



Sicherheit durch Technik

Wie kann die Sicherheit im Flugverkehr weiter erhöht werden, ohne die Passagiere mit immer neuen Kontrollen zu behelligen? Ein innovativer Körperscanner weist den Weg.

Der typische Flugpassagier befindet sich im Widerstreit der Gefühle, wenn es um das Thema Sicherheit geht. Einerseits befürwortet die große Mehrheit einen sehr weitgehenden Einsatz von Sicherheitstechnik auf den Flughäfen, auch von Körperscannern, wie eine repräsentative Befragung des deutschen Branchenverbands Bitkom ergeben hat. Andererseits ärgert man sich über diverse Unannehmlichkeiten, die man dafür in Kauf nehmen muss, sei es die Reglementierung des Bordgepäcks, das teilweise Entkleiden bei der Kontrolle, unnatürliche Haltungsübungen in bisherigen Körperscannern oder das manuelle Abtasten durch das Sicherheitspersonal. Warteschlangen an den Checkpoints kommen zeitraubend hinzu. Da künftige Abstriche an den Sicherheitsstandards eher nicht zu erwarten sind, sondern die Sicherheitslage im

Gegenteil weiter verbessert werden soll, muss die Technik Wege aus dem Dilemma weisen. Das Ziel ist ein Maximum an Sicherheit bei größtmöglichem Komfort für die Passagiere. Der neue Körperscanner R&S®QPS (BILD 1) ist ein großer Schritt in diese Richtung.

Eine Produktgattung nimmt Gestalt an

Die ersten Körperscanner wurden in den frühen 1990er Jahren entwickelt, ohne dass zunächst ein nennenswerter Markt dafür bestanden hätte. Die im Röntgenbereich arbeitenden „Backscatter“-Geräte kamen nur vereinzelt auf Flughäfen außerhalb von Deutschland zum Einsatz. Einige Jahre später folgten bereits Geräte auf Mikrowellenbasis, wenngleich

BILD 1: Der Scanner R&S®QPS200 mit zwei Paneelen ist in erster Linie für Flughäfen gedacht. Er lässt sich barrierefrei in praktisch jedes Schleusen-Layout integrieren. Das Modell R&S®QPS100 (nicht im Bild) besteht aus nur einem Paneel, so dass sich der Proband für einen Komplett-Scan einmal um hundertachtzig Grad drehen muss.



die Nachfrage noch überschaubar blieb. Allerdings war nach den einschneidenden Vorkommnissen von „9/11“ absehbar, dass sich der Markt für Sicherheitstechnik dynamisch entwickeln würde. Deshalb musste sich Rohde&Schwarz im Jahr 2007 nicht lange bedenken, als Konsortialpartner einem Projekt beizutreten, das den US-amerikanischen Vorreitern der Gerätegattung ein europäisches Angebot entgegenstellen sollte. Eine dreijährige Forschungs- und Entwicklungsphase mündete in ein Proof of Concept, das die eingeschlagene Richtung bestätigte. Unterschiedliche Vorstellungen über ein Serienprodukt führten jedoch dazu, dass die beteiligten Industriepartner beschlossen, künftig getrennte Wege zu gehen. Im Rahmen von QPASS, dem von Rohde&Schwarz initiierten und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Nachfolgeprojekt, entwickelte Rohde&Schwarz zusammen mit dem Lehrstuhl für HF-Technik der Universität Erlangen einen seriennahen Demonstrator, der das Potenzial zeigte, alle in ihn gesetzten Erwartungen zu erfüllen, auch wenn zusätzliche EU-Auflagen weitere Herausforderungen mit sich brachten.

Alle bisherigen Geräte waren nämlich darauf angelegt, Bilder zu erzeugen, die von menschlichen Auswertern begutachtet werden konnten. Dass dabei auch intime Details zur Ansicht kamen, führte zu einer emotional geführten öffentlichen Debatte, die die Behörden sowohl in den USA wie auch in Europa zu einer Änderung der Zulassungsbestimmungen veranlasste. Die Darstellung von Personen-Klarbildern an der Kontrollstelle wurde verboten. So einfach der Verwaltungsakt, so schwerwiegend die technischen Folgen, denn die Anforderung war jetzt keine geringere, als die Detektion verdächtiger Objekte vollautomatisch zu bewerkstelligen. Nun war über die reine Millimeterwellentechnik hinaus auch noch ein schnelles Bildverarbeitungssystem nötig geworden, das in der Lage sein musste, aus den Messdaten zuverlässig Anomalien herauszufiltern und auf einem Symbolbild (Avatar) anzuzeigen (BILD 2). Die dafür aufgebaute Entwicklungsmannschaft machte jedoch rasche Fortschritte, sodass im Jahr 2014 ein serienreifes Produkt, der R&S®QPS100, vorgestellt werden konnte. Praxisnah getestet, kontinuierlich verbessert, mit allen maßgeblichen Zulassungen versehen und um das

