

# TRENDS & Innovationen

Betriebliche  
Prävention

SONDERAUSGABE

sicher ist sicher



ISBN 978-3-503-17788-2 EUR 14,90  
0 1 4 9 0  
www.ESV.info

# 2018/19

Georg Nischalke-Fehn

# Verwendung von Tablets und Smartphones zur Maschinensteuerung

In vielen Bereichen sind Tablets und Smartphones aus dem Arbeitsalltag nicht mehr wegzudenken. Sie dienen als Kommunikationsmittel, erledigen die Navigation, unterstützen bei der Logistikplanung oder sind bei der Wartung von Maschinen zur Informationsbeschaffung oder als Nachschlagewerk inzwischen Normalität. Daher drängt sich oft der Wunsch auf, diese ohnehin vorhandenen Geräte auch zur Maschinensteuerung zu nutzen. So könnten zum Beispiel die Aufbauten von Lkws mit dem Smartphone des Fahrers gesteuert werden oder die zu wartende Maschine mit dem Tablet des Servicetechnikers gesteuert werden.

Eine Bediensoftware für Maschinen als App für Tablets oder Smartphones zu programmieren hat viele Vorteile. Die für die Bedienung erforderliche App ist für die Entwickler ohne großen Aufwand und Kosten leicht zu realisieren und eine individuelle Anpassung der Oberfläche an die verschiedensten Maschinen ist einfach umzusetzen. Auch im Falle von Modifikationen oder Nachrüstung von Maschinen ist das Bedienkonzept bzw. die App leicht anzupassen. Selbst das Verteilen der Software ist durch Internet und App Stores einfach umzusetzen. Weiterer Vorteil bei der Nutzung von Apps zur Maschinensteuerung ist, dass ein einziges Gerät zur Steuerung von Maschinen, Teilen von Maschinen oder gar ganzen Anlagen verwendet werden kann. Für den Service bzw. Wartungsfall kann der Techniker mehrere Maschinen-Apps auf seinem Tablet installieren. Es müssen somit nicht mehrere Bediengeräte vorgehalten werden, sondern ein einfaches Wechseln der App reicht aus und der Techniker kann direkt die nächste Maschine bedienen.

## „Na, dann ist ja alles super, oder?“

Nicht ganz, denn es gibt weitere Aspekte beim Einsatz von mobilen Bediengeräten, im Speziellen von Tablets und Smartphones im industriellen Umfeld. Wer im industriellen Bereich oder dem Baugewerbe tätig ist, kann schnell erkennen, dass viele dieser Consumer-Geräte nicht für die dort vorherrschenden Umgebungsbedingungen geeignet sind. Offenkundig



Abb. 1: Funktionsmuster des IFA-Tablet-Rahmens.

ist dies für Kriterien wie ausreichende IP-Schutzart und mechanische Festigkeit wie z.B. Stöße, Schläge oder Schwingungen. Aber auch klimatische Bedingungen sowie die EMV- und Funksendeanforderungen für den industriellen Einsatz liegen deutlich über den Anforderungen für Geräte im Consumer-Bereich. Das Thema Ablesbarkeit der Displays sowie Blendungen und Spiegelungen bei Sonneneinstrahlung oder die Bedienung mit Arbeitshandschuhen kann beim Einsatz von Consumer-Geräten in manch einer Anwendung zu Problemen führen. Daher wird man für diese Einsatzbedingungen zumindest auf Schutzhüllen oder robuste Rugged-Tablets zurückgreifen müssen.

Neben diesen allgemeinen und offensichtlichen Anforderungen gilt es auch noch sicherheitstechnische Anforderungen an mobile Bediengeräte, wie z. B. sichere Funkfernsteuerungen, zu beachten. Diese gelten in gleichem Maße auch für Bedienkonzepte mit Tablet u. Ä.

