oder gestaucht wird.

Auf diese Weise kann für das für die zweite Münze erstellte Profil einfach die Zentrierung bzw. Streckung oder Stauchung, die für das im entsprechenden Profil der ersten Münzseite ermittelt wurde, übernommen werden.

Um beispielsweise sich verändernde Lichtverhältnisse oder durch das Aufnahmegerät bedingte Messwert- Ungenauigkeiten bei der Erstellung der Profile zu korrigieren, kann vorgesehen sein, dass die Gerätedrift des optischen Aufnahmegeräts anhand desjenigen Helligkeitswerts erfolgt, der ohne zu untersuchende Münze ermittelt wird und die derart ermittelte Gerätedrift zur Korrektur des für die zu untersuchende Münze erstellten Profils herangezogen wird.

Um das erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise auch bei bereits bestehenden Münzbearbeitungsgeräten anwenden zu können, kann vorgesehen sein, dass die Bewegung der zu untersuchenden Münze relativ zum optischen Aufnahmegerät bewirkt wird, indem die zu untersuchende Münze entlang einer geneigten Ebene abrollt oder, insbesondere auf einem Förderband oder Riemen, gefördert wird oder entlang einer Freiflugstrecke am optischen Aufnahmegerät vorbei transportiert wird.

Da das erfindungsgemäße Verfahren unempfindlich gegenüber der Art des Transportes ist, die zur Bewegung der zu untersuchenden Münze relativ zum Aufnahmegerät führt, ist das erfindungsgemäße Verfahren einfach bei einer Vielzahl an bekannten Münzbearbeitungsgeräten implementierbar.

Um die Aufnahme von Oberflächenpunkten des Münzbilds erst dann zu starten, wenn sich tatsächlich eine zu untersuchende Münze im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts befinden, kann vorgesehen sein, dass der Zeitpunkt, insbesondere durch eine unmittelbar vor dem Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts angeordnete Triggereinheit, bestimmt wird, zu dem die zu untersuchende Münze in den Aufnahmebereich gelangt und in einem vorgegebenen Zeitabstand nach der Detektion des Eintretens in den Aufnahmebereich der Vergleich des zumindest einen für die zu untersuchende Münze erstellten Profils mit dem zumindest einen Referenzprofil durchgeführt wird. Auf diese Weise wird vermieden, dass die erstellten Profile eine große Anzahl an Hintergrundmesswerten enthalten, in denen keine Information über die Reflektionen des Münzbilds enthalten sind.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

Die Erfindung ist im Folgenden anhand von besonders vorteilhaften, aber nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beispielhaft beschrieben.

Im Folgenden zeigen:

Fig. 1 eine Anordnung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Aufnahmegerät 20 mit einem Detektor 2,

Fig. 2 eine alternative Anordnung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Aufnahmegerät mit drei Detektoren zu Aufnahme von drei Spuren bzw. Oberflächenbereichen,

Fig. 3a zeigt die während des Abrollens einer 2-Euro-Münze aufgenommenen Oberflächenpunkte des Münzbilds eines Oberflächenbereichs,

Fig. 3b die die während einer linearen Bewegung aufgenommenen Oberflächenpunkte des Münzbilds eines Oberflächenbereichs einer 2-Euro-Münze,

Fig. 4a den Verlauf dreier Oberflächenbereiche, entlang denen Oberflächenpunkte des Münzbilds aufgenommen wurden, während einer rollenden Bewegung,

Fig. 4b den Verlauf dreier Oberflächenbereiche, die während einer linearen Bewegung der Münze aufgenommen wurden,

Fig. 5 beispielhaft ein Referenzprofil und ein ermitteltes Profil mit jeweils drei Einzelreferenzfarbprofilen bzw. Einzelfarbprofilen,

Fig. 6 beispielhaft für drei Oberflächenbereiche einer zu untersuchenden Münze ermittelte Profile und ein Referenzprofil,

Fig. 7 beispielhaft drei Münzart-Referenzprofile und ein ermitteltes Profil,

Fig. 8 ein Beispiel für die Ermittlung des Übereinstimmungsmaßwerts mit Hilfe einer Merkmalsextraktion.

Fig. 1 zeigt ein erstes Beispiel einer Anordnung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Oberflächenprüfung von Münzen auf Verschmutzung. Eine derartige Anordnung kann beispielsweise in einem aus dem Stand der Technik bekannten Münzzähl- bzw. Münzsortierautomaten integriert sein oder nachträglich in einen derartigen Münzzählautomaten eingebaut werden. Die Anordnung umfasst ein optisches Bildaufnahmegerät 20, das im gezeigten Ausführungsbeispiel einen Farbsensor 2, eine Verarbeitungseinheit 4, eine Triggereinheit 5, beispielsweise eine Lichtschranke,

und vier Beleuchtungskörper 3, bei denen es sich im Ausführungsbeispiel jeweils um monochrome, beispielsweise weiße, Leuchtdioden, handelt, umfasst. Die Beleuchtungskörper 3 sind so gewählt, dass eine möglichst diffuse Beleuchtung sichergestellt ist, da die metallische Oberfläche unverschmutzter Münzen stark reflektiert, während die Reflektivität der Oberfläche verschmutzter Münzen entsprechend reduziert ist. Weiters umfasst die Anordnung eine optionale Auswurfeinheit 6, die von der Verarbeitungseinheit 4 angesteuert wird und Münzen auswirft, die als nicht erstattungsfähig bzw. verschmutzt erkannt wurden.

Mit dem im Folgenden beschriebenen Verfahren können vorteilhafterweise auf verschiedenste Weise verschmutzte Münzen erkannt werden. Bei den Verschmutzungen der Münzen kann es sich beispielsweise um vollständige oder teilweise Verfärbungen des Münzbilds handeln. Als weitere Verschmutzung sind beispielsweise bekannt, dass das Münzbild der Münzen durch Muster oder Abbildungen zumindest teilweise verdeckt ist oder durch chemische Verfahren, mechanische Einwirkung oder Wärmebehandlung verändert oder teilweise entfernt wurde.

Als erster Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens werden im Ausführungsbeispiel in **Fig. 1** während der Bewegung der zu untersuchenden Münze 1 am optischen Aufnahmegerät 20 vorbei mit dem Aufnahmegerät 20 entlang eines Oberflächenbereichs O der zu untersuchenden Münze 1 Oberflächenpunkte des Münzbilds 10 in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel rollt bzw. rutscht die zu untersuchende Münze 1, angetrieben durch die Schwerkraft, entlang einer geneigten Ebene, im Ausführungsbeispiel einer Schiene, ab und passiert dabei den Aufnahmebereich des optischen Aufnahmegeräts 20. Durch die zumindest teilweise rollende Bewegung, die die zu untersuchende Münze 1 vollführt, werden vom Aufnahmegerät 20 zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_e Oberflächenpunkte des Münzbilds 10 bzw. der Oberflächenfarbe des Münzbilds 10 erfasst, die sich entlang einer Kurve auf der Oberfläche der zu untersuchenden Münze 1 befinden, wie dies in **Fig. 3a** dargestellt ist. Dabei wird entlang der liegend s-förmigen Kurve ein Oberflächenbereich O der zu untersuchenden Münze 1 erfasst, der sich entlang des gesamten Münzbilds 10 erstreckt. Dies bedeutet, dass bei Bimetallmünzen sowohl Oberflächenpunkte aufgenommen werden, die sich auf dem Ring als auch auf der Pille befinden.

Alternativ dazu kann die Bewegung der zu untersuchenden Münze 1 relativ zum optischen Aufnahmegerät beispielsweise auch bewirkt werden, indem die zu untersuchende Münze 1 auf einem Förderband oder Riemen linear gefördert wird oder entlang einer Freiflugstrecke am optischen Aufnahmegerät 20 vorbei transportiert wird. Ein Beispiel für den zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_e aufgenommenen Oberflächenbereich O einer linear am Aufnahmegerät 20 vorbeitransportierten zu untersuchenden Münze 1 ist in **Fig. 3b** dargestellt.