Eine kurze Geschichte der Flugsicherheitskontrollen

Die Geschichte der Flugsicherheit, soweit sie sich auf den Schutz vor Anschlägen bezieht, lässt sich an einer Abfolge von Schlüsselereignissen und den Reaktionen darauf festmachen. Die ersten Jahrzehnte der kommerziellen Fliegerei spielen in diesem Kontext noch keine Rolle, denn Fliegen war als exklusives Abenteuer betuchter Kunden lange Zeit weit davon entfernt, eine Bühne für Gewaltverbrechen abzugeben, die irgendeines Schutzes bedurfte hätte. Und selbst als Flugzeugentführungen, vorwiegend aus politischen Motiven, geradezu in Mode kamen und im Jahr 1969 mit 82 Vorkommnissen dieser Art ein Allzeit-Rekord aufgestellt wurde, sahen sich die Verantwortlichen noch nicht zu nennenswerten Maßnahmen genötigt. Lediglich in Verdachtsfällen rückte

man Passagieren mit Metalldetektoren zu Leibe. Erst in den 1980er Jahren, als insbesondere die USA den Kampf gegen die Drogenkriminalität forcierte, kam es am Boden zu verstärkten Personenkontrollen auch mithilfe von Spürhunden. Das Lockerbie-Attentat von 1988 hatte immerhin zur Folge, dass man in Europa die Gepäckstücke von da an zumindest stichprobenartig durchleuchtete. Eine 100%-Kontrolle wurde aber erst 2003 per EU-Verordnung verpflichtend.

Der Anschlag von „9/11“ 2001 markiert sicherheitspolitisch die Stunde Null. Auf allen erdenklichen Ebenen wurden nun die größten Anstrengungen zur Prävention gegen Wiederholungstaten unternommen, vom extensiven grenzüberschreitenden Abgleich der Daten von Flugpassagieren über den Einsatz von Sky Marshals und dem Verbot spitzer oder scharfer Gegenstände wie Nagelfeilen im Bordgepäck bis zur Panzerung der Cockpittüren (wofür allein die Luft-hansa nach eigenen Angaben seinerzeit über 30 Mio. Euro aufgewendet hat). Am Boden entwickelten sich die Sicherheitsvorkehrungen von jetzt an stakkatohaft: Der Versuch von Richard Reid im Dezember 2001, in seinem Schuhabsatz versteckten Sprengstoff zu zünden, wurde vereitelt, führte in den USA und einigen anderen Ländern aber dazu, dass Passagiere in der Folge ihre Schuhe zur Untersuchung vorzeigen mussten. 2006 brachte das Verbot größerer Flüssigkeitsmengen, nachdem in Großbritannien ein Anschlagplan mit Flüssig-Chemikalien aufgedeckt worden war. An Weihnachten 2009 erreichte die Kreativität der Attentäter den Bereich der Leibwäsche, als ein Nigerianer kurz vor der Landung in Detroit Sprengstoff zünden wollte, den er in seiner Unterhose eingeschmuggelt hatte („Unterhosenbomber“). Dieser Vorfall veranlasste die als Reaktion auf „9/11“ gegründete Transportation Security Administration (TSA) in den USA zur flächendeckenden Einführung von Ganzkörper-Scannern auf den Flughäfen. Erste Flughafen-Installationen dieser in den 1990er Jahren entwickelten Geräte waren zwar schon 2007 erfolgt, sowohl in den USA als auch außerhalb, etwa in Amsterdam, größere Stückzahlen kamen aber erst ab 2010 zum Einsatz. Bei diesen Scannern der ersten Generation handelte es sich um Geräte auf Röntgen-Basis mit



