

Einsatz von PCAP unter schwierigen EMV-Bedingungen

Der Einsatz von Touch-Controllern im HF-Umfeld war aufgrund von Störstrahlung bisher nicht möglich. Neue unempfindlichere Touch-Controller schaffen hier Abhilfe.



© s4visuals/AdobeStock

Die PCAP-Technologie hat fast in allen Bereichen andere Touch-Technologien verdrängt. Sie trennt die Funktion vom Design, denn der Sensor liegt hinter einer Glas-Frontplatte. Die Transparenz der verwendeten Sensoren in Glas oder Folie ist sehr hoch und erlaubt eine hervorragende optische Qualität. Die Frontscheibe ermöglicht ein ansprechendes Design durch individuelle Formgebung und Bedruckung des Glases. Der bündige Einbau prädestiniert sie für alle Situationen, wo eine Kante oder Stufe schwierig zu reinigen oder desinfizieren wäre. Das Material Glas ist widerstandsfähig gegenüber allen herkömmlichen Reinigungsmitteln und kann nach hohen IP-Klassen abgedichtet werden. Durch ein spezielles Oberflächen-Finish eignet es sich auch für bildgebende Verfahren, bei denen es auf geringe Reflexion und gute Ablesbarkeit ankommt. Das Einfräsen von Führungen für Slider und Drehregler sorgt für eine gute Ergonomie, und Beschichtungen ermög-

lichen eine gute passive Haptik, auf der Finger leicht und angenehm gleiten. Durch Härtung des Glases wird die Oberfläche des Gerätes unempfindlich gegenüber Vandalismus und unbeabsichtigter Beschädigung, die im rauen Einsatz vorkommen kann.

Dem stehen Nachteile des PCAP-Systems gegenüber. So gibt es keine aktive haptische Rückmeldung – bei einem resistiven System muss eine Kraft auf die Folie ausgeübt werden – oft löst die Funktion bereits vor der tatsächlichen Berührung des Fingers mit der Oberfläche aus.

Vorteile

Zu den Vorteilen, die den Einsatz dennoch attraktiv machen, gehört die weitgehende Parametrierbarkeit des Controllers. Anzahl der gleichzeitig erkannten Finger, Bedienung auch mit nicht elektrisch leitenden Handschuhen, Erkennung und Ignorieren von großflächigen Ereignissen wie des aufgestützten Handballens und Flüssigkeiten aller Art sind möglich.

Einsatz in der HF-Chirurgie

In diesem Dokument wird eine weitere Einflussgröße beschrieben: Starke, in Amplitude und Frequenz wechselnde elektrische Felder erfordern eine spezielle Einstellung des Controllers, da diese Felder sich stark mit dem Nutzsignal überlagern und in die kapazitiven Elektroden einstrahlen. Am Beispiel des Einsatzgebietes HF-Chirurgie werden Einfluss und mögliche Abstellmaßnahmen aufgezeigt. Damit werden Anwendungen von PCAP mit seinen Vorteilen auch dort möglich, wo sie bisher durch Störungen ausgeschlossen waren.

Grundlagen der HF-Chirurgie

In der Elektrochirurgie, auch Diathermie genannt, wird elektrischer Strom genutzt, um durch gezieltes Aufheizen Modifikationen am Gewebe zu bewirken. Besonders bei minimal-invasiven Eingriffen, bei denen das operierte Gewebe nicht direkt zugänglich ist, hat die HF- (Hochfrequenz) Chirurgie große Vorteile. Sie ermöglicht sauberes und zügiges Arbeiten, da sich Blutungen frisch getrennten Gewebes durch Koagulation schnell stillen lassen.

Die elektrische Energie, die im Gewebe in Wärme umgesetzt wird, liefert ein HF-Generator. Je nach Anwendungsfall werden vielfältige Instrumente mit unterschiedlicher Ausbildung der Elektroden an den HF-Generator angeschlossen.

