

Physik gegen Falschmünzen

Fast jeder kennt die Situation: Ein Automat will eine bestimmte Münze partout nicht annehmen – meist genau die, die man nur einmal hat. Solche Erlebnisse könnten dank immer ausgeklügelterer Münzprüfverfahren bald Vergangenheit sein.

Telefonzellen als die klassischen „Annahmeverweigerer“ von Groschen werden zwar immer mehr durch Handys verdrängt und Münz-Zigarettenautomaten vielleicht aufgrund des Jugendschutzes bald ein gesetzliches Ende finden, doch neben Kaugummi, Kaffee und Cola-Dosen wird sicher auch in Zukunft noch eine Unzahl anderer Dinge von Maschinen zum Kauf angeboten werden. Hinzu kommen noch die Spielautomaten. Die Deutschen haben mit 2,4 Millionen Automaten von allen Europäern die größte „Automatendichte“, und 2002 werden wohl deutlich über 10 Mrd. € allein in den Geräten in Deutschland auf ihre Echtheit geprüft werden. Bei diesen Summen ist es verständlich, dass die Hersteller eine Reihe von sehr ausgefeilten mechanischen und vor allem elektronischen Prüfmethode einsetzen, um nichts anderes als echte Euros in ihren Automaten zu finden.

Induktive Abtastung statt Gewicht und Größe

Ursprünglich beschränkte man sich zur Münzprüfung auf Größenvergleiche mit Öffnungen entsprechenden Durchmessers, durch wel-

che die Geldstücke fielen. Solche mechanischen Tests, zu denen auch Gewichtsvergleiche zählen, sind aber leicht zu täuschen und werden heute bestenfalls noch als Ergänzung zu den kontaktlosen, elektronischen Tests durchgeführt. Deren wichtigster Vertreter ist die induktive Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Münze. Das Prinzip ist denkbar einfach: Die Münze fällt durch einen Spalt in einem Schwingkreis mit einer Primär- und einer Sekundärspule. Die Primärspule erzeugt ein zeitlich variables Magnetfeld, durch das die Münze sich bewegt, und die Sekundärspule detektiert das von der Münze nach der Lenzschen Regel aufgebaute entgegengesetzte Magnetfeld. Die in der Münze induzierten Wirbelstromverluste hängen von der elektrischen Leitfähigkeit ab und erzeugen für jede Münze ein charakteristisches Signal, das mit gespeicherten Referenzwerten verglichen wird. Die Leitfähigkeit selbst wird dabei nie berechnet, man beschränkt sich auf einen Vergleich der gemessenen Parameter Amplitude, Frequenz oder Phasenverschiebung.

Die neuen Euro-Münzen

Um Fälschungen zu erschweren, bestehen allerdings nicht alle Münzen aus einer einheitlichen Legierung, und dementsprechend komplizierter wird auch die Prüfung. Die auffälligste Neuerung bei den Euromünzen sind die Bicolor-Münzen für die 1 €- und 2 €-Stücke. Letztere besitzt einen weißen äußeren Ring aus einer Kupfer-Nickel-Legierung und einen gelben Kern aus Nickel und Messing. Aufgrund der unterschiedlichen Leitfähigkeiten der Legierungen sind die Messergebnisse im Automaten daher ortsabhängig. Zwar lässt sich auch für eine über Ring und Kern gemittelte Messung ein Vergleichswert für echte Münzen angeben. Allerdings verändert sich der Übergangswiderstand zwischen Kern und Ring mit der Lebensdauer der Münze, sodass hier eine Messung nur des Kernbereichs wesentlich verlässlicher ist. Viele alte Münzautomaten mussten für die Einführung des Euro daher mit Sensoren geringerer Größe für lokale Messungen umgerüstet werden.


Ein weiteres, allerdings nicht so augenfälliges Fälschungshindernis ist die Verwendung von Schichtmetall in den höherwertigen Euro-

münzen. Wie auch schon die alten Zwei- und Fünfmärkstücke besteht ihr Kern aus einer Sandwich-Struktur, in der verschiedene Legierungen übereinander liegen. Um solche Schichtmetalle identifizieren zu können, setzt man unterschiedliche Frequenzen für die von der Primärspule abgestrahlten Magnetfelder ein. Die Eindringtiefe, bis zu der sich Wirbelströme ausbilden, ist stark frequenzabhängig. Für hohe Frequenzen bis in den Megahertz-Bereich wird die Leitfähigkeit nur im oberflächennahen Bereich des Münzmaterials gemessen, während bei niedrigen Frequenzen um etwa 10 kHz die Leitfähigkeit hingegen über die gesamte Münzdicke gemittelt wird. Verwendet man zur Erzeugung des Magnetfelds in der Primärspule im zeitlichen Verlauf ein Rechtecksignal, dann lässt sich damit im Frequenzraum im Prinzip das gesamte Spektrum von tiefen bis zu hohen Frequenzen abdecken. Auf diese Weise werden mit einem Puls gleichzeitig alle Schichten der Münze identifiziert – beim 2 €-Stück sowohl die innere Schicht aus Nickel als auch die äußeren aus Nickel-Messing. Auch hier wird allerdings nie die Leitfähigkeit bestimmt oder der Wert einer einzelnen Schicht isoliert, sondern lediglich das Gesamtsignal mit Referenzmessungen verglichen.