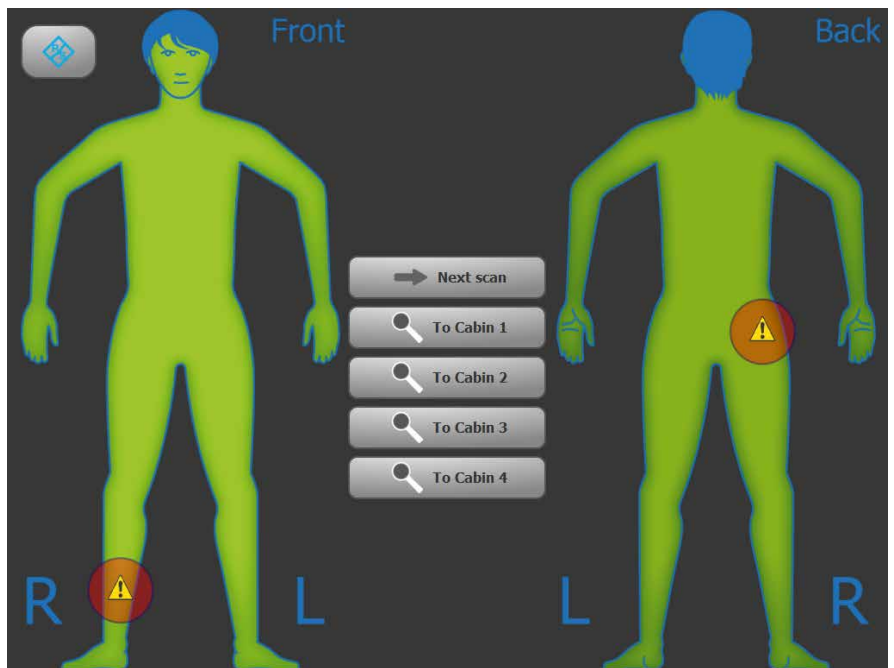


BILD 2: Das Scan-Ergebnis wird auf einer neutralen Grafik (Avatar) angezeigt. Eine persönlichkeitsbezogene Anzeige oder Datenspeicherung findet nicht statt.

der Eigenschaft, nicht nur potenziell bedrohliche Gegenstände sichtbar zu machen, sondern auch intime Körperdetails, was in der Öffentlichkeit zu heftiger Kritik führte. Zudem wirkt Röntgenstrahlung ionisierend und damit zellschädigend, wenngleich aufgrund der geringen Strahlendosis der Geräte (Messungen zufolge etwa die Menge, die ein Flugpassagier in wenigen Minuten allein schon über die kosmische Höhenstrahlung aufnimmt) eine gesundheitliche Gefährdung seitens der verantwortlichen Stellen ausgeschlossen wurde. Dennoch sind diese „Backscatter“-Geräte weitgehend vom Markt verschwunden und in vielen Ländern verboten. Und selbst die TSA vollzog eine Kehrtwende, als sie zwischen Herbst 2012 und Mai 2013 alle Geräte der ersten Generation zurückzog und durch Millimeterwellen-Geräte – die Alternativ-Technologie – ersetzte. Grund dafür waren aber nicht gesundheitliche Bedenken, sondern die Tatsache, dass es dem Gerätehersteller nicht termingerecht gelungen war, die Scan-Ergebnisse per Software-Update zu entpersonalisieren. In diesem Punkt nämlich hatten die US-Behörden auf den öffentlichen Unmut reagiert und im „FAA modernization and reform act“ von 2012 verfügt, dass die von Körperscannern generierten Nacktbilder durch symbolische, für alle Testpersonen identische Darstellungen zu ersetzen seien.

In der Europäischen Union hat man sich per Verordnung vom November 2011 aus gesundheitlichen Erwägungen dezidiert gegen die Röntgenscanner bzw. alle Technologien mit ionisierenden Strahlen entschieden. Auch die Wahrung der Persönlichkeits- und Datenschutzrechte ist Pflicht. 2010 fand der erste deutsche Feldversuch mit einem Millimeterwellen-Scanner der ersten Generation auf dem Hamburger Flughafen statt, durchgeführt und wissenschaftlich begleitet von der Forschungsstelle der Bundespolizei. 800 000 Freiwillige, darunter der damalige wie heutige Bundesinnenminister de Maizière, ließen sich scannen. Ziel des Großversuchs war es herauszufinden, wie sich die Geräte unter Praxisbedingungen bewähren, wo sich eventuell noch Schwachstellen zeigen und wie man die Zulassungstests (common test methods) sinnvollerweise gestaltet. Die nationalen Behörden arbeiten dabei direkt der ECAC zu, der für Zertifizierungen im Bereich

Lufttransport zuständigen European Civil Aviation Conference, und dem Hamburger Test kam hier eine Pionierrolle zu. Die Ergebnisse (es gab einen hohen Prozentsatz an Fehlalarmen) veranlassten die Bundesregierung jedoch zu der Einschätzung, dass die „gegenwärtig zur Verfügung stehenden Geräte noch nicht für den allgemeinen Praxisbetrieb geeignet“ seien. Die Hersteller arbeiten seither mit Hochdruck an der Verbesserung der Zuverlässigkeit.

Scanner der neuesten Generation wie der R&S®OPS von Rohde&Schwarz sind wesentlich ausgereifter als ihre Vorgänger und für einen flächendeckenden Einsatz uneingeschränkt geeignet. Eine Forderung der Zulassungsbehörden ist auch die, dass der Abfertigungsbetrieb durch die Scanner nicht ausgebremst werden darf, sondern im Gegenteil beschleunigt werden soll. Auch das ist mit den schnellen modernen Geräten gewährleistet. Überhaupt gibt der verstärkte Einsatz automatischer Sicherheitseinrichtungen berechnete Hoffnung auf die Aussicht, dass sich die gefühlte Belästigung der Passagiere in absehbarer Zeit wieder auf ein erträgliches Maß reduziert. Ein erster Schritt in diese Richtung war die EU-weite Wiederzulassung größerer Flüssigkeitsmengen im Handgepäck 2014 (wenn auch beschränkt auf Medikamente und Spezialnahrung sowie im Duty-Free-Bereich der Flughäfen erworbene Produkte), die durch eine neue Technik zum Aufspüren von Flüssigsprennstoffen möglich wurde. Fortschritte in der Scan-Technik werden es bald auch erlauben, dicke Kleiderschichten zu durchleuchten, sodass die Probanden dann nicht mehr gezwungen sein werden, Mäntel und Sakkos abzulegen. Am Horizont sind bereits Lösungen erkennbar, die ihre Arbeit unauffällig beim Vorbeigehen der Passagiere verrichten, sodass die Sicherheitskontrolle gar nicht mehr als solche wahrgenommen wird. Fluggäste werden dann hoffentlich auch ihre Reiseverpflegung wieder unangefochten an Bord bekommen, anders als jene Frau, deren Weihnachtskuchen in Las Vegas beschlagnahmt wurde, weil der Zuckerguss dem Sicherheitsbeamten allzu explosiv erschien.