Um die Aufnahme der Oberflächenpunkte gezielt zu starten, wenn die zu untersuchende Münze 1 in den Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts 20 eintritt, und in einem vorgegebenen Zeitabstand dazu die weitere Verarbeitung der ermittelten Daten zu starten, ist im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Lichtschranke vorgesehen, die unmittelbar vor dem Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts 20 angeordnet ist und den Zeitpunkt detektiert, zu dem die zu untersuchende Münze 1 in den Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts 20 gelangt. Die Lichtschranke stellt in diesem Fall ein Signal bereit, das die Aufnahme von Oberflächenpunkten der zu untersuchenden Münze 1 startet und in einem vorgegebenen Zeitabstand nach der Detektion eine weitere Bearbeitung der aufgenommenen Daten auslöst.

Eine derartige Lichtschranke ist jedoch keinesfalls zwingend erforderlich für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Alternativ dazu kann das Aufnahmegerät 20 auch fortlaufend Aufnahmen erstellen, wobei anschließend mit Hilfe von Signalverarbeitungsalgorithmen diejenigen Aufnahmen ermittelt werden, die die Reflektionen von Oberflächenpunkten des Münzbilds 10 einer zu untersuchenden Münze 1 beinhalten.

Beim Farbsensor 2 des Aufnahmegeräts 20 handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel in **Fig. 1** um ein Fotodiodenfeld, die jeweils mit einem Rot-, Grün- oder Blaufilter ausgestattet ist. Alternativ dazu kann die Anordnung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens als Farbsensor 2 beispielsweise auch eine ungefilterte Fotodiode umfassen. Als Messergebnis wird bei einer Aufnahme mit einem derartigen Aufnahmegerät 20 ein Signal erhalten, dessen Signalwert zur Helligkeit bei der jeweiligen, Farbwellenlänge proportional ist. Bei den Beleuchtungskörpern 3 handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel um vier weiße Leuchtdioden, die eine möglichst diffuse Beleuchtung des Aufnahmebereichs gewährleisten.

Aus den, wie zuvor beschrieben, in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommenen Oberflächenpunkten des Münzbilds 10 wird jeweils ein Profil P für jeden der Wellenlängenbereiche erstellt, die die Reflexion darstellt, die die aufgenommenen Oberflächenpunkte in dem betreffenden Wellenlängenbereich für eine Anzahl von zeitlich aufeinander folgenden Aufnahmen aufweisen.

Bei der Erstellung des Profils P kann auch die Gerätedrift des optischen Aufnahmegeräts 20 berücksichtigt werden, indem der Helligkeitswert, der ohne zu untersuchende Münze 1 ermittelt wird, für eine Korrektur des Profils P herangezogen wird.

Dabei kann beispielsweise ein einzelnes Profil P für einen Oberflächenbereich O der zu untersuchenden Münze 1 erstellt werden, wenn der Farbsensor 2 des Aufnahmegeräts 20, die Reflexionen der aufgenommenen Oberflächenpunkte des Münzbilds 10 ungefiltert registriert. Alternativ dazu kann das Aufnahmegerät 20 auch einen Farbsensor 2 mit Fotodetektorgruppen für den roten, grünen bzw. blauen Spektralbereich umfassen, sodass, während die zu untersuchende Münze 1 durch den Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts 20 transportiert wird, Oberflächenpunkte des Münzbilds 10 in mehreren verschiedenen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, sodass für jeden aufgenommenen Oberflächenbereich O des Münzbilds 10 Einzelfarbprofile PF_r , PF_g , PF_b beispielsweise für den roten, grünen und blauen Spektralbereich erstellt werden können. Optional dazu kann eine Helligkeitsmessung durchgeführt werden, wenn das Aufnahmegerät 20 eine ungefilterte Detektorgruppe umfasst.

Ein derartiges Profil P einer zu untersuchenden Münze 1 umfassend drei Einzelfarbprofile PF_r , PF_g , PF_b der Aufnahmen der Oberflächenpunkte desselben Oberflächenbereichs O des Münzbilds 10 im roten, grünen und blauen Spektralbereich ist in **Fig. 5** dargestellt. Um anschließend festzustellen, ob die zu untersuchende Münze 1 eine Verschmutzung aufweist, wird das erstellte Profil P bzw. gegebenenfalls die drei Einzelfarbprofile PF_r , PF_g , PF_b des Profils P mit zumindest einem Referenzprofil R einer Referenzmünze verglichen.

Für diesen Vergleich wird vorab zumindest ein Referenzprofil R einer Referenzmünze aufgenommen und beispielsweise in der Verarbeitungseinheit 4 hinterlegt und zur Verfügung gehalten. Als Referenzmünze kann beispielsweise eine unverschmutzte Münze vorgegeben werden, bei der das Münzbild weder verfärbt noch beispielsweise durch den Einfluss von Wärme oder chemischen Substanzen verändert wurde. Beispiele für die erstellten Profile einer sauberen bzw. unverschmutzten 2-Euro-Münze sind in den **Fig. 5, 6 und 7** dargestellt.

In den Fig. 5, 6 und 7 ist auf der x-Achse die Auflösung in mm skaliert mit der Messauflösung r [mm/r] und auf der y-Achse der Reflexionsgrad [RG] im jeweiligen Spektralbereich angegeben. Die zeitliche Auflösung (horizontale Achse) der in den Fig. 5, 6 und 7 dargestellten Profile P bzw. Referenzprofile R ergibt sich aus der minimal erreichbaren Zeit für die Lese- bzw. Schreib-Vorgänge der verwendeten Recheneinheit. Die vertikale Achse ist die gemessene, d.h. indirekt dem Farbwert proportionale Frequenz. Ist beispielsweise max. alle $t=0,2$ ms eine vollständige RGB-Messung möglich, ergibt sich bei einer Geschwindigkeit der Münzen von ca. $v=1,4$ m/s eine Auflösung r auf der Münze von $r = v \cdot t = 1,4 \cdot 0,2 \approx 0,3$ mm.

Für eine gute Vergleichbarkeit des zumindest einen Referenzprofils R mit dem zumindest einen für die zu untersuchende Münze 1 erstellten Profil P wird das Referenzprofil R derart zentriert, dass die Mitte des im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts 20 erfassten Münzbilds der Referenzmünze der Mitte des erstellten Referenzprofils R entspricht. Weiters wird das Referenzprofil R derart gestreckt oder gestaucht, dass die Breite des erfassten Münzbilds im erstellten Referenzprofil R einer vorgegebenen Standardbreite entspricht. Das derart aufgenommene und verarbeitete Referenzprofil R wird schließlich für das erfindungsgemäße Verfahren zur Verfügung gehalten.

Das erstellte Profil P der zu untersuchenden Münze 1 wird ebenfalls derart verschoben und gestreckt oder gestaucht, dass die Mitte des erfassten Münzbilds 10 der zu untersuchenden Münze 1 in der Mitte des erstellten Profils P liegt. Weiters wird die Breite des erfassten Münzbilds 10 derart gestreckt oder gestaucht, dass sie im erstellten Profil P der vorgegebenen Standardbreite entspricht. Diese Zentrierung bzw. Streckung oder Stauchung der Profile P bewirkt vorteilhafterweise, dass die durch unterschiedliche Roll- bzw. Rutschgeschwindigkeiten der zu untersuchenden Münzen 1 bedingte unterschiedliche Breite der Profile P vereinheitlicht wird bzw. die Mitte des erstellten Profils P mit der Mitte der Messpunkte auf der zu untersuchenden Münze 1 in Übereinstimmung gebracht wird.

Um das Referenzprofil R bzw. das ermittelte Profil P auf die vorgegebene Standardbreite zu bringen, wird eine lineare Interpolation zwischen den für die einzelnen Oberflächenpunkte erfassten Reflexionen durchgeführt. Das Zentrieren der ermittelten Profile P bzw. der Referenzprofile R erfolgt durch Bilden der kumulativen Summe und Schieben des betreffenden Profils P bzw. Referenzprofils R von der Mittenposition H des verschobenen Profils auf die zentrale Profilmittenposition bei $N/2$. Die Position H des

verschobenen Profils ist dabei gegeben durch die Position der halben Gesamtsumme der Einzelmesswerte in einem Profil und wird rechnerisch ermittelt durch $H = \operatorname{argmin}_c (\sum_{i=1}^c x > \sum_{i=1}^N x / 2)$, $c=1, \dots, N$, wobei N die Länge des gesamten Profils ist.

