

Ch. Puls, L. Bongulielmi, P. Henseler, M. Meier

Die Analyse von Variantenprodukten mit Hilfe der K- & V-Matrix

EINLEITUNG

Während in den vergangenen Jahrhunderten der wichtigste Produktionsfaktor das Kapital war, hat in den letzten Jahrzehnten Wissen zunehmend an Bedeutung gewonnen und wir bewegen uns hin zu einer „Wissensgesellschaft“, in der Wissen die wichtigste Schlüsselressource ist [Drucker 1993]. Diese Entwicklung wurde in den letzten Jahren erkannt und mit verschiedenen Methoden angegangen, die unter dem Begriff des Wissensmanagements zusammengefasst werden können. Wissensmanagement hat v.a. Grossbetriebe erfasst. Für KMU sind dessen Werkzeuge oftmals zu komplex, was auf einen Bedarf an einfach anwendbaren Werkzeugen hindeutet.

Auf der anderen Seite führt die Individualisierung der Kundenwünsche zu einer Erhöhung der Variantenvielfalt, was sich wiederum in komplexeren Abläufen und Strukturen niederschlägt [Franke & Firchau 2001]. So wird beispielsweise auch die kundenspezifische Konfiguration der Produkte komplizierter und führt zu Fehlern, Zeitverlust und der Abhängigkeit von Wissensträgern [Schuh & Schwenk 2001]. Ein Ansatz zur Lösung dieses Problems ist das Management des Konfigurationswissens in Produktkonfiguratoren. Diese sind schon seit geraumer Zeit Gegenstand der Forschung (z.B. [Pham 1988 & 1991], [Cunis et al. 1991], [Günter & Kühn 1999]) und es sind bereits leistungsfähige Softwareprodukte daraus entstanden ([Günter et al. 1999], [Günter & Kühn 1999]). Wie viele andere Werkzeuge des Wissensmanagements sind diese aber häufig zu komplex und zu kostenintensiv für einen wirtschaftlichen Einsatz in KMUs. Einfache Systeme sind daher gefordert.

Ausgehend von dieser Situation wurde im Rahmen des EUREKA-Projektes COMA [Bongulielmi et al. 2000] an der ETH Zürich die K- & V-Matrix als einfache Methode zum Management von Konfigurationswissen entwickelt ([Bongulielmi et al. 2001], [Puls et al. 2001]). Die K- & V-Matrix basiert auf Matrizen, die sich in den vergangenen Jahren aufgrund ihrer Übersichtlichkeit und einfachen Verständlichkeit im Bereich der Produktmodellierung zunehmend etabliert haben [Malmqvist 2002].

Zwar dient die K- & V-Matrix primär dem Management von Konfigurationswissen, dennoch soll in diesem Beitrag gezeigt werden, wie durch die Abbildung von Konfigurationswissen bestimmte variantenbezogene Produkteigenschaften analysiert werden können. Die Ergebnisse dieser Analyse können wiederum als Hilfestellung für die Neuentwicklung oder Überarbeitung von Produkten dienen.

DIE K- & V-MATRIX ALS WERKZEUG ZUM MANAGEMENT VON KONFIGURATIONSWISSEN

Die K- & V-Matrix basiert auf drei Matrizen und beschreibt mit deren Hilfe:

- die technische Sicht eines Produktes,
- die Kundensicht,

- das Mapping zwischen diesen beiden Sichten sowie
- die Verträglichkeiten zwischen den Eigenschaften in den beiden Sichten wie in Abbildung 1 dargestellt ist.