Beim Einsatz von mobilen Bediengeräten ist zum Beispiel davon auszugehen, dass zunehmend kabellose Verbindungen zwischen Bediengerät und Maschine verwendet werden. Betrachtet man in diesem Zu-

sammenhang die Datenübertragung vom Bediengerät an die Maschine, so sind allein hier schon zwei Aspekte zu berücksichtigen: Zum Ersten ist für die Übertragung sicherheitsgerichteter Informationen auch zwingend eine sichere Datenübertragung erforderlich. Aspekte wie Verlust oder Verzögerung beziehungsweise Einfügen einer Nachricht müssen genauso beherrscht werden wie die Verfälschung einer Nachricht und die Identifizierbarkeit von Sender und Empfänger. Da diese Absicherung in den gängigen Übertragungsmedien wie z.B. WLAN oder Bluetooth für sicherheitsgerichtete Daten nicht ausreichend umgesetzt ist, müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden. Zum Zweiten ist neben der sicheren Übertragung von Daten (Safety) aufgrund der Nutzung von WLAN und Netzwerken aber auch das Thema Security zu beachten. Hier muss der unbefugte Zugriff externer Personen oder Geräte über den Kommunikationskanal verhindert werden. Denn auch Schadsoftware oder Hackerangriffe könnten Maschinendaten manipulieren oder verfälschen und somit zu ungewollten Situationen führen.

Des Weiteren ist aufgrund der kabellosen Verbindung und dem damit verbundenen

## i Der Autor



Georg Nischalke-Fehn ist Dipl.-Ing. Elektrotechnik und seit 2002 im IFA als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Seine Aufgabengebiete sind Sicherheitskonzepte von

Maschinen und Anlagen, berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen, Sicherheitssteuerungen, kabellose Bediengeräte sowie kollaborierende Roboter.

### Kontakt

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)  
Fachbereich 5: Unfallverhütung/Produktivsicherheit

Referat 5.3: Schutz- und Steuereinrichtung  
Alte Heerstraße 111,  
53757 Sankt Augustin  
Tel.: 030/13001-3537  
E-Mail: georg.nischalke-fehn@dguv.de

## Nachdem nun schon das Thema Anforderungen an mobile Bediengeräte zur Sprache kommt, drängt sich natürlich die Frage auf: „Gibt es auch normative Anforderungen?“

Diese Frage muss mit einem klaren „Ja“ beantwortet werden. Sowohl Anhang I der EG Maschinenrichtlinie 2006/42/EG als auch weitere harmonisierte Normen enthalten detaillierte Anforderungen an die funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen. So müssen die sicherheitsbezogenen Teile eines Steuerungssystems bzw. dessen Teilsysteme die relevanten Anforderungen von Normen der funktionalen Sicherheit wie DIN EN ISO 13849 oder DIN EN 61508 erfüllen.

Die neue DIN EN 62745 legt unter anderem funktionale Anforderungen an die kabellose Kommunikation und die sicherheitsbezogene Funktionen wie Start-, Stopp- und Not-Halt-Funktion fest. Konstruktive Anforderungen werden in dieser Norm nicht behandelt. Allgemeine Anforderungen zur elektrischen Ausrüstung von Maschinen beschreibt DIN EN 60204-1. Sie enthält ergänzende funktionale Anforderungen an kabellose Bediengeräte z. B. an die Zuordnung von Bediengerät zu Maschine(n) sowie an das Einleiten gefahrbringender Bewegungen mittels Zustimmungsfunktion, aber auch Anforderungen an den Not-Halt. Die zukünftige Ausgabe der Norm erlaubt den Not-Halt erstmals auch auf tragbaren kabellosen Steuerstellen.

In einigen Produktnormen, wie zum Beispiel DIN EN 280 (Fahrbare Hubarbeitsbühnen), DIN EN 13557 (Krane – Stellteile und Steuerstände) sowie DIN EN 1493 (Fahrzeug-Hebebühnen), wurden inzwischen normative Anhänge mit zusätzlichen Anforderungen für kabellose Steuerungen und Steuerungssysteme ergänzt.