Die Streckung bzw. Stauchung wird für ein Trainingsset ermittelt, beispielsweise für die vorab untersuchten Referenzmünzen. Dabei wird beispielsweise für jede Referenzmünze mittels der bekannten Untersuchungsverfahren zur Feststellung der Denomination anhand von geometrischen bzw. physikalischen Parametern die Denomination festgestellt, für jede untersuchte Denomination eine durchschnittliche Weite $\bar{w}$ ermittelt und die Streckung bzw. Stauchung auf die Weite $\bar{w}$ angepasst. Die durchschnittliche Weite ist gegeben durch $\bar{w} = \sum_{i=1}^T w_i / T$, wobei T die Anzahl Trainingsprofile $w_1, \dots, w_T$, d.h. der Referenzprofile R , ist. Die Weite w eines Profils P berechnet sich aus $w = b - a$, $a = \operatorname{argmin}_i (x(i) > B)$, $b = \operatorname{argmax}_i (x(i) > B)$, $i=1, \dots, N$, wobei B ein Schwellwert ist.

Die Breite w des Münzprofils kann beispielsweise durch eine Geschwindigkeitsmessung geschätzt werden, wozu beispielsweise eine zweite Triggereinheit 5, bzw. eine Lichtschranke, die vor dem Aufnahmegerät 20 angebracht ist, herangezogen werden kann. Aus der Zeitdifferenz zwischen dem Passieren der ersten und der zweiten Lichtschranke lässt sich so die Geschwindigkeit der zu untersuchenden Münze 1 errechnen und auf die anzuwendende Streckung bzw. Stauchung schließen. Die Streckung bzw. Stauchung um den Faktor $\bar{w}/w$ erfolgt dann beispielsweise durch Interpolation zwischen den einzelnen Punkten des erstellten Profils P . Die erforderliche Streckung bzw. Stauchung, um ein ermitteltes Profil P auf die vorgegebene Standardbreite zu bringen, kann alternativ dazu auch zunächst für eine Anzahl an Referenzmünzen bekannte Denomination und somit bekannter Weite bzw. Münzbreite ermittelt werden.

Ist nun das für die zu untersuchende Münze 1 erstellte Profil P auf diese Weise vorverarbeitet, wird das erstellte Profil mit dem zumindest einen Referenzprofil R der Referenzmünze, das zur Verfügung gehalten wird, verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert ermittelt. Wenn dieser ermittelte Übereinstimmungsmaßwert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitende Übereinstimmung mit der Referenzmünze indiziert, wird bei der zu untersuchenden Münze 1 eine Verschmutzung festgestellt.

Wird beispielsweise das für eine verschmutzte zu untersuchende Münze 1 erstellte Profil P mit dem für eine unverschmutzte bzw. saubere Referenzmünze erstellten Referenzprofil R verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert ermittelt, wird bei der zu untersuchenden Münze 1 eine Verschmutzung festgestellt, wenn beispielsweise der für das erstellte Profil P ermittelte Übereinstimmungsmaßwert eine Abweichung vom Referenzprofil R indiziert, die den vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. D.h. dass die übermittelte Übereinstimmung für eine verschmutzte zu untersuchende Münze 1 so gering ist, dass der ermittelte Übereinstimmungsmaßwert den vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet.

Ist dies der Fall, kann beispielsweise von der Verarbeitungseinheit 4 festgestellt werden, dass die zu untersuchende Münze 1 zu stark verschmutzt ist. Das Ergebnis ist ein Signal welches entweder in die bestehende Maschinensteuerung gesendet wird oder z.B. einen Hubmagnet zum Münzauswurf ansteuert. Die Münze wird zurückgewiesen und beispielsweise über eine mechanische Auswurfeinheit 6, die von der Verarbeitungseinheit 4 angesteuert wird, wieder ausgegeben. Weiter können optional auch noch weitere Messwerte, z.B. Farbmesswerte, an die Maschinensteuerung übertragen werden.

Wie bereits zuvor für das für die zu untersuchende Münze 1 ermittelte Profil P beschrieben, kann ein derartiges für eine Referenzmünze erstelltes Referenzprofil R auch mehrere Einzelfarbbreferenzprofile RF_r , RF_g , RF_b beispielsweise im roten, grünen und blauen Spektralbereich umfassen. Ein derartiges Referenzprofil R mit drei Einzelfarbbreferenzprofilen RF_r , RF_g , RF_b ist in **Fig. 5** schematisch dargestellt. Die Einzelreferenzfarbprofile RF_r , RF_g , RF_b des Referenzprofils R umfassen dabei die jeweils in anderen Frequenz- und/oder Wellenlängenbereichen aufgenommenen Aufnahmen derselben Oberflächenpunkte des Münzbilds bzw. desselben Oberflächenbereichs des Münzbilds der Referenzmünze. Stehen für das für die zu untersuchende Münze 1 ermittelte Profil P Einzelfarbprofile PF_r , PF_g , PF_b zur Verfügung, werden diese mit den dem jeweiligen Spektralbereich entsprechenden Einzelreferenzfarbprofile RF_r , RF_g , RF_b verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert für jeden Spektralbereich ermittelt.

Wie in **Fig. 2** dargestellt ist, kann eine Anordnung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens an Stelle eines Aufnahmegeräts 20 mit einem Farbsensor 2 auch ein Aufnahmegerät 20 mit mehreren Farbsensoren 2a, 2b, 2c, die beispielsweise als Fotodioden mit einem Rot-, Grün- bzw. Blaufilter oder ungefiltert ausgeführt sind,

umfassen. Wie in **Fig. 2** ersichtlich ist, ist der Aufbau der Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahren ansonsten gleich wie in **Fig. 1** mit vier Beleuchtungskörpern 3, einer Verarbeitungseinheit 4 und einer Triggereinheit 5, bei der es sich um eine Lichtschranke handelt. Bei der in **Fig. 2** dargestellten Anordnung ist der Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts 20 größer als beim in **Fig. 1** dargestellten Aufnahmegerät 20 mit einem einzelnen Farbsensor 2, sodass ein größerer Bereich des Münzbilds 10 der zu untersuchenden Münze 1 erfasst werden kann, während diese am Aufnahmegerät 20 vorbeirollt bzw. vorbeibewegt wird.

Wird eine zu untersuchende Münze 1 an einem derartig aufgebauten Aufnahmegerät 20 vorbeibewegt, werden entlang von drei Oberflächenbereichen O_1 , O_2 , O_3 jeweils Oberflächenpunkte des Münzbilds in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen. Ein Beispiel für drei derartige Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 bzw. Spuren, die aufgenommene Oberflächenpunkte des Münzbilds 10a einer 2-Euro-Münze 1a enthalten, die während einer rollenden Bewegung am Aufnahmegerät 20 vorbei aufgenommen wurden, sind in **Fig. 5a** dargestellt. **Fig. 5b** zeigt drei derartige Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 , die während einer linearen Bewegung der 2-Euro-Münze 1a am Aufnahmegerät 20 vorbei aufgenommen wurden.

Für jeden der Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 wird jeweils ein Profil P_1 , P_2 , P_3 für jeden der Wellenlängenbereiche erstellt. Ein Beispiel für drei derartige Profile P_1 , P_2 , P_3 , die für die in **Fig. 5a** dargestellten Oberflächenbereiche auf der 2-Euro-Münze 1a ermittelt wurden, ist in **Fig. 6** gezeigt. Bei den in **Fig. 6** dargestellten Profilen P_1 , P_2 , P_3 handelt es sich um die Reflektionen der Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 im grünen Farbbereich. Wie zuvor erwähnt, können derartige Profile P_1 , P_2 , P_3 jeweils auch mehrere Einzelfarbprofile PF_r , PF_g , PF_b umfassen, die jeweils die Reflexionen der Oberflächenpunkte des jeweiligen Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 in verschiedenen Frequenz- und/oder Wellenlängenbereichen umfassen. Die Einzelreferenzprofile RF werden dabei jeweils einzeln zentriert und gestreckt oder gestaucht.

Zusätzlich oder alternativ dazu können auch für jede Münzseite einer zu untersuchenden Münze 1 Oberflächenpunkte entlang eines oder mehrerer Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 aufgenommen und Profile P erstellt werden. Dabei können die Zentrierung und/oder Streckung oder Stauchung, die für das demselben Oberflächenbereich O_1 , O_2 , O_3 auf der ersten Münzseite entsprechende Profil P ermittelt wurden, vorteilhafterweise übernommen werden.