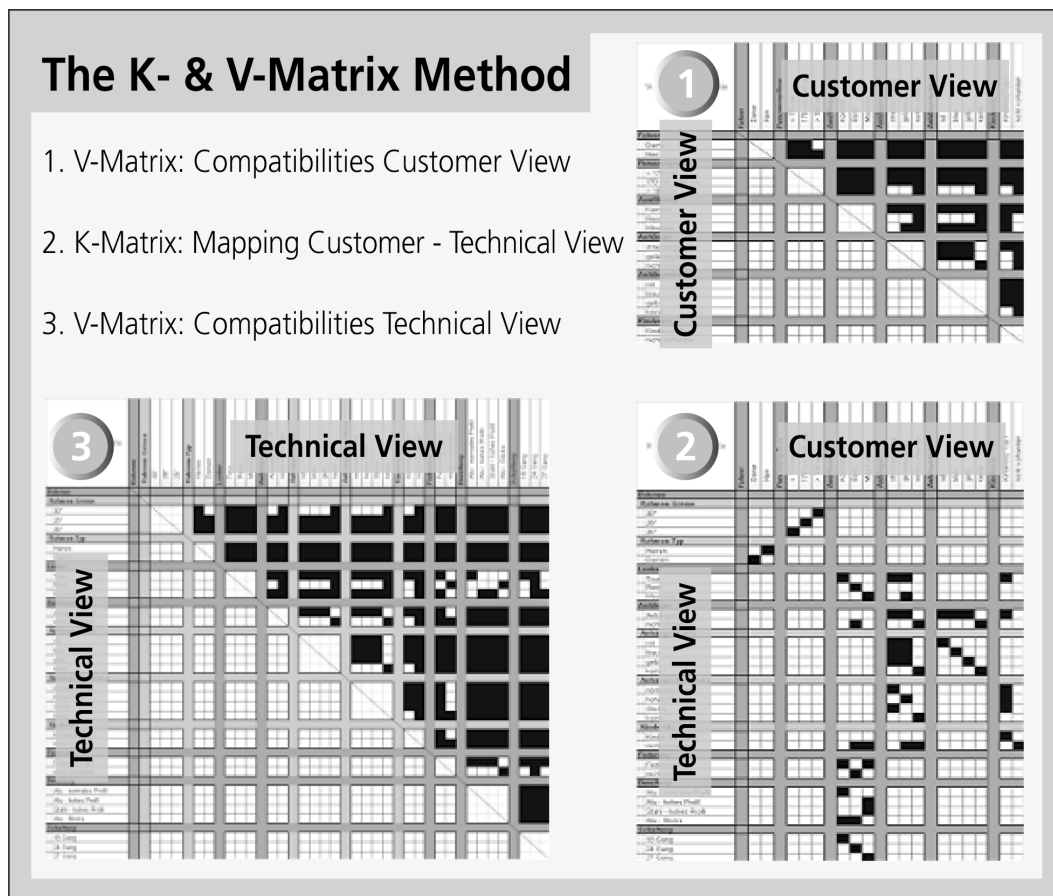


Abbildung 1: Die K- & V-Matrix [Bongulielmi et al. 2002]

Die drei Matrizen basieren auf bekannten Konzepten (z.B. [Pahl & Beitz 1997], [Riedel et al. 1999]), wurden aber erweitert und in den Kontext der Produktkonfiguration gestellt. Es handelt sich im einzelnen um folgende Matrizen:

- Die **Konfigurationsmatrix (K-Matrix)** beschreibt die Kundensicht und die technische Sicht eines Produktes in ihrer Kopfzeile bzw. –spalte. Die Beschreibung der Sichten erfolgt gemäss dem Sachmerkmalsleisten-Prinzip [DIN4000-1 1981] anhand von Merkmalen und Merkmalsausprägungen. Die Felder der K-Matrix beschreiben das Mapping zwischen den Sichten.
- Die **Verträglichkeitsmatrix (V-Matrix) der technischen Sicht** enthält in der Kopfzeile und –spalte die technische Sicht des Produktes. In den Feldern werden die Verträglichkeiten der technischen Eigenschaften angegeben.
- Die **V-Matrix der Kundensicht** ist genauso aufgebaut, allerdings enthalten Kopfzeile und –spalte die Kundensicht, d.h. sie beschreibt die Verträglichkeiten der Kundeneigenschaften.

Die Abbildungen 2, 3 und 4 zeigen die Matrizen einer Fahrrad-Produktfamilie (es handelt sich dabei um ein einfaches, synthetisches Beispiel!). In [Bongulielmi et al. 2001] und [Puls et al. 2001] werden die Matrizen detailliert beschrieben. Bzgl. der Integration mit anderen matrixenbasierten Methoden in der Produktentwicklung sowie der Unterschiede zu diesen sei auf [Bongulielmi et al. 2002] verwiesen.