Anforderungen, welche konkret die Not-Halt/Not-Stopp-Funktion betreffen, sind auch in der DIN EN ISO 13850 zu finden. So werden hier zum Beispiel die Anforderungen an die Betriebsbedingungen, an die Ausführung des Stellteils – sowohl elektrisch als auch gestalterisch – an die Verfügbarkeit/Zugänglichkeit sowie Maßnahmen zur Vermeidung von Verwechslung zwischen aktiven und nicht aktiven Not-Halt-Geräten beschrieben.

Hilfestellung zum Thema bieten die beiden Prüfgrundsätze GS-ET-07 [1] und GS-VL-36 [2] des DGUV Test. Sie enthalten zum Bei-

spiel Anforderungen und Prüfbeschreibungen zu:

- ▶ Benutzerinformation
- ▶ dem äußeren Aufbau (Stellteile, Anzeigeelemente, Materialien, Ergonomie)
- ▶ Maßnahmen gegen unbefugte Verwendung
- ▶ Umwelтанforderungen (Mechanische Festigkeit, Klimatische Bedingungen, IP Schutzart)
- ▶ die elektrische/elektronische Ausrüstung
- ▶ EMV- und Funk-Anforderungen
- ▶ funktionale Aspekte (Stillsetzen im Notfall, Ortsbindung, Datenübertragung)
- ▶ die Kommunikation zwischen einer Steuereinheit des Bedieners und dem Steuerungssystem einer Maschine

## Werden solche Geräte trotzdem schon zur Steuerung von industriellen Anwendungen genutzt?

Nach derzeitigem Kenntnisstand existieren auf dem Markt keine Bedienkonzepte, die alleine mittels Tablet oder Smartphone die oben beschriebenen Anforderungen erfüllen. Die Realisierung von sicherheitsgerichteten Steuerungsfunktionen ausschließlich über diese Geräte erscheint aktuell als nicht realistisch, da die Geräte für sich allein sowohl von der Hardware- als auch der Softwareseite nicht den Anforderungen an eine sichere Steuerung entsprechen können.

Es ist jedoch zu beobachten, dass trotzdem schon diverse Apps zur Maschinenvisualisierung bis hin zur Maschinenbedienung zu finden sind. So sind zum Beispiel im Bereich Fahrzeugaufbauten Apps erhältlich, mit denen sowohl eine Diagnose als auch Steuerungsfunktionalitäten von Lkw-Aufbauten ausgeführt werden können. Hier wird die Anforderung an eine sichere Maschinensteuerung auch gerne auf die sichere Not-Halt-Funktion reduziert. Diese ist jedoch kein Ersatz für eine nicht ausreichende funktionale Sicherheit einer Maschinensteuerung.

Dass fahrerlose Flurförderzeuge sich völlig frei und selbstständig durch Werkhallen bewegen, ist inzwischen schon Normalität. Zulässig ist bei diesen Fahrzeugen unter Einhaltung gewisser Regeln auch das manuell gesteuerte Fahren mithilfe von Smartphones oder Tablet-PCs im Service- bzw. Notfall. Die entsprechenden Festlegungen

Wegfall des Kabels zwischen Bediengerät und Maschine die Ortsbindung aufgehoben. Hier müssen, wenn die Applikation dies erfordert, alternative Möglichkeiten gesucht werden, um sicherzustellen, dass eine Bedienung nur von außerhalb eines Gefahrenbereiches bzw. innerhalb eines vorgegebenen Bereiches durchzuführen ist. Die Zuordnung von Bediengerät zu Maschine muss klar geregelt sein. Die zeitgleiche Steuerung einer Maschine von zwei Bediengeräten muss genauso verhindert werden wie das irrtümliche Bedienen einer anderen als der ausgewählten Maschine. Wird der Einsatz von Tablets und Smartphones als Bediengerät für eine Maschine in Betracht gezogen, so ist grundsätzlich zwischen Überwachungs-, Assistenz- oder Standardfunktionen und der sicherheitsgerichteten Steuerung einer Maschine zu unterscheiden. Ist es das Ziel, sicherheitsgerichtete Bedienfunktionen an einer Maschine auszuführen, ist hier eine genauere Betrachtung erforderlich. Zu diesen sicherheitsgerichteten Bedienfunktionen gehören zum Beispiel die Freigabe einer gefahrbringenden Bewegung (Zustimmungsfunktion), aber auch der sichere Stopp einer gefahrbringenden Bewegung.

sind in einer FAQ des DGUV Fachbereichs Handel und Logistik zu finden [3].