Bei einem Aufnahmegerät 20 mit mehreren Farbsensoren 2a, 2b, 2c kann es, beispielsweise wenn Münzen mit kleinem Durchmesser, wie der in **Fig. 2** dargestellten 1-Cent-Münze 1b, untersucht werden, der Fall sein, dass einer der Farbsensoren 2a, 2b, 2c nur Hintergrundwerte aufnehmen würde, wenn sich die zu untersuchende Münze 1b an ihm vorbeibewegt, da sich kein Bereich des Münzbilds 10b in seinem Aufnahmebereich befindet. Daher kann optional die Aufnahme vorgegebener Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 mit dem optischen Aufnahmegerät 20 inaktiviert werden.

Dies kann beispielsweise bei einem bekannten Münzzählgerät mit der zuvor erfolgten Ermittlung der Denomination verknüpft sein, sodass auf die zur Verfügung gehaltene Denomination der zu untersuchenden Münze zugegriffen wird und, wenn die festgestellte Denomination indiziert, dass sich Oberflächenbereiche der zu untersuchenden Münze außerhalb des Aufnahmebereichs des Aufnahmegeräts 20 befinden, dieser Oberflächenbereich inaktiviert wird.

Ist nun derart jeweils ein Profil P_1 , P_2 , P_3 für mehrere Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 umfassend zwei oder mehr Einzelfarbprofile PF_r , PF_g , PF_b erstellt, wird dieses, wie zuvor beschrieben, mit dem zumindest einen Referenzprofil R , das für eine Referenzmünze erstellt wurde und beispielsweise in der Verarbeitungseinheit 4 zur Verfügung gehalten wird, verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert wird ermittelt. Bei der Auswahl des für den Vergleich heranzuziehenden Referenzprofils R kann vorteilhafterweise auch die ermittelte Denomination herangezogen werden, um das zumindest eine Referenzprofil R anhand der festgestellten Denomination auszuwählen und somit einen umfangreicheren, aufwendigeren Vergleich zu vermeiden.

Alternativ oder zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Einzelreferenzfarbprofilen RF_r , RF_g , RF_b kann jedes Referenzprofil R jeweils auch mehrere einzelne, für verschiedene Oberflächenbereiche der jeweiligen Referenzmünze erstellte Referenzprofile R_1 , R_2 umfassen, die Aufnahmen der Oberflächenpunkte unterschiedlicher Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 der jeweiligen Referenzmünze enthalten, wie dies in **Fig. 6** dargestellt ist. Die Referenzprofile R_1 , R_2 werden dabei jeweils einzeln zentriert und gestreckt oder gestaucht.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren kann auch eine Anzahl von Referenzprofilen R für mehrere unterschiedliche Arten von Referenzmünzen vorgegeben werden. Die Referenzmünzen umfassen dabei beispielsweise eine oder mehrere unverschmutzte und eine oder mehrere auf unterschiedliche Arten verschmutzte Referenzmünzen. Somit ist

vorteilhafterweise sichergestellt, dass verschiedenste Arten von verschmutzten Münzen hinterlegt sind, um diese mit der zu untersuchenden Münze 1 zu vergleichen. Bei den Arten von Verschmutzungen kann es sich beispielsweise um vollständige Verfärbungen oder Verfärbungen, die nur bestimmte Bereiche des Münzbilds betreffen, handeln. Als Referenzmünzen können beispielsweise auch Münzen herangezogen werden, bei denen das Münzbild beispielsweise durch Muster oder Abbildungen zumindest teilweise verdeckt wird oder durch chemische Verfahren, mechanische Verformung oder Wärmebehandlung verändert oder teilweise entfernt wurde.

Das für die zu untersuchende Münze erstellte Profil P wird dabei mit jedem dieser Münzart-Referenzprofile RM_1 , RM_2 , RM_3 (siehe **Fig. 7**) verglichen und derart jeweils ein Übereinstimmungsmaßwert für jedes der Referenzprofile RM_1 , RM_2 , RM_3 ermittelt. Jedes dieser Münzart-Referenzprofile RM_1 , RM_2 , RM_3 kann dabei, wie zuvor beschrieben, ebenfalls jeweils einzelne Referenzprofile für verschiedene Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 derselben Referenzmünze oder auch Einzelfarbbreferenzprofile desselben Oberflächenbereichs O_1 , O_2 , O_3 für verschiedene Spektralbereiche umfassen.

Dabei kann jedes Münzart-Referenzprofil RM_1 , RM_2 , RM_3 jeweils auch eine Anzahl von Referenzprofilen umfassen, die für verschiedene, auf dieselbe Art verschmutzte, Referenzmünzen erstellt wurden, die jeweils einzeln zentriert und gestreckt oder gestaucht sind. Somit stehen vorteilhafterweise für jede Art von Verschmutzung jeweils mehrere Münzart-Referenzprofile RM_1 , RM_2 , RM_3 zur Verfügung, sodass die zu untersuchende Münze 1 nicht nur mit verschiedenen Arten von Referenzmünzen, sondern auch mit einer Anzahl an Münzart-Referenzprofilen RM , die jeweils die selbe Art von Verschmutzung repräsentieren, verglichen werden kann.

Wird nun das für eine verschmutzte zu untersuchende Münze 1 erstellte Profil P mit den für auf unterschiedliche Arten verschmutzte Referenzmünzen erstellten Münzart-Referenzprofilen RM_1 , RM_2 , RM_3 verglichen, wird ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert für jedes der Münzart-Referenzprofile RM_1 , RM_2 , RM_3 ermittelt, gegebenenfalls auch jeweils für mehrere Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 bzw. Spektralbereiche derselben zu untersuchenden Münze 1. Dabei reicht es für die Feststellung einer Verschmutzung aus, wenn der für das Profil P_1 , P_2 , P_3 eines einzigen der Oberflächenbereiche O_1 , O_2 , O_3 ermittelte Übereinstimmungsmaßwert eine Verschmutzung indiziert, wie dies in **Fig. 7** dargestellt ist. In **Fig. 7** zeigt nur das Profil P_1 des Oberflächenbereichs O_1 eine Übereinstimmung mit dem Münzart-Referenzprofil RM_3

einer verschmutzten Referenzmünze an, während die anderen beiden Profile P_2 , P_3 der Oberflächenbereiche O_2 , O_3 keine Verschmutzung indizieren.

Der Vergleich des für die zu untersuchende Münze 1 erstellten Profils P mit dem zumindest einen Referenzprofil R kann beispielsweise mittels berechnender Kreuzkorrelation C der gemessenen Profile P mit einer Menge von Referenzprofilen $\{R\}$ sauberer und verschmutzter Münzen in den drei Farbkanälen $f = \{r, g, b\}$ erfolgen, wobei R_f ein Referenzprofil aus der Menge aller Referenzprofile ist. Die Kreuzkorrelation für eine Verschiebung von k Messpunkten eines Profils im Farbkanal f , wobei $f = \{r, g, b\}$, gegeben ist durch $C_f(k) = \sum_{n=1}^N x_f(n) \cdot y_f((n+k) \bmod N)$, mit $k = 0, \dots, N-1$, wobei N die Profillänge bezeichnet.

Die Verschiebung zwischen dem für die zu untersuchende Münze 1 erstellten Profil P und dem Referenzprofil R ergibt sich aus $s = \operatorname{argmax}_k C_g(k)$, $k=0, \dots, N-1$.

Die Profillänge N ist typischerweise gegeben durch $2 \cdot \frac{D_{2\text{€}}}{r} \approx 175$ Messpunkte, wobei $D_{2\text{€}}$ der Durchmesser der größten zu untersuchenden Münze 1, beispielsweise der 2-Euro-Münze, ist. Der Parameter r bezeichnet die Auflösung, z.B. $r=0.3\text{mm}$, und der Faktor 2 in der Formel gewährleistet, dass die Münze vollständig im Aufnahmebereich bzw. im Profil enthalten ist.

Die gesamte Kreuzkorrelation CC ist dann $CC = C_r(s) + C_g(s) + C_b(s)$.

Die Kreuzkorrelation wird also zwischen dem für die zu untersuchende Münze 1 erstellten Profil P und der Menge von Referenzprofilen R ermittelt, die beispielsweise Referenzprofile R in der Verarbeitungseinheit 4 hinterlegt sind. Ist der Übereinstimmungsmaßwert zwischen dem für die zu untersuchende Münze 1 erstellten Profil P und der Menge an Referenzprofilen R ermittelt, wird in einem Klassifikationsschritt der zu untersuchenden Münze 1 beispielsweise die Klasse sauber oder verschmutzt zugewiesen, wenn der ermittelte Übereinstimmungsmaßwert eine, einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende, Übereinstimmung beispielsweise mit Münzart-Referenzprofilen RM zeigt, die auf eine vollständige Umfärbung des Münzbilds hindeuten.