DAS K- & V-MATRIX-SYSTEM

Um die Anwendung der K- & V-Matrix in der Praxis zu ermöglichen, wurde das K- & V-Matrix-System entwickelt. Dieses besteht im wesentlichen aus den drei Elementen:

- Eingabetool (zum Beschreiben des Konfigurationswissens, basierend auf der K- & V-Matrix),
- Datenmodell (zur Speicherung der Informationen) und
- Abfragetool (zur Nutzung des Konfigurationswissens für die Produktkonfiguration)

und wurde in [Puls et al. 2001] beschrieben.

GRENZEN DER K- & V-MATRIX

Die matrixbasierte Darstellungsweise der K- & V-Matrix ist zwar einfach verständlich, stösst aber auch an Grenzen, wenn es um die Modellierung komplexen Produktwissens geht. Dies ist insbesondere der Fall im Zusammenhang mit Formeln, Mehrfachverträglichkeiten oder offenen Baukästen im Sinne von [Pahl & Beitz 1997]. Solche Fälle lassen sich mit komplexeren Wissensrepräsentationsformen wie z.B. Begriffshierarchien in Kombination mit Constraints (siehe u.a. in [Cunis et al. 1991], [Günter & Kühn 1999]) abbilden. Hierbei ist allerdings zu erwähnen, dass diese Beschreibungsformen in Bezug auf intuitive Verständlichkeit und Übersichtlichkeit i.d.R. nicht mit der K- & V-Matrix mithalten können.

Desweiteren kann erklärendes und unstrukturiertes Konfigurationswissen nicht mit der K- & V-Matrix beschrieben werden. Ein mit der K- & V-Matrix integrierter Ansatz für dessen Management wurde in [Puls et al. 2002] vorgestellt.

BERECHNUNGEN AUF BASIS DER K- & V-MATRIX

Wie bereits in der Einleitung angedeutet, ermöglicht die K- & V-Matrix nicht nur das Management von Konfigurationswissen, sondern auch die Analyse bestimmter Produkteigenschaften. Diese Analyse wird mit dem K- & V-Matrix-System im Eingabetool durchgeführt. Die Resultate basieren auf Berechnungen, die aufgrund der Informationen in der K- & V-Matrix durchgeführt werden. Es lassen sich beispielsweise folgende Berechnungen durchführen:

- **Berechnung der V-Matrix der Kundensicht aus der V-Matrix der technischen Sicht und der K-Matrix:** Auf diese Art und Weise kann analysiert werden, welche Kombinationen von Kundenwünschen mit einem gegebenen Produkt erfüllt werden können. Nicht erfüllbare Kundenwünsche können identifiziert und Massnahmen zur Änderung dieser Situation eingeleitet werden. Eine solche Berechnung macht insbesondere bei der Überarbeitung eines Variantenproduktes Sinn, da sie wertvolle Hinweise bzgl. der gegenwärtigen Fähigkeiten des Produktes und ggf. zu verbessernder Aspekte liefert.
- **Berechnung der V-Matrix der technischen Sicht aus der V-Matrix der Kundensicht und der K-Matrix:** Diese Berechnung entspricht der Umkehrung der vorherigen, verfolgt aber einen ganz anderen Zweck. Mit ihrer Hilfe kann z.B. bei der Neuentwicklung eines Produktes vom Verkauf eine „Soll-V-Matrix“ der Kundensicht vorgegeben werden. Diese enthält alle Kombinationen von Kundenwünschen, die unbedingt erfüllbar sein müssen und gilt als Vorgabe für die Produktentwicklung. Ausgehend davon kann dann eine „Minimal-V-Matrix“ der technischen Sicht berechnet werden. Diese beinhaltet alle Kombinationen technischer Eigenschaften, die durch die in der „Soll-V-Matrix“ der Kundensicht verträglichen Kombinationen von Kundeneigenschaften zustande kommen können. Man kann diese Matrix interpretieren als das Minimum an technischen Verträglichkeiten, die nötig sind,

um die Vorgaben des Verkaufs in der „Soll-V-Matrix“ zu erfüllen. Die Produktentwickler müssen darauf achten, nicht mehr technische Unverträglichkeiten in das Produkt hineinzukonstruieren, als die „Minimal-V-Matrix“ enthält. Andererseits müssen sie aber auch nicht mehr technische Eigenschaften als in dieser Matrix gefordert verträglich machen. So kann evtl. unnötiger Entwicklungsaufwand vermieden werden.