Methoden

Die elektrische Energie wirkt auf das Gewebe. Je nach Intensität und Dauer kann sie damit zum Schneiden, Koagulieren (Stillen von Blutungen), Devitalisieren (Zerstören) von Gewebe oder zum Thermofusionieren (Versiegeln von Gefäßen) verwendet werden. Die lokale Erwärmung ist abhängig von der Impedanz des Gewebes, der Form der Elektrode und dem Querschnitt der Eintrittsstelle, der Höhe der HF-Lei-

Autor:

Rudolf Sosnowsky

Technischer Leiter/Chief

Technology Officer

HY-LINE Computer Components

Vertriebs GmbH

<https://www.hy-line.de/>

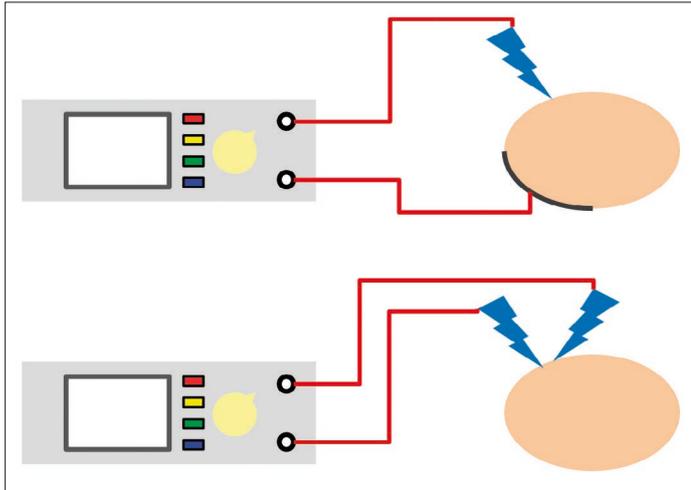


Bild 1: Monopolares und bipolares Verfahren

stung (mittlerer und Spitzenstrom) und der Einwirkdauer. Unterhalb von 40 °C wird das Gewebe nicht beeinflusst. Die wirksamen Temperaturen beginnen bei 60 °C zur Devitalisierung von Zellen (z. B. Krebsgewebe). Schnitte werden mit 100 °C ausgeführt, und jenseits 150 °C wird das Gewebe karbonisiert und durch den Körper ausgeschieden.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen monopolarer und bipolarer Betrieb, siehe Bild 1. Dies bezieht sich auf die Ausführung der Elektrode und das Spannungspotential, dem der Patient ausgesetzt wird.

Monopolare Technik

Die Einleitung des Stroms in den menschlichen Körper findet an einem Punkt über die Aktiv-Elektrode statt. Dort kann mit ihr ein punktueller Effekt wie ein Schnitt oder eine Koagulation bewirkt werden (siehe Bild 1 unten). Der Rückkanal verläuft über eine Neutral-Elektrode, die großflächig mit dem Körper, etwa am Rücken, verbunden ist. An ihr sind die auftretenden Ströme pro Flächeneinheit so gering, dass nur eine geringe und damit unschädliche Erwärmung auftritt.

Bipolare Technik

Bei der bipolaren Technik verfügt die zur Behandlung verwendete Elektrode über zwei Pole, die mit Ausgang und Massepotential des Generators verbunden sind (siehe Bild 1 unten). Eine Neutral-Elektrode wird nicht benötigt. Der Effekt entsteht zwischen den beiden Polen, die z. B. in Form einer Pinzette ausgebildet sein können.

Spray-Koagulation

Bei dieser (monopolaren) Behandlungsform wird die Koagulationsform über einen Lichtbogen durchgeführt, der sich zwischen Elektrode und Gewebe ausbildet. Zur Bildung des Lichtbogens muss der Generator hohe Spannungen mit hoher Modulation ausgeben. Die Intensität und damit die Impedanz des Lichtbogens moduliert in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Elektrode und Gewebe und dem Zustand des Gewebes (von bereits koagulierten zu weniger koagulierten Stellen).

Der HF-Generator

Die Aufgabe des HF-Generators besteht darin, die für die Operation nötigen elektrischen Signale an die Elektrode abzugeben. Es handelt sich dabei um eine Wechselspannung, denn Gleichspannung würde zur Elektrolyse im Gewebe führen. Die Frequenz dieser Spannung muss hoch genug sein, dass sie den so