Modell R&S®QPS200 ergänzt, präsentiert sich die R&S®QPS-Plattform heute als innovative Sicherheitslösung nicht nur für Flughäfen, sondern für alle zugangsgeschützten Bereiche mit hohen Sicherheitsanforderungen. Der Bedarf ist inzwischen groß. Dem Vorbild der USA folgend, die ab 2010 sukzessive alle Flughäfen mit Scannern ausgerüstet haben, ziehen Länder wie Deutschland nach. Der R&S®QPS200 wird den Fluggästen hier zum vertrauten Anblick werden, nachdem das Bundesinnenministerium im Juli 2016 mit Rohde&Schwarz einen Rahmenvertrag über die Lieferung von 300 Stück unterzeichnet hat.

Neue Wege

Der R&S®QPS unterscheidet sich in Bauform, Funktionsprinzip und Scan-Praxis von konkurrierenden Produkten. Räumlich beengende Situationen, wie sie eine Kabinenlösung mit sich bringt, sind mit ihm passé. Die flachen Paneele lassen sich barrierefrei, platzsparend und optisch ansprechend in den Abfertigungsbereich integrieren (BILD 1). Zudem hat das Sicherheitspersonal aufgrund der offenen Struktur einen unverstellten Überblick über die Kontrollstelle. Die Scan-Prozedur, die mit bisherigen Geräten als unangenehm empfunden werden konnte, weil die Arme wie bei einer polizeilichen Verhaftung hoch anzuheben waren, gestaltet sich für den Passagier jetzt deutlich komfortabler. Die Arme sind nur noch leicht und auf natürliche Weise abzuspreizen, was auch von körperlich beeinträchtigten Personen geleistet werden kann und in allen Kulturkreisen als ethisch korrekt angesehen wird.

Der R&S®QPS kommt als vollelektronische Lösung ohne bewegliche Teile aus und arbeitet geräuscharm. Als einziges Gerät am Markt basiert er auf dem multistatischen Prinzip, das aus der Radartechnik bekannt ist und bei dem eine Vielzahl von Empfangsantennen gleichzeitig das reflektierte Sendesignal aufnimmt (BILD 3). Der Vorteil liegt in der besseren Ausleuchtung der gescannten Person, was eine höhere Detektionsqualität ermöglicht.

Das System ist bis auf eine halbjährliche Überprüfung der Kalibrierung weitgehend wartungsfrei. Die wird natürlich vor Ort vorgenommen. Aufstellung und Inbetriebnahme gelingen innerhalb einer Stunde, da alle zeitintensiven Vorarbeiten im Werk erfolgen.

Die Technik des R&S®QPS

Übliche Mikrowellenscanner beleuchten ihre Objekte bei Frequenzen unterhalb von 30 GHz. Der R&S®QPS hingegen arbeitet im Millimeterwellen-Frequenzband zwischen 70 GHz und 80 GHz, das auch von Kfz-Abstandsradaren genutzt wird und eine höhere räumliche Auflösung zulässt. Die Sendespitzenleistung liegt mit ca. 1 mW um drei Größenordnungen unter der eines Handys und ist am Ort der Testperson kaum nachweisbar.

Das Scan-Volumen wird fein granuliert in Voxel der Größe 1,9 mm x 1,9 mm x 5,7 mm aufgelöst, was aber nicht allein dem hohen Frequenzbereich zuzuschreiben ist, sondern auch



BILD 3: Multistatisches Arbeitsprinzip: Während jeweils immer nur einer der 3008 Sender eines Panels aktiv ist, empfangen sämtliche 3008 Empfangsantennen das reflektierte Signal. Da jeder Sender außerdem in schneller Folge durch 128 Frequenzen stept, bevor der nächste zu senden beginnt, fallen bei jedem Scan-Vorgang mehr als eine Milliarde (!) komplexe Messwerte pro Panel an (Betrag und Phase), und das innerhalb von nur 32 ms.