Neben den hier beschriebenen Berechnungen sind weitere Berechnungen auf Basis der K- & V-Matrix möglich. So können beispielsweise Kennzahlen, z.B. für das Verhältnis von äusserer zu innerer Variantenvielfalt (vgl. [Franke & Firchau 2001]) berechnet werden. Desweiteren können die sogenannten „indirekte Unverträglichkeiten“, d.h. aus anderen Unverträglichkeiten resultierende Unverträglichkeiten, berechnet und übersichtlich dargestellt werden.

Eine detaillierte Beschreibung wie die aufgeführten Berechnungen im einzelnen durchzuführen sind, würde den Umfang dieses Beitrages übersteigen. Es sei dafür auf zukünftige Veröffentlichungen verwiesen.

DIE BERECHNUNGEN ANHAND EINES EINFACHEN BEISPIELS

Zunächst soll die Berechnung der **V-Matrix der Kundensicht aus der V-Matrix der technischen Sicht und der K-Matrix** erläutert werden. Hierfür sind folgende Matrizen relevant:

- Die K-Matrix des Fahrrades (Abbildung 2)
- Die V-Matrix der technischen Sicht (Abbildung 3)
- Die aus diesen beiden Matrizen berechnete V-Matrix der Kundensicht (Abbildung 4)

Aus der berechneten V-Matrix der Kundensicht ist ersichtlich, dass z.B. die beiden Kundeneigenschaften „*Kindersitz: vorhanden*“ und „*Anhänger: geländegängig*“ nicht verträglich sind. Der Grund dafür liegt darin, dass in der V-Matrix der technischen Sicht die aufgrund des Mappings dafür nötigen technischen Eigenschaften „*Kindersitz: Kindersitz Typ 1*“ und „*Anhänger-Typ: Anhänger Typ A*“ unverträglich sind.

Die Berechnung der **V-Matrix der technischen Sicht aus der V-Matrix der Kundensicht und der K-Matrix** sei anhand des folgenden Beispiels erläutert:

Abbildung 5 zeigt eine „Minimal-V-Matrix“ der technischen Sicht des Fahrrades. Als „Soll-V-Matrix“ der Kundensicht wurde der Einfachheit halber die Matrix aus Abbildung 4 angenommen (D.h., man muss sich diese jetzt nicht wie im obigen Beispiel als berechnet, sondern als vom Verkauf vorgegeben vorstellen!).

Man erkennt aus Abbildung 5, dass z.B. der *Kindersitz Typ 1* nicht mit *Anhänger Typ A* und auch nicht mit „*Lenker: Renn*“ verträglich sein muss. Der Grund dafür ist, dass diese Kombinationen aufgrund des Mappings und der „Soll-V-Matrix“ der Kundensicht sowieso nicht zustande kommen können, d.h. zur Erfüllung der angenommenen Kundenwünsche nicht nötig sind.

In jedem dieser Fälle war die Information zwar vorher schon implizit in den Matrizen vorhanden, aber erst das Berechnen und die übersichtliche Darstellung dieser Information in einer V-Matrix macht sie interpretierbar.

		Fahrer	Personengrösse	Ausführung	Anhänger	Anhängerfarbe	Kindersitz
Anhänger-Bereifung	hohes Profil Slicks normales Profil keine	Dame Herr	< 170 cm 170 cm - 185 cm > 185 cm	Komfort Renn Mountain	geländegängig nicht vorhanden strassengängig	rot blau gelb keine	vorhanden nicht vorhanden
Anhänger-Farbe	blau gelb rot keine						
Anhänger-Typ	Anhänger Typ A nicht vorhanden						
Bereifung	Alu - hohes Profil Alu - normales Profil Alu - Slicks Stahl - hohes Profil						
Federung	Federung Typ 1 nicht vorhanden						
Kindersitz	Kindersitz Typ 1 nicht vorhanden						
Lenker	Mountain Renn Tour						
Rahmen-Grösse	26" 28" 30"						
Rahmen-Typ	Damen Herren						
Schaltung	18-Gang 24-Gang 27-Gang						

