

DISS. ETH NO. 26228

Towards User-Centred Engineering Design Guidelines in Industry

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by
BENEDIKT REIMLINGER
M.Sc., University of Stuttgart
born on 09.12.1991
citizen of Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Mirko Meboldt
Prof. Dr. Sven Matthiesen
Dr. Ralf Moryson

2019

Abstract

Design guidelines are one of the most common means of sharing and reusing design knowledge, were formerly developed by academia as well as industry, and are widely established nowadays. Though past work that was concerned with design guidelines identified structure as key to ensure the potential benefits design guidelines can bring to design engineers, today's product development practice in a rather global than local context has often been neglected and rarely considered thus far. However, since globalisation has gathered considerable pace in past decades, having design guidelines that meet the needs of multinational design engineers, located at different sites around the globe, is crucial for companies to adequately support the largely knowledge-based and information-rich design activity being carried out by an increasing diversity of employees.

The present thesis explores the benefit of design guidelines currently used in industry, which are intended to provide design engineers with reusable design knowledge on single engineering design elements, and their impact on multinational design engineers' performance, adopting mobile eye tracking as a research method. The results obtained from studies with differently experienced practitioners in Germany, Eastern Europe and Asia show differences in how design engineers from those regions benefit from design guidelines and how they may impact novices' and experts' performance, indicate beneficial ways of using them, and point out the kind of information and the way of representation that attracts the most attention. Based on these findings, a novel structure for design guidelines on single engineering design elements has been developed. The novel structure comprises a visualisation of the physical embodiment with its basic elements and their interrelations, and a depiction of the set of functions, linked to the physical solution, to be satisfied. A further mobile eye tracking study with novice design engineers from Eastern Europe follows to initially evaluate the novel design guideline structure. A comparison of results obtained from participants with access to the novelly structured design guideline and participants with access to the former design guideline shows that design engineers' performance was improved. The novel structure allowed novice design engineers in Eastern Europe to spend less time on the design guideline, while achieving significantly better designs at the same time.

This thesis contributes to the development of more user-centred design guidelines in industry and suggests that supports that are developed based on a thorough analysis of the existing situation, on objective and quantitative research data, and on investigations of a wide range of potential users are very likely to be well-suited to meet the needs of today's practitioners in industry.

Kurzfassung

Konstruktionsrichtlinien, ehemals von Wissenschaft und Industrie entwickelt, sind heutzutage weit verbreitet und eines der gängigsten Mittel, um Konstruktionswissen zu teilen und wiederzuverwenden. Obwohl frühere Forschungsarbeiten, die sich mit Konstruktionsrichtlinien befassten, deren Struktur als entscheidend für den Nutzen, den Konstruktionsrichtlinien Konstrukteuren bieten können, identifizierten, wurde die heutige Konstruktionspraxis in einem zunehmend globalen Umfeld oft vernachlässigt und unzureichend berücksichtigt. Aufgrund des Voranschreitens der Globalisierung in den letzten Jahrzehnten jedoch, ist es von entscheidender Bedeutung, dass Konstruktionsrichtlinien, die die wissensintensive und informationsreiche Konstruktionsaktivität unterstützen sollen, den Bedürfnissen multinationaler Konstrukteure gerecht werden.

Die vorliegende Arbeit untersucht den Nutzen von aktuellen, in der Industrie verwendeten Konstruktionsrichtlinien, die Konstrukteure beim Gestalten von Konstruktionselementen unterstützen sollen, und deren Auswirkung auf die Konstruktionsleistung multinationaler Konstrukteure, unter Verwendung von Mobile Eye Tracking als Forschungsmethode. Untersuchungen mit unerfahrenen und erfahrenen Konstrukteuren aus Deutschland, Osteuropa und Asien zeigen regionale Unterschiede im Nutzen für Konstrukteure, Auswirkungen auf die Konstruktionsleistung von Novizen und Experten, vorteilhafte Wege der Nutzung, und welche Art von Information und Aufbereitung die meiste Aufmerksamkeit erzeugt. Auf Basis der Erkenntnisse wurde eine neuartige Struktur für Konstruktionsrichtlinien für Konstruktionselemente entwickelt. Die Struktur umfasst eine Visualisierung der physischen Gestalt mit ihren Basiselementen und deren Wechselbeziehungen, sowie eine Darstellung der zu erfüllenden Funktionen, eindeutig mit der physischen Lösung verknüpft. Eine erste Evaluation der neuen Struktur erfolgte anhand einer weiteren Studie mit Novizen aus Osteuropa. Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass die Konstruktionsleistung der Konstrukteure mit Zugang zur neuartig strukturierten gegenüber derer mit Zugang zur ehemaligen Konstruktionsrichtlinie verbessert wurde. Die neuartige Struktur ermöglichte es Novizen aus Osteuropa, weniger Zeit mit der Konstruktionsrichtlinie zu verbringen und gleichzeitig signifikant bessere Konstruktionen zu erzielen.

Diese Arbeit liefert einen Beitrag zur nutzerzentrierten Gestaltung von Konstruktionsrichtlinien und legt nahe, dass Hilfestellungen, die auf Basis einer gründlichen Analyse der existierenden Situation, objektiven und quantitativen Daten, und Untersuchungen eines breiten Spektrums potenzieller Nutzer entwickelt werden, sehr wahrscheinlich geeignet sind, den Bedürfnissen heutiger Konstrukteure in der Industrie gerecht zu werden.