

FORMS ermöglicht das Hinzufügen, Durchsuchen und den semi-automatischen Vergleich von Werkzeugspuren.

Abgleich von Werkzeugspuren

Im KIRAS-Forschungsprojekt FORensic Marks Search (FORMS) wird mit Beteiligung des Bundeskriminalamts an der TU Wien ein automatisches Verfahren für den Werkzeugspurenvergleich entwickelt.

In Österreich wurden 2015 15.500 Einbrüche in Wohnungen und Eigenheime, 15.400 Einbrüche in Geschäfte und Firmen angezeigt. Werden Täter auf frischer Tat betreten, kann vielfach nur die zuletzt begangene Tat vor Gericht bewiesen werden. Viele Täter sind jedoch Serientäter.

Um die Beteiligung an früher begangenen Straftaten nachzuweisen, werden je nach Tathergang DNA, Fingerabdrücke, Schuhspuren, Materialspuren – und besonders Werkzeugspuren herangezogen. Letztere können bei Einbrüchen häufig gesichert werden.

Merkmale. Wie jede Formspur enthält eine Werkzeugspur Gruppenmerkmale, die vom Werkzeugtyp und eventuell von der Einsatzart abhängen (z. B. Schaufelbreite eines Schraubendrehers) und Individualmerkmale, die – vergleichbar mit einem Fingerabdruck – charakteristisch für das verursachende Werkzeug sind.

Vor allem die Individualspuren könnten für das Erkennen und die Zuordnung von Tatserien zu gefassten Tätern verwendet werden und als Beweismittel dienen. Allerdings ist der Vergleich von Werkzeugspuren verschiedener Tatorte komplex, zeit- und personalintensiv, weil sich viele Werkzeugspuren ähnlich sehen und das geübte Auge des Werkzeugspurenuntersuchers die Gruppen- und die unterschiedlichen Individualmerkmale erkennt.

Dazu kommt, dass selbst dasselbe Werkzeug je nach weiterer Abnutzung, Handhabung und Spurenlagerer ein geringfügig anderes Spurenbild hinterlässt. Derzeit werden alle ansatzweise ähnlich aussehende Spuren einzeln und händisch in einem Vergleichsmikroskop mühsam gegenübergestellt und auf Gemeinsamkeiten abgesehen.

Dies erfordert einen hohen Aufwand und der Vergleich einer gesicherten Werkzeugspur mit vielen verfügbaren

Spuren von ungeklärten Straftaten in einer Spurensammlung ist schlicht unmöglich. Zusätzlich ist eine manuelle Vorsuche fehleranfällig, da Werkzeugspuren durch ihre hochkomplexen und ähnlichen Muster schwer zu erkennen sind und passende Spuren dadurch leicht übersehen werden können. Durch diese Schwierigkeiten und den personellen Aufwand kann das Potenzial von Werkzeugspuren zur Aufdeckung von Serielikten derzeit nur unzureichend genutzt werden.

Die Situation ist wie vor 30 Jahren im Bereich der Fingerabdrücke, vor Einführung des *Automated Fingerprint Identification Systems (AFIS)*, das in der Lage ist, in kurzer Zeit Millionen von Fingerabdrücken zu durchsuchen. Gebe es eine Möglichkeit, vergleichbar dem *AFIS* Werkzeugspuren in großen Datenbanken zu suchen, würde das einen weiteren Meilenstein in der Strafverfolgung bedeuten.



Deep-Learning-Verfahren: Werkzeugspuren werden in Bildausschnitte unterteilt, ähnliche Strukturen werden gruppiert.

Eine automatisierte Suche ähnlicher Spurenbilder kann die Versuche straffen, die Ergebnisse der Versuche verbessern und die Untersuchung unter dem Vergleichsmikroskop auf eine eingeschränkte Anzahl ähnlicher Vergleichsspuren begrenzen.