dem multistatischen Arbeitsprinzip. Das für einen hochauflösenden Nahbereichs-Scanner nutzbar zu machen, war alles andere als trivial, denn um die geforderte Systemleistung zu erbringen, müsste ein multistatischer Millimeterwellenscanner eigentlich vollflächig mit Antennen bestückt sein, was sich bei der Baugröße des R&S®QPS zu einer Viertelmillion Antennen pro Paneel aufsummieren würde. Die Zahl auf ein praktisches Maß zu reduzieren, kostete Jahre der Grundlagenforschung und mehr als eine Doktorarbeit. Übrig geblieben ist eine Struktur aus je 3008 Sendern und Empfängern, die pro Paneel schachbrettartig auf 32 sogenannte Cluster verteilt sind (BILD 4). Außer Sendern und Empfängern enthalten die Cluster die zur Frequenzaufbereitung und -konversion nötige Elektronik. Die in einen Zwischenfrequenzbereich von 25 MHz gemischten Empfangssignale werden von den Clustern zu einem von insgesamt acht räumlich dahinter angeordneten ZF-Baugruppen geführt. Dort werden sie analog-digital-gewandelt und zu Bild-Rohdaten vorverarbeitet. Im letzten Schritt gelangen sie über zwei zentrale Boards und einen PC-Adapter zu einer integrierten Rechnerbaugruppe (IPC). Dort findet die endgültige Datenauswertung sowie die automatische Erkennung von potenziell gefährlichen Gegenständen statt, deren genauer Ort berechnet und zur Anzeige gebracht wird. Ein Paneel beherbergt außerdem den zur Signalerzeugung notwendigen Synthesegenerator sowie Hilfsbaugruppen wie Netzteil, Signalverteilung, Schnittstellen und Anzeigeelemente.

Der komplette Scan-Vorgang dauert designbedingt nur 32 ms pro Paneel beim R&S®QPS200. Die rechnerische Auswertung hingegen, die zurzeit noch mehrere Sekunden erfordert, lässt sich durch leistungsfähigere Datentechnik in Zukunft noch merklich verkürzen. Hochgezüchtete GPUs (Graphics Processing Units) aus der Grafikkarten-Industrie, die für massiv-parallele Berechnungen optimiert sind, eröffnen einen Entwicklungspfad in Richtung Echtzeitanalyse, die auch für künftige Walk-Through-Lösungen unabdingbar ist.

Herausforderung automatische Detektion

Die Arbeitsschritte eines Körperscanners ähneln auf den ersten Blick denen eines klassischen Passbildautomaten: Auf die Belichtung der Person, also ihre Abbildung auf ein Medium (im Fall des Scanners auf Messdaten statt auf Papier), folgt die Bildentwicklung, beim Scanner mittels Software. Ein voll-automatischer Scanner hat aber gar nicht das Ziel, fotografische Bilder für menschliche Betrachter zu erzeugen. Er soll vielmehr gleich eine Bildinterpretation, eine Bewertung liefern – eine bedeutend anspruchsvollere Aufgabe.

Die ist so klar wie herausfordernd formuliert: alle potenziell gefährlichen Gegenstände aufspüren, die am Körper oder in der Kleidung mitgeführt werden, unabhängig von ihrer Art, Größe, Lage und Materialbeschaffenheit.¹⁾ Der umfassende Charakter dieses Auftrags führt schnell zu der Einschätzung,

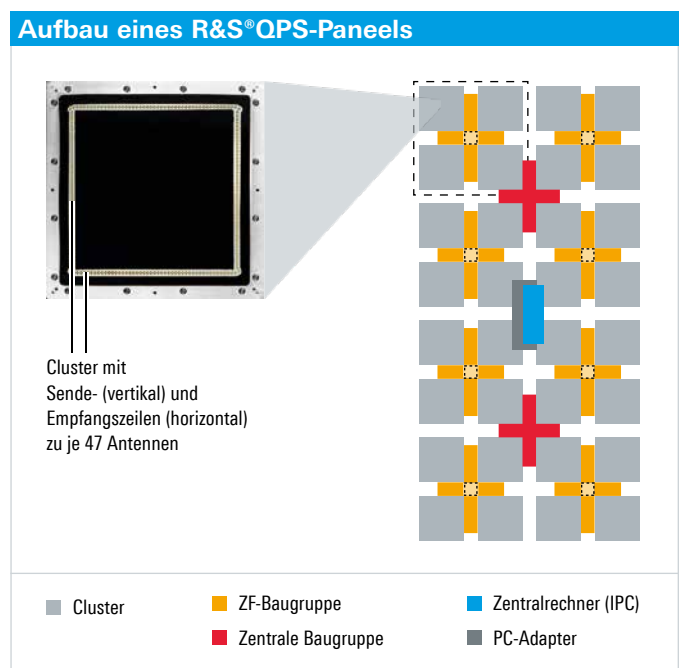


BILD 4: Der R&S®QPS ist modular aufgebaut. Das HF-Frontend verteilt sich schachbrettartig auf 32 sogenannte Cluster.

