

## Beispiele für frühere F&E-Aktivitäten

### PROFIT: Verbesserung des Sortierverfahrens für gebrauchte Banknoten

*Gebrauchte Banknoten erhalten und Geld sparen: Bei unserer täglichen Arbeit ist das zwar nicht ganz dasselbe, aber wir haben beides geschafft.*

Ziel des PROFIT-Programms war es zu verstehen, welche Parameter einen Einfluss darauf haben, dass die Umlauffähigkeit von Banknoten im Sortierverfahren korrekt erkannt wird. Dank dieser Erkenntnisse konnten wir die Funktionsweise verschiedener Arten von Banknotensortiermaschinen beurteilen und ihre Einstellungen durch Einführung eines neuen Kalibriersystems optimieren.



Sobald Euro-Banknoten in Umlauf kommen, sind sie unterschiedlichsten Belastungen ausgesetzt (Reibung, Verschmutzung, unsanfte Handhabung usw.). Und es wird erwartet, dass sie diesen eine Weile standhalten. Euro-Banknoten sollen lange halten. Gleichzeitig möchten wir sicherstellen, dass alle umlaufenden Geldscheine in gutem Zustand und einigermaßen sauber sind. Deshalb überprüfen wir die Banknoten, sobald sie in eines unserer Bargeldsortierzentren gelangen. Dies ist im Rahmen des normalen Banknotenumlaufs regelmäßig der Fall. Die Bargeldsortierzentren müssen unbedingt über zuverlässige

Banknotensortiermaschinen verfügen. Schließlich sollen nur die Banknoten in Umlauf bleiben, die in gutem Zustand. Und nur diejenigen, die nicht mehr umlauffähig sind, sollen aussortiert werden. Kleine Unterschiede beim Sortierergebnis solcher Maschinen können sich enorm auf die Qualität der umlaufenden Banknoten auswirken und insbesondere Kosten für das Eurosystem verursachen. Denn aussortierte Euro-Banknoten müssen durch neue ersetzt werden.

Die nationalen Zentralbanken des Eurosystems betreiben rund 400 Hochgeschwindigkeits-Sortiermaschinen, die jährlich rund 30 Milliarden Euro-Banknoten bearbeiten. Einige dieser Maschinen können bis zu 40 Banknoten pro Sekunde auf Umlauffähigkeit und Echtheit prüfen und sie anschließend entweder stapeln oder schreddern!

Vor PROFIT wurde bei der konventionellen Testung und Kalibrierung von Banknotensortiermaschinen ein Mustersatz (Verschmutzungstestsatz) von echten, unterschiedlich stark verschmutzten Banknoten verwendet. Dabei wurde jede Banknote von einem Expertenteam visuell bewertet. Für die Prüfer war dies ein komplexes Unterfangen, zumal sich die Qualität des Mustersatzes im Laufe der Zeit verschlechterte. Mit PROFIT konnten wir belegen, dass eine solche von Experten vorgenommene Beurteilung der Verschmutzung von Banknoten kein perfekt reproduzierbarer Prozess ist. Wir haben ihn durch das Tool Image Classification and Evaluation (ICE) ersetzt. Dabei handelt es sich um eine Software, die auf einem Computer ausgeführt wird, der über einen farbkalibrierten Bildschirm verfügt. Statt echter Banknoten untersucht der Experte auf diesem Bildschirm Bilder von unterschiedlich stark verschmutzten Banknoten. Diese stuft er dann als umlauffähig oder nicht umlauffähig ein, sodass die Software „lernen“ kann. Anhand dieser Methode lässt sich eine höhere Datenqualität erzielen. Sie gewährleistet, dass die Art und Weise, wie Banknoten von den Sortiermaschinen eingestuft werden, sich stärker daran orientiert, wie Menschen die Banknoten einstufen würden. Dadurch konnten wir die Anzahl der fälschlicherweise geschredderten Banknoten deutlich reduzieren. So wurden nicht nur Banknoten erhalten, sondern auch Geld gespart.