Abbildung 2: K-Matrix eines Fahrrades

		Anhänger-Bereifung	Anhänger-Farbe	Anhänger-Typ	Bereifung	Federung	Kindersitz	Lenker	Rahmen-Grösse	Rahmen-Typ	Schaltung
Anhänger-Bereifung	hohes Profil Slicks normales Profil keine	hohes Profil Slicks normales Profil keine	blau gelb rot keine	Anhänger Typ A nicht vorhanden	Alu - hohes Profil Alu - normales Profil Alu - Slicks Stahl - hohes Profil	Federung Typ 1 nicht vorhanden	Kindersitz Typ 1 nicht vorhanden	Mountain Renn Tour	26" 28" 30"	Damen Herren	18-Gang 24-Gang 27-Gang
Anhänger-Farbe	blau gelb rot keine										
Anhänger-Typ	Anhänger Typ A nicht vorhanden										
Bereifung	Alu - hohes Profil Alu - normales Profil Alu - Slicks Stahl - hohes Profil										
Federung	Federung Typ 1 nicht vorhanden										
Kindersitz	Kindersitz Typ 1 nicht vorhanden										
Lenker	Mountain Renn Tour										
Rahmen-Grösse	26" 28" 30"										
Rahmen-Typ	Damen Herren										
Schaltung	18-Gang 24-Gang 27-Gang										

Abbildung 3: V-Matrix der technischen Sicht des Fahrrades

		Fahrer	Personengröss	Ausführung	Anhänger	Anhängerfarbe	Kindersitz												
		Dame	Herr	< 170 cm	170 cm - 185 cm	> 185 cm	Komfort	Renn	Mountain	geländegängig	nicht vorhanden	strassengängig	rot	blau	gelb	keine	vorhanden	nicht vorhanden	
Fahrer	Dame Herr																		
Personengrösse	< 170 cm 170 cm - 185 cm > 185 cm																		
Ausführung	Komfort Renn Mountain																		
Anhänger	geländegängig nicht vorhanden strassengängig																		
Anhängerfarbe	rot blau gelb keine																		
Kindersitz	vorhanden nicht vorhanden																		

Abbildung 4: V-Matrix der Kundensicht des Fahrrades / „Soll-V-Matrix“ der Kundensicht

		Anhänger-Bereifung	Anhänger-Farbe	Anhänger-Typ	Bereifung	Federung	Kindersitz	Lenker	Rahmen-Grösse	Rahmen-Typ	Schaltung																				
		hohes Profil	Slicks	normales Profil	keine	blau	gelb	rot	keine	Anhänger Typ A	nicht vorhanden	Alu - hohes Profil	Alu - normales Profil	Alu - Slicks	Stahl - hohes Profil	Federung Typ 1	nicht vorhanden	Kindersitz Typ 1	nicht vorhanden	Mountain	Renn	Tour	26"	28"	30"	Damen	Herren	18-Gang	24-Gang	27-Gang	
Anhänger-Bereifung	hohes Profil Slicks normales Profil keine																														
Anhänger-Farbe	blau gelb rot keine																														
Anhänger-Typ	Anhänger Typ A nicht vorhanden																														
Bereifung	Alu - hohes Profil Alu - normales Profil Alu - Slicks Stahl - hohes Profil																														
Federung	Federung Typ 1 nicht vorhanden																														
Kindersitz	Kindersitz Typ 1 nicht vorhanden																														
Lenker	Mountain Renn Tour																														
Rahmen-Grösse	26" 28" 30"																														
Rahmen-Typ	Damen Herren																														
Schaltung	18-Gang 24-Gang 27-Gang																														

Abbildung 5: „Minimal-V-Matrix“ der technischen Sicht

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Mehrere Anwendungen der K- & V-Matrix im Rahmen des COMA-Projektes haben gezeigt, dass diese ein einfaches, aber trotzdem leistungsfähiges Werkzeug zum Management von Konfigurationswissen darstellt. Darüber hinaus lassen sich bestimmte Produkteigenschaften wie z.B. die erfüllbaren Kundenwünsche analysieren, womit die Neuentwicklung oder die Überarbeitung von bestehenden Produktfamilien unterstützt werden kann. Der Nutzen und die Praktikabilität dieser Forschungsergebnisse müssen z.T. noch in der Praxis verifiziert werden, was der Inhalt weiterer Forschungstätigkeit sein wird.

Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [Bongulielmi et al. 2000] Bongulielmi, L., P. Henseler und C. Puls (2000). Offizielle Website des EUREKA-Projektes COMA, Zentrum für Produktentwicklung, ETH Zürich, <http://www.k-v-matrix.info>.
- [Bongulielmi et al. 2001] Bongulielmi, L., P. Henseler, C. Puls und M. Meier (2001). The K- & V-Matrix Method - an Approach in Analysis and Description of Variant Products. ICED 01: International Conference on Engineering Design, Glasgow; 21-23 August 2001, Professional Engineering Publishing Limited; Bury St Edmunds and London; UK.
- [Bongulielmi et al. 2002] Bongulielmi, L., P. Henseler, C. Puls und M. Meier (2002). The K- & V-Matrix-Method in Comparison with other Matrix-Based Methods supporting Modular Product Family Architectures. NordDesign 2002 - Visions and Values in Engineering Design, 14-16 August, Norwegian University of Science and Technology, NTNU in Trondheim, Norway (noch nicht veröffentlicht).
- [Cunis et al. 1991] Cunis, R., A. Günter und H. Strecker (1991). Das PLAKON-Buch ein Expertensystemkern für Planungs- und Konfigurierungsaufgaben in technischen Domänen. Berlin [etc.], Springer.
- [Drucker 1993] Drucker, P. F. und U. Reineke (1993). Die postkapitalistische Gesellschaft. Düsseldorf [etc.], Econ-Verlag.
- [Günter et al. 1999] Günter, A., I. Kreuz und C. Kühn (1999). Kommerzielle Software-Werkzeuge für die Konfigurierung von technischen Systemen. Künstliche Intelligenz, Vol. 3/99: S. 61-65.
- [Günter & Kühn 1999] Günter, A. und Kühn C. (1999). Knowledge-Based Configuration – Survey and Future Directions – in XPS 99, in: F. Puppe (Hrsg.) Knowledge-Based Systems, S. 47-66, Springer-Verlag.
- [DIN4000-1 1981] DIN (1981). DIN 4000-1: Sachmerkmal-Leisten. Berlin, Deutsches Institut für Normung (DIN).
- [Franke & Firchau 2001] Franke, H.-J. und N. L. Firchau (2001). Variantenvielfalt in Produkten und Prozessen - Erfahrungen, Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Beherrschung. VDI-Tagung: Variantenvielfalt in Produkten und Prozessen, Kassel, VDI-Gesellschaft: Entwicklung Konstruktion Vertrieb; Düsseldorf.
- [Malmqvist 2002] Malmqvist, J. (2002). A Classification of Matrix-Based Methods for Product-Modeling. Design 2002, Dubrovnik.
- [Pahl & Beitz 1997] Pahl, G. und W. Beitz (1997). Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung. Berlin, Springer Verlag.
- [Pham 1988] Pham, D. T. (1988). Expert Systems in Engineering. Berlin [...], Springer-Verlag.
- [Pham 1991] Pham, D. T. (1991). Artificial Intelligence in Design. London [...], Springer-Verlag.
- [Puls et al. 2001] Puls, C., L. Bongulielmi, P. Henseler und M. Meier (2001). Die K- & V-Matrix: Methodik und System zur Abbildung von Wissen bezüglich Variantenprodukten. VDI Bericht 1645. VDI-Tagung: Variantenvielfalt in Produkten und Prozessen, Kassel, VDI-Gesellschaft: Entwicklung Konstruktion Vertrieb; Düsseldorf.
- [Puls et al. 2002] Puls, C., L. Bongulielmi, P. Henseler und M. Meier (2002). Management of Different Types of Configuration Knowledge with the K- & V-Matrix and Wiki. Design 2002 Conference, Dubrovnik.
- [Riedel et al. 1999] H. Riedel, Eversheim, W. und A. Korreck (1999). Variantenorientierte Programmplanung - Komplexitätsbewältigung zwischen Markt und Produktion. In: VDI-Bericht 1510 (Plattformkonzepte). Düsseldorf, VDI-Verlag: S. 29-47.
- [Schuh & Schwenk 2001] Schuh, G. und U. Schwenk (2001). Produktkomplexität managen, Strategien - Methoden - Tools. München, Hanser Verlag.

Autoren:

Dipl.-Ing. ETH Ch. Puls

Dipl.-Ing. ETH L. Bongulielmi

Dipl.-Ing. ETH P. Henseler

Prof. Dr. M. Meier

Zentrum für Produktentwicklung, CLA E21, Tannenstr. 3

CH-8092 Zürich

Tel.: +41 (0)1 6327706

Fax: +41 (0)1 6321181^

E-mail: puls@imes.mavt.ethz.ch