Als Ähnlichkeitsmaß bei der Ermittlung des Übereinstimmungsmaßwerts kann anstelle der Kreuzkorrelation CC beispielsweise auch eine quadratische oder absolute Abweichung

berechnet werden. Mögliche Klassifikatoren, die mittels Referenzprofilen für saubere und/oder verschmutzte Münzen trainiert werden, sind beispielsweise Decision Trees, neuronale Netze, k-nearest neighbors, der k-Means, - oder eine lineare Diskriminanzanalyse.

Alternativ dazu kann zur Ermittlung des Übereinstimmungsmaßwerts eine Merkmalsextraktion durchgeführt werden. Dabei werden die Profile zentriert und gestreckt oder gestaucht und ein Merkmalsvektor wird ermittelt und mit Referenzmerkmalsvektoren verglichen. Ein möglicher Merkmalsvektor ist ein Triple von Einzelfarbprofilmittelwerten

$$F = \left(\sum_{n=N/2-m}^{N/2+m} x_r(n) \quad \sum_{n=N/2-m}^{N/2+m} x_g(n) \quad \sum_{n=N/2-m}^{N/2+m} x_b(n) \right)$$

wobei die zentralen Mittelwerte, d.h. die mittleren Reflektionswerte in unterschiedlichen Wellenlängen im Bereich der Münze, aus zentrierten Profilen ermittelt werden. Die Länge der Mittelwertfilter ist $2m+1$, wobei m entsprechend der Auflösung r und der Münzgröße zu wählen ist.

Dieser Merkmalsvektor wird für die Referenzprofile R und die für die zu untersuchenden Münzen 1 erstellten Profile P berechnet und ein Klassifikator wird angewandt. **Fig. 8** zeigt Beispiele für derartige Merkmalsvektoren, dargestellt in einem Merkmalsraum. Auf der x-, y- und z-Achse sind dabei die Reflexionsgrade RG für den grünen, roten und blauen Spektralbereich angegeben. Dabei sind auf unterschiedliche Weise verschmutzte Münzen mit einem $+$ als Symbol dargestellt, während unverschmutzte Münzen mit einem $\circ$ als Symbol gekennzeichnet sind.

Alternativ dazu kann eine Klassifikation, z.B. mittels Decision Trees, neuronaler Netze, k-nearest neighbors, k-Means, oder linearer Diskriminanzanalyse, durchgeführt werden, bei der eine Unterscheidungsfunktion ermittelt wird, die angibt, ob ein für eine zu untersuchende Münze 1 erstelltes Profil P beispielsweise mit dem hinterlegten Referenzprofil R einer unverschmutzten oder verschmutzten Referenzmünze übereinstimmt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenprüfung von Münzen (1) auf Verschmutzung, insbesondere aufgrund von chemischen Prozessen, wobei

- eine zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) relativ zu einem optischen Aufnahmegerät (20) derart bewegt wird, dass sich Bereiche der Oberfläche des Münzbilds im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts (20) befinden,
- während der Bewegung der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) mit dem optischen Aufnahmegerät (20) entlang zumindest eines Oberflächenbereichs (O; O₁, O₂, O₃) und während dieser Zeit Oberflächenpunkte des Münzbilds (10; 10a, 10b) in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, wobei derart für jeden der Wellenlängenbereiche jeweils ein Profil (P; P₁, P₂, P₃) erstellt wird, das die Reflexion in dem betreffenden Wellenlängenbereich für eine Anzahl von zeitlich aufeinander folgenden Aufnahmen darstellt, die vom Münzbild (10; 10a, 10b) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) während ihrer Bewegung erstellt wurden,
- vorab zumindest ein Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃) einer Referenzmünze aufgenommen und zur Verfügung gehalten wird, das derart zentriert ist, dass die Mitte des im Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts (20) erfassten Münzbilds der Mitte des erstellten Referenzprofils (R; R₁, R₂, R₃) entspricht, und das derart gestreckt oder gestaucht ist, dass die Breite des erfassten Münzbilds im erstellten Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃, R₄) einer vorgegebenen Standardbreite entspricht,
- das erstellte Profil (P; P₁, P₂, P₃) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) derart verschoben und gestreckt oder gestaucht wird, dass die Mitte des erfassten Münzbilds (10; 10a, 10b) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) in der Mitte des erstellten Profils (P; P₁, P₂, P₃) liegt und dass die Breite des erfassten Münzbilds (10; 10a, 10b) im erstellten Profil (P; P₁, P₂, P₃) der vorgegebenen Standardbreite entspricht,
- das erstellte Profil (P; P₁, P₂, P₃) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) mit dem zumindest einen Referenzprofil (R; R₁, R₂, R₃, R₄) der Referenzmünze verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert ermittelt wird, und
- eine Verschmutzung festgestellt wird, wenn der ermittelte Übereinstimmungsmaßwert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitende Übereinstimmung indiziert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) entlang einer vorgegebenen Anzahl von Oberflächenbereichen (O; O₁, O₂, O₃) jeweils Oberflächenpunkte des Münzbilds (10; 10a, 10b) in zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, wobei derart für jeden der

Oberflächenbereiche (O ; O_1 , O_2 , O_3) jeweils ein Profil (P ; P_1 , P_2 , P_3) für jeden der Wellenlängenbereiche erstellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedes erstellte Profil (P ; P_1 , P_2 , P_3) einer zu untersuchenden Münze (1 ; $1a$, $1b$) jeweils mehrere Einzelfarbprofile (PF_r , PF_g , PF_b) umfasst, wobei jedes der Einzelfarbprofile (PF_r , PF_g , PF_b) in jeweils anderen Wellenlängenbereichen aufgenommene Aufnahmen der Oberflächenpunkte desselben Oberflächenbereichs (O ; O_1 , O_2 , O_3) der jeweils zu untersuchenden Münze (1 ; $1a$, $1b$) umfasst.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Referenzmünze eine unverschmutzte Münze vorgegeben wird und bei der zu untersuchenden Münze (1 ; $1a$, $1b$) eine Verschmutzung festgestellt wird, wenn der für das erstellte Profil (P ; P_1 , P_2 , P_3) der zu untersuchenden Münze (1 ; $1a$, $1b$) ermittelte Übereinstimmungsmaßwert eine Abweichung vom Referenzprofil (R ; R_1 , R_2 , R_3) indiziert, die den vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine Anzahl von Referenzprofilen (R ; R_1 , R_2 , R_3) für mehrere unterschiedliche Arten von Referenzmünzen vorgegeben wird, wobei die Referenzmünzen insbesondere eine oder mehrere unverschmutzte und eine oder mehrere auf unterschiedliche Weise verschmutzte Referenzmünzen umfassen,
- das für die zu untersuchende Münze (1 ; $1a$, $1b$) erstellte Profil (P ; P_1 , P_2 , P_3) mit jedem der Referenzprofile (R ; R_1 , R_2 , R_3) verglichen wird und derart jeweils ein Übereinstimmungsmaßwert für jedes der Referenzprofile (R ; R_1 , R_2 , R_3) erhalten wird, und
- die zu untersuchende Münze (1 ; $1a$, $1b$) als unverschmutzt oder verschmutzt erkannt wird, wenn aufgrund des jeweiligen Übereinstimmungsmaßwerts eine Übereinstimmung mit einem der Referenzprofile (R ; R_1 , R_2 , R_3) der Referenzmünzen ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für jede Art von Referenzmünze jeweils ein Referenzprofil (R ; R_1 , R_2 , R_3) herangezogen wird, das eine Anzahl von für derartige Referenzmünzen erstellten Münzart-Referenzprofilen (RM) umfasst, wobei die Münzart-Referenzprofile (RM) jeweils einzeln zentriert und gestreckt oder gestaucht sind, und dass das für die zu untersuchende Münze erstellte Profil (P ; P_1 , P_2 , P_3) mit jedem einzelnen Münzart-Referenzprofil (RM) verglichen und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert für jedes der Münzart-Referenzprofile (RM) ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Referenzprofil (R ; R_1 , R_2 , R_3) jeweils mehrere Einzelreferenzfarbprofile (RF_r , RF_g , RF_b) umfasst, wobei jedes der Einzelreferenzfarbprofile (RF_r , RF_g , RF_b) in jeweils anderen Wellenlängenbereichen aufgenommene Aufnahmen der Oberflächenpunkte desselben Oberflächenbereichs der jeweiligen Referenzmünze umfasst.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des Übereinstimmungsmaßwerts beim Vergleich des zumindest einen für die zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) erstellten Profils (P ; P_1 , P_2 , P_3) mit dem zumindest einen Referenzprofil (R ; R_1 , R_2 , R_3) ein Ähnlichkeitsmaß, insbesondere die Kreuzkorrelation oder die Summe der quadratischen Abweichungen oder die Summe der absoluten Abweichungen, berechnet wird und/oder ein Vergleich basierend auf einer Merkmalsextraktion durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, sofern Profile (P ; P_1 , P_2 , P_3) für eine Anzahl von Oberflächenbereichen der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) zur Verfügung stehen, beim Vergleich des für die zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) erstellten Profils (P ; P_1 , P_2 , P_3) mit dem zumindest einen Referenzprofil (R ; R_1 , R_2 , R_3) bei der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) bereits eine Verschmutzung festgestellt wird, wenn der für das Profil (P ; P_1 , P_2 , P_3) eines einzigen der Oberflächenbereiche ermittelte Übereinstimmungsmaßwert eine Verschmutzung indiziert.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Denomination der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) festgestellt wird und das zumindest eine Referenzprofil (R ; R_1 , R_2 , R_3) anhand der festgestellten Denomination ausgewählt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahme vorgegebener Oberflächenbereiche mit dem optischen Aufnahmegerät (20) inaktiviert wird, wenn die festgestellte Denomination indiziert, dass sich Oberflächenbereiche (O ; O_1 , O_2 , O_3) der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) außerhalb des Aufnahmebereichs des Aufnahmegeräts (20) befinden.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass - für jede Münzseite der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) für zumindest einen Oberflächenbereich (O ; O_1 , O_2 , O_3) Oberflächenpunkte des Münzbilds (10; 10a, 10b) in