## CAST: Entwicklung eines Testsatzes für einen Consistent Artificial Soil Test (CAST)

*Haben Sie jemals darüber nachgedacht, Ihre Banknoten mithilfe eines Tintenstrahldrucker zu verschmutzen? Tun Sie das bitte nicht! Das haben wir schon für Sie ausprobiert. Wir haben unsere Banknoten verschmutzt, um sicherzustellen, dass Ihre Banknoten sauber bleiben. Und wir haben dafür tatsächlich einen Tintenstrahldrucker benutzt.*

Bei unseren Versuchen, das Ergebnis von Banknotensortiermaschinen zu verbessern, war schwer zu beurteilen, ob die Unterschiede auf die Sensoren oder auf die für ihre Kalibrierung verwendeten Stichproben zurückzuführen waren. Im Rahmen des zusammen mit der Banque de France durchgeführten Projekts zur Entwicklung eines Testsatzes für einen Consistent Artificial Soil Test (CAST) wurde

eine funktionierende Methode für die realitätsnahe und einheitliche Verschmutzung von Banknoten entwickelt. Dabei werden frisch gedruckte makellose Banknoten mithilfe eines Tintenstrahldruckers mit einem sogenannten Grenzmuster für die Verschmutzung versehen. Diese Banknoten werden dann verwendet, um unsere Sortiermaschinen zu kalibrieren.



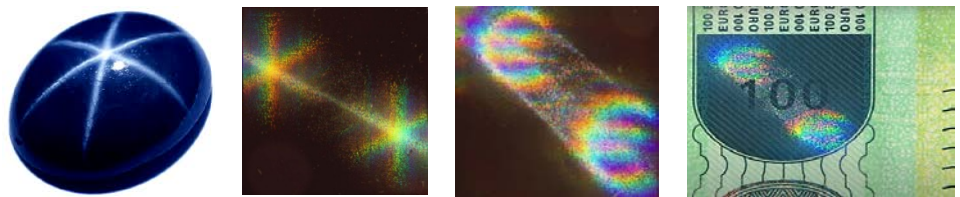
Bevor es CAST gab, wurden die zur Kalibrierung von Sortiermaschinen verwendeten Banknoten manuell ausgewählt. Ihre Qualität variierte je nach Wahrnehmung des Anlagenbedieners, der die Auswahl zusammenstellte. Noch komplizierter war es, wenn die Auswertungen an verschiedenen Orten mit unterschiedlichen Geräten und verschiedenen Testsätzen durchgeführt wurden. Wie durch PROFIT gezeigt, sind Verschmutzungstestsätze ein wesentliches Instrument, um das Ergebnis von Sortiermaschinen zu messen, die Banknoten auf ihre Umlauffähigkeit testen. Allerdings sind Testsätze aus echten Banknoten, die dem Bargeldumlauf entnommen wurden, recht teuer und ihre Zusammenstellung ist zeitaufwändig. Zudem altern sie rasch und lassen sich für künftige Tests nicht identisch nachbilden. Die Genauigkeit der von uns entwickelten CAST-Testsätze ist doppelt so hoch wie bei dem Mustersatz. Zudem können die Testsets zu einem Bruchteil der Kosten hergestellt werden und für mehr als 100 Kalibrierungsdurchläufe verwendet werden, bevor sie ersetzt werden müssen (also für etwa fünfmal so viele).

## SAPPHIRE: Satelliten-Hologramm-Merkmal für Euro-Banknoten

*Inspiration aus der Natur zur Verbesserung der Sicherheit des Euro.*

Wir haben ein Sicherheitsmerkmal entworfen und entwickelt, das auf einem Asterismus basiert.

Ein Asterismus ist ein optisches Phänomen, das natürlicherweise bei Saphiren, Rubinen und einigen anderen Edelsteinen auftritt. Dabei ist auf deren Oberfläche ein heller zwei-, vier- oder sechsstrahliger Stern zu sehen, der dem Blick folgt, wenn der Stein gekippt wird. Um eine sinnvolle Nutzung bei Euro-Banknoten zu ermöglichen, wurde dieses Sicherheitsmerkmal so gestaltet, dass es (wie derzeit Hologramme) per Heißprägeverfahren auf die Banknoten aufgebracht oder im transparenten Porträtfenster platziert werden kann.