genannten faradischen Effekt vermeidet, bei dem Nerven und Muskelzellen durch elektrischen Strom gereizt werden. Die untere Grenze hierfür liegt bei etwa 200 kHz. Der thermische Effekt entsteht durch die im Gewebe in Wärme umgesetzte Verlustleistung. Die Höhe der Spannung variiert je nach Betriebsart zwischen ein paar Hundert Volt bis zu wenigen Kilovolt (in der Spitze). Die Anforderungen an die HF-Quelle sind also vielseitig und erfordern eine schnelle Ausregelung des Ausgangssignals in Abhängigkeit von der Impedanz des Gewebes. Sie hängt vom Übergangswiderstand der Kontaktfläche, aber auch vom Zustand des Gewebes während der laufenden Behandlung ab. Als weiterer Faktor spielt die vom Operateur bestimmte Einwirkzeit eine Rolle, denn die thermische Energie bestimmt sich aus der Leistung und der Dauer. Typische Werte liegen bei monopolarer Schneiden bei größer 300 kHz und bis zu 1 kV. Bei der monopolarer Spraykoagulation sind dies in der Spitze ca. 1 MHz und mehr als 4 kV. Die Leistung variiert dabei zwischen wenigen 10 W und 300 W.

Besonders bei der Spraykoagulation entsteht ein starkes Wechselfeld, das in der Amplitude moduliert ist, da der Generator nachregelt, um den Lichtbogen mit konstanter Leistung zu erhalten. Bild 2 zeigt die typischen Kurvenformen. Je nach Behandlung variieren Amplitude, Frequenz oder Puls/Pause-Verhältnis.

PCAP

Die PCAP-Touch-Technologie („Projected CAPacitive Touch

Screen“) trat ihren Siegeszug in der Consumer-Elektronik an. Heute ist sie nicht nur dort, sondern auch in professionellen Geräten die am weitesten verbreitete Touch-Technologie. Sie bietet durch die Integration hinter einem Deckglas Vorteile wie eine bündige, leicht mit allen gängigen Mitteln zu reinigende Oberfläche und ein attraktives Design mit Bedruckung und Hinterleuchtung der Frontplatte. Gerade in der Medizintechnik profitieren Geräte mit Display von der Ergonomie eines Touchscreens, da Werte dort modifiziert werden können, wo sie auf dem Bildschirm dargestellt werden. Wenige Anwendungsbereiche bleiben Domäne anderer Technologien, z. B. dort, wo es auf eine taktile Rückmeldung ankommt, oder bislang in der Umgebung starker elektrischer Störsignale.

Dank der immer weiter entwickelten Hard- und Software des Touch-Controllers können Störungen besser unterdrückt und erfasste Touch-Ereignisse auf Plausibilität geprüft werden, so dass Betrieb und Bedienung immer sicher bleiben.

Aufbau

Das Touch-System besteht aus zwei Komponenten: dem Touch-Sensor, der ein kapazitives Feld aufspannt. Es wird durch die Berührung mit Fingern oder anderen Gegenständen beeinflusst. Die andere ist der Touch-Controller, der diese Berührungen auswertet. Der Touch-Controller befindet sich auf einer kleinen separaten Leiterplatte oder einer Flex-Folie. Eine Seite ist mit dem Touch-Sensor verbunden, die andere mit dem Host (Embedded Board oder PC). Die Auswertung fin-