Das Steuern von Werkzeugmaschinen über Apps wird inzwischen vereinzelt umgesetzt, jedoch sind in diesen Fällen in der Regel externe Schutzeinrichtungen aktiv. Steuerkonzepte, bei denen gefährbringende Bewegungen nur über eine App eingeleitet werden, sind bisher nicht bekannt.

### Wie kann eine sichere Maschinenbedienung mit Hilfe von Tablets oder Smartphones zukünftig aussehen?

Angeregt durch Beratungen für Unfallversicherungsträger zum Thema „Steuern per Tablet & Co“ hat das IFA eine Konzeptstudie durchgeführt. Ziel war einerseits, die funktionalen Aspekte und Interessen der Industrie zu berücksichtigen, und andererseits einen Weg für eine sichere Maschinenbedienung unter dem Einsatz eines solchen Consumer-Gerätes aufzuzeigen.

Das im IFA entwickelte Konzept soll zeigen, wie die beiden Sicherheitsfunktionen „Zustimmungsfunktion“ und „Not-Halt“ in Kombination mit einer Maschinen-App auf einem Tablet als sichere Steuerung für die Bedienung einer Maschine genutzt werden können.

Bei der Realisierung der beiden Sicherheitsfunktionen wurde darauf geachtet, dass weder das Tablet noch die Maschinen-App im sicherheitstechnischen Sinne Einfluss auf die Ausführung der beiden Sicherheitsfunktionen nehmen können. Im Rahmen der Konzeptstudie wurde ein Demonstrationsmodell angefertigt. Mittels CAD-Software wurde ein Gehäuse konstruiert, in den ein Tablet-PC eingeschoben werden kann. Um die Funktionsweise darzustellen, wurden ein handelsüblicher Not-Halt-Taster und Zustimmungsschalter zusammen mit einer entsprechenden Elektronik in dem Rahmen verbaut. Mit der Zustimmungsfunktion ist es nach zukünftiger DIN EN 60204-1 möglich, durch Betätigung der Zustimmungseinrichtung (im Rahmen realisiert) mit einem separaten Startbefehl – hier über die App auf dem Tablet realisiert – einen Maschinenbetrieb einzuleiten. Diese Zustimmungsfunktion wurde normativ bisher als Freigabesteuerung bezeichnet.

Abbildung 1 zeigt das Funktionsmuster mit einer auf dem Tablet installierten App. Diese kommuniziert mit der im Rahmen verbauten Elektronik über Bluetooth und visu-

alisiert die Zustände des Not-Halt-Stellteils sowie der beiden Zustimmungsschalter.

Der im 3D-Druckverfahren hergestellte Rahmen dient als Funktionsmuster mit dessen Hilfe das nachfolgend beschriebene Funktionskonzept umgesetzt werden kann.

Das Konzept beruht auf dem Prinzip, dass die korrekte Ausführung der Sicherheitsfunktionen unabhängig von der Bediensoftware auf Tablet oder Smartphone, also nur durch den „Rahmen“ und die sichere Maschinensteuerung sichergestellt wird. Um dies zu gewährleisten, ist neben den Stellteilen für Not-Halt und Zustimmung auch eine Elektronik in den Rahmen eingebaut. Abbildung 2 zeigt schematisch dargestellt die Funktionsweise.

Die im Rahmen verbaute Elektronik erfasst zum einen die Zustände der Zustimmungsschalter und des Not-Halt-Stellteils. Zum anderen verarbeitet sie diese Informati-

App als auch das abgesicherte Datentelegramm mit den sicherheitsrelevanten Informationen des „Rahmens“.

Als Maschinensteuerung muss natürlich eine Sicherheitssteuerung zum Einsatz kommen, welche die Gültigkeit und Unverfälschtheit der abgesicherten Daten des Rahmens erkennt und nur für diesen Fall die per Maschinen-App gewählten Befehle ausführt.