Das SAPPHIRE-Projekt lieferte eine Vielzahl von optisch interessanten Labormustern, die für eine mögliche Anwendung bei Banknoten gut geeignet waren. Eines von ihnen ist das [Satelliten-Hologramm](#), das heute auf Euro-Banknoten zu finden ist. Obwohl das Satelliten-Hologramm spezielle Techniken und Know-how bei der Druckvorlagenherstellung erfordert, wird es auf Standardgeräten zur Folienfertigung hergestellt. Dies zeigt, dass neuartige und wesentlich verbesserte Merkmale nicht unbedingt neue Produktionstechnologien erfordern.

## GREEN: Entwicklung eines Vakuum-Beschichtungsverfahrens für Tiefdruckplatten

*Grüner und besser.*

Wir haben ein umweltfreundliches Beschichtungsverfahren für Nickel-Tiefdruckplatten getestet und validiert. Es wurde in Zusammenarbeit mit der Banca d'Italia als Alternative zur galvanischen Verchromung entwickelt.

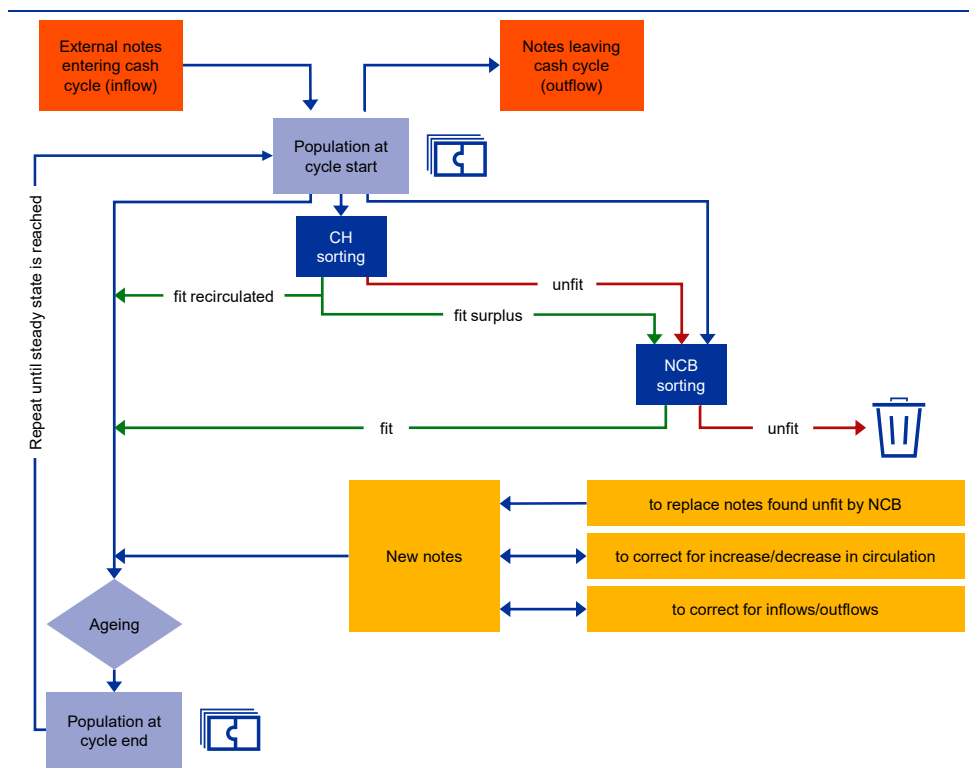


Der Tiefdruck ist einer der wichtigsten Schritte beim Drucken von Euro-Banknoten und verleiht den Banknoten ihre charakteristische Haptik. Für dieses Verfahren sind spezielle Metallplatten erforderlich, die üblicherweise aus Nickel hergestellt werden. Nickel-Tiefdruckplatten werden in der Regel mit einer harten Schicht aus Chrom galvanisiert, um die Korrosions- und Verschleißbeständigkeit der Druckoberfläche zu erhöhen. In der Vergangenheit wurde diese Beschichtung mittels eines Galvanisierungsverfahrens aufgebracht, für das eine Lösung aus sechswertigem Chrom benötigt wird. Diese giftige Lösung kann bei unsachgemäßer Handhabung erhebliche Folgen für die Umwelt, Gesundheit und Sicherheit haben. Das Einatmen von sechswertigem Chrom gilt als potenziell krebserregend. Die neue GREEN-Beschichtungstechnologie basiert auf der physikalischen Vakuumbeschichtung (Physical Vapour Deposition – PVD), einer sehr sauberen Technik, bei der keine toxischen Zwischenprodukte notwendig sind. Sie wurde bereits verwendet, um kleine Objekte