

Zusammenfassung

In sicherheitsrelevanten Arbeitsumgebungen wie der Prozessindustrie oder der Luftfahrt kommen Alarmsysteme zum Einsatz, die die Operateure bei Überwachungsaufgaben unterstützen, um es ihnen zu ermöglichen, sich parallelen Arbeitsaufgaben zu widmen. Um das Übersehen kritischer Ereignisse zu vermeiden, verfügen die meisten binären Alarmsysteme über liberale (niedrige) Schwellen, bei deren Überschreitung ein Alarm ausgelöst wird. Das führt dazu, dass diese Alarmsysteme viele falsche Alarme generieren. Die Alarmsysteme werden von den Operateuren als unzuverlässig wahrgenommen und sie verlieren ihr Vertrauen in dieselben. Das kann sowohl zu unsicheren als auch zu unproduktiven Verhaltensweisen führen. Es kommt vor, dass Operateure verlangsamt oder gar nicht mehr auf die Alarme reagieren, um ihre aktuellen Arbeitsaufgaben nicht zu unterbrechen. Besteht hingegen die Möglichkeit die Diagnosen der Alarmsysteme mithilfe von Zusatzinformationen wie z.B. Rohdaten zu validieren, neigen Operateure dazu, den Großteil der Alarme zu überprüfen. Durch das zeitaufwendige Prüfen werden parallele Arbeitsaufgaben vernachlässigt. Diese Probleme können mit binären Alarmsystemen nicht gelöst werden. Als Alternative wurden deswegen sogenannte *Likelihood* Alarmsysteme (LAS) vorgeschlagen, die über mehr als zwei Meldungs-Stufen verfügen und dadurch zusätzliche Informationen liefern. Die Stufen des LAS unterscheiden sich bezüglich der Wahrscheinlichkeit, (*likelihood*) mit der sie tatsächlich ein kritisches Ereignis anzeigen. Dadurch können sie die Operateure besser bei der Entscheidung unterstützen, ob und wie diese auf einen gegebenen Alarm reagieren sollen. Das Ziel dieser Arbeit ist es, die potentiellen Vorteile von LAS in Bezug auf Sicherheit und Produktivität zu untersuchen.

Im Zuge dieser Arbeit wurden drei laborexperimentelle Studien mit einer PC-basierten Mehrfachaufgaben-Simulationsumgebung durchgeführt. Die Probanden bearbeiteten mehrere Aufgaben parallel, die kognitive Anforderungen von Leitwartenoperatoren simulierten. Das erste Experiment adressierte die Frage, welchen Nutzen LAS für die Alarm- und die Parallelaufgabe erbringt. Dazu wurde ein dreistufiges LAS mit einem binären Alarmsystem unter der Bedingung mit und ohne Prüfoption verglichen. Die Probanden vertrauten dem LAS stärker als dem binären System obwohl beide Alarmsysteme über dieselbe Reliabilität verfügten. Das LAS führte sowohl in der Alarm- als auch in der Parallelaufgabe zu einer besseren Leistung als das binäre System, wenn keine Prüfmöglichkeit zur Verfügung stand. Mit Prüfmöglichkeit unterschied sich die Leistung in der Alarmaufgabe nicht zwischen den Systemen und war signifikant besser als ohne Prüfoption. Das binäre System führte unter dieser Bedingung zu einer schlechteren Leistung in der Parallelaufgabe als das LAS. Beim LAS kam es unter beiden Bedingungen zu einer Verhaltensdifferenzierung gegenüber Alarmen und Warnungen (mit niedrigerer Wahrscheinlichkeit korrekt), die zu den

Unterschieden in der Leistung führten. Im zweiten und dritten Experiment wurde untersucht, wie verschiedene Schwellensetzungen bei LAS sich auf das Verhalten der Probanden und ihre Leistung in beiden Aufgaben auswirken. Verglichen wurden drei LAS mit unterschiedlicher zweiter Schwelle. Sie unterschieden sich in Hinblick auf ihre PPV (*positive predictive value*) von Alarmen und Warnungen, das heißt, die Wahrscheinlichkeit, mit der diese tatsächlich ein kritisches Ereignis anzeigen. Zusätzlich wurde die Belastung mithilfe einer zusätzlichen parallelen Aufgabe variiert. Im zweiten Experiment stand den Probanden keine Prüfoption zur Verfügung. Im dritten Experiment konnten sie die Diagnosen des LAS mithilfe von Rohdaten validieren. In keinem der Experimente zeigten sich Unterschiede zwischen den drei LAS in Bezug auf die Leistung in der Alarm- oder der Parallelaufgabe. Allerdings führten die drei LAS zu Unterschieden in der Häufigkeit der verschiedenen Fehlerarten, die die Probanden im Umgang mit dem jeweiligen Alarmsystem machten. Die Probanden, die mit dem LAS arbeiteten, welches über die höchste Alarm-PPV verfügte, ignorierten am meisten kritische Ereignisse, was sich unter höherer Belastung noch verstärkte. Das LAS mit der niedrigsten Alarm-PPV führte hingegen dazu, dass die Probanden häufiger unnötige Bedienhandlungen ausführten, allerdings nur, wenn eine Prüfoption zur Verfügung stand. Die Schwellensetzung bei LAS hat demnach einen Einfluss auf die Art der Fehler, welche vermehrt von den Probanden im Umgang mit dem jeweiligen Alarmsystem begangen werden.

Die Ergebnisse der drei Experimente, die im Zuge dieser Dissertation durchgeführt wurden, erweitern das theoretische Wissen in Bezug auf die Verhaltenswirksamkeit von LAS und ihren Einfluss auf Sicherheit und Produktivität. Dieses Wissen kann bei der Implementierung von LAS in der Praxis genutzt werden, um kontextangemessene Designlösungen zu gewährleisten. Der größte Nutzen für Sicherheit und Produktivität ergibt sich aus einer Kombination von LAS mit der Möglichkeit zur Validierung der Diagnosen. Eine wichtige Entscheidung beim Design des LAS betrifft die Schwellensetzung. Diese sollte in Abhängigkeit der Anforderungen der spezifischen Arbeitsumgebung erfolgen. In sicherheitsrelevanten Kontexten, in denen das Ignorieren kritischer Ereignisse schwerer wiegt als unnötige Handlungen der Operateure, sollte eine liberale zweite Schwelle gewählt werden, die zu einer niedrigen Alarm-PPV führt. Um in der Produktion unnötige zeitaufwendige Handlungen zu vermeiden, sollte hingegen eine konservative zweite Schwelle zum Einsatz kommen, die zu einer hohen Alarm-PPV führt.