dass eine Positiv-Validierung, also ein Erkennen konkreter Objekte durch Mustervergleich, von vornherein zum Scheitern verurteilt ist. Zu unterschiedlich sind die Materialien und Bauformen, mit denen man etwa Schusswaffen und Messer gestalten kann. Der Scanner müsste in der Lage sein, ein „Ding an sich“ nach seiner Wesensart und Funktionsweise zu erfassen, ganz gleich, in welcher Gestalt es ihm begegnet – ein hoffnungsloses Unterfangen. Das Scan-Ergebnis besteht denn auch nicht aus der Identifikation von Objekten, sondern lediglich aus der Markierung von Stellen am Körper, die nach Einschätzung der Analyse-Software signifikant von der unverdächtigen Normalform abweichen. Die Aufgabe der Entwickler bestand also darin, der Software beizubringen, was als unverdächtig zu gelten hat. Aus dem gleichen Grund wie oben muss dabei aber jeder Ansatz vergeblich sein, auf Basis einer „weiße Liste“ harmloser Kombinationen dieses Ziel zu erreichen. Die Zahl möglicher Varianten ist einfach zu groß, selbst bei einem vermeintlich übersichtlichen Fall wie der Herrenoberbekleidung. Ob die Testperson einen Pulli trägt oder ein Hemd, ob dieses aus Baumwolle oder Synthetics besteht, über Reißverschluss oder Knöpfe geschlossen wird, die groß oder klein sein können und aus Plastik, Metall oder Perlmutter geformt, ob die Knopfleiste mittig oder seitlich verläuft, ob ein schmächtiger Knabe im Scanner steht oder ein fülliger Zweimetermann: All das und mehr darf den Scanner nicht beirren und muss als regulär durchgehen. Um das vertrackte Problem zu meistern, war die Lösung offenbar in einer ganz anderen

Richtung zu suchen. Auf dem Weg dahin wurden Methoden aus dem Bereich der Bildverarbeitung, des maschinellen Lernens und vor allem des Deep Learnings, also der künstlichen Intelligenz, eingesetzt.

Als Basis für die Analyse liegt nach jedem Scan-Vorgang ein riesiger Datensatz an Amplituden- und Phasenwerten aus dem 3D-Scanvolumen vor. Denn der Scanner arbeitet ähnlich wie ein vektorieller Netzwerkanalysator: Die empfangenen Signale werden mit den gesendeten Signalen nach Amplitude und Phase verglichen, die Differenz enthält alle nötigen Informationen über das Messobjekt. Die Herausforderung besteht darin, sie ihr durch geeignete Modellbildung zu entlocken, die physikalischen Informationen also auf konkrete Objekteigenschaften und -merkmale abzubilden. Solche Merkmale sind zum Beispiel die Signalintensität, die Oberflächenrauheit oder die Stärke von Mehrfachreflexionen. Tatsächlich lassen sich weit über tausend Merkmale definieren und zu einem hochdimensionalen Merkmalsraum kombinieren. Suspekte Gegenstände oder Materialien hinterlassen charakteristische „Fingerabdrücke“ in diesen Raum, indem sie sich in bestimmten Untermengen davon (= Merkmalskombinationen) in spezieller Weise manifestieren. Solche Untermengen werden durch Klassifikatoren modelliert (BILD 5).

BILD 6 zeigt das Prinzip anhand eines Klassifikators mit den Merkmalen Signalintensität und Oberflächenrauheit. In diesem zweidimensionalen Merkmalsraum lässt sich eine unverdächtige Körperregion gut von einer Region trennen, in der ein Schwarzpulversurrogat unter der Kleidung angebracht wurde. Deutliche Entscheidungsgrenzen sind ein wesentliches Kriterium für die Brauchbarkeit eines Klassifikators.

Zu Beginn der Entwicklung des R&S®QPS mussten geeignete Merkmale und Klassifikatoren noch manuell ermittelt und parametrisiert werden („feature engineering“). In den letzten Jahren wurden allerdings enorme Fortschritte auf dem Gebiet des maschinellen Lernens erzielt, insbesondere beim Deep Learning. Auch die aktuelle Version der R&S®QPS-Detektions-Software wird von Deep-Learning-Algorithmen trainiert.

Deep-Learning-Verfahren haben konventionelle maschinelle Lern-Algorithmen bereits in einer Vielzahl von Anwendungsfeldern ersetzt. Die Android-Spracherkennung von Google, die Gesichtserkennung von Facebook und die Sprachübersetzung von Skype basieren darauf. Weltweite Aufmerksamkeit erregte Anfang 2016 das Google-Programm AlphaGo, das mehrere Go-Weltklassespieler bezwingen konnte, was zuvor als unmöglich galt. Ihre Spielstärke bezog die Software aus Algorithmen und Bewertungsregeln, die durch Deep Learning auf der Basis neuronaler Netze erzeugt worden waren.