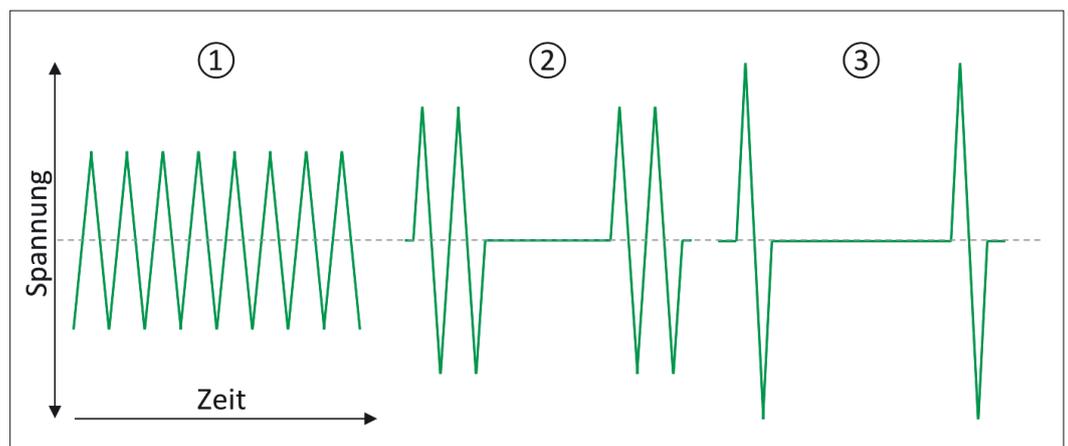


Bild 2: Typische Kurvenformen

Bedienen und Visualisieren

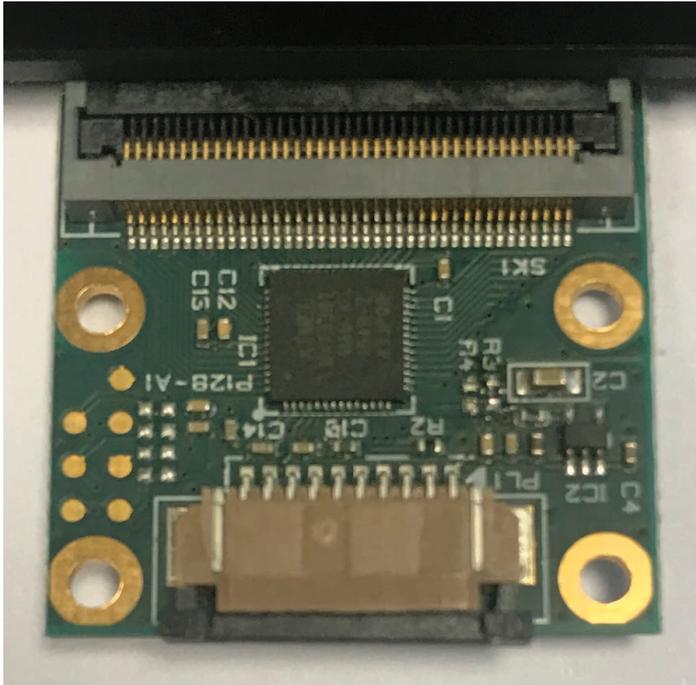


Bild 3: Touch-Controller

det durch sequenzielles Abtasten der Zeilen und Spalten statt. Dabei wird sowohl die Kapazität einzelner Elektrodenpaare („self capacitive“) als auch die Wechselwirkung benachbarter Elektroden („mutual capacitive“) ausgewertet. Die Grundfunktionen sind: Erkennen eines Touch-Ereignisses („Touch“) bei der Betätigung, Verschwinden eines Touch-Ereignisses („Release“) beim Loslassen und die Erkennung von Gesten („swipe“, „zoom“, „pinch“). Dabei können je nach Einstellung auch mehrere Ereignisse gleichzeitig ausgewertet werden („Multi finger“ Touch und Gesten). Die Firmware des Touch-Controllers deckt alle diese Funktionen ab. Die Grundfunktionen können in weiten Grenzen parametrisiert werden, um die Funktion des Touchscreens an die gewünschte Bedienoberfläche und das elektrische Umfeld anzupassen. Dies wird auch als „Fine Tuning“ bezeichnet, bei dem über 50 Parameter in der Firmware eingestellt werden. Es ist wichtiger Bestandteil bei der erfolgreichen Integration eines PCAP-Touch-Systems.

Design mit PCAP

Bei der Integration in ein Gerät werden Display, Touch-Sensor und Deckglas miteinander verklebt und in das Gehäuse eingebaut. Die elektrische Anbindung an die Versorgung und besonders an die Masse (siehe

Bild 4) des Systems muss unter EMV-Aspekten besonders beachtet werden. Details beschreibt das Whitepaper „Integrationshinweise für ein PCAP Design“ (HY-LINE).

Der PCAP-Controller stellt im Kern die Grundfunktionen zur Auswertung von Touch-Ereignissen auf dem PCAP-Sensor zur Verfügung, deren Ergebnisse an das Hostsystem weitergegeben werden. Diese können vielseitig parametrisiert werden, um im finalen System eine optimale Funktion zu erzielen. Da das PCAP-Prinzip auf der Änderung kleinster Kapazitäten

basiert, müssen alle Einflüsse, die das vom Sensor ausgehende elektrische Feld beeinflussen, berücksichtigt oder ausgeschaltet werden. Dies beginnt bei der Mechanik der umgebenden Frontplatte. Von elektrischer Seite aus sind dies Störfelder, die vom darunter liegenden Display ausgehen, aber auch Schaltnetzteile und vorbeiführende Leitungen zur Stromversorgung anderer Komponenten. Sind alle diese Einflüsse bekannt und eliminiert, kann der Touch-Controller auf die gewünschte Betriebsart eingestellt werden: Wie viele Berührungen soll er gleichzeitig erkennen (Mehrfingergesten), und wie sensitiv muss er sein, um z. B. auch Finger durch Handschuhe hindurch erkennen zu können? Wie dick ist das Deckglas? Kommen erschwerte Bedingungen durch Fremdkörper auf der Oberfläche hinzu wie z. B. eine feuchte Oberfläche, Wassertropfen, fließendes oder stehendes Wasser oder andere Flüssigkeiten?