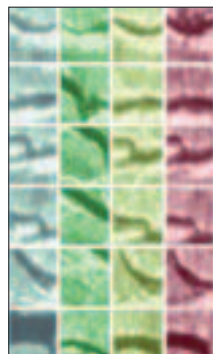
FORMS. Das interdisziplinäre KIRAS-Forschungsprojekt *FOR*ensic Marks Search (*FORMS*), des *Computer Vision Labs* der TU Wien, der Kriminaltechnik des Bundeskriminalamtes, der *CogVis GmbH* und des *Vienna Centre for Social Security (VICESSE)* hat es sich zum Ziel gesetzt, ein schnelles Verfahren zum halbautomatischen Suchen ähnlicher Form- und Werkzeugspuren in umfangreichen Werkzeugspurendatenbanken zu schaffen. Entwickelt wird ein maschineller Abgleich von digitalisierten Werkzeugspuren, die vom Werkzeugspurenexperten verifiziert werden müssen, und eine moderne Datenbankstruktur für die dezentrale Eingabe von Spurenbilder aus ungeklärten Straftaten.

Diese Spurenbilder werden für jede Abfrage durch den Werkzeugspurenfachmann zugänglich gemacht, so dass in Zukunft ein Abgleich in großem Umfang möglich wird. Durch die Vorselektion ähnlicher Werkzeugspuren aus Tausenden von Spuren durch die *FORMS*-Software kann sich die aufwendige kriminaltechnische Untersuchung im Vergleichsmikroskop auf einige wenige, möglichst ähnliche Spuren beschränken.

Das reduziert den Personaleinsatz für die Vorselektion ähnlicher Spuren, stellt die frei gewordenen Personalressourcen für den eigentlichen Werkzeugspurenvergleich zur Verfügung

und schöpft das bislang kaum ausgenutzte Potenzial der Werkzeugspuren für die Aufklärung von Serienstraftaten aus. Fotos der gesicherten Spuren werden zukünftig in *FORMS* eingepflegt und von einem Werkzeugspurenspezialisten werden die charakteristischen Spurenmerkmale am Bildschirm markiert, um einen effektiven Abgleich zu gewährleisten. Die Suche erfolgt zentral auf einem Server, auf dem ein für *FORMS* entwickeltes Verfahren zum Bildvergleich Ähnlichkeiten zwischen den Spuren berechnet. Das liefert eine sortierte Liste aller Spuren, die als ähnlich mit der Ausgangsspur klassifiziert wurden.

Der Werkzeugspurenspezialist kann in der *FORMS*-Programmoberfläche in den in *FORMS* selektierten „ähnlichsten“ Spuren mögliche Übereinstimmungen im Detail vergleichen. Das System zeigt die erkannten Korrespondenzen auf Wunsch in den Bildern an und schafft für den Nutzer Nachvollziehbarkeit. Wird eine Übereinstimmung bestätigt, erfolgt durch den Werkzeugspurenspezialisten der manuelle Vergleich der physischen Spuren unter dem Vergleichsmikroskop, der dann als gültiges Beweismittel zugelassen ist. Da Spuren desselben Werkzeugs durch verschiedene Faktoren wie Abnutzung, Art der Verwendung bzw. Handhabung (z. B. Ansatzwin-



Bildausschnitte von vier übereinstimmenden Werkzeugspuren.

kel), Art des Materials, auf dem die Spur entstanden ist, komplexe Unterschiede aufweisen können, werden in *FORMS* neue informatische Methoden zum Bildvergleich herangezogen. In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass Verfahren, die auf maschinellem Lernen basieren, in derartigen Anwendungsgebieten konventionellen Verfahren überlegen sind.