Das Tablet oder Smartphone dient somit nur als Übertragungsmedium, um die von der Elektronik des Rahmens erzeugten Sicherheitsinformationen an die Maschinensteuerung zu übertragen. Fachleute sprechen hier von einem Black-Channel-Ansatz, der heute für die Übertragung sicherheitsrelevanter Nachrichten üblich ist.

Das Interessante an diesem Konzept ist, dass die korrekte Ausführung der Sicher-

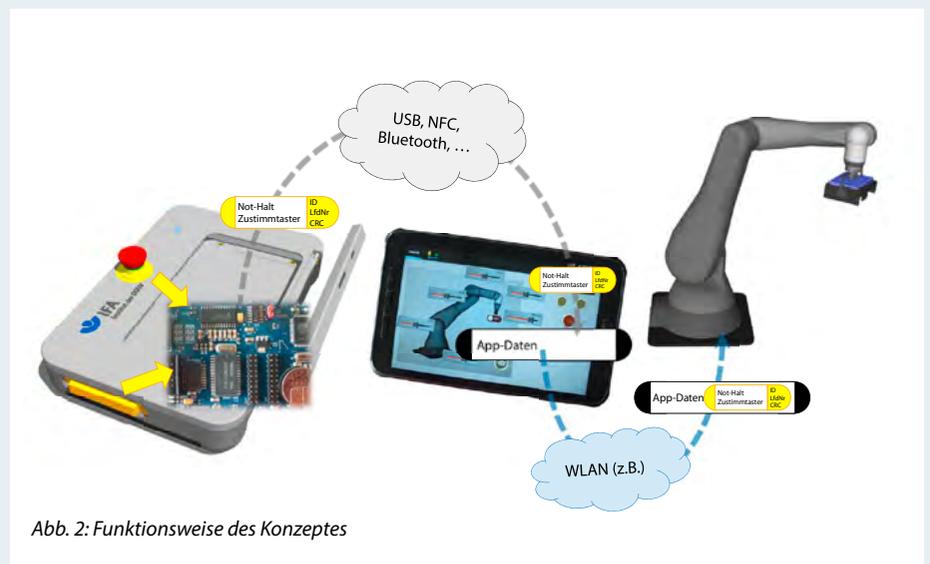


Abb. 2: Funktionsweise des Konzeptes

onen und verpackt sie in ein sicherheitstechnisch abgesichertes Datentelegramm. Dieses Datenpaket kann entweder drahtlos (z. B. per Bluetooth oder WLAN) oder über USB an die App zur Maschinensteuerung übermittelt werden. Bei dem im IFA erstellten Funktionsmuster werden die Daten über Bluetooth vom Rahmen an das Tablet übermittelt.

Die Maschinen-App empfängt diese abgesicherten Daten des Rahmens und überträgt sie genauso wie die eigenen Maschinendaten an die Maschinensteuerung. Dies kann dann zum Beispiel über ein WLAN-Netzwerk erfolgen.

Somit erhält die Maschinensteuerung sowohl die Standarddaten der Maschinen-

heitsfunktionen durch die im Rahmen verbaute Elektronik und die Maschinensteuerung sichergestellt wird, so dass ein Austausch des Tablets oder eine Änderung der Bedienoberfläche (Maschinen-App) keinen Einfluss auf die Ausführung der Sicherheitsfunktionen hat, d. h. keinen Einfluss auf die funktionale Sicherheit.

Bei der Umsetzung des Konzepts muss berücksichtigt werden, dass die sicherheitsrelevanten Komponenten (z. B. Stellteile, Elektronik im Rahmen) die entsprechenden sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen. Beim Design des Rahmens sollten auch ergonomische Aspekte wie zum Beispiel Gewicht oder Handling berücksichtigt werden.