Controller-Firmware

Die Controller-Firmware wertet die gemessenen Ereignisse aus und prüft sie. Sind die Koordinaten plausibel und bleiben über mehrere Scan-Durchläufe hinweg präsent? Stimmt das Signal/Noise-Verhältnis? Muss die Betriebsart geändert werden, um zuverlässigere Werte zu bekommen, z. B. weniger Finger gleichzeitig, liegt eine Benetzung mit einer Flüssigkeit vor, oder ein Handballen auf dem Touchscreen? Ein hoher Aufwand wird betrieben,

um statische Störungen durch z. B. die Generator-Grundfrequenz auszuschließen. Durch Ändern der Abtastrate und damit der Arbeitsfrequenz versucht der Controller, durch Überlagerung verursachte Interferenzen zu umgehen.

Auch das GUI kann einen Einfluss auf die einwandfreie Funktion haben; man möchte nicht Funktionstasten am Rand des Touchscreens haben, wenn sich dort stehendes Wasser stauen kann.

Auswirkungen von Störsignalen

Bild 5 zeigt, welche Auswirkungen Störsignale auf einen nicht optimal abgestimmten Touchscreen haben können. Große Kreise geben ein Touch-Ereignis an, kleine Kreise markieren das Loslassen. Linien zeigen den Pfad der kontinuierlichen Berührung.

Auf dem Touch-Sensor wurden zwei parallele Linien gezeichnet. Von links nach rechts sind zu sehen:

- Ohne Störsignal: Berühren und Loslassen des Touchscreens funktionieren einwandfrei, die Koordinaten der Touch-Ereignisse werden korrekt erkannt.
- Mit zunehmender Intensität wird die Lokalisierung der Touch-Ereignisse schwieriger: Die erkannte Position weicht zum Teil deutlich von der realen ab. Berührungen und Loslassen werden einwandfrei erkannt.
- Bei weiter ansteigendem Störsignal kommt es zu stärkeren