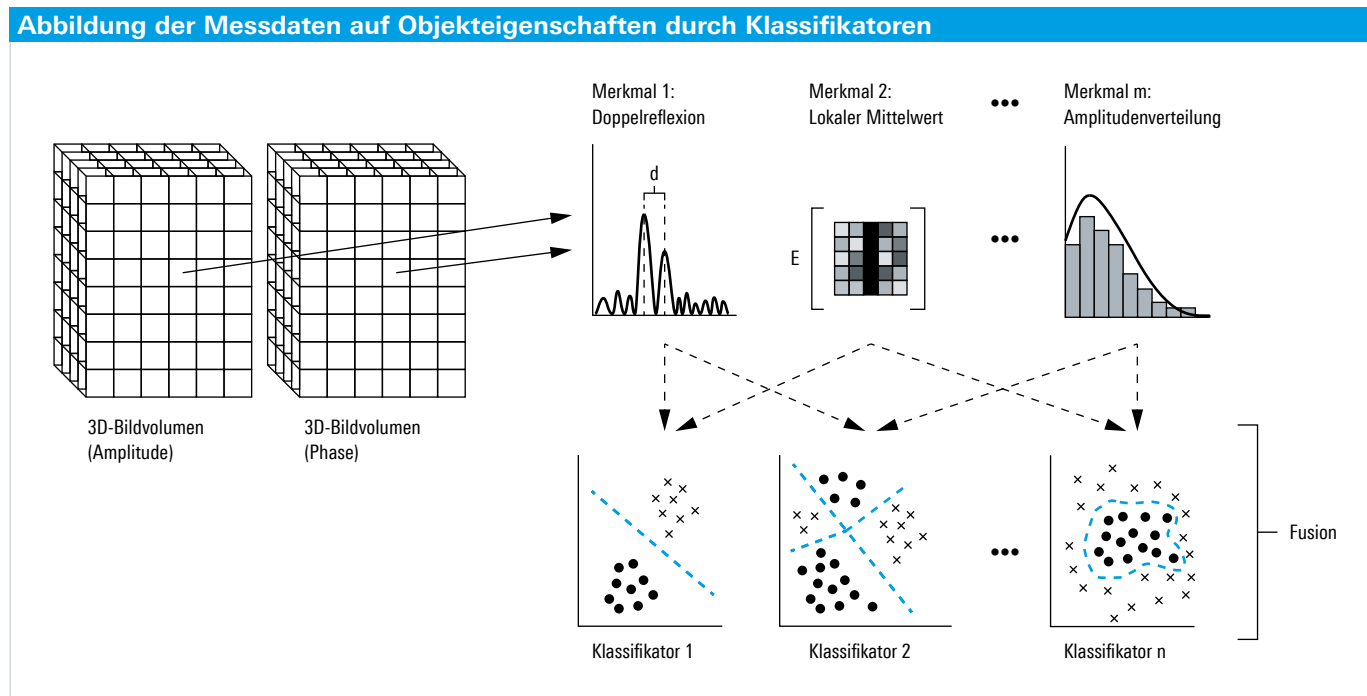


Bild 5: Aus den physikalischen Basisinformationen Amplitude und Phase werden Merkmale extrahiert und diese zu n-dimensionalen Klassifikatoren kombiniert, die jeweils auf eine spezielle Objekteigenschaft oder Objektklasse sensibel reagieren. Im Beispiel drei Klassifikatoren mit jeweils zwei Merkmalen. Die Überlagerung (Fusion) aller Klassifikatoren ergibt das finale Detektionsergebnis.

Neuronale Netze sind auf dem Gebiet der Mustererkennung zu erstaunlichen Resultaten fähig. So übertreffen spezielle für die Bildverarbeitung geeignete Netze – sogenannte Convolutional Neural Networks – mittlerweile sogar den Menschen bei Aufgaben wie der Verkehrsschilderererkennung. Damit ein neuronales Netz im Sinne der Aufgabenstellung arbeitet, müssen seine Topologie und die Schaltfunktionen der Neuronen perfekt darauf abgestimmt sein. Die Netze hinter der R&S®QPS-Software sind deshalb aufwendige Eigenentwicklungen. Ob ein Netz wie gewünscht funktioniert, zeigt sich allerdings erst, nachdem man es mit hochwertigen Daten hinreichend trainiert hat²⁾. Im vorliegenden Fall wurde der Software ein großer Satz an „gelabelten“ Trainingsdaten angeboten, die man durch das Scannen vieler Tausend Testpersonen gewonnen hatte³⁾. Labeln bedeutet hier das Markieren von Problemzonen, falls ein Testfall welche enthält. Die Art des „Problems“ (Messer, Sprengstoff etc.) ist ohne Belang. Aus den unzähligen Beispielen findet die Software selbst heraus, wie eine alarmwürdige Stelle „aussieht“. Der Deep-Learning-Algorithmus arbeitet sich dazu in einem extrem rechenintensiven Optimierungsprozess, bei dem Millionen von Parametern variiert werden, durch die Datenbasis und findet die bestgeeigneten Merkmale und Klassifikatoren zur Identifikation kritischer Fälle. Diese Lösung wird in die R&S®QPS-Firmware implementiert. Der Gesamtprozess aus Lernen und Anwenden stellt sich aus zeitlicher Sicht extrem asymmetrisch dar: Eine ausgedehnte Lernphase (lange Rechenläufe auf einem GPU-Cluster) dient zur Gewinnung eines Programms, das im Einsatz sekundenschnelle Entscheidungen treffen kann.