wie Brillengestelle, Armaturen und Autoteile zu verchromen. Unsere Herausforderung bestand jedoch darin, dass erstmals eine sehr große, fein gravierte Oberfläche zu beschichten war, auf der jedes winzigste Detail für den Druckprozess erhalten bleiben musste. Dank GREEN konnten wir das Risiko, Menschen sechswertigem Chrom auszusetzen, eliminieren. Zugleich konnten wir die Qualität des bisherigen Verfahrens übertreffen.

## ZIRKULATIONSMODELL: Zwei computergestützte Modelle für die Simulation von Bargeldkreisläufen für Euro-Banknoten

### Optimierte Bargeldkreisläufe

Wir wissen, dass die Qualität der umlaufenden Banknoten in den einzelnen Ländern des Euroraums unterschiedlich ist, obwohl die Euro-Banknoten überall identisch sind. Wir wissen auch, dass dies von nationalen Gegebenheiten abhängig ist. Hierzu zählen etwa die Art und Weise, wie die Menschen Banknoten verwenden und ob die Zentralbank an den Vorgängen zur Bargeldbearbeitung beteiligt ist. Die Bedeutung aller relevanten Parameter wurde jedoch noch nicht ermittelt. Im Folgenden beschreiben wir zwei computerbasierte Modelle für die Simulation von Bargeldkreisläufen für Banknoten. Diese Modelle verwenden wir, um vorherzusagen, was mit Banknoten geschieht, wenn sie sich in Umlauf befinden.



Das erste Modell simuliert einen Bargeldkreislauf anhand eines theoretischen Ansatzes auf Basis von Kennzahlen. Es modelliert die Umlauffähigkeit von Banknoten als eindimensionales Profil von Umlauffähigkeitskategorien. Dieses Modell ermittelt die folgenden drei Hauptfaktoren für die Qualität der in Umlauf befindlichen Banknoten und die Kosten des Banknotenkreislaufs: i) die Häufigkeit der Rücksendung von Banknoten an die Zentralbank, ii) die Umlauffähigkeitsschwelle für die automatisierte Banknotenverarbeitung bei der Zentralbank und iii) die Lebensdauer der Banknoten. Produktionsvarianzen bei neuen Banknoten, die von gewerblichen Bargeldakteuren angewandte