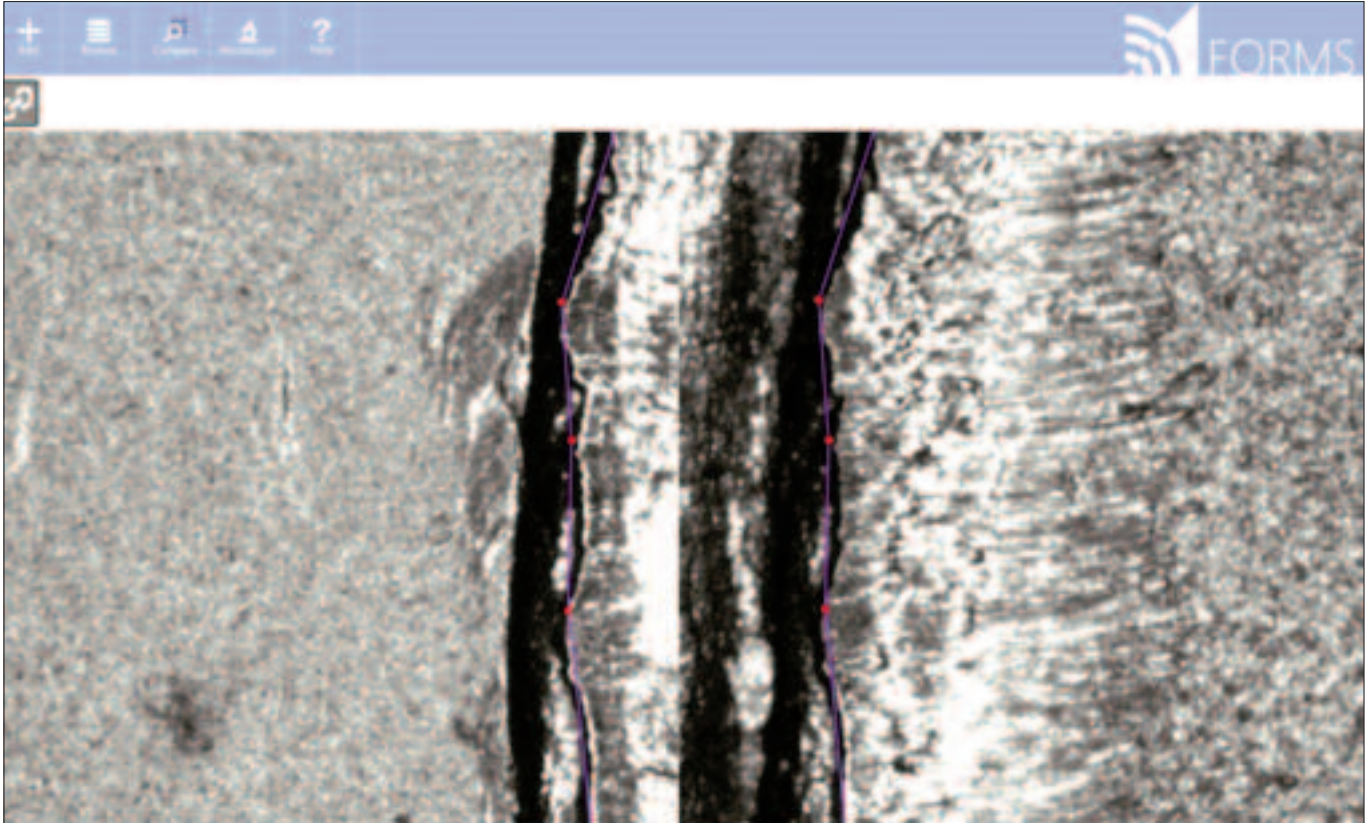
Mit Deep Learning ist es möglich, große Mengen an Daten einzubeziehen. Ein Beispiel dafür ist die *Google-Bildersuche*, bei der Bilder hochgeladen werden können und dann mittels Inhaltsanalyse ähnliche Bilder unter Millionen anderer Bilder gefunden werden. Auch Gesichtserkennungs- und Spracherkennungssoftware, die in Smartphones angeboten wird, basiert meist auf *Deep Learning*. Der größte Vorteil dieser Verfahren zeigt sich in ihrer Zuverlässigkeit und Anpassungsfähigkeit. So funktioniert z. B. Spracherkennung trotz Ausspracheunterschiede oder Hintergrundgeräusche gut.

Bei *FORMS* werden die vom Werkzeugspurenspezialisten markierten Bereiche vom Computer in zahlreiche Bildausschnitte zerlegt. Das ist erforderlich, da fast nie das gesamte Werkzeug abgebildet wird und nicht alle Spurenbereiche einer Vergleichsspur auswertbar sind. Danach werden Bildausschnitte von Tat und Vergleich einander gegenübergestellt und es wird ihre Ähnlichkeiten berechnet.