Die Vorzüge von Deep Learning bei der Entwicklung von Scanner-Software sind eminent. Neben der hohen Detektionsqualität, die sich damit erreichen lässt, fasziniert vor allem die automatische Generierung von Lösungen. Die Software wird zum Co-Entwickler, der die Ingenieure von un kreativen Serientätigkeiten entlastet. Diese können die gewonnene Zeit in die Perfektionierung der neuronalen Netze und Deep-Learning-Algorithmen investieren, um am Ende noch bessere Detektionsergebnisse zu erzielen.

- 1) Unter die Haut, also ins Körperinnere, kann ein Millimeterwellenscanner nicht sehen, da seine Wellen an der Oberfläche, oder genauer: am eingelagerten Wasser der Haut, reflektiert werden, einer der Gründe für seine gesundheitliche Unbedenklichkeit.
- 2) Wegen des Trainings mit vorqualifizierten Daten nennt man diese Spielart des maschinellen Lernens auch überwachtes Lernen (supervised learning).
- 3) Diese Scans finden unter Rohde & Schwarz-Kontrolle im Werk statt. Aus dem Regelbetrieb am Einsatzort dürfen keine Daten übernommen werden.

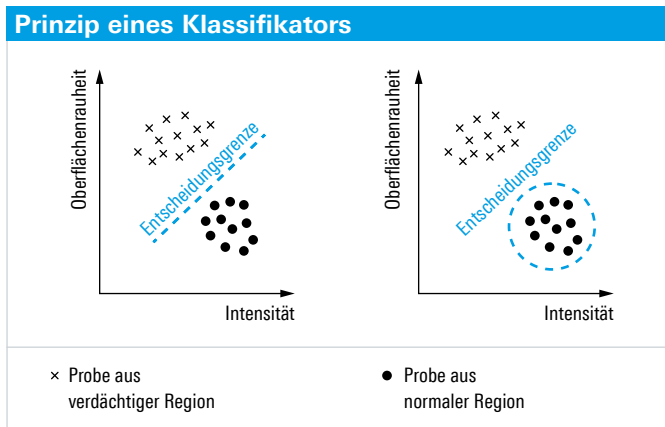


BILD 6: Modellhafter Klassifikator mit zwei Merkmalen zur Detektion einer bestimmten Objekteigenschaft. Die Merkmale sind so auszuwählen, dass sich eine klare Entscheidungsgrenze definieren lässt; zwei mögliche Grenzverläufe sind hier gezeigt.

Fazit und Ausblick

Mit den Körperscannern der R&S®QPS-Familie eröffnet Rohde & Schwarz ein neues Kapitel dieser Gerätegattung und damit der Flugsicherheit. Innovative technische Lösungen in Hard- und Software ermöglichen es, sowohl den Anforderungen der Betreiber wie auch der Flugpassagiere weitestmöglich entgegenzukommen. Der Betreiber kann die Geräte barrierefrei und platzsparend in seine Schleusenarchitektur integrieren und mit einem hohen Personendurchsatz rechnen. Der Passagier empfindet die Scan-Prozedur als komfortabel und wird in keiner Weise diskriminiert. Das technische Konzept des R&S®QPS lässt Spielraum für die künftige Modellentwicklung. Insbesondere durch den rasanten Fortschritt auf dem Gebiet der massiv-parallelen Rechentechnik wird man in mittelfristiger Zukunft Walk-Through-Scanner auf dem Markt sehen, die gar nicht mehr als sicherheitstechnische Einrichtungen wahrgenommen werden und die Abfertigung nicht behindern.

Volker Bach

Referenzen

- Das QPASS-Projekt. Info-Flyer „Quick Personnel Automatic Safe Screening (QPASS)“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. <http://www.sifo.de/de/qpass-quick-personnel-automatic-safe-screening-1847.html>.
- Eine ausführliche Darstellung der Grundlagen und Technik des R&S®QPS findet sich in: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6305002/> sowie in
- „A Novel Fully Electronic Active Real-Time Imager Based on a Planar Multistatic Sparse Array,“ IEEE Microwave Theory Tech., vol. 59, pp. 3567–3576, December 2011 https://www.mtt.org/sites/default/files/content/AWARDS_media/Microwave_Prize_Papers/microwave_prize_2013.pdf.
- „Electronic Microwave Imaging with Planar Multistatic Arrays“, Dissertation von Sherif S. Ahmed. Universität Erlangen-Nürnberg, 2013.