zumindest zwei optischen Wellenlängenbereichen aufgenommen werden, wobei derart für jeden der Wellenlängenbereiche jeweils ein Profil ($P; P_1, P_2, P_3$) erstellt wird,

- das für die zweite Münzseite erstellte Profil ($P; P_1, P_2, P_3$) zentriert und gestreckt oder gestaucht wird, sodass die Mitte des erfassten Münzbilds in der Mitte des erstellten Profils (P') liegt und dass die Breite des erfassten Münzbilds im erstellten Profil ($P; P_1, P_2, P_3$) der vorgegebenen Standardbreite entspricht, und
- das zumindest eine für die zweite Münzseite erstellte Profil ($P; P_1, P_2, P_3$) mit zumindest einem Referenzprofil ($R; R_1, R_2, R_3$) verglichen wird und ein diesbezüglicher Übereinstimmungsmaßwert ermittelt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine für die zweite Münzseite erstellte Profil ($P; P_1, P_2, P_3$) mit demselben Referenzprofil ($R; R_1, R_2, R_3$) verglichen wird, wie das für die erste Münzseite erstellte Profil ($P; P_1, P_2, P_3$) und/oder

dass das zumindest eine für die zweite Münzseite der zu untersuchenden Münze erstellte Profil ($P; P_1, P_2, P_3$) gemäß der Zentrierung und/oder Streckung oder Stauchung, die für das entsprechende für die erste Münzseite erstellte Profil ($P; P_1, P_2, P_3$) ermittelt wurden, zentriert und/oder gestreckt oder gestaucht wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gerätedrift des optischen Aufnahmegeräts (20) anhand desjenigen Helligkeitswerts erfolgt, der ohne zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) ermittelt wird und die derart ermittelte Gerätedrift zur Korrektur des für die zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) erstellten Profils ($P; P_1, P_2, P_3$) herangezogen wird.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung der zu untersuchenden Münze (1; 1a, 1b) relativ zum optischen Aufnahmegerät bewirkt wird, indem die zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) entlang einer geneigten Ebene abrollt oder, insbesondere auf einem Förderband oder Riemen, gefördert wird oder entlang einer Freiflugstrecke am optischen Aufnahmegerät (20) vorbei transportiert wird.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt, insbesondere durch eine unmittelbar vor dem Aufnahmebereich des Aufnahmegeräts (20) angeordnete Triggereinheit (5), bestimmt wird, zu dem die zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) in den Aufnahmebereich gelangt und in einem vorgegebenen Zeitabstand nach der Detektion des Eintretens in den Aufnahmebereich

der Vergleich des zumindest einen für die zu untersuchende Münze (1; 1a, 1b) erstellten Profils (P ; P_1 , P_2 , P_3) mit dem zumindest einen Referenzprofil (R ; R_1 , R_2 , R_3) durchgeführt wird.