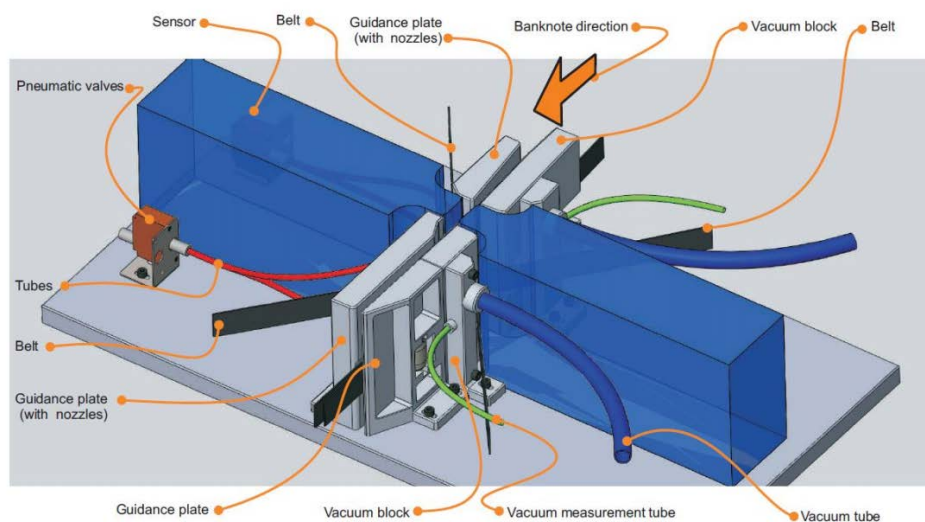


Umlauffähigkeitsschwelle und die Genauigkeit der beim Sortierprozess eingesetzten Umlauffähigkeitssensoren haben geringere, aber nicht zu vernachlässigende Auswirkungen. Das zweite Modell simuliert die in Umlauf befindlichen Banknoten als Einzelelemente. Es ist auf die Modellierung länderspezifischer Bargeldkreisläufe ausgerichtet und verwendet dafür die zu den einzelnen Banknoten verfügbaren Daten. Dieses Modell wird anhand von Daten erstellt, die durch die Überwachung von in Umlauf befindlichen Banknoten während eines „Umlauftests“ in drei Ländern des Euroraums erhoben wurden. Wir vergleichen die anhand des zweiten datenbasierten Modells prognostizierte Qualität mit den tatsächlichen Daten für den Bargeldkreislauf, die außerhalb des Umlauftests erhoben wurden. Wir erörtern die Gründe für die festgestellten Abweichungen und legen abschließend Überlegungen für einen optimalen theoretischen [Banknotenkreislauf](#) auf nationaler Ebene vor.

## CDI2: Offener Standard für Hochgeschwindigkeits-Banknotensortiermaschinen

*Ein offener Standard bringt Vorteile für alle.*

Das Common Detector Interface 2 (CDI2) ist ein neuer offener Standard für Hochgeschwindigkeits-Sortiermaschinen für Banknoten (siehe PROFIT). Er wurde von der Europäischen Zentralbank und dem Federal Reserve System in Zusammenarbeit mit der De Nederlandsche Bank und der Oesterreichische Banknoten- und Sicherheitsdruck GmbH entwickelt wurde. Das CDI2 stellt einen Paradigmenwechsel dar, da es Zentralbanken und anderen gewerblichen Nutzern in Bargeldsortierzentren die vollständige Kontrolle über ihre Banknotensortiermaschinen ermöglicht.



In der Vergangenheit waren Banknotensortiermaschinen in der Regel geschlossene Systeme mit sehr eingeschränktem Zugriff auf Daten zu ihrer Kernfunktion. Die

Anpassung der Sortierlogik oder der Einbau neuer Detektoren erforderte stets fundierte eingehende Kenntnisse und Unterstützung durch den Hersteller der Sortiermaschine. Und das hatte seinen Preis. Das CDI2 erlaubt den Zugriff auf die zugrunde liegende Sortierlogik und das von der Sortiermaschine erfasste Bild der Banknoten sowie auf die damit zusammenhängenden Sortierdaten. Es ermöglicht den Zentralbanken, neue kompatible Detektoren selbst zu installieren und bietet neue Möglichkeiten zur Datenverarbeitung. Ein CDI2-Simulator mit allen zugrunde liegenden Quellcodes steht nun ebenso zur Verfügung wie der zur Einrichtung der Schnittstelle erforderliche technische Support.

CDI2-Simulatoren werden bereits von zwei großen Herstellern von Banknotensortiermaschinen sowie einer Reihe von Detektorenherstellern bei der Entwicklung von CDI2-konformen Einheiten eingesetzt. Die entwickelten Simulatoren umfassen auch ein mechanisches Fördergerät für Banknoten, das eine gründliche Testung neuer Detektoren vor dem Einbau in eine [Banknotensortiermaschine](#) ermöglicht.

© Europäische Zentralbank, 2021

Postanschrift 60640 Frankfurt am Main, Deutschland

Telefon +49 69 1344 0

Website [www.ecb.europa.eu](http://www.ecb.europa.eu)

Alle Rechte vorbehalten. Die Anfertigung von Kopien für Ausbildungszwecke und nichtkommerzielle Zwecke ist mit Quellenangabe gestattet.

Informationen zur Fachterminologie finden sich im [EZB-Glossar](#) (nur auf Englisch verfügbar).