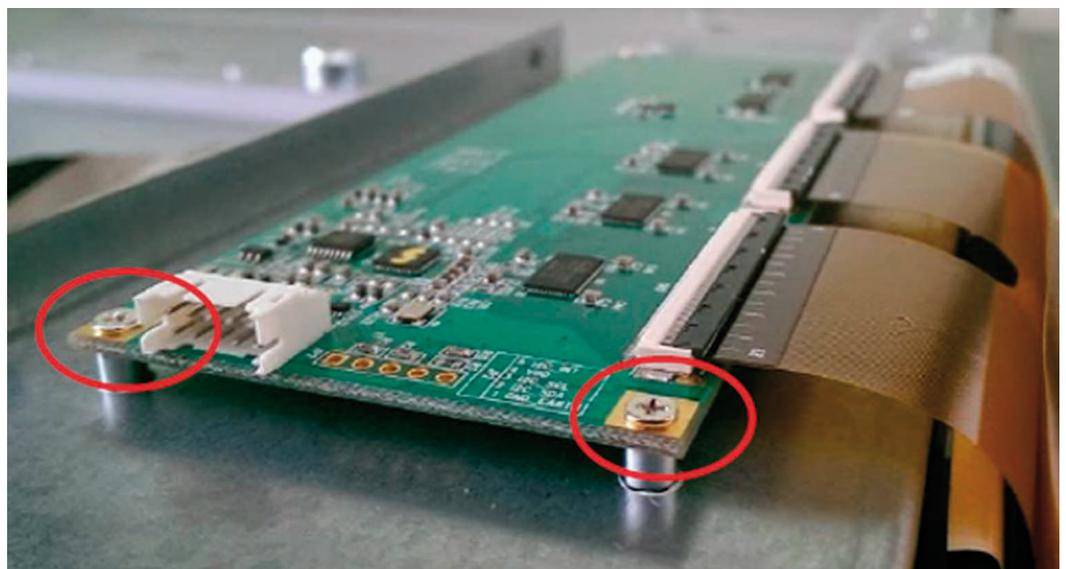


Bild 4: Beispiel für die Masseanbindung des Controllers

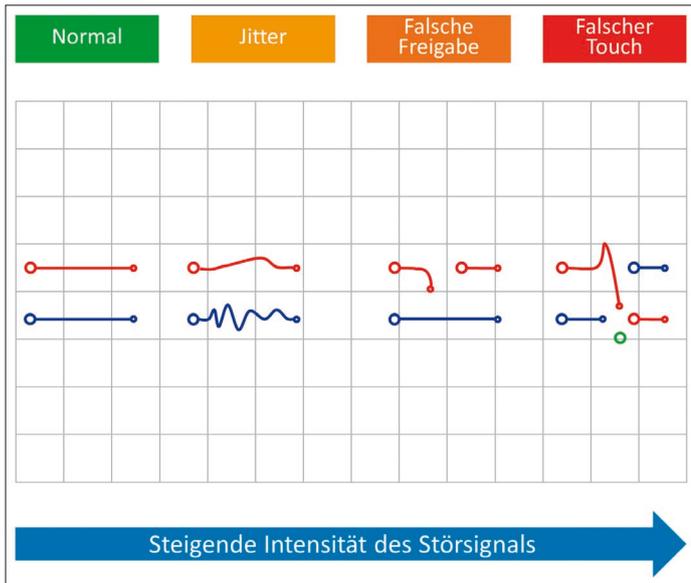


Bild 5: Einfluss von Störsignalen

Abweichungen von der korrekten Position. Die gleichzeitige Präsenz mehrerer Touch-Ereignisse wird nicht sicher erkannt. Trotz Kontakt zwischen Finger und Touchscreen wird ein Loslassen detektiert und an das System gemeldet.

- Bei stärkstem Störsignal ist der Touchscreen praktisch komplett in seiner Funktion gestört: Berühren und Loslassen werden nicht mehr sicher erkannt, es treten ohne Berührung „Ghost“-Ereignisse (grün) auf, die Zuordnung der Finger zu den Koordinaten stimmt nicht mehr (rot und blau wechseln ab).

Herausforderungen in der HF-Chirurgie

Nicht nur der HF-Generator selbst, sondern auch alle in der unmittelbaren Umgebung befindlichen elektrischen Geräte wie z. B. Bedienmonitore, OP-Leuchten und Infusionspumpen sind den abgestrahlten Signalen ausgesetzt. Die Änderung des Stroms kann ungleichmäßig sein, so dass mit hohen Stromspitzen zu rechnen ist, die einen Einfluss auf das sich ergebende Feld haben. Im monopolaren Betrieb (siehe Bild 1) sind Hin- und Rückleitung voneinander getrennt. Damit wird ein Störfeld zwischen den beiden Leitungen aufgespannt. Im bipolaren Betrieb hingegen sind Hin- und Rückleiter in einem Kabel geführt, so dass auf beiden Leitern befindliche elektrische Störungen sich gegenseitig abschwächen. Besondere

und breitbandige Störungen wirken bei der Spray-Koagulation auf die gesamte Elektronik und das Touch-System ein. Unbeabsichtigte Störsignale können nicht nur auftreten, wenn die Elektrode den Touch-Sensor berührt, sondern auch, wenn das Kabel während der Operation in der Nähe des Touch-Sensors verläuft.

Design und Verifikation

Für das Fine Tuning wird in einem Testaufbau im Labor die Umgebung durch Simulation nachgestellt. Die Störquelle ist ein Funktionsgenerator, der mit einem Metallstift und definiertem Abstand auf den Touch-Sensor einwirkt (siehe Bild 6). Signalform, Amplitude und Frequenz werden nacheinander modifiziert, um die Realität nachzubilden. Unter dem Einfluss des Störsignals wird der Touchscreen mit dem Finger bedient und die resultierenden Touch-Ereignisse ausgewertet. Die Einstellungen werden so lange optimiert, bis die Funktion der Spezifikation entspricht. Das Ergebnis muss dann am realen HF-Generator nur noch geringfügig justiert werden.