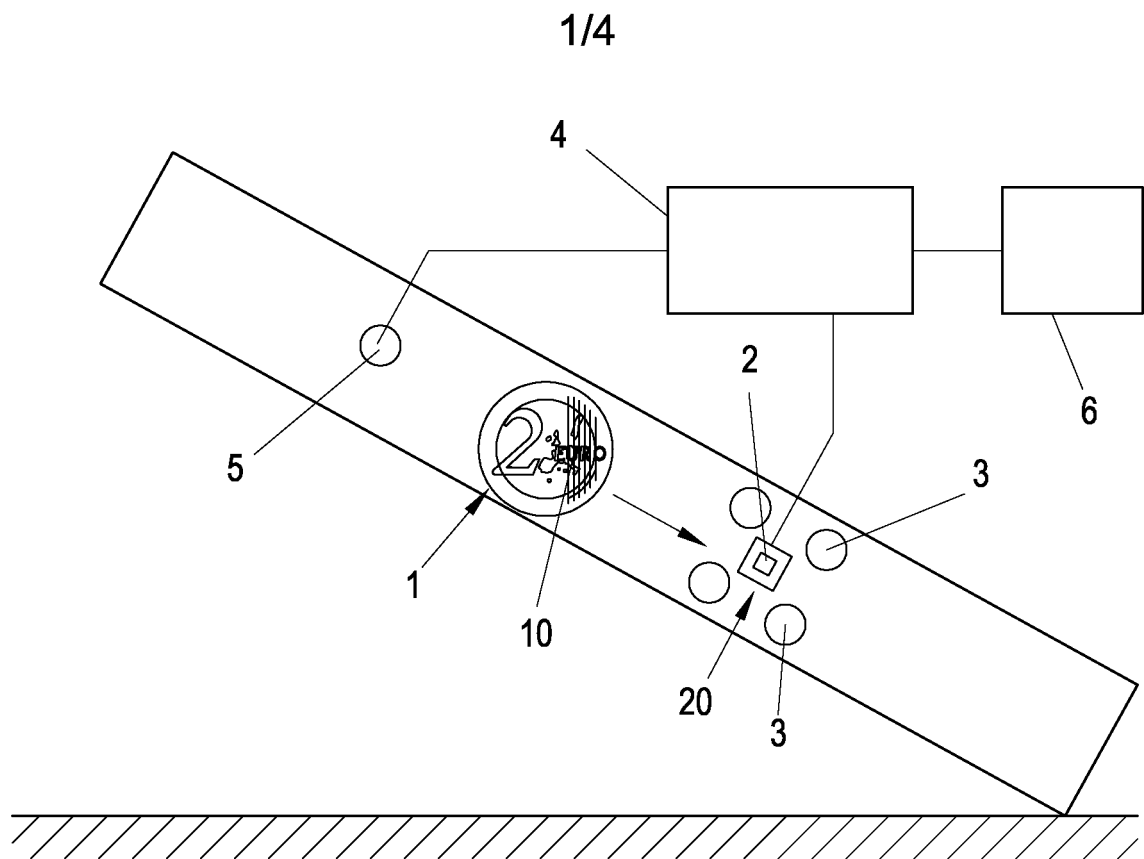


Fig. 1

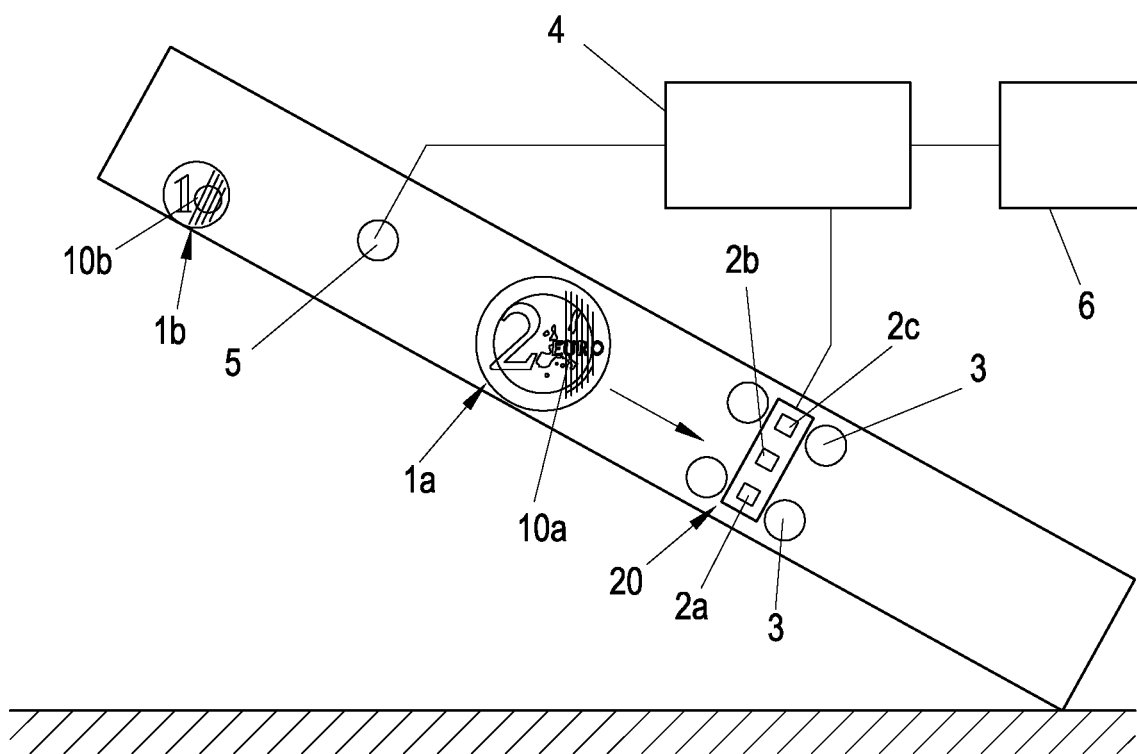


Fig. 2

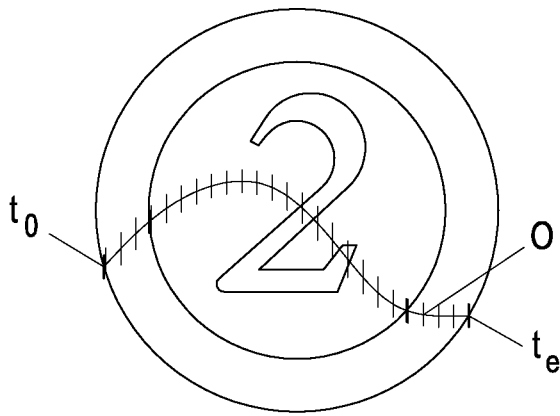


Fig. 3a

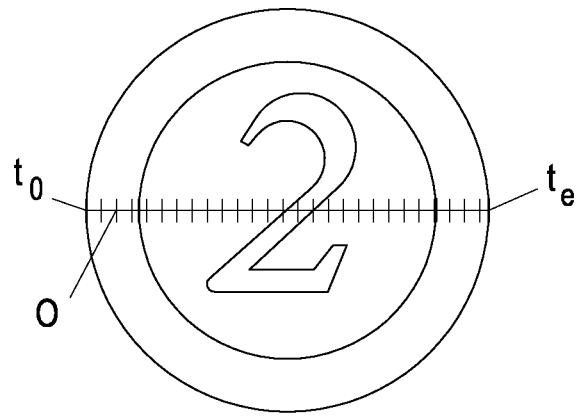


Fig. 3b

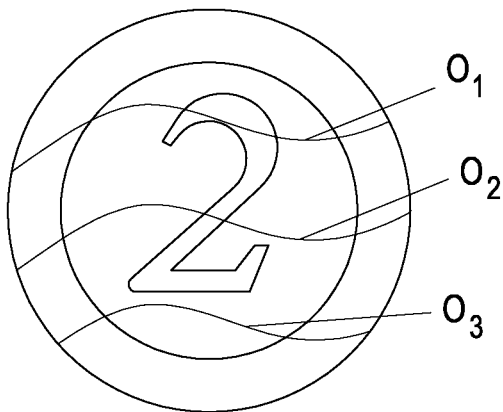


Fig. 4a