Ein echter Härtetest

Um die gewünschten hohen Trefferquoten zu erreichen – mindestens 99,9 % der eingeworfenen Geldstücke sollen korrekt identifiziert werden –, kombiniert man die induktive Leitfähigkeitsmessung noch mit einer Reihe anderer Methoden. Da Blei eine ähnliche Leitfähigkeit hat wie manche der für Münzen verwendeten Legierungen, waren Imitate aus Blei oft eine beliebte Fälschungsmethode. Um solche Kandidaten auszusortieren, wird in manchen Automaten ein Härtetest durchgeführt, der ein wenig an den alten „Bisstest“ für Goldmünzen erinnert. Während Olympiasieger gerne demonstrativ ihre neue Goldmedaille zwischen die Zähne nehmen, rollen die Prüflinge im Automaten über eine kleine harte Kugel, die auf einem Piezo-Element liegt. Weichere Münzen verformen sich dabei ein klein wenig mehr als harte Münzen, und man erhält am Piezo-Element leicht unterschiedliche Spannungen. Diese relative Härte wird wieder mit

Tabelle: Technische Daten einiger Euro-Münzen

			
Durchmesser/ Dicke in mm	25,75/ 2,20	23,25/ 2,33	22,25/ 2,14
Gewicht in g	8,50	7,50	5,74
Zusammensetzung	außen: Cu75Ni25 innen: dreischichtig, CuZn20Ni5/ Ni12/CuZn20 Ni5	außen: CuZn20Ni5 innen: dreischichtig, Cu75Ni25/ Ni7/Cu75Ni25	Nordisches Gold: CU89 A15Zn5Sn1
Rändelung	Schriftprägung auf dem Münz- rand fein geriffelt	gebrochen geriffelt	ohne Rand- prägung, sie- ben Einkerbungen
Magnetismus	schwach magnetisch	schwach magnetisch	nicht magnetisch

dem Soll-Wert von echten Euros verglichen. Durch die Positionierung kleiner Sensoren in verschiedenen Höhen ist eine Größenbestimmung der Münzen mit der induktiven Messung zwar auch möglich, aber nicht immer sehr genau. Eine einfache Durchmesserbestimmung mit Genauigkeiten im Zehntel-Millimeter Bereich lässt sich mit zwei Lichtschranken erreichen. Aus den zwei Zeiten zwischen Ein- und Austritt der vorderen und der hinteren Lichtschranke eliminiert man die Geschwindigkeit und erhält den Durchmesser.

Oberflächliches Okay

Eine weiterer verbreiteter Test, der die induktive Methode ergänzt, ist die optische Abtastung der Münzoberfläche. Hierbei wird die Münze fixiert und vor einem oder mehreren kleinen Photosensoren bei definierter Beleuchtung mit einem Schrittmotor gedreht. So wird

ein Kontrastprofil der Oberfläche auf verschiedenen Radien erstellt, das mit Referenzprofilen verglichen wird. Zusätzlich können durch die optische Abtastung auch der Durchmesser bestimmt und mit einer Spektralanalyse Informationen über die äußerste Materialschicht gewonnen werden. Ein nicht unbeachtliches Problem sind aber die national unterschiedlichen Rückseiten der Euro-Münzen. Bei zwölf teilnehmenden Staaten muss jede eingeworfene Münze mit 96 unterschiedlichen gespeicherten Rückseiten verglichen werden. Für die induktive Messung stellen die nationalen Revers ein geringeres Problem dar. Zwar produzieren die unterschiedlichen Prägebilder auch bei Wirbelstrommessungen leicht unterschiedliche Messwerte, ähnlich etwa wie Flugzeug-Tragflügel, die nach Tausenden von Biegeschwingungen mit demselben Prinzip untersucht werden. Allerdings

liegen die Abweichungen hier innerhalb der notwendigen Materialtoleranz der Münzlegierungen.

Diese immer ausgetüftelteren Methoden sind natürlich vor allem dazu gedacht, die Automatenbetreiber vor Falschmünzen zu schützen. Sie sollten allerdings auch dazu führen, dass der Automat einem kein falsches Wechselgeld mehr heraus gibt und man sich gleichzeitig immer seltener darüber ärgern muss, dass er die letzte für die Fahrkarte noch fehlende Münze einfach nicht schlucken will, während die S-Bahn inzwischen abfährt. Einen verlässlichen Trick, in einem solchen Fall eine echte, aber abgewiesene Münze doch noch in den Automaten zu bekommen, gibt es leider immer noch nicht.

PATRICK VOSS-DE HAAN

Weitere Infos:

Europäische Zentralbank: www.ecb.int

Deutsche Bundesbank: www.bundesbank.de

Bundesfinanzministerium: www.bundesfinanzministerium.de

Patrick Voss-de Haan, voss_de@mail.uni-mainz.de