Wenn applikationsbedingt eine Steuerung der Maschine nur innerhalb oder außerhalb eines definierten Bereiches stattfinden darf bzw. muss, so müssen Maßnahmen umgesetzt werden, die eine Lokalisierung des Bediengerätes ermöglichen. Dies kann applikationsabhängig sowohl durch im Rahmen verbaute Komponenten als auch über Funktionalitäten des Tablets wie zum Beispiel RFID, NFC oder Kamera umgesetzt werden. Des Weiteren muss sichergestellt sein, dass der Rahmen nur aktiv ist, wenn das entsprechende Bediengerät (Tablet oder Smartphone) eingeschoben ist. Da die Verbindung zwischen Rahmen und Tablet auch kabellos sein kann, muss die Bedienung der Maschine über das nicht-sichere Tablet ohne zugehörigen Rahmen mit Not-Aus-Stellteil verhindert werden. Das verwendete Bediengerät muss die für den vorgesehenen Anwendungsbereich zu erwartende Gebrauchstauglichkeit mit sich bringen. Nicht alle dieser Standardgeräte sind für den Einsatz im industriellen Bereich geeignet.

Umwelttechnische Aspekte wurden bei der Umsetzung des Funktionsmusters genauso wenig berücksichtigt wie z.B. EMV-Maßnahmen oder Funktionalitäten zur Positionsbestimmung. Auch die nach DIN EN ISO 13850 erforderlichen Maßnahmen, um

eine Verwechslung zwischen aktiven und nicht aktiven Not-Halt-Geräten zu vermeiden, wurden nicht als technische Umsetzung realisiert. Jedoch sind hier auch organisatorische Maßnahmen zulässig.

Das beschriebene Konzept setzt für das Einleiten einer gefahrbringenden Bewegung eine Zustimmung über mechanische Bedienelemente voraus. Inwieweit dies zukünftig mit Hilfe der Tablet-Bedienoberfläche realisierbar ist, bleibt abzuwarten und bedarf weiterer Untersuchungen. Die ergonomischen und haptischen Eigenschaften herkömmlicher Zustimmungseinrichtungen zu erreichen, ist vermutlich nicht möglich. Ziel kann und muss es jedoch sein, eine vergleichbare funktionale Sicherheit und Ergonomie zu den bekannten Zustimmungseinrichtungen zu realisieren. Ein Versagen von Hardware, Software oder Datenübertragung darf nicht zu einer ungewollten Zustimmung bzw. Verlängerung einer Zustimmung führen. Um eine ungewollte Zustimmung zu vermeiden, könnte z. B. wie folgt vorgegangen werden: Die Berührung eines Freigabefeldes würde von der Maschinensteuerung nur dann als gültig erkannt werden, wenn ein von ihr erzeugtes zweites Freigabefeld an einer anderen Position auf dem Display anschließend ebenfalls betätigt wird.

Die Verlängerung einer Zustimmung (Betätigung wird aufgehoben, aber die Freigabe zur Maschinenbewegung wird nicht aufgehoben) könnte z. B. erkannt werden, indem während der Betätigung des Freigabefeldes eine kontinuierliche Positionsänderung des Fingers auf dem Display erwartet und von der Steuerung überwacht wird, z. B. das Drehen eines virtuellen Rades oder das Schieben eines Objektes auf dem Display. Wird keine Positionsänderung des Fingers erkannt, so wird die Maschinenbewegung unverzüglich gestoppt. ■

Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie auch auf einer Themenseite des IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung)[4].

### Literaturübersicht

- [1] Prüfgrundsatz GS-ET-07 des DGUV Test: Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von kabellosen Steuereinrichtungen für Sicherheitsanforderungen an Maschinen
- [2] Prüfgrundsatz GS-VL-36 des DGUV Test: Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von kabellosen Steuerungen für Fahrzeug-aufbauten und Maschinen auf Nutzfahrzeugen
- [3] FAQ zum Thema fahrerlosen Flurförderzeugen und Smartphones oder Tablet-PCs: [www.ESV.info/SL5826](http://www.ESV.info/SL5826)
- [4] Themenwebseite der DGUV „Sichere Maschinenbedienung via Tablet und Smartphone“: [www.ESV.info/SL5825](http://www.ESV.info/SL5825)