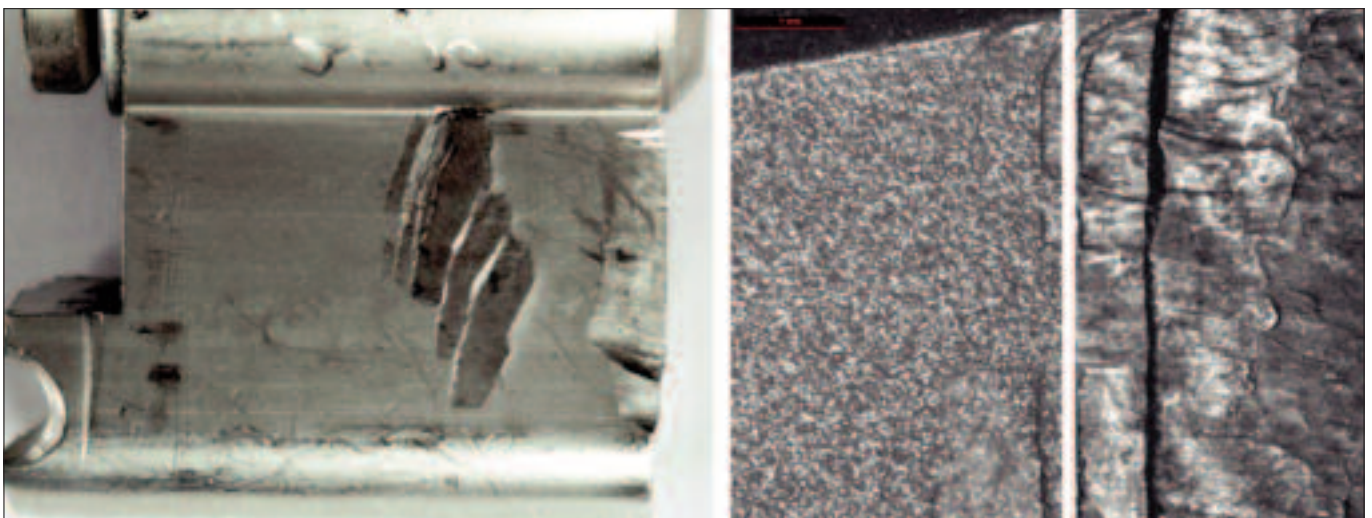
Welche Bildeigenschaften in den Eigenschaftsvektor einfließen, erkennt das System selbst. Dabei wird anhand von Beispielen mit bekannten Übereinstimmungen und Nichtübereinstimmungen das Verfahren darauf trainiert, ähnliche Strukturen zu erkennen und

Welche Bildeigenschaften in den Eigenschaftsvektor einfließen, erkennt das System selbst. Dabei wird anhand von Beispielen mit bekannten Übereinstimmungen und Nichtübereinstimmungen das Verfahren darauf trainiert, ähnliche Strukturen zu erkennen und

Welche Bildeigenschaften in den Eigenschaftsvektor einfließen, erkennt das System selbst. Dabei wird anhand von Beispielen mit bekannten Übereinstimmungen und Nichtübereinstimmungen das Verfahren darauf trainiert, ähnliche Strukturen zu erkennen und



FORMS bietet Werkzeugspurenspezialisten die Möglichkeit des Spurenvergleichs mit einem virtuellem Vergleichsmikroskop.



Rollgabelschlüsselspuren auf einem abgebrochenen Schließzylinder; Abgleich zweier übereinstimmender Spuren mit einem Vergleichsmikroskop in zwanzigfacher Vergrößerung.

FOTOS: BUNDESKRIMINALAMT/KRIMINALTECHNIK, COC'VIS GMBH.

im Ähnlichkeitsraum zu gruppieren. Dabei ist vor allem die Auswahl und Anzahl der „Lernbeispiele“ essenziell. Nur wenn diese das spätere Einsatzgebiet gut abdecken, wird die Zuverlässigkeit erreicht.

Da die Berechnung des Eigenchaftsvektors nur beim Abspeichern in der Datenbank erfolgt, können Ähnlichkeitsabfragen mit neuen Spuren sehr rasch erfolgen. So ist es möglich, große Mengen an Daten in die Suche einzubeziehen, ohne lange auf ein Er-

gebnis warten zu müssen oder sehr leistungsfähige Datenleitungen zu besitzen.

Erste Tests mit einem speziell für FORMS entwickelten *Deep-Learning*-Verfahren zeigen vielversprechende Ergebnisse und neue Tests mit weiteren 3.500 Bildern, die unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen aufgenommen wurden, bringen weitere Feinregulierungen und Verbesserungen. Spätestens bis zum Projektende

im September 2017 wird die erste Testversion des *FORMS*-Systems im Probebetrieb sein. Bei Bewährung soll über ein von der Europäischen Union finanziertes Projekt das Rollout in die Bundesländer zum flächendeckenden Einsatz erfolgen. *Manuel Keglevic*

FORMS wird im Sicherheitsforschungs-Förderprogramm *KIRAS* finanziert vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Projektnummer 850193).