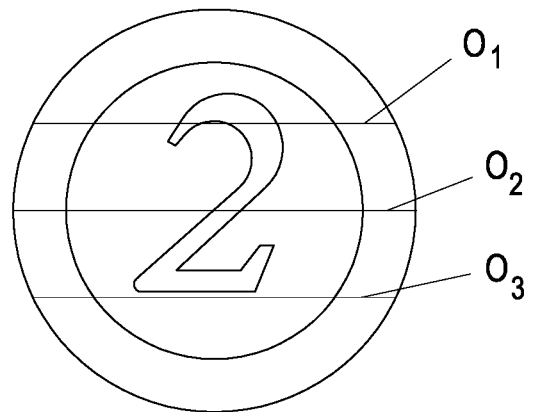


Fig. 4b

3/4

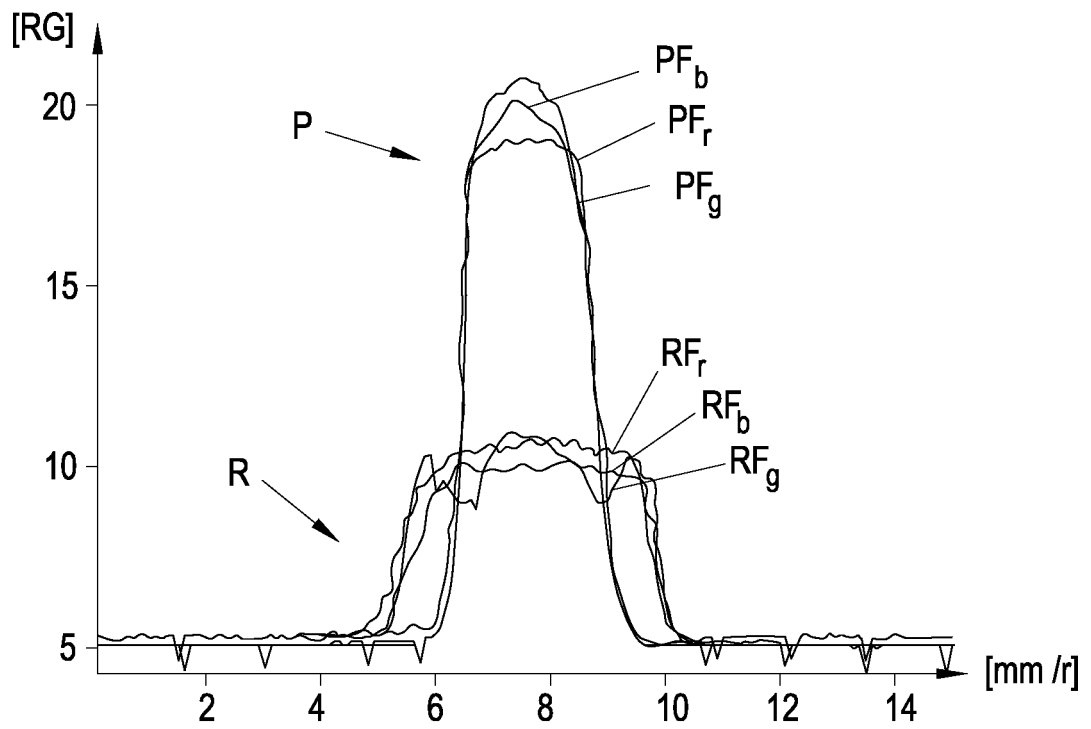


Fig. 5

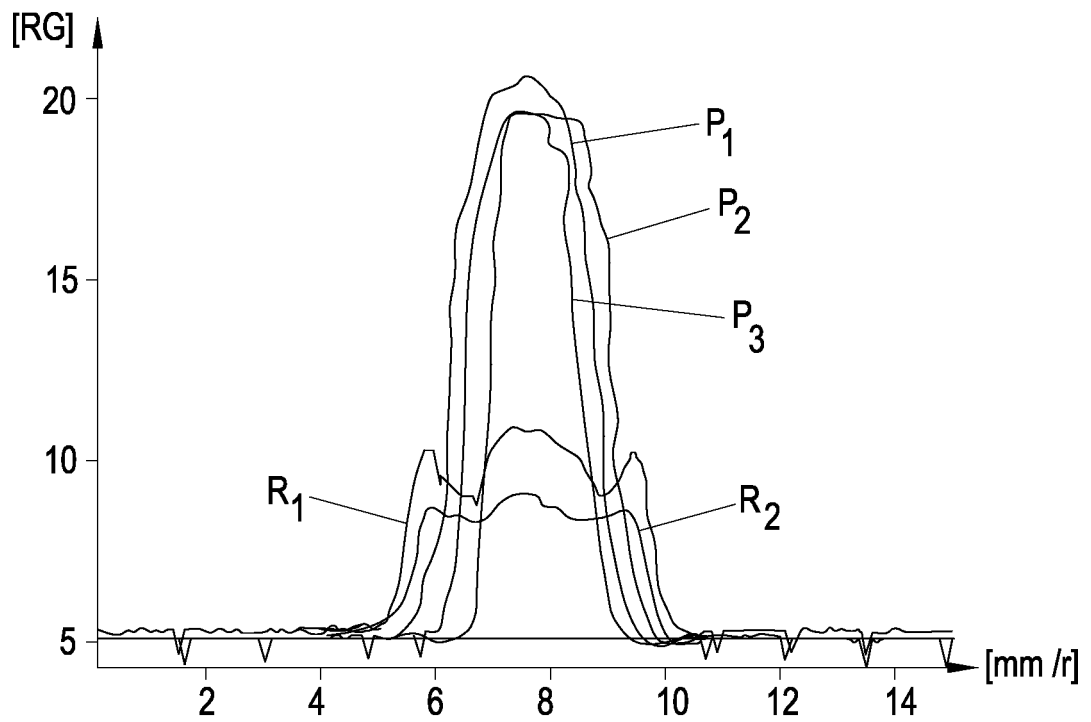


Fig. 6

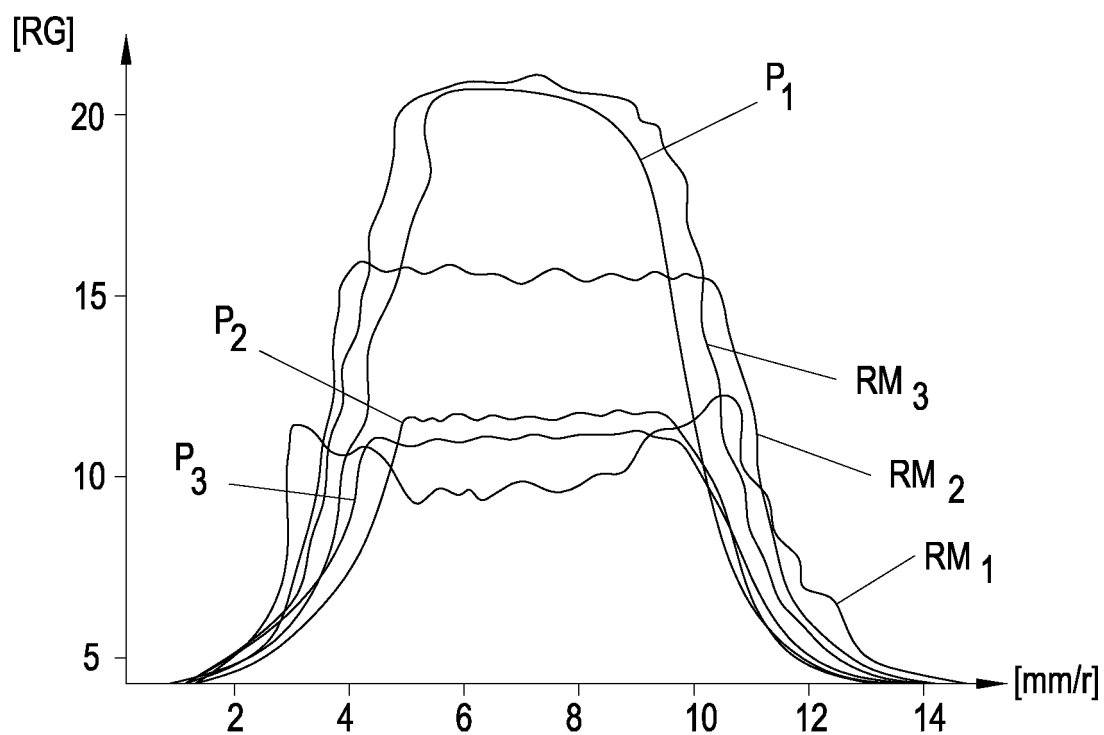


Fig. 7

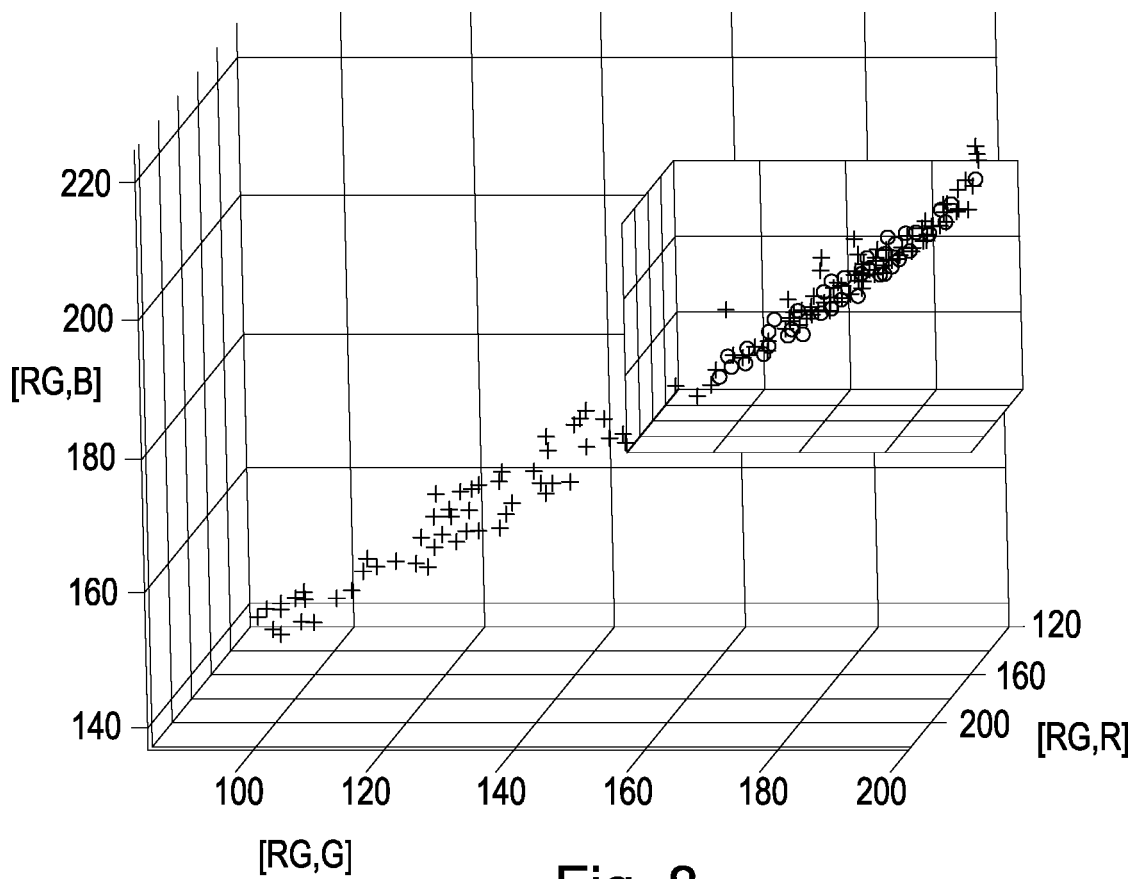


Fig. 8