Zusammenfassung

Mit der Verwendung von Hochfrequenz lassen sich viele Bereiche der Chirurgie abdecken. Durch minimal-invasive Eingriffe reduziert sich die Gefahr für den Patienten, die Heilung der Operationswunden kann gezielt gesteuert werden, und die Verweildauer im Krankenhaus verkürzt sich

wegen kleinerer Wunden und besseren lokalen Behandlungen. Ein Nachteil der HF-Chirurgie ist, dass das Verfahren durch die Energie des Generators die Umgebung mit vagabundierenden Strömen stört. Daher war bislang die Verwendung eines PCAP (Projected CAPacitive Touchscreen) in den vielfältigen Geräten, die im OP in der Umgebung eines HF-Generators eingesetzt werden, nicht möglich, da dieser auf feinste Änderungen eines elektrischen Feldes reagiert. Verbesserte, gegenüber Störstrahlung unempfindlichere Touch-Controller ermöglichen nunmehr mit gesteigerter Rechenleistung und angepassten Algorithmen, dass – unter Beachtung einiger konstruktiver Maßnahmen – ein PCAP-Touchscreen ohne Einbußen an Sicherheit oder Komfort verwendet werden kann.

Referenzen

- HY-LINE Computer Components Vertriebs GmbH <https://www.hy-line-group.com/>

- Whitepaper zur Touchscreen-Integration <https://www.hy-line-group.com/pcap>
- Unterlagen von Erbe Elektromedizin www.erbe-med.com
- BOWA-electronic GmbH & Co. KG BOWA MEDICAL ELEKTRO-CHIRURGIE (bowa-medical.com)
- Unterlagen von Gebrüder Martin GmbH & Co. KG www.kls-martin.com
- Unterlagen von eGalax_eMPIA Technology <https://www.eeti.com/>

Wer schreibt

HY-LINE Computer Components steht als Mitglied der HY-LINE-Gruppe mit 30 Jahren Expertise als Spezialist für komplette Systemlösungen im Bereich Display- und Touchtechnologie und Embedded Computing. Als Lösungsanbieter unterstützt das Unternehmen seine Kunden bei der projektbezogenen technischen Beratung sowohl in aktuellen Technologien als auch innovativen Ansätzen. ◀

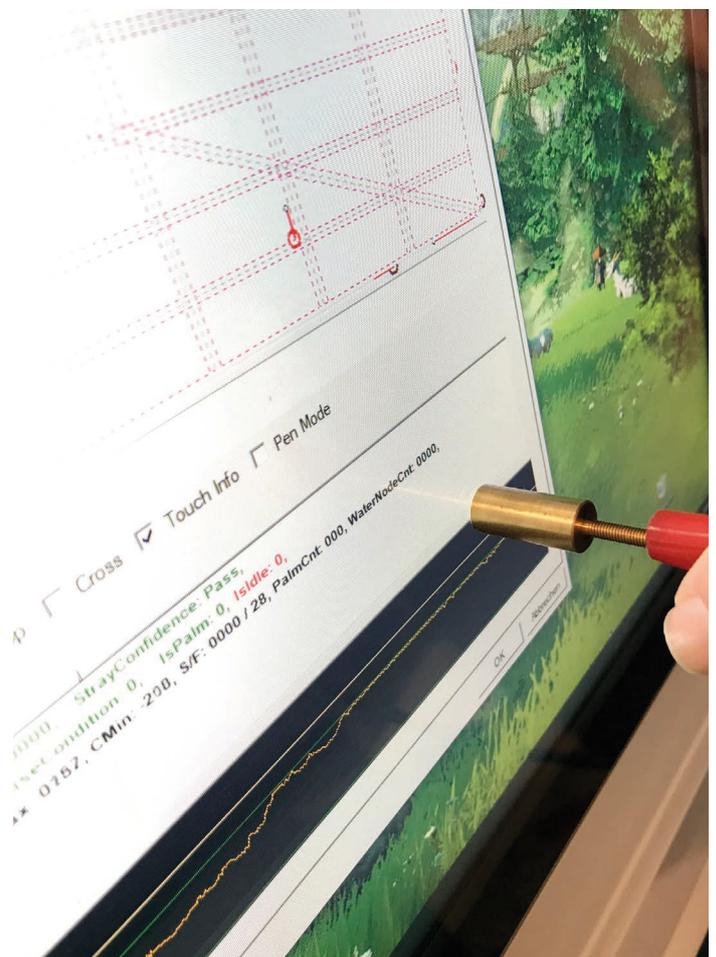


Bild 6: Einkopplung von Störsignalen im Labor